



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA AGRÍCOLA

MARA LIGIA BIAZOTTO BACHELLI

**AVALIAÇÃO DA RADIAÇÃO ULTRAVIOLETA C E ÁGUA
OZONIZADA PARA SANITIZAÇÃO DE ALFACE E MAMÃO
MINIMAMENTE PROCESSADOS**

CAMPINAS
JULHO DE 2016

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA AGRÍCOLA

MARA LIGIA BIAZOTTO BACHELLI

**AVALIAÇÃO DA RADIAÇÃO ULTRAVIOLETA C E ÁGUA
OZONIZADA PARA SANITIZAÇÃO DE ALFACE E MAMÃO
MINIMAMENTE PROCESSADOS**

Tese apresentada à Faculdade de Engenharia Agrícola da Universidade Estadual de Campinas como parte dos requisitos exigidos para a obtenção do título de Doutora em Engenharia Agrícola, na Área de Concentração de Tecnologia Pós-Colheita.

Orientador: Prof. Dr. Benedito Carlos Benedetti

ESTE EXEMPLAR CORRESPONDE À VERSÃO
FINAL DA TESE DEFENDIDA PELA ALUNA MARA
LIGIA BIAZOTTO BACHELLI E ORIENTADA PELO
PROF. DR. BENEDITO CARLOS BENEDETTI.

CAMPINAS
JULHO DE 2016

Agência(s) de fomento e nº(s) de processo(s): FAPESP, 2012/25017-0

Ficha catalográfica
Universidade Estadual de Campinas
Biblioteca da Área de Engenharia e Arquitetura
Luciana Pietrosanto Milla - CRB 8/8129

B123a Bachelli, Mara Lúcia Biazotto, 1971-
Avaliação da radiação ultravioleta c e água ozonizada para sanitização de alface e mamão minimamente processados / Mara Lúcia Biazotto Bachelli. – Campinas, SP : [s.n.], 2016.

Orientador: Benedito Carlos Benedetti.
Tese (doutorado) – Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Agrícola.

1. Alimento seguro. 2. Alimentos - Microbiologia. 3. Hipoclorito de sódio. 4. Ozônio. 5. Sanitização. I. Benedetti, Benedito Carlos, 1956-. II. Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Engenharia Agrícola. III. Título.

Informações para Biblioteca Digital

Título em outro idioma: Evaluation of ultraviolet c radiation and ozonated water for sanitization of minimally processed lettuce and papaya

Palavras-chave em inglês:

Food safety

Food microbiology

sodium hypochlorite

Ozone

Sanitization

Área de concentração: Tecnologia Pós-Colheita

Titulação: Doutora em Engenharia Agrícola

Banca examinadora:

Benedito Carlos Benedetti [Orientador]

Neliane Ferraz de Arruda Silveira

Silvana Mariana Srebernick

Armando Kazuo Fujii

Franciane Colares Souza Usberti

Data de defesa: 19-07-2016

Programa de Pós-Graduação: Engenharia Agrícola

Este exemplar corresponde à redação final da **Tese de Doutorado** defendida por **Mara Lígia Biazotto Bachelli**, aprovada pela Comissão Julgadora em 19 de julho de 2016, na Faculdade de Engenharia Agrícola da Universidade Estadual de Campinas.

Prof. Dr. Benedito Carlos Benedetti – Presidente e Orientador
FEAGRI/UNICAMP

Dr.ª Neliane Ferraz de Arruda Silveira – Membro Titular
ITAL/Campinas

Prof.ª Dr.ª Silvana Mariana Szebernich – Membro Titular
PUC/Campinas

Prof. Dr. Armando Kazuo Fujii – Membro Titular
FEAGRI/UNICAMP

Prof.ª Dr.ª Franciane Colares Souza Usberti – Membro Titular
FEAGRI/UNICAMP

A Ata da defesa com as respectivas assinaturas dos membros encontra-se no processo de vida acadêmica da discente.

DEDICATÓRIA

A Roberto Bachelli pelo apoio incondicional em todos os momentos. Sem você nenhuma conquista valeria à pena.

Aos meus pais Marcilio e Zenaide, que dignamente me apresentaram à importância da família e o caminho da honestidade e persistência.

Ao Luca que soube compreender as razões do meu recolhimento para a conquista de novos conhecimentos.

AGRADECIMENTOS

A Deus por ser a fonte de inspiração e força para a perseverança na busca do cumprimento da meta.

Ao Professor Doutor Benedito Carlos Benedetti, por ter aceitado o desafio dessa orientação, mesmo sabendo de minhas limitações de tempo. A ele o meu profundo agradecimento pelo incentivo, orientação competente, serena e segura, e, sobretudo, pelo respeito que nasceu dessa parceria.

À família que Deus escolheu para me acolher como filha, Valdomiro e Antonia que ofereceram o melhor para mim e fizeram que o Luca sentisse menos a minha ausência.

As minhas amadas irmãs Iara e Erica por toda a torcida e por me darem sobrinhos que enchem minha vida de alegrias. A minha irmã do coração Rita Bachelli por dividir comigo sua generosidade e tranquilidade.

A grande amizade que construí na FEAGRI durante o mestrado e que se tornou mais forte com o Doutorado, que é responsável por grande parte do incentivo e perseverança, me fazendo pensar criticamente e por ser meu ponto de equilíbrio. A você Rívia Darla Álvares Amaral toda minha gratidão.

Ao Professor Doutor Armando Kazuo Fujii por aceitar fazer parte da minha banca.

A Professora Doutora Franciane Colares Souza Usberti, pelas considerações, pela amizade que construímos e por quem tenho uma grande admiração.

A Doutora Neliane Ferraz de Arruda Silveira, pelas contribuições ao trabalho e por todas as vezes que se dispôs a me atender e me ajudar.

Ao Professor Doutor Sylvio Luis Honório, pelo apoio e ensinamentos durante o PED e na qualificação.

A Professora Doutora Silvana Mariana Srebernich, por quem tenho grande admiração desde os tempos de graduação e por me auxiliar na interpretação dos dados e pelas contribuições na qualificação e na defesa.

Aos amigos da FEAGRI que levo para a vida... Vocês tornaram meus dias mais felizes e foram minha grande inspiração. Agradeço pelo companheirismo, disponibilidade e incentivo ao longo da árdua caminhada.

Agradeço à FEAGRI e seus colaboradores pela infraestrutura oferecida e conhecimento proporcionado e em especial à Rosa Helena e Rosália do Laboratório de Tecnologia Pós Colheita, que sempre estiveram prontas a me ajudar, orientar e fazer por mim além do que ousava pedir.

A PUC-Campinas que me proporcionou chegar até aqui, a essa instituição que é minha casa desde a graduação onde aprendi o verdadeiro valor da palavra amizade, onde o espírito de trabalho em equipe é nossa meta e onde amadureci muito como profissional.

Agradeço à FAPESP pelo financiamento do projeto de pesquisa (Processo Nº. 2012/25017-0).

RESUMO

A sanitização é uma etapa essencial do processamento mínimo de frutas e hortaliças, sendo que no Brasil os sanitizantes à base de cloro, principalmente o hipoclorito de sódio, são os mais utilizados. Alguns estudos apontam para a necessidade de técnicas alternativas mais viáveis para minimização e/ou substituição desse produto para uso na indústria. Neste contexto, o objetivo desta pesquisa foi avaliar os métodos de sanitização com radiação ultravioleta-C (UV-C) e água ozonizada em substituição ao hipoclorito de sódio, para alface e mamão minimamente processados (MP). Na Fase dos tratamentos exploratórios, foram determinados os parâmetros de eficiência de diferentes concentrações de água ozonizada e diferentes intensidades de radiação UV-C na contagem microbiana dos produtos minimamente processados de alface e mamão. Posteriormente (fase comparativa), os melhores tratamentos de cada método foram comparados com a sanitização em solução de hipoclorito de sódio (tratamento de referência). Nesta etapa as fatias de mamão MP foram acondicionadas em embalagens de tereftalato de polietileno e armazenadas por 7 dias a $5^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ e $95 \pm 5\%$ UR. A alface MP foi acondicionada em embalagens de polietileno de baixa densidade, 60 μm , e armazenadas por 7 dias a $3^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ e $95 \pm 5\%$ UR. Os parâmetros de qualidade dos produtos processados foram avaliados através de análises microbiológicas (*Salmonella* spp., coliformes a 45°C , *Escherichia coli*, bactérias psicrótróficas e mesófilas, bolores e leveduras), composição gasosa e taxa respiratória, cor, pH, acidez titulável, sólidos solúveis, teor de ácido ascórbico, firmeza e análise sensorial. Os resultados obtidos na fase exploratória demonstraram a eficiência da água ozonizada e da radiação UV-C na redução de populações microbianas deteriorantes em mamão ‘Formosa’ e alface ‘Americana’ minimamente processados, sendo que as baixas doses foram mais eficientes. Na fase comparativa, os resultados obtidos mostraram que o uso de radiação UV-C e água ozonizada são alternativas viáveis ao hipoclorito de sódio na sanitização de mamão e alface minimamente processados. Para isso, os produtos devem ser armazenados a $5 \pm 2^{\circ}\text{C}$ e a $3 \pm 2^{\circ}\text{C}$ por até 5 dias, respectivamente, sem causar alterações físico-químicas importantes. A sanitização de mamão minimamente processado com radiação UV-C ($1,2 \text{ kJ m}^{-2}$) ou água ozonizada ($1,0 \text{ mg L}^{-1}/1 \text{ min}$) promoveu maior redução da população microbiana que a sanitização com hipoclorito de sódio, mostrando que a substituição do hipoclorito teria um ganho na segurança do alimento. A sanitização de alface minimamente processada com água ozonizada ($1,00 \text{ mg L}^{-1}/1 \text{ min}$) promoveu maior redução da população microbiana que a

sanitização por radiação UV-C ($2,4 \text{ kJ m}^{-2}$), seguida da sanitização com hipoclorito de sódio. Para a substituição do hipoclorito por radiação UV-C, em alface, são necessários mais estudos para avaliar sua eficácia. Não foram encontradas *Salmonella* ssp. e *Escherichia.coli* nas amostras analisadas. Os resultados indicam que as práticas de higiene e o processo de sanitização aplicados foram eficazes.

Palavras-chave: microbiologia; segurança do alimento; qualidade sensorial, hipoclorito.

ABSTRACT

The sanitization is an essential step of minimal processing of fruits and vegetables, and the chlorine-based sanitizers, particularly sodium hypochlorite, the most widely used in Brazil. Some studies point to the need for more viable techniques to minimize and / or replace this product for use in industry. In this context, the aim of this research was to evaluate the sanitization methods with ultraviolet-C (UV-C) and ozonated water to replace sodium hypochlorite for minimally processed (MP) lettuce and papaya. In exploratory phase, it was determined the efficiency parameters of different ozonated water concentrations and different UV-C radiation intensities in the microbial count of minimally processed products of lettuce and papaya. Subsequently (comparative phase), the best treatments for each method were compared with sanitization of sodium hypochlorite solution (reference treatment); at this stage the slices of papaya MP were packed in polyethylene terephthalate packaging and stored for 7 days at $5^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ and $95 \pm 5\%$ RH. Lettuce MP was packed in low density polyethylene bags, 60 μm , and stored for 7 days at $3^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ and $95 \pm 5\%$ RH. Quality parameters of processed products were evaluated by microbiological analyzes (Salmonella spp., coliforms at 45°C , Escherichia coli, psychrotrophic and mesophilic bacteria, molds and yeasts), gas composition and respiration rate, color, pH, titratable acidity, soluble solids, ascorbic acid content, firmness and sensory analysis. The results obtained in the exploratory phase showed efficiency of ozonated water and UV-C in reducing spoilage microbial populations in minimally processed papaya 'Formosa' and lettuce 'American', with low doses were more effective. The results in the comparative phase showed that the use of UV-C radiation and ozonated water are viable alternatives to sodium hypochlorite in sanitization of minimally processed papaya and lettuce. For this, the products must be stored at $5 \pm 2^{\circ}\text{C}$ and $3 \pm 2^{\circ}\text{C}$ for up to 5 days, respectively, without causing significant physical and chemical changes. The sanitization of minimally processed papaya with UV-C radiation (1.2 kJ m^{-2}) or ozonated water ($1.0 \text{ mg L}^{-1}/1 \text{ min}$) promoted a greater reduction in microbial population than sanitization with sodium hypochlorite, showing that replacement of hypochlorite would be a gain in food safety. The sanitization of minimally processed lettuce with ozone water ($1.00 \text{ mg L}^{-1}/1 \text{ min}$) caused greater reduction in microbial population than sanitization by UV-C radiation (2.4 kJ m^{-2}), followed by sanitization with sodium hypochlorite. For the replacement of hypochlorite by UV-C radiation in lettuce, more studies are needed to assess its

effectiveness. There were no *Salmonella* ssp. and *Escherichia coli* in the samples. The results indicate that the hygiene practices and the process of sanitization applied were effective.

Keywords: microbiology; food safety, sensory quality, hypochlorite.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1: Fluxograma do processamento mínimo de mamão com adaptações. Fontes: SARZI (2002) e MORETTI (2007).	28
FIGURA 2: Fluxograma básico do processamento mínimo de alface ‘americana’ com adaptações. Fontes: BACHELLI (2010), DAREZZO (2004) e MORETTI (2007).	30
FIGURA 3: Esquema de produção de água ozonizada. Fonte: SOARES (2012).	35
FIGURA 4: Equipamento de radiação UV-C localizado no LTPC da FEAGRI/UNICAMP.	36

LISTA DE TABELAS

TABELA 1: Composição centesimal do Carica papaya L. (mamão formosa) por 100 gramas de parte comestível.	20
TABELA 2: Composição centesimal da Lactuca sativa L. (alface americana) por 100 gramas de parte comestível.	21
TABELA 3: População microbiana em mamão 'Formosa' minimamente processado sanitizado com radiação UV-C e água ozonizada, logo após o processamento.	42
TABELA 4: População microbiana em mamão 'Formosa' minimamente processado sanitizado com radiação UV-C e água ozonizada, e armazenados a 5°C + 2°C e 95%±5% UR por 6 dias.	43
TABELA 5: Valores obtidos da análise de cor em mamão 'Formosa' minimamente processado sanitizado com diferentes produtos, logo após o processamento.	45
TABELA 6: Valores obtidos da análise de cor em mamão 'Formosa' minimamente processado sanitizado com diferentes produtos, armazenado a 5°C±2°C e 95%±5% UR por 6 dias.	45
TABELA 7: População microbiana em mamão 'Formosa' minimamente processado sanitizado com diferentes produtos, logo após o processamento.	47
TABELA 8: População microbiana em mamão 'Formosa' minimamente processado sanitizado com diferentes produtos e armazenado a 5°C±2°C e 95%±5% UR por 3 dias.	48
TABELA 9: População microbiana em mamão 'Formosa' minimamente processado sanitizado com diferentes produtos e armazenado a 5°C±2°C e 95%±5% UR por 5 dias.	49
TABELA 10: População microbiana em mamão 'Formosa' minimamente processado sanitizado com diferentes produtos e armazenado a 5°C±2°C e 95%±5% UR por 7 dias.	50
TABELA 11: Resultados dos parâmetros acidez titulável, sólidos solúveis, pH e teor de ácido ascórbico obtidos de mamão 'Formosa' minimamente processado, sanitizado com diferentes produtos, logo após o processamento.	52
TABELA 12: Resultados dos parâmetros acidez titulável, sólidos solúveis, pH e teor de ácido ascórbico obtidos de mamão 'Formosa' minimamente processado, sanitizado com diferentes produtos e armazenado a 5°C±2°C e 95%±5% UR por 3 dias.	52
TABELA 13: Resultados dos parâmetros acidez titulável, sólidos solúveis, pH e teor de ácido ascórbico obtidos de mamão 'Formosa' minimamente processado, sanitizado com diferentes produtos e armazenado a 5°C±2°C e 95%±5% UR por 5 dias.	53
TABELA 14: Resultados dos parâmetros acidez titulável, sólidos solúveis, pH e teor de ácido ascórbico obtidos de mamão 'Formosa' minimamente processado, sanitizado com diferentes produtos e armazenado a 5°C±2°C e 95%±5% UR por 7 dias.	53

TABELA 15: Taxa respiratória (mg CO ₂ kg ⁻¹ h ⁻¹) do mamão ‘Formosa’ minimamente processado, sanitizado com diferentes produtos, e mantido a 5°C±2°C.	54
TABELA 16: Valores obtidos da análise de cor em mamão ‘Formosa’ minimamente processado sanitizado com diferentes produtos, logo após o processamento.	55
TABELA 17: Valores obtidos da análise de cor em mamão ‘Formosa’ minimamente processado sanitizado com diferentes produtos, armazenado a 5°C±2°C e 95%±5% UR por 3 dias.	56
TABELA 18: Valores obtidos da análise de cor em mamão ‘Formosa’ minimamente processado sanitizado com diferentes produtos, armazenado a 5°C±2°C e 95%±5% UR por 5 dias.	56
TABELA 19: Valores obtidos da análise de cor em mamão ‘Formosa’ minimamente processado sanitizado com diferentes produtos, armazenado a 5°C±2°C e 95%±5% UR por 7 dias.	56
TABELA 20. Valores obtidos da análise sensorial para aparência global e intenção de compra em mamão ‘Formosa’ minimamente processado sanitizado com diferentes produtos, logo após o processamento.	58
TABELA 21. Valores obtidos da análise sensorial para aparência global e intenção de compra em mamão ‘Formosa’ minimamente processado sanitizado com diferentes produtos, armazenado a 5°C±2°C e 95%±5% UR por 3 dias.	58
TABELA 22. Valores obtidos da análise sensorial para aparência global e intenção de compra em mamão ‘Formosa’ minimamente processado sanitizado com diferentes produtos, armazenado a 5°C±2°C e 95%±5% UR por 5 dias.	59
TABELA 23. Valores obtidos da análise sensorial para aparência global e intenção de compra em mamão ‘Formosa’ minimamente processado sanitizado com diferentes produtos, armazenado a 5°C±2°C e 95%±5% UR por 7 dias.	59
TABELA 24: Resultados obtidos da análise sensorial em mamão ‘Formosa’ minimamente processado sanitizado com diferentes produtos, logo após o processamento.	60
TABELA 25: Resultados obtidos da análise sensorial em mamão ‘Formosa’ minimamente processado sanitizado com diferentes produtos, armazenado a 5°C±2°C e 95%±5% UR por 3 dias.	60
TABELA 26: Resultados obtidos da análise sensorial em mamão ‘Formosa’ minimamente processado sanitizado com diferentes produtos, armazenado a 5°C±2°C e 95%±5% UR por 5 dias.	61
TABELA 27: Resultados obtidos da análise sensorial em mamão ‘Formosa’ minimamente processado sanitizado com diferentes produtos, armazenado a 5°C±2°C e 95%±5% UR por 7 dias.	61
TABELA 28: Análise da Firmeza (N) nas amostras de mamão “Formosa” minimamente processado, sanitizado com diferentes produtos, e armazenado a 5+2°C por 7 dias.	62

TABELA 29: População microbiana em alface ‘Americana’ minimamente processada, sanitizada com radiação UV-C e água ozonizada, logo após o processamento.	64
TABELA 30: População microbiana em alface ‘Americana’ minimamente processada, sanitizada com radiação UV-C e água ozonizada, e armazenada a $3^{\circ}\text{C}\pm 2^{\circ}\text{C}$ e $95\%\pm 5\%$ de UR por 6 dias.	65
TABELA 31: Resultados obtidos da análise de cor em alface ‘Americana’ minimamente processada, sanitizada com radiação UV-C e água ozonizada, logo após o processamento.	66
TABELA 32: Resultados obtidos da análise de cor em alface ‘Americana’ minimamente processada, sanitizada com radiação UV-C e água ozonizada, e armazenada a $3^{\circ}\text{C}\pm 2^{\circ}\text{C}$ e $95\%\pm 5\%$ de UR por 6 dias.	67
TABELA 33: População microbiana em alface “Americana” minimamente processada sanitizada com diferentes produtos, logo após o processamento.	69
TABELA 34: População microbiana em alface “Americana” minimamente processada sanitizada com diferentes produtos, armazenado a $3^{\circ}\text{C}\pm 2^{\circ}\text{C}$ e $95\%\pm 5\%$ UR por 3 dias.	69
TABELA 35: População microbiana em alface “Americana” minimamente processada sanitizada com diferentes produtos, armazenado a $3^{\circ}\text{C}\pm 2^{\circ}\text{C}$ e $95\%\pm 5\%$ UR por 5 dias.	70
TABELA 36: População microbiana em alface “Americana” minimamente processada sanitizada com diferentes produtos, armazenado a $3^{\circ}\text{C}\pm 2^{\circ}\text{C}$ e $95\%\pm 5\%$ UR por 7 dias.	70
TABELA 37: Resultados obtidos dos parâmetros acidez titulável, sólidos solúveis, pH e teor de ácido ascórbico obtidos de alface ‘Americana’ minimamente processada, sanitizada com diferentes produtos, logo após o processamento.	72
TABELA 38: Resultados obtidos dos parâmetros acidez titulável, sólidos solúveis, pH e teor de ácido ascórbico obtidos de alface ‘Americana’ minimamente processada, sanitizada com diferentes produtos, armazenada a $3^{\circ}\text{C}\pm 2^{\circ}\text{C}$ e $95\%\pm 5\%$ UR por 3 dias.	72
TABELA 39: Resultados obtidos dos parâmetros acidez titulável, sólidos solúveis, pH e teor de ácido ascórbico obtidos de alface ‘Americana’ minimamente processada, sanitizada com diferentes produtos, armazenada a $3^{\circ}\text{C}\pm 2^{\circ}\text{C}$ e $95\%\pm 5\%$ UR por 5 dias.	73
TABELA 40: Resultados obtidos dos parâmetros acidez titulável, sólidos solúveis, pH e teor de ácido ascórbico obtidos de alface ‘Americana’ minimamente processada, sanitizada com diferentes produtos, armazenada a $3^{\circ}\text{C}\pm 2^{\circ}\text{C}$ e $95\%\pm 5\%$ UR por 7 dias.	73
TABELA 41: Taxa respiratória ($\text{mg CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$) de alface ‘Americana’ minimamente processada sanitizada com diferentes produtos, armazenado a $3^{\circ}\text{C}\pm 2^{\circ}\text{C}$ e $95\%\pm 5\%$ UR por 7 dias.	74
TABELA 42: Resultados obtidos da análise de cor em alface ‘Americana’ minimamente processada, sanitizada com diferentes produtos, logo após o processamento.	75
TABELA 43: Resultados obtidos da análise de cor em alface ‘Americana’ minimamente processada, sanitizada com diferentes produtos, armazenada a $3^{\circ}\text{C}\pm 2^{\circ}\text{C}$ e $95\%\pm 5\%$ de UR por 3 dias.	76

TABELA 44: Resultados obtidos da análise de cor em alface ‘Americana’ minimamente processada, sanitizada com diferentes produtos, armazenada a $3^{\circ}\text{C}\pm 2^{\circ}\text{C}$ e $95\%\pm 5\%$ de UR por 5 dias.	76
TABELA 45: Resultados obtidos da análise de cor em alface ‘Americana’ minimamente processada, sanitizada com diferentes produtos, armazenada a $3^{\circ}\text{C}\pm 2^{\circ}\text{C}$ e $95\%\pm 5\%$ de UR por 7 dias.	77
TABELA 46: Valores obtidos da análise sensorial para aparência global e intenção de compra em alface ‘Americana’ minimamente processada, sanitizada com diferentes produtos, logo após o processamento.	78
TABELA 47: Valores obtidos da análise sensorial para aparência global e intenção de compra em alface ‘Americana’ minimamente processada, sanitizada com diferentes produtos, armazenada a $3^{\circ}\text{C}\pm 2^{\circ}\text{C}$ e $95\%\pm 5\%$ de UR por 3 dias.	79
TABELA 48: Valores obtidos da análise sensorial para aparência global e intenção de compra em alface ‘Americana’ minimamente processada, sanitizada com diferentes produtos, armazenada a $3^{\circ}\text{C}\pm 2^{\circ}\text{C}$ e $95\%\pm 5\%$ de UR por 5 dias.	79
TABELA 49: Valores obtidos da análise sensorial para aparência global e intenção de compra em alface ‘Americana’ minimamente processada, sanitizada com diferentes produtos, armazenada a $3^{\circ}\text{C}\pm 2^{\circ}\text{C}$ e $95\%\pm 5\%$ de UR por 7 dias.	80
TABELA 50: Valores obtidos da análise sensorial em alface ‘Americana’ minimamente processada, sanitizada com diferentes produtos, logo após o processamento.	81
TABELA 51: Valores obtidos da análise sensorial em alface ‘Americana’ minimamente processada, sanitizada com diferentes produtos, armazenada a $3^{\circ}\text{C}\pm 2^{\circ}\text{C}$ e $95\%\pm 5\%$ de UR por 3 dias.	81
TABELA 52: Valores obtidos da análise sensorial em alface ‘Americana’ minimamente processada, sanitizada com diferentes produtos, armazenada a $3^{\circ}\text{C}\pm 2^{\circ}\text{C}$ e $95\%\pm 5\%$ de UR por 5 dias.	82
TABELA 53: Valores obtidos da análise sensorial em alface ‘Americana’ minimamente processada, sanitizada com diferentes produtos, armazenada a $3^{\circ}\text{C}\pm 2^{\circ}\text{C}$ e $95\%\pm 5\%$ de UR por 7 dias.	82

SUMÁRIO

1. Introdução e objetivos	17
1.1 Introdução.....	17
1.2 Objetivos.....	19
1.2.1 Objetivo geral.....	19
1.2.2 Objetivos específicos.....	19
2. Revisão bibliográfica	20
2.1 Mamão – aspectos gerais	20
2.2 Alface - aspectos gerais	21
2.3 Processamento mínimo	22
2.4 Sanitização	23
3. Materiais e Métodos.....	27
3.1 Estrutura da Pesquisa.....	27
3.2 Metodologias utilizadas	27
3.2.1 Mamão	27
3.2.2 Alface.....	29
3.2.3 Execução dos Experimentos	32
3.2.4 Tratamentos Aplicados.....	34
3.2.5 Análises Realizadas	37
3.3 Delineamento Experimental e Análise Estatística.....	40
4 Resultados e Discussão.....	41
4.1 Mamão ‘Formosa’ minimamente processado	41
4.1.1 Fase Exploratória	41
4.1.2 Fase Comparativa.....	46
4.2 Alface ‘Americana’ minimamente processada.....	63
4.2.1 Fase Exploratória	63
4.2.2 Fase Comparativa.....	68
5. Conclusões.....	83
6. Referências Bibliográficas.....	84
Anexos	90

1. Introdução e objetivos

1.1 Introdução

De acordo com a Resolução SAA-42, de 19-6-2009, que recomenda as normas técnicas para produtos hortifrutícolas minimamente processados e frescos cortados, para o Estado de São Paulo, definem-se produtos minimamente processados como produtos hortifrutícolas higienizados e embalados que foram submetidos a processos técnicos, preservando suas características sensoriais naturais, tornando-os prontos para o consumo *in natura* ou para preparo culinário (SÃO PAULO, 2009).

