

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
ESCOLA DE ENGENHARIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA QUÍMICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA QUÍMICA

**AVALIAÇÃO DO USO DE OZÔNIO
E DE OUTROS TRATAMENTOS
ALTERNATIVOS PARA A
CONSERVAÇÃO DO MAMÃO
PAPAIA (*Carica papaya* L.)**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Carolina Pereira Kechinski

Porto Alegre

2007

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
ESCOLA DE ENGENHARIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA QUÍMICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA QUÍMICA

**AVALIAÇÃO DO USO DE OZÔNIO E DE OUTROS TRATAMENTOS
ALTERNATIVOS PARA A CONSERVAÇÃO DO MAMÃO PAPAIA (*Carica
papaya* L.)**

Carolina Pereira Kechinski

Dissertação de Mestrado apresentada como
requisito parcial para obtenção do título de
Mestre em Engenharia

Área de concentração: Fenômenos de
Transporte e Operações Unitárias

Orientadores:

**Prof^a Dr^a Lígia Damasceno Ferreira
Marczak**

Prof. Dr. Caciano Pelayo Zapata Noreña

Porto Alegre

2007

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
ESCOLA DE ENGENHARIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA QUÍMICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA QUÍMICA

A Comissão Examinadora, abaixo assinada, aprova a Dissertação **AVALIAÇÃO DO USO DE OZÔNIO E DE OUTROS TRATAMENTOS ALTERNATIVOS PARA A CONSERVAÇÃO DO MAMÃO PAPAIA (*Carica papaya* L.)**, elaborada por **Carolina Pereira Kechinski**, como requisito parcial para obtenção do Grau de Mestre em Engenharia.

Comissão Examinadora:

Prof. Dr. Renar João Bender

Prof. Dr^a. Isabel Cristina Tessaro

Prof. Dr^a. Rosane Rech

*Querem que vos ensine o modo
de chegar ao conhecimento?
Aquilo que se sabe, saber que se
sabe;
aquilo que não se sabe, saber que
não se sabe;
Este é o conhecimento.
(Confúncio).*

Agradecimentos

A Deus, pelo dom da vida, sabedoria e por sempre iluminar meu caminho.

Ao meu esposo Rogério e ao meu amado filho João Vítor, que são a razão da minha energia, persistência e luta.

À minha mãe Miracy pelo apoio incondicional nos momentos mais difíceis.

Aos meus irmãos Ricardo, Mirvânia, Telmo, Cláudio e Renata, pessoas que representaram, para mim, a união nos momentos importantes.

Ao meu pai que, *in memoriam*, sempre foi um exemplo de coragem, amor, determinação, retidão e perseverança.

Aos meus orientadores, Lígia e Caciano, que exerceram mais do que uma orientação a um trabalho científico, pois foram amigos com quem interagi tantos anos e com quem participei de lutas que me trouxeram cada vez mais experiência e amadurecimento e, sem dúvida, ambos são professores no sentido mais amplo da palavra.

À equipe dos laboratórios da UFRGS, como a Sirley (DEQUI) e o Roberval (ICTA), pessoas incansáveis em ajudar e, sem as quais, não seria possível realizar a grande parte dos meus trabalhos.

Ao Prof. Dr. Bender, que me abrigou em seu laboratório e sempre propiciou um ambiente de trabalho favorável e foi, sem dúvida, um facilitador de minha jornada.

À Cândida, uma pessoa convicta, determinada, delicada e sensível, que sempre compartilhou entusiasticamente de várias idéias e, como fruto disso, já publicamos trabalhos juntos e certamente nascerão ainda mais resultados importantes.

À Pâmela e Cristiane pela ajuda nos experimentos e socorro nos apuros do laboratório, por conseguirem mais amigos nos dias de aplicação dos experimentos, por sua responsabilidade, dedicação e ajuda incansável. Amigas, vocês vão longe!

À Safra, por intermédio de seu proprietário Willian, agradeço pela atenção e fornecimento dos frutos.

Meus agradecimentos especiais a esta Universidade, seus Professores e Funcionários, pois são responsáveis pela minha formação.

Ao CNPQ pelo apoio, financiando uma bolsa para esta pesquisa.

A todos aqueles que contribuíram, direta ou indiretamente, para a realização deste trabalho.

Os meus mais sinceros agradecimentos. **MUITO OBRIGADA!**

Resumo

Devido à alta perecibilidade do mamão papaia (*Carica papaya L.*), estudos pós-colheita, com foco nas boas práticas de estocagem e transporte, são importantes na cadeia de comercialização desse fruto. O uso de ozônio (O_3) tem sido recomendado como um tratamento alternativo aos compostos clorados tradicionais para o controle de podridões de diversos frutos. Nesse contexto o presente trabalho tem como objetivos: estudar o efeito do (O_3) e de outros tratamentos alternativos no intuito de eliminar a antracnose (*Colletotrichum gloeosporioides Penz.*) no mamão papaia armazenado em câmaras ozonizadas em concentrações de 0 a 0,5 ppm de ozônio; avaliar a sanitização superficial desse fruto através da imersão em água ozonizada em concentrações de 0 a 4 ppm de O_3 durante 30 e 60 segundos e otimizar o tratamento hidrotérmico em temperaturas de 45 a 65 °C por períodos de 30 a 60 segundos. O uso de (O_3) em concentrações entre 0,2 e 0,5 ppm, em câmara ozonizada, resultou em mamões com manchas na casca do fruto por possível oxidação de componentes da parede celular. Foi observado ainda que a imersão das frutas em água ozonizada em concentrações de 1 a 4 ppm de O_3 não foi efetiva na eliminação da antracnose, razão pela qual foi necessário o uso do tratamento hidrotérmico prévio ao uso do (O_3), sendo que os melhores resultados obtidos foram nas temperaturas próximas de 55°C por 1 minuto. O uso de ozônio não afetou a superfície cuticular dos mamões enquanto que o tratamento hidrotérmico proporcionou um recobrimento das fissuras naturais do fruto. O aumento da concentração de ozônio de 2 para 4 ppm proporcionou uma perda de mais de 40% do conteúdo de Vitamina C. O ozônio não alterou o grau de maturação (ratio) e cor dos frutos.

Palavras-chave: Antracnose, tratamento hidrotérmico, água ozonizada e Vitamina C.

Abstract

Postharvest studies are important for marketing chain of papaya fruit (*Carica papaya L.*) with focus on good agricultural practices for storage and transportation due to the high perishability of this fruit. The use of ozone (O₃) has been recommended as an alternative treatment to traditional chlorine compounds for the control of several decay organisms. Within that the present work objectivated study the effects of O₃ and other alternative treatments to control antracnose (*Colletotrichum gloeosporioides Penz*) on the papaya fruit stored in chambers with ozone concentrations of 0 to 0.5 ppm; evaluate the superficial healthyness of papayas by immersion in ozone water at concentrations of 0 to 4 ppm for 30 to 60 seconds; optimize the hydrothermal treatment at temperatures of 45 to 65°C for periods of 30 to 60 seconds. The use of O₃ at concentrations of 0.2 and 0.5 ppm in ozoned chamber result in spots on the fruit epidermis by the possible oxidation of cell wall components. It was noted, however, that immersion in ozoned water of the fruits at concentrations of 1 to 4 ppm of O₃ were not effective in the removal of antracnose. So it is necessary to use hydrothermal treatments before the use of O₃. Best results were obtained an temperatures close to 55°C for 1 minute. The use of ozone did not affect the fruit cuticular surface, while the hydrothermal treatment provided the recovering of the natural fissures of the fruit. The increased ozone concentration from 2 to 4 ppm provided a loss of more than 40% of the Vitamin C content. Ozone did not affect the degree of ripening (ratio) and the skin color of the papayas.

Key-words: antracnose, ozoned water, hydrothermal treatment and Vitamin C.

Sumário

ABSTRACT	4
SUMÁRIO	5
LISTA DE FIGURAS	8
LISTA DE TABELAS	1
INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA	1
REVISÃO BIBLIOGRÁFICA E FUNDAMENTOS TEÓRICOS	3
2.1 O MAMÃO	3
2.1.1 ASPECTOS DA PLANTA E CULTURA	3
2.1.2 CARACTERÍSTICAS NUTRICIONAIS	4
2.1.3 MERCADO	6
2.1.4 DOENÇAS FÚNGICAS DO PÓS-COLHEITA	6
2.1.5 CONTROLE FITOSSANITÁRIO	9
2.1.6 FISIOLOGIA PÓS-COLHEITA	10
2.1.7 TRATAMENTOS PÓS-COLHEITA	18
2.2 Ozônio	29
2.2.1 CONSIDERAÇÕES GERAIS	29
2.2.2 PROPRIEDADES E CARACTERÍSTICAS DO OZÔNIO	31
2.2.3 GERADORES DE OZÔNIO	32
2.2.4 MECANISMOS DE AÇÃO	33
2.2.5 EFEITOS DA UTILIZAÇÃO DO OZÔNIO	33
2.2.6 TOXICIDADE DO OZÔNIO	35
2.2.7 RISCOS NO TRABALHO ASSOCIADOS AO OZÔNIO	36
2.2.8 EQUIPAMENTOS DE PROTEÇÃO EM CASO INTERVENÇÃO	36

MATERIAIS E MÉTODOS	37
3.1 MATERIAIS	38
3.1.1 OS FRUTOS	38
3.1.2 CERA DE CARNAÚBA	39
3.1.3 FUNGICIDA	39
3.2 EQUIPAMENTOS	40
3.2.1 GERADOR DE ÁGUA OZONIZADA	40
3.2.2 PROTÓTIPO DE MÁQUINA DE ESCOVAS ROTATIVAS	42
3.3 MÉTODOS	43
3.3.1 PREPARAÇÃO DAS AMOSTRAS	43
3.3.2 ACIDEZ TOTAL TITULÁVEL	44
3.3.3 SÓLIDOS SOLÚVEIS TOTAIS	44
3.3.4 RATIO – ÍNDICE DE MATURAÇÃO	44
3.3.5 PERDA DE MASSA FRESCA	44
3.3.6 VITAMINA C	45
3.3.7 COR DA CASCA	45
3.3.8 FIRMEZA DA POLPA	46
3.3.9 TEOR DE AÇÚCARES	46
3.3.10 MICROSCOPIA ELETRÔNICA DE VARREDURA (MEV)	47
3.4 TRATAMENTOS	49
3.4.1 USO DA CÂMARA OZONIZADA	49
3.4.2 AMOSTRA CONTROLE	50
3.4.3 USO DE FUNGICIDA	50
3.4.4 USO DE CERA	52
3.4.5 USO DE ÁGUA OZONIZADA	52
3.4.6 USO DE TRATAMENTO HIDROTÉRMICO ASSOCIADO AO USO DE OZÔNIO E APLICAÇÃO DE CERA	53
RESULTADOS E DISCUSSÃO	55
4.1 USO DE ÁGUA OZONIZADA	59
4.2 USO DE TRATAMENTO HIDROTÉRMICO ASSOCIADO AO USO DE OZÔNIO E APLICAÇÃO DE CERA	64
4.3 ALTERAÇÕES QUALITATIVAS NA CUTÍCULA DE MAMÕES EM FUNÇÃO DO USO DE OZÔNIO, TRATAMENTO TÉRMICO, ESCOVAÇÃO, IMERSÃO E USO DE CERA	70
4.3.1 CARACTERIZAÇÃO DA CUTÍCULA	70
4.3.2 EFEITO DO USO DO OZÔNIO SOB A CUTÍCULA	72
4.3.3 EFEITO DO USO DE FUNGICIDA SOB A CUTÍCULA DO MAMÃO	72
4.3.4 EFEITO DO TRATAMENTO TÉRMICO SOB A CUTÍCULA DO MAMÃO	73
CONCLUSÕES	77
BIBLIOGRAFIA	79
APÊNDICE A - CROMATOGRAMAS OBTIDOS NA ANÁLISE DE MONOSSACARÍDEOS EM AMOSTRAS DE MAMÃO PAPAYA NO EQUIPAMENTO DE HPLC/RI.	87
APÊNDICE B – DADOS EXPERIMENTAIS SUBMETIDOS A ANÁLISE DE VARIÂNCIA (ANOVA)	92

<u>APÊNDICE C – RESULTADOS DA ANÁLISE DE VARIÂNCIA (ANOVA)</u>	<u>101</u>
<u>APÊNDICE D – DADOS EXPERIMENTAIS QUE GERARAM A SUPERFÍCIE DE CONTORNO DOS DESENHOS EXPERIMENTAIS</u>	<u>107</u>
<u>APÊNDICE E – RESULTADOS DA ANOVA PARA OS DESENHOS FATORIAIS 2².</u>	<u>108</u>
<u>APÊNDICE F – REGRESSÃO DE COEFICIENTES PARA OS DESENHOS FATORIAIS 2².</u>	<u>109</u>
<u>APÊNDICE G – REGRESSÃO DE COEFICIENTES PARA OS DESENHOS FATORIAIS 2X3.</u>	<u>110</u>

Lista de Figuras

Figura 2.1 Efeitos causados por diferentes fungos no mamão papaia.	7
Figura 3.1 Frutos no momento da recepção no Laboratório de pós-colheita, UFRGS.	38
Figura 3.2 Equipamento Gerador de Água Ozonizada.	40
Figura 3.3 Sistema de Geração de Água Ozonizada.	41
Figura 3.4 Sensor de Ozônio.	42
Figura 3.5 Protótipo de máquina classificadora com aspersores para o tratamento térmico e escovas de cerdas suaves.	43
Figura 3.6 Espaço cromático de Hunter.	46
Figura 4.1 Fotografias dos frutos submetidos a diferentes concentrações de ozônio (1 e 2 ppm) e tempos de contato (1 e 2 min) comparados com a amostra controle.	59
Figura 4.2 Superfície de contorno para o teor de Vitamina C utilizando ozônio.	63
Figura 4.3 Fotografias dos frutos submetidos a diferentes condições de tratamento hidrotérmico (45, 55 e 65°C), concentrações de ozônio (1 e 2 ppm) e tratados com cera comparados com a amostra controle.	64
Figura 4.4 Teor de frutose (FRU) em g/L em frutos de mamão em função da Temperatura (TP) do tratamento térmico (entre 50 e 60°C) e em função da concentração de Ozônio (OZ) de 1 a 2 ppm.	69
Figura 4.5 Teor de glicose (GLI) em g/L em frutos de mamão em função da Temperatura (TP) do tratamento térmico (entre 50 e 60°C) e em função da concentração de Ozônio (OZ) de 1 a 2 ppm.	69
Figura 4.6 Caracterização da superfície cuticular de mamões cv. Golden 15 dias após a colheita. Padrão de recobrimento (A), estômatos (B), esporos e hifas de fungos (C e D).	71
Figura 4.7 Caracterização da superfície cuticular de mamões cv. Golden 15 dias após a colheita tratados com ozônio a 4ppm, tempo de contato de 2min (A) e 1 min (B).	72
Figura 4.8 Caracterização da superfície cuticular de mamões cv. Golden 15 dias após a colheita após tratamento com fungicida imazalil durante 2 minutos. Concentração de 1000 ppm (A) e 2000 ppm (B).	73
Figura 4.9 Caracterização da superfície cuticular de mamões cv. Golden 15 dias após a colheita após tratamento térmico. Presença de estômato recoberto (A e B) e tratamento térmico durante 1 minuto a 45°C (C) e 65°C (D).	75
Figura 4.10 Formação de cristalóides na superfície cuticular de mamões cv. Golden 15 dias após a colheita após tratamento térmico durante 1 minuto a 65°C (A), 55°C (B) e 45°C (C).	76

Lista de Tabelas

Tabela 2.1 Composição química do mamão, valores mínimos e máximos obtidos em diferentes locais. _	5
Tabela 3.1 Delineamento Experimental do uso de Fungicida sob o tratamento dos frutos de mamão. _	51
Tabela 4.1 Acidez Titulável e Teores de Sólidos Solúveis Totais (^o Brix) para o uso de cera no tratamento de mamão papaia _____	57
Tabela 4.2 Resultados obtidos para o uso de cera no tratamento de mamão papaia _____	58
Tabela 4.3 Resultados obtidos para o uso de ozônio no tratamento de mamão papaia. _____	60
Tabela 4.4 Resultados obtidos para o uso de ozônio no tratamento de mamão papaia. _____	61
Tabela 4.5 Resultados obtidos para o uso de ozônio no tratamento de mamão papaia. _____	61
Tabela 4.6 Uso de ozônio sobre a acidez titulável, sólidos solúveis totais e ratio em amostras de mamão no 15 ^o DAC em função do tempo de contato do ozônio com os frutos (1 e 2 minutos) e da concentração da água ozonizada (2 e 4 ppm). _____	62
Tabela 4.7 Influência do uso de ozônio sobre a Vitamina C em amostras de mamão no 15 ^o DAC em função do tempo de contato do ozônio com os frutos (1 e 2 minutos) e da concentração da água ozonizada (2 e 4 ppm). _____	62
Tabela 4.8 Resultados obtidos para o uso de tratamento hidrotérmico, ozônio e cera nos frutos de mamão papaia _____	65
Tabela 4.9 Resultados obtidos para o uso de tratamento hidrotérmico, ozônio e cera nos frutos de mamão papaia _____	65
Tabela 4.10 Resultados obtidos para o uso de tratamento hidrotérmico, ozônio e cera nos frutos de mamão papaia _____	66
Tabela 4.11 Resultados obtidos para o uso de tratamento hidrotérmico, ozônio e cera nos frutos de mamão papaia _____	66
Tabela 4.12 Resultados obtidos para o uso de tratamento hidrotérmico, ozônio e cera nos frutos de mamão papaia _____	67
Tabela B.1 Dados Experimentais da Influência do Uso de Fungicida sob a Perda de Massa Fresca (PMF) em função do tratamento (TRAT) _____	92
Tabela B.2 Dados Experimentais da Influência do Uso de Fungicida sob o ângulo de cor (^o Hue) em função do tratamento (TRAT) _____	92
Tabela B.3 Dados Experimentais da Influência do Uso de Fungicida sob a Firmeza da Polpa (FP) em função do tratamento (TRAT) _____	93
Tabela B.4 Dados Experimentais da Influência do Uso de Fungicida sob a acidez titulável (em mg de ácido cítrico), sólidos solúveis totais (^o Brix) e ratio em função do tratamento (TRAT) _____	93
Tabela B.5 Dados Experimentais da Influência do Uso de Ozônio sob a perda de massa fresca (PESO) em função do tratamento (TRAT), da concentração de ozônio ([O3]) e do tempo de contato (TEMPO) ____	94
Tabela B.6 Dados Experimentais da Influência do Uso de Ozônio sob o ângulo de cor (HUE) em função do tratamento (TRAT), da concentração de ozônio ([O3]) e do tempo de contato (TEMPO) _____	94
Tabela B.7 Dados Experimentais da Influência do Uso de Ozônio sob a firmeza da polpa (TEXTUIRA) em função do tratamento (TRAT), da concentração de ozônio ([O3]) e do tempo de contato (TEMPO) ____	95
Tabela B.8 Dados Experimentais da Influência do Uso de Ozônio sob a acidez titulável, os sólidos solúveis e o ratio em função do tratamento (TRAT), da concentração de ozônio ([O3]) e do tempo de contato (TEMPO) _____	96
Tabela B.9 Dados Experimentais da Influência do Uso de Ozônio sob a Vitamina C em função do tratamento (TRAT), da concentração de ozônio ([O3]) e do tempo de contato (TEMPO) _____	97
Tabela B.10 Dados Experimentais da Influência do Uso de Ozônio sob a Perda De Massa Fresca em função do tratamento (TRAT), da concentração de ozônio ([O3]) e da temperatura (TEMP) _____	97
Tabela B.11 Dados Experimentais da Influência do Uso de Ozônio sob o ângulo de cor em função do tratamento (TRAT), da concentração de ozônio ([O3]) e da temperatura (TEMP) _____	98
Tabela B.12 Dados Experimentais da Influência do Uso de Ozônio sob o ângulo de cor em função do tratamento (TRAT), da concentração de ozônio ([O3]) e da temperatura (TEMP) _____	99

Tabela B.13 Dados Experimentais da Influência do Uso de Ozônio sob a acidez, sólidos solúveis e ratio em função do tratamento (TRAT), da concentração de ozônio ([O ₃]) e da temperatura (TEMP) _____	100
Tabela C.1 Resultados da ANOVA para a Influência do Uso de Fungicida sob a Perda de Massa Fresca em função do tratamento. _____	101
Tabela C.2 Resultados da ANOVA para a Influência do Uso de Fungicida sob o ângulo de cor (^a Hue) em função do tratamento. _____	101
Tabela C.3 Resultados da ANOVA para a Influência do Uso de Fungicida sob a Firmeza da Polpa em função do tratamento. _____	101
Tabela C.4 Resultados da ANOVA para a Influência do Uso de Fungicida sob a acidez (em mg de ácido cítrico) em função do tratamento. _____	102
Tabela C.5 Resultados da ANOVA para a Influência do Uso de Fungicida sob o teor de sólidos solúveis totais (^a Brix) em função do tratamento. _____	102
Tabela C.6 Resultados da ANOVA para a Influência do Uso de Fungicida sob o ratio em função do tratamento. _____	102
Tabela C.7 Resultados da ANOVA para a Influência do Uso de Ozônio sob a perda de massa fresca em função do tratamento. _____	102
Tabela C.8 Resultados da ANOVA para a Influência do Uso de Ozônio sob o ângulo de cor em função do tratamento. _____	103
Tabela C.9 Resultados da ANOVA para a Influência do Uso de Ozônio sob a firmeza da polpa em função do tratamento. _____	103
Tabela C.10 Resultados da ANOVA para a Influência do Uso de Ozônio sob a acidez em função do tratamento. _____	103
Tabela C.11 Resultados da ANOVA para a Influência do Uso de Ozônio sob o teor de sólidos solúveis totais em função do tratamento. _____	103
Tabela C.12 Resultados da ANOVA para a Influência do Uso de Ozônio sob o Ratio em função do tratamento. _____	104
Tabela C.13 Resultados da ANOVA para a Influência do Uso de Ozônio sob a Vitamina C em função do tratamento. _____	104
Tabela C.14 Resultados da ANOVA para a Influência do Uso de Ozônio sob a acidez em função do tratamento. _____	104
Tabela C.15 Resultados da ANOVA para a Influência do Uso de Ozônio, água quente e cera sob a o ângulo de cor em função do tratamento. _____	105
Tabela C.17 Resultados da ANOVA para a Influência do Uso de Ozônio, água quente e cera sob a a acidez, sólidos solúveis e ratio em função do tratamento. _____	105
Tabela D.1 Dados experimentais de Vitamina C (em mg de ácido ascórbico/100g de polpa) em função da concentração (em ppm) e do tempo (em minutos) de contato dos frutos com o fungicida. _____	107
Tabela D.2 Dados experimentais de Vitamina C (em mg de ácido ascórbico/100g de polpa) em função da concentração (em ppm) e do tempo (em minutos) de contato dos frutos com o ozônio. _____	107
Tabela E.1 ANOVA para a variável dependente Vitamina C (em mg de ácido ascórbico/100g de polpa) em função da concentração (em ppm) e do tempo (em minutos) de contato dos frutos com o fungicida. _____	108
Tabela E.2 ANOVA para a variável dependente Vitamina C (em mg de ácido ascórbico/100g de polpa) em função da concentração (em ppm) e do tempo (em minutos) de contato dos frutos com o ozônio. _____	108
Tabela F.1 Regressão dos Coeficientes para a variável dependente Vitamina C (em mg de ácido ascórbico/100g de polpa) em função das variáveis independentes concentração (em ppm) e do tempo (em minutos) de contato dos frutos com o fungicida. _____	109
Tabela F.2 Regressão dos Coeficientes para a variável dependente Vitamina C (em mg de ácido ascórbico/100g de polpa) em função das variáveis independentes concentração (em ppm) e do tempo (em minutos) de contato dos frutos com o ozônio. _____	109
Tabela G.1 Análise de Variância para a variável dependente Perda de Massa Fresca em função das variáveis independentes concentração da água ozonizada (em ppm) e do tratamento hidrotérmico (em °C). _____	110
Tabela G.2 Análise de Variância para a variável dependente ângulo de cor em função das variáveis independentes concentração da água ozonizada (em ppm) e do tratamento hidrotérmico (em °C). _____	110

Capítulo 1

Introdução e Justificativa

O Mamão papaia é uma fruta tropical bastante consumida no Brasil, sendo que apenas uma pequena porção de sua produção (1.600.000 toneladas/ano) é destinada para a exportação (35.000 toneladas) (Brapex, 2005) devido a sua alta perecibilidade; por isso, estudos pós-colheita, com foco em boas práticas de conservação, melhorias no armazenamento e transporte, são interessantes para o mercado.

Agentes sanitizantes derivados de cloro têm sido utilizados para a limpeza de superfícies e para a redução da população microbiana na higienização de frutas e verduras. No entanto, esses agentes derivados de cloro produzem compostos orgânicos clorados, como os trihalometanos, que possuem um alto potencial carcinogênico. Em virtude disso, surgiu a necessidade de investigar a eficiência de métodos sanitizantes não tradicionais, assim como estudar novas alternativas tecnológicas.

Em geral, os agentes causadores de podridões em pós-colheita apresentam uma característica comum: a capacidade de se estabelecerem no fruto imaturo e permanecerem em estado latente, sem o aparecimento de sintomas, até que haja condições para que o processo de infecção tenha lugar. Por se tratar de uma doença em que os sintomas nem sempre são percebidos até a fase avançada de maturação dos frutos, é recomendado que o controle, nesse caso, seja efetuado antes da fase de maturação desses frutos, durante o período pós-colheita. O tratamento térmico, composto por imersão de frutos de mamão em água a 49°C por 20 minutos, foi uma das primeiras referências ao uso de tratamento com água quente para frutos mostrando alta efetividade para o controle de patógenos e mosca-das-frutas. Concomitante ao uso do tratamento com água quente, para mamões pós-colhidos tem sido utilizado a associação

desse tratamento com ceras e fungicidas, como o thiabendazol. Outro fator a ser considerado é a diminuição da eficácia dos produtos utilizados comercialmente, fato associado ao aparecimento de organismos que apresentam níveis elevados de resistência principalmente àqueles pertencentes ao grupo dos benzimidazóis.

O ozônio vem sendo utilizado para a sanitização de águas engarrafadas para o consumo humano com comprovada eficácia sobre bactérias, fungos, leveduras, vírus e protozoários. Kim et al. (1999) utilizaram água ozonizada para a redução da população microbiana e para aumentar a vida de prateleira de algumas frutas e vegetais minimamente processados. Atualmente, o uso de ozônio está relacionado ao aumento da atividade antioxidante de algumas enzimas, como a fenilalanina amônia liase (PAL) e estão sendo relacionadas com o processo de senescência de vegetais. Portanto, o uso de água ozonizada tem se mostrado uma boa alternativa em substituição aos agentes sanitizantes tradicionais com boa eficiência a baixas concentrações e curto tempo de contato e sem a formação de produtos tóxicos, pois é altamente reativa e não deixa resíduos.

Face ao exposto, esta dissertação visa a estudar o efeito do uso de ozônio sobre os microrganismos causadores dos danos pós-colheita do mamão papaia (*Carica papaya* L.) tipo *Golden*, com o objetivo de melhorar as condições de armazenamento, distribuição e aumentar a sua vida de prateleira.

Capítulo 2

Revisão Bibliográfica e Fundamentos Teóricos

2.1 O Mamão

Serão apresentadas, nos itens a seguir, algumas das características do mamão papaia cultivar *Golden*, tais como nutricionais, de mercado, microbiológicas e fisiológicas.

2.1.1 Aspectos da planta e cultura

O mamoeiro, de acordo com a classificação botânica, pertence ao Reino *Vegetal*, à divisão *Embryophyta siphonogama*, subdivisão *Angiospermae*, classe *Dicotyledonae*, subclasse *Archichlamydae*, ordem *Violales*, subordem *Caricineae*, família *Caricaceae* e gênero *Carica*, espécie *Carica Papaya L.* (Manica, Martins & Ventura, 2006).

Pertencente ao grupo Solo, a cultivar *Golden* se originou através de mutação natural ocorrida em lavoura comercial da variedade *Sunrise Solo* nos anos 90 nas regiões Campinas/SP, Viçosa/MG e no estado do Espírito Santo. O *Golden* apresenta características bem distintas do cultivar original: são frutos mais claros, com menor

ocorrência de manchas fisiológicas na casca, sabor não tão adocicado, polpa de coloração avermelhada e indícios de vida pós-colheita superior (Molinari, 2007).

A planta é de haste única e ereta, terminando por uma coroa de folhas e podendo atingir até cerca de 10m de altura. As folhas são grandes, de cor verde, limbo recortado e ligados ao caule por pecíolo longo e oco. Os frutos são de formas diversas, de acordo com o tipo de flor, com variações desde o arredondado, oblongo alongado, cilíndrico e periforme. A cor da polpa varia de amarelo ao avermelhado (Honório, 1982).

2.1.2 Características Nutricionais

Os mamões do grupo Solo são os preferidos pelo mercado importador devido ao tamanho (peso entre 350 e 550 g), firmeza dos frutos, casca lisa sem manchas externas e, principalmente, às características sensoriais e nutricionais (Balbino & Costa, 2003).

Na Tabela 2.1 é mostrada a composição química do mamão, a qual pode variar, em função da cultivar, práticas culturais, da fertilidade do solo, da época do ano, do grau de maturação e de outros fatores. Nessa tabela pode-se observar que o mamão pode ser considerado uma excelente fruta, pois é importante fonte de carotenóides, vitamina C e sais minerais. Estes atributos são de interesse do consumidor uma vez que a comunidade médico-científica tem enfatizado a importância dos carotenóides na alimentação, devido às suas propriedades anti-oxidante e anti-cancerígena (Chandrika et al., 2003).

Tabela 2.1 Composição química do mamão, valores mínimos e máximos obtidos em diferentes locais.



2.1.3 Mercado

A maior importância econômica, relacionada ao mamão, está na venda de seu fruto para o consumo natural, enviado para o comércio nacional e internacional.

De acordo com os dados divulgados pelo IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística), para a produção de mamão papaia, no ano de 2005, mais de 85% da produção nacional ficou distribuída entre os estados da Bahia e Espírito Santo, sendo que o Rio Grande do Sul produziu apenas 0,2%.

