



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CAMPUS FLORIANÓPOLIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE ALIMENTOS

Marina Andreia de Souza

**Efeito do tratamento com plasma frio sobre os atributos de qualidade de
mamão formosa (*Carica Papaya L.*) minimamente processado**

Florianópolis

2022

Marina Andreia de Souza

Efeito do tratamento com plasma frio sobre os atributos de qualidade de mamão formosa (*Carica Papaya L.*) minimamente processado

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Alimentos da Universidade Federal de Santa Catarina como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Engenharia de Alimentos

Orientador(a): Prof.(a) Alcilene Rodrigues Monteiro Fritz, Dr.(a)

Coorientador(a): Prof.(a) Denise Adamoli Laroque, Dr.(a)

Coorientador(a): Germán Ayala Valencia

Florianópolis

2022

Souza, Marina Andreia de
Efeito do tratamento com plasma frio sobre os atributos
de qualidade de mamão formosa (Carica Papaya L.)
minimamente processado / Marina Andreia de Souza ;
orientadora, Alcilene Rodrigues Monteiro Fritz,
coorientadora, Denise Adamoli Laroque, coorientadora,
Germán Ayala Valencia, 2022.
79 p.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa
Catarina, Centro Tecnológico, Programa de Pós-Graduação em
Engenharia de Alimentos, Florianópolis, 2022.

Inclui referências.

1. Engenharia de Alimentos. 2. Mamão minimamente
processado. 3. Plasma frio. 4. Qualidade físico-química. I.
Rodrigues Monteiro Fritz, Alcilene. II. Adamoli Laroque,
Denise . III. Ayala Valencia, Germán IV. Universidade
Federal de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em
Engenharia de Alimentos. V. Título.

Marina Andreia de Souza

Efeito do tratamento com plasma frio sobre os atributos de qualidade de mamão formosa (*Carica papaya L.*) minimamente processado

O presente trabalho em nível de mestrado foi avaliado e aprovado, em 30 de setembro de 2022, pela banca examinadora composta pelos seguintes membros:

Prof^ª. Dr^ª. Alcilene Rodrigues Monteiro Fritz - Presidente - UFSC

Prof^ª. Dr^ª. Jessica de Matos Fonseca - Membro Externo - UFSC

Prof^ª. Dr^ª. Sandra Regina Salvador Ferreira - Membro Interno - USFC

Certificamos que esta é a versão original e final do trabalho de conclusão que foi julgado adequado para obtenção do título de Mestre em Engenharia de Alimentos.

Prof.(a) Sandra Regina Salvador Ferreira, Dr. (a)
Coordenadora do Programa de Pós-Graduação

Prof.(a) Alcilene Rodrigues Monteiro Fritz, Dr.(a)
Orientador(a)

Florianópolis, 2022.

AGRADECIMENTOS

Agradeço aos meus pais Marilí e Áureo por todo esforço durante minha caminhada acadêmica, é graças a vocês que cheguei até aqui. Concluindo o curso de pós-graduação. Obrigada por tanto sempre. Amo vocês. Também sou grata ao meu companheiro Eslon Bogoni, por me apoiar, me ajudar e me incentivar, obrigada por compreender minhas escolhas tantas vezes. Se hoje estou realizando esse avanço na minha formação profissional devo muito a vocês três.

Aos meus orientadores Alcilene Rodrigues Monteiro Fritz, Denise Adamoli Laroque e Germán Ayala Valencia pela ajuda, ensinamentos, pela paciência e dedicação no decorrer deste trabalho. Desculpa se muitas vezes fui ausente. Agradeço ao Marcel, Shirley e Milena pela companhia, auxílio e companheirismo. Desejo sucesso no caminho que cada um escolher. A todas as pessoas que colaboraram de alguma forma, na realização deste projeto, onde o auxílio foi de fundamental importância, em especial a Lara Pagliarin que sem sua contribuição esse projeto não teria alcançado os devidos resultados.

Por fim, agradeço a Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC, em especial ao curso de pós-graduação em Engenharia de Alimentos e ao Laboratório de Propriedades Físicas de Alimentos – PROFI por permitir a realização da minha pesquisa e a CAPES pela bolsa de estudos e ao CNPq pelo financiamento da pesquisa.

RESUMO

A demanda por alimentos prontos para o consumo é crescente, com destaque ao mercado de frutas minimamente processadas. Esse aumento está vinculado ao elevado valor nutricional e aos benefícios à saúde associados ao consumo regular desses alimentos. Entretanto, os eventuais danos causados pelo processamento mínimo às frutas as tornam mais susceptíveis à deterioração. Nesse contexto, tecnologias para conservação de alimentos, em especial o plasma frio, desempenham um papel importante na preservação da qualidade e no aumento de vida útil de frutas processadas. Sendo assim, o objetivo deste estudo foi avaliar a eficácia do plasma frio (PF) atmosférico de descarga de barreira dielétrica (DBD) por 60 s e 30 kV quanto à capacidade de preservação das características fisiológicas de mamão minimamente processado (*Carica papaya L.* cv. 'Formosa'), logo após o tratamento e durante o armazenamento a $8\text{ °C} \pm 1,5\text{ °C}$ e 85% de umidade relativa (UR) por até 10 dias. Neste estudo, a presença de fungos foi visualizada em mamão minimamente processado controle armazenado por 8 dias, enquanto o tratamento com PF (30 kV, 60 s) inibiu o crescimento e reprodução de fungos visíveis durante 10 dias de armazenamento. Os resultados indicaram que o tratamento com PF influenciou positivamente na manutenção da qualidade do produto, melhorando sua retenção de cor, reduzindo o pH, o percentual de perda de peso e mantendo a firmeza durante o armazenamento do mamão minimamente processado. Além disso, os compostos fenólicos e antioxidantes, a concentração de CO_2 , bem como os sólidos solúveis e acidez não apresentaram diferenças significativas durante o armazenamento e entre as amostras com e sem tratamento por PF. O PF retardou o aparecimento de fungos no mamão minimamente processado, permitindo a descontaminação em baixas temperaturas em um curto espaço de tempo e com baixo custo. Como resultado, o PF mostrou-se prático e viável para utilização. Portanto, essas respostas contribuem para promover o uso do PF como um tratamento não térmico para aumento da vida útil de frutas minimamente processadas.

Palavras-chave: mamão minimamente processado; plasma frio; qualidade físico-química.

ABSTRACT

The demand for ready-to-eat foods is growing, with an emphasis on the minimally processed fruit market. This increase is linked to the nutritional value and health benefits associated with the regular consumption of these foods. However, damage can be processed by the minimal fruit. In this sense, technologies for food conservation, especially quality cold plasma, play a role in the context of preservation and increasing the shelf life of processed fruits. Therefore, the preservation capacity and the colder plasma (CP) resource were evaluated by 60 preservation tools and 30 k of this study for the preservation capacity and 30 k of this study for the minimally processed preservation capacity (*Carica papaya* L cv. 'Formosa'), immediately after treatment and during storage at $8\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1.5\text{ }^{\circ}\text{C}$ and 85% relative humidity (RH) for up to 10 days. In this study, the presence of fungi was visualized in minimally processed papaya control stored treatment with CP (30 kV, 60 s) in fungi in the growth and reproduction of fungi during 10 days of storage. The results showed that the cold plasma maintained the quality of the papaya fresh cut such as with loss and pH. In addition, there was a significant effect on the phenolic and antioxidant compounds, respiration rate, as well as solids during the storage and between the samples with and without cold plasma. On the other hand, CP delays the fungal development in minimally processed papaya, allowing decontamination at low temperatures in a short time. These results showed that cold plasma can be an alternative as nonthermal treatments increase the shelf life of fresh-cut fruits.

Keywords: papaya minimally processed; physicochemical quality; cold plasma.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

UHT	<i>Ultra high temperature</i>
pH	Potencial hidrogeniônico
DBD	Descarga de barreira dielétrica
DPPH	1,1-difenil-2-picrilhidrazil
Hz	Hertz
kV	Quilovolt
NaOH	Hidróxido de sódio
GC-MS	Cromatografia gasosa-espectrofotometria de massa
H ₂ O ₂	Peróxido de hidrogênio
OH•	Radical hidroxila
ROS	Espécies que reagem ao oxigênio
O ₂	Oxigênio
N ₂	Nitrogênio
UV	Ultravioleta

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
2	OBJETIVO GERAL	16
2.1	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	16
3	REFERENCIAL TEÓRICO	16
3.1	MAMÃO (CARICA PAPAYA L.).....	16
3.2	COMPOSIÇÃO QUÍMICA E ESTRUTURA DE FRUTAS, SEMENTES, CASCAS E FOLHAS DE MAMÃO	18
3.3	FRUTAS MINIMAMENTE PROCESSADAS	21
3.4	TECNOLOGIAS DE EXTENSÃO DA VIDA ÚTIL APLICADAS A FRUTAS MINIMAMENTE PROCESSADOS.....	22
3.5	PLASMA FRIO (PF) DE DESCARGA DE BARREIRA DIELÉTRICA (DBD) 24	
3.5.1	Mecanismo de ação e impacto do plasma frio na superfície de frutas	26
3.6	EFEITO DO PLASMA FRIO NOS ASPECTOS DE QUALIDADE DE FRUTAS	28
3.6.1	Aspectos fisiológicos	29
3.6.2	Características físico-químicas	30
3.6.3	Compostos bioativos	32
3.6.4	Sabor e aroma	34
4	MATERIAIS E MÉTODOS	34
4.1	MATÉRIA-PRIMA, MANUSEIO E ARMAZENAMENTO	34
4.2	PLASMA FRIO A PARTIR DE UM REATOR DE DESCARGA COM BARREIRA DIELÉTRICA (DBD) E ARMAZENAMENTO DE AMOSTRAS	35
4.3	PRODUÇÃO DE CO ₂ E ETILENO	37
4.4	AVALIAÇÃO DA PRESENÇA DE FUNGOS.....	38
4.5	CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DOS MAMÕES MINIMAMENTE PROCESSADOS	38
4.5.1	Análise de cor	38
4.5.2	Perda de massa	39
4.5.3	Análise de perfil de textura e firmeza	40
4.5.4	pH, sólidos solúveis totais (SST) e acidez total titulável (ATT)	41
4.6	DETERMINAÇÃO DOS COMPOSTOS BIOATIVOS	41

SUMÁRIO

4.6.2	Determinação do conteúdo fenólico total.....	42
4.6.3	Capacidade antioxidante	42
4.7	ANÁLISE ESTATÍSTICA	43
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	43
5.1	ATIVIDADE RESPIRATÓRIA E EVOLUÇÃO DE ETILENO	43
5.2	ASPECTOS VISUAIS E CRESCIMENTO DE FUNGOS	45
5.3	ANÁLISE DE COR.....	48
5.4	PERDA DE PESO E ATIVIDADE DE ÁGUA (A_w).....	50
5.5	FIRMEZA E ANÁLISE DO PERFIL DE TEXTURA (TPA).....	52
5.6	PH, ACIDEZ TITULÁVEL E TEOR DE SÓLIDOS SOLÚVEIS.....	55
5.7	TEOR DE FENÓLICOS TOTAIS (TFT), ATIVIDADE ANTIOXIDANTE TOTAL – DPPH (2,2 DIFENIL-1-PICRILHIDRAZIL) E O MÉTODO DO RADICAL ABTS (ÁCIDO 2,2-AZINO-BIS(3-ETILBENZOTIAZOLINA-6-SULFÔNICO)	18
6	CONCLUSÃO	20
7	TRABALHOS FUTUROS	21
	REFERÊNCIAS	22
	APÊNDICE A – CURVA ANALÍTICA DE ÁCIDO GÁLICO	40

DIAGRAMA CONCEITUAL

Efeito do tratamento com plasma frio sobre os atributos de qualidade de mamão formosa (*Carica Papaya L.*) minimamente processado

POR QUÊ?

- Mamões possuem elevado valor nutricional, mas com curta vida de prateleira;
- Há uma crescente busca por alimentos frescos, saudáveis, nutritivos e que apresentem praticidade para consumo;
- O processamento mínimo é uma alternativa prática, mas provoca alterações indesejáveis reduzindo a vida de prateleira;
- É um desafio reduzir perdas durante o processamento e armazenamento e minimizar os efeitos adversos dos tratamentos convencionais;
- O plasma frio, como tratamento térmico alternativo aumentar a vida útil de mamões minimamente processados, mantendo a qualidade e saudabilidade.

O QUE FOI FEITO?

- Na literatura técnico científica grande parte dos estudos com mamão, em especial a semente, é relacionado a sua função farmacológica e química;
- O plasma frio, foi aplicado em diferentes frutas minimamente processadas;
- Os métodos emergentes aplicados para conservação de mamão minimamente processado até o momento foram processamento de alta pressão, UHT, irradiação e revestimentos comestíveis.