Esses produtos proporcionam aos consumidores economia de tempo, água, praticidade, rapidez no preparo e menos geração de lixo doméstico. Além disso, as frutas e hortaliças estão associadas com a diminuição do risco de desenvolver doenças como câncer e patologias associadas ao coração, por possuírem fibras, baixa calorias e serem ricos em substâncias antioxidantes, como vitamina C e E, além de carotenóides e compostos fenólicos. No entanto, mesmo com o processamento existe a necessidade de preservar os atributos de qualidade e proporcionar uma vida útil maior aos produtos minimamente processados que têm a mesma natureza e finalidade que os produtos hortícolas íntegros.

A higiene e a sanitização são dois pré-requisitos essenciais para a segurança dos alimentos, cujo objetivo é a redução a níveis aceitáveis ou inativação de micro-organismos patogênicos e outros organismos indesejáveis, como os deteriorantes. Dentre os sanitizantes utilizados, os compostos clorados, principalmente o hipoclorito de sódio, têm sido os mais usados entre processadores de frutas e hortaliças no Brasil (MORETTI, 2007; AMARAL, 2010; BACHELLI, 2010). No entanto, esses agentes, segundo alguns autores, produzem compostos orgânicos clorados, como os trihalometanos, que possuem potencial cancerígeno para o consumidor (WANG *et al.*, 2007; AMJAD *et al.*, 2013).

Em virtude disso, surgiu a necessidade de buscar alternativas de métodos de sanitização mais viáveis. O ozônio e a radiação ultravioleta C (UV-C) tem se mostrado como potenciais substitutos ao hipoclorito de sódio.

O ozônio (O₃) é um gás formado por 3 átomos de oxigênio. É uma molécula fortemente ativa, oxidante e reativa, conhecido e utilizado há décadas como coadjuvante na desinfecção da água em países da União Européia e foi reconhecido oficialmente como agente sanificante seguro de alimentos em 1997, o que expandiu seu uso no tratamento pós-colheita

de frutas e hortaliças. A utilização de água ozonizada no processamento de alimentos é reconhecida pela *Food and Drug Administration* (FDA), Agência de Alimentos e Drogas dos Estados Unidos da América, através de seu regulamento 21 C.F.R. §173.315, como uma substância GRAS (Geralmente Reconhecida como Segura) (FDA, 2007).

Trata-se de uma molécula que se decompõe facilmente em contato com o ar, sem deixar resíduos, não é poluente para o ambiente, podendo ser aplicado em alimentos, sem risco de toxidez para os consumidores. Sabe-se que exerce forte efeito germicida devido ao seu alto potencial oxidante eficaz na inativação de bactérias, bolores, leveduras, vírus e protozoários, e sua aplicação na indústria de alimentos apresenta vantagens na higienização de alimentos, no tratamento de água para reuso, no tratamento de efluentes, na redução da demanda química e bioquímica de efluentes, na redução de trihalometanos, na remoção de ferro e manganês solúveis e na remoção de gostos e odores indesejáveis (CHIATTONE, 2008). A reação de oxidação para inativação das bactérias inicia na membrana celular, com ação sobre a atividade enzimática, com maior resultado na inativação de bactérias gram-negativas se comparadas as gram-positivas, isso pode estar relacionado a quantidade de glicopeptídeos na parede celular. O ozônio após reagir com o substrato converte-se em oxigênio novamente, tornando o processo seguro e limpo, sem rastros químicos, sem substratos tóxicos. É uma tecnologia sustentável que usa o oxigênio do ar como insumo.

A radiação UV-C é utilizada como método de controle de deterioração por resultar em desinfecção superficial de pequenos frutos, reduzindo o crescimento microbiano, além de atrasar a maturação do fruto, um dos principais fatores determinantes na vida pós-colheita (CABIA *et al.*, 2011). A luz ultravioleta ocupa uma ampla faixa de comprimentos de onda numa região não ionizante do espectro eletromagnético entre raios-x (200 nm) e a luz visível (400 nm).

O mecanismo radicalar é o maior responsável pela foto-oxidação das substâncias orgânicas e não a interação direta entre a radiação UV e o produto, isto é, a geração de radicais $\text{HO}^\cdot$ é o responsável pela oxidação e degradação de moléculas orgânicas. Como os alimentos possuem elevado conteúdo de matéria orgânica, a demanda por $\text{HO}^\cdot$ é maior (GOUVÊA *et al.*, 2014). Segundo Mercier (1997), a radiação ultravioleta é capaz de induzir mecanismos de defesa dos tecidos vegetais, agindo como um agente de anti estresse.

A água ozonizada e a radiação UV-C descartam a necessidade de enxague após a desinfecção, o que diminui o consumo de água em relação ao uso do hipoclorito de sódio, que após a desinfecção recomenda-se um enxague em água potável (BRASIL, 2013).

Assim, para atender a demanda de produtos minimamente processados seguros para o consumidor e com utilização de métodos de sanitização com menor impacto ambiental e para o produto, a hipótese desse trabalho é que o uso de água ozonizada ou radiação UV-C no processamento mínimo de alface e mamão são mais eficientes que a sanitização tradicional com hipoclorito de sódio.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo geral

Avaliar os métodos de sanitização com radiação ultravioleta-C (UV-C) e água ozonizada em substituição ao hipoclorito de sódio, para alface e mamão minimamente processados.

1.2.2 Objetivos específicos

- Determinar os parâmetros de eficiência da sanitização por água ozonizada e radiação UV-C isoladamente, comparando-se com hipoclorito de sódio;
- Mensurar os parâmetros de qualidade da alface e mamão minimamente processados, através de análises microbiológicas, físico-químicas e sensoriais.

2. Revisão bibliográfica

2.1 Mamão – aspectos gerais

O mamão (*Carica papaya L.*) é natural da América Central, atualmente é cultivado em várias regiões tropicais e subtropicais. Ele pode ser consumido *in natura*, em saladas e sucos, possui ótima aceitação no mercado mundial e é uma frutífera de grande importância econômica. O grupo formosa é de tamanho médio, entre 1000 e 1300 g, com polpa avermelhada (SANTOS, 2009).

A área plantada de mamão no Brasil chegou a pouco mais de 37 mil hectares no ano de 2006, segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE a produção nacional em 2008 foi de 1.890.286 toneladas (IBGE, 2010); e em 2013 houve um recuo da área total de 16,1% frente à do ano anterior, sendo que Bahia e Espírito Santo produziram 71,0% da safra 2014/2015 (CEPEA, 2014; BRASIL, 2015).

Na tabela 1 são apresentados os dados de composição centesimal do mamão formosa.

TABELA 1: Composição centesimal do *Carica papaya L.* (mamão formosa) por 100 gramas de parte comestível.

Parâmetros	Valores indicados
Umidade (%)	86,9
Energia (Kcal)	45
Proteína (g)	0,8
Lipídeos (g)	0,1
Carboidratos (g)	116
Fibra Alimentar (g)	1,8
Sódio (mg)	3,0
Potássio (mg)	222,0
Vitamina C (mg)	78,5

Fonte: NEPA (2011).

2.2 Alface - aspectos gerais

A alface (*Lactuca sativa*) é originária da região do Mediterrâneo, com introdução na Europa Ocidental no início do século XV. Com as expedições de Cristovão Colombo, a alface possivelmente foi introduzida na América em 1494, e no Brasil foi feita pelos portugueses em 1650 (RYDER, 2002).

O padrão de consumo no Brasil até 1980 era da alface conhecida como lisa, e só a partir dos anos 90, a demanda e o mercado de alface americana começou a aumentar. Uma análise de comercialização de alface tipo americana, do período de 1995-2010, realizada pelo Entrepósito Terminal de São Paulo, mostra que o consumo desse tipo de produto passou de 9% em 1995 para mais de 34% em 2010, sendo que até a década de 80 o consumo não representava 1% do total de alfaces comercializadas nesse mercado (SALA E COSTA, 2012).

A alface americana é amplamente utilizada na indústria para produtos minimamente processados e seu crescimento deveu-se a dois fatores principais: aumento das redes de lanchonetes *fast food* que demandam por uma matéria prima resistente, e pela preferência dos consumidores. É a hortaliça folhosa mais comercializada no Brasil, devido ao seu baixo valor calórico é amplamente consumida especialmente em saladas, embora outros pratos da culinária a traga como componente básico (SANTANA *et al.*, 2006). Na tabela 2 são apresentados os dados de composição centesimal da alface Americana crua.

TABELA 2: Composição centesimal da *Lactuca sativa* L. (alface americana) por 100 gramas de parte comestível.

Parâmetros	Valores indicados
Umidade (%)	97,2
Energia (Kcal)	9,0
Proteína (g)	0,6
Lipídeos (g)	0,1
Carboidratos (g)	1,7
Fibra Alimentar (g)	1,0
Cálcio (mg)	14
Sódio (mg)	7,0
Potássio (mg)	136,0
Vitamina C (mg)	11,0

Fonte: NEPA (2011).

2.3 Processamento mínimo

Frutas e hortaliças minimamente processadas são, em essência, vegetais que passaram por alterações físicas. A tecnologia de processamento mínimo de frutas e hortaliças tem experimentado significativo incremento nos últimos anos (MORETTI, 2007), especialmente pela tendência das unidades produtoras de alimentos em buscar maior praticidade e menor desperdício, além da mudança dos hábitos alimentares do consumidor, que buscam cada vez mais alimentos saudáveis e seguros para compor suas refeições ou pequenos lanches.

A mudança nos padrões de consumo de alimentos, com busca na alimentação saudável, tem levado ao maior consumo de frutas e hortaliças em detrimento dos produtos industrializados. Ao mesmo tempo, os consumidores desejam produtos com qualidade, praticidade e que sejam atraentes. Nesse sentido, a demanda por frutas e hortaliças minimamente processadas (MP) tem evoluído rapidamente. Assim, podem-se sintetizar as vantagens para os consumidores desses produtos: maior praticidade no preparo dos alimentos; reduzido desperdício devido ao descarte de partes indesejáveis; maior segurança na aquisição de produtos limpos e embalados; possibilidade da compra de menores quantidades; conhecer a procedência do produto e escolher marcas. Atualmente, constata-se o grande potencial de comercialização de frutos MP, principalmente aqueles que oferecem, em função de sua própria estrutura, alguma dificuldade para a comercialização ou até mesmo para consumo (ARRUDA *et al.*, 2003; CASTILHO PIZARRO, 2003). Assim, a demanda por refeições mais saudáveis, com alimentos frescos, tem sido atendida pelo mercado desses produtos que está em franco crescimento. Esses produtos são mais perecíveis do que os não processados que lhes deram origem, e a injúria nos tecidos, em função da manipulação e cortes, pode diminuir a qualidade e o tempo de vida útil do produto, por acelerar o processo de respiração. Além disso, o manuseio favorece a contaminação por microrganismos e a liberação de exudado celular disponibiliza nutrientes para a atividade microbiana (VANETTI, 2007).

A preocupação com riscos de natureza microbiológica torna-se acentuada, uma vez que, em sua maioria, os produtos minimamente processados (PMP) são consumidos crus, na forma de saladas, e o manuseio humano em algumas operações de processamento mínimo, inclusas as etapas de lavagem, secagem, seleção e acondicionamento, aumentam o risco de contaminação por microrganismos deteriorantes ou patogênicos. A contaminação de produtos consumidos crus, em todo o país, foi verificada por diversos autores. Tais dados acentuam a necessidade da vigilância sanitária em produtos e estabelecimentos alimentícios evitando

assim surtos de toxinfecções alimentares (TANCREDI *et al.*, 2005; GOTTARDI *et al.*, 2006; OLIVEIRA *et al.*, 2006; PANZA *et al.*, 2006; VEIGA *et al.*, 2006). Historicamente, a segurança dos alimentos tem sido discutida, e no Brasil, data de 1945 o conhecimento sobre a contaminação fecal em hortaliças como a alface, que são consumidas cruas, quando pesquisadores detectaram presença de *Escherichia coli* em 29,3% de hortaliças diversas na cidade de São Paulo. Desde então, até os dias atuais, alimentos como as folhosas, sucos e tomates são incriminados como causadores de doenças transmitidas por alimentos (DTA's) em todo o mundo (BERBARI *et al.*, 2001; BEUCHAT, 2002). O caso mais recente que mobilizou e causou prejuízo aos produtores, foi o surto de infecção por E.coli O104:H4 que ocorreu entre o início de maio e o final de junho de 2011, na Alemanha, e foi um evento que chamou atenção para esses produtos (FRANK *et al.*, 2012), a contaminação foi localizada em brotos de feijão de uma fazenda da Baixa Saxônia, no norte do país.

Pretendendo controlar a produção e comercialização e diminuir os casos de intoxicações por DTA's, tornou-se marcante no país a obediência de padrões como a Resolução RDC nº 12 de 02/01/2001, visando garantir padrões microbiológicos para produtos consumidos crus (BRASIL, 2001). Embora não haja legislação para bactérias deteriorantes como as psicrotróficas, mesófilas, bolores e leveduras para esses produtos, têm sido preconizados que contagens acima de 10^5 (UFC g⁻¹) são indesejáveis devido ao risco de estarem alteradas com perda das características organolépticas e comprometimento não só da qualidade, bem como da segurança microbiológica (VITTI *et al.*, 2004).

2.4 Sanitização

Os sanitizantes à base de cloro, principalmente o hipoclorito de sódio, são os mais utilizados no Brasil. A sanitização com esses produtos é amplamente recomendada para retardar ou eliminar o crescimento microbiológico em vegetais minimamente processados (MP), principalmente por questões econômicas, alta eficiência e facilidade de uso (BARI *et al.*, 2003; BERBARI *et al.*, 2001; CARDOSO *et al.*, 2003; SILVA *et al.*, 2006; VIEITES *et al.*, 2005), embora a formação de trihalometanos, compostos cancerígenos, a partir desses sanitizantes, constituam-se num inconveniente. Levantamentos epidemiológicos relacionando a concentração dos trihalometanos com a morbidade e as mortalidades por câncer evidenciaram associações positivas em alguns casos de carcinomas (SILVA e MELO, 2015). Dessa maneira, a busca por alternativas mais viáveis e técnicas para minimização e/ou substituição desse produto tem apontado outros sanitizantes para uso na indústria. Algumas alternativas podem ser a utilização de dióxido de cloro, ácido peracético, ozônio e radiação

UV-C, métodos apontados como potenciais substitutos ao hipoclorito de sódio e já utilizados no envase e/ou engarrafamento. Em alguns países, o hipoclorito de sódio vem sendo proibido através de legislações rígidas, e a tendência é que essa proibição aconteça em outras localidades. Sendo assim, se faz necessária algumas alternativas para a minimização ou substituição do hipoclorito de sódio (RICO *et al.*, 2007). A Food Drug Administration (FDA), em seu regulamento 21 C.F.R. § 173.315, aprova o uso, além do hipoclorito de sódio, de dióxido de cloro, peróxido de hidrogênio, ácido peracético e ozônio como sanitizantes para frutas e hortaliças frescas e processadas (FDA, 2007).

A sanitização deve ser realizada por meio de procedimentos químicos ou físicos realizados de forma adequada. A sanitização inadequada, tanto para equipamento, alimentos e ambiente, pode comprometer todo um lote de produto que não poderá ser comercializado. O processo físico de sanitização consiste na utilização de vapor, raios gama (irradiação), ultravioleta (UV), ozônio (O₃), luz pulsante e outros, ao passo que o método químico emprega o uso de agentes químicos como o cloro, ácidos orgânicos, agentes umectantes, quaternário de amônia e compostos iodados.

Os produtos clorados, como os sais de hipoclorito, constituem o grupo de compostos sanitizantes mais utilizado nas indústrias de alimentos, no envase e tratamento de água, por ser eficiente e de baixo custo. No Brasil, o hipoclorito de sódio é o único agente sanitizante permitido pela legislação, e vem sendo utilizado nos produtos minimamente processados (PMP) para manter sua qualidade microbiológica. Estudos realizados com alface americana em Campinas-SP mostraram que a imersão em solução contendo 70mg L⁻¹ de cloro confere ao produto minimamente processado uma vida-útil de seis dias e em solução contendo 100 a 130mg L⁻¹, nove dias, e que o seu aroma, textura e gosto não são afetados por estes tratamentos (BERBARI *et al.*, 2001). Entretanto, nos últimos anos tem existido certa preocupação quanto ao uso do hipoclorito e dos demais sais de cloro, considerados precursores na formação de cloraminas orgânicas, compostos de alto potencial carcinogênico (SOUZA *et al.*, 2008). Segundo Condie (1986), desde 1974 que a cloração de águas para o tratamento primário através do cloro gasoso vem sendo questionada nos Estados Unidos, quando foram detectados valores acima dos permissíveis, que é de 100 µg/l de trihalometanos (THMs) para a saúde humana em águas para abastecimento público deste país. No Brasil, o teor máximo de THM em água potável também é de 100 µg/l de THMs, a partir da promulgação da Portaria nº 36, de 19/01/1990, do Ministério da Saúde, que passou a vigorar a partir de 23/01/92, esse padrão foi mantido pela Portaria nº 1469, de 29/12/2000 (BRASIL, 2000; SOUZA *et al.*, 2008).

Quanto ao ozônio (O_3), este é um potente oxidante e esterilizante, utilizado há muitos anos para desinfecção de água em unidades de tratamento e engarrafamento. Utilizado em pequenas concentrações e curto tempo de contato é suficiente para inativar bactérias, fungos, esporos, vírus e protozoários. A utilização de água ozonizada no processamento de alimentos é reconhecida pela *Food and Drug Administration* (FDA), Agência de Alimentos e Drogas dos Estados Unidos da América, como uma substância GRAS (Geralmente Reconhecida como Segura) (FDA, 2007).

Os resultados sobre sua eficiência são bastante promissores, porém a suscetibilidade dos micro-organismos e sua ação dependem do tipo de produto, da dose, do método de aplicação (água ozonizada ou gás), temperatura, pH do meio, umidade relativa e presença de substâncias orgânicas (PRESTES, 2007). Estudos desenvolvidos por Cavalcante (2007), com alface americana previamente contaminada, demonstraram que $1,0 \text{ mg L}^{-1}$ de água ozonizada no tempo de 1 minuto, na ausência de matéria orgânica, é suficiente para reduzir, no mínimo, 6,57 e 5,27 ciclos logarítmicos de *E. coli* O157:H7 e esporos de *B. subtilis*, respectivamente. Segundo Kim *et al.* (1999), o uso de ozônio durante o processo ou estocagem prolonga a vida útil de produtos como frutas e hortaliças, enquanto preserva seus atributos sensoriais, além de não produzir resíduos tóxicos ao meio ambiente pós-tratamento. Amaral (2010), Amaral *et al.* (2012) e Bachelli (2010) apresentaram alguns estudos realizados na FEAGRI/UNICAMP com água ozonizada para sanitização de melão, pimentão e alface MP, respectivamente, e indicaram que este método apresenta potencialidade como possível substituto do hipoclorito de sódio. Essa técnica descarta a necessidade de enxague após a imersão, o que diminui o consumo de água em relação ao uso do hipoclorito de sódio; neste caso, após a desinfecção por 15 a 30 minutos, é recomendado um enxague em água potável.

Quanto ao uso de radiação UV-C, utilizada como tecnologia de controle de deterioração pois reduz o crescimento microbiano, sabe-se que este atrasa o amolecimento do fruto, que é um dos principais fatores determinantes na vida pós-colheita (CABIA *et al.*, 2011). A luz ultravioleta ocupa uma ampla faixa de comprimentos de onda numa região não ionizante do espectro eletromagnético entre os raios-x (200 nm) e a luz visível (400 nm). Ela é subdividida em três regiões: UV-C, com comprimentos de onda curtos, na faixa entre 200 e 280 nm; UV-B, com comprimentos de onda médios, na faixa entre 280 e 320 nm; e UV-A, com comprimentos de onda longos, na faixa entre 320 e 400 nm (BINTSIS *et al.*, 2000).

A eficiência da radiação UV-C contra uma ampla variedade de micro-organismos foi reportada em várias pesquisas (ABSHIRE e DUNTON, 1981; SOMMER *et al.*, 1996; WRIGHT *et al.*, 2000; LEMOINE *et al.*, 2008). De acordo com ALLENDE e ARTÉS

(2003), existe interesse em sua aplicação para desinfecção de alimentos há um longo tempo. Como vantagens do uso da radiação UV-C, por ser um método não térmico, foram citados a não formação de subprodutos tóxicos conhecidos durante o tratamento, a de que certos contaminantes orgânicos podem ser removidos, além de não produzir odor (KEYSER *et al.*, 2008; YAUN *et al.*, 2004).

Capdeville *et al.* (2002) constataram que o uso de UV-C com comprimento de onda de 254nm mostrou bons resultados para o controle de podridões pós-colheita em diferentes espécies hortícolas, agindo como germicida, na indução de resistência e no aumento da vida útil dos frutos. Porém, Allende e Artés (2003) trabalhando com UV-C (nas dosagens 0.407, 0.814; 2.443; 4.07; 8.14 kJ m⁻²) em alface ‘Lollo Rosso’ MP, observaram que uso de radiação aumentou a taxa de respiração, e como seria esperado, as concentrações de CO₂ eram mais altas e concentrações de O₂ mais baixas nas embalagens de produtos tratados com radiação UV-C. Em outro trabalho, Allende *et al.* (2006a), combinando radiação ultravioleta nas mesmas dosagens e tratamentos com atmosfera modificada em alface ‘Red Oak Leaf’, também observaram um aumento na taxa respiratória, mas, ao contrário do resultado esperado, o processamento mínimo resultou em aumento muito pequena da taxa respiratória, constatando que os resultados obtidos confirmam a hipótese de que doses curtas de UV-C são efetivas, aumentando o tempo de vida e a deterioração em legumes processados frescos reduzindo as populações microbianas mantendo assim a qualidade do produto. Lamikanra *et al.* (2005), comparando os efeitos da radiação UV-C (11,8 kJ m⁻²) em melões cantaloupe MP com os mesmos produtos sem tratamento UV, observaram que as respostas do corte são alteradas pela radiação e a mesma diminui a deterioração de microrganismos mesófilos e bactérias lácticas. A radiação UV-C retarda a perda de qualidade sensorial e aumenta a vida-útil do melão MP.

Amaral (2010) apresentou um protótipo de equipamento para estudos com radiação UV-C para sanitização de melão MP, e indicou que este método tem boas potencialidades como possível substituto do hipoclorito de sódio. O equipamento de radiação UV-C é relativamente barato, em relação a outros equipamentos que promovem sanitização, como o ozônio, mas a técnica está sujeita a certas precauções de segurança, como o uso de EPI's próprios para evitar a exposição direta do manipulador à radiação (BINTSIS *et al.*, 2000). Esse método de sanitização tem sido visto como alternativa viável a substituição do hipoclorito, especialmente por gerar menor consumo de água, não utilizar produtos tóxicos, sendo adequadas às normas de biossegurança.

3. Materiais e Métodos

3.1 Estrutura da Pesquisa

Para atender aos objetivos propostos para os dois produtos, mamão e alface, a pesquisa foi estruturada em 2 fases distintas:

- Fase 1: Tratamentos Exploratórios

O objetivo dos ensaios realizados foi determinar o efeito de diferentes concentrações de água ozonizada e diferentes intensidades de radiação ultravioleta C (UV-C) na contagem microbiana dos produtos minimamente processados e definir os melhores tratamentos para serem utilizados na próxima etapa da pesquisa.

- Fase 2: Comparativos dos melhores tratamentos

Nesta etapa da pesquisa, os melhores tratamentos da fase anterior, em relação aos parâmetros estudados para radiação UV-C e água ozonizada, foram comparados com o tratamento de sanitização com hipoclorito de sódio.

3.2 Metodologias utilizadas

3.2.1 Mamão

As etapas para o processamento mínimo desse produto seguiram o fluxograma apresentado na Figura 1 que foi adaptado dos trabalhos de Sarzi (2002) e Moretti (2007).

A área de processamento foi previamente higienizada seguindo as boas práticas de fabricação, bem como utensílios e equipamentos no seu interior. A sala foi mantida a $15^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$, todas as pessoas envolvidas no processamento utilizaram equipamento de proteção individual (EPI) para garantir a sanidade da matéria prima e proteção do manipulador.

Aquisição da Matéria Prima: Para todos os experimentos realizados, os mamões da variedade ‘Formosa’ foram adquiridos nas Centrais de Abastecimento de Campinas S.A. (CEASA), sem defeitos aparentes e uniformes quando ao estágio de maturação, e eram provenientes da região nordeste do Brasil, do estado da Bahia. Os produtos foram transportados ao Laboratório de Tecnologia Pós Colheita da Faculdade de Engenharia Agrícola (FEAGRI/UNICAMP).

Recepção e Seleção: Os mamões inteiros foram selecionados para obter um lote uniforme quanto ao estágio de maturação, ausência de defeitos, injúrias, cortes e lesões. Essa atividade foi realizada na área suja.

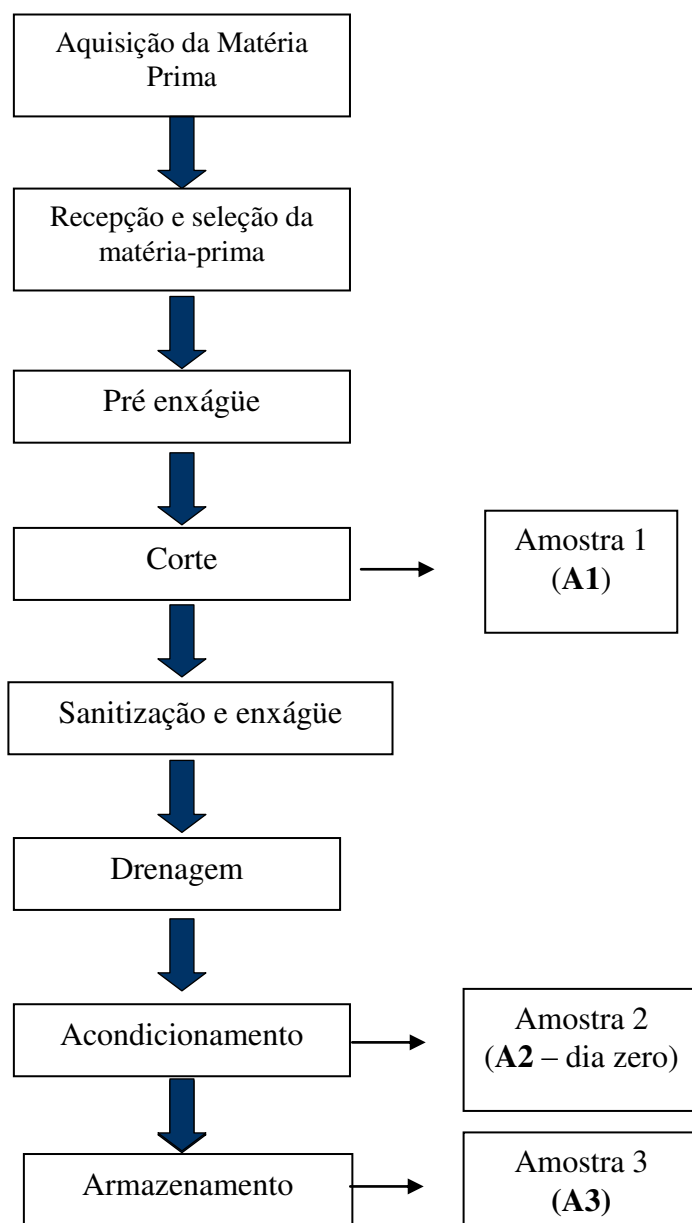


FIGURA 1: Fluxograma do processamento mínimo de mamão com adaptações. Fontes: SARZI (2002) e MORETTI (2007).