A FAO (Food and Agriculture Organization) divulgou, no ano de 2006, os dados referentes à produção de mamão no mundo. Nesse levantamento, o Brasil apareceu como o maior produtor (25% da produção mundial), com a produção de 1650 toneladas do fruto, seguido pelo México (14%), Índia (10%) e Indonésia (10%).

O comparativo publicado pelo IBRAF (Instituto Brasileiro de Fruticultura) das exportações brasileiras de frutas frescas, entre os anos de 2006 e 2007, dos meses de janeiro a outubro mostrou um aumento na exportação geral no volume de frutas frescas (17,75%), já o volume de exportação do mamão reduziu em 3,55%, enquanto que o seu valor aumentou em 11,44%, indicando que o fruto possui um bom valor agregado, porém uma pequena porção é destinada ao mercado externo, cerca de 2% da produção nacional, indicando que um aumento na vida útil do fruto no seu período pós-colheita poderia ajudar no aumento do volume exportado.

2.1.4 Doenças Fúngicas do Pós-colheita

O controle de doenças fúngicas pós-colheita é um ponto crítico no armazenamento prolongado do mamão. Entre as doenças que causam maior prejuízo destaca-se: a antracnose, causada pelo fungo *Colletotrichum gloeosporioides* Penz.; a Podridão Peduncular, causada por diversos fungos, entre os quais *C. gloeosporioides* e *Phoma caricae-papayae*, *Alternaria alternata* e *Fusarium solani sensu.*, *Botryodiplodia theobromae* (Alvarez & Nishijima, 1987); a Pinta Preta causada por *C. gloeosporioides* Penz., a Podridão Interna e a Mancha Chocolate. Na Figura 2.1, podemos observar os danos causados no fruto por diferentes fungos.

Em geral, os agentes causadores de podridões, em pós-colheita, apresentam uma característica comum, que é a capacidade de se estabelecerem no fruto imaturo e permanecerem em estado latente, sem o aparecimento de sintomas, até que haja condições para que o processo de infecção tenha lugar. As podridões pedunculares também apresentam essa característica e os sintomas, normalmente, aparecem com o amadurecimento do fruto, fato que parece ocorrer com todos os patógenos associados a essa doença.

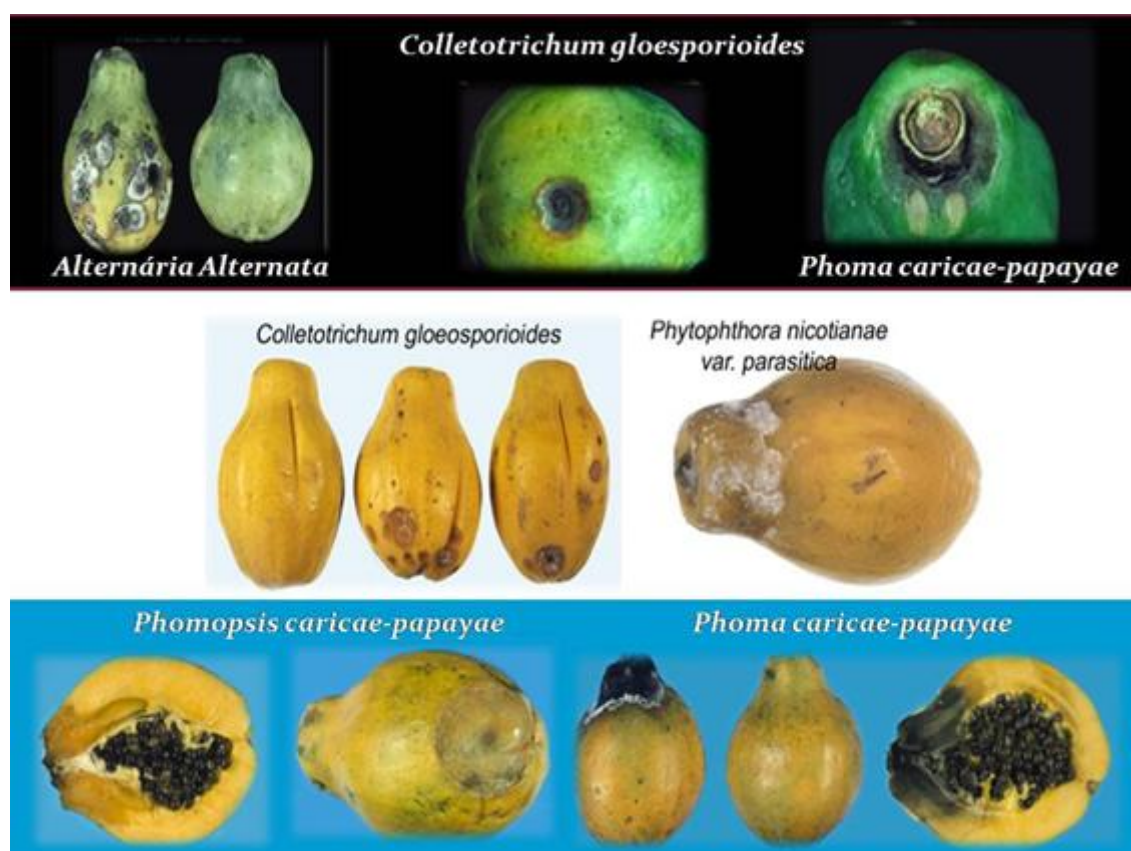


Figura 2.1 Efeitos causados por diferentes fungos no mamão papaia.

Antracnose

A Antracnose é causada pelo fungo *C. gloeosporioides* Penz. . Este fungo, que ataca vários órgãos da planta, infecta os frutos no campo, quando ainda estão verdes, permanecendo na forma latente sob a casca (Molinari, 2007) até que os frutos se tornem maduros. Os sintomas da doença nos frutos podem ser observados a partir da formação de pequenas gotas de látex que exsudam na superfície dos mesmos.

Podridão Peduncular

A podridão peduncular do mamão é o resultado da colonização dos tecidos do fruto por um complexo de fungos, incluindo *C. gloeosporioides*, *F. solani*, *P. caricae-papayae*, *Botryodiplodia* sp, *Phomopsis* sp, *Fusarium* spp, *Alternaria alternata*, *Stemphylium lycopersis* e *C. gloeosporioides*. Esses fungos desenvolvem-se no local do corte do pedúnculo, ou nas rachaduras, ou mesmo nos ferimentos que ocorrem durante a colheita, comprometendo a qualidade do fruto (Manica, Martins & Ventura, 2006).

A podridão causada por *C. gloeosporioides*, geralmente, manifesta-se em frutos em adiantado estado de desenvolvimento ou maduros. O ataque de *P. caricae papayae* provoca podridão peduncular com lesões marrons e bordas translúcidas. Em lesões mais velhas, há o aparecimento de um micélio esponjoso acinzentado. As lesões por *Fusarium* são pequenas (15 mm de diâmetro) e deprimidas. São, normalmente, uma combinação de micélio branco e massa de conídios que podem ocorrer na superfície do fruto ou pedúnculo (Alvarez & Nishijima, 1987).

Pinta Preta

A variola ou pinta preta provoca lesões de diferentes tamanhos, lesionando os frutos comercialmente. O agente etiológico da variola é o fungo *Asperisporium caricae*. Observa-se, inicialmente, a presença de áreas circulares de aspecto aquoso, as quais, com a evolução da doença, tornam-se de cor marrom, salientes, com pontuações esbranquiçadas, podendo atingir 5mm de diâmetro, essas lesões, normalmente, não atingem a polpa dos frutos (Manica, Martins & Ventura, 2006).

Mancha Chocolate

Quando o fungo *C. gloeosporioides* não penetra profundamente no parênquima do fruto e ocorrem, nestes casos, lesões superficiais, de cor marrom-avermelhada, muitas vezes com aspecto encharcado nas margens, recebem o nome de mancha chocolate (Manica, Martins & Ventura, 2006).

Podridão Interna dos Frutos

A podridão interna do mamão, também conhecida como carvão interno, é uma doença importante por causar prejuízos nos frutos, que ficam imprestáveis para o consumo. A ocorrência é comum nos frutos oriundos das primeiras floradas do

mamoeiro, diminuindo gradualmente à medida que o mamoeiro apresenta florada mais estável (Oliveira & Santos, 2004).

Cladosporium sp. é o fungo mais comumente isolado na podridão interna dos frutos. Entretanto, com frequência, observa-se a presença de outros fungos, tais como: *Fusarium*, *Penicillium*, *Alternaria*, *Phoma* e *Corynespora* (Oliveira & Santos, 2004). A penetração dos fungos no interior da cavidade do fruto ocorre logo após a polinização, através da má-formação floral (região estilar) que se mantém aberta após a floração e o desenvolvimento dos frutos. O complexo fúngico coloniza a cavidade interna do fruto, atingindo a mucilagem que reveste as sementes e a polpa adjacente. A área infectada apresenta inicialmente mancha translúcida e, com a evolução da doença, ocorre a formação de um tecido duro e seco, de coloração escura, com o aspecto semelhante ao pó-de-carvão (Oliveira & Santos, 2004).

2.1.5 Controle Fitossanitário

O tratamento térmico tem sido muito empregado, reduzindo significativamente o grau de infestação de alguns microorganismos, principalmente a antracnose. Os frutos são mergulhados em água a temperatura de 47°C – 49°C durante 20 minutos, seguido de resfriamento em água corrente. Como não é um tratamento eficaz contra todas as doenças que ocorrem após a colheita, tem sido utilizado combinado com a aplicação de fungicidas ou outros agentes sanitizantes (Molinari, 2007).

Contudo, o uso ou não destas substâncias depende das legislações do país importador. Por outro lado, o ponto crítico para a exportação do mamão produzido no Brasil é o controle da mosca-das-frutas. Elas causam prejuízos incalculáveis em todo o mundo, chegando a impedir a introdução de novas culturas. As moscas da família Tephritidae (Díptera) perfuram o fruto através de seus ovipositores e depositam seus ovos. Após a eclosão, as larvas se alimentam da polpa do fruto, provocando a perda de seu valor comercial (Gallo et al., 1988).

Em alguns mercados só é permitida a entrada do produto brasileiro, se o mesmo for submetido a um tratamento quarentenário, o qual varia de país para país. Algumas

legislações indicam o tratamento térmico e fumigação, outras a aplicação de baixas temperaturas, a radiação e, mais recentemente, o uso de ozônio. No entanto, estes métodos podem causar vários tipos de injúrias no fruto, como alteração da textura, escurecimento, lesões, e desordens fisiológicas; com agravante de aumentar a susceptibilidade do produto ao ataque de patógenos (Diehl, 1995; Moy, 1977; McGuirre, 1997; Wheeler et al., 1989) enquanto que as substâncias utilizadas na fumigação estimulam a maturação, são prejudiciais à saúde do ser humano, além de degradar o meio ambiente (Moy, 1977). Alguns agentes de fumigação, destinados a tratar alimentos, têm sido proibidos por importadores como Austrália, Estados Unidos e Japão. O brometo de metila, por exemplo, está sendo banido mundialmente por ser nocivo à camada de ozônio; o mesmo deverá ocorrer com o dibrometo de etileno (cujos resíduos já foram encontrados em frutos). Este último, já não é permitido, desde 1984, pela legislação americana e, desde 1987, pela japonesa (Diehl, 1995).

2.1.6 Fisiologia Pós-colheita

O amadurecimento é a fase mais estudada na pós-colheita de frutos, justamente por ser, nessa fase, que as mudanças na composição dos frutos ocorrem com mais intensidade. De acordo com Urbano (2006), o amadurecimento é a fase que ocorre no final do desenvolvimento e no início da senescência, composta por inúmeros processos que determinam as características de qualidade, evidenciadas por mudanças na composição interna, coloração, textura e outros atributos sensoriais. Se, por um lado, o amadurecimento é responsável por tornar o fruto comestível e com características apreciadas pelo consumidor, por outro, indubitavelmente, leva à redução na conservação deste fruto, o que conduz a perdas pós-colheita. Entender como os processos dessa fase acontecem, como são regulados e influenciados significa a possibilidade de manipulá-los contribuindo para a obtenção de frutos com qualidade e com o mínimo de perdas na pós-colheita.

O amadurecimento do mamão é caracterizado por mudanças em seus constituintes, como alterações na coloração da casca e interna, a perda da firmeza, o aumento no teor de ácidos orgânicos e açúcares. Na seqüência, estas características serão discutidas separadamente.

Coloração da casca

A mudança da cor verde para amarela no mamão deve-se à degradação da clorofila e à síntese e revelação de carotenóides (Wills & Widjanarko, 1995).

A casca do mamão maduro mostra uma ampla variação de mistura de cores, do verde para o vermelho e amarelo. A coloração externa do fruto é um importante fator para a preferência do consumidor. Os principais pigmentos no fruto são clorofila e carotenos, que são sintetizados pela via dos fenilpropanóides. Durante o amadurecimento, clorofila é rapidamente degradada. Entretanto, carotenóides da polpa continuam a aumentar nos frutos destacados quando o amadurecimento inicia (Rodrigues, Cunha & Hubinger, 2003).

Na Figura 2.2 pode-se observar a evolução da coloração da casca de acordo com a maturação. De acordo com Neto (2006), a escala de maturação varia de 1 a 5: o estágio de maturação 1 representa frutos completamente verdes, como são colhidos, o estágio 2 representa frutos com 25% de sua casca amarela, o estágio 3 com até 50% de casca amarela, o estágio 4 com 50 a 75% de casca amarela e, finalmente, o estágio 5 com 76 a 100% de casca amarela.






Estádio	Maturação do fruto	Descrição da coloração do fruto
	Primeiros sinais amarelos	Mudando de cor
	$\frac{1}{4}$ maduro	Fruto com 25% da casca amarela e o restante com coloração verde claro
	$\frac{1}{2}$ maduro	Fruto até 50% da superfície amarela, envolvida pela coloração verde claro
	Até $\frac{3}{4}$ maduro	Fruto com 50% a 75% da superfície da casca amarela, com áreas próximas em verde claro
	Maduro	Fruto com 76% a 100% da superfície amarela. Somente a extremidade do pedúnculo é verde, a partir da área de inserção

Figura 2.2 Descrição dos estádios de maturação de frutos de mamão papaya de acordo com a coloração da casca.

FONTE: Neto (2006)

Acidez Titulável

O mamão é uma fruta de sabor adocicado e que apresenta baixa acidez. Os ácidos cítricos e málico correspondem a 59% da acidez desse fruto (Bron, 2006). O aumento da acidez titulável, durante o amadurecimento, ocorre, provavelmente, em decorrência da formação de ácido galacturônico, proveniente da degradação das pectinas. A diminuição da acidez está relacionada com o processo respiratório e seu consumo dos açúcares. Ainda, os ácidos se constituem em uma excelente fonte de reserva energética para o fruto através de sua oxidação no Ciclo de Krebs (Bron, 2006).

Segundo Chitarra & Chitarra (1990), ocorre uma diminuição na acidez com o amadurecimento dos frutos, pois os ácidos orgânicos voláteis e não voláteis estão entre os constituintes celulares mais metabolizados no processo de amadurecimento.

Sólidos Solúveis Totais

O aumento no teor de sólidos solúveis pode ser atribuído ao acúmulo de açúcares e o aumento da acidez, à formação do ácido galacturônico no processo de degradação da parede celular, processos que ocorrem durante o amadurecimento do mamão, ainda que em pequena escala (Costa & Balbino, 2002).

A determinação do teor de sólidos solúveis totais (SST) normalmente é feita com o objetivo de se ter uma estimativa da quantidade de açúcares presentes nos frutos, embora, medidos através de refratômetro, incluam principalmente açúcares solúveis, além das pectinas, sais e ácidos, os quais não contribuem para o sabor doce. Normalmente é expressa em (°Brix), podendo-se converter em percentagem.

Produção de Etileno

O etileno é o hormônio do amadurecimento de frutos. Uma das características mais marcantes de frutos climatéricos é a sua capacidade de exibir produção autocatalítica de etileno (Bron, 2006). Em geral, frutos climatéricos possuem altas taxas respiratórias em estádios iniciais de desenvolvimento que, rapidamente, declinam. Taxas respiratórias de produtos climatéricos também são altas, no início do

desenvolvimento, e declinam até ocorrer um aumento, que coincide com o amadurecimento ou senescência (Fonseca et al., 2003).

As enzimas, chave na biossíntese de etileno, são a ACC-oxidase e ACC-sintase, reguladas e expressas em resposta a diversos fatores bióticos e abióticos, entre eles os estresses ambientais (Yang e Hoffman, 1994). A produção de etileno não é uniforme em todas as porções do fruto. Mitcham & McDonald (1997) encontraram em mangas *Keitt*, maior atividade de ACC-oxidase no mesocarpo mais externo do que no interno. O exame em diferentes tecidos revelou que a evolução do etileno começa a declinar com o avanço do amadurecimento. Um segundo pico de etileno foi encontrado no estágio maduro das duas variedades de manga citadas anteriormente, o que foi atribuído ao caroço, uma vez que o amadurecimento ocorre do mesocarpo mais interno para o mais externo. Esses autores também encontraram níveis muito mais altos de etileno e ACC-oxidase na casca do que no mesocarpo.

O mamão é um fruto climatérico cujas transformações resultantes do amadurecimento ocorrem rapidamente após a colheita do fruto fisiologicamente maduro, desencadeadas pela produção do etileno e aumento da taxa respiratória. Kader (1992) classificou os frutos de acordo com a taxa de respiração quando armazenado a temperaturas de 5 °C, o mamão foi classificado como um fruto de baixa taxa respiratória com valores variando de 5 a 10 mg de CO₂/kg.h. De acordo com o mesmo autor o mamão foi classificado, de acordo com a sua produção de etileno, como um fruto de alta taxa, com valores variando de 10 a 100 µL de etileno/kg.h.

Firmeza da Polpa

O manuseio e o processamento de frutos exigem cuidados especiais, visto que o consumidor tem opinião bem formada e expectativas a respeito da textura, determinada basicamente pela pectina. Em mamões, ocorre o amaciamento durante a maturação e o armazenamento, sendo este processo de especial interesse para a conservação e o processamento industrial. Estas modificações estão correlacionadas à hidrólise dos polissacarídeos da parede celular, à degradação enzimática da protopectina e à solubilização de conteúdos celulares e da parede celular (Honório, 1982).

A variação da consistência dos tecidos resulta da perda excessiva de água, ou seja, da diminuição da pressão de turgescência das células, o que ocorre quando o produto apresenta alta taxa de transpiração, ou ainda, provém da decomposição enzimática da lamela média e da parede celular. A decomposição enzimática de moléculas poliméricas como as protopectinas, celulosas e hemicelulosas, provocam o afrouxamento da parede celular, pois diminuem a força coesiva que mantém as células unidas, respondendo pela perda de firmeza dos tecidos vegetais, após o processamento mínimo (Wills & Widjanarko, 1995). O colapso das células componentes da parede celular resulta na perda de turgor, na variação da textura e, em alguns frutos e hortaliças, promove a síntese de ligninas, alterando adversamente a textura. Tais mudanças ocorrem durante a fase final do amadurecimento e predominam na fase de senescência.

Manrique & Lajolo (2004) avaliaram a firmeza da parede celular de frutos de mamão papaia durante o amadurecimento. Os resultados mostraram a solubilização de ambos os tipos de pectina, a perda de galactose com a liberação simultânea de raminose. Foi detectado também um resíduo da celulose, que foi associado à diminuição do ácido galacturônico e de monossacarídeos diferentes da glicose durante o amadurecimento, indicando que a associação entre polissacarídeos da matriz e fases microfibrilar estariam amaciando o fruto.

Vitamina C

O teor de vitamina C do fruto depende de muitos fatores incluindo variedade e estágio de maturação (Selvaraj & Pal, 1983), de acordo com a duração e as condições de armazenamento pós-colheita, podem influenciar o teor de ácido ascórbico mesmo antes do processamento. Dados obtidos pelo USDA indicam que o conteúdo de Vitamina C de mamão papaia atinge valores de 62 mg/100g de polpa do fruto. O mesmo órgão indica que a quantidade diária recomenda para um adulto é de 60mg. Considerando que um mamão papaia pesa cerca de 350g, a ingestão de 1 mamão por dia já seria suficiente para suprir a necessidade dessa vitamina.

Rocha et al. (2007), avaliou as alterações dos principais atributos químicos de qualidade do mamão 'Formosa' sob armazenamento refrigerado. O armazenamento dos frutos foi realizado em câmaras sob condições controladas de temperaturas (8, 10 e 12

°C \pm 1 .C) e umidade relativa do ar ($90 \pm 5\%$) durante os períodos de 7, 14, 21 e 28 dias. Após cada período, os mamões foram transferidos para condições ambientais (20 ± 1 .C $60 \pm 5\%$ UR) onde se simulou um período de prateleira de sete dias. A melhor extensão para a vida útil pós-colheita do mamão ‘Formosa’ foi estimada nos frutos submetidos a 10°C e 90% UR até 20 dias, com sólidos solúveis acima de 12% e vitamina C em torno de $40 \text{ mg}/100\text{g}$.

Perda de Massa Fresca

Os produtos hortícolas, constituídos basicamente por conteúdo aquoso, apresentam teores de água superiores a 90% e, no caso do mamão, esse conteúdo é de 86% . O teor de água de um produto é composto principalmente pela água presente no interior das células, que é mantida através de forças osmóticas e refere-se à água livre, mas há uma pequena parcela de água ligada quimicamente, sendo mais estável e difícil de ser perdida. A perda deste conteúdo, além de refletir no decréscimo de peso dos produtos, trará como conseqüências o enrugamento dos tecidos e a perda do brilho e da textura, características essas muito importantes para produtos comercializados com base na aparência.

O chamado déficit de pressão de vapor (DPV), existente entre o produto armazenado e o meio circundante ao mesmo, responde pela variação do conteúdo aquoso, por conseguinte, qualquer variação da pressão de vapor da atmosfera circundante, poderá provocar variação no teor hídrico do tecido vegetal.

O produto armazenado pode perder seu conteúdo aquoso através dos processos de evaporação, perda da água de superfície do produto e transpiração, que compreende a liberação de vapor d’água dos espaços intercelulares para a atmosfera externa. A transpiração constitui um processo fisiológico contínuo, mesmo após a colheita, e é conseqüência do DPV, visto que a umidade relativa da atmosfera interna do produto é de praticamente 99% , enquanto que a da atmosfera circundante (externa) é sempre menor, ocorrendo o encaminhamento do vapor d’água do meio de maior pressão de vapor para o de menor pressão de vapor.

A utilização de refrigeração associada à alta umidade relativa de estocagem estabelece uma alta pressão de vapor no ambiente, visando à redução do DPV e, conseqüentemente, da perda de água do produto armazenado. A evaporação da água de superfície ocorre quando a temperatura do ambiente de estocagem é menor que a do produto, o qual apresenta maior pressão de vapor que o ambiente, gerando um elevado DPV e a necessidade do rápido resfriamento do produto antes do armazenamento, a fim de minimizar o DPV e, por conseguinte, a perda de água do mesmo. A evaporação refere-se a um processo físico que requer energia, energia essa, proveniente do calor respiratório, portanto, quanto menor a temperatura de estocagem, menor a taxa respiratória do produto, por conseguinte, menor será a liberação do calor respiratório e a perda de água da superfície do produto para o ambiente. Ressalta-se a importância da baixa temperatura e da alta umidade relativa de estocagem, pela influência direta sobre a perda de água do produto.

Superfície cuticular

A superfície primária de folhas, hastes e frutos é coberta por uma camada extracelular fina: a cutícula (Neinhuis *et al.*, 2001). A cutícula é uma membrana fina, hidrofóbica e flexível que está composta por uma matriz polimérica, a cutina, e associada aos lipídeos solvente-solúveis e às ceras cuticulares (Vogg *et al.*, 2004). A cutícula é um produto da epiderme, produzido pelas células epidérmicas da superfície externa (Scott, 1966).

A cutícula das plantas sofre mudanças em área à medida que as células se expandem durante o crescimento dos órgãos. Em órgãos com rápida expansão em área, a cutícula pode estar muito solta ou enrugada, o que aumenta sua área superficial. À medida em que o crescimento prossegue, as dobras se achatam e, conseqüentemente, desaparecem.

Apesar da área de superfície rugosa ser insuficiente para acomodar toda expansão do fruto que ocorre após a antese, o enrugamento pode ajudar a prevenir a rachadura cuticular durante a fase mais rápida de crescimento. As propriedades mecânicas da cutícula, durante o crescimento, são de importância comercial,

especialmente para indústria de frutas, em que as rachaduras cuticulares causam manchas na superfície dos frutos (Jeffree, 1996).

Da mesma forma que a cutina, as ceras não são um composto específico, são polímeros extremamente heterogêneos, que resultam de interação de ácidos graxos de cadeia muito longa, com até 34 carbonos. Existem duas classes distintas de ceras: epicuticulares na superfície da cutícula e intracuticulares, que ocorrem como partículas dentro da matriz de cutina. De acordo com Neinhuis (2001), estes lipídeos estão embebidos na matriz de cutina (ceras intracuticulares) e também se movem até a superfície (ceras epicuticulares), onde são, freqüentemente, encontrados formando estruturas tridimensionais complexas, mencionados na literatura como cristalóides de ceras.

Enquanto a cutícula e as ceras intracuticulares funcionam principalmente como uma barreira à perda de água (Schönherr 1982; Riederer and Schreiber 1995; Schreiber *et al.*, 1996), as ceras epicuticulares servem para diferentes propósitos, como para a reflexão da luz (Barnes & Cadoso-Vilhena, 1996) e para a impermeabilização (Holloway 1969, 1971).

Cristais de cera epicuticular exibem grande diversidade ultraestrutural. É amplamente aceito que a micromorfologia da maioria dos cristais é determinada, principalmente, por sua composição química (Neinhuis *et al.*, 2001). As ceras epicuticulares podem formar uma camada parcial ou contínua de ceras amorfas sobre a superfície de plantas superiores (Baker, 1982) e, em muitos frutos, estruturas cristalinas surgem na superfície externa, dando aos frutos o seu característico “florescimento de ceras” (Jeffree, 1975).

2.1.7 Tratamentos Pós-colheita

Susceptibilidade a doenças, sensibilidade a baixas temperaturas de armazenamento e a alta perecibilidade no manuseio do mamão, limitam o transporte desse fruto a mercados distantes, o que conduziram ao desenvolvimento de pesquisas que proporcionassem condições que retardem ou inibam tanto o amadurecimento como

a senescência, que reduzindo a contaminação inicial do produto e prolongando o período de armazenamento, entre outros aspectos relacionados à qualidade de frutos.

Baixas Temperaturas

A conservação de mamão tem sido amplamente estudada e o uso da refrigeração foi o primeiro tratamento empregado e atualmente continua sendo o tratamento mais eficiente que prolonga sua vida pós-colheita durante o armazenamento, permitindo a exportação por meios de transporte menos onerosos, possibilitando, dessa forma, a sua competição com os demais frutos no mercado internacional. Qualquer tratamento adicional a este, é benéfico, caso se tenha o objetivo de aumentar a sua vida útil pós-colheita, quando se pretende alcançar o consumidor final.

O mamão, sendo um fruto tropical, é altamente sensível a danos causados pelo frio (*Chilling Injury*), mesmo a temperaturas refrigeradas acima do ponto de congelamento. Uma faixa de segurança é recomendada para sua refrigeração, que é de 10 a 13°C, mas uma temperatura específica de armazenamento é recomendada para cada variedade do fruto (Almeida et al, 2006). De modo geral, frutos submetidos a baixa temperatura apresentam a maioria dos constituintes químicos com teores semelhantes aos frutos não refrigerados, com exceção feita ao β -caroteno e carotenóides totais, que apresentam teores menores nos frutos refrigerados e certa depreciação no *flavor* (Salunkhe & Desai, 1984).

Rocha et al. (2007) avaliaram a qualidade e a vida útil pós-colheita do mamão formosa armazenado sob temperaturas refrigeradas. A melhor estimativa para a manutenção da qualidade e aumento da vida útil pós-colheita do mamão foi observada nos frutos submetidos a 10°C, 90 \pm 5% UR, até 20 dias, os frutos submetidos a 8°C e a 10°C, 90 \pm 5% UR, desenvolveram sintomas de danos pelo frio, após 21 dias de armazenamento, agravando-se com a extensão do armazenamento e, no armazenamento a 12°C, 90 \pm 5% UR, observou-se um amadurecimento acelerado com amolecimento aquoso da polpa, a partir de 28 dias. Aos 35 dias, os frutos estavam inaptos para o consumo, havendo grande incidência de *C. gloeosporioides*.

Tratamento Térmico

O tratamento térmico desenvolvido por Akamine & Arisumi (1953), composto por imersão de frutos de mamão em água a 49°C por 20 minutos, foi uma das primeiras referências ao uso de tratamento com água quente para frutos. Naquela ocasião, o procedimento apresentava alta efetividade e era bastante promissor para o controle de patógenos e mosca-das-frutas. Concomitante ao uso do tratamento com água quente (48°C por 20 min.), para mamões tem sido utilizada, para o controle de *C. gloeosporioides*, a associação desse tratamento com ceras e fungicidas, como o thiabendazol e que apresentou uma significativa redução nas perdas pós-colheita devidas a antracnose (Alvarez & Nishijima, 1987).

Atualmente, quatro métodos de tratamento térmico são usados no pós-colheita do mamão: o tratamento com vapor a quente; o tratamento com ar forçado a quente; o tratamento com imersão em água quente; e aspersão em água quente. Este último tratamento alia a escovação ao tratamento com calor resultando em um tratamento mais prático e menos custoso. O uso de tratamento térmico associado à aplicação de outros tratamentos alternativos tem sido estudado como uma maneira de melhorar a eficiência da desinfecção dos frutos para melhor conservação pós-colheita. O uso de tratamento térmico, associado ou não ao uso de fungicidas, remove a fina camada de cera natural dos frutos, deixando-os sem brilho e extremamente susceptíveis à transpiração e ao enrugamento. Para evitar a desidratação, pode-se utilizar embalagens plásticas e ceras ou somente ceras.

Oster (2004) estudou o efeito do tratamento com calor no crescimento do micélio e germinação dos conídios de *Botryosphaeria dothidea* e avaliou a viabilidade da termoterapia com calor, isolada ou em combinação com carbonato de sódio, no controle da podridão branca e na manutenção da qualidade das maçãs *Fuji* em diferentes estádios de maturação, mantidas, ou não, sob armazenamento refrigerado. Observou que os frutos tratados a temperaturas inferiores a 62°C, em qualquer período de exposição, foram incapazes de inibir o crescimento do micélio do patógeno e que os conídios submetidos à temperatura de 58°C foram inativados no período de 60s.