HIPÓTESES

- Existe uma condição de processo com o plasma frio que resulta em uma maior vida útil e mantém as características de qualidade do mamão minimamente processado

RESULTADOS ESPERADOS

- Que o tratamento do plasma frio em mamão minimamente processado aumente o tempo de vida útil mantendo as características fisiológicas após o tratamento;
- Determinar a influência sobre os parâmetros físico-químicos de mamões minimamente processados armazenados após o tratamento com o plasma frio;
- Obter um conjunto de resultados que auxilie na obtenção de mamão minimamente processado com maior vida útil, utilizando um tratamento não térmico, de baixo custo, sem uso de aditivos e que mantenha inalteradas as características de qualidade como manutenção da cor, textura, compostos bioativos.

1 INTRODUÇÃO

Frutas são alimentos essenciais para ajudar e manter o nosso bem-estar. No entanto, para estabelecer os benefícios à saúde associados ao consumo de frutas, o recomendado pela Organização Mundial da Saúde (OMS) é de no mínimo 400 g por dia (REKHY; MCCONCHIE, 2014), porém, o consumo está abaixo do recomendado.)BOCA, (2021), mostra alguns fatores que influenciam o comportamento do consumidor, assim os autores dividem o comportamento do consumidor em três categorias: (i) fatores pessoais: está relacionado à idade, cultura, gênero e educação; (ii) Fator fisiológico: relacionado à resposta de marketing e marcas; (iii) Fator social: relacionado à família, amigos, redes sociais e renda. Por outro lado, nas últimas duas décadas, a praticidade, pouco tempo de preparo das refeições são outros fatores que estão associados ao comportamento do consumidor. Portanto, diversos alimentos prontos para consumo, como frutas e hortaliças conhecidas como minimamente processados, têm sido um mercado em constante crescimento devido principalmente às suas propriedades convenientes e saudáveis. Entre as frutas com excelentes propriedades está o mamão (*Carica papaya L. cv. 'Formosa'*) (DIAS; SILVA, 2022). O mamão é uma fruta tropical, rica fonte de compostos bioativos e vitaminas como A, B e C. Além disso, está fruta contém carboidratos, proteínas, alcalóides (campanha e pseudocarpaína), enzimas proteolíticas (papaína e quimopapaína) e isotiocianato de benzila, o que os torna importantes na dieta humana (BARROSO *et al.*, 2016). Além disso, o Brasil está entre os principais países produtores e exportadores de mamão (*Carica papaya Lineu*). Em 2021, de janeiro a novembro foram produzidas mais de 46 mil toneladas de mamão (PRECEDENCE RESEARCH, 2022).

O mamão é uma das frutas mais importantes na economia e alimentação brasileira, com inúmeras possibilidades industriais e aplicações nutricionais, farmacológicas e medicinais. No entanto, com alta pós-colheita perdida. Assim, o mamão minimamente processado pode ser uma excelente alternativa para o consumidor, evitando o descascamento e o corte, minimizando a perda pós-colheita e aumentando o consumo de frutas (CORTEZ-VEGA *et al.*, 2014). De modo geral, os métodos tradicionais de

conservação de frutas minimamente processadas podem ser classificados em três categorias: preservação de base química, bem como tecnologia de biopreservação (MA, Y. *et al.*, 2022). No entanto, essas técnicas podem afetar a qualidade sensorial e nutricional dos alimentos (MANDAL; SINGH; PRATAP SINGH, 2018a). Assim, um desafio contínuo para a indústria de alimentos é desenvolver novas tecnologias que minimizem os efeitos adversos dos tratamentos convencionais nos atributos de qualidade, reduzir os tempos de processamento e garantir a segurança do produto (NEGRI RODRÍGUEZ *et al.*, 2021).

Nos últimos anos várias técnicas não térmicas têm sido estudadas para substituir os métodos convencionais de preservação que utilizam calor ou produtos químicos. Entre eles, destaca-se o plasma frio, recentemente uma intervenção relativamente nova no que diz respeito à melhoria da segurança do processamento de alimentos. Plasma atmosférico frio de descarga de barreira dielétrica (DBD-CAP), consiste em submeter a matriz alimentar a um gás ionizado composto por partículas (íons, elétrons, fótons e radicais livres) produzidos a partir de uma descarga elétrica, que é responsável por iniciar inúmeras reações químicas. reações de importância significativa (WAGHMARE, 2021a)(LAROQUE *et al.*, 2022). O plasma frio com ar atmosférico (DBD-CAP) é uma tecnologia de processo verde por ser ecologicamente correta e livre de produtos químicos (CHEN *et al.*, 2019). Essa tecnologia utiliza baixas temperaturas e tem um processo operacional de baixo custo (JADHAV; ANNAPURE, 2021), sendo utilizada em uma grande variedade de produtos (MA, L. *et al.*, 2017b) aumentar a vida de prateleira dos alimentos (YINXIN *et al.*, 2022) e minimizar a perda do valor nutricional (SRUTHI *et al.*, 2022b).

Até agora, o efeito da descarga de barreira dielétrica de plasma frio (DBD) sobre os aspectos fisiológicos (respiração e deterioração fúngica), características físico-químicas (cor, pH, acidez, perda de peso, atividade de água, sólidos solúveis totais e perfil de textura) e compostos bioativos (antioxidantes e fenólicos) de mamão minimamente processado durante seu armazenamento não foram estudados, sendo inovação. Assim, neste contexto, a presente pesquisa teve como objetivo investigar o efeito útil do plasma frio

(DBD-CAP) em parâmetros de qualidade do mamão minimamente processado, incluindo controle fúngico e propriedades funcionais.

2 OBJETIVO GERAL

Avaliar o efeito do plasma frio atmosférico em descarga de barreira dielétrica (DBD) sobre as características físico-química de mamão formosa (*Carica papaya L.*) minimamente processado durante o armazenamento sob refrigeração.

2.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar a vida útil a 8 °C dos mamões minimamente processados com e sem aplicação do plasma frio sob refrigeração;
- Correlacionar o efeito do plasma frio na produção de etileno e taxa respiratória de mamões minimamente processados;
- Analisar as mudanças durante o armazenamento com e sem o uso do plasma frio nos parâmetros físicos (cor, firmeza, perda de peso, atividade de água e o perfil de textura) e nas propriedades químicas (sólidos solúveis totais, acidez e pH) dos mamões minimamente processados;
- Verificar o comportamento dos compostos bioativos (atividade antioxidante e teor de fenólicos) de mamões minimamente processados com e sem tratamento do plasma frio durante o armazenamento.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

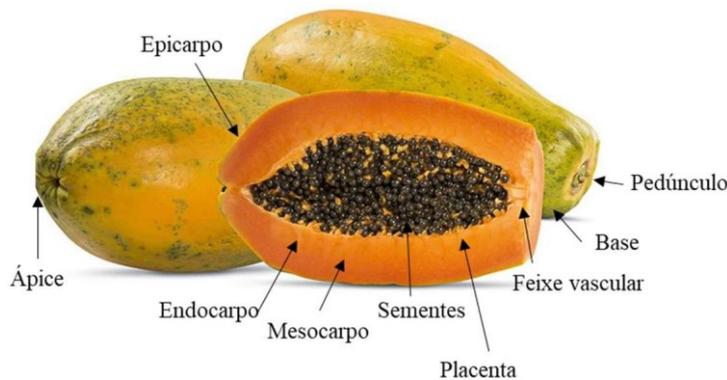
3.1 MAMÃO (CARICA PAPAYA L.)

O mamão espécie *Carica papaya Linnaeus (Carica papaya L.)*, pertence à família *Caricaceae* e suas plantas designadas de mamoeiros podem atingir até 10 m de altura (DOTTO, J. M.; ABIHUDI, 2021). É uma das frutas carnosas climatéricas mais consumidas no mundo, sendo considerada uma *commodity* (FABI; DO PRADO, 2019). É cultivado em todas as regiões tropicais e subtropicais do mundo, incluindo América do Sul e Central, Caribe, Sudeste

Asiático, Índia, África, Austrália e Ilhas do Pacífico (FAOSTAT, 2021). O Brasil se destaca na sua produção ocupando em todo o território nacional cerca de 12.350 mil hectares, concentrada nos estados de Minas Gerais, Espírito Santo, Bahia e Rio Grande do Norte.

No Brasil estima-se uma produção para a safra de 2027/28, de 1.156 mil de toneladas, porém seu limite superior pode chegar a 2.077 mil de toneladas. O acompanhamento da safra de mamão aponta uma projeção de seu limite superior de 2.281 mil de toneladas para 2031 (EMBRAPA, 2019). Embora seja uma cultura que possui inúmeras variedades, predomina o plantio da variedade formosa (NUNES, E. de S. *et al.*, 2021). A fruta de mamão formosa (Figura 1) é alongada, possui polpa amarela alaranjada, peso médio de 1,1 kg e são apropriadas somente à comercialização no mercado interno.

Figura 1. Morfologia de *Carica papaya L.* cv. 'Formosa'.



Fonte: Adaptado de Jardim de Minais (2019).

O mamão é considerado uma fruta nutritiva, rica em fibras, vitaminas A e C, flavonóides, carotenóides, licopeno, água e minerais como cálcio e potássio (NEPA - UNICAMP, 2011). Por ser um fruto climatérico, o mamão apresenta rápidas alterações causadas pelo aumento das taxas de respiração e produção de etileno no início do estágio de maturação (FABI; DO PRADO, 2019).

O mamão está disponível no mercado durante todo o ano e é uma fonte significativa de antioxidantes dietéticos. A fruta se destaca mundialmente por sua origem tropical, alto valor econômico e riqueza nutricional, podendo ser usada em estágio verde, em pratos salgados, ou consumida no estágio maduro

em pratos prontos ao consumo (BREWER *et al.*, 2021 e IKRAM *et al.*, 2015). A polpa, casca, sementes, folhas, brotos e raízes são considerados uma boa fonte de compostos fitoquímicos bioativos.

3.2 COMPOSIÇÃO QUÍMICA E ESTRUTURA DE FRUTAS, SEMENTES, CASCAS E FOLHAS DE MAMÃO

No Brasil, o mamão é comumente consumido *in natura*, sendo indicado como alimento saudável e de excelente sabor com demanda crescente do mercado consumidor. Em sua composição estão diversos nutrientes disponíveis para digestão e absorção, como vitaminas A e C, ferro, cálcio, magnésio e potássio (CRUZ, 2016). Além disso, contém a enzima papaína, utilizada como eficiente suplemento digestivo (TORRES, 2010).

O processo de amadurecimento ocasiona mudanças nas características das frutas, que vão desde a cor da casca e textura até alterações em sua composição nutricional (FABI; DO PRADO, 2019 e SEKARAN *et al.*, 2018). A composição de açúcares influencia diretamente no sabor do mamão, podendo variar de acordo com o cultivar, condições climáticas de cultivo, região climática e estágio de maturação, sendo esse responsável por grande parte das mudanças (SEKARAN *et al.*, 2018). À medida que amadurece, a quantidade de sólidos solúveis totais (SST) e o pH aumentam e acidez diminui, juntamente com a possibilidade de infecção e contaminação (REIS, H. F. Dos, 2014).

O mamão é uma rica fonte de compostos bioativos. No entanto, o conteúdo bioativo das frutas varia muito dependendo de fatores como a variedade e o local de cultivo. Além disso, o mamão é uma fruta climatérica, portanto, sua composição final é resultado de diversas alterações químicas e fisiológicas que ocorrem antes e após a colheita (LAURORA *et al.*, 2021). Esse grupo de frutos exibe um aumento de respiração e produção do fitormônio etileno, que gerencia a síntese de enzimas de degradação, no início do estágio de maturação. Ambos os processos aceleram a atividade metabólica do fruto e o seu amadurecimento (FONSECA *et al.*, 2021a). Frutas, sementes, cascas e folhas de mamão possuem valores nutracêuticos, o que os torna importantes

na dieta humana. Essas partes de mamão são ricas em macro e micronutrientes em graus variados (Tabela 1).

Tabela 1. Valor nutricional em frutas, sementes, cascas e folhas de mamão (mg por 100 g).