Pré-enxágüe: os frutos foram lavados com água corrente potável, com a finalidade de retirar sujidades e restos de cultura. Em seguida foram levados para a área limpa.

Corte: os mamões foram cortados longitudinalmente em duas partes, as sementes foram retiradas com uma colher, e os mamões cortados em fatias de 3 cm e descascados. Nesse momento, o lote foi dividido em três sub-lotes (fase exploratória) ou quatro sub-lotes (fase comparativa). Em ambas as fases, um sub-lote foi designado como Controle, isto é, sem aplicação de sanitizante e foi retirada a Amostra 1.

Sanitização e enxágüe: em seguida, os processos de sanitização foram aplicados. Na fase exploratória, um sub-lote foi sanitizado com água ozonizada e outro foi sanitizado em câmara de radiação ultravioleta, com diferentes concentrações e intensidades, respectivamente. O terceiro sub-lote foi o controle. Na fase comparativa dos melhores tratamentos, além dos tratamentos de água ozonizada e radiação UV-C já citados, foi aplicada a sanitização com hipoclorito de sódio (150 ppm/15 minutos). Neste caso, após a sanitização o produto foi seguido do enxágüe em água potável. O quarto sub-lote foi o controle.

Drenagem: os produtos das sanitizações em meio aquoso (água ozonizada e hipoclorito de sódio) foram drenados por 2-3 minutos, com auxílio de grades, com o objetivo de remover o excesso de água obtida durante a etapa anterior.

Acondicionamento: após a aplicação dos tratamentos, cada sub-lote foi dividido em quantidades de, aproximadamente, 200 gramas de produto, que foram acondicionadas em embalagens de tereftalato de polietileno (PET), com sistema de fechamento total, com 12,0 cm de diâmetro e 7,5 cm de altura, totalizando 500 ml de volume. Após o acondicionamento foram retiradas três amostras de cada tratamento para análise logo após os tratamentos (dia zero - Amostra 2).

Armazenamento: as embalagens foram armazenadas sob refrigeração ($5^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ e $95\% \pm 5\%$ UR). Na fase exploratória o armazenamento ocorreu por 6 dias quando foram avaliadas (Amostra 3) e na fase comparativa por 7 dias, sendo que, nesta fase as amostras foram analisadas nos dias 3, 5 e 7 (Amostra 3).

3.2.2 Alfaca

O processamento mínimo da alface foi realizado de acordo com o fluxograma básico, apresentado na Figura 2, com adaptações, baseados nos trabalhos de Bachelli (2010), Darezzo (2004) e Moretti (2007).

Aquisição da Matéria Prima: Foi utilizada alface americana, cultivar *Lorca*, adquirida de um produtor da região rural de Campinas (SP), do distrito de Barão Geraldo, exceto para o mês de fevereiro de 2015 (Fase exploratória), em que a matéria prima foi adquirida de um fornecedor da cidade de Biritiba-Mirim/SP, distante 170 km de Campinas, uma vez que a região de Campinas foi afetada pela crise hídrica e os produtores não tinham condição de manter a produção local. Os produtos sem defeitos aparentes foram transportados para o laboratório de Tecnologia Pós-Colheita, da Faculdade de Engenharia Agrícola, da Universidade Estadual de Campinas (FEAGRI/UNICAMP), em caixas isotermicas, onde os processamentos foram

realizados. Enquanto não foi processada a matéria prima permaneceu sob refrigeração a 12°C ($\pm 2^\circ\text{C}$) por no máximo 6 horas.

Recepção e Seleção: as alfaces ‘americana’, cultivar *Lorca*, passaram pela operação de toalete, sendo retiradas as folhas mais externas e sujas, além do coração.

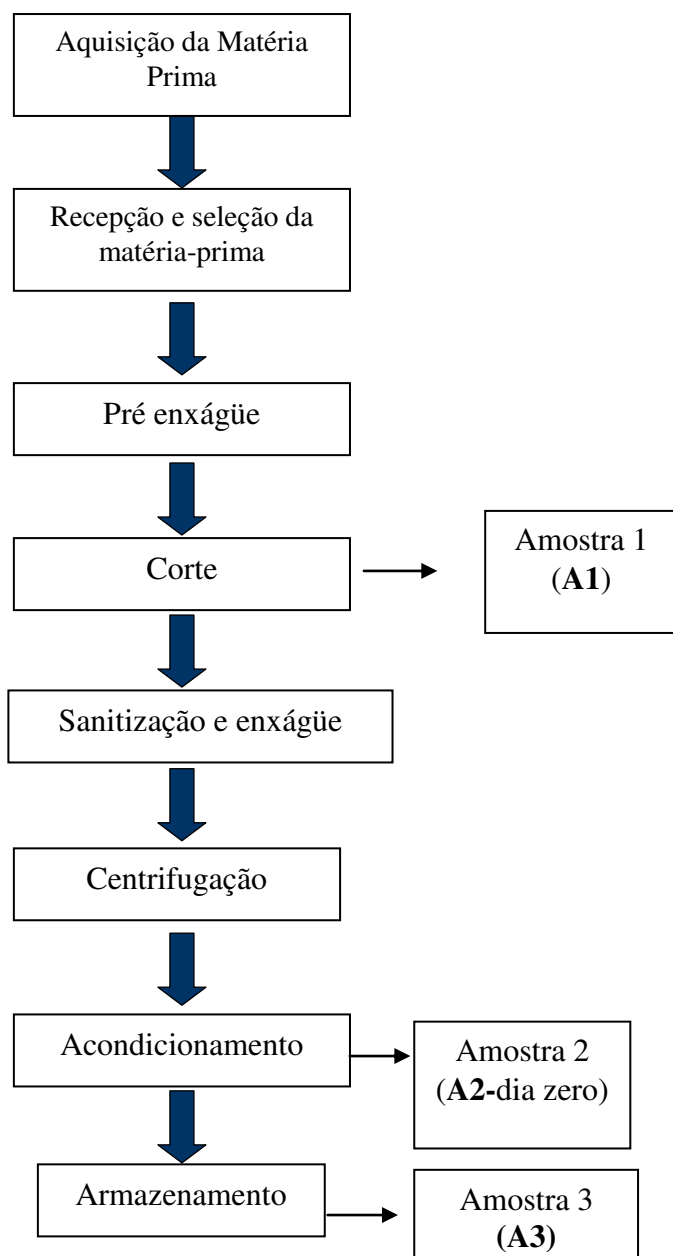


FIGURA 2: Fluxograma básico do processamento mínimo de alface ‘americana’ com adaptações. Fontes: BACHELLI (2010), DAREZZO (2004) e MORETTI (2007).

Pré-enxágüe: ainda na área suja ocorreu o pré-enxague para remoção de sujidades e restos de culturas, realizada com água potável, temperatura ambiente, com separação das folhas uma a uma, com auxílio de faca afiada e higienizada. Em seguida foram levados para a área limpa.

Corte: As folhas de alface foram cortadas aleatoriamente no sentido longitudinal de acordo com Bachelli (2010), em seguida, o lote foi dividido em três sub-lotes (fase exploratória) ou quatro sub-lotes (fase comparativa) e os processos de sanitização foram aplicados. Em ambas as fases, um sub-lote foi designado como Controle, isto é, sem aplicação de sanitizante e foi retirada a Amostra 1 (dia zero).

Sanitização e enxágüe: em seguida, os processos de sanitização foram aplicados. Na fase exploratória, um sub-lote foi sanitizado com água ozonizada e outro foi sanitizado em câmara de radiação ultravioleta, em diferentes concentrações e intensidades, respectivamente. O terceiro sub-lote foi o controle. Na fase comparativa dos melhores tratamentos, além dos tratamentos de água ozonizada e radiação UV-C já citados, foi aplicada a sanitização com hipoclorito de sódio (150 ppm/15 minutos). Neste caso, após a sanitização o produto foi seguido do enxágüe em água potável. O quarto sub-lote foi o controle.

Centrifugação: os produtos foram centrifugados por 90 segundos, para remoção do excesso de água da etapa anterior. Foi utilizada centrífuga doméstica (Marca Arno) com velocidade média de 2200rpm, equivalente a 800 g (força).

Acondicionamento: após a aplicação dos tratamentos, cada sub-lote foi dividido em quantidades de, aproximadamente, 200 gramas de produto, que foram acondicionadas em embalagens de polietileno de baixa densidade, 60 micra. Após o acondicionamento foram retiradas três amostras de cada tratamento para análise logo após os tratamentos (dia zero - Amostra 2).

Armazenamento: as embalagens foram armazenadas sob refrigeração ($3^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ e $95\% \pm 5\%$ de UR). Na fase exploratória o armazenamento ocorreu por 6 dias quando foram avaliadas (Amostra 3) e na fase comparativa por 7 dias, sendo que amostras foram analisadas nos dias 3, 5 e 7 (Amostra 3).

3.2.3 Execução dos Experimentos

3.2.3.1 Fase Exploratória Mamão

Nessa fase foram realizados dois experimentos com os seguintes tratamentos:

- Radiação UV-C = $T_1 - 1,2 \text{ kJ m}^{-2}$; $T_2 - 2,4 \text{ kJ m}^{-2}$; $T_3 - 3,6 \text{ kJ m}^{-2}$;
- Água potável: T_4 (lavado apenas com água potável)
- Água ozonizada = $T_5 - 0,50$ a $0,75 \text{ mg L}^{-1}/1 \text{ min}$; $T_6 - 1,00$ a $1,25 \text{ mg L}^{-1}/1 \text{ min}$; $T_7 - 1,25$ a $1,50 \text{ mg L}^{-1}/1 \text{ min}$;
- Controle: C (sem tratamento).

O mamão minimamente processado sem nenhum tratamento de sanitização foi usado para contagem inicial da população microbiana (Controle).

Após a realização dos processos descritos nas etapas de seleção, enxágue e corte, as amostras foram divididas para aplicação dos tratamentos: uma parte foi sanitizada em água ozonizada com diferentes concentrações e a outra parte foi sanitizada em câmara de ultravioleta com comprimento de onda de 254 nm nos intervalos de tempo aproximados de 35, 70 e 105 segundos, respectivamente, para as intensidades citadas acima. Após os tratamentos, o produto processado minimamente foi separado em amostras de aproximadamente 200 g, que foram acondicionadas em embalagem PET e armazenadas em câmara fria a $5^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$ e $95\% \pm 5\%$ UR.

Os produtos processados minimamente foram avaliados, logo após o processamento e com seis dias de armazenamento, através de análises microbiológicas (*Salmonella* spp., coliformes a 45°C NMP/g, *Escherichia coli*, bactérias psicrófilas e mesófilas, bolores e leveduras) e análise de cor.

Nesta fase da pesquisa optou-se por não realizar análises físico-químicas, com base nos experimentos preliminares realizados anteriormente ao projeto, que deram subsídios para a escolha das intensidades de radiação UV-C.

3.2.3.2 Fase Exploratória Alface

Foram realizados dois ensaios com alface ‘Americana’ com os seguintes tratamentos:

- Água Ozonizada: $T_1 - 0,5 \text{ mg L}^{-1}/1 \text{ min}$; $T_2 - 1,0 \text{ mg L}^{-1}/1 \text{ min}$; $T_3 - 1,2 \text{ mg L}^{-1}/1 \text{ min}$;
- Radiação UV-C: $T_4 - 1,2 \text{ kJ m}^{-2}$; $T_5 - 2,4 \text{ kJ m}^{-2}$; $T_6 - 3,6 \text{ kJ m}^{-2}$;
- Água Potável: T_7 (lavado apenas com água potável);
- Controle: C (sem tratamento).

A alface americana minimamente processada sem nenhum tratamento de sanitização foi usada para contagem inicial da população microbiana (Controle).

As alfaces foram lavadas com água corrente na área suja de processamento e levados para a área limpa onde foram cortadas. Em seguida, uma parte foi sanitizada em água ozonizada com diferentes concentrações e a outra parte foi sanitizada em câmara de ultravioleta com comprimento de onda de 254 nm nos intervalos de tempo aproximados de 35, 70 e 105 segundos, respectivamente, para as intensidades citadas. Após os tratamentos, o produto processado minimamente foi separado em amostras de aproximadamente 200 g, que foram acondicionadas em embalagem de PEBD.

Os produtos foram avaliados logo após o uso do tratamento sanitizante e após 6 dias de armazenamento quanto a análises microbiológicas (*Salmonella* spp., coliformes a 45°C NMP/g, *E. coli*, bactérias psicrótróficas e mesófilas, bolores e leveduras) e análise de cor. Nesta fase da pesquisa optou-se por não realizar análises físico-químicas, com base nos experimentos preliminares realizados anteriormente ao projeto, que deram subsídios para a escolha das intensidades de radiação UV-C.

3.2.3.3 Fase Comparativa Mamão

Nessa fase foram realizados três ensaios com mamão ‘Formosa’ minimamente processado, para os tratamentos selecionados na fase exploratória e comparados com o hipoclorito de sódio. Os tratamentos foram:

T₁ – (radiação UV-C) = 1,2 kJ m⁻²;

T₂ – (Água ozonizada) = 1,00 mg L⁻¹/1 min;

T₃ – (hipoclorito de sódio) = 150 ppm/15 minutos;

C – Controle (sem tratamento).

A avaliação ocorreu logo após o processamento (A2) e com 3, 5 e 7 dias de armazenamento em câmara fria a 5°C±2°C e 95%±5% UR (A3).

As análises realizadas nessa fase foram: microbiológicas (*Salmonella* spp., coliformes a 45°C NMP/g, *Escherichia coli*, bactérias psicrótróficas e mesófilas, bolores e leveduras), composição gasosa e taxa respiratória, cor, pH, acidez titulável, sólidos solúveis, vitamina C, firmeza e análise sensorial.

3.2.3.4 Fase Comparativa Alface

Nessa fase foram realizados três ensaios com alface ‘Americana’ minimamente processada, para os tratamentos selecionados na fase exploratória e comparados com o hipoclorito de sódio. Os tratamentos foram:

T_1 – (radiação UV-C) = $2,4 \text{ kJ m}^{-2}$;

T_2 – (Água ozonizada) = $1,00 \text{ mg L}^{-1}/1 \text{ min}$;

T_3 – (hipoclorito de sódio) = 150 ppm/15 minutos;

C – Controle (sem tratamento).

A matéria prima foi lavada com água corrente na área suja de processamento e levada para a área limpa conforme descrito no fluxograma anterior. Em seguida o lote foi dividido em 4 partes iguais para aplicação dos tratamentos.

A avaliação ocorreu logo após o processamento (A2) e com 3, 5 e 7 dias de armazenamento em câmara fria a $3^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$ e $95\% \pm 5\%$ UR (A3).

As análises realizadas nesta fase foram as mesmas apresentadas no item anterior, com exceção da análise de firmeza que não foi realizada para esse produto.

3.2.4 Tratamentos Aplicados

3.2.4.1 Tratamento com Água Ozonizada

O tratamento com água ozonizada foi realizado em tanque de aço inoxidável. O sistema de refrigeração e gerador de ozônio, já estava montado no LTPC da FEAGRI, onde a água utilizada é proveniente da rede pública de abastecimento de Campinas, foi instalado um filtro de carvão ativado na entrada da água no reservatório com capacidade de 300 litros. Para geração de ozônio utilizou-se um cilindro de oxigênio (95 a 99% de pureza – White Martins) que alimentou o gerador de ozônio, modelo DCGM-2007, da marca Ecozon®, onde o ozônio foi gerado através de carga elétrica no sistema corona, com capacitor a 220 V. O equipamento permite controle da concentração de ozônio produzido de 0 a $2,0 \text{ mg L}^{-1}$, conforme ajuste do potenciômetro. O ozônio foi misturado a água através da válvula Venturi, modelo Mazzei 584, com vazão mínima de 2000 litros/hora de água, no qual por sucção foi misturado à água, produzindo a água ozonizada. A água ozonizada foi circulada e recirculada no tanque de sanitização com capacidade de 50 litros, através da tubulação perfurada situada no fundo do tanque, margeando o perímetro da parede, de forma que a distribuição fosse uniforme. A

Figura 3 ilustra o processo de obtenção de água ozonizada. A concentração de ozônio na água foi medida através de Kit para teste disponível comercialmente (CHEMetrics Vacu-vials, Ozone K-7402, Calverton, Va, USA).

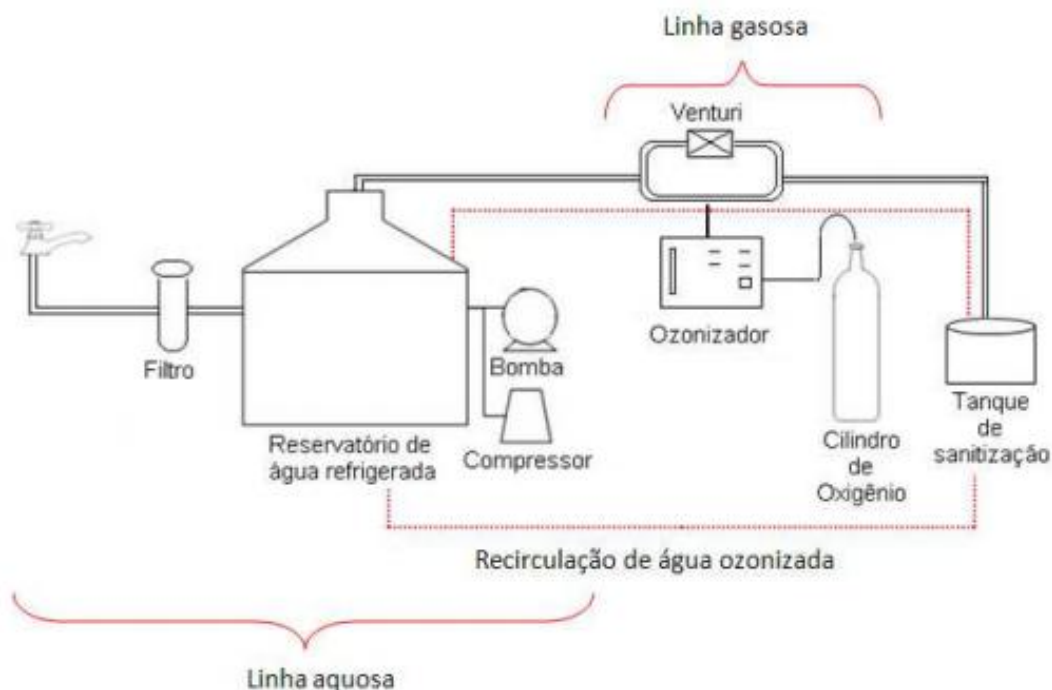


FIGURA 3: Esquema de produção de água ozonizada. Fonte: SOARES (2012).

3.2.4.2 Tratamento com Radiação UV-C

O equipamento para o procedimento de radiação UV-C foi construído no Laboratório de Materiais e Estruturas da FEAGRI-UNICAMP e instalado no LTPC da FEAGRI/UNICAMP por Amaral, 2010 e Vieira, 2011 (Figura 4). O mesmo tem dimensões de 1,00 x 0,60 x 1,00 m, revestido de folha aluminizada, composto por 12 lâmpadas de flúor UV-C germicidas, marca Philips (Potência de 30 W e comprimento de onda de 254 nm), as quais 6 são dispostas na parte superior e 6 na parte inferior, e um suporte central de tela fabricado em aço inoxidável móvel no sentido vertical, permitindo a variação da distância entre as lâmpadas e o produto que será irradiado. O equipamento possui rodízio na parte inferior e dois exaustores na lateral da parte superior. A menor distância possível é 0,17 m e a maior é 0,33 m, para este ensaio foi utilizada a distância de 0,27 m das lâmpadas para o suporte. A radiação foi determinada pelo radiômetro VLX 254 (Vilber Lourmat, Marne la Vallée, France).



FIGURA 4: Equipamento de radiação UV-C localizado no LTPC da FEAGRI/UNICAMP.

3.2.4.3 Tratamento com Hipoclorito de sódio (NaOCl)

Esse tratamento foi utilizado como referência para análises de eficiência dos demais tratamentos aplicados. As soluções foram preparadas através de diluição de hipoclorito de sódio, em água potável, na concentração de 150 mg L^{-1} de cloro livre e tempo de permanência de 15 minutos (ANDRADE *et al.*, 2007; DAREZZO, 2004; BACHELLI, 2010).

3.2.5 Análises Realizadas

3.2.5.1 Avaliação Microbiológica

Foi considerado como unidade amostral o conteúdo da embalagem com 200 g do produto minimamente processado. As amostras foram submetidas às seguintes análises microbiológicas: contagem de coliformes a 45°C NMP g⁻¹ e presença de *Salmonella spp*/25g, bactérias pelas quais existem padrões estabelecidos pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária - ANVISA (BRASIL, 2001), e coliformes totais, contagem total de aeróbios mesófilos e psicrotróficos, contagem de bolores e leveduras para melhor avaliação das condições higiênico sanitárias das amostras e para verificar a eficiência dos tratamentos com relação a estes microorganismos. Para fins de avaliação microbiológica, foi considerada como população inicial a contagem de microorganismos das amostras antes do processamento mínimo e como população final, a contagem de microorganismos das amostras após cada tratamento no dia da análise e no armazenamento, quando aplicado. As análises foram realizadas utilizando 25g de amostra homogeneizada com 225 ml de água peptonada, seguindo metodologia oficial descrita por Silva *et al.* (2010).

Salmonella spp.: As análises foram realizadas logo após o tratamento e seguiram a metodologia oficial da International Organization for Standardization (ISO) 6579:2007.

Coliformes totais e termotolerantes a 45°C: foram realizadas através do método do número mais provável (NMP), seguindo a metodologia oficial da American Public Health Association, editada por Downes e Ito (2001). Partiu-se da diluição 10⁻¹, transferindo-se 1 ml para tubos de Caldo Lauril Sulfato Triptose (LST), sendo os mesmos incubados à 35±0,5°C em estufa bacteriológica por 24-48 horas. A partir do crescimento e produção de gás transferiu-se uma alíquota para meios seletivos: Caldo Verde Brilhante Bile 2% (VB), incubando-os à 35±0,5°C por 24-48 horas e Caldo *E. coli* (EC), incubados em banho-maria a 45,5± 0,2°C por 24 horas para contagem de coliformes termotolerantes. Após 48 horas de incubação de cada tubo de EC com produção de gás, inocularam-se uma alçada da cultura (estrias de esgotamento) em placas de Petri contendo Ágar Levine Eosina Azul de Metileno (L-BEM), incubadas a 35°C em estufa por 24 horas. Havendo colônias típicas, transferia-se para tubos de Ágar Padrão para Contagem (PCA), incubadas a 35°C em estufa por 24 horas. A partir das culturas puras se realizou as provas bioquímicas e os tubos confirmados indicaram a contagem de *E.coli*. As incubações dos tubos de EC foram sempre acompanhadas de um tubo inoculado com cepa padrão positiva (*E.coli*) e um com cepa padrão negativa (*Enterobacter aerogenes*).

Contagem Total de Aeróbios Mesófilos e Psicrotróficos: inoculação por profundidade e por superfície, respectivamente, em meio de cultura PCA (*Plate Count Agar*) através de plaqueamento e contagem por Unidade Formadora de Colônia por grama de amostra (UFC g⁻¹). As análises seguiram a metodologia oficial da American Public Health Association, editada por Downes e Ito (2001).

Bolores e Leveduras: realizado inoculação por superfície em meio de cultura DRBC (Dicloran Rosa de Bengala Cloranfenicol) através de plaqueamento e contagem por Unidade Formadora de Colônia por grama de alimento (UFC g⁻¹), conforme a metodologia oficial da American Public Health Association, editada por Downes e Ito (2001).

3.2.5.2 Análise de Cor

A medida foi tomada das extremidades e no centro de 5 fatias para cada tratamento, com o auxílio do espectrofotômetro Minolta CM-700 (L*, a*, b*), fonte de luz D65 e 8 mm de abertura, no padrão CIE-Lab. As mudanças na coloração dos produtos minimamente processados foram expressas em croma e hue, calculados através das equações (McGUIRE, 1992):

$$\begin{aligned} \text{Croma: } C^* &= \sqrt{a^{*2} + b^{*2}} \\ \text{Hue: } H^* &= \arctan\left(\frac{b^*}{a^*}\right) \end{aligned}$$

Para as análises de pH, acidez titulável, sólidos solúveis e vitamina C, o conteúdo de cada embalagem foi processado no extrator de sucos e o homogenato obtido foi utilizado para a realização das análises. No caso da vitamina C, o homogenado ficou congelado a -40°C até a realização da análise.

3.2.5.3 Potencial hidrogeniônico

Foram realizadas no homogenato após a extração, segundo procedimento descrito por AOAC (2005), através da medição diretamente por potenciometria, que consiste na imersão da ponteira do pHmetro digital na amostra triturada e homogeneizada, com três repetições. Os resultados foram expressos em unidades de pH.

3.2.5.4 Acidez Titulável (AT)

Foi determinada através da titulação de 10 gramas de amostra triturada, diluída em 90 ml de água destilada, com solução padronizada de hidróxido de sódio (NaOH) a 0,1093N e como ponto de viragem o pH 8,1. O resultado foi expresso em % de ácido cítrico (AOAC, 2005).

3.2.5.5 Sólidos solúveis (SS)

Sólidos solúveis (SS): foi utilizado o refratômetro manual Abbe Refractometer, modelo 2WAJ, Shangai Optical Instrument Company (HongKong), no qual foi colocado uma gota da amostra triturada no visor e feita a leitura direta, sendo que os resultados obtidos foram corrigidos conforme a correção de acidez e temperatura segundo AOAC (2005).

3.2.5.6 Teor de Ácido Ascórbico

A identificação e quantificação do ácido ascórbico foi realizada em um sistema de cromatografia líquida de alta eficiência (cromatógrafo SHIMADZU) de acordo com metodologia proposta por Barcia *et al.*, (2010), que utilizaram o detector espectrofotométrico UV-Vis SPD-10AVVP, em comprimento de onda de 254 nm. Utilizou-se como fase móvel água ultrapura com 0,1 % de ácido acético, com fluxo de 0,8 mL /min. Os picos foram identificados pela comparação com o tempo de retenção de padrões de ácido L-ascórbico e de ácido dehidro L-ascórbico. A quantificação foi baseada em curvas de calibração dos padrões desses ácidos, expressando os resultados em mg.g⁻¹ amostra.

3.2.5.7 Firmeza

Firmeza: foi realizada em analisador de textura com ensaios mecânicos de penetração com profundidade de 5mm. Para a realização dos ensaios, foi utilizada uma máquina universal de ensaios Texture Analyser, modelo TA500, com velocidade de penetração de 1mm/s, ponteira cilíndrica com bordas arredondadas de 2mm de diâmetro e célula de carga de 5N. Os resultados foram expressos em Newton (N) (BENEDETTI *et al.*, 2008). Essa análise foi realizada apenas para o experimento com mamão ‘Formosa’.