Oliveira & Santos (2004) indicam que a associação do tratamento térmico (imersão de frutos de mamão em água a 48°C por 20 minutos) com ceras e fungicidas, como o thiabendazol apresenta significativa redução nas perdas pós-colheita devidas às podridões pedunculares. Esse tempo de tratamento térmico também é recomendado pelas normas técnicas específicas da produção integrada de mamão, divulgadas pelo Ministério da Agricultura, para a exportação do mamão.

Atmosfera Controlada

O uso de atmosfera controlada (AC) para conservação de frutos e hortaliças tem sido objeto de estudos. A técnica consiste, basicamente, em se reduzir o teor de oxigênio e elevar o teor de gás carbônico na câmara a níveis conhecidos. Porém, deve-se ter em mente que podem existir diferentes requerimentos de concentrações dos gases componentes da atmosfera, entre espécies e cultivares da mesma espécie.

Atmosferas modificadas e controladas não têm sido usadas comercialmente durante o armazenamento de frutos tropicais, mas são usadas para transporte marítimo, cujos tempos de viagens são longos. Por exemplo, o tempo mínimo requerido para uma viagem marítima do leste da Austrália para o leste da Ásia é de 21 dias, 28 dias para o Japão e América do Norte e 42 dias para a Europa (McGlasson, 1989). O tempo mínimo de viagem do México para a Europa é de 18 dias e 21 dias para o Japão. O tempo mínimo de uma viagem do Brasil para a Europa é de 11 dias e para o Leste da América do Norte (Porto de Phyladelfia), de 10 dias. Portanto, é necessário assegurar uma vida suficientemente mais longa pós-colheita desses frutos para serem distribuídos para os mercados distantes.

Bender et al. (1995) armazenaram mangas *Tommy Atkins* a 12°C, por 21 dias, em 10, 25 e 45 % de CO₂ combinados com 5 % de O₂. Após três semanas de atmosfera controlada, os frutos foram transferidos para o ar a 20°C por 5 dias. Taxas de produção de etileno de mangas armazenadas em 10 e 25 % de CO₂ ficaram abaixo dos níveis detectáveis, mas se recuperaram aos níveis do controle após transferência ao ar, sendo o processo de amadurecimento normal. Mangas armazenadas em 45% de CO₂ foram

severamente danificadas no final do período de armazenamento sob esse tipo de atmosfera.

Bender et al. (2000) demonstraram benefícios no uso da atmosfera controlada para mangas *Haden* e *Tommy Atkins* no estágio verde maduro, tais como manutenção da qualidade e retardamento do amadurecimento, sendo o tratamento mais eficaz a pressão de 3KPa O₂, por 2 ou 3 semanas, a 12 ou 15°C, período mínimo requerido para transporte marítimo.

Atmosfera Modificada

Para melhor conservação dos frutos, pode-se utilizar a técnica do armazenamento sob atmosfera modificada, que consiste no envolvimento dos frutos em filmes plásticos, acondicionamento dos mesmos em embalagens ou através de produtos químicos que formam uma película protetora sobre eles, como a cera e a parafina, visando à modificação da atmosfera ao seu redor (BRON I. U., 2006). Dependendo do mecanismo pelo qual se estabelece a atmosfera no interior da embalagem, pode-se ter armazenamento em atmosfera passiva (sem controle rígido das concentrações de O₂ e de CO₂) ou (com controle) em atmosfera ativa. A redução do oxigênio e o aumento do dióxido de carbono, além de causarem uma diminuição da respiração e, conseqüentemente, do metabolismo das frutas, também inibem a produção autocatalítica do etileno.

O uso de filmes plásticos visa, principalmente, a alterar a permeabilidade aos gases O₂, CO₂ e vapor d'água. Os filmes de baixa permeabilidade retardam o processo de amadurecimento sem afetar na qualidade dos frutos.

As ceras derivadas de polissacarídeos, normalmente usadas em frutas, resultaram em desenvolvimento retardado da cor, menor acidez, sólidos solúveis totais, menor perda de massa e CO₂, e maiores valores de firmeza (Kittur & Tharanathan, 1998).

De acordo com Sarantópoulos et al. (1996), no acondicionamento de frutas, são utilizadas embalagens absorvedoras de etileno, excesso de CO₂, água e O₂, que recebem

o nome de embalagens ativas. Os filmes poliméricos, geralmente na forma de polietileno, contendo dispersões de minerais, são comercializados como absorvedores de etileno. Um exemplo desse tipo de embalagem é o *Fresh Paper*. O produto é um papel impregnado com substâncias absorvedoras de gases, como o etileno, a ser empregado na caixeta envolvendo os frutos, em substituição ao papel comum de embalagem. Por ser um material de confecção discreta, sem demonstrar a presença de nenhuma substância química, não afeta a apresentação comercial dos frutos. Tukada (2002) cita, como vantagem de uma embalagem ativa, a alteração da atmosfera no interior da embalagem de vegetais, sem que seja feita a aplicação de vácuo ou injeção de gases.

Segundo Awad (1993), no interior das embalagens, a respiração dos frutos reduz a concentração de O₂ e aumenta a de CO₂, até níveis que dependem, sobretudo, do tipo, variedade, peso, estágio de maturação, temperatura dos frutos e das características da película plástica (estrutura, densidade e espessura) que determinam sua permeabilidade aos diferentes gases (CO₂, O₂ e C₂H₄).

Church (1994) relata diversos filmes plásticos, incluindo principalmente em função de sua permeabilidade a gases, O₂, CO₂ e vapor d'água, os de alta, baixa e média permeabilidade.

Lee et al., (1992) afirmaram que a eficiência desses filmes na embalagem de vegetais, deve-se não somente à capacidade de absorver o etileno como também pelas características desejáveis em uma embalagem para vegetais frescos, como: taxa de permeabilidade ao CO₂ e ao etileno superiores às dos filmes convencionais, maior relação entre a taxa de permeabilidade ao CO₂ e a taxa de permeabilidade ao O₂.

Irradiação

A maioria das pesquisas com radiação gama (γ) em mamões visa à erradicação da infestação de mosca das frutas. Entretanto, tem-se dado muita ênfase ao prolongamento da vida útil através da manutenção da qualidade.

Feitosa et al. (2005) avaliaram o efeito da radiação gama e do fitorregulador 2-cloroetil trimetilamônio na fisiologia pós-colheita de mamões (*Carica papaya L.*), colhidos em estágio de vez, com relação a manutenção de sua qualidade e sanidade, a fim de minimizar as perdas de pós-colheita. Os resultados mostraram efeito do regulador vegetal na retenção de perda de massa fresca e maior amolecimento dos frutos. Ao contrário, os frutos irradiados a 0,2 e 1,0 kGy (kilo Gray, unidade do Sistema Internacional para radiação) apresentaram maior firmeza. Todos os tratamentos proporcionaram retenção de ácido ascórbico nos mamões.

Agentes Químicos

O 1-MCP (1-metilciclopropeno), um potente inibidor da produção e ação do etileno, é responsável por bloquear respostas do etileno nos frutos (BRON, 2006). O 1-MCP é um pó que, quando misturado à água ou a uma base diluída quente, libera um gás inodoro, anti-corrosivo e atóxico. Esse composto é mais estável na fase gasosa do que na líquida, por isso é aplicado sempre na forma gasosa, em doses extremamente baixas (ppm = μ L/L ou ppb = nL/L) e com rápida difusão pelos tecidos, o que implica menores tempos de aplicação na pós-colheita. Esse inibidor está registrado em países, tais como a Argentina, Colômbia, Equador, Estados Unidos, África do Sul, no Brasil, o 1-MCP ainda está em vias de registro.

Hofman et al., (2001) relataram que o maior tempo para amadurecimento de mamões 'Solo' (20,4 dias) em relação à manga 'Kensington Pride' (18,7 dias), pinhas 'African Pride' (9,3 dias), abacates 'Hass' (15,6 dias), estaria relacionado à menor taxa de síntese de receptores de etileno, quando tratados a 25 μ L/L de 1-MCP e temperatura de armazenamento.

Mamões 'Sunrise Solo' foram colhidos em dois estádios de maturação (verde e maduro) e tratados com o 1-MCP nas concentrações de 0, 30, 90 e 270 nL/L durante 12 horas, a 20°C. Após os tratamentos, os frutos foram armazenados em condições ambientais (20°C) durante 8 dias. A aplicação do 1-MCP (90 e 270 nL/L) retardou a perda de coloração verde dos frutos e a incidência de podridões. Frutos verdes, tratados com 1-MCP (270 nL/L), apresentaram maior firmeza do que os frutos controle. O 1-

MCP não afetou o conteúdo de sólidos solúveis dos frutos. A taxa respiratória e a produção de etileno foram reduzidas nos frutos tratados com 1-MCP (90 e 270 nL/L) em ambos estádios de maturação. O 1-MCP (90 e 270 nL/L), aumentou a vida útil pós-colheita dos frutos do estágio verde de 4 para 6 dias, dos frutos maduros de 2 para 4 dias. Contudo Jacomino et al. (2002) estudou o uso de 1-metilciclopropeno (1-MCP) no amadurecimento e senescência do mamão papaya e observou que ao usar concentrações de 1-MCP a 270nL/L os frutos não amoleceram adequadamente, embora a coloração externa estivesse amarela, o que poderia afetar a aceitação comercial dos frutos.

Agentes Sanitizantes

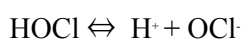
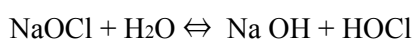
A operação de sanitização é determinante na manutenção da qualidade e da sanidade do produto durante a fase de pós-colheita.

O cloro representa um potente sanitizante dotado com poderosa propriedade oxidante e sua utilização na forma líquida, como hipoclorito de sódio (NaOCl), tem sido usual em indústrias de processamento mínimo. O cloro (total), empregado na operação de sanitização, refere-se à somatória do cloro combinado (reativo) com o cloro livre (ativo). Logo que é adicionado, parte do cloro é consumido imediatamente pelas reações com as impurezas presentes na água (solo, matéria orgânica e compostos nitrogenados).

O hipoclorito de sódio (NaOCl) constitui o sanitizante químico de maior utilização, devido à sua fácil aplicação e completa dissociação em água. Em concentrações de 100 a 200ppm, o hipoclorito de sódio pode responder pela redução de 1 a 2 ciclos logarítmicos da população deteriorante presente. O Cl na forma de hipoclorito é aplicado na limpeza e sanitização de produtos frescos e equipamentos e na sanitização da própria planta de processamento (Kim, 1999).

As desvantagens decorrentes da aplicação de hipocloritos, compreendem a elevação do pH da solução e a ausência de atividade antimicrobiana residual, além do que, em altas concentrações, provocam irritabilidade na pele e nos olhos, e mancham tanques de aço e outros metais. Além da ação do Cloro na sanitização ser lenta e formar

subprodutos como os trihalometanos, sobre os quais há suspeitas de serem cancerígenos. O hipoclorito de sódio é eficaz em matar bactérias, fungos, vírus e nematóides e, em água, origina hidróxido de sódio (NaOH) e ácido hipocloroso (HOCl). O agente germicida refere-se ao ácido hipocloroso, que se dissocia em H^+ e no íon OCl^- .



Tanto o ácido hipocloroso quanto o íon hipoclorito apresentam atividade germicida e são considerados como Cloro livre (ativo), entretanto, a atividade germicida do ácido é consideravelmente maior que a do íon, sendo de 20 a 300 vezes mais tóxico e letal aos microrganismos por reagir e destruir a parede celular dos mesmos. A eficiência da atividade germicida é dependente dos fatores: concentração utilizada, temperatura e pH da solução, tempo de exposição do produto ao sanitizante, qualidade da água e tipo de microrganismos presentes.

Fungicida

Os fungicidas protetores são raras vezes fitotóxicos às células das plantas e, por esse motivo, são seletivos, devendo permanecer na superfície da planta; quando penetram na cutícula, podem causar injúria. Os fungicidas sistêmicos devem co-existir com as células do hospedeiro, requerendo, portanto, um tipo diferente de seletividade, que deve discriminar entre as células do hospedeiro e do patógeno. Estes fungicidas, então, penetram na planta e são tóxicos, seletivamente, aos processos vitais inerentes aos fungos. O processo da seletividade é, geralmente, tão específico que entre centenas de diferentes fungos que atacam as plantas, somente certos grupos taxionômicos são afetados particularmente por cada fungicida sistêmico. Esses são, portanto, produtos químicos orgânicos absorvidos e transportados dentro da planta. Poucos são os produtos químicos considerados sistêmicos, no sentido estrito da palavra, isto é, aqueles cujo ingrediente ativo move-se intacto dentro da planta. No interior da planta, esses produtos podem mover-se para sítios metabólicos ou translocar-se para órgãos de transpiração da planta.

O uso de produtos sistêmicos indiscriminadamente, contra determinadas doenças, com o tempo, causa aparecimento de novas linhagens do patógeno, que se tornam resistentes ao fungicida empregado.

Os principais fungicidas sistêmicos usados no mercado seguem relacionados:

a) Grupo dos Benzimidazóis - Constituem o mais importante grupo de fungicidas sistêmicos utilizados comercialmente, incluindo os fungicidas benomyl, carbendazim, tiofanato metílico e thiabendazole.

b) Grupo das Carboxamidas - Todos os fungicidas do grupo são mais ou menos seletivos para doenças causadas por basidiomicetos. Seu espectro de fungitoxidade inclui, primeiramente, carvões, cáries, ferrugens e *Rhizoctonia solani*.

c) Grupo das Dicarboxamidas - Apresentam alta atividade antifúngica contra *Botrytis*, *Monilinia*, *Sclerotinia*, *Corticium*, *Rhizoctonia*, *Ustilago*, *Mucor*, *Rhizopus*, *Alternaria*, *Phoma*, *Helminthosporium*.

d) Grupo dos Inibidores de biossíntese de esteróis - Constitui o maior grupo de compostos já desenvolvidos para o controle de doenças fúngicas de plantas e animais, exibindo vários graus de sistemicidade e, frequentemente, altíssima potência antifúngica. Controla um amplo espectro de doenças causadas por ascomicetos, basidiomicetos e deuteromicetos, não tendo atuação sobre *Pythium* e *Phytophthora*, que não sintetizam esteróis. A grande vantagem desse grupo de fungicidas sistêmicos é a dificuldade de os patógenos sensíveis tornarem-se resistentes, sem serem afetados em sua adaptabilidade. Incluem compostos químicos estruturalmente muito diversificados (triazóis, imidazóis, morfolinas, piperazinas), sendo os triazóis os mais importantes.

e) Grupo dos inibidores de Oomicetos - Fungos *oomicetos*, abrangendo importantes fitopatógenos, como os do míldio da videira e da requeima da batata e do tomate, constituem um grupo de sensibilidade diferenciada a fungicidas de atuação seletiva, como os sistêmicos.

Outro fator a ser considerado é a diminuição da eficácia dos produtos utilizados comercialmente, fato associado ao aparecimento de organismos que apresentam níveis elevados de resistência principalmente àqueles pertencentes ao grupo dos benzimidazóis, fato esse que motiva o estudo a outros métodos sanitizantes alternativos.

2.2 Ozônio

2.2.1 Considerações Gerais

O ozônio (O_3) é um gás formado por três átomos de oxigênio. Dois átomos de oxigênio constituem a molécula do oxigênio, presente no ar que respiramos. O terceiro átomo, muito instável, pode desligar-se facilmente do ozônio para se ligar a moléculas de outras substâncias orgânicas, alterando sua composição química.

A palavra ozônio vem do grego *ozein* que quer dizer mau cheiro. O significado do nome reflete uma de suas características, ou seja, o forte odor que exala, quando em alta concentração. Esta característica foi observada pela primeira vez em 1785, pelo químico holandês chamado Martinus Van Maurun, próximo a uma descarga elétrica. O odor característico foi inicialmente identificado pelo cientista alemão Christian Friedrich Schonbein, em 1839 durante a oxidação lenta do fósforo branco e da eletrólise da água. A identidade e estrutura deste composto foram confirmadas em 1867 como sendo o oxigênio triatômico (Prestes, 2007).

O ozônio é um sanitizante eficiente no tratamento de produtos alimentícios e é utilizado em vários países da Europa e Ásia. Os primeiros usos do ozônio, como agente sanitizante na indústria alimentícia, são registrados na literatura desde o início do século 20, como sendo utilizado na preservação de alimentos e ingredientes no continente europeu (Kim, 1999). Ainda há registros de seu uso como coadjuvante de processamento de alimentos e bebidas, sendo bastante utilizado na purificação e envelhecimento artificial de bebidas alcoólicas, incluindo vinhos e destilados, e na manufatura de sidra, como agente de desinfecção e controlador de odor. Na Europa tem sido comumente utilizado, segura e eficientemente, no tratamento de águas de abastecimento de rede pública e no processamento de alimentos, há muitas décadas (Graham, 1997). Comercialmente, foi utilizado pela primeira vez em 1907, em Nice (França), no tratamento de água potável do município e, em 1910, em Saint Petesburg (Nascimento, Lima & Valle, 2005).

Nos EUA foi utilizado, primeiramente, com a função de remover íons ferro, manganês, cor, sabores ou odores em produtos alimentícios e água; desde 1933 numerosos experimentos têm sido realizados em ampla variedade de frutas e hortaliças, incluindo maçãs, batatas, tomates, morangos, brócolis, pêras, laranjas, pêssegos, uvas, milho e soja e, em 1940, foi instalada a primeira planta de tratamento de água potável através da ozonização contínua. Em 1982, o FDA (United States Food and Drugs Administration) declarou a ozonização de água engarrafada como segura, integrando a lista de produtos “Generally Recognized as Safe” (GRAS) (United States Food and Drugs Administration, 1982). Em 1987, mais de duzentas plantas de tratamento de água potável utilizavam ozônio (Graham, 1997).

Em 1997, o ozônio foi reconhecido “Generally Recognized as Safe” (GRAS) como sanitizante de alimentos por um painel independente numa reunião de especialistas no assunto (Graham, 1997), e, em 2001, foi declarado seguro como aditivo secundário para uso direto em alimentos (United States Department of Agriculture, 2001).

Atualmente, o ozônio é utilizado em países da Europa, sendo empregado também como agente sanitizante em indústrias de alimentos nos Estados Unidos, sem nenhuma restrição (Graham, 1997). Estudos prévios indicam que o ozônio pode ser utilizado como antimicrobiano seguro e eficiente em inúmeras aplicações, em que baixas concentrações e reduzido tempo de contato são suficientes para o controle ou redução da população microbiana (Kim, 1999).

2.2.2 Propriedades e Características do Ozônio

O ozônio é o segundo oxidante mais poderoso, excedido em seu potencial de oxidação somente pelo flúor. É poderoso contra germes e vírus, ataca o trato respiratório, e sua concentração máxima considerada segura para o homem é da ordem de 0,1 ppm (Hassemer, 2000).

O ozônio é um gás instável, incolor, nas condições atmosférica, relativamente instável em solução aquosa e com meia vida de 20 min, à temperatura de 20 °C. Por outro lado, é muito estável no ar, com meia-vida de cerca de 12 horas, em condições normais de pressão e de temperatura (Di Bernardo, 1993). As demais características físico-químicas são:

- massa molar de 48kg/kmol;
- ponto de fusão (a 1 atm) de -192,5 °C;
- ponto de ebulição (a 1 atm) de -111,9 °C
- massa específica do gás (nas CNTP) de 2,14 g/litro.

A sua propriedade única de rápida e autodecomposição, faz com que o ozônio seja indicado como alternativa ao cloro na sanitização de alimentos, pois, logo após sua utilização, decompõe-se rapidamente em oxigênio molecular e água, não gerando resíduos tóxicos (Kim, 1999).

Em relação ao cloro, o ozônio apresenta as seguintes vantagens:

- poder oxidante 1,5 vezes maior, sendo considerado o mais forte entre os oxidantes viáveis em alimentos;
- eficiente contra um maior espectro de microrganismos sendo que destrói *E. coli* e *Listeria spp.*, entre outros patógenos, mais rapidamente;

- o ozônio é extremamente lábil se decompondo em simples oxigênio diatômico, portanto, livre de resíduos químicos e não forma componentes persistentes e/ou prejudiciais ao meio ambiente, como os THM (trihalomentanos), que oferecem riscos à saúde; não se deposita no solo, onde a exposição humana é grande;
- não é considerado carcinogênico nem mutagênico;
- não se acumula em tecido gorduroso nem causa efeitos crônicos ao longo do tempo;
- pode ser usado na reciclagem da água;
- reduz o nível de pesticidas em produtos frescos, dos subprodutos do cloro e outros resíduos químicos, das demandas química (DQO) e biológica (DBO) de oxigênio, na água utilizada para lavagem e processamento dos alimentos e de micotoxinas;
- além de sanitizante, é considerado um bom agente fumigante a ser aplicado em produtos alimentícios em estocagem para prevenir bactérias, bolores, leveduras e insetos (Graham, 1997).

2.2.3 Geradores de Ozônio

O ozônio é criado através de descarga elétrica que cliva o oxigênio molecular (O_2), resultando em dois átomos de oxigênio livre (O) que se ligam rapidamente a outras duas moléculas de oxigênio, formando o ozônio. Uma pequena quantidade do ozônio também é formada na troposfera como um subproduto das reações fotoquímicas entre hidrocarbonetos, oxigênio e nitrogênio liberados dos automóveis, indústrias, florestas e ação vulcânica (Kunz et al., 1999).

Comercialmente, o gás ozônio pode ser gerado do próprio ar ou do oxigênio puro através de uma descarga elétrica ou por luz ultravioleta. Devido à sua instabilidade e rápida decomposição, deve ser gerado no local e utilizado imediatamente, não

podendo ser estocado. Tal fato o torna controlável, pois, em casos de acidentes, não irá persistir no meio ambiente por longo período de tempo, em comparação a um gás tóxico estável (Kim, 1999). O equipamento de ozonização utilizado na produção industrial é relativamente simples, incluindo gerador, tanque de contato, sistema de gás, destruidor de ozônio, filtro, monitor de ozônio e sistema de exaustão (Di Bernardo, 1993).

2.2.4 Mecanismos de Ação

O ozônio possui um alto potencial de oxidação associado à habilidade de se difundir através de membranas biológicas, sendo a superfície da célula microbiana o primeiro alvo a ser atingido. Sua ação antimicrobiana é decorrente do ataque através da oxidação dos glicolipídios, glicoproteínas e aminoácidos da parede microbiana, alterando a permeabilidade celular e causando sua rápida lise. Ataca também grupos sulfidríla de enzimas, ocasionando o colapso da atividade enzimática celular, além de sua ação sobre o material nuclear dos microrganismos, alterando as bases púricas e pirimídicas dos ácidos nucleicos, como ocorre com alguns vírus, em que o ozônio destrói seu RNA, além de alterar as cadeias polipeptídicas de sua cápside protéica (Kim, 1999).

O ozônio possui a capacidade de inativar numerosas bactérias, incluindo Gram-negativas e Gram-positivas, células vegetativas e esporos, além de componentes do envelope celular, esporos ou cápsides virais a concentrações relativamente baixas e em reduzido tempo de contato (Kim, 1999).

2.2.5 Efeitos da Utilização do Ozônio

O ozônio é descrito como um dos mais potentes sanitizantes conhecidos que se auto-decompõe rapidamente a um produto atóxico (O_2), não deixando resíduos nos alimentos e não tendo sido descritos efeitos deletérios em seres humanos sob condições normais de uso (Prestes, 2007). Diariamente, o homem é exposto a pequenas concentrações de ozônio, uma vez que o mesmo é encontrado na atmosfera como resultado da oxidação fotoquímica dos hidrocarbonetos emitidos pelos automóveis e

pelas indústrias, além de ser produzido também por transformadores elétricos, fotocopiadoras, entre outros aparelhos elétricos (Kunz et al., 1999).

Concentrações muito altas do gás podem causar oxidação na superfície de alimentos, resultando na descoloração dos mesmos e alteração do sabor (Kim et al., 1999).

Em situações extremas, a exposição excessiva ao ozônio em altas concentrações por várias horas, pode acarretar em: lacrimejamento, dificuldade de respiração, respiração superficial, congestão pulmonar, irritação das vias respiratórias superiores, cefaléia e pré-síncope. O órgão estadunidense que trata da saúde e da segurança ocupacional (OSHA) estabelece os limites de exposição curta e longa ao ozônio (TLV-STEL e TLV-LTEL) no ambiente de trabalho, que variam de 0,01 mg.L⁻¹ de ar para uma jornada de trabalho de 8 horas diárias (40 horas semanais) e de 0,3 mg.L⁻¹ de ar por 15 minutos, para uma utilização segura do gás (Nascimento et al., 2005). Dentro dos limites internacionalmente estabelecidos e utilizando-se equipamentos adequadamente projetados e operados, o ozônio pode ser utilizado seguramente.

Chappelka (2002) avaliou os efeitos do ozônio no desenvolvimento reprodutivo da amora (*Rubus cuneifolius*) e observou uma aceleração no desenvolvimento durante o florescimento e uma redução no número de flores. Não houve diferença significativa no número de frutos entre os diferentes tratamentos.

Veiga & Nascimento (2003) estudaram a eficácia da água ozonizada a 0,6 ppm frente às cepas de *Salmonella typhimurium* ATCC 14028, *Escherichia coli* 0157:H7, *Listeria monocytogenes*, *Staphylococcus aureus* ATCC 6583, *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 27853, *Escherichia coli* ATCC 25922 e *Candida albicans* ATCC 10231 durante o período de 5 a 15 segundos e mostraram que o ozônio foi eficaz no controle em todos os casos.

Seydim, Bever & Greene (2004) compararam a destruição por ozônio das bactérias gram-positivas e negativas na presença de gordura, proteína e das fontes de carboidrato. A eficiência da água ozonizada, a 0,4 ppm, durante 10 min, em carcaças

que foram inoculadas com os esporos do bacilo *Stearotherophilus* ou células vegetativas de *Escherichia coli* ou de *Staphylococcus aureus*, protegeram pouco ou quase nada, quando comparado com o controle.

2.2.6 Toxicidade do Ozônio

A alta toxicidade do ozônio ao ser humano torna extremamente perigosa sua aspiração direta. Entretanto, a ingestão indireta, através de água ozonizada, não representa perigo sério ao ser humano, pois a meia-vida do ozônio dissolvido na água é relativamente curta. A tolerância do ser humano, quando exposto em local com ozônio no ar, pode ser observada na Figura 2.1. Quando exposto durante cerca de 2 horas, a uma dosagem de ozônio no ar da ordem de 2 mg/l, o ser humano sente secura na boca e garganta, dores no peito, perda de habilidade mental, dificuldade de coordenação e articulação, tosse e perda de 13% da capacidade vital (Di Bernardo, 1993).

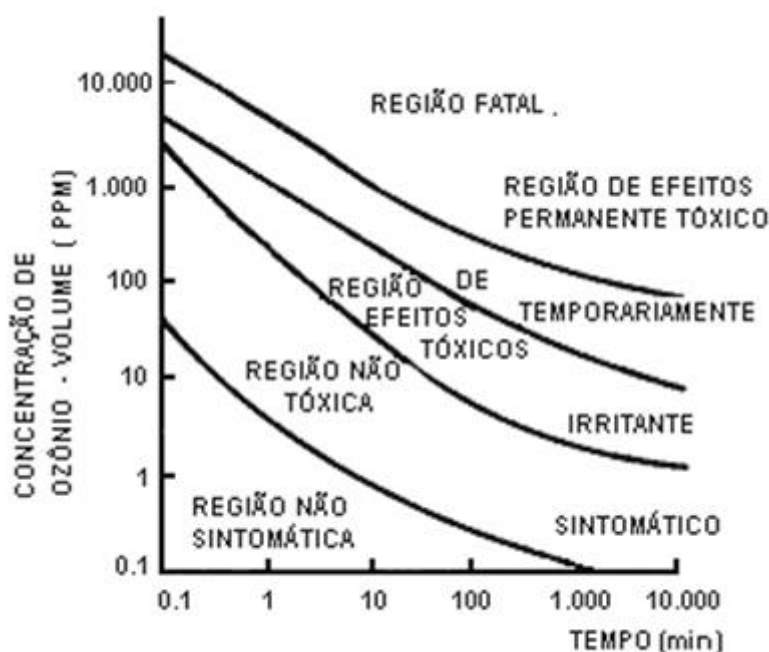


Figura 2.3 Tolerância do Ser Humano ao Ozônio

Fonte: Di Bernardo (1993)

2.2.7 Riscos no Trabalho Associados ao Ozônio

Bassani (2003) relatou sobre a toxicidade do ozônio, principalmente sobre vias respiratórias, a necessidade de chamar a atenção sobre os efeitos que o ozônio pode provocar sobre os indivíduos que estão expostos profissionalmente, principalmente o pessoal de grandes estações com grande produção de ozônio. Ainda não se pode contar com um tratamento específico para intoxicação com ozônio. O tratamento sintomático consiste em apenas repouso, oxigênio, analgésico, antibióticos e antitosse.

A prevenção da intoxicação profissional pode ser obtida evitando a exposição das pessoas que sofrem de infecções ou outras doenças de vias respiratórias. Vários países fixaram TLV (threshold limit value) de 0,1 ppm de ozônio, para um período de quarenta horas por semana, e valor limite para tempo de exposição de 10 min igual a 0,3 ppm (Bassani, 2003).

2.2.8 Equipamentos de Proteção em Caso Intervenção

Nas condições normais de funcionamento, o teor de ozônio, nos locais de ozonização e em suas vizinhanças, deverá ser mantido abaixo de 0,1 ppm. Para isto, é necessário haver meios de destruição do ozônio residual no ar ambiente e dispositivos de ventilação. Entre outros, em casos de acidentes, é preciso dispor de meios de proteção individual (Bassani, 2003).

Para fracas concentrações em ozônio, até 5 ppm, o uso de uma máscara filtrante será suficiente. As máscaras empregadas devem ser feitas com materiais resistentes ao ozônio, à base de hypalon. Elas devem cobrir toda a face, a fim de proteger os olhos da ação irritante do ozônio. Os cartuchos filtrantes devem ser de modelos próprios para o ozônio. Para medidas de precaução, o emprego das máscaras filtrantes deve ser previsto para usos de curta duração, da ordem de 30 minutos. Para teores maiores que 5 ppm, ou para intervenções em grandes tempos, é preciso empregar aparelhos respiratórios autônomos, nos quais a máscara é alimentada por oxigênio comprimido (Bassani, 2003).