Parâmetros	Valor nutricional			
	Fruta	Semente	Casca	Folha
Umidade	85,32-90,66	2,40-9,83	68,39-86,80	59,5-64,00
Cinzas	0,28-0,38	6,94-10,60	3,14-11,85	1,97-11,30
Carboidrato	7,76-13,44	8,40-27,6	9,67-38,35	10,37-58,30
Proteína	0,36-0,45	24,30-31,80	6,86-20,20	16,08-29,50
Lípido	0,20-0,29	20,97-30,10	0,23-2,44	2,70-6,31
Fibra dietética	0,37-0,60	17,00-22,6	9,67-34,70	1,27-2,13
β -caroteno ($\mu\text{g/g}$)	208,67-4534,26	888,00	15,46-1940	-
Ácido ascórbico (mg/g)	35,32-43,80	0,12-0,15	65,70-71,01	126,2
Sódio	6,79-9,53	39,8	9,61	0,03
Potássio	18,36-24,78	743,30-1635,50	504,33-516,33	2,75
Ferro	0,61-0,85	5,23-5,80	0,65-2,73	0,46-1,84
Cálcio	27,88-32,48	725,00-8435,10	16,22-18,61	4,80-32,73
Zinco	-	5,00-6,17	1,94-1,97	0,04-0,05
Fósforo	11,54-16,81	566,90	221,54	-
Cobre	-	0,50-1,09	0,41	0,01-0,06
Manganês	-	2,50-3,10	-	0,12-0,66
Magnésio	9,45-13,63	218,80-332,50	19,11	16,48

Adaptado de: (DOTTO, J. M.; ABIHUDI, 2021)

As sementes de mamão geralmente são descartadas durante o processamento da fruta, independentemente de serem terapêuticamente valiosas (OCHE *et al.*, 2017). As sementes são ricas em lipídios insaturados e podem ser uma fonte alternativa de óleo essencial (YANTY *et al.*, 2014 e SENRAYAN; VENKATACHALAM, 2018). Além disso, as sementes de mamão são usadas como substituto da pimenta-do-reino na preparação de alimentos devido ao seu sabor picante e pungente (DOTTO, J. M.; ABIHUDI, 2021). Tanto as sementes quanto as folhas contêm proteínas, fibras alimentares, fitoquímicos, antioxidantes e minerais. Uma quantidade substancial de

proteína nas folhas de mamão os torna apropriados para o aprimoramento dos alimentos ricos em carboidratos, enquanto o conteúdo de fibra disponível pode suavizar o movimento intestinal (DOTTO, J.; MATEMU; NDAKIDEMI, 2019).

As propriedades morfológicas do mamão se distinguem pelo formato, que pode ser longo, oval, redondo ou em forma de pêra. A casca é lisa e fina, verde quando colhida e torna-se gradualmente amarela ou laranja durante o amadurecimento, na parte interna o tom da massa é vermelho, laranja ou amarelada, enquanto as sementes são cinza escuro ou preta e são revestidas por uma substância mucilaginosa (MÜHLBAUER; MÜLLER, 2020). A mudança de cor da casca pode indicar a estágio de maturação e época adequada de colheita do mamão (Quadro 1).

Quadro 1. Classificação do estágio de maturação do mamão quanto à coloração da casca e polpa.

Estágios de maturação	Varição das cores da casca e da polpa
0	 <p>Casca: 100% verde, do verde-escuro ao verde-claro (no início da maturidade fisiológica). Polpa: de branco a amarelo claro com ou não algumas regiões levemente rosadas.</p>
1	 <p>Casca: 1% - 15% amarelo, 1 faixa amarela quase imperceptível. Polpa: de branco a amarelo claro (próximo a casca) e amarelo-moderado (próximo a placenta)</p>
2	 <p>Casca: 15% - 25% amarelo, 2 tiras amarelas destacadas. Polpa: amarelo-moderado próximo à casca e vermelho-alaranjado próximo à placenta.</p>
3	 <p>Casca: 25% - 50% amarelo, 3 ou 4 tiras amarelas destacadas da cicatriz do estigma ao pedúnculo. Polpa: camadas branco-amarelo quase imperceptíveis perto da casca e vermelho-laranja perto da placenta</p>
4	 <p>Casca: 50% - 75% amarelo. Polpa: polpa completamente vermelho-alaranjada</p>
5	 <p>Casca: 75% - 100% amarelo. Polpa: polpa completamente vermelho-alaranjada.</p>

Fonte: Adaptado de SANTAMARÍA BASULTO *et al.*, (2009) e FONSECA *et al.*, (2021a).

A perda de firmeza e alteração da cor são as alterações fisiológicas mais perceptíveis durante a fase de maturação do mamão (SOUZA, Anderson Fernandes *et al.*, 2014).

3.3 FRUTAS MINIMAMENTE PROCESSADAS

As frutas minimamente processadas prontas para o consumo se destacam pela praticidade (DE CESARE *et al.*, 2018 e DE CORATO, 2020). Vários estudos mostram que a inclusão regular de frutas e vegetais na dieta está associada a um menor risco de doenças crônicas, principalmente pela quantidade de compostos bioativos que possuem uma série de benefícios ao organismo humano (XUE *et al.*, 2016). Todavia, para que tais benefícios possam ser alcançados, é fundamental o consumo regular desses alimentos. Além de reduzir as altas perdas pós-colheita e agregar valor ao produto final, evitando, assim, o desperdício (DUARTE-MOLINA *et al.*, 2016).

O mercado global de frutas e vegetais processados alcançou aproximadamente US\$ 323,2 bilhões em 2021 e estima-se que este valor alcance US\$ 545 bilhões em 2030 (PRECEDENDE RESEARCH, 2022). Esses dados, refletem a mudança no estilo de vida e nos hábitos alimentares da população, aumentando a demanda por alimentos frescos, saudáveis, nutritivos e que apresentem praticidade para o consumo (MOSTAFIDI *et al.*, 2020).

As frutas minimamente processadas são submetidas à lavagem, enxágue, sanitização, descascamento e corte. Esses produtos devem ser armazenados sob refrigeração após a embalagem para manter a segurança, além das propriedades sensoriais e de qualidade (DE CORATO; CANCELLARA, 2019). As operações de corte ou fatiamento modificam o processo metabólico do tecido vegetal estimulando mudanças físico-químicas e biológicas que afetam a qualidade dos produtos minimamente processados durante o armazenamento, principalmente pela presença de microrganismos o que aumentam sua suscetibilidade à deterioração, reduzido a vida de prateleira (PUTNIK *et al.*, 2017). Além disso, o procedimento de corte inicialmente desencadeia uma série de reações para promover um aumento acentuado na taxa de respiração, maior produção de etileno, oxidação fenólica e desequilíbrio do metabolismo do oxigênio ativo, que levam à consequente deterioração da manutenção da qualidade, incluindo escurecimento dos tecidos, amaciamento da carne e perdas de sabores) (ZHOU, D. *et al.*, 2022a e TAPPI *et al.*, 2014). Portanto, frutas minimamente processadas são altamente perecíveis e geralmente armazenadas por não mais de 10 dias, mas podem ter uma vida útil

ainda menor se as condições de armazenamento não forem adequadas (AMARO *et al.*, 2018).

Entre a variedade de frutas tropicais disponíveis atualmente no mercado como produtos frescos de corte, manga (*Mangifera indica L.*), melão (*Cucumis melo L.*), e mamão são os mais populares (AMARO *et al.*, 2018; LUCIANO *et al.*, 2022).

3.4 TECNOLOGIAS DE EXTENSÃO DA VIDA ÚTIL APLICADAS A FRUTAS MINIMAMENTE PROCESSADOS

Em geral, os métodos tradicionais de preservação de frutas minimamente processadas podem ser classificados em três categorias: preservação com base física, preservação com base química e tecnologia de biopreservação (MA, L. *et al.*, 2017b). A tecnologia de preservação com base física refere-se aos métodos que ajustam a temperatura, umidade, pressão e composição do gás do ambiente para prolongar a vida útil (SUCUPIRA *et al.*, 2017). O frio é um dos métodos físicos mais comumente usados para melhorar a vida útil de frutas e vegetais minimamente processados. É altamente eficiente, mas também de alta demanda de energia. Além disso, os danos causados pelo frio ocorrem devido a diferentes temperaturas ótimas de armazenamento de variedades de frutas e vegetais minimamente processados quando armazenados nas mesmas condições (ALBORNOZ *et al.*, 2019). No caso do mamão, que é uma fruta tropical e sensível ao frio. Sua temperatura crítica de refrigeração mais baixa varia de 9°C a 12°C, e sua UR adequada varia de 85% a 95% dependendo de seu estágio de maturação, genótipo e condições ambientais de produção (ALMEIDA *et al.*, 2005). O mamão é suscetível a injúrias pelo frio quando armazenado em temperaturas muito baixas e amadurecimento heterogêneo (maturação manchada), acompanhado de aumento da sensibilidade ao etileno após a refrigeração. UR inferior a 85% pode causar enrugamento e perda de brilho da casca do mamão, enquanto UR superior a 95% favorece o crescimento fúngico (PAULL *et al.*, 1997). Em termos de tecnologia de preservação de base química, vários conservantes naturais ou sintéticos têm sido usados para prolongar a vida útil de frutas e hortaliças minimamente processadas nas últimas décadas (MEIRELES *et al.*,

2016). No entanto, os consumidores também se tornaram mais críticos em relação ao uso de aditivos sintéticos à medida que sua conscientização sobre saúde e segurança alimentar aumentou. Isso exigiu o desenvolvimento de técnicas de preservação sem aditivos sintéticos ou com base em aditivos naturais nos últimos anos.

No entanto, essas técnicas utilizadas podem afetar a qualidade sensorial e nutricional dos alimentos, como danos à textura, cor, redução do valor nutricional (MANDAL; SINGH; PRATAP SINGH, 2018b). Assim, um desafio permanente para a indústria alimentícia é desenvolver tecnologias que minimizem os efeitos adversos dos tratamentos convencionais nos atributos de qualidade, diminuam os tempos de processamento e garantam a segurança dos produtos (NEGRI RODRÍGUEZ *et al.*, 2021).

As tecnologias não térmicas surgem como uma alternativa ao processamento térmico com o objetivo de manter as características *in natura* dos alimentos, mantendo os compostos (antioxidantes, vitaminas, pigmentos e compostos voláteis), que podem sofrer danos pelo calor, reduzindo, com isso, a degradação e mantendo a qualidade (WAGHMARE, 2021b). Além disso, essas novas tecnologias podem alterar a qualidade sensorial (sabor, aroma, textura e cor) e nutricional de forma positiva devido a reações químicas que ocorrem, levando em consideração a matriz alimentar e as condições de processo (ALVES FILHO *et al.*, 2019; HERCEG *et al.*, 2016; FERNANDES *et al.*, 2015). Essas tecnologias alternativas podem aumentar a funcionalidade e a vida de prateleira de frutas minimamente processadas (CAO; HUANG; CHEN, 2017). Alguns dos métodos não térmicos de maior sucesso são processamento de alta pressão (KALAGATUR *et al.*, 2018), ultrassom (PIÑON *et al.*, 2020), campo elétrico pulsado (CLEMENTE *et al.*, 2020), luz ultravioleta (CORRÊA *et al.*, 2020), luz pulsada de alta intensidade (DE MORAES; MORARU, 2018), irradiação gama (SAADATI *et al.*, 2022) e, mais recentemente, PF (GOVAERT *et al.*, 2020 e BANG *et al.*, 2020). Pesquisadores ainda investigam o efeito sobre as propriedades reológicas, sensoriais, nutricionais e microbiológicas (MEHTA *et al.*, 2019; DJEKIC *et al.*, 2018)

3.5 PLASMA FRIO (PF) DE DESCARGA DE BARREIRA DIELÉTRICA (DBD)

O PF é uma técnica emergente e tem enorme potencial para reduzir os efeitos térmicos inaceitáveis nas características nutricionais e de qualidade dos produtos alimentícios, já que temperaturas baixas há menores danos os nutrientes (WAGHMARE, 2021b).

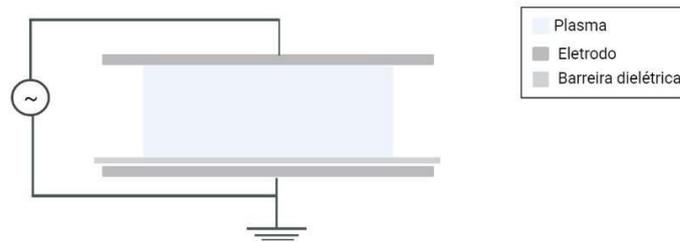
O PF é comumente referido como o quarto estado da matéria com características especiais, pois exhibe comportamento diferente dos outros estados (sólido, líquido e gasoso) e é considerado como um gás neutro, ionizado ou parcialmente ionizado. Devido ao seu estado de não equilíbrio, o gás persiste em baixas temperaturas devido ao resfriamento de íons e moléculas não carregadas, em vez de transferência de energia de elétrons (BOURKE *et al.*, 2018). Através da aplicação de energia térmica (aquecimento) ou campos eletromagnéticos (campos elétricos ou luz de alta energia), o determinado gás pode ser ionizado (Figura 1). Quando o gás ionizado é formado por energia relativamente baixa e densidade eletrônica, é denominado plasma frio (PF) (ZHOU *et al.*, 2022 e CHIZOBA EKEZIE; SUN; CHENG, 2017). O gás ionizado dá origem a diversas partículas e moléculas: espécies radicalares reativas, espécies reativas de oxigênio (ROS): peróxido, superóxido, hidroxil (da água), e nitrogênio (RNS): Nox, fótons UV (da emissão de energia), elétrons livres, ozônio (BUSSLER; EHLBECK; SCHLÜTER, 2017).