3.2.5.8 Composição gasosa e Taxa respiratória

Para esta análise, aproximadamente 100 g do produto minimamente processado foram colocadas em recipientes de vidro de 1000 ml e fechados hermeticamente. A determinação da composição gasosa no interior dos recipientes foi feita com um medidor portátil de concentração de O₂ e CO₂, PAC CHECK 325 (Mocon, Minneapolis, EUA), que

realizou a leitura direta das concentrações desses gases em porcentagem. A calibração do aparelho foi realizada automaticamente com a concentração gasosa do meio ambiente (21% de O₂ e 0,03% de CO₂). As leituras foram realizadas introduzindo a agulha do aparelho nas embalagens, através de um septo de silicone adaptado à tampa das mesmas. Foram utilizadas três embalagens por tratamento e as leituras foram realizadas de hora em hora, nas 3 primeiras horas após o processamento, e depois com 24 horas. Os dados da composição gasosa foram utilizados para o cálculo da taxa respiratória do produto processado após o processamento.

3.2.5.9 Análise Sensorial

As amostras foram avaliadas subjetivamente quanto aos atributos de aparência (percepção visual), aroma (percepção olfativa) e textura (percepção tátil), além da intenção de compra. Essas avaliações foram realizadas por uma equipe constituída por 40 provadores não treinados, incluindo homens e mulheres, formados por alunos, funcionários e professores da Faculdade de Engenharia Agrícola da Universidade de Campinas. Os testes de aceitação das quatro amostras ocorreram nos dias da montagem dos experimentos (dia 0), e aos 3, 5 e 7 dias de armazenamento.

As quatro amostras foram apresentadas aos provadores em embalagens descartáveis de cor branca, cada amostra foi servida em porções de aproximadamente 40g.

Os provadores avaliaram os produtos através de uma escala hedônica estruturada de nove pontos com os extremos correspondendo a “1-desgostei extremamamente” e “9-gostei extremamamente”, e na avaliação de intenção de compra, uma escala hedônica estruturada de cinco pontos, com extremos correspondendo a “1-certamente não compraria” e “5-certamente compraria”, de acordo com o modelo da ficha do Anexo 1. O projeto foi aprovado pelo Comitê de ética em Pesquisa da Unicamp (5404) em 04/11/2014, sob o número 36018914.4.0000.5404 (Anexo 2). Todos os participantes tomaram ciência do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (Anexo 3).

3.3 Delineamento Experimental e Análise Estatística

O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado (DIC) com repetição específica para cada análise e para cada um dos tratamentos utilizados. Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e as médias comparadas pelo teste de Tukey, em nível de 5% de probabilidade, utilizando-se o pacote estatístico SAS (*Statistical Analysis System* – SAS Institute Inc., North Carolina, USA, 2003).

4 Resultados e Discussão

4.1 Mamão ‘Formosa’ minimamente processado

4.1.1 Fase Exploratória

Não foram detectadas presença de *Salmonella* spp. e *E. coli* em nenhuma das amostras de mamão ‘Formosa’ minimamente processado, nos dois experimentos realizados.

Estes resultados atendem a Resolução RDC n° 12 da ANVISA (BRASIL, 2001), que estabelece a ausência de *Salmonella* spp., além de um limite aceitável de 5×10^2 NMP/g de coliformes à 45°C para frutas. Os coliformes termotolerantes e os totais constituem um indicador para contaminação fecal, pois são fermentadores e produzem CO₂, parâmetro que é utilizado para identificação dessa bactéria. Nos experimentos realizados não houve fermentação, por isso foi considerada $< 3,0$ NMP g⁻¹ (Tabela 3). Esses resultados indicam a eficiência dos cuidados higiênicos tomados durante a produção, assim como a ação positiva do processo de sanitização e seus efeitos ao longo do armazenamento a 5°C ±2 °C.

Com relação às bactérias mesófilas (Tabela 3), todos os tratamentos aplicados, com exceção do T₇, apresentaram uma redução da contaminação inicial com relação à amostra Controle, apesar de não haver diferença estatística entre os tratamentos. A maior redução foi para o tratamento com radiação UV-C com a menor intensidade (T₁ – 1,2 kJ m⁻²), que apresentou redução de 1,0 log. O mesmo fato de redução da contaminação inicial ocorreu com relação às bactérias psicrotróficas, mas neste caso os tratamentos com radiação UV-C, (T₁, T₂ e T₃) e o tratamento com água ozonizada (T₆) apresentaram redução de 1,4 log que foi estatisticamente distinta do controle. Estes resultados enfatizam os achados de Artes-Hernandez *et al.* (2009) que encontraram redução de bactérias mesófilas e psicrotróficas em espinafre minimamente processado logo após a aplicação da radiação UV-C. Outros estudos também demonstraram que baixas doses de radiação UV-C são eficientes em reduzir ou inibir o crescimento de patógenos em alface minimamente processada (PANDRANGI e LABORDE, 2004).

Quanto aos bolores e leveduras, os resultados (Tabela 3) indicam eficiência nos cuidados higiênicos tomados durante a produção e o processamento, assim como a ação positiva do processo de sanitização logo após o processamento, não havendo alteração dos valores em relação ao controle.

TABELA 3: População microbiana em mamão ‘Formosa’ minimamente processado sanitizado com radiação UV-C e água ozonizada, logo após o processamento.

Tratamento	Coliformes a 45°C (Log NMP/g)	Bactérias mesófilas (Log UFC/g)	Bactérias Psicrotróficas (Log UFC/g)	Bolores e Leveduras (Log UFC/g)
C	0,50 ± 0,00 A	2,25 ± 0,35 A	2,42 ± 0,03 A	0,30 ± 0,00 A
T1	0,50 ± 0,00 A	1,22 ± 0,17 A	1,00 ± 0,00 D	0,30 ± 0,00 A
T2	0,50 ± 0,00 A	1,25 ± 0,07 A	1,00 ± 0,00 D	0,30 ± 0,00 A
T3	0,50 ± 0,00 A	1,60 ± 0,00 A	1,00 ± 0,00 D	0,30 ± 0,00 A
T4	0,50 ± 0,00 A	1,92 ± 0,74 A	2,10 ± 0,00 B	0,30 ± 0,00 A
T5	0,50 ± 0,00 A	1,60 ± 0,00 A	1,85 ± 0,07 C	0,30 ± 0,00 A
T6	0,50 ± 0,00 A	1,47 ± 0,03 A	1,00 ± 0,00 D	0,30 ± 0,00 A
T7	0,50 ± 0,00 A	2,22 ± 0,18 A	2,57 ± 0,11 A	0,30 ± 0,00 A

Controle: produto processado minimamente sem tratamento; T₁ – 1,2 kJ m⁻²; T₂ – 2,4 kJ m⁻²; T₃ – 3,6 kJ m⁻²; T₄ – água potável; T₅ – 0,50 mg L⁻¹/1 min de água ozonizada; T₆ – 1,00 mg L⁻¹/1 min; T₇ – 1,20 mg L⁻¹/1 min.

*medias seguidas de letras distintas na mesma coluna diferem entre si em nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Vários estudos têm demonstrado que a radiação UV-C tem ação germicida e age diretamente como antimicrobiano, possivelmente, devido ao dano no DNA. Tem sido utilizada como um método de desinfecção superficial, reduzindo o crescimento microbiano (VICENTE *et al.*, 2005) e várias pesquisas indicam que há redução na população microbiana natural, podendo resultar em vida útil prolongada de produtos minimamente processados. Allende *et al.* (2006) aplicaram radiação UV-C em alface com efeitos positivos na redução da microbiota. Ártes-Hernandes *et al.* (2010) utilizaram radiação UV-C (1,6 e 2,8 kJ m⁻²) em melancia cortada em cubos e verificaram redução das contagens microbianas logo após a radiação e o efeito persistiu ao longo dos 11 dias de armazenamento do produto minimamente processado. Zu *et al.* (2009) utilizaram radiação UV-C em abacaxi minimamente processado e verificaram redução em coliformes totais, bolores e leveduras.

Na Tabela 4 é possível verificar que a contaminação por coliformes termotolerantes a 45°C foi de apenas 0,5 Log NMP/g, mesmo após o armazenamento do produto minimamente processado a 5°C $\pm$ 2°C, demonstrando que as condições de conservação foram adequadas.

TABELA 4: População microbiana em mamão ‘Formosa’ minimamente processado sanitizado com radiação UV-C e água ozonizada, e armazenados a 5°C $\pm$ 2°C e 95% $\pm$ 5% UR por 6 dias.

Tratamento	Coliformes a 45°C (Log NMP/g)	Bactérias mesófilas (Log UFC/g)	Bactérias Psicrotróficas (Log UFC/g)	Bolores e Leveduras (Log UFC/g)
C	0,50 $\pm$ 0,00 A	3,77 $\pm$ 0,03 A	2,42 $\pm$ 0,11 A	2,80 $\pm$ 0,00 A
T1	0,50 $\pm$ 0,00 A	1,87 $\pm$ 0,03 E	1,00 $\pm$ 0,00 B	2,00 $\pm$ 0,14 ABC
T2	0,50 $\pm$ 0,00 A	1,92 $\pm$ 0,03 E	1,00 $\pm$ 0,00 B	1,30 $\pm$ 0,14 C
T3	0,50 $\pm$ 0,00 A	2,60 $\pm$ 0,00 C	2,32 $\pm$ 0,03 A	1,87 $\pm$ 0,039 ABC
T4	0,50 $\pm$ 0,00 A	2,85 $\pm$ 0,00 B	2,47 $\pm$ 0,11 A	2,67 $\pm$ 0,03 AB
T5	0,50 $\pm$ 0,00 A	2,37 $\pm$ 0,03 D	1,00 $\pm$ 0,00 B	1,55 $\pm$ 0,35 BC
T6	0,50 $\pm$ 0,00 A	2,52 $\pm$ 0,03 C	1,00 $\pm$ 0,00 B	2,02 $\pm$ 0,60 ABC
T7	0,50 $\pm$ 0,00 A	2,77 $\pm$ 0,03 B	2,50 $\pm$ 0,071 A	2,45 $\pm$ 0,21 ABC

Controle: produto processado minimamente sem tratamento; T₁ – 1,2 kJ m⁻²; T₂ – 2,4 kJ m⁻²; T₃ – 3,6 kJ m⁻²; T₄ – água potável; T₅ – 0,50 mg L⁻¹/1 min de água ozonizada; T₆ – 1,00 mg L⁻¹/1 min; T₇ – 1,20 mg L⁻¹/1 min.

*medias seguidas de letras distintas na mesma coluna diferem entre si em nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

A legislação brasileira não estipula valores para microorganismos psicrotróficos e mesófilos, mas eles são indicadores de deterioração do produto. De acordo com os resultados encontrados nas análises após 6 dias de armazenamento (Tabela 4) é possível afirmar que baixas doses de radiação UV-C (T₁ e T₂) e baixas concentrações de ozônio na água (T₅ e T₆) são mais efetivas para minimizar o crescimento desses microrganismos. Esses quatro

tratamentos foram estatisticamente significativos em relação aos demais tratamentos e ao controle. Alguns autores preconizam que alimentos contendo contagens microbianas acima de 10^5 UFC g^{-1} podem ser impróprios para consumo humano, não só pelas perdas nutricionais e de aparência, mas especialmente pelo risco de contaminação (VITTI *et al.*, 2004). A presença de microorganismo no produto, além de implicar em redução da vida de prateleira, pode representar risco à saúde do consumidor, uma vez que alguns fungos podem produzir toxinas que comprometem a segurança do alimento. Nesta pesquisa, nenhum dos tratamentos apresentou valores acima de 10^5 UFC g^{-1} ($> 5,0$ Log UFC/g), indicando que o mamão ‘Formosa’ minimamente processado conservado a temperatura de 5 ± 2 °C se mantém próprio para o consumo.

Quanto aos bolores e leveduras verificou-se redução dos valores de 2,08 Log UFC/g da amostra controle para 1,30 Log UFC/g para a amostra T2 ($2,4 \text{ kJ m}^{-2}$) e para 2,02 Log UFC/g para a amostra T6 ($1,00 \text{ mg L}^{-1}$) durante o armazenamento de 6 dias sob refrigeração a 5 ± 2 °C.

Os resultados apresentados nas Tabelas 3 e 4 demonstraram a eficiência da água ozonizada e da radiação UV-C na redução de populações microbianas deteriorantes em mamão ‘Formosa’ minimamente processado, e que baixas doses de radiação de UV-C (T_2) e baixa concentração de água ozonizada (T_5) foram as mais eficientes.

Cor

A cor da polpa do mamão minimamente processado foi caracterizada, como sendo alaranjado-clara ($L = 56,7 \pm 3,4$; $\text{hue} = 50,32^\circ$ e $\text{Croma} = 45,60$). A coloração da polpa, durante o período de armazenamento, apresentou ligeiro decréscimo na cor dos pedaços de mamão, indicada pelo ângulo de cor (hue), cujos valores variaram em relação ao primeiro dia de processamento, porém, houve manutenção da cor alaranjada do produto. Os resultados mostram que não houve influência dos tratamentos na cromaticidade, ou seja, na intensidade dos pigmentos, sendo que, os valores variam apenas para o armazenamento, exceto para os tratamentos com radiação UV-C nas intensidades de $2,4 \text{ kJ m}^{-2}$ e $3,6 \text{ kJ m}^{-2}$ o que mostra que a sanitização e o processamento mínimo de mamão não resultam em perda da coloração do produto, semelhantemente ao encontrado por Souza *et al.*, 2005.

TABELA 5: Valores obtidos da análise de cor em mamão ‘Formosa’ minimamente processado sanitizado com diferentes produtos, logo após o processamento.

Tratamento	Hue	Chroma
C	51,40 ± 2,90 A	45,50 ± 2,20 A
T1	47,90 ± 1,30 A	45,50 ± 1,40 A
T2	50,80 ± 2,80 A	44,90 ± 2,10 A
T3	50,70 ± 2,10 A	43,80 ± 2,0 A
T4	49,50 ± 2,80 A	45,30 ± 0,90 A
T5	51,00 ± 2,0 A	48,20 ± 1,60 A
T6	50,80 ± 3,0 A	45,80 ± 2,40 A
T7	50,50 ± 2,6 A	45,90 ± 2,00 A

Controle: produto processado minimamente sem tratamento; T₁ – 1,2 kJ m⁻²; T₂ – 2,4 kJ m⁻²; T₃ – 3,6 kJ m⁻²; T₄ – água potável; T₅ – 0,75 mg L⁻¹/1 min de água ozonizada; T₆ – 1,25 mg L⁻¹/1 min; T₇ – 1,50 mg L⁻¹/1 min. Os resultados são a média de 3 repetições.

*medias seguidas de letras distintas na mesma coluna diferem entre si em nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

TABELA 6: Valores obtidos da análise de cor em mamão ‘Formosa’ minimamente processado sanitizado com diferentes produtos, armazenado a 5°C±2°C e 95%±5% UR por 6 dias.

Tratamento	Hue	Chroma
C	49,60 ± 2,60 A	40,20 ± 2,40 A
T1	49,80 ± 2,60 A	43,90 ± 1,90 A
T2	52,20 ± 3,00 A	43,70 ± 2,30 A
T3	50,90 ± 2,60 A	42,60 ± 2,40 A
T4	50,40 ± 2,70 A	41,40 ± 4,00 B
T5	48,30 ± 1,20 B	43,50 ± 3,30 B
T6	49,00 ± 1,70 A	42,00 ± 3,90 B
T7	50,90 ± 2,00 A	43,70 ± 2,00 AB

Controle: produto processado minimamente sem tratamento; T₁ – 1,2 kJ m⁻²; T₂ – 2,4 kJ m⁻²; T₃ – 3,6 kJ m⁻²; T₄ – água potável; T₅ – 0,75 mg L⁻¹/1 min de água ozonizada; T₆ – 1,25 mg L⁻¹/1 min; T₇ – 1,50 mg L⁻¹/1 min. Os resultados são a média de 3 repetições.

*medias seguidas de letras distintas na mesma coluna diferem entre si em nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

4.1.2 Fase Comparativa

Análise Microbiológica

Os resultados obtidos nas determinações de *Salmonella* spp. e *E. coli* nas amostras de mamão ‘Formosa’ minimamente processado, nos três experimentos, durante o período de armazenamento na temperatura utilizada, encontram-se de acordo com a legislação vigente que estabelece, entre outros, ausência de *Salmonella* e *E. coli* em 25 g de amostra (BRASIL, 2001).

Os resultados desse experimento são apresentados nas Tabelas de 7 a 10. A presença de coliformes termotolerantes a 45° foi constante durante todo o armazenamento sob temperatura de 5°C $\pm$ 2°C, com resultados idênticos ao dia do processamento, o que indica a eficiência nas boas práticas de fabricação e a ação eficiente dos tratamentos sanitizantes utilizados, além do efeito positivo da temperatura de conservação.

No dia do processamento, houve redução estatisticamente significativa em relação ao controle das bactérias mesófilas e psicotróficas com a aplicação dos tratamentos radiação UV-C, água ozonizada e hipoclorito de sódio. As bactérias mesófilas sofreram redução de, pelo menos, 0,6 Log UFC/g (Tabela 7), enquanto as bactérias psicotróficas tiveram uma redução de, aproximadamente, 1,25 Log UFC/g (Tabela 7). A partir do terceiro dia de armazenamento, a radiação UV-C e a água ozonizada se mostraram mais eficientes que o hipoclorito de sódio (Tabelas 8, 9 e 10). Estes resultados reforçam os resultados que também foram encontrados por Ártes-Hernandes *et al.* (2010) quando utilizaram a radiação UV-C (1,6 e 2,8 kJ m⁻²) em melância cortada em cubos.

Para bolores e leveduras o tratamento T2 (1,00 mg L⁻¹/1 min) apresentou redução de 1,5 Log UFC/g em relação a amostra controle, logo após o processamento, e continuou apresentando os menores valores de crescimento durante o armazenamento de 7 dias sob refrigeração, quando comparados aos resultados apresentados por radiação UV-C e hipoclorito de sódio; apesar desses valores menores não ocorreu diferença significativa em relação à UV-C desde o processamento até o final de 7 dias do armazenamento. Estes resultados concordam com os encontrados por Zu *et al.* (2009) em abacaxi minimamente processado, que também verificaram redução em bolores e leveduras. Nesse experimento a radiação UV-C não se mostrou tão eficiente para bolores e leveduras, quanto à água ozonizada, mas se mostrou mais eficiente que o uso do hipoclorito de sódio. A presença desses microorganismos no produto, além de implicar em redução da vida de prateleira, pode

representar risco à saúde do consumidor, uma vez que alguns fungos podem produzir toxinas que comprometem a segurança do alimento.

TABELA 7: População microbiana em mamão ‘Formosa’ minimamente processado sanitizado com diferentes produtos, logo após o processamento.

Tratamento	Coliformes a 45°C (Log NMP/g)	Bactérias mesófilas (Log UFC/g)	Bactérias Psicrotróficas (Log UFC/g)	Bolores e Leveduras (Log UFC/g)
C	0,50 ± 0,00 A	2,12 ± 0,08 A	2,28 ± 0,06 A	2,80 ± 0,00 A
T1	0,50 ± 0,00 A	1,27 ± 0,06 C	1,00 ± 0,00 B	2,00 ± 0,14 ABC
T2	0,50 ± 0,00 A	1,45 ± 0,05 B	1,00 ± 0,00 B	1,30 ± 0,14 C
T3	0,50 ± 0,00 A	1,42 ± 0,03 B	1,03 ± 0,06 B	1,87 ± 0,04 ABC

Controle: produto processado minimamente sem tratamento; T₁ – UV-C = 1,2 kJ m⁻²;

T₂ – água ozonizada = 1,00 mg L⁻¹/1 min; T₃ – hipoclorito a 150 ppm/15 minutos.

Os resultados são a media de 3 repetições.

*medias seguidas de letras distintas na mesma coluna diferem entre si em nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Após 3 dias de armazenamento (Tabela 8) não houve alteração na população de coliformes termo tolerantes e embora não tenha ocorrido diferença estatística para bactérias psicrotróficas o tratamento com água ozonizada e radiação UV-C mostram uma redução de 1,0 Log UFC/g em relação ao tratamento controle, enquanto o hipoclorito de sódio apenas 0,70 Log UFC/g. Para bactérias mesófilas a redução foi de 1,1 Log UFC/g para o tratamento com água ozonizada e radiação UV-C, enquanto que para o hipoclorito de sódio não há diferença estatística em relação ao controle. Sendo esse último tratamento diferente estatisticamente dos demais.

TABELA 8: População microbiana em mamão ‘Formosa’ minimamente processado sanitizado com diferentes produtos e armazenado a $5^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ e $95\% \pm 5\%$ UR por 3 dias.

Tratamento	Coliformes a 45°C (Log NMP/g)	Bactérias mesófilas (Log UFC/g)	Bactérias Psicrotróficas (Log UFC/g)	Bolores e Leveduras (Log UFC/g)
C	$0,50 \pm 0,00$ A	$2,65 \pm 0,15$ A	$2,03 \pm 0,63$ A	$1,38 \pm 0,10$ A
T1	$0,50 \pm 0,00$ A	$1,50 \pm 0,05$ B	$1,05 \pm 0,90$ A	$1,08 \pm 0,08$ B
T2	$0,50 \pm 0,00$ A	$1,52 \pm 0,29$ B	$1,00 \pm 0,00$ A	$1,02 \pm 0,29$ B
T3	$0,50 \pm 0,00$ A	$2,50 \pm 0,05$ A	$1,38 \pm 0,62$ A	$1,12 \pm 0,12$ B

Controle: produto processado minimamente sem tratamento; T₁ – UV-C = $1,2 \text{ kJ m}^{-2}$;

T₂ – água ozonizada = $1,00 \text{ mg L}^{-1}/1 \text{ min}$; T₃ – hipoclorito a 150 ppm/15 minutos.

Os resultados são a média de 3 repetições.

*medias seguidas de letras distintas na mesma coluna diferem entre si em nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Após o armazenamento de 5 dias (Tabela 9) sob refrigeração o mamão ‘Formosa’ minimamente processado se mantém adequado para o consumo em relação a legislação vigente (BRASIL, 2001). Sendo que o tratamento com água ozonizada e radiação UV-C se mostram melhores em relação ao hipoclorito de sódio. Os resultados demonstraram que a água ozonizada apresenta uma pequena vantagem em relação aos demais tratamentos. Para bactérias mesófilas e psicrotróficas houve uma redução de 1,0 Log UFC/g para o T1 e T2 em relação ao controle e hipoclorito de sódio, sendo estatisticamente diferentes do controle, mas estatisticamente não são diferentes, embora os valores sejam.

TABELA 9: População microbiana em mamão ‘Formosa’ minimamente processado sanitizado com diferentes produtos e armazenado a $5^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ e $95\% \pm 5\%$ UR por 5 dias.

Tratamento	Coliformes a 45°C (Log NMP/g)	Bactérias mesófilas (Log UFC/g)	Bactérias Psicrotróficas (Log UFC/g)	Bolores e Leveduras (Log UFC/g)
C	$0,50 \pm 0,00$ A	$2,90 \pm 0,10$ A	$2,25 \pm 0,30$ A	$2,35 \pm 0,39$ A
T1	$0,50 \pm 0,00$ A	$1,78 \pm 0,03$ B	$1,26 \pm 0,46$ AB	$1,58 \pm 0,20$ B
T2	$0,50 \pm 0,00$ A	$1,88 \pm 0,08$ B	$1,13 \pm 0,23$ B	$1,43 \pm 0,06$ B
T3	$0,50 \pm 0,00$ A	$2,55 \pm 0,28$ A	$2,03 \pm 0,46$ AB	$1,60 \pm 0,22$ B

Controle: produto processado minimamente sem tratamento; T₁ – UV-C = $1,2 \text{ kJ m}^{-2}$;

T₂ – água ozonizada = $1,00 \text{ mg L}^{-1}/1 \text{ min}$; T₃ – hipoclorito a 150 ppm/15 minutos.

Os resultados são a média de 3 repetições.

*medias seguidas de letras distintas na mesma coluna diferem entre si em nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Após 7 dias de armazenamento (Tabela 10) o comportamento das amostras T1 e T2 (UV-C e água ozonizada, respectivamente) é estatisticamente diferente da amostra controle para bactérias mesófilas, psicrotróficas e para bolores e leveduras, apresentando redução de 2,0 Log UFC/g para radiação UV-C e de 1,0 Log UFC/g para água ozonizada em relação as bactérias mesófilas; de 1,0 Log UFC/g para psicrotróficas e bolores e leveduras. Já a amostra sanitizada com hipoclorito de sódio apresentou diferença estatística apenas para bactérias mesófilas com redução de 1 Log em relação ao controle, para bactérias psicrotróficas e bolores e leveduras não houve redução da população microbiana desse tratamento em relação ao controle.

TABELA 10: População microbiana em mamão ‘Formosa’ minimamente processado sanitizado com diferentes produtos e armazenado a $5^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ e $95\% \pm 5\%$ UR por 7 dias.

Tratamento	Coliformes a 45°C (Log NMP/g)	Bactérias mesófilas (Log UFC/g)	Bactérias Psicrotróficas (Log UFC/g)	Bolores e Leveduras (Log UFC/g)
C	$0,50 \pm 0,00$ A	$3,63 \pm 0,20$ A	$2,47 \pm 0,03$ A	$2,67 \pm 0,14$ A
T1	$0,50 \pm 0,00$ A	$1,83 \pm 0,06$ B	$1,28 \pm 0,49$ B	$1,88 \pm 0,03$ B
T2	$0,50 \pm 0,00$ A	$2,27 \pm 0,32$ B	$1,22 \pm 0,38$ B	$1,72 \pm 0,06$ B
T3	$0,50 \pm 0,00$ A	$2,35 \pm 0,26$ B	$2,30 \pm 0,00$ A	$2,43 \pm 0,12$ A

Controle: produto processado minimamente sem tratamento; T₁ – UV-C = $1,2 \text{ kJ m}^{-2}$;

T₂ – água ozonizada = $1,00 \text{ mg L}^{-1}/1 \text{ min}$; T₃ – hipoclorito a 150 ppm/15 minutos.

Os resultados são a média de 3 repetições.

*medias seguidas de letras distintas na mesma coluna diferem entre si em nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Ainda, de acordo com as Tabelas de 7 a 10, é possível observar a eficiência da água ozonizada e da radiação UV-C na redução de populações microbianas em mamão ‘Formosa’ minimamente processado. Os resultados demonstram que baixas doses de radiação de UV-C (T1) e baixa concentração de água ozonizada (T2) são eficientes na redução de bolores e leveduras no armazenamento e comparam-se a eficiência do uso de hipoclorito de sódio. Os resultados mostram que os tratamentos são eficazes para reduzir a população de microrganismos e se conservado a temperatura de $5 \pm 2^{\circ}\text{C}$ se mantém próprio para o consumo ao final de 7 dias de armazenamento, para esse parâmetro.

Análises Físico-Químicas

As análises foram realizadas no início do armazenamento e após 3, 5 e 7 dias. Os resultados das análises de acidez titulável, sólidos solúveis, pH e teor de ácido ascórbico são apresentados nas Tabelas de 11 a 14.

O teor de sólidos solúveis, a acidez titulável e o pH não apresentaram diferença estatística significativa entre os tratamentos. Porém os valores de pH aumentaram gradativamente ao longo do armazenamento, provavelmente devido a taxa de respiração do produto nesse período.

O teor de sólidos solúveis (SS) logo após o processamento variou de 10,30 a 10,83, sendo que ao final do sétimo dia de armazenamento os valores variaram de 11,07 a 11,90, não houve diferença significativa entre os tratamentos.