Capítulo 3

Materiais e Métodos

O presente estudo foi desenvolvido em 4 (quatro) locais distintos: o desenvolvimento do equipamento gerador de ozônio dissolvido em água foi feito com a Empresa Ozonium Systems Ltda., na Incubadora Tecnológica Empresarial de Alimentos e Cadeias Agroindustriais (ITACA), do Instituto de Ciência de Tecnologia de Alimentos (ICTA), da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS); a parte experimental, que visava ao tratamento dos frutos, foi desenvolvida no Laboratório de Pós-colheita do Departamento de Horticultura e Silvicultura (DHS), da Faculdade de Agronomia (FA), da UFRGS; a avaliação cuticular da casca dos frutos foi desenvolvida no Centro de Microscopia Eletrônica (CME), da UFRGS; e a influência dos tratamentos sobre o teor de açúcares do fruto foi avaliada na Central Analítica (CA), do Departamento de Engenharia Química (DEQUI).

Para a avaliação do uso de ozônio nos frutos de mamão, primeiramente, efetuou-se estudos em câmara ozonizada. Este tratamento, contudo, não atingiu o resultado desejado, e partiu-se para o uso de ozônio na forma de imersão e aspersão; porém, este tratamento não foi efetivo contra o fungo *C. gloeosporioides*, motivo pelo qual houve a necessidade de associação com o tratamento hidrotérmico. Finalmente, para assegurar uma maior vida útil aos frutos, foi realizado um tratamento associando uso de água quente, ozônio e cera.

A seguir, serão listados, mais detalhadamente, os materiais, equipamentos, métodos, tratamentos feitos e a análise estatística.

3.1 Materiais

3.1.1 Os frutos

Os frutos do mamoeiro cultivar *Golden* foram colhidos 4 (quatro) dias antes da aplicação do experimento em pomar comercial localizado no município de Nova Viçosa, no estado da Bahia, recebendo apenas os tratamentos fitossanitários pré-colheita normais para a cultura. Foram transportados em caixas de madeira até o estado do Rio Grande do Sul e recepcionados no Laboratório de Pós-Colheita da UFRGS, percorrendo mais de 2.500 Km. Neste local, os frutos foram imediatamente tratados, armazenados a uma temperatura de $25\pm 2^{\circ}\text{C}$, passados 10 (dez) dias, tempo em que o fruto fica impróprio para a comercialização, foram avaliados.

Na Figura 3.1, utilizando-se da tabela de escala visual descrita por Neto (2006), e comentada anteriormente na Figura 2.2, observa-se que os frutos no 5 DAC (dias após a colheita), quando chegaram ao laboratório para tratamento, estavam no estágio de maturação 2.



Figura 3.1 Frutos no momento da recepção no Laboratório de pós-colheita, UFRGS.

3.1.2 Cera de Carnaúba

A cera a base de carnaúba (Citrosol BR® 25%) foi aplicada nos frutos com auxílio de uma esponja doméstica comum, utilizando a parte não abrasiva da mesma. A cera foi colocada sob a esponja e espalhada em toda a superfície dos frutos. Em seguida, os frutos foram colocados para secar a temperatura ambiente, e, depois de secos, transferidos para caixas plásticas específicas para a armazenagem de frutas e armazenados a temperatura de $25\pm 2^{\circ}\text{C}$, conforme descrito por Montero (2007).

3.1.3 Fungicida

O fungicida imazalil (Magnate 500CE®) foi adicionado à água em um recipiente de volume conhecido diluído a concentrações que variaram de 1000 ppm a 2000 ppm, onde os frutos foram submersos por períodos de tempo de 1 e 2 min.

3.2 Equipamentos

3.2.1 Gerador de Água Ozonizada

Devido à instabilidade do ozônio, o que impede sua armazenagem, torna-se necessário sua geração “in situ”. O equipamento piloto utilizado pode ser visualizado na Figura 3.2. O ozônio foi gerado primeiramente a partir do ar, em que se conseguiu concentrações de até 2ppm e, posteriormente, utilizou-se oxigênio puro, que possibilitou a obtenção de concentrações de até 4 ppm. O ar, que foi utilizado inicialmente como fonte de oxigênio, atingiu concentrações de, no máximo, 40 g/m³, as quais foram bem menores que as do oxigênio puro. O ar sofreu o seguinte pré-tratamento: filtração, compressão, resfriamento e desumidificação por sílica, para aumentar o rendimento. A geração, a partir do oxigênio puro, foi feita através de um concentrador de oxigênio da marca Millennium modelo Respironics. As principais vantagens deste processo de geração, a partir do oxigênio, são: menor custo de manutenção, devido a maior simplicidade do equipamento, e um rendimento maior em massa de transformação de O₂ e O₃, com geração de concentração econômicas na ordem de 60 a 70 g/m³, atingindo até 130 g/m³.



Figura 3.2 Equipamento Gerador de Água Ozonizada.

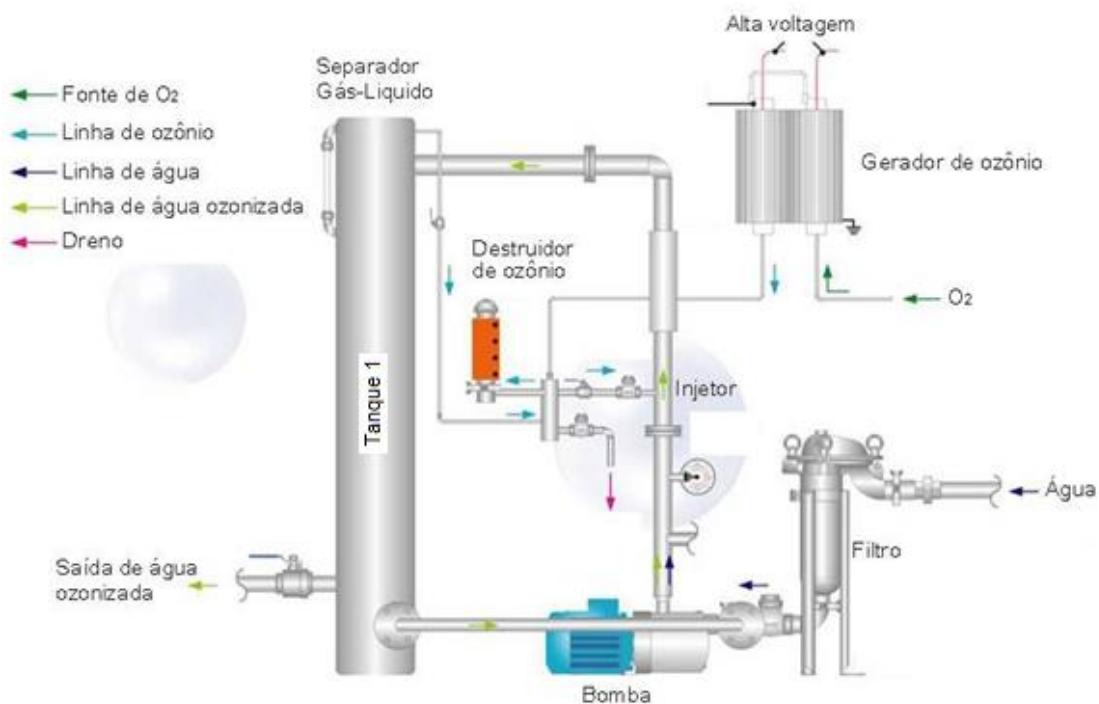


Figura 3.3 Sistema de Geração de Água Ozonizada.

Fonte: elaborado pelo autor

A Figura 3.3 mostra o funcionamento do sistema de geração de água ozonizada, nesse sistema o princípio usado para a quebra das moléculas de oxigênio foi o método de descarga por efeito corona. Através deste método, o ozônio é gerado pela passagem de ar ou oxigênio puro entre dois eletrodos submetidos a uma elevada diferença de potencial (10.000 V) denominados, na Figura 3.3, como alta voltagem. A formação do ozônio é uma consequência da recombinação de espécies radicalares de oxigênio, com moléculas de oxigênio presentes no sistema (Di Bernardo, 1993). Para a mistura do gás, no meio líquido, utilizou-se um tubo difusor, na figura mostra como injetor, para gerar a turbulência entre as fases gasosa e líquida (efeito Venturi) com bolhas de diâmetro da ordem de 3 a 5 mm. Assim, o gás ozônio é borbulhado na água (no tanque 1) gerando água ozonizada para a tubulação (saída de água ozonizada).

Na Figura 3.4, pode-se observar o sensor, analisador e transmissor da concentração de ozônio dissolvido em água. Esse equipamento é do modelo THORNTON acoplado ao analisador/transmissor 770MAX da METTER TOLEDO.



Figura 3.4 Sensor de Ozônio

3.2.2 Protótipo de Máquina de Escovas Rotativas

Na Figura 3.5, está apresentado o protótipo de parte uma máquina classificadora de frutos de escovas rotativas. O equipamento possui 6 conjuntos de escovas de cerdas suaves compostas de 100% crina de cavalo e 6 bicos aspersores que formam uma cortina de água que visa a abranger toda a extensão dos frutos.

Os tratamentos hidrotérmico e a aplicação de ozônio foram realizados nesse protótipo. Para a execução do tratamento hidrotérmico, utilizou-se um tanque com resistência elétrica e um controlador de temperatura que se conectava ao aspersor da máquina de escovas. A temperatura de execução do tratamento variou de 45 a 65 °C. O equipamento que gerava água ozonizada também foi acoplado nesse conjunto de bicos aspersores.



Figura 3.5 Protótipo de máquina classificadora com aspersores para o tratamento térmico e escovas de cerdas suaves.

3.3 Métodos

Os parâmetros avaliados foram físico-químicos e da superfície cuticular dos frutos. As análises físico-químicas foram: acidez total titulável, sólidos solúveis totais, índice de maturação, perda de massa fresca, teor de vitamina C, análise de cor, teste de firmeza da polpa, teor de açúcares e análise visual externa. A avaliação da cutícula foi feita através de microscopia eletrônica de varredura.

3.3.1 *Preparação das amostras*

Em cada tratamento, foram empregados 10 frutos. Passados 10 dias, após a aplicação dos tratamentos, os frutos foram cortados ao meio, separadas a casca e as

sementes; a polpa restante foi triturada com o auxílio de um Mixer de Alimentos Black & Decker SB40T e submetida à análise posterior.

3.3.2 Acidez Total Titulável

A acidez total titulável foi determinada em percentagem de ácido cítrico, pela titulação de alíquota de 10g de amostra em 90mL de água destilada com solução 0,1N de NaOH, em presença de fenolftaleína (AOAC, nº 942.15, 2002).

3.3.3 Sólidos Solúveis Totais

Uma pequena porção da polpa de cada amostra homogeneizada foi prensada com o auxílio de um papel filtro qualitativo. O suco clarificado foi avaliado por refratometria (Bron, 2006), através de um refratômetro Carl Zeiss Mod.32-G e a leitura corrigida para 20°C (AOAC, nº 932.12, 2002).

3.3.4 Ratio – Índice de Maturação

O “ratio” (índice de maturação) foi calculado dividindo-se o valor nominal de sólidos solúveis (°Brix) pelo valor da acidez total titulável.

3.3.5 Perda de Massa Fresca

Para a determinação da perda de massa fresca, os frutos foram pesados a cada 3 dias, desde o início do experimento, utilizando-se uma balança de precisão semi-analítica, com 2 (duas) casas decimais, marca Gehaka, modelo BG 2000. Posteriormente, a perda de massa foi monitorada, sendo realizada a média de 3 mamões, em cada tratamento referente à perda de massa fresca, em relação à massa inicial (Pinto et al., 2006), de acordo com a equação a seguir:

$$\text{Perda de Massa Fresca (\%)} = \frac{\text{massa inicial} - \text{massa final}}{\text{massa inicial}} \times 100$$

3.3.6 Vitamina C

O teor de vitamina C (ácido L-ascórbico) foi determinado através do método fotocolorimétrico da reação com o corante 2,6-diclorofenol indofenol (A.O.A.C no 43.056, 2000). Para tanto, 4g de amostra foram diluídas em 100mL de ácido oxálico 4:1000 e filtradas, adicionados de 1,1mL de EDTA 0,1M, para estabilizar a vitamina (Hernandez, et al., 2006), a uma alíquota de 10mL. Desse extrato foi adicionado 3mL da solução de tampão citrato de sódio com pH de 4,5 (Fernandez, et al., 2007). Em cubetas de poliestireno descartáveis foi adicionado 1,5 mL do corante e 1,5 mL do extrato. A leitura em espectrofotômetro UV-VIS, modelo T60, da marca PG INSTRUMENTS, com comprimento de onda de 530 nm, foi comparada com a obtida para a curva padrão.

3.3.7 Cor da Casca

A cor foi avaliada com uso de um colorímetro da marca Minolta, modelo CR400, em três pontos equidistantes da região equatorial do fruto. Os resultados foram expressos na proporção dos parâmetros de Hunter L*, que indica o escurecimento da casca, parâmetro de Hunter a*, que indica a perda da cor verde e parâmetro de Hunter b*, que mostra a evolução da cor amarela.

Segundo McGuirre (1992), o ângulo de cor é a medida mais apropriada para expressar a variação da coloração durante o amadurecimento de vegetais, sendo 0° a cor vermelha, 90° a amarela, 180° a verde e 270° a cor azul. A equação que converte os parâmetros L*, a* e b* em ângulo de cor é: $H = \arctg (b^*/a^*)$.

A Figura 3.6 mostra o espaço cromático de Hunter e como varia o ângulo de cor (°Hue). Neto (2006) encontrou valores variando de 60 a 90°Hue para mamão papaia armazenado em atmosfera modificada.

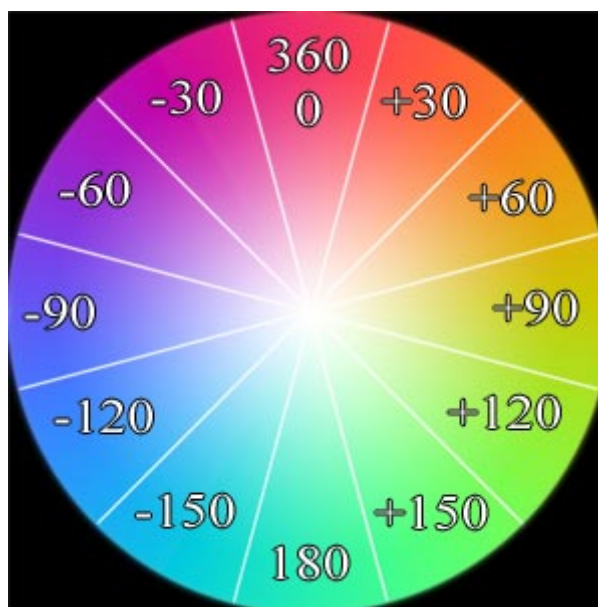


Figura 3.6 Espaço cromático de Hunter

3.3.8 Firmeza da Polpa

A firmeza da polpa foi determinada em um corte de 2cm de espessura da região equatorial do fruto para o qual foi caracterizando alterações no sentido radial do mesocarpo do fruto (Pinto, et al., 2006). As análises foram conduzidas com um penetrômetro digital da marca TR TURONI-Italy, modelo 53205, com sonda de 8 mm de diâmetro. As leituras foram realizadas em quatro pontos equidistantes do mesocarpo. Estas medidas avaliaram a força suficiente para uma deformação de 80%, sendo expressas em Newton (N).

3.3.9 Teor de Açúcares

A identificação e a quantificação dos açúcares (glicose e frutose) foram realizadas por cromatografia em fase líquida, HPLC (High Performance Liquid Chromatography). A coluna utilizada foi a Rezex RHM Monossacaride e a pré-coluna Holder KJO-4282, ambas da marca Phenomenex. A vazão da fase móvel foi de 0,6 ml/min e a temperatura da coluna de 80°C. Na fase móvel, utilizou-se água Mili-Q. Os tempos de retenção para a glicose foi de 9,88 min e da frutose de 10,51 min.

Essa análise foi realizada nos tratamentos com fungicida e ozônio associado ao hidrotérmico e acabamento com cera.

3.3.10 Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV)

Retirou-se 3 (três) segmentos, de aproximadamente 5 mm², da região equatorial do epicarpo de cada fruto, em 3 frutos de cada tratamento. Esses segmentos foram fixados por meio de uma fita dupla-face em uma lâmina histológica de vidro de modo a permanecerem estendidos durante o processo de secagem (Figura 3.7). Na seqüência, as lâminas foram colocadas em uma placa de Petri, contendo sílica gel para a secagem (MONTERO, 2007). As placas foram mantidas em um dessecador, contendo sílica, durante um período mínimo de uma semana, a temperatura ambiente. Posteriormente, um segmento de 1 mm² foi retirado com auxílio de bisturi e colocado em suporte de alumínio (*stub*) (Figura 3.8), aderido com cola prata, recoberto com uma camada de 15 nm de ouro em metalizador Balzer e visualizado em microscópio eletrônico de varredura JEOL JSM-6060, sob 10kV.



Figura 3.7 Placa de Petri contendo sílica e lâminas histológicas de vidro com epicarpo de mamões aderidos com fita dupla face para secagem



Figura 3.8 Suporte de alumínio (“stub”) com amostras de 1mm² de epicarpo de mamões

3.4 Tratamentos

Inicialmente foram conduzidos experimentos para identificar quais as variáveis mais relevantes, entre elas: tempo de contato, concentração de ozônio dissolvido na água, forma de contato (imersão ou aspersão), temperatura da água do tratamento hidrotérmico e concentração da câmara ozonizada.

Para a avaliação do uso de ozônio, realizou-se um delineamento experimental 2x3, inteiramente casualizado, em duplicata, com 10 frutos por tratamento. Os fatores foram avaliados em 2 e 3 níveis: concentração da água ozonizada (2 e 4ppm) e temperatura do tratamento hidrotérmico (45, 55 e 65°C), ambos no tempo fixo de 1 minuto. A avaliação do uso de cera foi feita em comparação com a amostra controle. Para a concentração e tempo de contato com o fungicida, realizou-se um delineamento experimental 2x2, inteiramente casualizado, em duplicata, com 10 frutos por tratamento. Os fatores foram avaliados em 2 níveis: concentração da água com fungicida (1000 e 2000ppm) e tempo de contato (1 e 2 min).

3.4.1 *Uso da câmara ozonizada*

Foram executados dois experimentos com o uso de câmara ozonizada com circulação forçada de ar (Figura 3.9). No primeiro experimento, fixou-se uma câmara com atomização constante de 0,4 e 0,6 ppm de ozônio dissolvido em água. No segundo, utilizou-se uma câmara como controle, sem ozonizar, e outra câmara com 0,3 ppm de ozônio dissolvido em água. Em ambos os experimentos a temperatura da câmara foi fixada em 25 ± 2 °C.



Figura 3.9 Câmara para armazenamento de frutos sob ozonização com circulação forçada de ar.

3.4.2 Amostra Controle

A fim de facilitar a comparação dos efeitos dos diferentes tratamentos sobre os frutos de mamão, uma amostra de 10 frutos foi separada, na mesma data dos demais, e armazenada nas mesmas condições dos demais, apenas sem tratamento prévio. Essa amostra foi denominada **AC**.

3.4.3 Uso de Fungicida

O tratamento com fungicida imazalil avaliou os fatores concentração de fungicida e tempo de contato conforme um delineamento fatorial 2^2 . Na Tabela 3.1, pode-se observar as nomenclaturas utilizadas em função da concentração e do tempo: o primeiro dígito é a letra “M”, que significa magnate; o segundo dígito é um número, que pode ser 1 para concentrações de 1000 ppm e 2 para concentrações de 2000 ppm de imazalil; o terceiro, e último dígito, pode ser 1, para tempos de 1 minuto, e 2, para tempos de 2 minutos. Após o tratamento, os frutos foram armazenados a temperatura de $25\pm 2^\circ\text{C}$, durante o período de 10 dias, até serem avaliados.

O procedimento experimental adotado foi o seguinte: após a recepção dos frutos, eles foram identificados um a um, com uma numeração sequencial; separados 10 frutos para cada um dos tratamentos descritos na Tabela 3.1; imersos em tanque, contendo a concentração respectiva concentração de imazalil, e durante o tempo de 1 ou 2 minutos.

Tabela 3.1 Delineamento Experimental do uso de Fungicida sob o tratamento dos frutos de mamão.

Nomenclatura	Concentração (ppm)	Tempo (min)
M11	1000	1
M12	1000	2
M21	2000	1
M22	2000	2

As variáveis independentes nesse estudo foram: concentração de imazalil (1000 e 2000 ppm) e tempo de contato do fungicida com os frutos (1 e 2 min). As variáveis dependentes foram: acidez, sólidos solúveis, índice de maturação, perda de massa fresca, teor de vitamina C, análise de cor e teste de firmeza da polpa. A avaliação cuticular foi feita qualitativamente. O *software* Statistica versão 8.0 (Statsoft Inc., Tulsa, OK, USA) foi utilizado para a análise de regressão dos dados obtidos, para a análise de variância e para o teste de comparação de médias de Tuckey ($P < 0,05$).

3.4.4 Uso de Cera

A cera de carnaúba foi utilizada em uma amostra de 10 frutos e sua aplicação foi feita com auxílio de uma esponja doméstica comum, utilizando a parte não abrasiva da mesma, espalhado-a por toda a superfície dos frutos. Após o tratamento, os frutos foram armazenados a temperatura de $25\pm 2^{\circ}\text{C}$, durante o período de 10 dias, até serem avaliados. Essa amostra foi denominada **Ce**.

3.4.5 Uso de Água Ozonizada

O tratamento com a aspersão de água ozonizada sob os frutos foi feito na máquina de escovas dotada de bicos aspersores na qual foi acoplado o equipamento gerador de água ozonizada. Considerou-se dois fatores, em dois níveis: concentração da água ozonizada e o tempo de contato por aspersão. Na Tabela 3.2, pode-se observar as nomenclaturas utilizadas em função da concentração e do tempo: o primeiro dígito é a letra “O” que significa ozônio; o segundo dígito é um número que pode ser 1 para concentrações de 1 ppm e 2 para concentrações de 2 ppm de água ozonizada; o terceiro e último dígito pode ser 1 para tempos de 1 minuto e 2 para tempos de 2 minutos. Após o tratamento, os frutos foram armazenados a temperatura de $25\pm 2^{\circ}\text{C}$, durante o período de 10 dias, até serem avaliados.

As variáveis independentes do estudo foram: concentração de ozônio (1 e 2 ppm) e tempo de contato do ozônio com os frutos (1 e 2 min). A temperatura da água foi de $25\pm 2^{\circ}\text{C}$. As variáveis dependentes foram: acidez, sólidos solúveis, índice de maturação, perda de massa fresca, teor de vitamina C, análise de cor e teste de firmeza da Polpa. A avaliação cuticular foi feita qualitativamente. A influência desses parâmetros sobre a conservação do mamão papaia (*carica papaya L.*) foi avaliada usando um fatorial 2^2 , comparando com a amostra controle (sem tratamento). As equações representadas foram avaliadas através do coeficiente R^2 cuja significância estatística foi determinada pelo teste de F.

Tabela 3.2 Delineamento Experimental do uso de Ozônio sob o tratamento dos frutos de mamão.

Nomenclatura	Concentração (ppm)	Tempo (min)
O21	2	1
O22	2	2
O41	4	1
O42	4	2

3.4.6 Uso de Tratamento Hidrotérmico associado ao uso de Ozônio e aplicação de cera

O tratamento hidrotérmico de aspersão em água quente foi realizado através da máquina de escovas com um gerador de água quente com temperaturas de 45, 55 e 65°C. O ozônio, com concentrações de 2 e 4 ppm foi aspergido após o tratamento térmico, utilizando-se do mesmo equipamento, apenas modificando o gerador de água quente pelo ozonizador. Na Tabela 3.4, pode-se observar as nomenclaturas utilizadas em função da temperatura do tratamento hidrotérmico e da concentração de ozônio para um tempo fixo de 1 minuto: o primeiro e segundo dígitos são dois números que representam as temperaturas de 45, 55 e 65 °C; o terceiro dígito é a letra “O” que representa tratamento com ozônio; o quarto dígito é um número que pode ser 2 para concentrações de 2 ppm, e 4, para concentrações de 4 ppm de água ozonizada. Em todos os tratamentos foram aplicados cera de canaúba na superfície dos frutos. Após o tratamento, os frutos foram armazenados a temperatura de 25±2°C, durante o período de 10 dias, até serem avaliados.

As variáveis independentes do estudo foram: concentração de ozônio (2 e 4 ppm) e temperatura de tratamento hidrotérmico (45, 55 e 65 °C). As variáveis dependentes foram: acidez, sólidos solúveis, índice de maturação, perda de massa fresca, teor de vitamina C, análise de cor e teste de firmeza da Polpa. A avaliação cuticular foi feita qualitativamente. A influência desses parâmetros sobre a conservação

do mamão papaia (carica papaya L.) foi avaliada usando um fatorial 2^2 , comparando com a amostra controle (sem tratamento).

Tabela 3.4 Delineamento Experimental do tratamento hidrotérmico associado ao uso de ozônio e posterior aplicação de cera sob os frutos de mamão.

Nomenclatura	Temperatura (°C)	Concentração O ₃ (ppm)
45°2	45	2
5502	55	2
6502	65	2
4504	45	4
5504	55	4
6504	65	4

Capítulo 4

Resultados e Discussão

Os experimentos em câmara ozonizada mostraram que o uso de O₃ em concentrações entre 0,4 e 0,6 ppm, em câmara ozonizada, resultaram em frutas com manchas na casca dos mamões, por possível oxidação de componentes da parede celular, indicando que o tratamento em câmaras ozonizadas não se adequa ao pós-colheita do mamão. Além disso, não houve diferença significativa entre os tempos de contato de 1 e 2 minutos com a água ozonizada. Os frutos tratados em câmara ozonizada a 0,3 ppm não foram efetivos para conter o crescimento fúngico; resultados similares a esse foram obtidos por Abreu, 2006 que utilizou câmara ozonizada para a conservação de pêssegos e observou que o ozônio não foi eficiente para o controle dos patógenos *Monilinia fructicola* e *Rhizopus spp.*

Outros autores como Salvador et al. (2006) obtiveram resultados satisfatórios para caqui em câmara ozonizada com 0,15 ppm durante 30 dias a 15 °C e 90% de UR. Eles conseguiram resultados positivos para a firmeza da polpa, redução da perda de peso e conseguiram prolongar a vida útil do produto em 30 dias.

Apresentados os tratamentos preliminares, passa-se agora para a discussão dos resultados associados aos tratamentos realizados nesse trabalho.

contaminação superficial, pode-se prever que a cera seria uma boa alternativa para frutos sãos, que não tenham tido nenhum contato com a doença na lavoura, previamente sanitizados e recobertos com a proteção de cera.

Diaz (2002) recomenda o uso combinado de tratamento térmico (49°C, durante 20 minutos) associado ao cloro ou ao fungicida e posterior aplicação de cera. Esse autor não recomenda o uso isolado de cera, em virtude das larvas da mosca-das-frutas e dos fungos causadores da podridão interna.

No atual experimento, a perda de massa fresca da amostra tratada com cera foi de $2,70 \pm 0,35\%$, não havendo diferença significativa, durante a armazenagem a $25 \pm 2^\circ\text{C}$ por 10 dias, da amostra controle ($2,17 \pm 0,63\%$).

As ceras aumentam o período de conservação de frutos e hortaliças, através da diminuição da taxa transpiratória e da atividade metabólica (OLIVEIRA, 1996). De acordo com Chitarra & Chitarra (1990), a taxa da perda de água pode ser reduzida com a utilização de ceras com concentrações de 20% a 50%, de acordo com a aplicação.

Segundo Mota (1999), a aplicação de cera de carnaúba em maracujá-amarelo proporcionou menor porcentagem de redução de matéria-fresca, menor índice de murchamento e podridões. Conforme Chitarra & Chitarra (1990), o uso de ceras ou de emulsões de cera como cobertura superficial, em certos produtos perecíveis, reduz a perda de umidade e retarda o enrugamento, bem como pode propiciar uma aparência lustrosa, o que é muito apreciado pelo consumidor.

Solon et al. (2005) observaram uma perda de peso em todos os tratamentos com mamão formosa, os que tiveram uma menor taxa de transpiração, com Filme de Polyamida X-tend 815 PP26, resultaram numa perda de 5,51% aos 38 dias de armazenamento, enquanto que o tratamento com cera chegou a perder 7,30% e a testemunha 14,55%. , verificando, assim, que a perda de água e a decomposição natural do fruto foram evitadas pela combinação da temperatura e modificação da atmosfera durante o tempo de armazenamento.

A desidratação dos frutos é indesejável, pois, mesmo que relativamente baixa, pode exercer sérios efeitos sobre as propriedades físicas, fisiológicas, patológicas, nutricionais, econômicas e estéticas do produto (PAULL et al., 1977).

Nesse experimento, o ângulo de cor ($^{\circ}$ Hue) da casca dos frutos tratados com cera foi de $66,71 \pm 2,93^{\circ}$ H, não havendo diferença significativa, durante a armazenagem a $25 \pm 2^{\circ}$ C, por 10 dias, da amostra controle ($73,00 \pm 10,38\%$).

A cor da casca é um dos métodos não invasivos, que está associada com o grau de maturação do fruto. Lima et al. (2004), ao estudarem o uso de ceras e de 1-MCP em graviolas, não detectaram alterações significativas no ângulo de cor (H°) entre a amostra controle e a tratada com cera, apenas ao longo do tempo de armazenamento.

A firmeza da polpa (N) dos frutos tratados com cera foi de $3,72 \pm 1,71$ N, não havendo diferença significativa, durante a armazenagem a $25 \pm 2^{\circ}$ C, por 10 dias, da amostra controle ($4,08 \pm 2,15$ N).

Pereira et al. (2006) avaliaram o amadurecimento de frutos de mamão Formosa em temperatura ambiente, revestidos com película comestível à base de fécula de mandioca. Todos os frutos chegaram aos 12 dias com a firmeza próxima a 20 N, considerada ideal para consumo por Bron et al. (2003) para o mamão Golden.

A Tabela 4.8 mostra os resultados obtidos para os sólidos solúveis totais e a acidez para amostras de mamão sem tratamento e enceradas, armazenadas, durante 10 dias a temperatura ambiente.