Existem muitas fontes de PF usadas para tratamento de alimentos, incluindo jatos de plasma, descargas de barreira dielétrica (DBDs), descargas corona e descargas de micro-ondas (MISRA *et al.*, 2019b). Descarga de barreira dielétrica (DBD) é o dispositivo usados com mais frequência e é destaque para a tecnologia de PF. Essa tecnologia é uma das formas mais convenientes de geração de PF que oferece diversas aplicações devido à sua configuração e flexibilidade para o formato do eletrodo e o material dielétrico utilizado (MISRA *et al.*, 2019a). Existem vários sistemas, formas de eletrodos e barreiras dielétricas empregadas em fontes DBD que dependem de várias aplicações. Em geral, um eletrodo é uma placa, enquanto o outro pode ter outra disposição, como multiponto (TAKAKI *et al.*, 2008) e malha (PINA-PEREZ *et al.*, 2020). Em comparação com o eletrodo placa-placa tradicional, as

configurações multiponto e malha diminuem a tensão de ruptura, melhorando a distribuição de descarga o que facilitaria a aplicação industrial na fruta (NIU *et al.*, 2018). Além disso, para aplicação em mamão minimamente processado utilizando o sistema DBD é o tratamento de alimentos in-pack, com geração do PF dentro da embalagem selada seria uma opção. Este procedimento permite prolongar o tempo de ação das espécies reativas sobre os microrganismos e evita a contaminação pós-processo. Um exemplo é o reator DBD desenvolvido por ZIUZINA *et al.*, (2015) para operação industrial na produção de alimentos.

A forma de geração da descarga DBD é uma descarga elétrica emitida entre dois eletrodos que possuem diferença de potencial, os quais estão separados por uma ou mais barreiras dielétricas que podem ser de plástico, quartzo ou cerâmica (WAGHMARE, 2021a), como mostra a Figura 2. A distância entre esses dois eletrodos pode ser mantida em 100 mm a diferentes centímetros (RODRÍGUEZ *et al.*, 2017). Frequências entre 0,05 e 500 kHz com ampla faixa de pressão de gás são comumente usadas para DBD (HERTWIG *et al.*, 2015).

Figura 2. Configurações básicas de sistemas de plasma frio de descarga de barreira dielétrica (DBD).



Fonte: Autor, 2022.

Esse tipo de geração de PF é vantajoso financeiramente pois possibilita diferentes geometrias de eletrodos, barreiras dielétricas e uma variedade de gases pode ser utilizada quando se compara com outras configurações (MISRA, *et al.*, 2019b). Em descarga de barreira dielétrica, o uso de ar atmosférico no lugar de gases nobres (por exemplo, argônio ou hélio) diminui o custo da operação do PF promovendo sua aplicação em grande escala (FEIZOLLAHI; MISRA; ROOPESH, 2021). Para tanto, alguns

parâmetros importantes devem ser levados em consideração durante o processo, como: o gás utilizado, tempo de processo, umidade do ar, a operação elétrica da descarga e a distância entre os eletrodos (HERTWIG *et al.*, 2015, MISRA, 2016, e LAROQUE *et al.*, 2022).

O objetivo do *template* é ajudar os(as) alunos(as) a elaborarem suas dissertações ou teses seguindo as normas da ABNT. Este material está com as margens, seções, espaçamentos entre linhas, tamanho de fonte, elementos pré-textuais, textuais e pós-textuais previamente configurados.

3.5.1 Mecanismo de ação e impacto do plasma frio na superfície de frutas

Como o mamão é um alimento sólido, há uma menor penetração das espécies químicas geradas no PF, tornando o processo limitado à superfície (MISRA, *et al.*, 2016). Além dessa restrição, alguns fatores afetam a penetração do PF na matriz desses produtos, como a geometria, composição, água livre disponível, porosidade, distância entre a fonte de PF e a superfície e as espécies reativas (MISRA, *et al.*, 2016). O PF tem sido utilizado para tratamento de superfícies de vários produtos frescos, como melão (ZHOU, D. *et al.*, 2022a), pitaia (LI, X. *et al.*, 2019c) e manga (YI *et al.*, 2022). Devido ao fato da penetração do PF e das espécies reativas ser limitado, os estudos concentraram na descontaminação/inativação somente na superfície das frutas em questão (MANDAL; SINGH; PRATAP SINGH, 2018a).

O PF é explorado por sua capacidade de descontaminação microbiana de superfície dos alimentos (ISHIKAWA; HORI, 2014). O PF pode ser gerado tanto como gás-líquido, provocando a formação de microbolhas no meio em que entra em contato, quanto na fase gasosa, sendo que ao ser gerado nas proximidades de uma superfície líquida pode haver o impacto das propriedades do meio como condutividade, pH e temperatura sobre o PF. Além disso, vale ressaltar que quando há a interação entre o PF e as moléculas de água, há reações de dissociação que estão envolvidas com os elétrons, variando de acordo com a quantidade de água e da energia dos elétrons (ELEZ GAROFULIĆ *et al.*, 2015). O radical hidroxila pode ser produzido através do impacto de elétrons de alta energia com moléculas de água presentes no meio

reacional, formando um cátion que reage com H_2O , produzindo $\cdot OH$ e H_3O^+ . (CREMA, 2015).

As partículas carregadas (íons) formadas pelo PF sofrem colisões e interagem com os micro-organismos e com o substrato alimentar (PANKAJ, *et al.*, 2017). Os mecanismos de ação para inativação de micro-organismos por meio do PF são: interação química de espécies reativas ou radicais com membranas celulares, erosão de componentes celulares internos e membranas por radiação UV e destruição das fitas de DNA através da radiação UV (NIVEDITHA *et al.*, 2021). As espécies reativas de oxigênio (ROS) e as espécies reativas de nitrogênio (RNS) têm sido identificadas como os componentes mais ativos do PF que podem induzir a oxidação, e essas espécies são altamente responsáveis pela degradação de compostos orgânicos ou pela inativação de microrganismos (PATANGE *et al.*, 2019). ROS E RNS são geradas dentro do PF, como radiação UV, que compõem efeitos oxidantes, íons energéticos e partículas carregadas (AGUIAR *et al.*, 2021) incluindo ozônio, peróxido e vários tipos de óxidos de nitrogênio (PANKAJ, *et al.*, 2017). Outras espécies são formadas na interface plasma-líquido, fazendo dos líquidos uma matriz suscetível para a aplicação de PF para descontaminação (SUROWSKY; SCHLÜTER; KNORR, 2015).

Dentre as reações químicas que podem ocorrer destacam-se as reações ácido-base que ocorrem devido a ação de espécies primárias e secundárias produzidas pelo PF, além de peróxido de hidrogênio e íons hidrogênio, podendo levar com isso à diminuição do pH (BERMÚDEZ-AGUIRRE *et al.*, 2013). Ainda nesta categoria, podem ocorrer reações de oxidação causadas por espécies reativas do oxigênio e do nitrogênio que estão relacionadas principalmente à inativação microbiana; reações de redução devido às espécies redutoras (por exemplo, radicais H^+ e OH^-), sendo o pH o fator determinante para que essas reações ocorram, pois, esses radicais se tornam mais ativos em valores de pH superiores a 4,8 (BERMÚDEZ-AGUIRRE *et al.*, 2013).

O PF, em particular, apresenta vantagens para uso em frutas, como: eficiência na inativação microbiana; redução nas perdas de processamento; aumento da vida útil de produtos *in natura* e processados; maior segurança química do alimento; retenção e melhoria na qualidade (propriedades físico-

químicas, nutricionais, sensoriais e compostos bioativos) em alguns produtos alimentícios; bem como beneficia a questão de sustentabilidade ambiental, por ser uma tecnologia que deixa pouco resíduo (GANESAN *et al.*, 2021). Porém, essas melhorias e modificações dependem de alguns fatores que influenciam as reações na matriz alimentar, como: fontes de plasma, tipo de gás utilizado, teor de umidade do gás, tempo de processamento influenciam significativamente na formação de espécies reativas (NASIRU *et al.*, 2021).

A eficácia do PF é determinada por fatores como as variáveis do processo, que são os parâmetros intrínsecos da natureza da matriz do alimento (tipo, umidade, pH) e o seu estado físico (sólido ou líquido), já que a interação com as espécies reativas ocorre de formas diferentes e também a concentração dessas espécies formadas (CHIZOBA EKEZIE; SUN; CHENG, 2017).

Nos últimos anos, várias pesquisas foram realizadas para determinar a eficácia do PF em produtos frescos, como maçãs minimamente processadas (TAPPI *et al.*, 2019), melão (ZHOU, D. *et al.*, 2022b), mirtilos (WANG; WU, 2022), bananas (KHOSHKALAM POUR *et al.*, 2022) e morangos (LI, M. *et al.*, 2019a). Esses pesquisadores relataram a influência do PF nas características físico-químicas, nutricionais e sensoriais de frutas minimamente processadas.

Sendo assim, pesquisas com o PF vêm sendo estudadas nos últimos anos pelo grupo de pesquisa do laboratório PROFI (Laboratório de Propriedades Físicas de Alimentos) do Programa de Pós-graduação em Engenharia de Alimentos na UFSC. No qual diversos estudos serão divulgados no meio científico em relação aos resultados inovadores desta tecnologia e esta dissertação também contribui de forma relevante, já que não há pesquisas publicadas até o momento sobre aplicação de plasma frio para a conservação de mamão minimamente processado.

3.6 EFEITO DO PLASMA FRIO NOS ASPECTOS DE QUALIDADE DE FRUTAS

Os impactos nos componentes e nas propriedades de frutas que afetam a qualidade estão sendo estudados para verificar se o PF é uma alternativa promissora para substituir os tratamentos térmicos.

3.6.1 Aspectos fisiológicos

A deterioração fúngica em alimentos frescos fatiados pela aplicação do PF tem sido estudada, já que a redução ou eliminação de patógenos deteriorantes intrínsecos desses produtos é o grande desafio da indústria, uma vez que eles possuem alta capacidade de desenvolvimento de doenças transmitidas por alimentos (DTA) durante o armazenamento (ZIUZINA *et al.*, 2015). Aliado a isso, as frutas, tornam-se bastante suscetíveis a perdas devido ao aumento nas reações fisiológicas causadas pela produção de etileno, além das alterações causadas pelo corte do fruto, devido à produção de etileno com consequente aumento da taxa respiratória e desenvolvimento fúngico (MARINGGAL *et al.*, 2020).

Vários fungos são responsáveis por fitopatologias nos mamões, tanto na planta quanto no fruto. Dentre inúmeros, destacam-se pela persistência, agressividade e peculiaridades os fungos do gênero *Alternaria* (FAGUNDES *et al.*, 2015). *Alternaria* spp. são fungos considerados psicotróficos, os quais têm como principal característica a predominância e a capacidade de proliferação em temperaturas de refrigeração. Esses fungos são capazes de se desenvolver em alimentos com baixíssimas atividades de água. Com relação ao pH, são pouco afetados pelas variações na faixa de 3 a 8 (BUDDE-RODRIGUEZ *et al.*, 2022).

Dessa forma, o uso do PF leva a inativação dos microrganismos no processado, pois o PF contém muitas espécies químicas reativas (SCHOLTZ *et al.*, 2015). Diante disso, possui grande potencial na preservação de produtos fatiados, em virtude da elevada eficiência antimicrobiana e efeitos deletérios mínimos (JAYASENA *et al.*, 2015). Aliado a isso, os tratamentos com PF também reduzem a respiração da fruta minimamente processada e levam a uma diminuição significativa nas concentrações de O₂ e maior acúmulo de CO₂ durante o armazenamento em comparação com as amostras não tratadas. Conseqüentemente o plasma surge como uma proposta eficiente para retardar o crescimento de microrganismos, a respiração e a produção de etileno (MA, L. *et al.*, 2017a).