Os teores de ácido ascórbico nos mamões minimamente processados apresentaram variação ao longo do armazenamento, mas com significância apenas no sétimo dia de armazenamento, sendo que o T3 foi o único que apresentou ligeiro aumento ao longo desse período, variando de 21,64 para 23,87 mg.g⁻¹, logo após o processamento e durante os 7 dias de armazenamento, respectivamente. É sabido que o teor de ácido ascórbico é muito sensível à degradação e as perdas são favorecidas durante o armazenamento, ela é facilmente oxidada.

Como pode ser observado nas tabelas 11 a 14, o teor de ácido ascórbico foi estatisticamente diferente entre o controle e os tratamentos com radiação UV-C e água ozonizada no dia do processamento, aparentemente esses dois processos de sanitização preservam melhor esse parâmetro analisado. Já em relação as amostras sanitizadas com hipoclorito de sódio não houve diferença estatística em relação ao controle.

Durante o armazenamento, o teor de ácido ascórbico tende a reduzir, porém não há diferença estatística entre os tratamentos ao final do sétimo dia, sendo que os três tratamentos são estatisticamente diferentes do controle, que apresentou a maior degradação do teor de ácido ascórbico, logo após o processamento e ao longo de 7 dias de armazenamento sob refrigeração, variando de 22,80 para 17,28 mg.g⁻¹, respectivamente.

TABELA 11: Resultados dos parâmetros acidez titulável, sólidos solúveis, pH e teor de ácido ascórbico obtidos de mamão ‘Formosa’ minimamente processado, sanitizado com diferentes produtos, logo após o processamento.

Tratamento	AT (% de ácido cítrico)	SS (° Brix)	pH	Teor de Ácido Ascórbico (mg.g ⁻¹)
Controle	0,50 ± 0,03 A	10,63 ± 1,62 A	5,18 ± 0,02 A	22,80 ± 0,81 B
T1	0,52 ± 0,00 A	10,73 ± 1,41 A	5,19 ± 0,05 A	26,03 ± 0,61 A
T2	0,53 ± 0,03 A	10,83 ± 1,95 A	5,25 ± 0,08 A	25,20 ± 0,13 A
T3	0,48 ± 0,07 A	10,30 ± 1,71 A	5,21 ± 0,09 A	21,64 ± 0,81 B

Controle: produto processado minimamente sem tratamento; T₁ – UV-C = 1,2 kJ m⁻²;

T₂ – água ozonizada = 1,00 mg L⁻¹/1 min; T₃ – hipoclorito a 150 ppm/15 minutos.

Os resultados são a media de 3 repetições.

*medias seguidas de letras distintas na mesma coluna diferem entre si em nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

TABELA 12: Resultados dos parâmetros acidez titulável, sólidos solúveis, pH e teor de ácido ascórbico obtidos de mamão ‘Formosa’ minimamente processado, sanitizado com diferentes produtos e armazenado a 5°C±2°C e 95%±5% UR por 3 dias.

Tratamento	AT (% de ácido cítrico)	SS (° Brix)	pH	Teor de Ácido Ascórbico (mg.g ⁻¹)
Controle	0,49 ± 0,05 A	11,30 ± 0,34 A	5,35 ± 0,18 A	22,57 ± 1,54 A
T1	0,53 ± 0,01 A	10,57 ± 2,25 A	5,32 ± 0,11 A	21,45 ± 2,24 A
T2	0,51 ± 0,01 A	11,27 ± 2,32 A	5,29 ± 0,09 A	23,37 ± 2,44 A
T3	0,52 ± 0,01 A	10,13 ± 1,94 A	5,23 ± 0,03 A	23,25 ± 1,49 A

Controle: produto processado minimamente sem tratamento; T₁ – UV-C = 1,2 kJ m⁻²;

T₂ – água ozonizada = 1,00 mg L⁻¹/1 min; T₃ – hipoclorito a 150 ppm/15 minutos.

Os resultados são a media de 3 repetições.

*medias seguidas de letras distintas na mesma coluna diferem entre si em nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

TABELA 13: Resultados dos parâmetros acidez titulável, sólidos solúveis, pH e teor de ácido ascórbico obtidos de mamão ‘Formosa’ minimamente processado, sanitizado com diferentes produtos e armazenado a $5^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ e $95\% \pm 5\%$ UR por 5 dias.

Tratamento	AT (% de ácido cítrico)	SS (° Brix)	pH	Teor de Ácido Ascórbico (mg.g ⁻¹)
Controle	$0,52 \pm 0,00$ A	$11,10 \pm 0,85$ A	$5,30 \pm 0,15$ A	$19,66 \pm 1,09$ B
T1	$0,54 \pm 0,03$ A	$11,40 \pm 1,51$ A	$5,30 \pm 0,16$ A	$23,29 \pm 0,57$ A
T2	$0,53 \pm 0,02$ A	$11,33 \pm 1,21$ A	$5,24 \pm 0,21$ A	$24,48 \pm 1,20$ A
T3	$0,53 \pm 0,02$ A	$10,80 \pm 1,82$ A	$5,24 \pm 0,15$ A	$19,72 \pm 1,32$ BC

Controle: produto processado minimamente sem tratamento; T₁ – UV-C = $1,2 \text{ kJ m}^{-2}$;

T₂ – água ozonizada = $1,00 \text{ mg L}^{-1}/1 \text{ min}$; T₃ – hipoclorito a 150 ppm/15 minutos.

Os resultados são a média de 3 repetições.

*medias seguidas de letras distintas na mesma coluna diferem entre si em nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

TABELA 14: Resultados dos parâmetros acidez titulável, sólidos solúveis, pH e teor de ácido ascórbico obtidos de mamão ‘Formosa’ minimamente processado, sanitizado com diferentes produtos e armazenado a $5^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ e $95\% \pm 5\%$ UR por 7 dias.

Tratamento	AT (% de ácido cítrico)	SS (° Brix)	pH	Teor de Ácido Ascórbico (mg.g ⁻¹)
Controle	$0,52 \pm 0,01$ A	$11,54 \pm 0,55$ A	$5,19 \pm 0,13$ A	$17,28 \pm 1,63$ C
T1	$0,53 \pm 0,03$ A	$11,76 \pm 1,02$ A	$5,23 \pm 0,08$ A	$22,32 \pm 0,52$ AB
T2	$0,53 \pm 0,02$ A	$11,90 \pm 0,80$ A	$5,21 \pm 0,08$ A	$19,72 \pm 1,32$ BC
T3	$0,53 \pm 0,02$ A	$11,07 \pm 1,02$ A	$5,20 \pm 0,14$ A	$23,87 \pm 1,87$ A

Controle: produto processado minimamente sem tratamento; T₁ – UV-C = $1,2 \text{ kJ m}^{-2}$;

T₂ – água ozonizada = $1,00 \text{ mg L}^{-1}/1 \text{ min}$; T₃ – hipoclorito a 150 ppm/15 minutos.

Os resultados são a média de 3 repetições.

*medias seguidas de letras distintas na mesma coluna diferem entre si em nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Taxa respiratória

Os resultados da taxa respiratória são apresentados na tabela 15.

Todos os tratamentos apresentaram alta taxa de respiração nas primeiras horas após o processamento, isso pode ter ocorrido devido ao stress causado pelo processamento mínimo, fazendo com que a taxa metabólica aumente. Após 24 horas o produto apresentou queda na taxa respiratória em todos os tratamentos, ao redor de 10 vezes, conforme Tabela 15.

TABELA 15: Taxa respiratória ($\text{mg CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$) do mamão ‘Formosa’ minimamente processado, sanitizado com diferentes produtos, e mantido a $5^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$.

Tratamento	Tempo de análise (h)			
	1	2	3	24
Controle	$85,70 \pm 27,50 \text{ A}$	$55,16 \pm 11,27 \text{ A}$	$44,93 \pm 6,03 \text{ A}$	$9,39 \pm 2,06 \text{ A}$
T1	$84,40 \pm 36,70 \text{ A}$	$52,60 \pm 19,30 \text{ A}$	$42,06 \pm 11,37 \text{ A}$	$8,28 \pm 3,10 \text{ A}$
T2	$92,40 \pm 23,80 \text{ A}$	$58,27 \pm 8,38 \text{ A}$	$44,77 \pm 6,47 \text{ A}$	$11,85 \pm 0,22 \text{ A}$
T3	$89,00 \pm 36,30 \text{ A}$	$52,70 \pm 23,40 \text{ A}$	$44,19 \pm 13,57 \text{ A}$	$9,11 \pm 4,79 \text{ A}$

Controle: produto processado minimamente sem tratamento; T₁ – UV-C = $1,2 \text{ kJ m}^{-2}$;

T₂ – água ozonizada = $1,00 \text{ mg L}^{-1}/1 \text{ min}$; T₃ – hipoclorito a 150 ppm/15 minutos.

Os resultados são a média de 3 repetições.

*medias seguidas de letras distintas na mesma coluna diferem entre si em nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Cor

Os resultados da análise de cor são apresentados nas Tabelas de 16 a 19.

Os resultados mostram uma coloração amarela tendendo para o alaranjado, em todos os tratamentos, uma vez que os valores obtidos do ângulo Hue para o mamão minimamente processado variou de 48,46 a 50,27, logo após o processamento e ao longo de 7 dias de armazenamento, respectivamente.. Segundo o sistema CIELAB, o intervalo entre 0° e 90° indica a cor vermelha e amarela respectivamente, o que significa que quanto menor for o valor mais vermelho é o fruto.

Embora a cor e a descoloração dos alimentos sejam atributos importantes de qualidade, não existe relação com o valor nutricional e sabor, mas implica na intenção de compra como mostram os resultados da análise sensorial (Tabela 20).

A comparação das médias (Tabelas 16 a 19) mostrou que ao longo do armazenamento não ocorreu diferença significativa entre os tratamentos. Apesar disso, o atributo cor foi afetado de modo significativo na avaliação sensorial, cujas notas atribuídas à aparência desses produtos foram estatisticamente diferentes para os períodos de armazenamento.

TABELA 16: Valores obtidos da análise de cor em mamão minimamente processado sanitizado com diferentes produtos, logo após o processamento.

Tratamento	Hue	Chroma
C	50,05 ± 4,31 A	36,41 ± 7,31 A
T1	48,46 ± 4,92 A	34,96 ± 6,98 A
T2	49,92 ± 4,92 A	37,14 ± 8,35 A
T3	50,27 ± 4,08 A	39,86 ± 9,98 A

Controle: produto processado minimamente sem tratamento; T₁ – UV-C = 1,2 kJ m⁻²;

T₂ – água ozonizada = 1,00 mg L⁻¹/1 min; T₃ – hipoclorito a 150 ppm/15 minutos.

Os resultados são a media de 3 repetições.

*medias seguidas de letras distintas na mesma coluna diferem entre si em nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

TABELA 17: Valores obtidos da análise de cor em mamão minimante processado sanitizado com diferentes produtos, armazenado a $5^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ e $95\% \pm 5\%$ UR por 3 dias.

Tratamento	Hue	Chroma
C	$49,93 \pm 4,83$ A	$26,44 \pm 3,07$ A
T1	$45,98 \pm 7,65$ A	$26,51 \pm 2,89$ A
T2	$49,43 \pm 2,25$ A	$27,35 \pm 4,09$ A
T3	$47,79 \pm 3,78$ A	$27,24 \pm 4,45$ A

Controle: produto processado minimamente sem tratamento; T₁ – UV-C = $1,2 \text{ kJ m}^{-2}$;

T₂ – água ozonizada = $1,00 \text{ mg L}^{-1}/1 \text{ min}$; T₃ – hipoclorito a 150 ppm/15 minutos.

Os resultados são a media de 3 repetições.

*medias seguidas de letras distintas na mesma coluna diferem entre si em nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

TABELA 18: Valores obtidos da análise de cor em mamão minimante processado sanitizado com diferentes produtos, armazenado a $5^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ e $95\% \pm 5\%$ UR por 5 dias.

Tratamento	Hue	Chroma
C	$51,21 \pm 4,28$ A	$26,56 \pm 4,59$ A
T1	$50,51 \pm 6,82$ A	$24,48 \pm 4,13$ A
T2	$51,48 \pm 5,88$ A	$26,33 \pm 4,60$ A
T3	$48,50 \pm 4,99$ A	$27,55 \pm 3,33$ A

Controle: produto processado minimamente sem tratamento; T₁ – UV-C = $1,2 \text{ kJ m}^{-2}$;

T₂ – água ozonizada = $1,00 \text{ mg L}^{-1}/1 \text{ min}$; T₃ – hipoclorito a 150 ppm/15 minutos.

Os resultados são a media de 3 repetições.

*medias seguidas de letras distintas na mesma coluna diferem entre si em nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

TABELA 19: Valores obtidos da análise de cor em mamão minimante processado sanitizado com diferentes produtos, armazenado a $5^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ e $95\% \pm 5\%$ UR por 7 dias.

Tratamento	Hue	Chroma
C	$51,06 \pm 4,00$ A	$27,72 \pm 4,69$ A
T1	$51,26 \pm 5,42$ A	$26,84 \pm 3,88$ A
T2	$50,44 \pm 6,27$ A	$27,04 \pm 5,63$ A
T3	$51,50 \pm 6,65$ A	$24,96 \pm 4,48$ A

Controle: produto processado minimamente sem tratamento; T₁ – UV-C = $1,2 \text{ kJ m}^{-2}$;

T₂ – água ozonizada = $1,00 \text{ mg L}^{-1}/1 \text{ min}$; T₃ – hipoclorito a 150 ppm/15 minutos.

Os resultados são a media de 3 repetições.

*medias seguidas de letras distintas na mesma coluna diferem entre si em nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Análise sensorial

Os resultados da análise sensorial, realizadas logo após o processamento e nos dias 3, 5 e 7 de armazenamento a $5\pm 2^{\circ}\text{C}$, são apresentados nas tabelas 20 a 23, para os parâmetros aparência global e intenção de compra, e nas tabelas 24 a 27, para os parâmetros cor, brilho, firmeza, suculência e aroma.

No primeiro dia da análise de aceitação do mamão minimamente processado e intenção de compra o produto sanitizado com UV-C obteve a menor média para aparência global (6,13) que foi significativamente diferente dos demais tratamentos. Porém no terceiro dia da avaliação foi o produto que recebeu a segunda maior nota 6,23, inferior apenas ao produto sem nenhum tipo de tratamento (Controle) e no quinto dia foi o que recebeu maior nota de intenção de compra.

No terceiro dia não houve diferença significativa entre os tratamentos e o controle para nenhum dos parâmetros analisados.

A escala para intenção de compra foi de 1- certamente não compraria até 5- certamente compraria. Logo após o tratamento a média de intenção de compra foi de 4,15 para o T3, 3,53 para o T2 e 3,30 para T1, onde 4 era ‘possivelmente compraria’ e 3 ‘talvez comprasse/talvez não comprasse’, mostrando um interesse maior para o produto sanitizado com hipoclorito de sódio.

Na análise para intenção de compra no terceiro dia não houve diferença significativa entre os tratamentos sendo que a média variou de 3,33 (T1) a 3,60 (C).

No sétimo dia de armazenamento houve diferença significativa entre os tratamentos, sendo que as maiores notas foram para o Controle (3,38) e T2 (3,15), as menores notas foram para T1 (2,20) e T3 (2,10), onde 2 significa provavelmente não compraria. Esses resultados mostram que durante o armazenamento houve redução significativa das médias atribuídas a aparência global e intenção de compra.

Os mamões tenderam a se conservar melhor até o terceiro dia, segundo os resultados obtidos todos os tratamentos deixaram de apresentar notas na faixa de gostei ligeiramente (6) a gostei extremamente (9). Para o atributo intenção de compra passaram a apresentar notas em faixas inferiores a 3 (talvez comprasse/talvez não comprasse).

TABELA 20: Valores obtidos da análise sensorial para aparência global e intenção de compra em mamão ‘Formosa’ minimamente processado sanitizado com diferentes produtos, logo após o processamento.

Tratamento	Aparência Global	Intenção de Compra
C	7,18 ± 0,86 A	4,93 ± 0,71 AB
T1	6,13 ± 0,00 B	3,30 ± 0,12 B
T2	6,23 ± 0,09 A	3,53 ± 0,69 AB
T3	7,33 ± 1,01 A	4,15 ± 0,15 A

Controle: produto processado minimamente sem tratamento; T₁ – UV-C = 1,2 kJ m⁻²;

T₂ – água ozonizada = 1,00 mg L⁻¹/1 min; T₃ – hipoclorito a 150 ppm/15 minutos.

Os resultados são a media de 3 repetições.

*medias seguidas de letras maiúsculas distintas na mesma coluna diferem entre si em nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

TABELA 21: Valores obtidos da análise sensorial para aparência global e intenção de compra em mamão ‘Formosa’ minimamente processado sanitizado com diferentes produtos, armazenado a 5°C±2°C e 95%±5% UR por 3 dias.

Tratamento	Aparência Global	Intenção de Compra
C	6,53 ± 0,30 A	3,60 ± 0,10 A
T1	6,23 ± 0,15 A	3,33 ± 0,20 A
T2	6,10 ± 0,35 A	3,40 ± 0,25 A
T3	6,20 ± 0,25 A	3,45 ± 0,10 A

Controle: produto processado minimamente sem tratamento; T₁ – UV-C = 1,2 kJ m⁻²;

T₂ – água ozonizada = 1,00 mg L⁻¹/1 min; T₃ – hipoclorito a 150 ppm/15 minutos.

Os resultados são a media de 3 repetições.

*medias seguidas de letras maiúsculas distintas na mesma coluna diferem entre si em nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

TABELA 22: Valores obtidos da análise sensorial para aparência global e intenção de compra em mamão ‘Formosa’ minimamente processado sanitizado com diferentes produtos, armazenado a $5^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ e $95\% \pm 5\%$ UR por 5 dias.

Tratamento	Aparência Global	Intenção de Compra
C	$3,67 \pm 0,15$ B	$2,52 \pm 0,20$ B
T1	$5,50 \pm 0,18$ A	$3,38 \pm 0,10$ A
T2	$5,14 \pm 0,15$ A	$2,93 \pm 0,36$ AB
T3	$5,79 \pm 0,20$ A	$3,26 \pm 0,55$ AB

Controle: produto processado minimamente sem tratamento; T₁ – UV-C = $1,2 \text{ kJ m}^{-2}$;

T₂ – água ozonizada = $1,00 \text{ mg L}^{-1}/1 \text{ min}$; T₃ – hipoclorito a 150 ppm/15 minutos.

Os resultados são a media de 3 repetições.

*medias seguidas de letras maiúsculas distintas na mesma coluna diferem entre si em nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

TABELA 23: Valores obtidos da análise sensorial para aparência global e intenção de compra em mamão ‘Formosa’ minimamente processado sanitizado com diferentes produtos, armazenado a $5^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ e $95\% \pm 5\%$ UR por 7 dias.

Tratamento	Aparência Global	Intenção de Compra
C	$5,80 \pm 0,20$ A	$3,38 \pm 0,15$ A
T1	$3,98 \pm 0,25$ B	$2,20 \pm 0,10$ B
T2	$5,53 \pm 0,25$ A	$3,15 \pm 0,15$ A
T3	$3,60 \pm 0,20$ B	$2,10 \pm 0,17$ B

Controle: produto processado minimamente sem tratamento; T₁ – UV-C = $1,2 \text{ kJ m}^{-2}$;

T₂ – água ozonizada = $1,00 \text{ mg L}^{-1}/1 \text{ min}$; T₃ – hipoclorito a 150 ppm/15 minutos.

Os resultados são a media de 3 repetições.

*medias seguidas de letras maiúsculas distintas na mesma coluna diferem entre si em nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

TABELA 24: Resultados obtidos da análise sensorial em mamão ‘Formosa’ minimamente processado sanitizado com diferentes produtos, logo após o processamento.

Trat.	Cor	Brilho	Firmeza	Suculência	Aroma
C	7,43 ± 0,12 A	7,00 ± 0,48 A	7,38 ± 0,39 A	7,15 ± 0,32 A	5,95 ± 0,25 B
T1	6,00 ± 0,50 B	5,60 ± 0,50 B	6,68 ± 0,30 A	6,25 ± 0,40 A	7,58 ± 0,20 A
T2	6,10 ± 0,48 B	5,88 ± 0,65 AB	6,93 ± 0,20 A	6,50 ± 0,36 A	7,28 ± 0,21 A
T3	7,03 ± 0,55 AB	6,93 ± 0,30 A	7,35 ± 0,35 A	7,20 ± 0,30 A	7,60 ± 0,25 A

Trat. = tratamento; Controle: produto processado minimamente sem tratamento; T₁ – UV-C = 1,2 kJ m⁻²; T₂ – água ozonizada = 1,00 mg L⁻¹/1 min; T₃ – hipoclorito a 150 ppm/15 minutos.

Os resultados são a media de 3 repetições.

*medias seguidas de letras maiúsculas distintas na mesma coluna diferem entre si em nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

TABELA 25: Resultados obtidos da análise sensorial em mamão ‘Formosa’ minimamente processado sanitizado com diferentes produtos, armazenado a 5°C±2°C e 95%±5% UR por 3 dias.

Trat.	Cor	Brilho	Firmeza	Suculência	Aroma
C	6,43 ± 0,27 A	6,13 ± 0,25 A	6,73 ± 0,10 A	6,75 ± 0,25 A	6,78 ± 0,25 A
T1	6,00 ± 0,25 A	5,53 ± 0,37 A	6,80 ± 0,18 A	6,35 ± 0,30 A	6,68 ± 0,23 A
T2	5,83 ± 0,35 A	5,55 ± 0,35 A	6,78 ± 0,15 A	6,23 ± 0,35 A	7,10 ± 0,20 A
T3	6,25 ± 0,30 A	5,63 ± 0,25 A	6,55 ± 0,10 A	6,03 ± 0,32 A	6,60 ± 0,34 A

Trat. = tratamento; Controle: produto processado minimamente sem tratamento; T₁ – UV-C = 1,2 kJ m⁻²; T₂ – água ozonizada = 1,00 mg L⁻¹/1 min; T₃ – hipoclorito a 150 ppm/15 minutos.

Os resultados são a media de 3 repetições.

*medias seguidas de letras maiúsculas distintas na mesma coluna diferem entre si em nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

TABELA 26: Resultados obtidos da análise sensorial em mamão ‘Formosa’ minimamente processado sanitizado com diferentes produtos, armazenado a $5^{\circ}\text{C}\pm 2^{\circ}\text{C}$ e $95\%\pm 5\%$ UR por 5 dias.

Trat.	Cor	Brilho	Firmeza	Suculência	Aroma
C	$4,07 \pm 0,55$ B	$4,10 \pm 0,48$ B	$4,86 \pm 0,30$ B	$4,52 \pm 0,50$ A	$5,17 \pm 0,55$ A
T1	$5,62 \pm 0,25$ A	$5,07 \pm 0,50$ AB	$6,05 \pm 0,20$ A	$5,55 \pm 0,50$ A	$6,24 \pm 0,58$ A
T2	$5,17 \pm 0,30$ AB	$4,43 \pm 0,47$ AB	$6,29 \pm 0,25$ A	$5,17 \pm 0,15$ A	$6,17 \pm 0,58$ A
T3	$5,36 \pm 0,20$ A	$5,43 \pm 0,45$ A	$6,10 \pm 0,25$ A	$5,48 \pm 0,50$ A	$5,74 \pm 0,35$ A

Trat. = tratamento; Controle: produto processado minimamente sem tratamento; T₁ – UV-C = $1,2 \text{ kJ m}^{-2}$; T₂ – água ozonizada = $1,00 \text{ mg L}^{-1}/1 \text{ min}$; T₃ – hipoclorito a 150 ppm/15 minutos. Os resultados são a media de 3 repetições.

*medias seguidas de letras maiúsculas distintas na mesma coluna diferem entre si em nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

TABELA 27: Resultados obtidos da análise sensorial em mamão ‘Formosa’ minimamente processado sanitizado com diferentes produtos, armazenado a $5^{\circ}\text{C}\pm 2^{\circ}\text{C}$ e $95\%\pm 5\%$ UR por 7 dias.

Trat.	Cor	Brilho	Firmeza	Suculência	Aroma
C	$5,93 \pm 0,30$ A	$5,65 \pm 0,40$ A	$5,88 \pm 0,35$ A	$5,63 \pm 0,21$ A	$5,80 \pm 0,55$ AB
T1	$3,88 \pm 0,20$ B	$3,55 \pm 0,20$ B	$4,85 \pm 0,56$ A	$4,38 \pm 0,20$ B	$5,40 \pm 0,50$ AB
T2	$5,55 \pm 0,20$ A	$4,90 \pm 0,30$ A	$6,05 \pm 0,60$ A	$5,55 \pm 0,29$ A	$6,30 \pm 0,38$ A
T3	$3,33 \pm 0,30$ B	$3,33 \pm 0,30$ B	$4,88 \pm 0,57$ A	$4,25 \pm 0,15$ B	$4,83 \pm 0,55$ B

Trat. = tratamento; Controle: produto processado minimamente sem tratamento; T₁ – UV-C = $1,2 \text{ kJ m}^{-2}$; T₂ – água ozonizada = $1,00 \text{ mg L}^{-1}/1 \text{ min}$; T₃ – hipoclorito a 150 ppm/15 minutos. Os resultados são a media de 3 repetições.

*medias seguidas de letras maiúsculas distintas na mesma coluna diferem entre si em nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Firmeza

Os resultados da análise de firmeza dos mamões minimamente processados apresentou diferença significativa entre o controle e os tratamentos com UV-C e água ozonizada em relação ao hipoclorito de sódio, conforme dados apresentados na tabela 15, porém ao final do armazenamento não houve diferença significativa entre eles.

Em alguns dias os valores aumentaram e em outros diminuíram, não houve um comportamento coerente, exceção apenas para o T3 (hipoclorito de sódio) que a firmeza foi declinando ao longo do armazenamento, o que era esperado pela solubilização das pectinas. Nos demais tratamentos, o comportamento da firmeza durante o armazenamento foi semelhante, com aumento ao final do período de armazenamento, porém sem diferença significativa entre eles.

O aumento da firmeza pode estar relacionado à perda de umidade (SOUZA *et al.*, 2005) e/ou à lignificação provocada pelo stress dos tecidos que aumenta a resistência dos mesmos, segundo Jacomino *et al.* (2008).

TABELA 28: Análise da Firmeza (N) nas amostras de mamão “Formosa” minimamente processado, sanitizado com diferentes produtos, e armazenado a $5\pm 2^{\circ}\text{C}$ por 7 dias.

Tratamento	Tempo de armazenamento (dias)			
	0	3	5	7
Controle	$0,82 \pm 0,02$ B	$0,72 \pm 0,03$ C	$0,95 \pm 0,04$ A	$0,91 \pm 0,12$ A
T1	$0,60 \pm 0,02$ C	$0,87 \pm 0,02$ B	$0,68 \pm 0,17$ B	$1,02 \pm 0,09$ A
T2	$0,90 \pm 0,15$ B	$0,77 \pm 0,02$ BC	$0,75 \pm 0,04$ AB	$1,04 \pm 0,11$ A
T3	$1,35 \pm 0,07$ A	$1,05 \pm 0,08$ A	$0,86 \pm 0,03$ AB	$0,87 \pm 0,03$ A

Controle: produto processado minimamente sem tratamento; T₁ – UV-C = $1,2 \text{ kJ m}^{-2}$;

T₂ – água ozonizada = $1,00 \text{ mg L}^{-1}/1 \text{ min}$; T₃ – hipoclorito a 150 ppm/15 minutos.