Tabela 4.1 Acidez Titulável e Teores de Sólidos Solúveis Totais ($^{\circ}$ Brix) para o uso de cera no tratamento de mamão papaia

Tratamento	Acidez	$^{\circ}$ Brix
Ce	0,12 \pm 0,01 ^a	9,25 \pm 0,00 ^a
AC	0,11 \pm 0,00 ^a	11,13 \pm 0,12 ^b

* Letras iguais na mesma coluna ou linha não apresentam diferenças significativas ($p > 0,05$) entre os tratamentos analisados pelo teste Tukey HSD.

De acordo com a Tabela 4.8, a cera não influenciou significativamente na acidez titulável dos frutos durante o período de maturação. Em relação aos sólidos solúveis, podemos observar que a cera apresentou significativamente valores menores que; de acordo com Solon (2005), esse decréscimo foi devido a uma redução da taxa respiratória, em virtude da mudança da atmosfera periférica, que quebra materiais complexos das células (tais como amido, açúcares e ácidos orgânicos) em energia, dióxido de carbono, água e outras moléculas. O ratio apresentou um valor significativamente inferior, indicando que o uso da cera é um bom retardador do amadurecimento.

Através da Tabela 4.9, é possível observar os teores de Vitamina C em mamões tratados com cera comparados com a amostra controle. Ambos os tratamentos foram armazenados a temperatura ambiente, durante 10 dias. Apesar da amostra com cera apresentar valores de Vitamina C inferiores aos da amostra controle, esses não diferiram significativamente. Resultados próximos a esse foram encontrados por Chiumarelli & Ferreira (2004) que estudaram o uso de cera em tomates e verificaram que a cera Fruit Wax M-AC promoveu frutos com menos Vitamina C, quando comparados aos frutos sem cera.

Tabela 4.2 Resultados obtidos para o uso de cera no tratamento de mamão papaia

TRAT	VIT C
AC	70,74 ± 1,59 ^a
Ce	69,78 ± 1,13 ^a

*Letras iguais na mesma coluna não apresentam diferenças significativas ($p > 0,05$) entre os tratamentos analisados pelo teste Tukey HSD.

4.1 Uso de Água Ozonizada

A Figura 4.4 mostra os frutos de mamão, tratados com concentrações de ozônio de 2 e 4 ppm por tempos de 1 e 2 minutos, armazenados a temperatura ambiente e avaliados passados 10 dias. Visualmente não há muita diferença entre o tratamento com ozônio e a amostra controle.

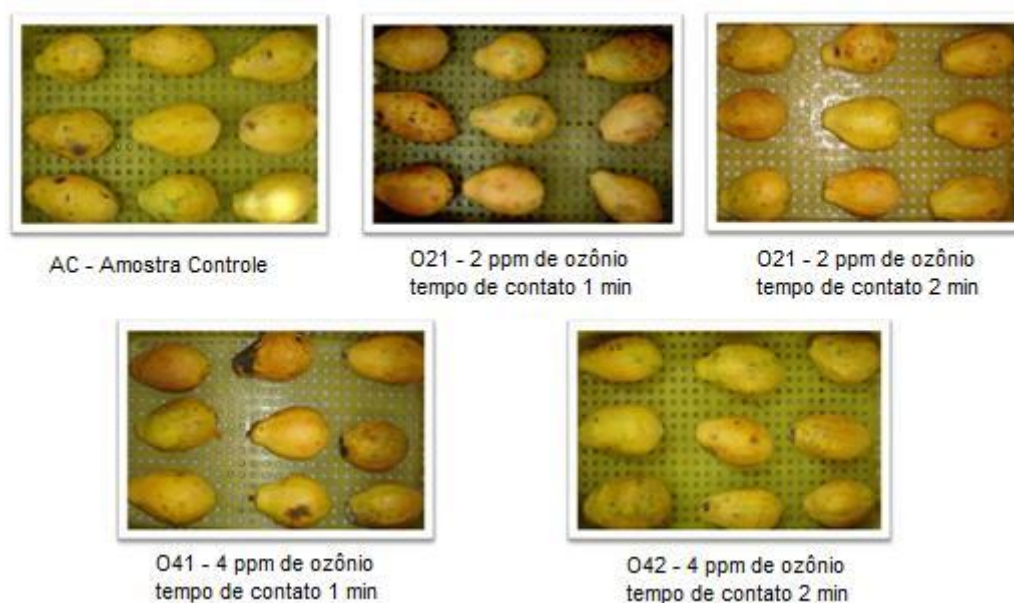


Figura 4.1 Fotografias dos frutos submetidos a diferentes concentrações de ozônio (1 e 2 ppm) e tempos de contato (1 e 2 min) comparados com a amostra controle.

São inúmeros os fungos que contaminam a superfície dos frutos no pós-colheita. Essa contaminação superficial, normalmente com fungos, utiliza o próprio fruto como substrato para a sua sobrevivência. Um exemplo disso é o *Penicillium digitatum* contaminante mais comum das frutas cítricas. Smilanick et al. (2002) estudaram o efeito do uso de água ozonizada sob os esporos dos principais fungos que causam a deterioração no pós-colheita de *citrus*. Os fungos *Penicillium digitatum* (fungo verde) e *Geotrichum citri-aurantii* não foram reduzidos durante imersão, por 20 minutos, a 10 ppm de O₃. Os mesmos autores inocularam em pêssegos o patógeno *Monilinia fructicola* e submeteram os frutos a imersão em água ozonizada a 1,5 ppm, durante 1

minuto, nesse tratamento conseguiram uma redução de 10,9 para 5,4% da mancha marrom. Uma das maiores pragas em uvas é o *Botrytis cinerea* (fungo cinza) e o tratamento de imersão em água ozonizada a 5 ppm durante 5 minutos reduziu em até 35% a incidência do patógeno.

A Tabela 4.10 mostra a perda de massa fresca de frutos de mamão tratados com água ozonizada a concentrações de 2 e 4 ppm durante 1 e 2 minutos analisados após 10 dias de armazenagem a temperatura ambiente.

Ao comparar os tratamentos com o ozônio e a amostra controle também não observa-se diferenças significativas. Ainda na Tabela 4.10 pode-se observar que o uso de ozônio não afetou significativamente (Apêndice C.8) na perda de massa fresca. Forney et al. (2007) também não encontraram diferenças significativas na perda de massa fresca ao tratarem cenouras com ozônio.

Tabela 4.3 Resultados obtidos para o uso de ozônio no tratamento de mamão papaia.

TRAT	Perda de Massa Fresca
AC	2,17% ± 0,63% ^a
O21	3,93% ± 1,72% ^a
O22	3,92% ± 0,90% ^a
O41	3,39% ± 1,67% ^a
O42	4,55% ± 0,87% ^a

*Letras iguais na mesma coluna não apresentam diferenças significativas ($p > 0,05$) entre os tratamentos analisados pelo teste Tukey

Na Tabela 4.11 pode-se observar a variação do ângulo de cor entre os diferentes tratamentos com ozônio. Quanto maior o ângulo de cor, mais verde está o produto e o tratamento foi mais eficaz ao conter o amadurecimento. Os maiores ângulos de cor estão relacionados com os tratamentos envolvendo 2 ppm de ozônio durante 2 minutos e 4 ppm de ozônio durante 1 minuto. Apesar de Forney et al. (2007) relacionar o uso do ozônio com a descoloração da superfície dos vegetais, os autores também não encontraram diferenças significativas para o tratamento de cenoura em câmara ozonizada. A perda de coloração dos frutos estaria relacionada à oxidação dos pigmentos como carotenóides e clorofilas, constituintes da casca.

Tabela 4.4 Resultados obtidos para o uso de ozônio no tratamento de mamão papaia.

TRAT	Cor (Hº)
AC	66,7 ± 2,9 ^a
O21	64,8 ± 5,3 ^a
O22	78,3 ± 3,1 ^b
O41	78,6 ± 4,1 ^b
O42	66,5 ± 3,2 ^a

*Letras iguais na mesma coluna não apresentam diferenças significativas ($p > 0,05$) entre os tratamentos analisados pelo teste Tukey

A Tabela 4.12 mostra os resultados obtidos para a firmeza da polpa em função da concentração de ozônio entre 2 e 4 ppm e o tempo de imersão de 1 e 2 minutos. A análise estatística (Apêndice C.9) mostra que não há diferença significativa entre os tratamentos.

Tabela 4.5 Resultados obtidos para o uso de ozônio no tratamento de mamão papaia.

TRAT	Firmeza da Polpa
AC	4,08 ± 2,15 ^a
O21	3,87 ± 1,59 ^a
O22	3,51 ± 1,43 ^a
O41	3,29 ± 1,84 ^a
O42	4,72 ± 1,92 ^a

*Letras iguais na mesma coluna não apresentam diferenças significativas ($p > 0,05$) entre os tratamentos analisados pelo teste Tukey

Os valores obtidos para o ratio, acidez titulável e sólidos solúveis totais para o uso de ozônio podem ser observados na Tabela 4.13.

A análise estatística (Apêndice C.10 a C.12) mostra que o uso de água ozonizada não afeta significativamente no grau de maturação dos frutos. Resultado esse também foi encontrado por Salvador et al. (2006) ao estudar a aplicação de ozônio em caquis.

Tabela 4.6 Uso de ozônio sobre a acidez titulável, sólidos solúveis totais e ratio em amostras de mamão no 15°DAC em função do tempo de contato do ozônio com os frutos (1 e 2 minutos) e da concentração da água ozonizada (2 e 4 ppm).

ACIDEZ						
Tempo / Conc	2 ppm			4 ppm		
1 min	0,11	±	0,02 ^a	0,09	±	0,00 ^a
2 min	0,09	±	0,02 ^a	0,11	±	0,00 ^a
BRIX						
Tempo / Conc	2 ppm			4 ppm		
1 min	10,00	±	0,00 ^a	10,13	±	0,18 ^a
2 min	10,13	±	0,18 ^a	10,38	±	0,18 ^a
RATIO						
Tempo / Conc	2 ppm			4 ppm		
1 min	87,10	±	0,00 ^a	107,31	±	38,71 ^a
2 min	110,28	±	10,04 ^a	95,69	±	42,61 ^a

*Letras iguais na mesma coluna não apresentam diferenças significativas ($p>0,05$) entre os tratamentos analisados pelo teste Tukey

A Tabela 4.14 mostra a influência do uso de ozônio sobre a Vitamina C em amostras de mamão no 15°DAC em função do tempo de contato do ozônio com os frutos (1 e 2 minutos) e da concentração da água ozonizada (2 e 4 ppm). Weber et al., 1998, observaram o potencial antioxidante da vitamina C frente a sua exposição ao ozônio com concentrações de 1, 5 e 10 ppm durante 2h. Mustafa, 1998 já havia sinalizado a toxigenicidade do ozônio frente à Vitamina C. Os resultados obtidos sinalizaram uma perda de mais de 40% ao se usar concentrações maiores de ozônio.

Tabela 4.7 Influência do uso de ozônio sobre a Vitamina C em amostras de mamão no 15°DAC em função do tempo de contato do ozônio com os frutos (1 e 2 minutos) e da concentração da água ozonizada (2 e 4 ppm).

TRAT	O3	TEMPO	VIT C
AC	0	0	70,74 ± 1,59 ^b
O21	2	1	65,27 ± 4,52 ^b
O22	2	2	65,64 ± 0,88 ^b
O41	4	1	35,42 ± 0,56 ^a
O42	4	2	40,12 ± 2,89 ^a

*Letras iguais na mesma coluna não apresentam diferenças significativas ($p>0,05$) entre os tratamentos analisados pelo teste Tukey.

O tempo de contato dos frutos em água ozonizada não influenciou significativamente na perda de vitamina C, porém ao elevarmos a concentração da água ozonizada de 2 para 4 ppm aumentamos a perda de 7% para 47% de vitamina C comparado com o controle (Tabela 4.14).

A predição de Vitamina C (VitC) em função da concentração de ozônio diluída na água (O3) pode ser observada na Figura 4.7 que mostra a superfície de contorno ($R^2 = 0,981$) que gerou a seguinte equação: $Vit\ C = 85,86 - 14,28 \times O3$. A validade dos termos dessa equação podem ser observados na Tabela F.2. do Apêndice F.

A Figura 4.5 mostra a variação de Vitamina C (mg de ácido ascórbico/100g de polpa do fruto) em função da concentração (ppm) e do tempo (min) de contato dos frutos com a água ozonizada, válida para concentrações de ozônio variando de 2 a 4 ppm e para tempos variando de 1 a 2 min. A vitamina C, por ser bastante termolábil, é um parâmetro de referência. Quanto maior o teor de Vitamina C, menos perdas desse nutriente houve durante o período pós-colheita do fruto. Nessa figura podemos observar que nas regiões mais avermelhadas estão os maiores conteúdos de Vitamina C, indicando que o tratamento com maior retenção desse nutriente encontra-se em concentrações próximas a 2 ppm de água ozonizada.

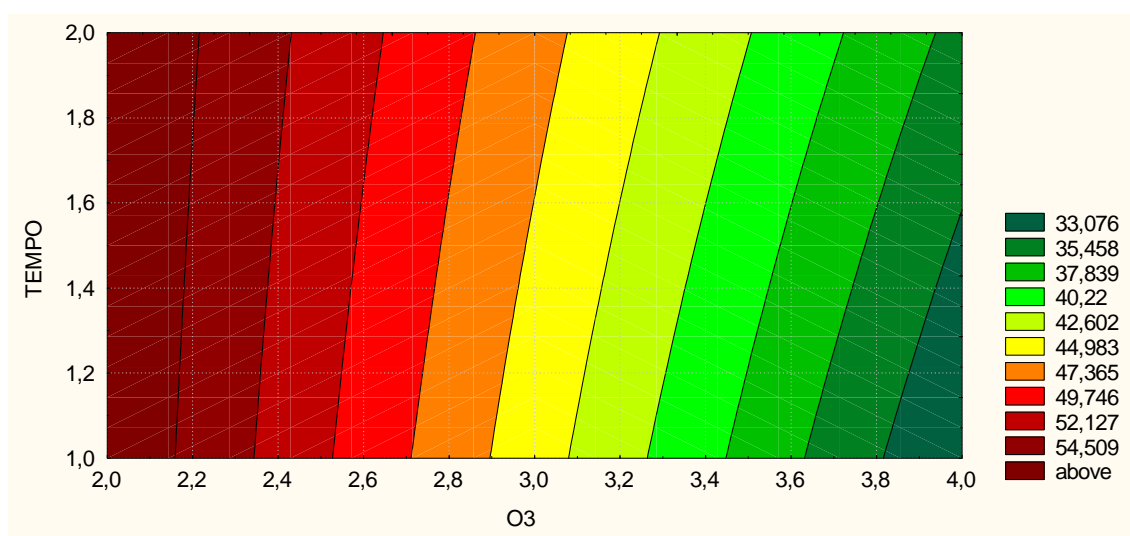


Figura 4.2 Superfície de contorno para o teor de Vitamina C utilizando ozônio.

4.2 Uso de Tratamento Hidrotérmico associado ao uso de Ozônio e aplicação de cera

A Figura 4.6 mostra a imagem dos frutos tratados: primeiramente, com aspersão em água quente a temperaturas de 45, 55 e 65°C; sanitizados com ozônio a concentrações de 2 e 4 ppm e, após secos, finalizados com cera.

Nesse tratamento não houve o crescimento fúngico por baixo da cera como no caso da aplicação isolada de cera, indicando que o tratamento térmico aliado a ozonização conteve a podridão interna dos frutos conforme já indicada por Oliveira & Santos (2007).

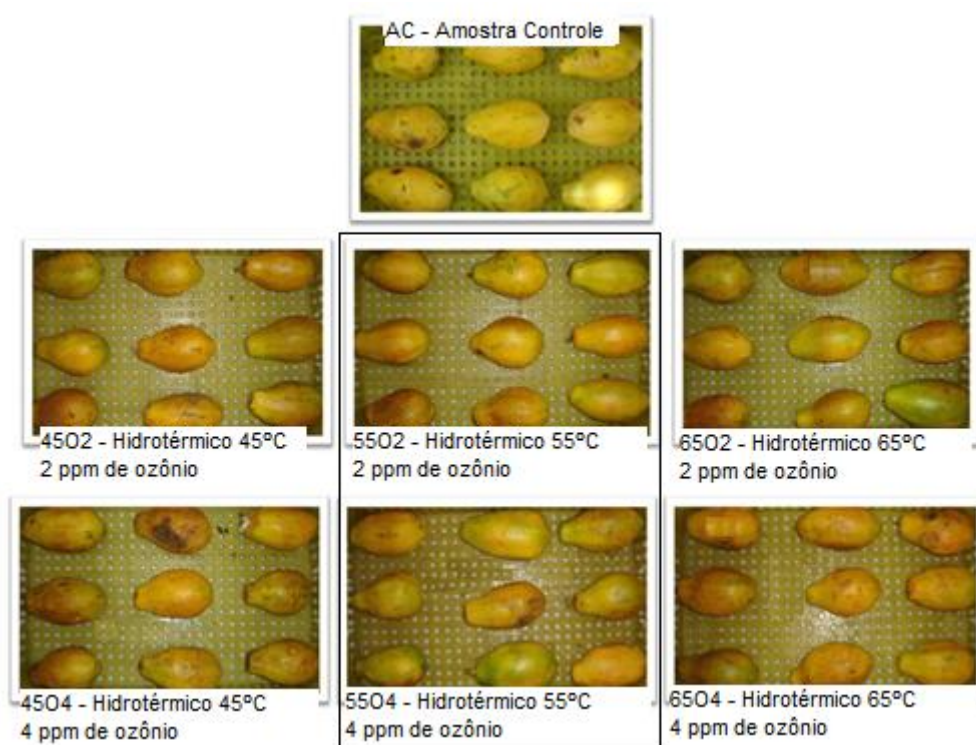


Figura 4.3 Fotografias dos frutos submetidos a diferentes condições de tratamento hidrotérmico (45, 55 e 65°C), concentrações de ozônio (1 e 2 ppm) e tratados com cera comparados com a amostra controle.

A Tabela 4.15 mostra a variação da perda de massa fresca em frutos tratados com água quente, ozônio e cera. O tratamento que obteve menor perda de massa foi a amostra controle e o tratamento com 45°C e 4 ppm de O₃ obteve a maior perda.

Tabela 4.8 Resultados obtidos para o uso de tratamento hidrotérmico, ozônio e cera nos frutos de mamão papaia

TRAT	TEMP	O3	Perda de Massa Fresca
AC	0	0	2,17% ± 0,63% ^a
45O2	45	2	3,16% ± 0,68% ^{a,b}
55O2	55	2	2,99% ± 0,56% ^a
65O2	65	2	3,99% ± 0,49% ^{a,b}
45O4	45	4	5,33% ± 1,67% ^b
55O4	55	4	4,38% ± 0,14% ^{a,b}
65O4	65	4	3,97% ± 0,68% ^{a,b}

*Letras iguais na mesma coluna não apresentam diferenças significativas ($p > 0,05$) entre os tratamentos analisados pelo teste Tukey HSD.

A análise estatística (Apêndice G.1) mostra que apenas a concentração de ozônio afetou na perda de massa fresca. Concentrações maiores de ozônio obtiveram maiores perdas de massa. A interação entre a temperatura e a concentração também teve influencia significativa na perda de massa. Forney et al. (2006) não encontrou diferença significativa na perda de massa fresca em cenouras tratadas em câmaras ozonizadas.

A Figura 4.16 mostra os diferentes resultados obtidos para a coloração da casca em função da temperatura do tratamento hidrotérmico (45, 55 e 65°C) e da concentração da água ozonizada (2 e 4 ppm).

Tabela 4.9 Resultados obtidos para o uso de tratamento hidrotérmico, ozônio e cera nos frutos de mamão papaia

TRAT	TEMP	O3	Cor (H°)
AC	0	0	66,7 ± 2,9 ^a
45O2	45	2	81,6 ± 2,7 ^{d,c}
55O2	55	2	79,5 ± 2,0 ^{b,c,d}
65O2	65	2	76,9 ± 2,3 ^{b,c}
45O4	45	4	77,1 ± 5,3 ^b
55O4	55	4	80,9 ± 3,7 ^c
65O4	65	4	66,4 ± 2,4 ^a

*Letras iguais na mesma coluna não apresentam diferenças significativas ($p > 0,05$) entre os tratamentos analisados pelo teste Tukey HSD.

Quanto maior o ângulo Hue (°H) de cor, mais verde está o fruto. Os tratamentos que apresentaram um ângulo de cor maior foram: 45O2 e 55O4. A análise estatística do

Apêndice G.3 indicou que tanto a concentração de água ozonizada, quanto a temperatura e a interação de ambos influenciaram na mudança da coloração dos frutos do verde para o amarelo e conseqüentemente no grau de maturação.

A Tabela 4.17 mostra a variação da firmeza da polpa em função da temperatura do tratamento hidrotérmico e da concentração de ozônio. A análise estatística indicou que não há diferença significativa entre os tratamentos.

Tabela 4.10 Resultados obtidos para o uso de tratamento hidrotérmico, ozônio e cera nos frutos de mamão papaia

TRAT	TEMP	O3	Firmeza da Polpa
AC	0	0	4,08 ± 2,15 ^a
45O2	45	2	4,60 ± 2,93 ^a
55O2	55	2	4,94 ± 1,85 ^a
65O2	65	2	3,92 ± 1,90 ^a
45O4	45	4	5,58 ± 2,34 ^a
55O4	55	4	4,51 ± 2,80 ^a
65O4	65	4	4,88 ± 1,99 ^a

*Letras iguais na mesma coluna não apresentam diferenças significativas ($p > 0,05$) entre os tratamentos analisados pelo teste Tukey HSD.

A Tabela 4.18 mostra a variação da acidez, sólidos solúveis e ratio. A concentração de água ozonizada, associado ao tratamento hidrotérmico e o uso de cera não afetaram significativamente no aumento da acidez titulável dos frutos durante o período de maturação.

Tabela 4.11 Resultados obtidos para o uso de tratamento hidrotérmico, ozônio e cera nos frutos de mamão papaia

ACIDEZ						
Temp / Conc	2 ppm			4 ppm		
45°C	0,08	±	0,01 ^a	0,08	±	0,00 ^a
55°C	0,08	±	0,01 ^a	0,09	±	0,01 ^a
65°C	0,06	±	0,00 ^a	0,11	±	0,00 ^a
BRIX						
Temp / Conc	2 ppm			4 ppm		
45°C	10,00	±	0,18 ^a	8,88	±	0,02 ^a
55°C	9,28	±	0,04 ^a	9,25	±	0,00 ^a
65°C	9,06	±	0,09 ^a	10,13	±	0,01 ^a
RATIO						
Temp / Conc	2 ppm			4 ppm		

45°C	127,16 ± 17,68 ^a	112,68 ± 5,34 ^a
55°C	114,67 ± 5,64 ^a	100,73 ± 0,00 ^a
65°C	151,80 ± 18,15 ^a	96,23 ± 5,34 ^a

*Letras iguais na mesma coluna não apresentam diferenças significativas ($p>0,05$) entre os tratamentos analisados pelo teste Tukey HSD.

A vitamina C é uma das mais importantes vitaminas para a nutrição humana e a sua fonte normalmente são as frutas. O ácido L-ascórbico (AA) é a principal forma biologicamente ativa no mamão, chegando a cerca de 95% do teor total de vitamina C (Hernandez et al., 2006).

De acordo com a Tabela 4.19 que mostra a comparação entre os diferentes tratamentos hidrotérmicos associados ao uso de ozônio e cera verifica-se que o tratamento hidrotérmico associado ao uso de ozônio a 4 ppm apresentou significativamente cerca de 40% mais perda de vitamina C do que o mesmo tratamento a 2 ppm de ozônio quando comparados com o controle.

Tabela 4.12 Resultados obtidos para o uso de tratamento hidrotérmico, ozônio e cera nos frutos de mamão papaia

TRAT	TEMP	O3	VIT C
AC	0	0	70,74 ± 1,59 ^a
45O2	45	2	67,08 ± 2,18 ^{a,c}
55O2	55	2	58,43 ± 0,99 ^{b,c}
65O2	65	2	59,48 ± 3,14 ^{b,c}
45O4	45	4	111,38 ± 0,62 ^d
55O4	55	4	102,23 ± 1,09 ^d
65O4	65	4	85,28 ± 1,20 ^e

*Letras iguais na mesma coluna não apresentam diferenças significativas ($p>0,05$) entre os tratamentos analisados pelo teste Tukey HSD.

De acordo com Chan et al. (1979), os açúcares solúveis são acumulados, em sua maior parte, quando o fruto ainda está ligado à planta, provavelmente, em função da fotossíntese. No início do desenvolvimento dos frutos de mamoeiro, a glicose é o açúcar predominante, já em estádios mais avançados, a sacarose torna-se o açúcar encontrado em maior concentração, atingindo níveis mais elevados que a frutose e a glicose. De acordo com os resultados encontrados por Almeida et al. (2006), parece haver, em pequena proporção, síntese de açúcares no período pós-colheita, já que os teores de

sólidos solúveis totais aumentaram na parte externa do mesocarpo no decorrer do amadurecimento.

Gómez et al. (2002) relataram que os teores de glicose e frutose, em frutos de mamoeiro estocados a 18 °C por 10 dias, foram constantes, exceto ao final do amadurecimento, quando aumentaram. Os autores atribuíram esse aumento à atividade das invertases, que são enzimas relacionadas ao metabolismo da sacarose. Em outro estudo, os mesmos autores encontraram como teor de sólidos solúveis totais (glicose + frutose + sacarose) valores variando de 9% para o fruto verde (3 dias após a colheita) e de 11% para frutos no estágio maduro (10 dias após a colheita) (Gomez et al., 1999).

No atual experimento os valores encontrados de sólidos solúveis totais para a amostra controle foi de $11,13 \pm 0,18\%$ e, desse total, 47% representava o total de glicose e 48% a frutose visto que na análise por HPLC a sacarose se desdobrou em glicose e frutose como se pode observar na Figura 4.8. Ainda nessa figura podemos observar a presença de outros açúcares solúveis minoritários que, de acordo com Manrique & Lajolo (2004), podem estar associados a arabinose, raminose e galactose. Ainda, nessa metodologia os picos de frutose e xilose se sobrepuseram o que indica que os valores mostrados nesse trabalho equivalem para o total de xilose e frutose.

As Figuras 4.7 e 4.8 mostram as as superfícies de contorno para os teores de frutose e glicose, respectivamente, em função da concentração de ozônio (de 1 a 2 ppm) e da temperatura (de 50 a 60°C). Nessas figuras pode-se observar que a menor concentração de ozônio e a maior temperatura do tratamento térmico influenciam no aumento da concentração de glicose e frutose dos frutos indicando que o tratamento térmico acelera a ação das invertases gerando uma maior produção de açúcares.

$$FRUTOSE = 40,66 - 14,63 \times O_3 + 0,24 \times T$$

$$R^2 = 0,9997$$

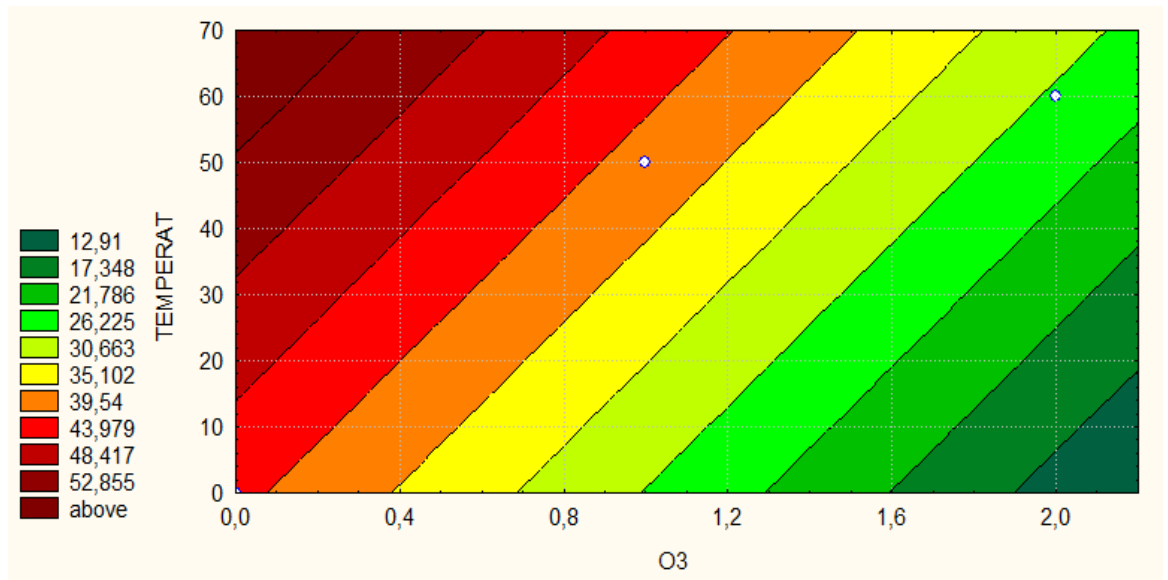


Figura 4.4 Teor de frutose (FRU) em g/L em frutos de mamão em função da Temperatura (TP) do tratamento térmico (entre 50 e 60°C) e em função da concentração de Ozônio (OZ) de 1 a 2 ppm.

$$GLICOSE = 39,6 - 13,45 \times O_3 + 0,15 \times T$$

$$R^2 = 0,9966$$

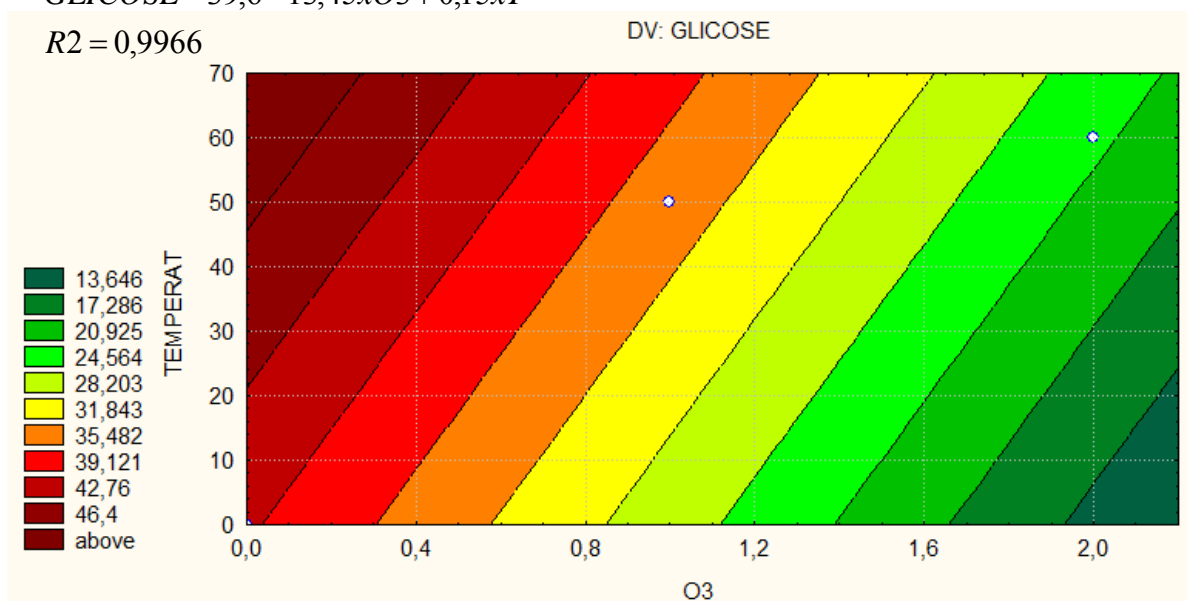


Figura 4.5 Teor de glicose (GLI) em g/L em frutos de mamão em função da Temperatura (TP) do tratamento térmico (entre 50 e 60°C) e em função da concentração de Ozônio (OZ) de 1 a 2 ppm.