Alguns fatores desempenham um papel importante na inativação microbiana: o tipo de fungo, tipo de plasma, gás, frequência, potência e outros

parâmetros de processamento. Como mostraram os estudos de Misra *et al.*, (2014), onde utilizou plasma de baixa temperatura sob pressão atmosférica para purificar alimentos frescos, morangos esterilizados usando DBD, PULIGUNDLA; LEE; MOK, (2018), aplicaram jato de plasma de descarga corona intermitente para melhorar a qualidade microbiana de kumquat e ZHANG *et al.*, (2021), que utilizaram o PF - DBD, o qual diminuiu a respiração de peras minimamente processada.

3.6.2 Características físico-químicas

A aplicação do PF em alimentos frescos pode impactar positivamente ou não as propriedades físico-químicas de frutas e hortaliças. MA, R. *et al.*, (2016), obtiveram uma redução v de sólidos solúveis totais (SST) de bagas chinesas tratadas com PF comparadas àquelas não tratadas. Resultados opostos foram obtidos por (PANKAJ, Shashi Kishor *et al.*, 2017) para mirtilos e peras minimamente processados (CHEN *et al.*, 2019). Os autores consideram que esse aumento está relacionado à conversão de amido em açúcares, uma vez que frutas de espécie diferentes possuem diferentes teores de amido em sua composição.

O pH e a acidez desempenham um papel crítico, pois impactam nas especificações de processamento necessárias para o desenvolvimento de produtos seguros e são monitorados em quase todas as operações de processamento. Qualquer mudança radical pode resultar em uma influência censurável na textura, sabor e prazo de validade dos alimentos (SRUTHI *et al.*, 2022a). PANKAJ *et al.*, (2017), estudaram o efeito do plasma frio atmosférico de alta tensão (HVACP) sobre o suco de uva branca e mostraram que a vazão de gás atmosférico aplicado durante o tratamento não afetou significativamente os valores de pH do produto tratado. Outros estudos também relataram um aumento na acidez e queda no valor do pH após o tratamento com PF, como em suco de siriguela (BUSSLER; EHLBECK; SCHLÜTER, 2017) e batata minimamente processada (PAIXÃO *et al.*, 2019). Baixo pH é benéfico para que as espécies reativas penetrem através das paredes celulares, a ocorrência de espécies reativas reduz a resistência das bactérias a ambientes ácidos (SRUTHI *et al.*, 2022a). Outros autores citam o aumento do pH, explicado

devido à alteração no metabolismo do alimento, perda de água e tamponamento intrínseco no tratamento com PF (MISRA *et al.*, 2014 e XU *et al.*, 2016). ALI; CHENG; SUN, (2020) investigaram o efeito do tempo e voltagem de exposição ao PF em fatias de banana frescas utilizando um sistema de alta voltagem de plasma atmosférico que incluiu uma barreira dielétrica de descarga (DBD), foi observado aumento da acidez titulável com o aumento da voltagem e do tempo durante o tratamento com PF de 0,329 para 0,426 e 0,265 para 0,491, respectivamente. O pH das amostras diminuiu de 5,5 para 4,5 como resultado do tratamento com PF. Na literatura também são encontrados estudos em figos e tomates cereja (ABBASZADEH; ALIMOHAMMAD; ZARRABI EKBATANI, 2018 e MISRA, Nrusimha Nath *et al.*, 2014).

Um outro parâmetro importante a ser considerado nos produtos alimentícios tratados com PF, é a perda de peso. YINXIN *et al.*, (2022), mostraram que o tratamento com PF reduz significativamente a perda de peso durante o armazenamento à medida que o tratamento aumenta. Além desse trabalho, RANA *et al.*, (2020), estudando o efeito do PF de micro-ondas na conservação de morangos frescos inteiros na embalagem e WON; LEE; MIN, (2017) em tangerinas, não relatam alterações significativas na perda de peso nas frutas processados.

O processamento de PF é conhecido por reter a textura dos alimentos tratados, conforme relatado em estudos com melão minimamente processado TAPPI *et al.*, (2016), e de KUMAR MAHNOT *et al.*, (2020) com cenouras minimamente processadas. Está retenção foi correlacionado com a reação entre as espécies de PF e o teor de umidade da amostra, o que pode ter causado a conversão de umidade em outros compostos como é o caso do estudo de SHIRANI; SHAHIDI; MORTAZAVI, (2020), em fatias de amêndoa tratadas com PF. Perda de firmeza, rupturas da pele e hematomas foram observados em mirtilos expostos ao PF em tratamento superiores a 60 s, embora tenha sido demonstrado que as colisões entre as bagas e o recipiente contribuíram significativamente para o amolecimento (LACOMBE *et al.*, 2015b).

Em geral, observou-se que o PF pode ter efeitos benéficos e prejudiciais nos componentes e/ou propriedades físico-químicas dos alimentos, e a razão para tais resultados pode ser atribuída aos diferentes fatores de

processamento, como fonte de PF, gás de processo, tensão de entrada, tempo de tratamento e a composição da matriz alimentar a ser tratada (SRUTHI *et al.*, 2022b).

3.6.3 Compostos bioativos

Os antioxidantes atuam na qualidade dos alimentos, já que são compostos que combatem os radicais livres (responsáveis por infecções e doenças) e previnem os vegetais de oxidações. Alguns dos compostos antioxidantes são: vitamina C, vitamina E, compostos fenólicos e carotenoides (PANKAJ, Shashi K; KEENER, 2017). Para avaliar o potencial antioxidante, métodos são realizados, como: atividade de eliminação de radicais: Ácido 2,2-azino-bis (3-etilbenzotiazolina-6-sulfônico) (ABTS), 1,1- difenil-2-picrilhidrazil (DPPH), poder antioxidante de redução de ferro (FRAP) e capacidade de absorção de radical de oxigênio (ORAC) (ALI; CHENG; SUN, 2021).

Os compostos fenólicos são componentes encontrados em vegetais que atuam de forma benéfica, sendo considerados compostos bioativos, com potencial antioxidante e associados à saúde devido ao seu efeito positivo no combate a doenças (LIN *et al.*, 2016). Dessa forma, estudos mostraram que a ingestão de alimentos com esses componentes ajuda na redução de câncer, diabetes e doenças cardiovasculares (MINATEL *et al.*, 2017). Eles atuam, também, na proteção dos alimentos contra os radicais livres e manutenção da qualidade, além de possuírem propriedades antioxidantes, anti-inflamatórias e antimicrobianas (SRUTHI *et al.*, 2022a). Os fenólicos são definidos como metabólitos secundários e consistem em um anel aromático com um ou mais grupos hidroxila, com estrutura variando de simples a polímeros de alta massa molecular (MINATEL *et al.*, 2017).

Pesquisas para determinar a capacidade antioxidante nos alimentos tratados com PF estão sendo realizadas para verificar a vantagem dessa tecnologia. No estudo realizado por LACOMBE *et al.*, (2015a), avaliou-se a influência do tempo de tratamento nos teores antocianinas de mirtilos inteiros. Os autores observaram uma redução nos teores de fenólicos nas amostras tratadas por períodos mais longos, o que também foi associado ao aumento da temperatura das frutas (acima de 45 °C). Essa condição sugere

que os períodos mais longos de exposição (90 s) às espécies radicais causam a degradação das antocianinas. O estudo realizado por DONG; YANG, (2019) indicou um efeito não significativo sobre as antocianinas de mirtilos tratados com PF - DBD. Além disso, os autores também relataram uma indução da síntese de polifenóis nos primeiros dias de armazenamento, aumentando o tempo de tratamento (até 10 min). No entanto, o conteúdo fenólico adicional foi gradualmente reduzido durante o armazenamento.

MATAN et al., (2015) indicaram que diferenças não significativas foram obtidas nos teores fenólicos de fatias de pitaya tratadas com PF utilizando ar como gás ionizante e RAMAZZINA *et al.*, (2015) também não encontrou diferenças utilizando PF - DBD. No entanto, um resultado importante foi relatado por RAMAZZINA *et al.*, (2016), que estudaram os efeitos de tratamentos com PF em maçãs minimamente processadas. Neste experimento, o tratamento com PF causou a redução de alguns compostos fenólicos: dímero de procianidina B2 e trímeros de procianidina B. Outro resultado relevante foi a redução dos compostos fenólicos da fração hidrofóbica da maçã. Além disso, em ambos os resultados, o efeito decrescente foi aumentado pelo tempo de tratamento (de 30 a 120 min).

Estudos mostraram uma relação direta do aumento da concentração de antioxidantes e compostos fenólicos, como foi verificado em pitaya minimamente processada submetidas ao tratamento com PF (LI, X. *et al.*, 2019). No caso do armazenamento de amostras minimamente processadas, estudos recentes indicam altos níveis de polifenóis. O tratamento da pitaya minimamente processada com PF DBD indicou um aumento nos teores fenólicos durante o armazenamento (de 12 a 36 h a 15 °C) (LI, X. *et al.*, 2019c). De maneira semelhante, um experimento com morangos minimamente processados apresentou os mesmos efeitos estimuladores durante o armazenamento (LI, M. *et al.*, 2019b). Um aumento significativo nos teores de fenólicos totais, antocianinas e flavonóides foi observado durante o armazenamento (4 °C), principalmente nos dias 1, 3 e 5.

Dessa forma, alguns fatores (tipo de alimento, fonte de geração do PF, modo e tempo de exposição) têm que ser levados em consideração para que o tratamento com o PF seja eficaz em manter ou aumentar os antioxidantes (KEENER; MISRA, 2016).

3.6.4 Sabor e aroma

O sabor está relacionado à percepção de constituintes voláteis ativos, que são formados durante a mastigação, sendo, assim, a base da interpretação dos receptores da língua. Durante o processamento de alimentos, diversas reações químicas são formadas, as quais envolvem uma gama de metabólitos, e estes levam ao desenvolvimento de compostos voláteis. Portanto, a estabilidade e proteção dos sabores são de grande importância para a indústria de alimentos no desenvolvimento de produtos (SHIRANI; SHAHIDI; MORTAZAVI, 2020). Uma característica importante para o sabor e aroma das frutas e influência da percepção do doce é a proporção açúcar-ácido (ZHOU, Y. *et al.*, 2018), reduzindo o sabor doce. As relações açúcar-ácido mais baixas resultam em uma percepção mais baixa da doçura. Ainda assim, proporções de açúcar-ácido muito baixas dependendo da composição dos alimentos e das condições de aplicação do PF, pode haver mudanças consideráveis no sabor. Em vista disso, é fundamental identificar as espécies químicas que podem influenciar na percepção do sabor e evitar, assim, impactos negativos do tratamento (SHIRANI; SHAHIDI; MORTAZAVI, 2020). Nesse sentido, CAMPELO *et al.*, (2020), constataram que as espécies reativas do PF interagiram com moléculas de aroma da polpa do camu-camu, causando mudanças perceptíveis no aroma e induzindo várias reações químicas (hidrogenação, abertura e fechamento de anel, hidrólise e rearranjo de moléculas). Desse modo, o uso do PF pode possibilitar a modificação de sabor e aroma, bem como a melhoria da qualidade sensorial de alimentos.

4 MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 MATÉRIA-PRIMA, MANUSEIO E ARMAZENAMENTO

Mamões *Carica papaya L.* do grupo 'Formosa', em estágio de maturação 5 (75 a 100% de casca amarela) (RAMOS-PARRA *et al.*, 2019), foram comprados em um comércio local (Florianópolis, SC, Brasil), e transportados para o Laboratório de Propriedades Físicas de Alimentos (PROFI) da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). Os mamões

foram acondicionados em sacos de polietileno com perfurações e mantidos sob refrigeração a $8 (\pm 1,5) ^\circ\text{C}$ e 85% de umidade relativa (UR) por 1 hora. Antes do processamento, os mamões foram lavados e sanitizados em solução de hipoclorito de sódio (100 ppm) por 15 min, drenado e o excesso de umidade removido usando toalhas absorventes. Sanitizou-se as superfícies, bem como todos os equipamentos e utensílios antes do uso, usando solução de hipoclorito de sódio (100 ppm). Na sequência, os mamões foram descascados manualmente e cortados ao meio no sentido longitudinal, retirando-se a pele e as sementes. Da parte central de cada metade, com o auxílio de um molde foram cortadas amostras cilíndricas de 2,9 cm de diâmetro e 1,2 cm de altura. Foram obtidas amostras de quatro mamões para compor um lote, divididos aleatoriamente em dois grupos, um grupo controle (sem tratamento com PF) e um grupo de tratamento com PF.