Os resultados são a média de 3 repetições.

*medias seguidas de letras distintas na mesma coluna diferem entre si em nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

4.2 Alface ‘Americana’ minimamente processada

4.2.1 Fase Exploratória

Não foram detectadas presença de *Salmonella* spp. e *E. coli* em nenhuma das amostras, demonstrando boas práticas na produção agrícola e no processamento, como também a eficiência dos tratamentos aplicados. Os resultados atendem a Resolução RDC n° 12 (BRASIL, 2001), que estabelece a ausência de *Salmonella* spp., e de um máximo de 5×10^2 NMP g⁻¹ de coliformes totais.

Para Coliformes à 45°C, embora não tenha apresentado diferença estatística entre os tratamentos (Tabelas 29 e 30), observa-se que o tratamento T5 com 2,4 kJ m⁻² apresentou redução de 1 Log NMP/g, logo após o processamento e de 0,5 log após os 6 dias de armazenamento.

Em relação às bactérias mesófilas, não ocorreu diferença estatística significativa para os tratamentos, mas a aplicação de radiação UV-C se mostrou mais eficiente que a água ozonizada na sanitização, logo após o processamento mínimo de alface ‘Americana’, sendo que entre o controle e o T5 a redução para bactérias mesófilas foi de 0,55 Log UFC/g. Os resultados obtidos no presente trabalho (Tabelas 29 e 30) enfatizam os resultados alcançados por Selma *et al.* (2008), onde todos os tratamentos com radiação UV-C reduziram o crescimento da microflora natural de rúcula minimamente processada.

Para bactérias psicrotróficas o melhor resultado foi do T4 com redução de 1,1 Log UFC/g. Para esse grupo de bactérias os tratamentos foram eficientes no primeiro dia e ao longo do armazenamento nas menores concentrações de água ozonizada e nas maiores intensidades de radiação UV-C (Tabelas 29 e 30).

Em relação aos bolores e leveduras não houve diferença estatística entre o controle e os demais tratamentos. Embora não exista legislação preconizando a contagem ideal para o parâmetro bolores e leveduras, sugere-se que não ultrapasse 10^6 UFC g⁻¹ (BUCK *et al.*, 2003). Neste experimento todas as amostras ficaram abaixo desse valor, incluído as amostras do controle tanto no dia do processamento como ao longo dos 6 dias de armazenamento a $3 \pm 2^\circ\text{C}$ e $95 \pm 5\%$ UR.

Os resultados encontrados nesse experimento sugerem que a água ozonizada em baixas concentrações e a radiação UV-C em baixa intensidade, aliadas as boas práticas de fabricação e o uso de refrigeração, são eficientes no controle da população microbiana,

mantendo a alface ‘Americana’ minimamente processada própria para o consumo por no mínimo 6 dias de armazenamento refrigerado a $3^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$.

TABELA 29: População microbiana em alface ‘Americana’ minimamente processada, sanitizada com radiação UV-C e água ozonizada, logo após o processamento.

Tratamento	Coliformes a 45°C (Log NMP/g)	Bactérias mesófilas (Log UFC/g)	Bactérias Psicrotróficas (Log UFC/g)	Bolores e Leveduras (Log UFC/g)
Controle	$1,60 \pm 0,49$ A	$3,30 \pm 0,28$ A	$3,42 \pm 0,03$ AB	$1,08 \pm 0,03$ A
T1	$1,77 \pm 0,25$ A	$3,57 \pm 0,60$ A	$3,22 \pm 0,03$ ABC	$1,40 \pm 0,56$ A
T2	$1,60 \pm 0,49$ A	$3,40 \pm 0,42$ A	$3,20 \pm 0,00$ BC	$1,10 \pm 0,14$ A
T3	$1,95 \pm 0,00$ A	$3,55 \pm 0,49$ A	$2,77 \pm 0,03$ CD	$1,20 \pm 0,28$ A
T4	$1,22 \pm 1,02$ A	$3,37 \pm 0,53$ A	$2,30 \pm 0,28$ D	$1,35 \pm 0,49$ A
T5	$1,22 \pm 1,02$ A	$2,75 \pm 0,21$ A	$2,50 \pm 0,28$ D	$1,40 \pm 0,56$ A
T6	$0,50 \pm 0,00$ A	$3,67 \pm 0,25$ A	$2,42 \pm 0,18$ D	$1,00 \pm 0,00$ A
T7	$0,50 \pm 0,00$ A	$3,72 \pm 0,18$ A	$3,85 \pm 0,07$ A	$2,17 \pm 0,32$ A

Controle: produto processado minimamente sem tratamento; T₁ – $0,5 \text{ mg L}^{-1}/1 \text{ min}$ de água ozonizada; T₂ – $1,0 \text{ mg L}^{-1}/1 \text{ min}$; T₃ – $1,2 \text{ mg L}^{-1}/1 \text{ min}$; T₄ – $1,2 \text{ kJ m}^{-2}$; T₅ – $2,4 \text{ kJ m}^{-2}$; T₆ – $3,6 \text{ kJ m}^{-2}$; T₇ – água potável. Os resultados são a média de 3 repetições.

*medias seguidas de letras distintas na mesma coluna diferem entre si em nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

TABELA 30: População microbiana em alface ‘Americana’ minimamente processada, sanitizada com radiação UV-C e água ozonizada, e armazenada a $3^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ e $95\% \pm 5\%$ de UR por 6 dias.

Tratamento	Coliformes a 45°C (Log NMP/g)	Bactérias mesófilas (Log UFC/g)	Bactérias Psicrotróficas (Log UFC/g)	Bolores e Leveduras (Log UFC/g)
Controle	$2,22 \pm 1,02$ A	$4,10 \pm 0,71$ A	$4,57 \pm 0,46$ A	$3,00 \pm 0,07$ A
T1	$2,22 \pm 1,02$ A	$3,55 \pm 0,57$ A	$3,52 \pm 0,11$ ABC	$3,50 \pm 0,28$ A
T2	$2,25 \pm 1,02$ A	$3,62 \pm 0,60$ A	$3,72 \pm 0,32$ ABC	$3,20 \pm 0,14$ A
T3	$1,95 \pm 0,00$ A	$4,22 \pm 0,25$ A	$3,25 \pm 0,35$ BC	$3,20 \pm 0,14$ A
T4	$1,72 \pm 0,32$ A	$3,60 \pm 0,14$ A	$2,80 \pm 0,07$ C	$3,47 \pm 0,60$ A
T5	$1,72 \pm 0,32$ A	$2,60 \pm 0,21$ A	$3,12 \pm 0,11$ C	$3,47 \pm 0,11$ A
T6	$1,72 \pm 0,32$ A	$3,90 \pm 0,21$ A	$3,50 \pm 0,35$ ABC	$3,55 \pm 0,35$ A
T7	$2,67 \pm 0,39$ A	$3,95 \pm 0,21$ A	$4,40 \pm 0,35$ AB	$2,47 \pm 0,25$ A

Controle: produto processado minimamente sem tratamento; T₁ – $0,5 \text{ mg L}^{-1}/1 \text{ min}$ de água ozonizada; T₂ – $1,0 \text{ mg L}^{-1}/1 \text{ min}$; T₃ – $1,2 \text{ mg L}^{-1}/1 \text{ min}$; T₄ – $1,2 \text{ kJ m}^{-2}$; T₅ – $2,4 \text{ kJ m}^{-2}$; T₆ – $3,6 \text{ kJ m}^{-2}$; T₇ – água potável. Os resultados são a média de 3 repetições.

*medias seguidas de letras distintas na mesma coluna diferem entre si em nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Cor

A análise de cor por meio dos parâmetros croma e Hue, calculados a partir dos valores L^* a^* b^* , representam as medidas objetivas de cor percebidas pelo olho humano.

A coloração da alface ‘Americana’ minimamente processada está indicada pelo ângulo de cor (Hue), cujos valores variaram em relação ao primeiro dia de processamento, porém, houve manutenção da cor do produto (Tabelas 31 e 32). Os resultados mostram que não houve influência dos tratamentos na cromaticidade, ou seja, na intensidade dos pigmentos, e que a sanitização e o processamento mínimo de alface ‘Americana’ não resultam em perda da coloração do produto.

A tonalidade das folhas depende da relação entre os valores de a^* e b^* , que é o valor do ângulo Hue, para que possam distinguir tons diferentes para uma mesma

luminosidade. Os valores indicados por esse parâmetro variaram em relação ao primeiro dia de processamento, porém, houve manutenção da cor do produto.

A cromaticidade define a intensidade da cor, sendo as mais opacas com valores próximos de zero e, com maior vivacidade aqueles próximos de 60. Assim, quanto maior o valor, mais puras e fortes são as cores e, em menores valores, as cores se mostram mais mescladas. Nesse experimento não houve diferença entre os tratamentos no dia do processamento mínimo, variando de $33,80 \pm 1,37$ a $37,86 \pm 1,90$ e durante o armazenamento, variando de $32,57 \pm 6,26$ a $35,14 \pm 0,23$.

Os resultados mostram que não houve influência dos tratamentos na cromaticidade, sendo que, os valores decresceram ligeiramente para o armazenamento o que mostra que a sanitização e o processamento mínimo de alface ‘Americana’ não resulta em perda da coloração do produto, que é um atributo de qualidade para o consumidor na hora da compra.

TABELA 31: Resultados obtidos da análise de cor em alface ‘Americana’ minimamente processada, sanitizada com radiação UV-C e água ozonizada, logo após o processamento.

Tratamento	Hue	Chroma
C	$104,49 \pm 0,55$ A	$37,86 \pm 1,90$ A
T1	$101,69 \pm 0,43$ A	$37,77 \pm 4,43$ A
T2	$103,01 \pm 2,11$ A	$35,74 \pm 0,08$ A
T3	$102,92 \pm 1,53$ A	$34,83 \pm 1,37$ A
T4	$101,46 \pm 1,78$ A	$36,58 \pm 3,13$ A
T5	$104,42 \pm 1,87$ A	$35,98 \pm 0,73$ A
T6	$102,11 \pm 2,96$ A	$33,80 \pm 0,85$ A

Controle: produto processado minimamente sem tratamento; T₁ – 0,5 mg L⁻¹/1 min de água ozonizada; T₂ – 1,0 mg L⁻¹/1 min; T₃ – 1,2 mg L⁻¹/1 min; T₄ – 1,2 kJ m⁻²; T₅ – 2,4 kJ m⁻²; T₆ – 3,6 kJ m⁻²; T₇ – água potável. Os resultados são a média de 3 repetições.

*medias seguidas de letras distintas na mesma coluna diferem entre si em nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

TABELA 32: Resultados obtidos da análise de cor em alface ‘Americana’ minimamente processada, sanitizada com radiação UV-C e água ozonizada, e armazenada a $3^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ e $95\% \pm 5\%$ de UR por 6 dias.

Tratamento	Hue	Chroma
C	$101,86 \pm 0,33 \text{ A}$	$33,89 \pm 0,57 \text{ A}$
T1	$103,29 \pm 0,99 \text{ A}$	$33,83 \pm 1,51 \text{ A}$
T2	$103,66 \pm 2,33 \text{ A}$	$34,17 \pm 9,23 \text{ A}$
T3	$103,92 \pm 1,67 \text{ A}$	$35,14 \pm 0,23 \text{ A}$
T4	$101,18 \pm 2,44 \text{ A}$	$33,00 \pm 5,51 \text{ A}$
T5	$101,32 \pm 2,38 \text{ A}$	$33,12 \pm 6,34 \text{ A}$
T6	$101,25 \pm 2,34 \text{ A}$	$32,57 \pm 6,26 \text{ A}$

Controle: produto processado minimamente sem tratamento; T₁ – 0,5 mg L⁻¹/1 min de água ozonizada; T₂ – 1,0 mg L⁻¹/1 min; T₃ – 1,2 mg L⁻¹/1 min; T₄ – 1,2 kJ m⁻²; T₅ – 2,4 kJ m⁻²; T₆ – 3,6 kJ m⁻²; T₇ – água potável. Os resultados são a média de 3 repetições.

*medias seguidas de letras distintas na mesma coluna diferem entre si em nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

De acordo com os resultados obtidos na primeira fase dos experimentos com alface ‘Americana’ minimamente processada, os tratamentos selecionados para a fase seguinte foram: 1,0 mg L⁻¹/1 min de água ozonizada e 2,4 kJ m⁻² para radiação UV-C.

4.2.2 Fase Comparativa

Durante o processamento e ao longo do período de armazenamento não foi detectada a presença de *E.coli* e *Salmonella* em nenhuma das amostras analisadas, o que está de acordo com os padrões microbiológicos estabelecidos pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária (BRASIL, 2001). Estes resultados indicam que as práticas de higiene e o processo de sanitização aplicado nas alfaces minimamente processadas foram eficazes.

Para coliformes à termotolerantes a 45° os valores foram inferiores a 10^2 NMP g⁻¹. Estes resultados mostram a eficiência nos cuidados higiênicos e a ação dos produtos testados, como pode ser observado nas Tabelas 33 a 36. Soares (2012), em um trabalho realizado em Campinas – SP, encontrou contagem de coliformes termotolerantes maiores que $1,1 \times 10^3$ UFC.g⁻¹, e afirmou que o foco de contaminação das hortaliças foi a água de irrigação.

Logo após o processamento, só ocorreu diferença estatística para as bactérias psicrotróficas, com redução de 0,5 Log UFC/g para o tratamento com água ozonizada (T2). Ao longo do armazenamento esse comportamento se mantém, sendo o T2 estatisticamente diferente do controle (C) no terceiro e quinto dia de armazenamento. Foi observada a redução de 1,0 Log UFC/g para bolores e leveduras nesse mesmo período e de 1,0 Log UFC/g para bactérias mesófilas no terceiro dia de armazenamento e de 1,0 Log UFC/g para psicrotróficos no quinto dia de armazenamento. Com relação às bactérias psicrotróficas, Prestes (2007) encontrou $1,74 \times 10^2$ UFC.g⁻¹ nas amostras de alface e rúcula pesquisadas.

Para bolores e leveduras, o tratamento T2 ($1,00 \text{ mg L}^{-1}/1 \text{ min}$) apresentou os melhores resultados, mostrando a ação positiva da água ozonizada na inibição do desenvolvimento desses microrganismos, durante o processamento e ao longo do armazenamento refrigerado. Além disso, os bolores e leveduras também em função da atmosfera modificada promovida pela embalagem que proporcionou aumento de CO₂ e a redução de O₂. Resultados semelhantes foram observados por Karaca e Veliloglu (2014), indicando que a eficiência da água ozonizada foi muito próxima da eficiência do cloro. Apesar de que, no geral, a quantidade de bolores e leveduras encontrada em um produto não oferecer riscos à saúde, o crescimento desses microrganismos comprometem a aparência, o sabor e o aroma do produto, reduzindo sua aceitação sensorial.

Quanto a bactérias mesófilas, verificaram-se valores muito próximos de 10^5 (5,0 Log UFC/g) após o quinto dia de armazenamento para todos os tratamentos desse estudo, conforme pode ser observado nas Tabelas 35 e 36. Demonstrando que os tratamentos não

apresentaram efeito positivo na redução desses microrganismos. Contrariando esses resultados, Zhang et al (2005) relatam que o tratamento com água ozonizada apresentou o melhor efeito na preservação de aipo minimamente processado, com redução da população microbiana em 1,69 Log UFC/g.

TABELA 33. População microbiana em alface “Americana” minimamente processada sanitizada com diferentes produtos, logo após o processamento.

Tratamento	Coliformes à 45°C (Log NMP/g)	Bactérias mesófilas (Log UFC/g)	Bactérias Psicrotróficas (Log UFC/g)	Bolores e Leveduras (Log UFC/g)
C	0,70 ± 0,35 A	2,68 ± 0,19 A	2,52 ± 0,15 AB	1,48 ± 0,10 A
T1	0,50 ± 0,00 A	2,33 ± 0,32 A	2,37 ± 0,15 AB	1,37 ± 0,23 A
T2	0,50 ± 0,00 A	2,23 ± 0,22 A	2,08 ± 0,07 B	1,00 ± 0,00 A
T3	0,50 ± 0,00 A	2,22 ± 0,23 A	2,72 ± 0,26 A	1,33 ± 0,49 A

Controle: produto processado minimamente sem tratamento; T₁ – 2,4 kJ m⁻²; T₂ – 1,00 mg L⁻¹/1 min; T₃ – hipoclorito a 150 ppm/15 minutos.

Os resultados são a media de 3 repetições.

*medias seguidas de letras distintas na mesma coluna diferem entre si em nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

TABELA 34: População microbiana em alface “Americana” minimamente processada sanitizada com diferentes produtos, armazenado a 3°C±2°C e 95%±5% UR por 3 dias.

Tratamento	Coliformes à 45°C (Log NMP/g)	Bactérias mesófilas (Log UFC/g)	Bactérias Psicrotróficas (Log UFC/g)	Bolores e Leveduras (Log UFC/g)
C	0,78 ± 0,49 A	3,92 ± 0,03 A	2,83 ± 0,10 A	1,80 ± 0,26 A
T1	0,70 ± 0,34 A	3,90 ± 0,10 A	2,62 ± 0,23 A	1,23 ± 0,20 B
T2	0,50 ± 0,00 A	2,87 ± 0,70 B	2,18 ± 0,16 B	0,95 ± 0,09 B
T3	0,50 ± 0,00 A	3,78 ± 0,03 AB	2,67 ± 0,08 A	2,05 ± 0,18 A

Controle: produto processado minimamente sem tratamento; T₁ – 2,4 kJ m⁻²; T₂ – 1,00 mg L⁻¹/1 min; T₃ – hipoclorito a 150 ppm/15 minutos.

Os resultados são a media de 3 repetições.

*medias seguidas de letras distintas na mesma coluna diferem entre si em nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

TABELA 35: População microbiana em alface “Americana” minimamente processada sanitizada com diferentes produtos, armazenado a $3^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ e $95\% \pm 5\%$ UR por 5 dias.

Tratamento	Coliformes à 45°C (Log NMP/g)	Bactérias mesófilas (Log UFC/g)	Bactérias Psicrotróficas (Log UFC/g)	Bolores e Leveduras (Log UFC/g)
C	$1,12 \pm 0,55$ A	$4,68 \pm 0,02$ AB	$3,58 \pm 0,40$ A	$1,78 \pm 0,14$ A
T1	$0,70 \pm 0,34$ A	$5,25 \pm 0,05$ A	$3,03 \pm 0,08$ AB	$1,83 \pm 0,16$ A
T2	$0,50 \pm 0,00$ A	$4,48 \pm 0,39$ B	$2,22 \pm 0,21$ C	$0,95 \pm 0,87$ B
T3	$0,50 \pm 0,00$ A	$4,58 \pm 0,26$ B	$2,70 \pm 0,13$ BC	$1,78 \pm 0,20$ A

Controle: produto processado minimamente sem tratamento; T₁ – $2,4 \text{ kJ m}^{-2}$; T₂ – $1,00 \text{ mg L}^{-1}/1 \text{ min}$; T₃ – hipoclorito a 150 ppm/15 minutos.

Os resultados são a media de 3 repetições.

*medias seguidas de letras distintas na mesma coluna diferem entre si em nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

TABELA 36: População microbiana em alface “Americana” minimamente processada sanitizada com diferentes produtos, armazenado a $3^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ e $95\% \pm 5\%$ UR por 7 dias.

	Coliformes à 45°C (Log NMP/g)	Bactérias mesófilas (Log UFC/g)	Bactérias Psicrotróficas (Log UFC/g)	Bolores e Leveduras (Log UFC/g)
C	$1,22 \pm 0,66$ A	$5,30 \pm 0,20$ A	$4,13 \pm 0,13$ A	$1,87 \pm 0,10$ B
T1	$0,72 \pm 0,37$ A	$4,42 \pm 0,38$ B	$3,67 \pm 0,20$ AB	$1,58 \pm 0,06$ B
T2	$0,50 \pm 0,00$ A	$3,75 \pm 0,15$ C	$3,27 \pm 0,06$ B	$1,08 \pm 0,14$ C
T3	$0,50 \pm 0,33$ A	$4,68 \pm 0,03$ B	$3,35 \pm 0,35$ B	$2,28 \pm 0,15$ A

Controle: produto processado minimamente sem tratamento; T₁ – $2,4 \text{ kJ m}^{-2}$; T₂ – $1,00 \text{ mg L}^{-1}/1 \text{ min}$; T₃ – hipoclorito a 150 ppm/15 minutos.

Os resultados são a media de 3 repetições.

*medias seguidas de letras distintas na mesma coluna diferem entre si em nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Análises Físico-Químicas

Os resultados das análises físico-químicas são apresentados nas tabelas de 37 a 40.

Não houve alteração no teor de sólidos solúveis no decorrer do armazenamento sob refrigeração, iniciando com 1,34 °Brix e permanecendo nesse valor por todo tempo. Houve um pequeno aumento dos sólidos solúveis no quinto dia de armazenamento, mas sem diferença significativa entre os tratamentos e o controle, voltando aos valores iniciais no sétimo dia, como mostram as Tabelas 37 a 40.

Os valores de pH não aumentaram significativamente durante o armazenamento, o que era esperado, devido a taxa de respiração do produto. E o comportamento desse parâmetro foi semelhante entre os tratamentos sem diferença estatística. Resultados semelhantes foram obtidos por Karaca e Velioglu (2014) ao estudar o efeito de água ozonizada e cloro na sanitização de alface, espinafre e salsa e concluíram que esses tratamentos não causam quaisquer efeitos prejudiciais sobre as características químicas dos vegetais.

Os teores de ácido ascórbico nas alfaces minimamente processadas sem tratamento (C) e o T3 apresentaram declínio durante o armazenamento. Já os tratamentos com UV-C (T1) e com água ozonizada (T2) tenderam a um ligeiro aumento durante o armazenamento refrigerado, sendo estatisticamente diferente do controle logo após o processamento e ao longo do armazenamento, essa tendência pode ser explicada pela perda de massa no decorrer do armazenamento.

TABELA 37: Resultados obtidos dos parâmetros acidez titulável, sólidos solúveis, pH e teor de ácido ascórbico obtidos de alface ‘Americana’ minimamente processada, sanitizada com diferentes produtos, logo após o processamento.

Tratamento	AT (% de ácido cítrico)	SS (° Brix)	pH	Teor de Ácido Ascórbico (mg g ⁻¹)
Controle	0,04 ± 0,01 A	1,34 ± 0,00 A	5,75 ± 0,00 A	0,39 ± 0,02 B
T1	0,04 ± 0,01 A	1,34 ± 0,00 A	5,73 ± 0,00 A	0,41 ± 0,02 AB
T2	0,04 ± 0,01 A	1,34 ± 0,00 A	5,73 ± 0,25 A	0,47 ± 0,03 A
T3	0,04 ± 0,00 A	1,34 ± 0,00 A	5,63 ± 0,01 A	0,40 ± 0,02 B

Controle: produto processado minimamente sem tratamento; T₁ – 2,4 kJ m⁻²; T₂ – 1,00 mg L⁻¹/1 min; T₃ – hipoclorito a 150 ppm/15 minutos.

Os resultados são a media de 3 repetições.

*medias seguidas de letras distintas na mesma coluna diferem entre si em nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

TABELA 38: Resultados obtidos dos parâmetros acidez titulável, sólidos solúveis, pH e teor de ácido ascórbico obtidos de alface ‘Americana’ minimamente processada, sanitizada com diferentes produtos, armazenada a 3°C±2°C e 95%±5% UR por 3 dias.

Tratamento	AT (% de ácido cítrico)	SS (° Brix)	pH	Teor de Ácido Ascórbico (mg g ⁻¹)
Controle	0,03 ± 0,01 A	1,34 ± 0,00 A	6,10± 0,08 A	0,55 ± 0,04 AB
T1	0,03 ± 0,01 A	1,34 ± 0,00 A	6,10 ± 0,11 A	0,32 ± 0,00 B
T2	0,03 ± 0,00 A	1,34 ± 0,00 A	6,11 ± 0,11 A	0,41 ± 0,04 B
T3	0,03 ± 0,00 A	1,34 ± 0,00 A	6,14 ± 0,14 A	0,40 ± 0,03 B

Controle: produto processado minimamente sem tratamento; T₁ – 2,4 kJ m⁻²; T₂ – 1,00 mg L⁻¹/1 min; T₃ – hipoclorito a 150 ppm/15 minutos.

Os resultados são a media de 3 repetições.

*medias seguidas de letras distintas na mesma coluna diferem entre si em nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

TABELA 39: Resultados obtidos dos parâmetros acidez titulável, sólidos solúveis, pH e teor de ácido ascórbico obtidos de alface ‘Americana’ minimamente processada, sanitizada com diferentes produtos, armazenada a $3^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ e $95\% \pm 5\%$ UR por 5 dias.

Tratamento	AT (% de ácido cítrico)	SS (° Brix)	pH	Teor de Ácido Ascórbico (mg g ⁻¹)
Controle	$0,04 \pm 0,02$ A	$1,69 \pm 0,61$ A	$6,00 \pm 0,03$ A	$0,74 \pm 0,07$ A
T1	$0,04 \pm 0,02$ A	$1,66 \pm 0,55$ A	$6,11 \pm 0,19$ A	$0,43 \pm 0,05$ B
T2	$0,04 \pm 0,01$ A	$1,66 \pm 0,55$ A	$6,17 \pm 0,11$ A	$0,43 \pm 0,04$ B
T3	$0,04 \pm 0,01$ A	$1,62 \pm 0,50$ A	$6,03 \pm 0,11$ A	$0,41 \pm 0,03$ B

Controle: produto processado minimamente sem tratamento; T₁ – $2,4 \text{ kJ m}^{-2}$; T₂ – $1,00 \text{ mg L}^{-1}/1 \text{ min}$; T₃ – hipoclorito a 150 ppm/15 minutos.

Os resultados são a media de 3 repetições.

*medias seguidas de letras distintas na mesma coluna diferem entre si em nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

TABELA 40: Resultados obtidos dos parâmetros acidez titulável, sólidos solúveis, pH e teor de ácido ascórbico obtidos de alface ‘Americana’ minimamente processada, sanitizada com diferentes produtos, armazenada a $3^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ e $95\% \pm 5\%$ UR por 7 dias.

Tratamento	AT (% de ácido cítrico)	SS (° Brix)	pH	Teor de Ácido Ascórbico (mg g ⁻¹)
Controle	$0,04 \pm 0,02$ A	$1,34 \pm 0,00$ A	$6,25 \pm 0,30$ A	$0,21 \pm 0,02$ C
T1	$0,04 \pm 0,01$ A	$1,34 \pm 0,00$ A	$6,20 \pm 0,33$ A	$0,46 \pm 0,05$ B
T2	$0,04 \pm 0,02$ A	$1,34 \pm 0,00$ A	$6,29 \pm 0,30$ A	$0,80 \pm 0,05$ A
T3	$0,03 \pm 0,02$ A	$1,34 \pm 0,00$ A	$6,22 \pm 0,33$ A	$0,19 \pm 0,02$ C

Controle: produto processado minimamente sem tratamento; T₁ – $2,4 \text{ kJ m}^{-2}$; T₂ – $1,00 \text{ mg L}^{-1}/1 \text{ min}$; T₃ – hipoclorito a 150 ppm/15 minutos.

Os resultados são a media de 3 repetições.

*medias seguidas de letras distintas na mesma coluna diferem entre si em nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Taxa Respiratória

As taxas respiratórias da alface ‘Americana’ minimamente processada estão apresentadas na Tabela 41.