4.3 Alterações qualitativas na cutícula de mamões em função do uso de ozônio, tratamento térmico, escovação, imersão e uso de cera

4.3.1 Caracterização da cutícula

A cutícula é composta por duas camadas de ceras: uma camada mais interna, que constituem as chamadas ceras intracuticulares e uma camada mais externa, as ceras epicuticulares. A camada mais externa é muitas vezes composta por cristalóides de ceras com distintos formatos, que caracterizam determinada superfície cuticular vegetal. De acordo com Neinhuis (2001), estes lipídeos estão embebidos na matriz de cutina (ceras intracuticulares) e também se movem até a superfície (ceras epicuticulares), onde são, freqüentemente, encontrados formando estruturas tridimensionais complexas, mencionados na literatura como cristalóides de ceras. Da mesma forma que a cutina, as ceras não são um composto específico e sim polímeros extremamente heterogêneos que resultam de interação de ácidos graxos de cadeia muito longa, com até 34 carbonos.

A cutícula de mamão cv. *Golden* em microscopia eletrônica de varredura apresentou as seguintes características de acordo com a classificação descrita por (Bartholott et al., 1988): camada amorfa sem a presença de cristalóides e camada cerosa que apresenta placas recobrimdo a cutícula dos frutos não tratados.

Montero (2007) associou as fissuras que ocorreram na cutícula das maçãs ao resultado de um desbalanço entre a produção de ceras e o crescimento do fruto. Em outro estudo, Veraverbeke *et al.* (2001), associou às fissuras a perda de umidade através da cutícula de maçãs e, o mesmo autor salientou que junto com as lenticelas, as rachaduras aumentam consideravelmente a permeância cuticular, apesar de poderem desaparecer durante a estocagem e vida de prateleira. Além da perda de umidade, estas fraturas são importantes por serem possíveis portas de entrada de patógenos nos frutos. No entanto, Montero (2007) identificou o aumento das rachaduras cuticulares em maçãs durante a estocagem.

Nas imagens de varredura da Figura 4.9 A pode-se observar o padrão de recobrimento dos frutos maduros. Também foram encontradas em sua superfície estômatos (Figura 4.9 B) que, além de serem estruturas vegetais que realizam trocas gasosas entre a planta e o meio e atuam também no controle da transpiração, representam aberturas naturais para possível entrada de microrganismos. Além das aberturas naturais no epicarpo dos frutos, encontrou-se uma grande quantidade de hifas de fungos (Figura 4.9 C) e esporos (Figura 4.9 D). Na Figura 4.9 D, em detalhe está a entrada de patógenos nas aberturas naturais do epicarpo dos mamões.

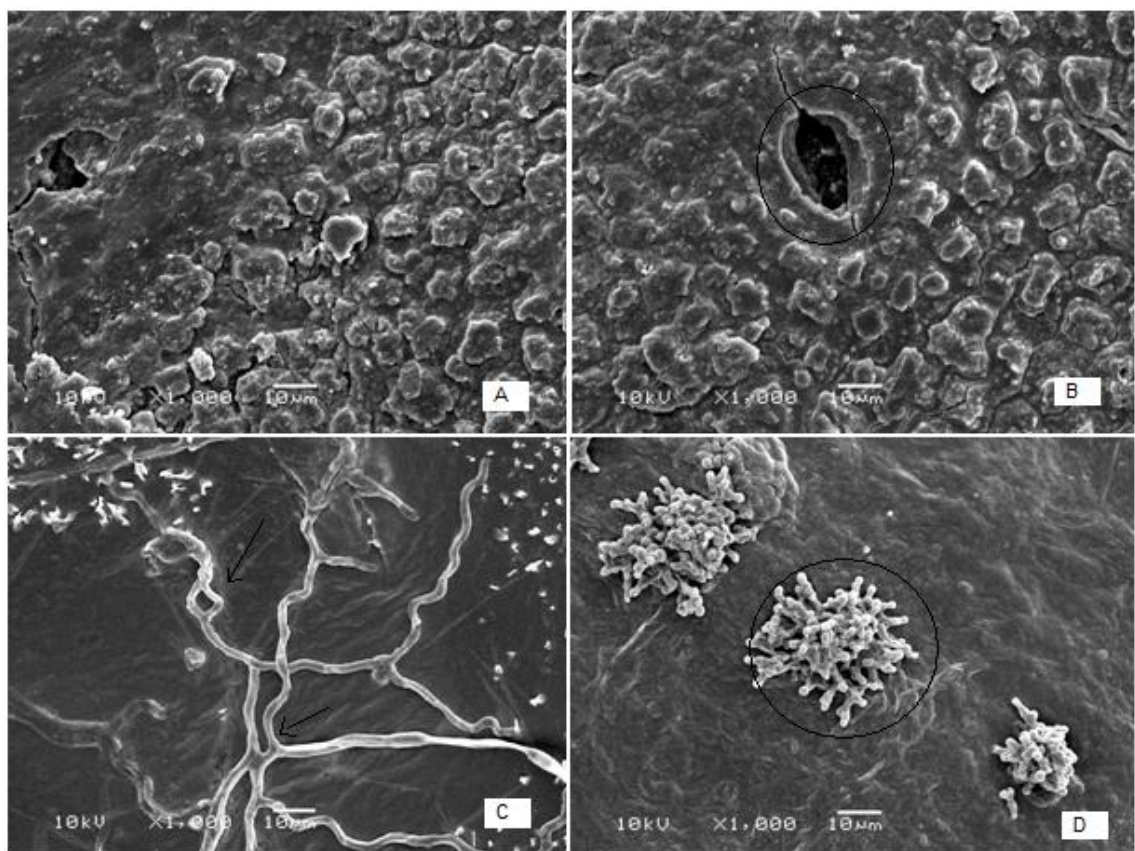


Figura 4.6 Caracterização da superfície cuticular de mamões cv. *Golden* 15 dias após a colheita. Padrão de recobrimento (A), estômatos (B), esporos e hifas de fungos (C e D).

4.3.2 Efeito do uso do ozônio sob a cutícula

Nas eletromicrografias de varredura dos frutos tratados com ozônio (Figura 4.10 A e B) é possível observar que as cutículas dos frutos de ambos os tratamentos apresentaram o mesmo padrão de recobrimento ceroso da amostra controle o que indica que o uso de ozônio não afeta essa camada.

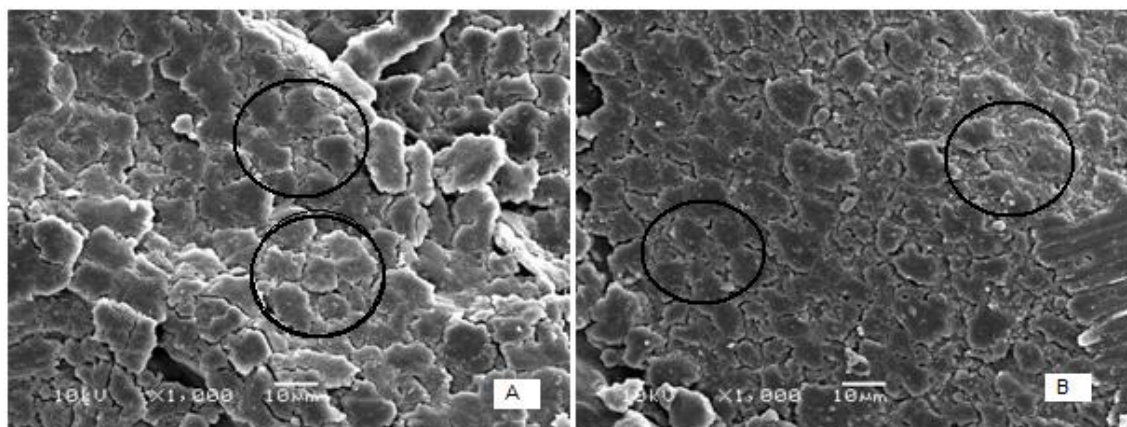


Figura 4.7 Caracterização da superfície cuticular de mamões cv. *Golden* 15 dias após a colheita tratados com ozônio a 4ppm, tempo de contato de 2min (A) e 1 min (B).

4.3.3 Efeito do uso de fungicida sob a cutícula do mamão

Nas imagens de microscopia de varredura (Figura 4.11 A e B) é possível observar que as cutículas dos frutos de ambos os tratamentos com fungicida apresentaram o mesmo padrão de recobrimento da amostra controle indicando que o uso de fungicida não afeta o padrão de recobrimento.

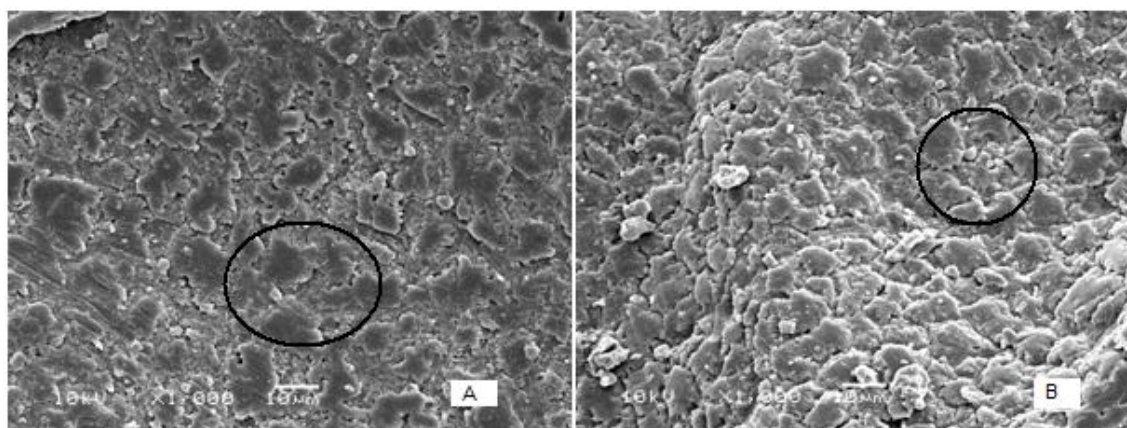


Figura 4.8 Caracterização da superfície cuticular de mamões cv. *Golden* 15 dias após a colheita após tratamento com fungicida imazalil durante 2 minutos. Concentração de 1000 ppm (A) e 2000 ppm (B).

4.3.4 Efeito do tratamento térmico sob a cutícula do mamão

O tratamento térmico atua de várias formas: diretamente sobre o patógeno e/ou insetos presentes na superfície, como a larva da mosca; sobre os frutos alterando seu processo de maturação e externamente, na cutícula dos frutos. Em relação ao processo de maturação o calor atua melhorando a qualidade dos frutos, e aumentando a vida pós-colheita em muitas espécies. Uma das hipóteses para este efeito está associada a uma resposta dos organismos vivos ao calor, com o aumento na síntese de proteínas de choque térmico, que são induzidas pelo calor. Além dos efeitos nos processos de maturação, o tratamento térmico tem efeito direto sobre o patógeno, reduzindo o desenvolvimento de doença. O efeito principal ocorre na inibição ou redução da alongação do tubo germinativo, ou morte dos esporos, reduzindo, efetivamente, o tamanho do inóculo e, subsequente, o desenvolvimento da lesão (Montero, 2007).

Alterações na camada externa dos frutos em função do tratamento térmico vêm sendo demonstradas por microscopia eletrônica de varredura em mais de uma espécie frutífera. Montero (2007) verificou que a escovação aliada ao tratamento térmico em maçãs e bergamotas atuou derretendo a camada de ceras epicuticulares dos frutos e, assim, cobrindo e selando estômatos e fendas nas superfícies dos frutos, que poderiam

servir como locais potenciais para invasão de patógenos. O mesmo efeito foi evidenciado em pimentão, por Fallik *et al.* (1999) e Shirra *et al.* (2000) que imergiram em água quente tangerinas da variedade Fortune. Lurie *et al.* (1996) em um experimento com maçãs *Golden Delicious* e tratamento térmico por imersão em água quente mais 2% de CaCl_2 , sugeriram que o tratamento com calor amoleceu as ceras e que estas preencheram as fendas desta camada na superfície dos frutos.

O tratamento térmico em mamões é utilizado para reduzir podridões de pós-colheita. Alguns autores mencionam que um dos efeitos do calor seria o efeito físico de oclusão das fraturas e microferimentos pelo derretimento das ceras existentes na camada epicuticular, desta forma protegendo o fruto da entrada de patógenos (Schirra, *et al.*, 2000). O calor utilizado neste experimento de fato alterou a camada de ceras epicuticulares dos frutos, sendo que estas se apresentaram derretidas, recobrimo total ou parcialmente as rachaduras naturalmente existentes nestes frutos. As imagens da microscopia de varredura mostraram um recobrimento mais uniforme e com menos fissuras nas amostras submetidas ao tratamento térmico (Figura 4.12).

Schirra *et al.*, (2000) verificou um aumento da resistência de frutos a podridões com uso de métodos como o tratamento térmico está relacionado à fusão da superfície epicuticular, preenchendo as rachaduras existentes na cutícula e prevenindo o uso destas rachaduras cobertas como sítios de entrada de patógenos.

Neste trabalho, pode-se observar que o tratamento hidrotérmico recobriu aberturas naturais do fruto reduzindo essa fissura (Figura 4.12 A e B). Ainda ao comparar as imagens 4.12 C e D observa-se que quanto maior a temperatura de tratamento térmico mais uniforme é o recobrimento. No entanto, deve-se ter cuidado na escolha de uma combinação adequada de tempo e temperatura pois valores muito elevados podem causar danos de calor no epicarpo dos frutos. Em tratamentos preliminares se observou danos de calor nos frutos quando tratados a temperaturas superiores a 65°C.

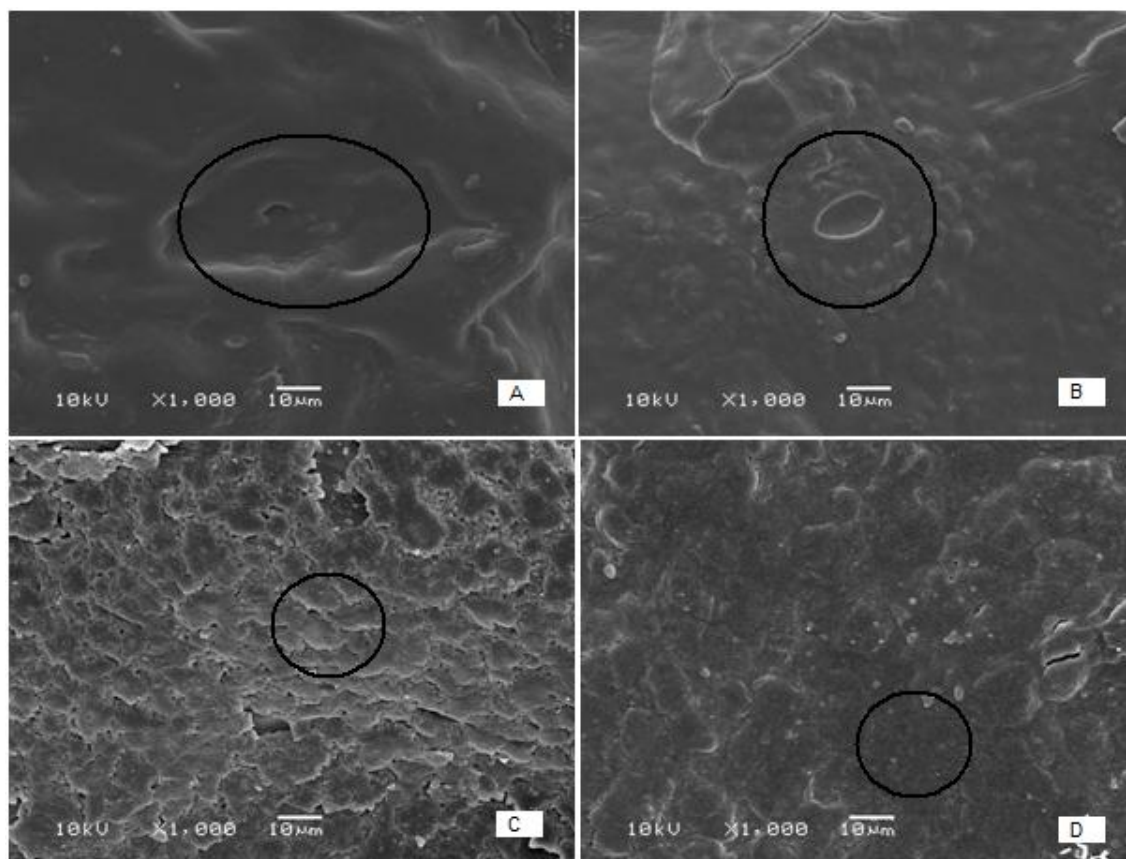


Figura 4.9 Caracterização da superfície cuticular de mamões cv. *Golden* 15 dias após a colheita após tratamento térmico. Presença de estômato recoberto (A e B) e tratamento térmico durante 1 minuto a 45°C (C) e 65°C (D).

No presente estudo, vários cristalóides foram identificados após os frutos serem submetidos ao tratamento térmico. De acordo com a classificação proposta por Bartholott *et al.*(1998) o formato encontrado na cultivar “*Golden*” foi o de túbulos. Estes cristalóides, em alguns casos, se formaram provavelmente originadas durante o manuseio pós-colheita ou no campo. Na Figura 4.13 A pode-se observar a formação concentrada de cristalóides em um fissura de forma a preencher os espaços onde havia ocorrido remoção da cera e protegendo estes locais. Ainda, ao compararmos as imagens da Figura 4.13 A, B e C podemos observar a influência da temperatura, quanto maior a temperatura de tratamento térmico maior foi o tamanho dos cristalóides e formação destes.

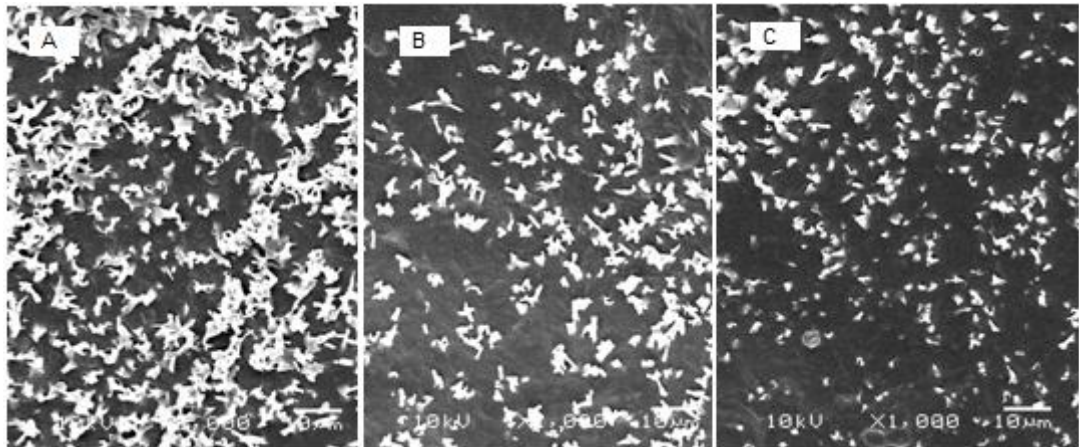


Figura 4.10 Formação de cristalóides na superfície cuticular de mamões cv. *Golden* 15 dias após a colheita após tratamento térmico durante 1 minuto a 65°C (A), 55°C (B) e 45°C (C).

Capítulo 5

Conclusões

As conclusões dessa dissertação sobre o uso de ozônio e outros tratamentos alternativos para a conservação do mamão papaia são apresentadas neste capítulo, porém cabe salientar que os resultados obtidos têm a sua validade delimitada pelos intervalos testados e pelas metodologias experimentais empregadas.

O uso de câmara ozonizada a concentrações superiores a 0,4 ppm prejudicam a casca do mamão, não tendo sido efetivo para o controle do *C. gloeosporioides*.

Durante o amadurecimento do mamão papaia: o fruto perdeu mais de 2% de massa fresca; o ângulo de cor (Hue) decresceu de 87,23 para 66,81°H; não houve redução significativa da firmeza da polpa; a acidez titulável aumentou de 0,07% para 0,11%; os sólidos solúveis totais aumentaram de 11,5 a 12,7°Brix e a Vitamina C reduziu de 87,02 para 70,74 mg de ácido ascórbico / 100g de polpa de mamão.

O uso do fungicida imazalil foi eficaz para o controle fúngico e não afetou na perda de massa fresca. O tratamento a 2000 ppm durante 1 minuto obteve menor ângulo de cor, indicando um fruto mais verde, enquanto que o tratamento a 2000 ppm durante 2 minutos obteve melhores resultados para firmeza da polpa, sólidos solúveis totais, ratio e maior retenção de Vitamina C.

O uso isolado de cera não se constitui em um eficiente tratamento para os frutos de mamão. O uso de cera de carnaúba a 25% não influenciou na perda de massa fresca e retardou o índice de maturação dos frutos.

O tempo de contato dos frutos entre 1 e 2 minutos com a água ozonizada não influencia no grau de maturação e na perda de massa fresca. A concentração de

ozônio em valores próximos a 4 ppm influencia significativamente na degradação da vitamina C. O uso de ozônio em concentrações de 2 ppm durante 2 minutos obteve os melhores resultados para a retenção de Vitamina C e para a obtenção de maior ângulo de cor.

O uso de ozônio aliado ao tratamento hidrotérmico e posterior aplicação de cera foi efetivo contra o crescimento fúngico. O tratamento a 45°C e com concentrações de 4 ppm obteve a menor perda de massa fresca. Os tratamentos a 45°C e com concentrações de 2 ppm e com 55°C com concentrações de 4 ppm demonstraram ser mais eficazes para obter ângulos de cor. O ozônio não afetou a firmeza da polpa, acidez titulável e ratio. O maior teor de vitamina c foi observado no tratamento de 55°C com concentrações de 4 ppm. Em relação ao teor de açúcares pode-se observar que a menor concentração de ozônio e a maior temperatura do tratamento térmico influenciam no aumento da concentração de glicose e frutose dos frutos indicando que o tratamento térmico acelera a ação das invertases gerando uma maior produção de açúcares.

Na avaliação cuticular pode-se observar que no padrão de recobrimento dos frutos de mamão possui fissuras que são entradas naturais aos patógenos. Nas imagens de microscopia verificou-se que o uso de ozônio e do fungicida não afetaram no padrão de recobrimento cuticular dos frutos. O tratamento hidrotérmico recobriu aberturas naturais do fruto e que quanto maior a temperatura de tratamento térmico mais uniforme foi o recobrimento. Cristalóides tubulares foram identificados após os frutos serem submetidos ao tratamento térmico e, quanto maior a temperatura de tratamento térmico, maior foi o tamanho dos cristalóides e formação destes.

Capítulo 6

Bibliografia

ABREU, F.M. *Quantificação de danos e controle pós-colheita de podridão parda (Monilinia fructicola) e podridão mole (Rhizopus spp.) em pêssego.* Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Piracicaba : s.n., 2006. p. 49, Dissertação de Mestrado em Agronomia.

AKAMINE, E.K.; ARISUMI, T. *Control of post-harvest storage decay of fruits of papaya (Caricae papaya L.) with special reference to their effect of hot water.* Proceeding American Society Horticultural Science, v.61, p.270-274, 1953.

ALMEIDA, R.F.; MARTINS, M.L.L.; RESENDE, E.D.; VITORAZI, L.; CARLOS, L.A.; PINTO, L.K. Influência da temperatura de refrigeração sobre as características químicas do mamão cv. “Golden”. *Ciência e Tecnologia de Alimentos.* jul.-set, 2006, Vol. 26, (3), pp. 577-581.

ALVAREZ, A.M.; NISHIJIMA, W.T. *Postharvest dis eases of papaya.* Plant Disease, St. Paul, v.71, n.7, p.681-686, July 1987.

AN, J., ZHANG, M; LU, Q. Changes in some quality indexes in fresh-cut green asparagus pretreated with aqueous ozone and subsequent modified atmosphere packaging. *Journal of Food Engineering.* 2007, 78, pp. 340-344.

Association of Official Analytical Chemists – AOAC. Official Methods of Analysis. 2002. 17, p. 1002.

BARNES, J.D.; CADOSO-VILHENA, J. Interactions between electromagnetic radiation and the plant cuticle. In: KERSTIENS G. (Ed.) *Plant cuticles and integrated functional approach.* Oxford: Bios Scientific, 1996. p. 157-174.

BARTHLOTT, W.; NEINHUIS, C.; CUTLER, D. Classification and terminology of plant epicuticular waxes. *Botanical Journal of the Linnean Societ.* 1988, 126, pp. 237–260.

BASSANI, L. *Desinfecção de efluente sanitário por ozônio: parâmetros operacionais e avaliação econômica.* Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis : s.n., 2003. Dissertação de Mestrado em Engenharia Ambiental.

BELTRÁN, D.; SELMA, M.V.; TUDELA, J.A.; GIL, M.I. Effect of different sanitizers on microbial and sensory quality of fresh-cut potato strips stored under modified atmosphere or vacuum packaging. *Postharvest Biology and Technology*. 2005, 37, pp. 37-46.

BRON, I.U. *Amadurecimento do mamão 'Golden': ponto de colheita, bloqueio da ação do etileno e armazenamento refrigerado*. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Piracicaba : s.n., 2006. p. 66, Tese de Doutorado.

CARDELLO, H.M.A.B.; CARDELLO, L. Teor de Vitamina C, atividade de Ascorbato Oxidase e perfil sensorial de manga (*Mangífera indica* L.) var. haden, durante o amadurecimento. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*. May/July, 1988, Vol. 18, 2.

CHAN JR, H.T.; HIBBARD, K.L.; GOO, T. Sugar composition of papayas during fruit development. *HortScience*. 1979, Vol. 14, n. 3, pp. 140-141.

CHANDRIKA, U. G.; JANSZ, E. R.; WICKRAMASINGHE, SMD N.; WARNASURIYA, N. D. Carotenoids in yellow- and red-fleshed papaya (*Carica papaya* L). *Journal of the Science of Food and Agriculture*, v. 83, n. 12, p. 1279-1282, 2003.

CHITARRA, M.I.F.; CHITARRA, A.B. *Pós-colheita de frutas e hortaliças Fisiologia e Manuseio*, Lavras ESAL-FAEPE, Lavras, 1990.

CHIUMARELLI, M.; FERREIRA, M.D. *Avaliação da qualidade pós-colheita de tomate de mesa com utilização de coberturas comestíveis a 25°C*. In: XXXIII Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola. São Pedro/SP, 02 a 06 de Agosto de 2004.

COSTA, A. F. S.; BALBINO, J. M. S. *Características da fruta para exportação e normas de qualidade. Mamão: pós-colheita*. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, p. 12-18, 2002.

DIAZ, J.A.J. *Manual Práctico para El cultivo de la papaya hawaiana*. 1ªed. Guácimo, CR: Earth, 108p., 2002.

DÍAZ-SOBAC, R. et al. Emulsion coating to extend postharvest life of mango (*Mangifera indica* cv. Manila). *Journal of Food Processing and Preservation*, Westport, v.20, n.3, p.191-202, 1996.

DI BERNARDO, L. *Métodos e Técnicas de tratamento de água*. Rio de Janeiro : ABES, 1993. Vol. 2.

DIEHL, J.F. *Safety of irradiated foods*. New York: Marcel Dekker, 1995. 454p.

FAGUNDES, G.R.; YAMANISHI, O.K. *Características físicas e químicas de frutos de mamoeiro do grupo 'solo' comercializados em 4 estabelecimentos de Brasília-DF.* Revista Brasileira de Fruticultura, Jaboticabal, v. 23, n. 3, p. 541-545, dezembro, 2001.

FALLIK, E.; GRINBERG, S.; ALKALAI, S.; YEKUTIELI, O.; WISEBLUM, A.; REGEV, R.; BERES, H.; BAR-LEV, E. A unique rapid hot water treatment to improve storage quality of sweet. *Postharvest Biology and Technology.* 1999, Vol. 15, n.1, pp. 25-32.

FAWELL, J. Risk assessment case study—chloroform and related substances. *Food Chemical Toxicology.* 2000, 38, pp. S91–S95.

FERNANDEZ, R.M.; NOREÑA, C.P.Z.; SILVEIRA, S.T. OSMOTIC DEHYDRATION OF MUSKMELON (CUCUMIS MELO): INFLUENCE OF BLANCHING AND SYRUP CONCENTRATION. *Journal of Food Processing and Preservation.* 2007, 31, pp. 392–405.

FONSECA, M.J.O.; CENCI, S.A.; LEAL, N.R.; BOTREL, N. Uso de Atmosfera Modificada para conservação pós-colheita do mamão 'golden'. *Revista Brasileira de Fruticultura.* Dezembro de 2003, Vol. 25, n. 3, pp. 537-539.