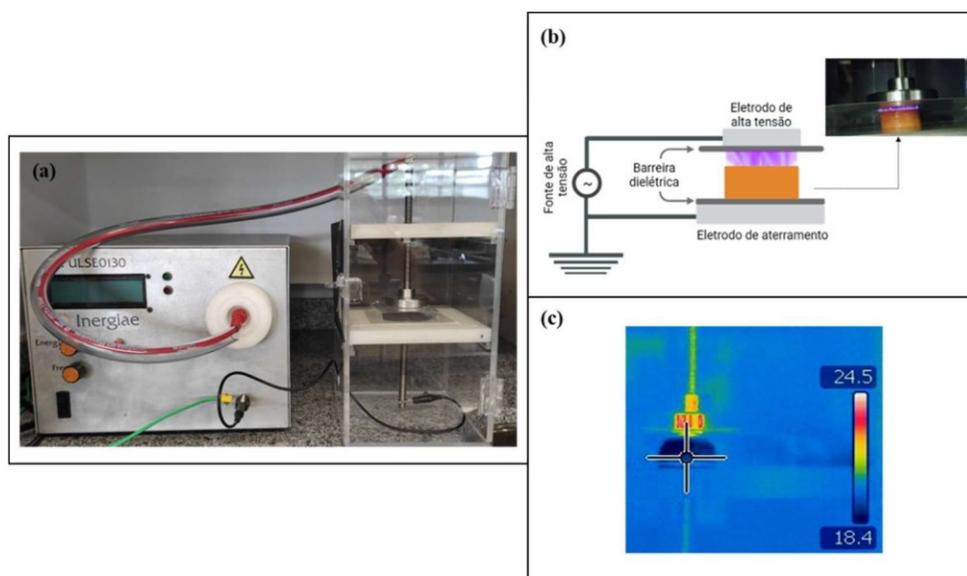
4.2 PLASMA FRIO A PARTIR DE UM REATOR DE DESCARGA COM BARREIRA DIELÉTRICA (DBD) E ARMAZENAMENTO DE AMOSTRAS

Para o presente estudo, foi utilizado PF gerado por um reator de Descarga de Barreira Dielétrica (DBD) no Laboratório de Propriedades Físicas dos Alimentos (PROFI)/EQA/UFSC. O reator DBD (Fig. 3a) consiste num retângulo de acrílico com parede de 3 mm de espessura, 120 mm de diâmetro e 150 mm de altura, com abertura manual. No centro encontra-se os eletrodos confeccionados em aço inoxidável sobre um encaixe de Teflon, que permite a regulagem da distância entre o eletrodo superior e o eletrodo inferior. O eletrodo superior (anodicamente polarizado) possui 50 mm de diâmetro, enquanto o inferior (catodicamente polarizado) 64 mm.

Para gerar a descarga elétrica, foi utilizada uma fonte de alta tensão pulsada (modelo Pulse 0130, Inergiae), na qual os pulsos alcançam a energia de até 0,2 J, o que pode fazer a tensão de saída chegar a 30 kV e uma frequência de até 1,0 kHz. A taxa de repetição dos pulsos pode ser de até 500 pulsos por segundo, o que representa uma potência de 100 W. O princípio de funcionamento da fonte consiste na acumulação e descarga de energia. Através de um potenciômetro multi-voltas, controla-se a tensão e a frequência e, monitora-se a energia de saída e a temperatura interna da fonte no painel de

exibição da fonte (Fig. 3 a). As espécies geradas pelo PF, tem a radiação UV (coloração roxa) e espécies reativas de oxigênio como o ozônio (coloração azulada), logo a presença da tonalidade azul/roxa funciona como um indicador da presença do PF (Fig. 3b) (Muller, L., 2019).

Figura 3. Diagrama de conexão do dispositivo de PF (a), representação esquemática da unidade de PF de descarga de barreira dielétrica (b) e imagem térmica do reator de PF em funcionamento (c).



Fonte: Autor, 2022.

Uma câmera de imagem térmica (FLIR systems, ThermaCAM T360, Suécia) foi utilizada para medir a temperatura das amostras durante o tratamento com PF dentro do reator e verificar o seu funcionamento (Fig. 3c). A temperatura mais alta da geração foi de 24,5°C, enquanto a temperatura mais baixa foi de 18,4°C.

Filmes de poliéster - película PET (de 0,014 mm de espessura, Myllar®) foram utilizados como barreira dielétrica, colocados em contato com os dois eletrodos (Fig. 3b). O ar ambiente foi utilizado como gás ionizante. Para gerar a descarga elétrica, os pulsos da fonte de alta tensão pulsada alcançaram a energia de 100 mJ.

Amostras de mamão foram colocadas entre as barreiras dielétricas, com distância entre elas de 15 mm. O tratamento com plasma frio (PF) foi

realizado utilizando a tensão de 30 kV_{RMS}, frequência de 130 Hz e tempo de tratamento de 60 s, condições determinadas em testes preliminares, a partir de estudar outras condições

Logo após o tratamento com PF, as amostras foram acondicionadas em bandejas de poliestireno expandido (EPS) (Totalplast, modelo TRL-01) (150x150x18mm), seladas com filme de policloreto de vinila (PVC) esticável (25 micras) e armazenadas a 8 (\pm 1,5) °C e 85% UR por até 10 dias e analisadas a cada 2 dias. As amostras controle (sem descarga de PF) foram armazenadas nas mesmas condições.

4.3 PRODUÇÃO DE CO₂ E ETILENO

Para a determinação de CO₂ e etileno, 50 g das amostras tratadas com PF e controle foram colocadas em recipientes de poliestireno com filme Cryovac® BDF2001 15 μ m com septo de borracha. A concentração de CO₂ e etileno acumulada no *headspace* do pacote foi determinada usando cromatografia gasosa acoplada a espectrometria de massa (GC-MS com um detector inerte MSD® Agilent 5975C, sistema Agilent 7890A GC® e Supel-Q-plot, Supelco® Column (32m x 0,32mm)). Os parâmetros do programa térmico usados para detectar etileno foram selecionados no modo monitorado por íons (SIM) definido para detectar com precisão a razão massa/carga de 28, 27, 26 e 25 para etileno e 44, 28, 16 e 12 para CO₂, modo de divisão (10:1 para etileno e 50:1 para CO₂), forno isotérmico, injetor, detector e temperaturas da linha de transferência de 28, 120, 200 e 250 °C, respectivamente. Hélio (5.0 White Martins®) foi usado como gás de arraste a uma taxa de 1,33 mL min⁻¹, e uma seringa à prova de gás foi usada para extrair alíquotas de gás de 10 μ L e 1000 μ L para CO₂ e etileno, respectivamente. A concentração de CO₂ e etileno nas embalagens foi medida a cada 1 h nas primeiras 6 h e a cada 24 h até a estabilidade no espaço interno da embalagem com amostras com base nos autores FONSECA *et al.*, (2021b), com adaptações. Permitindo a determinação da taxa de respiração em % kg⁻¹ h⁻¹. Esses valores foram corrigidos com base no volume de gás no espaço da câmara para determinar a taxa de respiração em mL kg⁻¹ h⁻¹, conforme a Equação 1 (MARTINS; BARBOSA; RESENDE, 2014).

$$R_{\text{respCO}_2} = \frac{\Delta\%}{\Delta_t} \frac{V_{\text{ev}}}{100} \frac{1}{m} \quad (1)$$

Onde, R_{respCO_2} é a taxa de produção de CO_2 ($\text{mL kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$), $\Delta\%$ representa a variação do CO_2 ao longo do tempo (%), Δ_t é o intervalo de tempo usado para medições de concentração de gás (s), m é a massa de frutas dentro da embalagem (kg) e V_{ev} é o volume do espaço vazio na embalagem (mL).

4.4 AVALIAÇÃO DA PRESENÇA DE FUNGOS

A presença ou ausência de fungos foi avaliada por inspeção visual de 10 pedaços de mamão minimamente processado controle e tratados durante o armazenamento. Quando mais que 20% da área superficial do fruto foi observada (visualmente), considerou-se o fim da vida útil, pois é assim que as frutas minimamente processadas são descartadas nos pontos de vendas (GUERRA et al., 2015).

4.5 CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DOS MAMÕES MINIMAMENTE PROCESSADOS

As amostras foram avaliadas físico-quimicamente quanto à cor, perda de massa, firmeza, pH, sólidos solúveis totais (SST) e acidez total titulável (TTA). As amostras foram analisadas antes e após o tratamento com PF em 0, 2, 4, 6, 8 e 10 dias.

4.5.1 Análise de cor

A cor das amostras foi determinada usando uma câmera digital de alta resolução (AF-S DX NIKKOR 18-55 mm f/3.5-5.6 G VR, Nikon®), configurada no modo cena, com zoom de 35% e sem *flash*. As fotos foram tiradas após o posicionamento da amostra dentro de uma câmara com iluminação homogênea

de uma fonte de lâmpada fluorescente difusa e usando uma placa preta padrão como fundo. As fotos foram analisadas com o auxílio do *software* ImageJ v 1.52a[®] em conjunto com o *plugin Color Space Converter*, conforme descrito por (CÁRDENAS-PÉREZ *et al.*, 2017). As determinações da cor foram baseadas em coordenadas CIE Lab, resultando em medidas de cor expressas em termos de luminosidade L^* ($L^* = 0$ preto e $L^* = 100$ branco) e da cromaticidade, definida por a^* ($+a^* =$ vermelho e $-a^* =$ verde) e b^* ($+b^* =$ amarelo e $-b^* =$ azul). Os parâmetros diferença total de cor (ΔE^*), saturação de cor (croma, C^*), diferença de croma (ΔC^*), matiz ($h; ^\circ$), diferença de matiz ($\Delta H, ^\circ$) e o índice de escurecimento (IE) conforme FONTES *et al.*, (2008) foram calculados de acordo com as Eqs. (2), (3), (4), (5) e (6), respectivamente.

$$\Delta E^* = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2} \quad (2)$$

$$C^* = \sqrt{(a^*)^2 + (b^*)^2} \quad (3)$$

$$h(^{\circ}) = \tan\left(\frac{b^*}{a^*}\right) \quad (4)$$

$$\Delta H^* = \sqrt{\sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta E^*)^2 + (\Delta C^*)^2}} \quad (5)$$

$$IE = [100(X - 0,31)]/0,172 \quad (6)$$

Onde, $\Delta L^* = L^*_{amostra} - L^*_{padr\~{a}o}$; $\Delta a^* = a^*_{amostra} - a^*_{padr\~{a}o}$; $\Delta b^* = b^*_{amostra} - b^*_{padr\~{a}o}$; $\Delta C^* = C^*_{amostra} - C^*_{padr\~{a}o}$; $X = (a^* + 1,75L^*)/(5,645L^* + a^* - 3,02b^*)$.

4.5.2 Perda de massa

A perda de massa das amostras foi realizada por análise não destrutivas, utilizando uma balança semi-analítica com precisão de 0,01 g (Marte, AY220, Brasil). Cada bandeja pesando cerca de 8 g (± 2 g) de amostras tratadas por PF ou controle no dia inicial do experimento (dia 0) foram armazenadas conforme descrito no item 2.2. As bandejas com as amostras

foram pesadas ao longo do armazenamento. A perda de massa foi calculada de acordo com a Eq. 7 (VIEIRA *et al.*, 2020):

$$PM (\%) = \frac{(P_0 - P_n) 100}{P_0} \quad (7)$$

Onde, PM a perda de massa (%); P₀ a massa no tempo inicial do armazenamento; e P_n a massa para o dia final “n” variável de 0 a 10.

4.5.3 Análise de perfil de textura e firmeza

As medidas de textura foram determinadas por testes de perfuração, de acordo com SOUZA *et al.*, (2014a), com adaptações. As determinações foram realizadas em um Texturômetro TA-XT2i (Stable Micro System, Surray, Reino Unido), com uma célula de carga de 25 kg, e os dados capturados pelo programa Texture Expert Exceed 2.61 (Stable Micro Systems, Reino Unido). As perfurações foram realizadas por uma probe cilíndrica de 2 mm de diâmetro, com velocidade de teste de 1 mm s⁻¹, até atingirem uma deformação de 70% da espessura original da amostra. A análise foi realizada com três perfurações em cada amostra em diferentes regiões. Três amostras de frutas foram usadas para cada repetição, a força máxima de penetração e a média foram registradas em Newtons (N).

O perfil de textura (TPA) dos mamões minimamente processados foi determinado com uma célula de carga de 25 kg, e o diâmetro da sonda cilíndrica de 5 mm., de acordo com WEE *et al.*, (2018), com algumas modificações. Mamões minimamente processados de três repetições foram comprimidos duas vezes a 30% de sua altura original e o intervalo de tempo foi de 5 s entre dois ciclos de compressão. A força de disparo inicial foi de 25 N e a velocidade de teste foi de 1 mm s⁻¹. Os parâmetros avaliados adesividade (N s) e mastigabilidade (N mm), foram calculados de acordo com a curva força-tempo com auxílio do software Matlab R2013a.