Constatou-se que a velocidade de respiração foi maior nas primeiras horas, o que pode ser em consequência do acelerado estresse sofrido pelo produto durante o processamento, acarretando alto consumo de O_2 nesse período; ao final de 24 horas o valor é praticamente 1/3 do valor inicial e não apresenta diferença estatística entre os tratamentos.

Pode-se observar que logo após o processamento mínimo, as taxas respiratórias eram estatisticamente diferentes para os tratamentos. E assim se comportaram nas primeiras 3 horas. Sendo o tratamento com radiação UV-C o responsável pelas maiores taxas de respiração.

TABELA 41: Taxa respiratória ($\text{mg CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$) de alface ‘Americana’ minimamente processada sanitizada com diferentes produtos, armazenado a $3^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$ e $95\% \pm 5\%$ UR por 24 horas.

Tratamentos	Tempo de análise (h)			
	1	2	3	24
Controle	$48,82 \pm 0,93 \text{ D}$	$33,33 \pm 1,58 \text{ C}$	$26,86 \pm 3,73 \text{ D}$	$19,42 \pm 0,86 \text{ A}$
T1	$60,25 \pm 0,70 \text{ A}$	$57,54 \pm 2,93 \text{ A}$	$70,47 \pm 4,44 \text{ A}$	$18,28 \pm 2,45 \text{ A}$
T2	$51,51 \pm 0,80 \text{ C}$	$37,35 \pm 2,26 \text{ C}$	$37,79 \pm 4,06 \text{ C}$	$16,16 \pm 3,40 \text{ A}$
T3	$55,87 \pm 0,80 \text{ B}$	$50,58 \pm 2,43 \text{ B}$	$49,91 \pm 4,37 \text{ B}$	$20,94 \pm 2,84 \text{ A}$

Controle: produto processado minimamente sem tratamento; T₁ – UV-C = $1,2 \text{ kJ m}^{-2}$;

T₂ – água ozonizada = $1,00 \text{ mg L}^{-1}/1 \text{ min}$; T₃ – hipoclorito a 150 ppm/15 minutos.

Os resultados são a média de 3 repetições.

*medias seguidas de letras maiúsculas distintas na mesma coluna diferem entre si em nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Cor

Os resultados para os parâmetros de cor estão apresentados nas tabelas de 42 a 45. O ângulo Hue e Chroma foram determinados a partir de parâmetros obtidos de L, a* e b*.

Os dados mostram a diferença entre a cor inicial e a cor após o armazenamento. Para o ângulo Hue não houve diferença significativa entre os tratamentos logo após o processamento, mostrando comportamento semelhante entre eles.

Para o parâmetro Chroma a amostra controle foi semelhante ao T1 ($2,4 \text{ kJ m}^{-2}$), logo após o processamento e a amostra sanitizada com água ozonizada foi semelhante a amostra tratada com hipoclorito de sódio.

No terceiro dia de armazenamento para o ângulo Hue houve diferença estatística para todos os tratamentos analisados, sendo que o T2 apresentou o melhor valor ($108,79 \pm 0,08$) que foi refletido na análise sensorial, quando esse produto recebeu a maior nota para aparência global (7,22) e intenção de compra (4,05), conforme Tabela 43.

Ao final de sete dias de armazenamento as amostras sanitizadas com água ozonizada e hipoclorito de sódio não apresentam diferença significativa, que também é refletida na aparência global e intenção de compra (Tabela 49).

TABELA 42: Resultados obtidos da análise de cor em alface ‘Americana’ minimamente processada, sanitizada com diferentes produtos, logo após o processamento.

Tratamentos	Hue	Chroma
C	$107,11 \pm 0,69 \text{ A}$	$18,90 \pm 0,17 \text{ A}$
T1	$106,45 \pm 1,70 \text{ A}$	$19,19 \pm 0,54 \text{ A}$
T2	$108,05 \pm 0,28 \text{ A}$	$17,92 \pm 0,04 \text{ B}$
T3	$107,69 \pm 0,43 \text{ A}$	$18,06 \pm 0,19 \text{ B}$

Controle: produto processado minimamente sem tratamento; T₁ – $2,4 \text{ kJ m}^{-2}$; T₂ – $1,00 \text{ mg L}^{-1}/1 \text{ min}$; T₃ – hipoclorito a $150 \text{ ppm}/15 \text{ minutos}$. Os resultados são a média de 3 repetições.

*medias seguidas de letras distintas na mesma coluna diferem entre si em nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

TABELA 43: Resultados obtidos da análise de cor em alface ‘Americana’ minimante processada, sanitizada com diferentes produtos, armazenada a $3^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ e $95\% \pm 5\%$ de UR por 3 dias.

Tratamentos	Hue	Chroma
C	$104,76 \pm 0,36$ D	$21,68 \pm 0,10$ A
T1	$106,43 \pm 0,14$ B	$21,70 \pm 0,01$ A
T2	$108,79 \pm 0,08$ A	$18,31 \pm 0,16$ C
T3	$105,47 \pm 0,02$ C	$19,22 \pm 0,15$ B

Controle: produto processado minimamente sem tratamento; $T_1 - 2,4 \text{ kJ m}^{-2}$; $T_2 - 1,00 \text{ mg L}^{-1}/1 \text{ min}$; $T_3 - \text{hipoclorito a } 150 \text{ ppm}/15 \text{ minutos}$. Os resultados são a média de 3 repetições.

*medias seguidas de letras maiúsculas distintas na mesma coluna diferem entre si em nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

TABELA 44: Resultados obtidos da análise de cor em alface ‘Americana’ minimante processada, sanitizada com diferentes produtos, armazenada a $3^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ e $95\% \pm 5\%$ de UR por 5 dias.

Tratamentos	Hue	Chroma
C	$105,71 \pm 0,27$ AB	$20,93 \pm 0,10$ A
T1	$102,97 \pm 0,19$ B	$15,71 \pm 0,23$ C
T2	$108,94 \pm 0,41$ A	$17,08 \pm 0,27$ B
T3	$108,99 \pm 3,51$ A	$15,23 \pm 0,74$ C

Controle: produto processado minimamente sem tratamento; $T_1 - 2,4 \text{ kJ m}^{-2}$; $T_2 - 1,00 \text{ mg L}^{-1}/1 \text{ min}$; $T_3 - \text{hipoclorito a } 150 \text{ ppm}/15 \text{ minutos}$. Os resultados são a média de 3 repetições.

*medias seguidas de letras maiúsculas distintas na mesma coluna diferem entre si em nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

TABELA 45: Resultados obtidos da análise de cor em alface ‘Americana’ minimamente processada, sanitizada com diferentes produtos, armazenada a $3^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ e $95\% \pm 5\%$ de UR por 7 dias.

Tratamentos	Hue	Chroma
C	$107,55 \pm 0,15$ C	$19,61 \pm 0,29$ A
T1	$110,57 \pm 0,19$ A	$18,11 \pm 0,17$ C
T2	$108,77 \pm 0,35$ B	$18,77 \pm 0,15$ B
T3	$109,34 \pm 0,12$ B	$18,21 \pm 0,01$ C

Controle: produto processado minimamente sem tratamento; T₁ – $2,4 \text{ kJ m}^{-2}$; T₂ – $1,00 \text{ mg L}^{-1}/1 \text{ min}$; T₃ – hipoclorito a 150 ppm/15 minutos. Os resultados são a média de 3 repetições.

*medias seguidas de letras maiúsculas distintas na mesma coluna diferem entre si em nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Análise Sensorial

Os resultados da análise sensorial, realizadas logo após o processamento e nos dias 3, 5 e 7 de armazenamento a $3 \pm 2^{\circ}\text{C}$ são apresentados nas Tabelas 46 a 49, para os atributos sensoriais aparência global e intenção de compra, e nas tabelas 50 a 53, para os parâmetros cor, brilho, firmeza, suculência e aroma.

A análise sensorial da alface ‘Americana’ minimamente processada foi realizada visando determinar diferenças perceptíveis entre os sanitizantes utilizados. A análise das propriedades sensoriais de frutas e hortaliças minimamente processadas é muito importante, pois dará uma idéia aproximada de como o consumidor reagirá frente à exposição do produto no mercado (OLIVAS e BARBOSA-CÁNOVAS, 2005).

A escala para intenção de compra foi de 1- certamente não compraria até 5- certamente compraria e a escala de avaliação foi de 1- desgostei extremamente até 9- gostei extremamente.

Através dos valores encontrados é possível observar que na análise para intenção de compra, no primeiro dia (Dia 0) os produtos sanitizados com água ozonizada (T2) e com hipoclorito de sódio (T3) não apresentam diferença significativas, sendo atribuídas notas de 4,08 e 4,20, respectivamente, onde 4 corresponde a ‘possivelmente compraria’. Já o T1 (UV-C) e o C (controle) apresentam nota média de 3,13 e 3,30, respectivamente, onde 3 corresponde a ‘talvez compraria/talvez não compraria’.

No geral ao longo do armazenamento as médias diminuíram e após o terceiro dia sob refrigeração, apenas o T2 (água ozonizada) mantém intenção de compra com média acima de 4 (possivelmente compraria) as demais amostras tem nota inferior a 4, sendo que no sétimo dia as amostras C e T1 tem nota abaixo do limite de aceitação estabelecido (3,0), onde 2 representa ‘possivelmente não compraria’.

De modo geral, a avaliação global foi maior para as alfaces tratadas com água ozonizada (T2) e com hipoclorito de sódio (T3), entre essas amostras não houve diferença estatisticamente significativa durante o armazenamento, sendo que o T2 apresentou nota superior a 7 até o terceiro dia de armazenamento, e entrando na casa do 6 após esse período, onde permaneceu até o sétimo dia. Na escala de avaliação a nota 7 representa gostei moderadamente e 6 gostei ligeiramente.

As amostras sanitizadas com radiação UV-C apresentaram as menores médias em relação à aparência geral, iniciando com 5,90 (nem gostei/nem desgostei) e chegando a 3,63 no sétimo dia de armazenamento, onde 3 representa ‘desgostei moderadamente’.

TABELA 46: Valores obtidos da análise sensorial para aparência global e intenção de compra em alface ‘Americana’ minimamente processada, sanitizada com diferentes produtos, logo após o processamento.

Tratamento	Aparência Global	Intenção de Compra
C	6,28 ± 0,42 B	3,30 ± 0,19 B
T1	5,90 ± 0,38 B	3,13 ± 0,12 B
T2	7,43 ± 0,17 A	4,08 ± 0,15 A
T3	7,33 ± 0,15 A	4,20 ± 0,16 A

Controle (C): produto processado minimamente sem tratamento; T₁ – 2,4 kJ m⁻²; T₂ – 1,00 mg L⁻¹/1 min; T₃ – hipoclorito a 150 ppm/15 minutos. Os resultados são a media de 3 repetições.

*medias seguidas de letras maiúsculas distintas na mesma coluna diferem entre si em nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

TABELA 47: Valores obtidos da análise sensorial para aparência global e intenção de compra em alface ‘Americana’ minimamente processada, sanitizada com diferentes produtos, armazenada a $3^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ e $95\% \pm 5\%$ de UR por 3 dias.

Tratamento	Aparência Global	Intenção de Compra
C	$5,95 \pm 0,20$ B	$3,23 \pm 0,11$ B
T1	$6,43 \pm 0,25$ A	$3,55 \pm 0,16$ A
T2	$7,22 \pm 0,55$ A	$4,05 \pm 0,35$ A
T3	$6,43 \pm 0,24$ A	$3,58 \pm 0,17$ A

Controle (C): produto processado minimamente sem tratamento; T₁ – $2,4 \text{ kJ m}^{-2}$; T₂ – $1,00 \text{ mg L}^{-1}/1 \text{ min}$; T₃ – hipoclorito a 150 ppm/15 minutos.

Os resultados são a media de 3 repetições.

*medias seguidas de letras maiúsculas distintas na mesma coluna diferem entre si em nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

TABELA 48: Valores obtidos da análise sensorial para aparência global e intenção de compra em alface ‘Americana’ minimamente processada, sanitizada com diferentes produtos, armazenada a $3^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ e $95\% \pm 5\%$ de UR por 5 dias.

Tratamento	Aparência Global	Intenção de Compra
C	$5,02 \pm 0,28$ B	$3,00 \pm 0,28$ B
T1	$5,43 \pm 0,15$ B	$3,07 \pm 0,26$ B
T2	$6,62 \pm 0,25$ A	$3,52 \pm 0,25$ AB
T3	$6,71 \pm 0,13$ A	$3,81 \pm 0,15$ A

Controle (C): produto processado minimamente sem tratamento; T₁ – $2,4 \text{ kJ m}^{-2}$; T₂ – $1,00 \text{ mg L}^{-1}/1 \text{ min}$; T₃ – hipoclorito a 150 ppm/15 minutos.

Os resultados são a media de 3 repetições.

*medias seguidas de letras maiúsculas distintas na mesma coluna diferem entre si em nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

TABELA 49: Valores obtidos da análise sensorial para aparência global e intenção de compra em alface ‘Americana’ minimamente processada, sanitizada com diferentes produtos, armazenada a $3^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ e $95\% \pm 5\%$ de UR por 7 dias.

Tratamento	Aparência Global	Intenção de Compra
C	$4,83 \pm 0,18$ B	$2,70 \pm 0,58$ B
T1	$3,63 \pm 0,20$ C	$2,10 \pm 0,16$ B
T2	$6,75 \pm 0,37$ A	$3,85 \pm 0,15$ A
T3	$6,43 \pm 0,33$ A	$3,75 \pm 0,25$ A

Controle (C): produto processado minimamente sem tratamento; T₁ – $2,4 \text{ kJ m}^{-2}$; T₂ – $1,00 \text{ mg L}^{-1}/1 \text{ min}$; T₃ – hipoclorito a 150 ppm/15 minutos.

Os resultados são a media de 3 repetições.

*medias seguidas de letras maiúsculas distintas na mesma coluna diferem entre si em nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Para o atributo aroma os provadores não perceberam diferença estatística significativa entre os tratamentos até o quinto dia de armazenamento, sendo que no sétimo dia houve diferença significativa (Tabelas de 50 a 53). Os resultados mostram que os tratamentos T2 (água ozonizada) e T3 (hipoclorito de sódio) receberam as melhores notas, com médias de 6,68 e 5,95, respectivamente.

Observou-se que até o terceiro dia não houve diferença estatística significativa para o atributo cor para nenhum tratamento de sanitização, porém a partir do 5º dia de armazenamento o tratamento T1 (UV-C) apresenta alteração perceptível da cor da alface minimamente processada (Tabelas 50, 51 e 52). Após o sétimo dia, as diferenças na cor em todos os tratamentos foram perceptíveis, especialmente para o produto sanitizado com radiação UV-C, cuja média de nota foi 3,5. Na escala adotada o valor 3,0 representa desgostei moderadamente.

Dionísio (2014) verificou que amostras de rúcula sanitizadas com água ozonizada apresentaram maior aceitação em relação aos atributos sensoriais.

Na Tabela 53 observa-se que as notas para o atributo brilho são semelhantes e não apresentam diferença estatística entre os produtos sanitizados com água ozonizada ($1,00 \text{ mg L}^{-1}/1 \text{ min}$) ou com hipoclorito de sódio (150 ppm/15 minutos).

TABELA 50: Valores obtidos da análise sensorial em alface ‘Americana’ minimamente processada, sanitizada com diferentes produtos, logo após o processamento.

Trat.	Cor	Brilho	Firmeza	Suculência	Aroma
C	6,53 ± 0,34 B	6,18 ± 0,86 AB	6,00 ± 0,55 AB	5,90 ± 0,70 AB	7,05 ± 0,55 A
T1	6,23 ± 0,40 B	5,93 ± 0,30 B	5,70 ± 0,50 B	5,53 ± 0,40 B	6,93 ± 0,68 A
T2	8,00 ± 0,65 A	6,95 ± 0,78 A	6,58 ± 0,88 AB	6,63 ± 0,35 A	7,60 ± 0,70 A
T3	7,40 ± 0,70 A	7,03 ± 0,85 A	6,98 ± 0,49 A	6,93 ± 0,31 A	7,20 ± 0,35 A

Controle (C): produto processado minimamente sem tratamento; T₁ – 2,4 kJ m⁻²; T₂ – 1,00 mg L⁻¹/1 min; T₃ – hipoclorito a 150 ppm/15 minutos. Trat. = tratamento.

Os resultados são a media de 3 repetições.

*medias seguidas de letras maiúsculas distintas na mesma coluna diferem entre si em nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

TABELA 51: Valores obtidos da análise sensorial em alface ‘Americana’ minimamente processada, sanitizada com diferentes produtos, armazenada a 3°C±2°C e 95%±5% de UR por 3 dias.

Trat.	Cor	Brilho	Firmeza	Suculência	Aroma
C	6,58 ± 0,54 A	6,23 ± 0,26 A	6,00 ± 0,35 A	5,90 ± 0,50 A	6,63 ± 0,35 A
T1	6,53 ± 0,55 A	6,15 ± 0,28 A	6,28 ± 0,29 A	6,00 ± 0,30 A	6,85 ± 0,27 A
T2	7,23 ± 0,25 A	6,68 ± 0,18 A	6,60 ± 0,26 A	6,73 ± 0,45 A	7,33 ± 0,43 A
T3	6,53 ± 0,45 A	6,23 ± 0,40 A	6,25 ± 0,30 A	6,20 ± 0,32 A	6,85 ± 0,30 A

Controle (C): produto processado minimamente sem tratamento; T₁ – 2,4 kJ m⁻²; T₂ – 1,00 mg L⁻¹/1 min; T₃ – hipoclorito a 150 ppm/15 minutos. Trat. = tratamento.

Os resultados são a media de 3 repetições.

*medias seguidas de letras maiúsculas distintas na mesma coluna diferem entre si em nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

TABELA 52: Valores obtidos da análise sensorial em alface ‘Americana’ minimamente processada, sanitizada com diferentes produtos, armazenada a $3^{\circ}\text{C}\pm 2^{\circ}\text{C}$ e $95\%\pm 5\%$ de UR por 5 dias.

Trat.	Cor	Brilho	Firmeza	Suculência	Aroma
C	$5,29 \pm 0,14$ C	$5,17 \pm 0,18$ C	$5,40 \pm 0,59$ B	$5,31 \pm 0,25$ B	$6,05 \pm 0,25$ A
T1	$5,98 \pm 0,56$ BC	$5,69 \pm 0,35$ BC	$5,60 \pm 0,19$ B	$5,50 \pm 0,20$ AB	$6,14 \pm 0,28$ A
T2	$6,86 \pm 0,35$ AB	$6,26 \pm 0,28$ AB	$6,19 \pm 0,20$ AB	$6,30 \pm 0,60$ A	$6,57 \pm 0,30$ A
T3	$7,02 \pm 0,20$ A	$6,74 \pm 0,25$ A	$6,62 \pm 0,25$ A	$6,45 \pm 0,21$ A	$6,45 \pm 0,33$ A

Controle (C): produto processado minimamente sem tratamento; T₁ – $2,4 \text{ kJ m}^{-2}$; T₂ – $1,00 \text{ mg L}^{-1}/1 \text{ min}$; T₃ – hipoclorito a 150 ppm/15 minutos. Trat. = tratamento.

Os resultados são a media de 3 repetições.

*medias seguidas de letras maiúsculas distintas na mesma coluna diferem entre si em nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

TABELA 53: Valores obtidos da análise sensorial em alface ‘Americana’ minimamente processada, sanitizada com diferentes produtos, armazenada a $3^{\circ}\text{C}\pm 2^{\circ}\text{C}$ e $95\%\pm 5\%$ de UR por 7 dias.

Trat.	Cor	Brilho	Firmeza	Suculência	Aroma
C	$4,75 \pm 0,10$ C	$4,78 \pm 0,48$ B	$5,10 \pm 0,29$ B	$5,05 \pm 0,21$ B	$5,40 \pm 0,20$ BC
T1	$3,50 \pm 0,25$ B	$3,83 \pm 0,50$ B	$4,68 \pm 0,18$ B	$4,55 \pm 0,30$ B	$4,83 \pm 0,28$ C
T2	$6,98 \pm 0,38$ A	$6,43 \pm 0,27$ A	$6,33 \pm 0,22$ A	$6,35 \pm 0,29$ A	$6,68 \pm 0,38$ A
T3	$6,33 \pm 0,30$ A	$6,30 \pm 0,30$ A	$6,25 \pm 0,15$ A	$6,08 \pm 0,12$ A	$5,95 \pm 0,35$ AB

Controle (C): produto processado minimamente sem tratamento; T₁ – $2,4 \text{ kJ m}^{-2}$; T₂ – $1,00 \text{ mg L}^{-1}/1 \text{ min}$; T₃ – hipoclorito a 150 ppm/15 minutos. Trat. = tratamento.

Os resultados são a media de 3 repetições.

*medias seguidas de letras maiúsculas distintas na mesma coluna diferem entre si em nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

5. Conclusões

Os resultados obtidos na fase exploratória demonstraram a eficiência da água ozonizada e da radiação UV-C na redução de populações microbianas deteriorantes em mamão ‘Formosa’ e alface ‘Americana’ minimamente processados, sendo que as baixas doses foram mais eficientes.

Na fase comparativa, os resultados obtidos mostraram que o uso de radiação UV-C e água ozonizada são alternativas viáveis ao hipoclorito de sódio na sanitização de mamão ‘Formosa’ e alface ‘Americana’ minimamente processados. Para isso, os produtos devem ser armazenados a 5 ± 2 °C e a 3 ± 2 °C por até 5 dias, respectivamente, sem causar alterações físico-químicas importantes.

As sanitizações de mamão ‘Formosa’ minimamente processado com radiação UV-C ($1,2 \text{ kJ m}^{-2}$) e água ozonizada ($1,0 \text{ mg L}^{-1}/1 \text{ min}$) promoveram maior redução da população microbiana que a sanitização com hipoclorito de sódio, mostrando que a substituição do hipoclorito teria um ganho na segurança do alimento.

A sanitização de alface ‘Americana’ minimamente processada com água ozonizada ($1,00 \text{ mg L}^{-1}/1 \text{ min}$) promoveu maior redução da população microbiana que a sanitização por radiação UV-C ($2,4 \text{ kJ m}^{-2}$), seguida da sanitização com hipoclorito de sódio. Para a substituição do hipoclorito por radiação UV-C, em alface, são necessários mais estudos para avaliar sua eficácia.

De acordo com os limites estabelecidos pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária, as amostras de mamão ‘Formosa’ e alface ‘Americana’ minimamente processadas estavam dentro dos padrões microbiológicos, não comprometendo a saúde dos consumidores. Não foi encontrada *Salmonella* ssp. e *Escherichia.coli* nas amostras analisadas. Estes resultados indicam que as práticas de higiene e o processo de sanitização aplicado foram eficazes.

A utilização de água ozonizada e radiação UV-C, não necessitam de enxágue após a sanitização, o que possibilita a economia de água no processo e consequentemente redução de custos ao longo do tempo.

6. Referências Bibliográficas

- ABSHIRE, R.L.; DUNTON, H. Resistance of selected strains of *Pseudomonas aeruginosa* to low-intensity ultraviolet radiation. **Applied and Environmental Microbiology**, v.41, p.1419–1423, 1981.
- ALLENDE A.; TOMÁS-BARBERÁN, F. A.; GIL M. I. Minimal processing for healthy traditional foods. **Trends in Food Science and Technology**, 17:513–519, 2006b.
- ALLENDE, A.; ARTÉS, F. UV-C radiation as a novel technique for keeping quality of fresh processed ‘Lollo Rosso’ lettuce. **Food Research International**, n.36, p.739–746, 2003.
- ALLENDE, A.; McEVOY, J.L.; LUO, Y.; ARTÉS, F.; WANG, C.Y. Effectiveness of two-sided UV-C treatments in inhibiting natural microflora and extending the shelf-life of minimally processed ‘Red Oak Leaf’ lettuce. **Food Microbiology**, 23, p. 241–249, 2006a.
- AMARAL, R. D. A.; BACHELLI, M. L. B.; ZERBINATI, M.T.; BENEDETTI, B. C. Effectiveness of different concentrations of ozonated water in the sanitization of fresh-cut green pepper. **Agricultural Engineering International: CIGR Journal**, 14(3): 131 – 135, 2012.
- AMARAL, R.D.A. **Utilização de água ozonizada e radiação ultravioleta C na sanitização de melão minimamente processado**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Agrícola, 68f., 2010.
- AMJAD H., HASHMI I., REHMAN M.S.U., AWAN M.A., GHAFAR S., KHAN Z. Cancer and non-cancer risk assessment of trihalomethanes in urban drinking water supplies of Pakistan. **Ecotoxicology and Environmental Safety** 91 (2013) 25–31, 2013.
- ANDRADE, N.J.; BASTOS, M.S.R.; ANTUNES, M.A. Higienização e Sanitização. In: MORETTI, C.L. **Manual de Processamento Mínimo de Frutas e Hortaliças**. 1ed. Brasília, EMBRAPA Hortaliças e SEBRAE, p. 141-151, 2007.
- ARRUDA, M.C.; JACOMINO, A.P.; KLUGE, R.A.; AZZOLINI, M. Temperatura de armazenamento e tipo de corte para melão minimamente processado. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.25(1): p.77-80, 2003.
- ARTÉS-HERNÁNDEZ, F.; ESCALONA, V.H.; ROBLES, P.A.; MARTÍNEZ-HERNÁNDEZ, G.B.; ARTÉS, F. Effect of UV-C radiation on quality of minimally processed spinach leaves. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, 89, 414–421, 2009.
- ARTÉS-HERNÁNDEZ, F.; ROBLES, P. A.; GÓMEZ, P. A.; TOMÁS-CALLEJAS A.; ARTÉS, F. Low UV-C illumination for keeping overall quality of fresh-cut watermelon. **Postharvest Biology Technology**, v. 55, 114–120, 2010.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis of A.O.A.C. International**. 18 ed., Gaithersburg, 2005.
- BACHELLI, M.L.B. **Sanitização para alface minimamente processada como alternativa ao uso do hipoclorito de sódio**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Agrícola, 63f., 2010.