FORNEY, C.F.; SONG, J.; HILDEBRAND, P.D.; FAN, L.; MCRAE, K.B. Interactive effects of ozone and 1-methylcyclopropene on decay resistance and quality of stored carrots. *Postharvest Biology and Technology* 45, 341–348, 2007.

HOLLOWAY, P.J. The chemical and physical characteristics of leaf surfaces. In: PREECE T.F.; DICKINSON C.H. (Eds.) *Ecology of leaf surface micro-organisms.* London: Academic Press, 1971. pp.39-53.

HOLLOWAY, P.J. The effects of superficial wax on leaf wettability. *Annals Applied Biology*, United Kingdom, v.63, p.145-153, 1969.

KITTUR, F.S.; KUMAR, K.R.; THARANATHAN, R.N. *Functional packaging properties of chitosan films*1998, Zeitschrift Für Lebensmittel Untersuchung and Forschung, pp. 44–47.

GALLO, D.; NAKANO, O.; SILVEIRA NETO, S.; CARVALHO, R. P. L.; BASTISTA, G .C. de; BERTI FILHO, E.; PARRA, J. R. P.; ZUCCHI, R. A.; ALVES, S. B. & VENDRAMINI, J. D. *Manual de Entomologia agrícola.* São Paulo: Agronômica Ceres, 669p.1988.

GOMEZ, M.L.P.A.; LAJOLO, F.M.; CORDENUNSI, B.R. Metabolismo de carboidratos durante o amadurecimento do mamão (Carica papaya L. cv. Solo): influência da radiação gama. *Ciência e Tecnologia de Alimentos.* May/Aug, 1999, Vol. 19, n.2.

GÓMEZ, M.; LAJOLO, F.; CORDENUNSI, B. Evolution of solubles sugars during ripening of papaya fruit and its relation to sweet tast. *Journal of Food Science*. 2002, Vol. 67, n.1, pp. 442-447.

HERNANDEZ, Y.; LOBO, M.G.; GONZALEZ, M. Determination of vitamin C in tropical fruits: A comparative evaluation of methods. *Food Chemistry*. 2006, 96, pp. 654-664.

HONÓRIO, S.L. *Fisiologia Pós-colheita de mamão (Carica papaya L.) cultivar solo*. Faculdade de Engenharia de Alimentos e Agrícola, Universidade Estadual de Campinas. Campinas : s.n., 1982. p. 109, Dissertação de Mestrado.

INSTITUTO NACIONAL DE PRESERVAÇÃO AMBIENTAL. *Descontaminação e despoluição de água e o tratamento de esgotos de retorno a natureza*. 1994.

JACOMINO, A. P.; KLUGE, R. A.; BRAKMANN, A.; CASTRO, P.R.C. Amadurecimento e senescência de mamão com 1-metilciclopropeno. *Scientia Agricola*, v.59, n.2, p.303-308, abr./jun. 2002.

JEFFREE, C.E. Structure and ontogeny of plant cuticles. In: KERSTIENS, G. (eds.) *Plant Cuticles*. Lancaster: BIOS Scientific Publishers, 1996. p.33-82.

KADER, A.A. *Postharvest Technology of Horticultural Crops*. 2ªed. Davis: University of California, p.281, 1992.

KETTERINGHAM, L.; GAUSSERES, R.J.; JAMES, S.C. *Journal of Food Engineering*. 2006, 76, pp. 104-111.

KIM, J.G.; YOUSEF, A.E.; CHISM, G.W. Use of ozone to inactivate microorganisms on lettuce. *Journal of Food Safety*. 1999, 19, pp. 17-34.

KUNZ, A.; FREIRE, R.S.; ROHWEDDER, J.J.R.; DURAN, N.; MANSILLA, H.; RODRIGUEZ, J. Construção e otimização de um sistema para produção e aplicação de ozônio em escala de laboratório. [Nota Técnica]. s.l. : Química Nova, 1999. 22(3).

LAWRENCE, G.H.M. *Taxonomy of vascular plants*. New York : Macmillan, 1971. p. 821.

LAZAN, H.; NG, S.Y.; GOH, L.Y.; ALI, Z.M.I. Papaya b-galactosidase / galactanase isoforms in differential cell wall hydrolysis and fruit softening during ripening. *Plant Physiology and Biochemistry*. 2004, 42, pp. 847-853.

LIBERATO, J.R; TATAGIBA, J.S. Avaliação de fungicidas in vitro e em pós-colheita para o controle da antracnose e da podridão peduncular e frutos de mamão. *Summa Phytopathologica*. 2001, Vol. 27, 4, pp. 409-414.

LIMA, M.A.C.; ALVES, R.E.; FILGUEIRAS, H.A.C.; LIMA, J.R.G. *Uso de cera e 1-metilciclopropeno na conservação refrigerada de Graviola (annona muricata l.)* Revista Brasileira de Fruticultura, Jaboticabal - SP, v. 26, n. 3, p. 433-437, Dezembro 2004.

MANENOI, A.; BAYOGAN, E.R.V.; THUMDEE, S.; PAULL, R.E. *Utility of 1-methylcyclopropene as a papaya postharvest treatment* Postharvest Biology and Technology, Volume 44 (1), April 2007, 55-62 pp.

MANICA, I.; MARTINS, D.S.; VENTURA, J.A. *Mamão: Tecnologia de produção, pós-colheita, exportação, mercados.* Porto Alegre : Cinco Continentes, 2006.

MANRIQUE, G.D.; LAJOLO, F.M. Cell-wall polysaccharide modifications during postharvest ripening of papaya fruit (*Carica papaya*). *Postharvest Biology and Technology*. Volume 33, Issue 1, July 2004, Pages 11-26.

McGUIRRE, R.G. Reporting of objective color measurements. *HotScience*. 1992, Vol. 27, pp. 1254-1255.

MITCHAM, E.J.; McDONALD, R.E. Cell wall modification during ripening of 'Keitt' and 'Tommy Atkins' mango fruit. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, Alexandria, v.117, n.6, p.919-924, 1992.

MOLINARI, A.C.F. *Métodos combinados para preservar a qualidade pós-colheita do mamão "Golden" tipo exportação.* Centro de Energia Nuclear, Universidade de São Paulo. Piracicaba : s.n., 2007. p. 128, Tese de Doutorado.

MONTERO, C.R.S. *Alterações Qualitativas na Cutícula de Maçãs e Tangerinas em Função do Tratamento Térmico e da Escovação.* Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre : s.n., 2007. p. 78, Dissertação de Mestrado em Fitotecnia.

MOTA, W. F. *Conservação pós-colheita do maracujá-amarelo (Passiflora edulis Sims f. flaricarpa Deg.) influenciada por ceras e filme plástico.* 58 p. Dissertação (mestrado e Fitotecnia)- Curso de Fitotecnia, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa 1999.

MOY, J.H. Potential of gamma irradiation of fruits: a review. *Journal of Food Technology*, v.12, p.449-457, 1977.

NASCIMENTO, L.C.; LIMA, L.C.O; VALLE, R.H.P. *Uso de derivados clorados, ozônio e ultra-som na sanificação de água e alimentos.*n. 136, outubro de 2005, Higiene Alimentar, Vol. 19, pp. 48-57.

NEINHUIS, C.; KOCH K.; BARTHLOTT, W. Movement and regeneration of epicuticular wax through plant cuticles. *Planta* 213, pp. 427 a 434, 2001.

NETO, S. A. Qualidade Pós-colheita do mamão (carica papaya) cv. Golden armazenado sob atmosferas modificadas. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Viçosa, 76p., 2006.

OLIVEIRA, A.R.O.; SANTOS, H. P. Podridão Interna dos frutos de mamão. *Embrapa Mandioca e Fruticultura*. [Online] junho de 2004. [Citado em: 25 de fevereiro de 2007.] <http://www.cnpmf.embrapa.br>.

OLIVEIRA, M.A. *Utilização de películas de fécula de mandioca como alternativa à cera comercial na conservação pós-colheita de frutos de goiaba (Psidium guayava) variedade Kumagai*. Piracicaba, 1996, 73 p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos)- Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo (USP).

PAULL, R. E.; NISHIJIMA, W.; REYES, M.; CAVALETTO, C. *Postharvest handling and losses during marketing of papaya (Carica papaya L.)*. *Postharvest Biology and Technology*. v. 11, p. 165-179, 1997. (Review)

PEREIRA, M.E.C.; SILVA, A.S.; BISPO, A.S.R; SANTOS, D.B.; SANTOS, S.B.; SANTOS, V.J. *Formosa papaya ripening with edible coating of cassava starch*. *Ciência e Agrotecnologia*, Lavras, v. 30, n. 6, p. 1116-1119, nov./dez., 2006.

PINTO, L.K. de A.; MARTINS, M.L.L.; RESENDE, E.D.; ALMEIDA, R.F.; VITORAZI, L.; PEREIRA, S.M.F. Influência da atmosfera modificada por filmes plásticos sobre a qualidade do mamão armazenado sob refrigeração. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*. out-dez, 2006, Vol. (4), 26, pp. 744-748.

PRESTES, E.B. *Avaliação da Eficiência do ozônio como sanitizante em hortaliças folhosas minimamente processadas*. Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas. Campinas: s.n., 2007. p. 67, Tese de Doutorado.

SALVADOR, A.; ABAD, I; ARNAL, L; J'AVEGA, J.M.M. *Effect of Ozone on Postharvest Quality of Persimmon*. *Journal of Food Science*. Vol. 71 (6), 443-446p., 2006.

ROCHA, R.H.C.; MENEZES, J.B.; NASCIMENTO, S.R.C.; NUNES, G.H.S. Qualidade do mamão 'formosa' submetido a diferentes temperaturas de refrigeração. *Revista Caatinga*. janeiro/março, 2007, Vol. 20, n.1, pp. 75-80.

RODRIGUES, A.C.C.; CUNHA, R.L.; HUBINGER, M.D. Rheological properties and colour evaluation of papaya during osmotic dehydration processing. *Journal of Food Engineering*. 2003, 59, pp. 129-135.

SCHIRRA, M.; D'HALLENWIN, G.; BEM-YEHOSHUA, S.; FALLIK, E. Host-pathogen interactions modulated by heat treatment. *Postharvest Biology and Technology*. 2000, Vol. 21, pp. 71-85.

SELVARAJ, Y.; PAL, D.K. Changes in the chemical composition of papaya (Thailand variety) during growth and development. *Journal of Food Science and Technology*. 1983, Vol. 19, pp. 1046-1049.

UZEL-SEYDIM, Z.G.; BEVER, P.I.B.; GREENEB, A.K. Efficacy of ozone to reduce bacterial populations in the presence of food components. *Food Microbiology* 21, 475–479, 2004.

SILVA, A.P.; VIEITES, R.L. Alterações nas características físicas do maracujá-doce submetido à imersão em solução de cloreto de cálcio. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*. Vol.20 (1). Campinas Abr. 2000.

SILVA, F.A.N.; MACHADO, J.D.A.C.; LIMA, L.C. de O.; RESENDE, M.L.V. de; LIMA, L.C.O.; RESENDE, M.L.V. Controle químico da podridão peduncular de mamão causada por *Colletotrichum gloeosporioides*. *Ciência e Agrotecnologia*. 2001, Vol. 25, 3, pp. 519-524.

SILVEIRA, F.A.O. *Anatomia Vegetal*. Departamento de Ciências Biológicas, Faculdade de Ciências de Curvelo. Curvelo : s.n., 2004. p. 26, Apostila de Aula.

SMILANICK, J. L.; MARGOSAN, D.M.; GABLER, F.M. *Impact of Ozonated Water on the Quality and Shelf-life of Fresh Citrus Fruit, Stone Fruit, and Table Grapes*. *Ozone: Science & Engineering*, Volume 24, Issue 5 , p. 343 – 356, 2002.

SOLON, K.N.; MENESES, J.B.; MEDEIROS, M.K.M.; AROUCHA, E.M.M. Conservação pós-colheita do mamão formosa produzido no Vale do Assu sob atmosfera modificada. *Caatinga*. abr/jun, 2005, Vol. 18, n.2, pp. 105-111.

TAVARES, G.M.; SOUZA, P.E.S. Efeito de fungicidas no controle in vitro de *Colletotrichum gloeosporioides*, agente etiológico da antracnose do mamoeiro (*Carica papaya* L.). *Ciência Agrotecnológica*. jan/fev, 2005, Vol. 29, 1, pp. 52-59.

TRINIDAD, M. et al. Controlled atmospheres (5% CO₂-5% O₂ and 10% CO₂-5% O₂) do not significantly increase the storage life of refrigerated Kent mangoes. *Acta Horticulturae*, Wageningen, v.453, 643-653, 1997.

TUKADA, S.M. *Desenvolvimento de um sistema e metodologia de medição da taxa de adsorção de etileno por embalagens plásticas ativas*. Faculdade de Engenharia Química, Universidade Estadual de Campinas. Campinas : s.n., 2002. p. 51, Dissertação de Mestrado.

UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE - USDA. 2001. Food Safety for you. *Center for Food Safety and Applied Nutrition*. [Online] setembro de 2001. [Citado em: 26 de fevereiro de 2007.] <http://www.cfsan.fda.gov/~dms/ftfruit.html>.

UNITED STATES FOOD AND DRUGS ADMINISTRATION - USDA. 1982. Federal Register. novembro, 1982, Vol. 47, Title 21 - Part 184.

Use of ozone for food processing. **GRAHAM, D. M.** 1997. n. 6, Chicago : s.n., 1997, Food Tecnology, Vol. 51, pp. 72-75.

WEBER, S.U.; THIELE, J.J.; PACKER, L. Ozone depletes vitamin C, urate and glutathione in murine stratum corneum. *Free Radical Biology and Medicine.* 1998, Vol. 25, 1, p. S100.

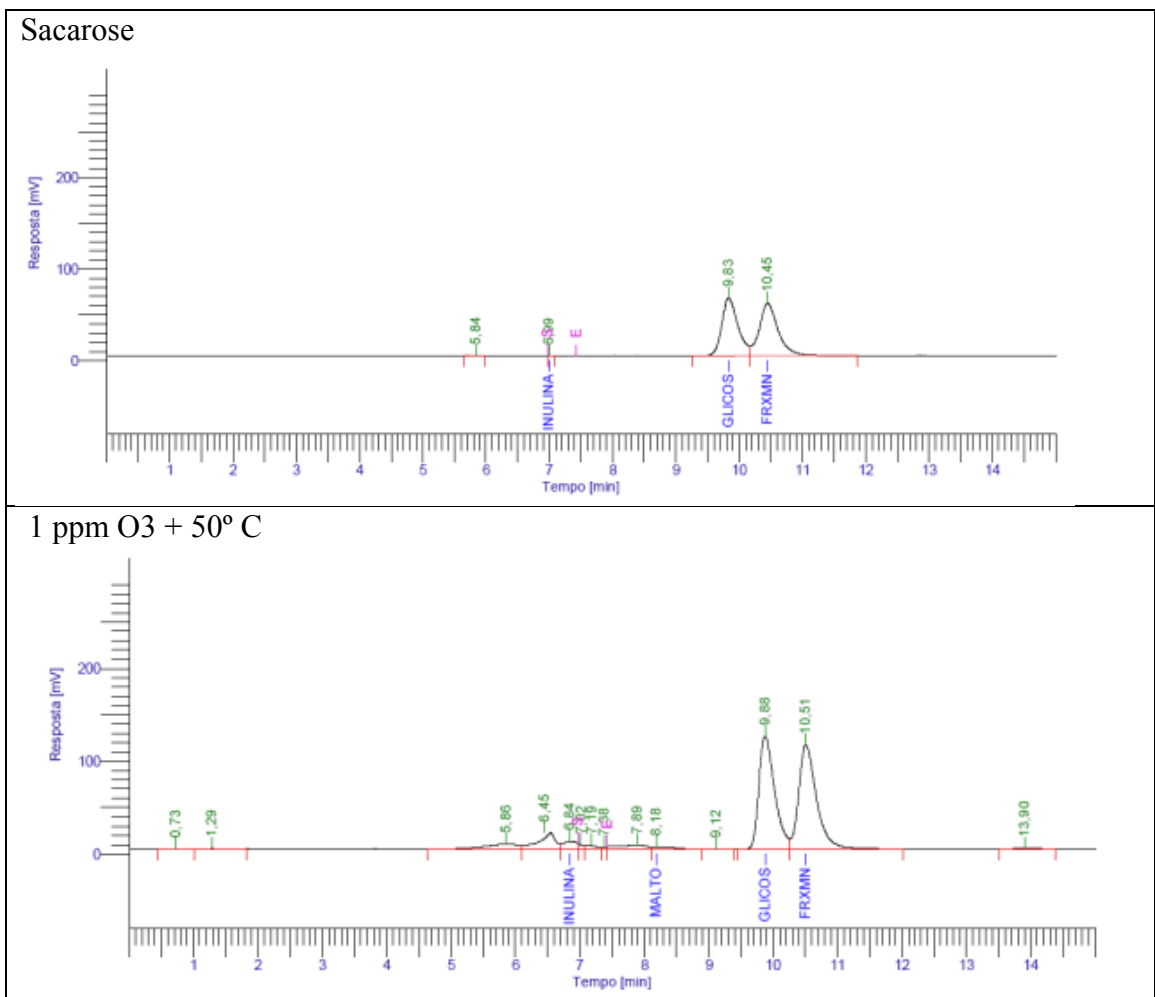
WILLS, R.B.H.; WIDJANARKO, S.B. Changes in physiology, composition and sensory characteristics of Australian papaya during ripening. *Australian Journal of Experimental Agriculture.* 1995, Vol. 35, pp. 1173-1176.

YANG, S.F.; HOFFMAN, N.E. Ethylene biosynthesis and its regulation in higher plants. *Annual Review Plant Physiology,* Palo Alto, v.35, p.155-189, 1994.

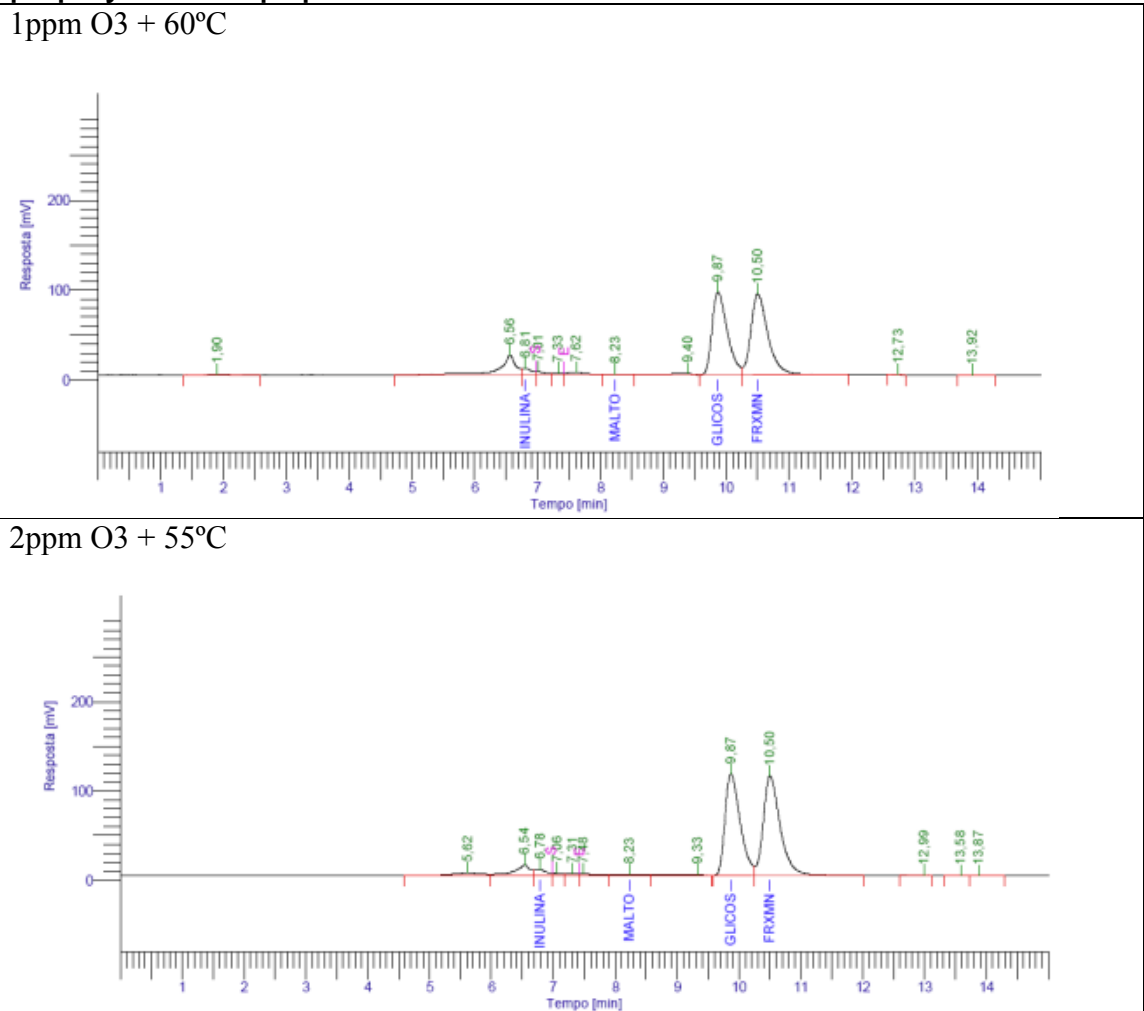
ZHOU, L.; PAULL, R.E. Sucrose metabolism during papaya (*Carica papaya*) fruit growth and ripening. *Journal of the American Society for Horticultural Science.* 2001, Vol. 106, pp. 351-357

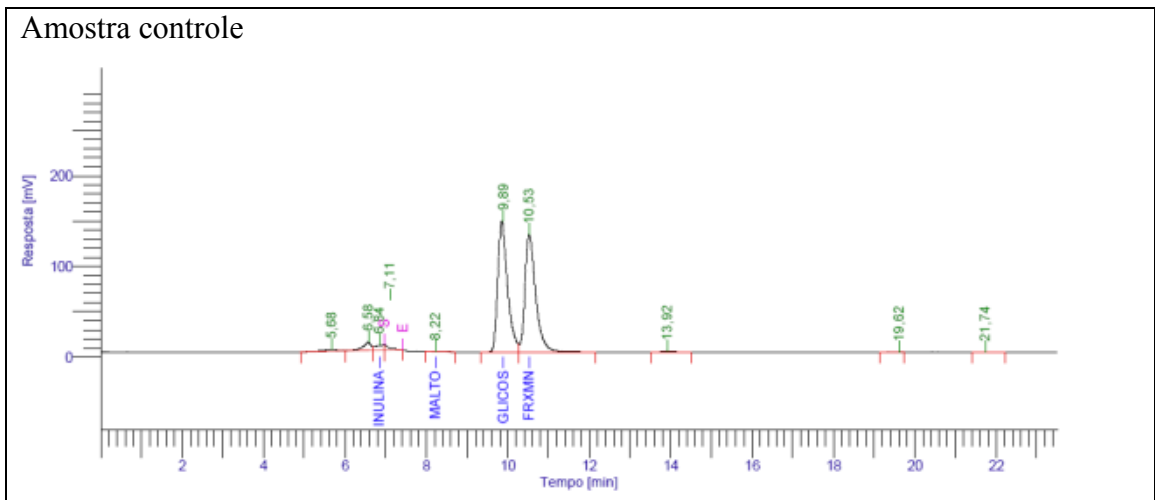
ZHONG, G. Y. et al. Effect of 1-methylcyclopropene on the ethylene-induced abscission in citrus. *Physiologia Plantarum,* Copenhagen, v.113, n.1, p.134-141, 2001.

Apêndice A - Cromatogramas obtidos na análise de monossacarídeos em amostras de mamão papaya no equipamento de HPLC/RI.

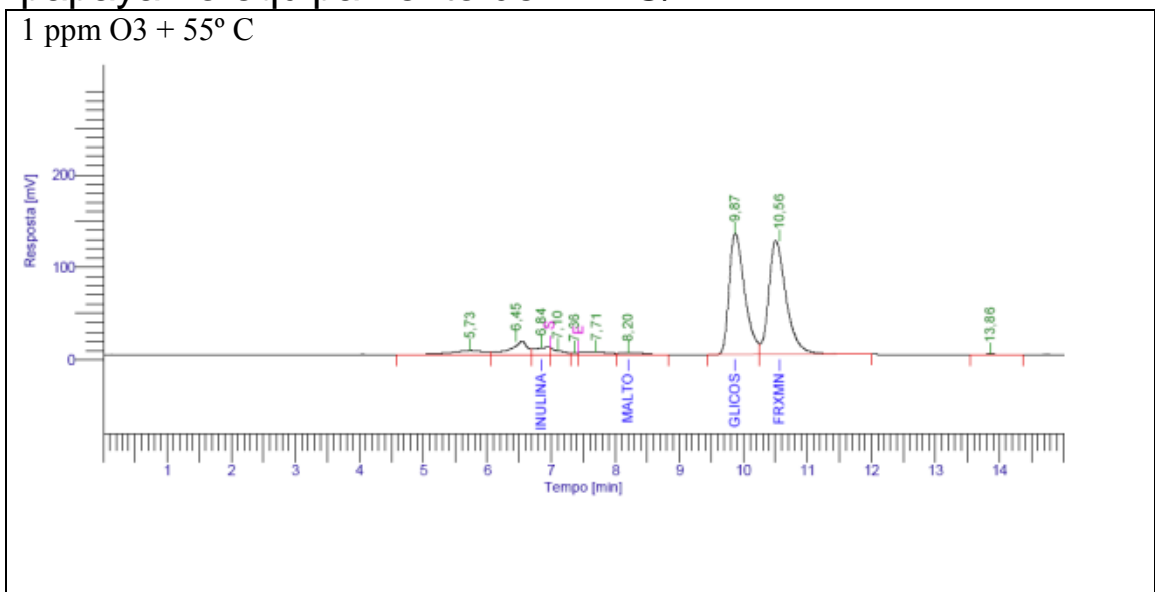


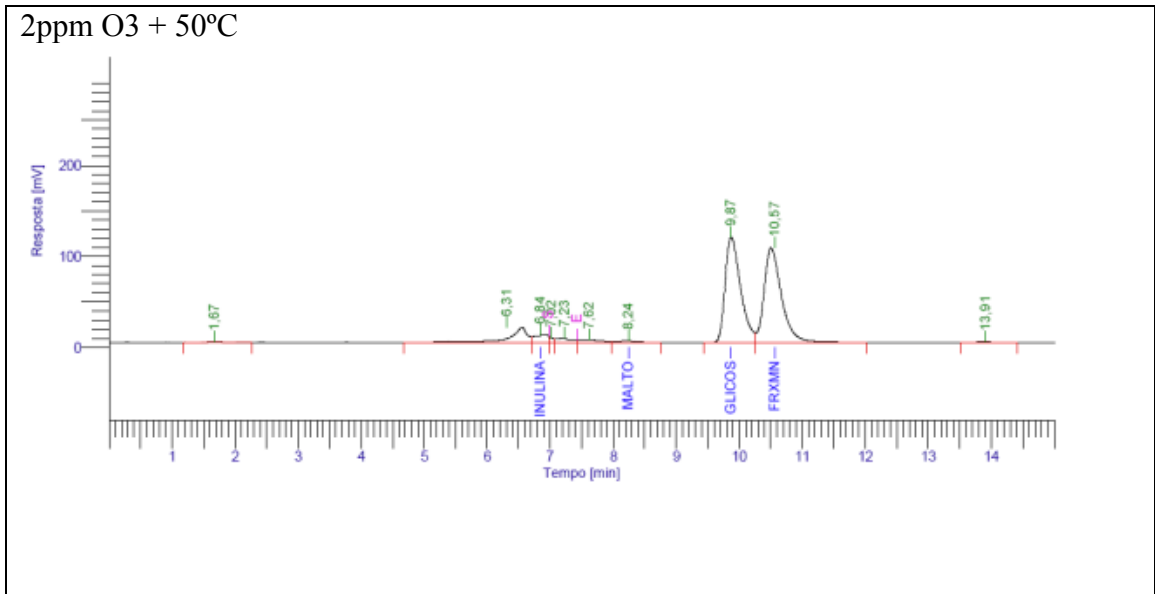
Apêndice A - continuação Cromatogramas obtidos na análise de monossacarídeos em amostras de mamão papaya no equipamento de HPLC/RI.





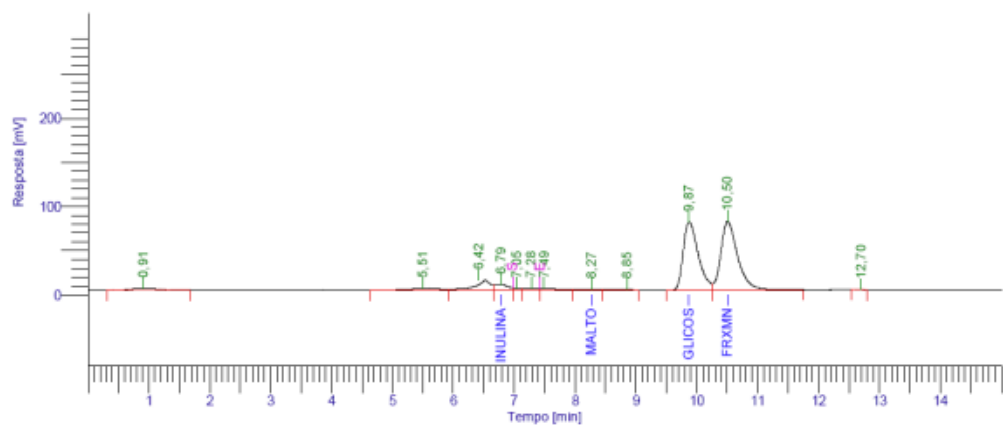
Apêndice A - continuação Cromatogramas obtidos na análise de monossacarídeos em amostras de mamão papaya no equipamento de HPLC/RI.