4.5.4 pH, sólidos solúveis totais (SST) e acidez total titulável (ATT)

As análises de pH e SST foram determinados de acordo com a metodologia de AOAC (ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS., 2008). Todas as análises foram realizadas a 23 ± 2 °C. O pH foi determinado por meio de um pHmetro portátil de semissólidos (Testo, modelo 205, AG Germany) previamente calibrado. Para a determinação dos SST em °Brix, as amostras foram trituradas e filtradas através de papel de filtro Whatman nº 1 e o suco obtido foi colocado no prisma de vidro de um refratômetro digital (ATAGO, PAL-BY/RI, Japão), previamente calibrado com água destilada. Os resultados foram expressos em °Brix. A ATT foi determinada por titulação potenciométrica observando o crescimento do pH das amostras para 8,2 usando hidróxido de sódio (NaOH) 0,1 M. Após registrar o volume de NaOH utilizado para cada amostra, a acidez foi calculada de acordo com a Eq. 8 (SADLER; MURPHY, 2010).

$$\% \text{ Acidez (ácido málico)} = \frac{N V \text{Eq}_{wt}}{w 1000} 100 \quad (8)$$

Onde: N = normalidade do titulante; V = volume de titulante (mL); Eq_{wt} = peso equivalente do ácido predominante (ácido málico = 67,05); W = massa da amostra (g).

Os valores das medidas de SST e ATT permitiram calcular a razão SST/ATT.

4.6 DETERMINAÇÃO DOS COMPOSTOS BIOATIVOS

4.6.1 Extração dos compostos

Para a determinação dos fenólicos totais e atividade antioxidante foi realizada a extração desses compostos de acordo com REIS, R. C. *et al.*, (2015) com algumas modificações. Em um almofariz 1 g de amostra foi moída, adicionado 10 mL de metanol e mantido sob agitação em banho ultrassônico

por 15 min. Em seguida foi realizada a centrifugação por 20 min a 5000 rpm em centrífuga (KASVI, K 14 - 5000M). Os sobrenadantes foram filtrados e armazenadas em frascos âmbar a 4-8 °C até o momento das análises.

4.6.2 Determinação do conteúdo fenólico total

O conteúdo fenólico total foi determinado pelo método de Folin-Ciocalteu (SINGLETON; ORTHOFER; LAMUELA-RAVENTÓS, 1999 e ZUNJAR; MAMMEN; TRIVEDI, 2015). O sistema consistiu na mistura de 1 mL de sobrenadante, 1,5 mL de carbonato de sódio e 1 mL Folin-Ciocalteu (Sigma-Aldrich, EUA) preparada com metanol e reagiu a temperatura ambiente por 2 h. O metanol foi usado como controle. Os valores de absorbância foram determinados a 760 nm em espectrofotômetro UV/VIS (Perkin Elmer, Lambda 45). Os resultados foram calculados com base na curva de calibração padrão ($R^2 = 0,993$) preparada com 6 diferentes concentrações de ácido gálico. Os resultados foram expressos como mg de equivalente ao ácido gálico por g de fruta.

4.6.3 Capacidade antioxidante

A atividade antioxidante foi avaliada com referência a BRAND-WILLIAMS; CUVELIER; BERSET, 1995 e BÜYÜKTUNCEL; PORGALI; ÇOLAK, 2014. Inicialmente, em um balão volumétrico de 100 mL foram adicionados 2,52 mg de DPPH e o volume completado com metanol. A solução foi agitada e armazenada em geladeira até o momento da análise. O sistema de reação consistiu em misturar 0,1 mL de sobrenadante e 3,9 mL de solução de DPPH preparada com metanol e reagiu a temperatura ambiente por 30 min. O metanol foi usado como controle. Os valores de absorbância foram determinados a 515 nm em espectrofotômetro UV/VIS (Perkin Elmer, Lambda 45). Os resultados foram calculados com base na curva de calibração padrão ($R^2 = 0,999$) preparada com 8 diferentes concentrações de Trolox. Os resultados foram expressos em μmol de equivalente de Trolox por 100 g de fruta. A atividade antioxidante total também foi determinada pela captura do

radical ABTS⁺ conforme metodologia proposta por (RE *et al.*, 1999). A diminuição da absorbância foi medida 6 min após a reação e a leitura foi realizada em 734 nm. Os resultados foram expressos em μmol de Trolox g^{-1} de fruta, a partir da curva padrão de Trolox.

4.7 ANÁLISE ESTATÍSTICA

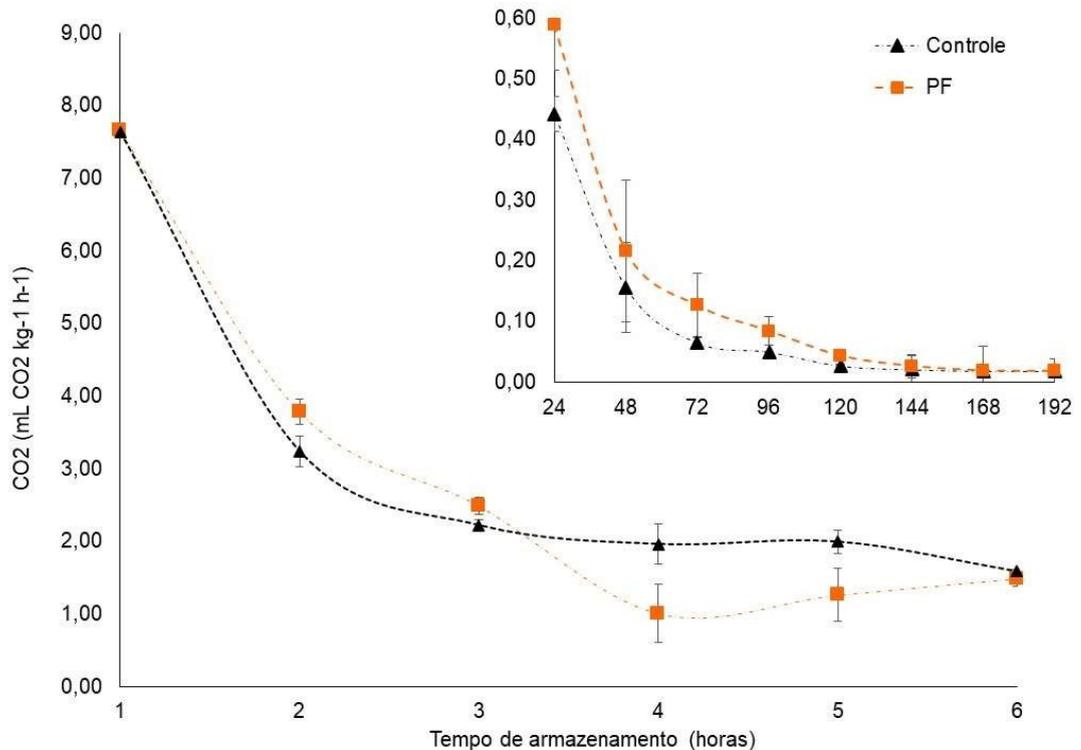
Todos os experimentos foram realizados com réplicas independentes em triplicatas de experimentos, exceto para parâmetros de textura realizados em nove tempos. Os dados são apresentados como média \pm desvio padrão. As diferenças entre as amostras foram avaliadas pela análise de variância unidirecional (ANOVA) para identificar as diferenças significativas usando o teste de Tukey a um nível de confiança de 95% ($p \leq 0,05$). Todas as análises estatísticas foram realizadas no Statistica Software 13.0.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 ATIVIDADE RESPIRATÓRIA E EVOLUÇÃO DE ETILENO

A taxa de respiração dos produtos frescos é um fator muito importante na preservação da qualidade. Pois é muitas vezes um bom índice da vida de armazenamento de produtos hortícolas, já que a maior taxa de respiração implica em maior gasto energético e aceleração do metabolismo da fruta, o que implica em diminuição da vida útil (AZHAR SHAPAWI *et al.*, 2021). A Figura 4, apresenta as curvas em termos de evolução de CO₂ do mamão minimamente processado em amostras controle e submetidas ao tratamento com o PF.

Figura 4. Taxa de respiração expressa através da produção de CO₂ de mamão minimante processado (mL CO₂ kg⁻¹ h⁻¹) durante 6 h após o corte e após 24 h durante o armazenamento (8 ± 1,5 °C e 85% UR) controle e tratados com PF por 60 s.



*Barras representam o desvio padrão da média (n = 3).

Com base na densidade e no peso dos mamões minimante processados, o volume livre de ar nas embalagens foi determinado em aproximadamente 332,6 cm³ (MISRA, et al., 2014b).

Neste estudo, a taxa de respiração diminuiu com o tempo para o controle, bem como para os mamões minimante processados tratados, devido ao início da senescência dos mamões minimamente processados. No final do período de armazenamento, as taxas de CO₂ convergiram para valores semelhantes entre amostras controle e tratadas. A taxa de CO₂ logo após o corte na amostra controle foi de 7,82 e de 7,63 mL CO₂ kg⁻¹ h⁻¹ nas amostras tratadas. Observa-se uma queda brusca nas taxas de respiração (expressa em termos de CO₂) do dia zero para o dia 2, cerca de 7,65 mL CO₂ kg⁻¹ h⁻¹, entretanto, a partir desse dia, ocorre diminuição da taxa de respiração, atingindo um estado de equilíbrio entre a amostra controle (0,01856 mL CO₂

kg-1 h-1) e tratada (0,01865 mL CO₂ kg-1 h-1) a partir do sétimo dia. Não foram observadas diferenças significativas ($p \leq 0,05$) entre a evolução do CO₂ para as amostras controle e tratadas. A respiração foi expressa somente em função das taxas de CO₂, porque as taxas de O₂, são consumidas reduzindo-as. Bem como, a produção de etileno não foi detectada pelo equipamento, provavelmente estava abaixo do limite de detecção de 1 ppm, assim provavelmente, baixíssima concentração desse gás foi emitida pelas amostras. Além disso, no estágio (5) de maturação da fruta, ele não está mais em climatérico e possivelmente não houve modificações quanto ao rearranjo metabólico.

Os requisitos de embalagem para frutas e hortaliças submetidos a esta nova tecnologia precisam de mais estudos, uma vez que há uma relação quanto ao equilíbrio entre a cinética do PF, a dinâmica respiratória e a difusão através do filme da embalagem. MISRA, et al., 2014, encontraram resultados semelhantes utilizando embalagens flexíveis feitas de filme Cryovac® de alta barreira no tratamento com PF em tomates cerejas.

5.2 ASPECTOS VISUAIS E CRESCIMENTO DE FUNGOS

Para mostrar as diferenças de cor e o tempo de vida dos mamões controle e tratados por 60 s a 30 kV, foram agrupadas amostras de cada tratamento durante o armazenamento (Figura 5). Nas imagens (Figura 5 e 7) é possível observar os mamões armazenados ao longo de 10 dias, que a partir do quarto dia de armazenamento havia presença fúngica na amostra controle.

A Figura 6 mostra o desenvolvimento fúngico, expresso como porcentagem de frutas visivelmente contaminadas. Observa-se que no 8º dia de armazenamento (Fig 6) as amostras controle continham 25% de fungo, enquanto as amostras tratadas com PF menos de 10 %. Dessa forma, constatou-se o aparecimento de fungos no 4 dia de armazenamento para as amostras controle. A vida útil do mamão processado tratado foi de 10 dias, a partir do qual se observaram pontos de escurecimento na polpa e o crescimento de fungos foi visualizado na superfície das amostras tratadas com PF. O tempo obtido no presente trabalho para a amostra controle é semelhante ao obtida por LUCIANO *et al.*, 2022 estudando mamão minimamente

processado utilizando apenas o frio como método de conservação a 8 °C para verificar o crescimento microbiano durante o armazenamento. Nesse caso, o plasma potencializou a ação da refrigeração no retardo de desenvolvimento fúngico visual em 20% ao final do teste. Além disso, é maior que o obtido por SILVA; AMALIA, 2009 que avaliou a qualidade e a vida útil de mamão 'Formosa' minimamente processado, submetido a diferentes tratamentos com aditivos (água bidestilada, solução de hipoclorito de sódio a 2%, solução de cloreto de cálcio a 1%, solução de ácido ascórbico a 1% e com solução de ácido cítrico a 1%), em duas condições de tratamento temperatura de $5 \pm 1^\circ\text{C}$ com 85 a 90% U.R e à de $9 \pm 1^\circ\text{C}$ com 85 a 90% U.R. LIMA *et al.*, 2005 que avaliou a ação do tipo de embalagem e a aplicação de produtos químicos na manutenção da qualidade físico-química e sensorial da fruta com o tempo de armazenamento e TEIXEIRA *et al.*, 2001 verificando o tamanho do corte aliado ao uso do frio.