- BARCIA, M.T.; JACQUES, A.C.; PERTUZATTI, P.B.; ZAMBIAZI, R.C. Determinação de ácido ascórbico e tocoferóis em frutas por CLAE. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 31, n. 2, p. 381-390, abr./jun. 2010.
- BARI, M.L.; NAZUKA, E.; SABINA, Y. ; TODORIKI, S.; ISSHIKI, K. Chemical and irradiation treatments for killing *Escherichia coli* O157:H7 on alfafa, radish, and mung bean seed. **Journal of Food Protection**, v. 66. n. 05, p.767-774, 2003.
- BENEDETTI, B.C.; GOMEZ, P. ; MARTINS, M. ; CONESA, A. ; ARTES, F. Effect of Pre-processing Controlled Atmosphere Storage on the Quality of Fresh-cut Galia Melons. **Food Science and Technology International**, v. 14, p. 13-19, 2008.
- BERBARI, S.A.G., PASCHOALINO, J.E., SILVEIRA, N.F.A. Efeito do cloro na água de lavagem para desinfecção de alface minimamente processada. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.21, n.02, p. 197-201, 2001.
- BEUCHAT, L.R. Ecological factors influencing survival and growth of human pathogens on raw fruits and vegetables. **Microbes and Infections**. v.4, p.413-323, 2002.
- BINTSIS, T.; LITOPOULOU, T. E.; DAVIES, R.; ROBINSON, R.K. Microbiology of brines used to mature Feta cheese. **International Journal of Dairy Technology**, v.53, p.106-112, 2000.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária – ANVISA. **Portaria nº1469**, de 29 de dezembro de 2000. Diário Oficial da República do Brasil. Brasília, DF, 02 de jan. 2001, Seção 1, p.19 e 10 de jan. de 2001, Seção 1, p.26, 2000.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária – ANVISA. **Resolução RDC-12/01**, de 2 de janeiro de 2001. Diário Oficial da República Federativa do Brasil. Brasília, DF, 10 jan. 2001. Seção 1, p.45, 2001.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento - MAPA. **Projeções do Agronegócio Brasil 2014/2015 a 2024/2025**. Brasília, DF, jul., 2015.
- CABIA, N.C.; DAIUTO, E.R.; VIEITES, R.L.; FUMES, J.G.F.; CARVALHO, L.R. Fenólicos totais, polifenoloxidade e coloração em abacate ‘Hass’ submetido a radiação UV-C. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal - SP, Volume Especial, E. 314-320, Outubro 2011.
- CAPDEVILLE, G. et al. Alternative disease control agents induce resistance to blue mold in harvested Red delicious apple fruit. **Phytopathology**, St. Paul, v.92, p.900-908, 2002.
- CARDOSO, C.C.; VEIGA, S.M.O.M.; NASCIMENTO, L.C.; FIORINI, J.E.; AMARAL, L.A. Avaliação microbiológica de um processo de sanificação de galões de água com a utilização do ozônio. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 23, n. 01, p. 59-61, 2003.
- CASTILHO PIZZARO, C.A. **Avaliação de melão minimamente processado armazenado em diferentes temperaturas e embalagens**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Agrícola. 70f, 2003.
- CAVALCANTE, D.A. **Avaliação do tratamento com água ozonizada para higienização de alface (*Lactuca sativa*)**. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) – Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia de Alimentos, 102f, 2007.

CEPEA. Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada. ESALQ/USP. Mamão. Dezembro de 2013/Janeiro de 2014. HORTIFRUTI BRASIL. Disponível em: <http://cepea.esalq.usp.br/hfbrasil/edicoes/130/mamao.pdf>. Acessado em: 02.06.2016.

CHIATTONE, P. V.; TORRES, L. M.; ZAMBIAZI, R. C. Aplicação do ozônio na indústria de alimentos. **Alimentos e Nutrição**. Araraquara, SP. v.19, n.3 p.341-349, 2008.

CONDIE, W.L. Toxicological Problems Associated with Chlorine Dioxide. **Journal of the Water Works Association**. Research e Tecnology, p.73-78, june, 1986.

DAREZZO, H.M. **Determinação de composição gasosa e sistemas de embalagens adequadas para conservação de alface americana ‘Lorca’ minimamente processada**. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola). Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Agrícola. 155f, 2004.

DIONÍSIO, M. M. C. **Eficácia da água ozonizada no controle de bactérias Gram-negativas potencialmente patogênicas**. Dissertação (Mestrado em Bioengenharia). Universidade Camilo Castelo Branco, Instituto de Engenharia Biomédica. São José dos Campos, SP. 76p, 2014.

DOWNES, F. P.; ITO, K. **Compendium of methods for the microbiological examination of foods**. 4 ed. Washington, DC: American Public Health Association, 676 p., 2001.

FOOD AND DRUG ADMINISTRATION (FDA). **Secondary direct food additives permitted in food for human consumption. Code of federal regulations. Title 21 – Foods and Drugs**. v. 3. Part. 173. Section 173.315.2000. <http://www.accessdata.fda.gov.br/>, accessed: 12 Feb., 2007.

FRANK, C.; WERBER, D.; CRAMER, J.; ASKAR, M.; FABER, M.; HELDEN der M.; BERNARD, H.; FRUTH, A.; PRAGER, R.; SPODE, A.; WADL, M.; ZOUFALY, A.; JORDAN, S.; KEMPER, M.J.; FOLLIN, P.; MÜLLER, L.; KING, L.; ROSNER, B.; BUCHHOLZ, U.; STARK, K.; KRAUSE, G. Epidemic profile of shiga-toxin-producing *Escherichia coli* O104:H4 Outbreak in Germany. **The New England Journal of Medicine**. Nov, 10, 2011.

GOTTARDI, C. P. T.; SOUZA, C. A. S.; SCHMIDT, V. Surtos de toxinfecção alimentar no município de Porto Alegre/RS, no período de 1995 a 2002. **Higiene Alimentar**. São Paulo. v.20, n.143, p.50-55, 2006.

GOUVEIA, M. M.; LIMA, G. S.; SILVA NETO, A.; PEREIRA NETTO, A.; MARQUES, F. F. Aplicação da radiação ultravioleta como forma de contribuição para a química verde e construção de um reator fotoquímico alternativo e de baixo custo, para pré-tratamento de amostras. **Química Nova**, v.37, n.2, p.337-343, 2014.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2007. Disponível em: <www.ibge.gov.br>. Acesso em: 24 de abril, 2010.

ISO 6579:2007. **Microbiology of food and animal feeding stuffs – Horizontal method for the detection of *Salmonella* spp.**, 4ªed. 2002. The International Organization for Standardization, amendment 1: 15/07/2007.

JACOMINO, A. P.; ARRUDA, M. C.; BRON, I. U.; KLUGE, R. A. **Transformações bioquímicas em produtos hortícolas após a colheita**. In: KOBLITZ, M. G. B. (Ed). **Bioquímica de Alimentos: Teoria e Aplicações Práticas**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan. cap. 6, p. 153-190. 2008.

- KARACA, H. e VELIOGLU, Y.S. Effects of ozone treatments on microbial quality and some chemical properties of lettuce, spinach, and parsley. **Postharvest Biology and Technology**, v.88, p. 46–53, 2014
- KEYSER, M.; MULLER, I.A.; CILLIERS, F.P.; NEL, W.; GOUWS, P.A. Ultraviolet radiation as a non-thermal treatment for the inactivation of microorganisms in fruit juice. **Innovative Food Science and Emerging Technologies**. V.9, n.3, p.348-354, 2008.
- KIM, J.G., YOUSEF, A.E., DAVE, S. Application of ozone for enhancing the microbiological safety and quality of foods: a review. **Journal of Food Protection**, Des Moines, v. 62, n. 9, p.1071-1087, 1999.
- LAMIKANRA, O.; KUENEMAN, D.; UKUKU, D.; BETT-GARBER, K.L. Effect of Processing Under Ultraviolet Light on the Shelf Life of Fresh-Cut Cantaloupe Melon. **Journal of Food Science**. v.70, n.9, p.534-539, 2005.
- LEMOINE, M.L.; CIVELLO, P.M.; CHAVES, A.R.; MARTÍNEZ; G.A. Effect of combined treatment with hot air and UV-C on senescence and quality parameters of minimally processed broccoli (Brassica oleracea L. var. Italica). **Postharvest Biology and Technology**. v.48, p.15–21, 2008.
- McGUIRE, R. G. Reporting of objective color measurements. **HortScience**, v. 27, p. 1254-1255, 1992.
- MERCIER, J.; KUC, J. Eluciation of 6-methoxymellein in Carrot Leaves by *Cercospora carotae*. **Journal of the Science of Food and Agriculture**. London, v. 73, n.1, p. 60-62, 1997.
- MORETTI, C.L. **Manual de processamento mínimo de frutas e hortaliças**. Brasília, DF. Embrapa Hortaliças e Sebrae. 527p, 2007.
- NEPA. **Tabela brasileira de composição de alimentos** / NEPA – UNICAMP.- 4. ed. rev. e ampl.. -- Campinas: NEPA- UNICAMP, 161 p., 2011.
- OLIVAS, G. I.; BARBOSA-CÁNOVAS, G. V. Edible coatings for fresh-cut fruits. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**. Philadelphia, v.45, n. 7-8, p.657-670, 2005.
- OLIVEIRA, A.M.C., COSTA, J.M.C., MAIA, G.A. Qualidade higiênico-sanitária de abacaxi “pérola” minimamente processado. **Revista Brasileira em Promoção da Saúde**, 19(1), 19-24, 2006.
- PANDRANGI, S.; LABORDE, L. F. Optimization of microbiological assay of folic acid and determination of folate content in spinach. **International Journal of Food Science and Tecnology**, 39, 525-532, 2004.
- PANZA, S.G.A., BROTHERHOOD, R., ANDREOTTI, A., REZENDE, C., BALERONI, F.H., PAROSCHI, V.H.B. Avaliação das condições higiênico-sanitárias durante manipulação dos alimentos, em um restaurante universitário, antes e depois do treinamento dos manipuladores. **Higiene Alimentar**, 20(138), 15-36, 2006.
- PRESTES, E.B. **Avaliação da eficiência do ozônio como sanitizante em hortaliças folhosas minimamente processadas**. Tese (doutorado) Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, 135f, 2007.

RICO, D., MARTIN-DIANA, A.B., BARAT, J.M., BARRY-RYAN, C. Extending and measuring the of fresch-cut fruit and vegetables: a REVIEW, **Trends in Food Science & Technology**, v.18, n.7, p.373-386, 2007.

RYDER E.J. The new salad crop revolution. 2002. Disponível em <<http://www.hort.purdue.edu/newcrop/ncnu02/pdf/Ryder.pdf>>. Acesso em: 24 de abril de 2010.

Reprinted from: Trends in new crops and new uses. 2002. J. Janick and A. Whipkey (eds.). ASHS Press, Alexandria, VA. The New Salad Crop Revolution Edward J. Ryder H

SALA FC; COSTA CP. Retrospectiva e tendência da alfacultura brasileira. **Horticultura brasileira**, v. 30, n. 2, abr. - jun. p.187-194, 2012.

SANTANA, L.R.; CARVALHO, R.D.S.; LEITE, C.C.; ALCÂNTARA, L.M.; OLIVEIRA, T.W.S.; RODRIGUES, B.M. Qualidade física, microbiológica e parasitológica de alfaces (*Lactuca sativa*) de diferentes sistemas de cultivo. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, 26(2): 264-269, 2006.

SANTOS S.A. **Aspectos morfoanatômicos e genéticos em relação à germinação de sementes de mamão**. Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas. Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias. Campos dos Goytacazes. RJ. 88f, 2009.

SÃO PAULO. Secretaria de Agricultura e Abastecimento, Resolução SAA - 42, de 19-6-2009 **Recomenda Norma Técnica para produtos hortifrutícolas minimamente processados e frescos cortados**. Publicada no D.O.E. DE 20-06-2009, Poder Executivo, Seção 1. Pag.53-55.– São Paulo, 2009.

SARZI, B. **Conservação de abacaxi e mamão minimamente processados: associação entre o preparo, a embalagem e a temperatura de armazenamento**. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal. 100f. 2002.

SAS – STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM. **User's procedures guide**. Version 6, Cary: SAS Institute, Inc., North Carolina, USA. 2v., 2003

SELMA, M. V.; ALLENDE, A.; LOPEZ-GÁLVEZ, F.; CONESA, M. A.; GIL, M. I. Disinfection potential of ozone, ultraviolet-C and their combination in wash water for the fresh-cut vegetable industry. **Food Microbiology**, v.25, n.6, p.809-814, 2008.

SILVA, A.C.O., CERQUEIRA, M.M.O.P., MORAES, C.F.A.M.P., SOUZA, M.R., TAVAREZ FERNANDEZ, A. Radiação em alimentos: Uma revisão. **Higiene Alimentar**, São Paulo, 20(139), 17-23, 2006.

SILVA, B.H.L.; MELO, M. B. Trihalometanos em água potável e riscos de câncer: simulação usando potencial de interação e transformações de Bäcklund. **Química Nova**, v. 38, n. 3, p.309-315, 2015.

SILVA, N.; JUNQUEIRA, V.C.A.; SILVEIRA, N.F.A.; TANIWAKI, M.H.; SANTOS, F.S.; GOMES, R.A. **Manual de Métodos de Análise Microbiológica de Alimentos e Água**. Livraria Varela, 4ªed., 624p., 2010.

SOARES, E K.B. **Avaliação das condições de temperatura e concentração água ozonizada para a sanitização de alface** Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Agrícola, 63f., 2012.

SOMMER, R.; HAIDER, T.; CABAJ, A.; HEIDENREICH, E.; KUNDI, M. Increased inactivation of *Saccharomyces cerevisiae* by protraction of UV irradiation. **Applied and Environmental Microbiology**, v.62, p.1977–1983, 1996.

SOUZA, B.S.; DURIGAN, J.F.; DONADON, J.R.; TEIXEIRA, G.H.A. Conservação de mamão ‘Formosa’ minimamente processado armazenado sob refrigeração. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal - SP, v.27, n.2, p. 273-276, Agosto 2005.

TANCREDI, R.C.P., MORAES, O.M., MARIN, V.A. Vigilância sanitária do município do Rio de Janeiro: considerações sobre as ações fiscais na área de alimentos, **Higiene Alimentar**, São Paulo, 19(135), 21-26, 2005.

VANETTI, M.C.D. Microbiologia de Frutas e Hortaliças Minimamente Processadas. In: MORETTI, C.L. **Manual de Processamento Mínimo de Frutas e Hortaliças**. 1ed. Brasília, EMBRAPA Hortaliças e SEBRAE, 141-151, 2007.

VEIGA, C.F., DORO, D.L., OLIVEIRA, K.M.P., BOMBO, D.L. Estudo das condições sanitárias de estabelecimentos comerciais de manipulação de alimentos do município de Maringá, PR. **Higiene Alimentar**, 20(138), 28-36, 2006.

VIEIRA, S. M. J. **Avaliação dos efeitos da água quente e radiação ultravioleta-C como tratamentos quarentenários para *Ceratitis Capitata* Wiedemann (Diptera: Tephritidae) na qualidade de goiabas ‘Kumagai’ após a colheita**. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola). Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Agrícola. 127f, 2011.

VICENTE, A. R.; PINEDA, C.; LEMOINE, L.; CIVELLO, M.; MARTINEZ, G.A.; CHAVES, A.R. UV-C treatments reduce decay, retain quality and alleviate chilling injury in pepper. **Postharvest Biology Technology**, v. 35, p. 69-78, 2005.

VIEITES, R.L., EVANGELISTA, R.M., CAMPOS, A.J., MOREIRA, G.C. Efeito da radiação gama na sanitização da manga minimamente processada. **Higiene Alimentar**, São Paulo, 19(135), 68-73, 2005.

VITTI, M.C.D., KLUGE, R.A., GALLO, C.R., MORETTI, C.L., JACOMINO, A.P. Efeito do momento de sanitização sobre atributos físico-químicos e microbiológicos de beterrabas minimamente processadas. **Horticultura Brasileira**, Campinas, 22(04), 718-721, 2004.

WANG W., BIXIONG Y., YANG L., LI Y., WANG Y. Risk assessment on disinfection by-products of drinking water of different water sources and disinfection processes. **Environment International**, 33, 219–225, 2007.

WRIGHT, J.R.; SUMNER, S.S.; HACKNEY, C.R.; PIERSON, M.D.; ZOECKLEIN, B.W. Efficacy of ultraviolet light for reducing *Escherichia coli* 0157:H7 in unpasteurized apple cider. **Journal of Food Protection**, v.63, p.563–567, 2000.

YAUN, B.; SUMNER, S.; EIFERT, J.; MARCY, J. Inhibition of pathogens on fresh produce by ultraviolet energy. **International Journal of Food Microbiology**, v.90, n.1, p. 1-8, 2004.

ZHANG, L; LU, Z.; YU, Z.; GAO, X. Preservation of fresh-cut celery by treatment of ozonated water. **Food Control**, v.16, n.3, p. 279-283, 2005.

ZU, H.; PAN, Y. G.; CHEN, W. X.; LIU, X. H.; SHAO, Y. Z. Effect of UV-C Radiation on Microbial Indexes of Fresh-cut Pineapples. **Food Science**, v. 30, p. 67-69, 2009.

Anexos

Anexo 1

FICHA DE AVALIAÇÃO SENSORIAL

AVALIAÇÃO SENSORIAL DE _____ MINIMAMENTE PROCESSADA

Nome: _____ Idade: _____

E-mail: _____ Data: ____/____/____

1. Você está recebendo quatro amostras codificadas de _____ minimamente processado. Use a escala abaixo para indicar o quanto você gostou de cada uma delas.

- 9. Gostei extremamente
- 8. Gostei muito
- 7. Gostei moderadamente
- 6. Gostei ligeiramente
- 5. Nem gostei/Nem desgostei
- 4. Desgostei ligeiramente
- 3. Desgostei moderadamente
- 2. Desgostei muito
- 1. Desgostei extremamente

Amostra	Aparência Global	COR	BRILHO	TEXTURA		AROMA
				Firmeza	Suculência	

2. Por favor, use a escala abaixo para indicar a sua intenção de compra. Você compraria _____ minimamente processado se encontrasse este produto à venda?

- 5. Certamente compraria
- 4. Possivelmente compraria
- 3. Talvez comprasse/ Talvez não comprasse
- 2. Possivelmente não compraria
- 1. Certamente não compraria

Amostra	Intenção de compra

Muito Obrigada por sua colaboração!

Anexo 2

**FACULDADE DE CIENCIAS
MEDICAS - UNICAMP
(CAMPUS CAMPINAS)**



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: Método físicos de sanitização em substituição ao hipoclorito de sódio para mamão 'Formosa' e alface 'Americana' minimamente processados.

Pesquisador: Mara Ligia Biazotto Bachelli

Área Temática:

Versão: 2

CAAE: 38018914.4.0000.5404

Instituição Proponente: Faculdade de Engenharia Agrícola

Patrocinador Principal: FUNDAÇÃO DE AMPARO A PESQUISA DO ESTADO DE SÃO PAULO

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 857.711

Data da Relatoria: 02/11/2014

Apresentação do Projeto:

A pesquisa busca por alternativas aos sanitizantes a base de cloro, principalmente o hipoclorito de sódio no técnicas mais viáveis, para minimização e/ou substituição desse produto no "processamento mínimo" de alimentos, usualmente descritos como produtos frescos, adequadamente descascados, fatiados ou cortados, 100% comestíveis, contrastando

às técnicas de processamento convencionais que incluem congelamento, enlatamento, secagem, etc.

Estudantes de graduação e pós graduação da FEAGRI participarão de uma Análise Sensorial onde os alimentos serão avaliadas subjetivamente quanto aos atributos de aparência (percepção visual), aroma (percepção olfativa) e textura (percepção tátil).

Serão afixados cartazes na área de circulação recrutando os interessados com idade mínima é 18 anos de ambos os sexos.

A análise sensorial será uma avaliação dependente do julgamento do indivíduo através dos sentidos (tato, visão e olfato). Ocorrerá entre 9 e 10 horas da manhã, para evitar o horário próximo às refeições e não excederá 20 minutos.

O experimento será conduzido em delineamento inteiramente casualizado (DIC) com 3 repetições para cada um dos tratamentos utilizados. Os dados obtidos serão submetidos à análise de

Endereço: Rua Tessália Vieira de Camargo, 126

Bairro: Barão Geraldo

CEP: 13.063-887

UF: SP

Município: CAMPINAS

Telefone: (19)3521-8936

Fax: (19)3521-7187

E-mail: cep@fcm.unicamp.br

FACULDADE DE CIÊNCIAS
MÉDICAS - UNICAMP
(CAMPUS CAMPINAS)



Continuação do Parecer: 857.711

variância (ANOVA) e as médias comparadas pelo teste de Tukey, em nível de 5% de probabilidade, utilizando-se o pacote estatístico SAS (Statistical Analysis System – SAS Institute Inc., North Carolina, USA, 2003).

Objetivo da Pesquisa:

Os objetivos da pesquisa são a avaliação de métodos de sanitização (ozônio e radiação UV-C) substitutos ao hipoclorito de sódio.

Serão avaliados a hortaliça alface "Americana" e a fruta mamão 'Formosa'.

Pretende-se também determinar os parâmetros de eficiência da sanitização por ozônio e radiação UV-C, isoladamente.

Testar os diferentes tratamentos, sendo que nesta etapa será incluída a utilização de atmosfera modificada passiva e ativa.

Mensurar os parâmetros de qualidade das frutas e hortaliças minimamente processadas, através de análises microbiológica, químicas e físico-químicas, análise enzimática e sensoriais.

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Não há riscos previsíveis e desconfortos, uma vez que os voluntários não farão a degustação das amostras.

Quanto aos benefícios, espera-se alcançar um tratamento em substituição ao hipoclorito de sódio de tal forma que se evite alteração nos atributos sensoriais e físico-químicos dos produtos processados viabilizando uma alternativa viável especialmente pelo menor consumo de água e ausência de sub-produtos tóxicos, adequando-se às normas de biossegurança

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

A pesquisa está bem apresentada quanto aos objetivos, justificativas e métodos.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

Além do projeto propriamente dito, são apresentados o TCLE e a folha de rosto devidamente assinada.

Conforme recomendação presente no parecer consubstanciado de 22/10/2014, a pesquisadora providenciou a adequação do TCLE, incorporando os benefícios previstos aos sujeitos de pesquisa, bem como seu compromisso com o cumprimento das exigências contidas no item IV.3 (artigo IV.5 letra a).

Também consta do TCLE o endereço da unidade, setor e departamento do qual faz parte a pesquisadora.

Endereço: Rua Tessália Vieira de Camargo, 126

Bairro: Barão Geraldo

CEP: 13.083-887

UF: SP

Município: CAMPINAS

Telefone: (19)3521-8936

Fax: (19)3521-7187

E-mail: cep@fcm.unicamp.br

**FACULDADE DE CIÊNCIAS
MÉDICAS - UNICAMP
(CAMPUS CAMPINAS)**



Continuação do Parecer: 857.711

Recomendações:

Recomendações:

1-Corrigir a frase no item Justificativa e objetivos:

"Neste trabalho serão espera-se que os resultados,...."

2- No item Responsabilidade do Pesquisador, retirar a frase "e pela CONEP, quando pertinente".

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

O projeto está adequado à Resolução 466/2012, mas precisa verificar as recomendações descritas acima.

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

Considerações Finais a critério do CEP:

- O sujeito de pesquisa deve receber uma cópia do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, na íntegra, por ele assinado.

- O sujeito da pesquisa tem a liberdade de recusar-se a participar ou de retirar seu consentimento em qualquer fase da pesquisa, sem penalização alguma e sem prejuízo ao seu cuidado.

- O pesquisador deve desenvolver a pesquisa conforme delineada no protocolo aprovado. Se o pesquisador considerar a descontinuação do estudo, esta deve ser justificada e somente ser realizada após análise das razões da descontinuidade pelo CEP que o aprovou. O pesquisador deve aguardar o parecer do CEP quanto à descontinuação, exceto quando perceber risco ou dano não previsto ao sujeito participante ou quando constatar a superioridade de uma estratégia diagnóstica ou terapêutica oferecida a um dos grupos da pesquisa, isto é, somente em caso de necessidade de ação imediata com intuito de proteger os participantes.

- O CEP deve ser informado de todos os efeitos adversos ou fatos relevantes que alterem o curso normal do estudo. É papel do pesquisador assegurar medidas imediatas adequadas frente a evento

Endereço: Rua Tessália Vieira de Camargo, 126

Bairro: Barão Geraldo

CEP: 13.083-887

UF: SP

Município: CAMPINAS

Telefone: (19)3521-8936

Fax: (19)3521-7187

E-mail: cep@fcm.unicamp.br

**FACULDADE DE CIENCIAS
MEDICAS - UNICAMP
(CAMPUS CAMPINAS)**



Continuação do Parecer: 857.711

adverso grave ocorrido (mesmo que tenha sido em outro centro) e enviar notificação ao CEP e à Agência Nacional de Vigilância Sanitária – ANVISA – junto com seu posicionamento.

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

- Relatórios parciais e final devem ser apresentados ao CEP, inicialmente seis meses após a data deste parecer de aprovação e ao término do estudo.

CAMPINAS, 04 de Novembro de 2014

Assinado por:
Renata Maria dos Santos Celeghini
(Coordenador)

Endereço: Rua Tessália Vieira de Camargo, 126
Bairro: Barão Geraldo CEP: 13.083-887
UF: SP Município: CAMPINAS
Telefone: (19)3521-8936 Fax: (19)3521-7187 E-mail: cep@fcm.unicamp.br

Anexo 3

Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

Título do projeto: Método físicos de sanitização em substituição ao hipoclorito de sódio para mamão 'Formosa' e alface 'Americana' minimamente processados.

Pesquisador responsável: Mara Lúcia Biazotto Bachelli - (19) 997965411

Instituição/Departamento: Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP) / Faculdade de Engenharia Agrícola (FEAGRI)

Pesquisadores participantes: Prof. Dr. Benedito Carlos Benedetti - (19) 32511074

Aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da UNICAMP em 04/11/2014

CAAE: 36018914.4.0000.5404

Você está sendo convidado (a) para participar, como voluntário (a), em uma pesquisa. Você precisa decidir se quer participar ou não. Por favor, não se apresse em tomar a decisão. Leia cuidadosamente o que se segue e pergunte ao responsável pelo estudo qualquer dúvida que você tiver. Após ser esclarecido (a) sobre as informações a seguir, no caso de aceitar fazer parte do estudo, assine ao final deste documento, que está em duas vias. Uma delas é sua e a outra é do pesquisador responsável. Em caso de recusa você não será penalizado (a) de forma alguma.

Esta pesquisa tem como objetivo avaliar a radiação UV-C e água ozonizada para substituição do hipoclorito de sódio em alface e mamão minimamente processados. Para isso o senhor (a) deve, realizar a avaliação sensorial, apenas informações observacionais dos atributos de aparência (percepção visual), aroma (percepção olfativa) e textura (percepção tátil).

O estudo não trará nenhum risco ou prejuízo. Assim como não serão gerados formas de indenização e/ou ressarcimento de despesas. O tempo necessário para a avaliação, incluindo o preenchimento do formulário, é de 15 minutos.

Em qualquer etapa do estudo, você terá acesso aos profissionais responsáveis pela pesquisa para esclarecimento de eventuais dúvidas. A principal investigadora é a Nutricionista Mara Lúcia Biazotto Bachelli, que pode ser encontrada no telefone (19) 997965411.

Se o senhor (a) concordar em participar do estudo, deverá responder ao questionário que é anônimo: sua identidade será resguardada. Assim, seu nome e identidade serão mantidos em sigilo. A menos que requerido por lei ou por sua solicitação, somente o pesquisador, a equipe do estudo, representantes do Comitê de Ética independente e inspetores de agências regulamentadoras do governo terão acesso a suas informações para verificar as informações do estudo.

Você poderá retirar o consentimento a qualquer momento apenas procurando um membro da equipe de pesquisa.

Consentimento da participação da pessoa como sujeito

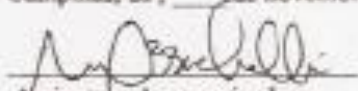
Eu, _____, RG _____
CPF _____, abaixo assinado, concordo em participar do estudo de forma voluntária.

Local: Campinas Data: __/11/2015

Nome e Assinatura do sujeito:

Declaro que obtive de forma apropriada e voluntária o Consentimento Livre e Esclarecido deste sujeito de pesquisa.

Campinas, SP, ____ de novembro de 2015.


Assinatura do pesquisador