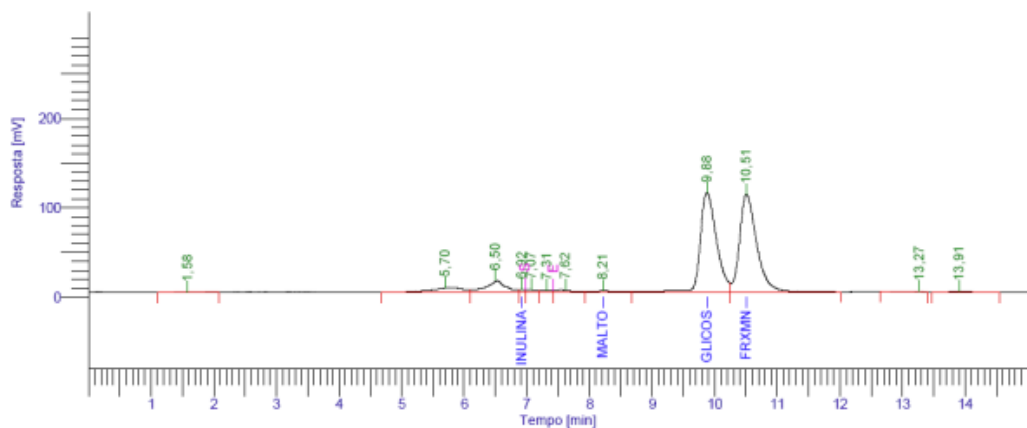


Apêndice A - continuação Cromatogramas obtidos na análise de monossacarídeos em amostras de mamão papaya no equipamento de HPLC/RI.

2ppm O3 + 60°C



Fungicida 2000 ppm



Apêndice B – Dados Experimentais submetidos a Análise de Variância (ANOVA)

Tabela B.1 Dados Experimentais da Influência do Uso de Fungicida sob a Perda de Massa Fresca (PMF) em função do tratamento (TRAT)

PMF	TRAT
0,034216	M11
0,031962	M12
0,038548	M21
0,018142	M22
0,028159	M11
0,019213	M12
0,023076	M21
0,015305	M22
0,028042	AC
0,015449	AC

Tabela B.2 Dados Experimentais da Influência do Uso de Fungicida sob o ângulo de cor (°Hue) em função do tratamento (TRAT)

HUE	TRAT
69,64	AC
67,06	M11
87,58	M12
61,42	M21
85,35	M22
63,78	AC
65,74	M11
79,23	M12
55,13	M21
76,60	M22

Tabela B.3 Dados Experimentais da Influência do Uso de Fungicida sob a Firmeza da Polpa (FP) em função do tratamento (TRAT)

TRAT	FP	TRAT	FP
M11	6,25	M21	3,20
M11	3,35	M21	4,55
M11	6,90	M21	5,15
M11	4,85	M21	6,25
M11	7,20	M21	6,80
M11	5,80	M21	6,40
M12	3,70	M21	5,75
M12	6,10	M22	2,05
M12	4,95	M22	1,45
M12	4,30	M22	2,85
M12	1,75	M22	3,45
M12	3,15	M22	1,75
M12	4,60	M22	2,60
M12	6,05	M22	2,15
M12	5,35	M22	6,70
M12	6,30	M22	5,10
M12	5,50	M22	1,30
M12	4,30	M22	1,50
M12	1,80	AC	3,5
M12	2,10	AC	2,05
M12	5,80	AC	5,25
M21	2,70	AC	5,65
M21	4,70	AC	6,35
M21	3,95	AC	1,35
M21	4,30	AC	5,85
M21	6,10	AC	6,85
M21	4,75	AC	1,25
M21	4,40	AC	2,65

Tabela B.4 Dados Experimentais da Influência do Uso de Fungicida sob a acidez titulável (em mg de ácido cítrico), sólidos solúveis totais (°Brix) e ratio em função do tratamento (TRAT)

TRAT	ACIDEZ	BRIX	RATIO
M11	0,113389	10,000000	88,191978
M12	0,115546	9,750000	84,382310
M21	0,120022	10,675000	88,942141
M22	0,150958	10,000000	66,243377
M11	0,097965	10,000000	102,077091
M12	0,123271	9,750000	79,094136
M21	0,104462	10,750000	102,908689
M22	0,190492	9,625000	50,527138

Tabela B.5 Dados Experimentais da Influência do Uso de Ozônio sob a perda de massa fresca (PESO) em função do tratamento (TRAT), da concentração de ozônio ([O3]) e do tempo de contato (TEMPO)

TRAT	[O3]	TEMPO	PESO
O21	2	1	0,0405
O22	2	2	0,0430
O41	4	1	0,0518
O42	4	2	0,0412
O21	2	1	0,0559
O22	2	2	0,0456
O41	4	1	0,0188
O42	4	2	0,0398
O21	2	1	0,0216
O22	2	2	0,0289
O41	4	1	0,0311
O42	4	2	0,0556

Tabela B.6 Dados Experimentais da Influência do Uso de Ozônio sob o ângulo de cor (HUE) em função do tratamento (TRAT), da concentração de ozônio ([O3]) e do tempo de contato (TEMPO)

TRAT	HUE	TRAT	HUE
AC	65,61245	O22	83,9551
AC	73,02263	O22	73,91483
AC	64,9017	O22	76,17913
AC	65,00041	O41	88,92341
AC	67,60282	O41	77,5008
AC	65,13914	O41	79,81876
AC	65,67248	O41	77,82804
O21	63,85131	O41	81,49043
O21	66,96432	O41	75,17784
O21	67,24959	O41	77,04572
O21	68,15064	O41	75,68796
O21	70,55381	O41	76,46726
O21	54,78384	O41	76,23579
O21	57,13871	O42	64,83194
O21	67,09806	O42	67,10056
O21	67,15071	O42	71,31149
O22	80,84464	O42	69,44277
O22	79,16158	O42	61,81462
O22	76,59904	O42	62,22784
O22	75,94963	O42	69,21052
O22	76,99518	O42	66,47637
O22	80,76409	O42	65,6894

Tabela B.7 Dados Experimentais da Influência do Uso de Ozônio sob a firmeza da polpa (TEXTUIRA) em função do tratamento (TRAT), da concentração de ozônio ([O3]) e do tempo de contato (TEMPO)

TRAT	[O3]	TEMPO	TEXTURA
O21	2	1	3,95
O21	2	1	5,25
O21	2	1	4,90
O21	2	1	4,95
O21	2	1	4,80
O21	2	1	3,10
O21	2	1	1,40
O21	2	1	2,80
O21	2	1	6,95
O21	2	1	4,30
O21	2	1	3,30
O21	2	1	1,25
O21	2	1	4,80
O21	2	1	2,40
O22	2	2	4,05
O22	2	2	2,35
O22	2	2	3,85
O22	2	2	2,30
O22	2	2	1,55
O22	2	2	1,80
O22	2	2	3,90
O22	2	2	2,95
O22	2	2	1,65
O22	2	2	4,35
O22	2	2	2,85
O22	2	2	5,20
O22	2	2	5,05
O22	2	2	4,60
O22	2	2	6,15
O41	4	1	3,74
O41	4	1	3,10
O41	4	1	1,05
O41	4	1	3,35
O41	4	1	2,40
O41	4	1	1,70
O41	4	1	7,15
O41	4	1	3,85
O42	4	2	4,30
O42	4	2	6,35
O42	4	2	6,25
O42	4	2	6,35
O42	4	2	3,20
O42	4	2	1,85

Tabela B.8 Dados Experimentais da Influência do Uso de Ozônio sob a acidez titulável, os sólidos solúveis e o ratio em função do tratamento (TRAT), da concentração de ozônio ([O3]) e do tempo de contato (TEMPO)

TRAT	[O3]	TEMPO	ACIDEZ	BRIX	RATIO
O21	2	1	0,1263	10,00	79,1997
O22	2	2	0,0794	10,25	129,152
O41	4	1	0,0911	10,25	112,485
O42	4	2	0,1055	10,50	99,5367
O21	2	1	0,1034	10,00	96,7397
O22	2	2	0,1043	10,00	95,9203
O41	4	1	0,0976	10,00	102,478
O42	4	2	0,1114	10,25	92,0471

Tabela B.9 Dados Experimentais da Influência do Uso de Ozônio sob a Vitamina C em função do tratamento (TRAT), da concentração de ozônio ([O3]) e do tempo de contato (TEMPO)

TRAT	[O3]	TEMPO	VIT C
O21	2	1	59,34
O22	2	2	56,35
O41	4	1	31,04
O42	4	2	36,55
O21	2	1	53,79
O22	2	2	57,43
O41	4	1	30,35
O42	4	2	33,00

Tabela B.10 Dados Experimentais da Influência do Uso de Ozônio sob a Perda De Massa Fresca em função do tratamento (TRAT), da concentração de ozônio ([O3]) e da temperatura (TEMP)

TRAT	[O3]	TEMP	PESO
AC	0	0	0,017
AC	0	0	0,019
AC	0	0	0,029
45O2	2	45	0,039
55O2	2	55	0,029
65O2	2	65	0,044
45O4	4	45	0,049
55O4	4	55	0,045
65O4	4	65	0,046
45O2	2	45	0,03
55O2	2	55	0,036
65O2	2	65	0,041
45O4	4	45	0,072
55O4	4	55	0,043
65O4	4	65	0,041
45O2	2	45	0,026
55O2	2	55	0,025
65O2	2	65	0,035
45O4	4	45	0,039
55O4	4	55	0,043
65O4	4	65	0,032

Tabela B.11 Dados Experimentais da Influência do Uso de Ozônio sob o ângulo de cor em função do tratamento (TRAT), da concentração de ozônio ([O₃]) e da temperatura (TEMP)

TRAT	TEMP	O3	HUE
4502	45	2	85,4891337
4502	45	2	76,7924182
4502	45	2	81,4718777
4502	45	2	81,8395434
4502	45	2	81,212722
4502	45	2	85,0298632
4502	45	2	80,9623782
4502	45	2	79,089718
4502	45	2	82,7783504
5502	55	2	78,6611749
5502	55	2	80,332416
5502	55	2	83,1131968
5502	55	2	77,3530744
5502	55	2	79,1236257
5502	55	2	80,5806257
5502	55	2	81,6300605
5502	55	2	79,4621472
5502	55	2	76,6738832
5502	55	2	78,2179867
6502	65	2	77,1667104
6502	65	2	77,0564413
6502	65	2	80,7399513
6502	65	2	79,1034966
6502	65	2	74,2991065
6502	65	2	76,098046
6502	65	2	78,1356413
6502	65	2	76,0284598
6502	65	2	73,3394761
4504	45	4	69,3622898
4504	45	4	69,8092209
4504	45	4	81,9556026
4504	45	4	79,1417327
4504	45	4	76,1848922
4504	45	4	82,2309737
4504	45	4	80,4663334
4504	45	4	72,423509
4504	45	4	82,1685695
5504	55	4	79,959743
5504	55	4	75,2212818
5504	55	4	84,5212234
5504	55	4	83,6826402
5504	55	4	81,1223745
6504	65	4	67,4805499
6504	65	4	64,9107813
6504	65	4	64,9920884
6504	65	4	65,8633037

6504	65	4	64,6300328
6504	65	4	64,6262026
6504	65	4	66,0073528
6504	65	4	66,4439085
6504	65	4	72,3364952

Tabela B.12 Dados Experimentais da Influência do Uso de Ozônio sob o ângulo de cor em função do tratamento (TRAT), da concentração de ozônio ([O3]) e da temperatura (TEMP)

TRAT	[O3]	TEMP	TEXTURA
4502	2	45	1,40
4502	2	45	2,50
4502	2	45	7,60
4502	2	45	7,85
4502	2	45	2,90
4502	2	45	2,60
4502	2	45	8,75
4502	2	45	3,20
5502	2	55	6,05
5502	2	55	3,80
5502	2	55	8,25
5502	2	55	5,85
5502	2	55	5,80
5502	2	55	1,75
5502	2	55	5,08
5502	2	55	4,15
5502	2	55	3,70
6502	2	65	3,80
6502	2	65	5,60
6502	2	65	2,15
6502	2	65	6,40
6502	2	65	1,50
6502	2	65	2,60
6502	2	65	6,15
6502	2	65	3,15
4504	4	45	5,65
4504	4	45	1,80
4504	4	45	4,45
4504	4	45	4,50
4504	4	45	4,60
4504	4	45	6,50
4504	4	45	7,65
4504	4	45	9,50
5504	4	55	9,65
5504	4	55	1,60
5504	4	55	2,50
5504	4	55	4,05

5504	4	55	1,20
5504	4	55	5,45
5504	4	55	7,95
5504	4	55	7,15
5504	4	55	5,10
5504	4	55	2,75
5504	4	55	2,25
6504	4	65	2,85
6504	4	65	4,90
6504	4	65	5,05
6504	4	65	8,70
6504	4	65	2,25
6504	4	65	6,15
6504	4	65	4,95
6504	4	65	4,15

Tabela B.13 Dados Experimentais da Influência do Uso de Ozônio sob a acidez, sólidos solúveis e ratio em função do tratamento (TRAT), da concentração de ozônio ([O3]) e da temperatura (TEMP)

TRAT	[O3]	TEMP	ACIDEZ	BRIX
4502	2	45	0,0753	9,88
5502	2	55	0,0765	9,25
6502	2	65	0,0563	9,13
4504	4	45	0,0761	8,75
5504	4	55	0,0980	9,25
6504	4	65	0,1039	10,25
4502	2	45	0,0819	10,13
5502	2	55	0,0853	9,30
6502	2	65	0,0631	9,00
4504	4	45	0,0814	9,00
5504	4	55	0,0857	9,25
6504	4	65	0,1065	10,00

Apêndice C – Resultados da Análise de Variância (ANOVA)

Tabela C.1 Resultados da ANOVA para a Influência do Uso de Fungicida sob a Perda de Massa Fresca em função do tratamento.

	M11	M12	M21	M22	AC
	,0311877	,0255875	,0308119	,0167236	,0217455
M11		0,942968	0,999998	0,436155	0,746704
M12	0,942968		0,954663	0,782784	0,984539
M21	0,999998	0,954663		0,456693	0,770295
M22	0,436155	0,782784	0,456693		0,960318
AC	0,746704	0,984539	0,770295	0,960318	

Tabela C.2 Resultados da ANOVA para a Influência do Uso de Fungicida sob o ângulo de cor (°Hue) em função do tratamento.

	M11	M12	M21	M22	AC
	66,40000	83,40500	58,27500	80,97500	66,71000
M11		0,07349	0,494968	0,1231	0,999994
M12	0,07349		0,016126	0,981914	0,078374
M21	0,494968	0,016126		0,024516	0,46559
M22	0,1231	0,981914	0,024516		0,131687
AC	0,999994	0,078374	0,46559	0,131687	

*Valores em vermelho representam diferenças significativas (Tukey HSD, $p < 0,05$)

Tabela C.3 Resultados da ANOVA para a Influência do Uso de Fungicida sob a Firmeza da Polpa em função do tratamento.

	M11	M12	M21	M22	AC
	5,725000	4,383333	4,928571	2,809091	4,075000
M11		0,438556	0,852614	0,007665	0,297892
M12	0,438556		0,894833	0,121768	0,990242
M21	0,852614	0,894833		0,017569	0,712009
M22	0,007665	0,121768	0,017569		0,395513
AC	0,297892	0,990242	0,712009	0,395513	

*Valores em vermelho representam diferenças significativas (Tukey HSD, $p < 0,05$)

Tabela C.4 Resultados da ANOVA para a Influência do Uso de Fungicida sob a acidez (em mg de ácido cítrico) em função do tratamento.

	M11	M12	M21	M22
	,1056770	,1194085	,1122420	,1707250
M11		0,831186	0,974801	0,052470
M12	0,831186		0,967848	0,107247
M21	0,974801	0,967848		0,073063
M22	0,052470	0,107247	0,073063	

Tabela C.5 Resultados da ANOVA para a Influência do Uso de Fungicida sob o teor de sólidos solúveis totais (°Brix) em função do tratamento.

	M11	M12	M21	M22
	10,00000	9,750000	10,71250	9,812500
M11		0,372110	0,021126	0,566113
M12	0,372110		0,007266	0,963643
M21	0,021126	0,007266		0,009248
M22	0,566113	0,963643	0,009248	

*Valores em vermelho representam diferenças significativas (Tukey HSD, $p < 0,05$)

Tabela C.6 Resultados da ANOVA para a Influência do Uso de Fungicida sob o ratio em função do tratamento.

	M11	M12	M21	M22
	95,13454	81,73822	95,92542	58,38526
M11		0,526231	0,999736	0,051443
M12	0,526231		0,487116	0,186795
M21	0,999736	0,487116		0,048050
M22	0,051443	0,186795	0,048050	

*Valores em vermelho representam diferenças significativas (Tukey HSD, $p < 0,05$)

Tabela C.7 Resultados da ANOVA para a Influência do Uso de Ozônio sob a perda de massa fresca em função do tratamento.

	O21	O22	O41	O42
	,0393333	,0391667	,0339000	,0455333
O21		0,999999	0,958655	0,940685
O22	0,999999		0,962084	0,936299
O41	0,958655	0,962084		0,724646
O42	0,940685	0,936299	0,724646	

Tabela C.8 Resultados da ANOVA para a Influência do Uso de Ozônio sob o ângulo de cor em função do tratamento.

	AC	O21	O22	O41	O42
	66,70737	64,77122	78,26258	78,61760	66,45617
AC		0,859452	0,00013	0,000127	0,999942
O21	0,859452		0,000126	0,000126	0,88808
O22	0,00013	0,000126		0,999671	0,000126
O41	0,000127	0,000126	0,999671		0,000126
O42	0,999942	0,88808	0,000126	0,000126	

*Valores em vermelho representam diferenças significativas (Tukey HSD, $p < 0,05$)

Tabela C.9 Resultados da ANOVA para a Influência do Uso de Ozônio sob a firmeza da polpa em função do tratamento.

	O21	O22	O41	O42
	3,867857	3,506667	3,292500	4,716667
O21		0,932415	0,855184	0,710432
O22	0,932415		0,990499	0,424844
O41	0,855184	0,990499		0,379604
O42	0,710432	0,424844	0,379604	

Tabela C.10 Resultados da ANOVA para a Influência do Uso de Ozônio sob a acidez em função do tratamento.

	O21	O22	O41	O42
	,1148500	,0918500	,0943500	,1084500
O21		0,367769122	0,444585443	0,950494766
O22	0,367769122		0,996653199	0,587019205
O41	0,444585443	0,996653199		0,6879493
O42	0,950494766	0,587019205	0,6879493	

Tabela C.11 Resultados da ANOVA para a Influência do Uso de Ozônio sob o teor de sólidos solúveis totais em função do tratamento.

	O21	O22	O41	O42
	10,00000	10,12500	10,12500	10,37500
O21		0,84473604	0,84473604	0,208710015
O22	0,84473604		1	0,455340505
O41	0,84473604	1		0,455340505
O42	0,208710015	0,455340505	0,455340505	

Tabela C.12 Resultados da ANOVA para a Influência do Uso de Ozônio sob o Ratio em função do tratamento.

	O21 87,96971	O22 112,5363	O41 107,4818	O42 95,79193
O21		0,406790733	0,562837243	0,939430952
O22	0,406790733		0,981795669	0,660265565
O41	0,562837243	0,981795669		0,836591244
O42	0,939430952	0,660265565	0,836591244	

Tabela C.13 Resultados da ANOVA para a Influência do Uso de Ozônio sob a Vitamina C em função do tratamento.

	O21 56,56500	O22 56,89000	O41 30,69500	O42 34,77500
O21		0,998972595	0,001578689	0,002881885
O22	0,998972595		0,001514792	0,002734721
O41	0,001578689	0,001514792		0,420409977
O42	0,002881885	0,002734721	0,420409977	

*Valores em vermelho representam diferenças significativas (Tukey HSD, $p < 0,05$)

Tabela C.14 Resultados da ANOVA para a Influência do Uso de Ozônio sob a acidez em função do tratamento.

	AC ,0217455	4502+ ,0316103	5502+ ,0298786	6502+ ,0399186	4504+ ,0532504	5504+ ,0438196	6504+ ,0396878
AC+		0,753661	0,876341	0,16383	0,004834	0,060986	0,173117
4502+	0,753661		0,999965	0,865707	0,068351	0,552689	0,879623
5502+	0,876341	0,999965		0,739442	0,043202	0,409745	0,758127
6502+	0,16383	0,865707	0,739442		0,457995	0,996375	1
4504+	0,004834	0,068351	0,043202	0,457995		0,787704	0,439398
5504+	0,060986	0,552689	0,409745	0,996375	0,787704		0,995033
6504+	0,173117	0,879623	0,758127	1	0,439398	0,995033	

*Valores em vermelho representam diferenças significativas (Tukey HSD, $p < 0,05$)

Tabela C.15 Resultados da ANOVA para a Influência do Uso de Ozônio, água quente e cera sob a o ângulo de cor em função do tratamento.

Tukey HSD test; variable HUE (carolina.sta)

Probabilities for Post Hoc

Tests

MAIN EFFECT: TRAT

	4502	5502	6502	4504	5504	6504
	81,62955	79,51482	76,88526	77,08257	80,90145	66,36564
4502		0,706107	0,033544	0,046459	0,99853	0,0001433
5502	0,706107		0,486042	0,570844	0,968023	0,0001433
6502	0,033544	0,486042		0,999995	0,238476	0,0001433
4504	0,046459	0,570844	0,999995		0,288875	0,0001433
5504	0,99853	0,968023	0,238476	0,288875		0,0001433
6504	0,000143	0,000143	0,000143	0,000143	0,000143	

*Valores em vermelho representam diferenças significativas (Tukey HSD, $p < 0,05$)

Tabela C.16 Resultados da ANOVA para a Influência do Uso de Ozônio, água quente e cera sob a firmeza da polpa em função do tratamento.

	4502	5502	6502	4504	5504	6504
	4,600000	4,936666	3,918750	5,581250	4,513637	4,875000
4502		0,999716	0,992178	0,96046	1	0,999909
5502	0,999716		0,948095	0,993111	0,998682	1
6502	0,992178	0,948095		0,723384	0,994163	0,964548
4504	0,96046	0,993111	0,723384		0,924678	0,990771
5504	1	0,998682	0,994163	0,924678		0,9995
6504	0,999909	1	0,964548	0,990771	0,9995	

Tabela C.17 Resultados da ANOVA para a Influência do Uso de Ozônio, água quente e cera sob a a acidez, sólidos solúveis e ratio em função do tratamento.

Tukey HSD test; variable ACIDEZ (carolina.sta)

Probabilities for Post Hoc

Tests

MAIN EFFECT:

TRAT

	4502	5502	6502	4504	5504	6504
	,0786000	,0809000	,0597000	,0787500	,0918500	,1052000
4502		0,997336	0,085651	1	0,273101	0,019784
5502	0,997336		0,054106	0,998063	0,426792	0,029966
6502	0,085651	0,054106		0,083086	0,007888	0,001371
4504	1	0,998063	0,083086		0,281456	0,020314
5504	0,273101	0,426792	0,007888	0,281456		0,267651
6504	0,019784	0,029966	0,001371	0,020314	0,267651	

Tukey HSD test; variable BRIX (carolina.sta)

Probabilities for Post Hoc

Tests

MAIN EFFECT:

TRAT

	4502	5502	6502	4504	5504	6504
	10,00500	9,275000	9,065000	8,875000	9,250000	10,12500
4502		0,010808	0,003026	0,001211	0,009151	0,929276
5502	0,010808		0,626513	0,139205	0,999944	0,005049
6502	0,003026	0,626513		0,704417	0,723673	0,001648
4504	0,001211	0,139205	0,704417		0,17234	0,000766
5504	0,009151	0,999944	0,723673	0,17234		0,004359
6504	0,929276	0,005049	0,001648	0,000766	0,004359	

Tukey HSD test; variable RATIO (carolina.sta)

Probabilities for Post Hoc

Tests

MAIN EFFECT:

TRAT

	4502	5502	6502	4504	5504	6504
	127,3200	114,9900	152,3650	112,7550	101,1800	96,26000
4502		0,678446	0,139787	0,541197	0,120452	0,062427
5502	0,678446		0,02815	0,999683	0,586727	0,326801
6502	0,139787	0,02815		0,021564	0,006185	0,003888
4504	0,541197	0,999683	0,021564		0,725046	0,432772
5504	0,120452	0,586727	0,006185	0,725046		0,987316
6504	0,062427	0,326801	0,003888	0,432772	0,987316	

*Valores em vermelho representam diferenças significativas (Tukey HSD, $p < 0,05$)

Apêndice D – Dados Experimentais que geraram a superfície de Contorno dos Desenhos Experimentais

Tabela D.1 Dados experimentais de Vitamina C (em mg de ácido ascórbico/100g de polpa) em função da concentração (em ppm) e do tempo (em minutos) de contato dos frutos com o fungicida.

TEMPO	[IMAZALIL]	VIT C
1	1000	72,59
2	1000	54,34
1	2000	72,22
2	2000	72,04
1	1000	72,34
2	1000	52,97
1	2000	71,42
2	2000	70,20

Tabela D.2 Dados experimentais de Vitamina C (em mg de ácido ascórbico/100g de polpa) em função da concentração (em ppm) e do tempo (em minutos) de contato dos frutos com o ozônio.

TRAT	[O3]	TEMPO	VIT C
O21	2	1	59,34
O22	2	2	56,35
O41	4	1	31,04
O42	4	2	36,55
O21	2	1	53,79
O22	2	2	57,43
O41	4	1	30,35
O42	4	2	33,00

Apêndice E – Resultados da ANOVA para os Desenhos Fatoriais 2².

Tabela E.1 ANOVA para a variável dependente Vitamina C (em mg de ácido ascórbico/100g de polpa) em função da concentração (em ppm) e do tempo (em minutos) de contato dos frutos com o fungicida.

ANOVA; Var.:VITC; R-sqr=,99402; Adj:,98953

2**(2-0) design; MS Residual=,745625

DV: VITC

	SS	df	MS	F	p
(1)TEMPO	190,3201	1	190,3201	255,249	8,97E-05
(2)CONC	141,4562	1	141,4562	189,7149	0,000161
1 by 2	163,9861	1	163,9861	219,931	0,00012
Error	2,9825	4	0,745625		
Total SS	498,7448	7			

*Valores em vermelho representam diferenças significativas (Tukey HSD, p<0,05)

Tabela E.2 ANOVA para a variável dependente Vitamina C (em mg de ácido ascórbico/100g de polpa) em função da concentração (em ppm) e do tempo (em minutos) de contato dos frutos com o ozônio.

ANOVA; Var.:VITC; R-sqr=,98108; Adj:,96689 (carolina.sta)

2**(2-0) design; MS

Residual=5,630937

DV: VITC

	SS	df	MS	F	p
(1)O3	1151,28	1	1151,28	204,456	0,00014
(2)TEMPO	9,70201	1	9,70201	1,72298	0,25956
1 by 2	7,05001	1	7,05001	1,25201	0,32582
Error	22,5237	4	5,63094		
Total SS	1190,56	7			

*Valores em vermelho representam diferenças significativas (Tukey HSD, p<0,05)

Apêndice F – Regressão de Coeficientes para os Desenhos Fatoriais 2².

Tabela F.1 Regressão dos Coeficientes para a variável dependente Vitamina C (em mg de ácido ascórbico/100g de polpa) em função das variáveis independentes concentração (em ppm) e do tempo (em minutos) de contato dos frutos com o fungicida.

Regr. Coefficients; Var.:VITC; R-sqr=,99402; Adj:,98953

2**(2-0) design; MS Residual=,745625

DV: VITC

	Regressn				-95,%	+95,%
	Coeff.	Std.Err.	t(4)	p	Cnf.Limt	Cnf.Limt
Mean/Interc.	110,03	3,052919	36,04092	3,54E-06	101,5537	118,5063
(1)TEMPO	-36,92	1,930835	-19,1213	4,41E-05	-42,2809	-31,5591
(2)CONC	-0,01876	0,001931	-9,71341	0,000629	-0,02412	-0,01339
1 by 2	0,01811	0,001221	14,83007	0,00012	0,014719	0,021501

*Valores em vermelho representam diferenças significativas (Tukey HSD, p<0,05)

Tabela F.2 Regressão dos Coeficientes para a variável dependente Vitamina C (em mg de ácido ascórbico/100g de polpa) em função das variáveis independentes concentração (em ppm) e do tempo (em minutos) de contato dos frutos com o ozônio.

Regr. Coefficients; Var.:VITC; R-sqr=,98108; Adj:,96689

2**(2-0) design; MS Residual=5,630937

DV: VITC

	Regressn				-95,%	+95,%
	Coeff.	Std.Err.	t(4)	p	Cnf.Limt	Cnf.Limt
Mean/Interc.	85,865	8,38968	10,2346	0,00051	62,5715	109,16
(1)O3	-14,813	2,65305	-5,5832	0,00505	-22,179	-7,4465
(2)TEMPO	-3,43	5,3061	-0,6464	0,55322	-18,162	11,302
1 by 2	1,8775	1,67794	1,11893	0,32582	-2,7812	6,5362

Apêndice G – Regressão de Coeficientes para os Desenhos Fatoriais 2x3.

Tabela G.1 Análise de Variância para a variável dependente Perda de Massa Fresca em função das variáveis independentes concentração da água ozonizada (em ppm) e do tratamento hidrotérmico (em °C).

ANOVA; Var.:PESO; R-sqr=,55888; Adj:,37508 (carolina.sta)
 1 2-level factors, 1 3-level factors, 18 Runs
 DV: PESO; MS Residual=,0000715

	SS	df	MS	F	p
(1)O3 (L)	0,000625	1	0,000625	8,734343	0,012023
(2)TEMP (L)	2,07E-05	1	2,07E-05	0,289445	0,600413
TEMP (Q)	7,29E-05	1	7,29E-05	1,018394	0,332816
1L by 2L	0,000359	1	0,000359	5,015057	0,044843
1L by 2Q	1,05E-05	1	1,05E-05	0,146416	0,708675
Error	0,000858	12	7,15E-05		
Total SS	0,001946	17			

*Valores em vermelho representam diferenças significativas (Tukey HSD, p<0,05)

Tabela G.2 Análise de Variância para a variável dependente ângulo de cor em função das variáveis independentes concentração da água ozonizada (em ppm) e do tratamento hidrotérmico (em °C).

ANOVA; Var.:HUE; R-sqr=,74435; Adj:,71595 (carolina.sta)
 1 2-level factors, 1 3-level factors, 51 Runs
 DV: HUE; MS Residual=10,29121

	SS	df	MS	F	p
(1)TEMP L+Q	754,3841	2	377,1921	36,65186	3,58772E-10
(2)O3 L	251,3845	1	251,3845	24,4271	1,11421E-05
1*2	273,8001	2	136,9001	13,30262	2,89084E-05
Error	463,1046	45	10,29121		
Total SS	1811,501	50			

*Valores em vermelho representam diferenças significativas (Tukey HSD, p<0,05)