Figura 5. Imagens de mamões sem tratamento (controle), tratados com plasma frio (PF) durante 60 s e 60 kV armazenados a $8 \pm 1,5^\circ\text{C}$ e 85 % UR.

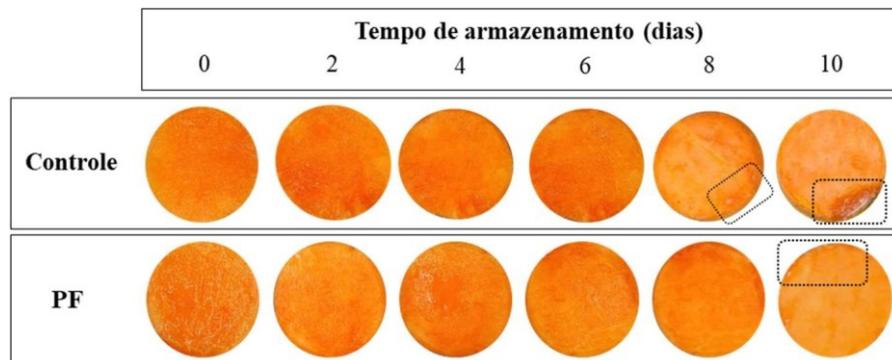
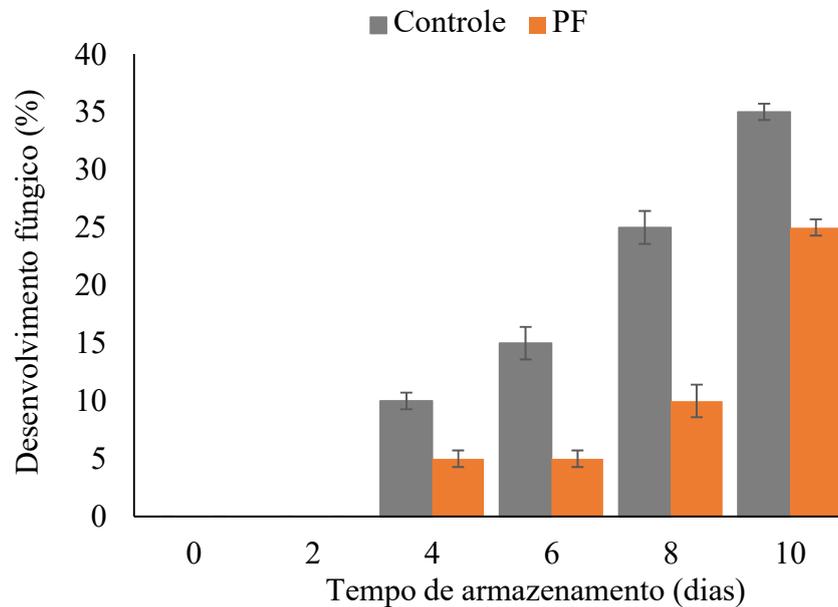
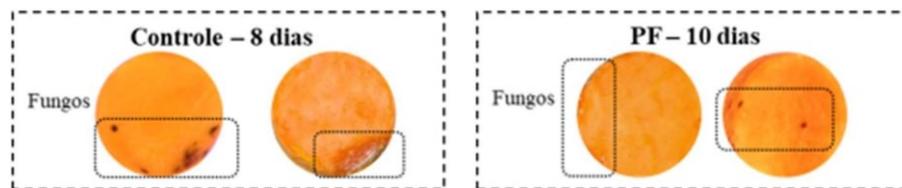


Figura 6. Percentual do desenvolvimento fúngico visível de mamão minimamente processado sem (controle) e com tratamento com plasma frio (PF) durante 60 s e 30 kV, armazenado a $8 \pm 1,5$ °C e 85 % UR.



*Os resultados representam a média (n = 10), as barras verticais o erro-padrão da média.

Figura 7. Imagens da superfície de mamões sem tratamento (controle), tratados por 60 s e 30 kV por plasma frio (PF) durante o armazenamento a $8 \pm 1,5$ °C e 85 % UR ao final da vida útil.



Vários autores relataram a inibição significativa do crescimento de microrganismos a partir do uso do PF em frutas minimamente processadas, como em melão (ZHOU, D. *et al.*, 2022b), pêra (CHEN *et al.*, 2019), maçã (SEGURA-PONCE *et al.*, 2018) e kiwi (RAMAZZINA *et al.*, 2015). Embora a atividade antimicrobiana do tratamento não tenha sido avaliada nesta pesquisa, é possível supor que o PF inibe o crescimento fúngico na superfície do mamão. No entanto, estudos mais específicos para avaliar os efeitos antimicrobianos do PF precisam ser realizados.

5.3 ANÁLISE DE COR

A cor é uma das características essenciais de frutas é usada principalmente como um parâmetro de controle de qualidade. O frescor dos produtos é julgado com base na aparência e cor quando adquiridos pelos consumidores (SRUTHI et al., 2022b). Imagens de mamão (Figura 7) e os parâmetros de cor (Figura 8) do controle (dia 0) evidenciam que o fruto foi igualmente selecionado no estágio 5 de maturação para a realização dos experimentos: 75 a 100 % de casca amarela.

Conforme mostrado na Figura 7, o mamão minimamente processado controle apresentou coloração mais escura nos dois primeiros dias de armazenamento e após 6 dias de armazenamento começou a exibir uma descoloração significativa ($p \leq 0,05$), e os sintomas de deterioração começaram a aparecer. Comparativamente, o processo de deterioração da cor na fruta foi obviamente retardado pelo tratamento com PF (Figura 8).

Figura 8. Efeitos do tratamento com plasma frio (PF) nos parâmetros de cor em mamão minimamente processado durante o armazenamento.

Tempo de armazenamento (dias)	Grupo	L*	a*	b*	ΔE^*	C*	h [°]	IE
0	Controle	58,26±1,43 ^{bb}	55,53±0,34 ^{aa}	46,91±0,37 ^{abc}	-	72,69±0,22 ^{bb}	42,31±0,15 ^{ab}	0,65±0,01 ^{ba}
	PF	62,07±0,21 ^{aa}	50,22±0,98 ^{bb}	47,66±1,43 ^{aab}	6,58±0,08 ^{bd}	69,24±0,31 ^{ab}	41,9±1,06 ^{aa}	0,62±0,02 ^{aa}
2	Controle	59,01±0,45 ^{bAB}	55,33±1,95 ^{aa}	48,80±2,20 ^{ab}	-	73,78±0,62 ^{aa}	42,71±0,32 ^{ab}	0,66±0,03 ^{ba}
	PF	61,95±0,54 ^{aa}	50,34±1,07 ^{bb}	47,83±1,74 ^{aAB}	5,87±0,36 ^{ba}	69,44±0,39 ^{bb}	41,52±1,02 ^{aa}	0,62±0,01 ^{aa}
4	Controle	60,45±0,90 ^{aa}	54,06±2,08 ^{aa}	51,06±1,81 ^{aa}	-	74,36±0,35 ^{aa}	42,07±0,35 ^{ab}	0,66±0,02 ^{aa}
	PF	59,68±1,54 ^{aAB}	52,48±3,64 ^{ab}	48,02±1,50 ^{aAB}	4,82±0,32 ^{bCD}	69,60±0,72 ^{bb}	41,71±0,68 ^{aa}	0,64±0,05 ^{aAB}
6	Controle	60,59±0,82 ^{aa}	53,45±0,50 ^{aa}	51,09±0,70 ^{aa}	-	73,94±0,51 ^{aa}	42,91±0,40 ^{ab}	0,66±0,02 ^{aa}
	PF	59,57±0,62 ^{aAB}	56,45±0,32 ^{aAB}	48,49±0,44 ^{aAB}	4,10±0,09 ^{bc}	74,42±0,29 ^{aAB}	41,9±1,42 ^{aa}	0,65±0,04 ^{aAB}
8	Controle	61,04±0,42 ^{aa}	52,24±1,76 ^{baB}	51,46±0,85 ^{aa}	-	73,33±0,04 ^{ba}	44,57±0,52 ^{aa}	0,66±0,02 ^{aa}
	PF	58,84±1,68 ^{bb}	57,18±3,70 ^{aa}	51,69±2,35 ^{aa}	5,41±0,48 ^{bb}	77,08±0,80 ^{aa}	42,14±0,60 ^{ba}	0,69±0,08 ^{bb}
10	Controle	61,15±0,52 ^{aa}	52,04±0,71 ^{baB}	52,06±0,25 ^{aa}	-	73,33±0,04 ^{ba}	45,01±0,52 ^{aa}	0,66±0,02 ^{aa}
	PF	58,54±0,24 ^{bb}	58,02±1,20 ^{aa}	51,79±1,45 ^{aa}	6,53±0,48 ^{bb}	77,77±0,80 ^{aa}	41,75±0,60 ^{ba}	0,69±0,02 ^{bb}

* Os dados foram expressos como média ± desvio padrão de três repetições.

** ΔE^* Diferença entre o grupo do mesmo dia.

***As diferenças no nível de $\alpha = 0,05$ entre os dias (0, 2, 4, 6, 8 e 10) são representadas pelas diferentes letras maiúsculas e entre os grupos controle e tratado pelas diferentes letras minúsculas

****L*: luminosidade (preto-branco; 0-100); a* (verde/vermelho; -a*/a*); b* (azul/amarelo; -b*/b*); ΔE^* : diferença total de cor; C*: croma (saturação); ΔC^* : diferença de croma; h [°]: matiz; ΔH [°]: diferença de matiz.

Após o tratamento de 60 s com PF (dia 0) as amostras apresentaram valor do parâmetro L*, menor que as controle com diferença significativa ($p \leq 0,05$), com valores de $58,26 \pm 1,43$ e $62,07 \pm 0,21$ para as amostras controle e tratadas, respectivamente. As amostras também sofreram influência do tempo de armazenamento, tornando a polpa do mamão processado tratado mais escura ($58,54 \pm 0,24$), e conseqüentemente diminuindo os valores de luminosidade, com relação ao primeiro dia de armazenamento, enquanto, as amostras sem tratamento apresentaram coloração mais clara ao final do armazenamento ($61,15 \pm 0,52$) (Figura 8). O aparecimento na superfície de descoloração esbranquiçada, devido à deterioração do produto na amostra sem tratamento pode ter influenciado sua coloração, os carotenóides podem sofrer oxidação na presença de luz, calor e compostos pró-oxidantes. Em função de sua estrutura insaturada e conjugada, os produtos de sua degradação são muito complexos. Uma autooxidação intensa irá resultar na quebra dos pigmentos e descoloração (SAINI; NILE; PARK, 2015) (Figura 5 e 7). Já o escurecimento aliado ao aumento da translucidez das amostras tratadas com PF pode ser explicado pela variação na estrutura do tecido e formação de pigmentos escuros que conferem perda de brilho na polpa do mamão (SARANGAPANI *et al.*, 2017 e TAPPI *et al.*, 2016a).

Quanto ao parâmetro a*, refere-se à coloração avermelhada, os grupos demonstraram diferença significativa ($p \leq 0,05$) entre os tratamentos e durante o armazenamento. Imediatamente após o tratamento (dia 0) ocorreu uma diminuição no valor de a* ($55,53 \pm 0,34$ para $50,22 \pm 0,98$) tendendo a coloração amarela, evidenciado pelas mudanças observadas no ângulo de tonalidade e na diferença do valor total de cor (delta E) com efeito significativo ($p \leq 0,05$) entre o grupo. Ao final do armazenamento a amostra controle ($52,04 \pm 0,71$) apresentou menor valor de a* com relação a tratada ($58,02 \pm 1,20$). Esses resultados estão em concordância ao índice de escurecimento do controle ($0,66 \pm 0,02$) e tratado ($0,69 \pm 0,02$) com efeito significativo ($p \leq 0,05$) ao final do armazenamento. Segundo, YI *et al.*, 2022 o valor de

cromaticidade a^* pode ser considerado um indicador de escurecimento em algumas frutas.

Em relação ao parâmetro b^* , relacionado ao amarelo, não houve diferença significativa ($p \leq 0,05$) entre o grupo controle e tratado no mesmo dia, somente durante o armazenamento até o sexto dia. Em comparação com o mamão minimamente processado controle, a inalteração de b^* detectadas no mamão minimamente tratado com PF durante todo o período de armazenamento, aliados a menores valores de cromaticidade L^* , indicam que a cor original pode ser bem mantida em resposta ao tratamento com PF. FALAH; NADINE; SURYANDONO, 2015, estudando os efeitos das condições de armazenamento de mamão minimamente processado encontraram resultados semelhantes, onde a luminosidade foi menor durante a medição, mas a vermelhidão aumentou, enquanto, o amarelecimento foi estável nas diferentes condições de armazenamento.

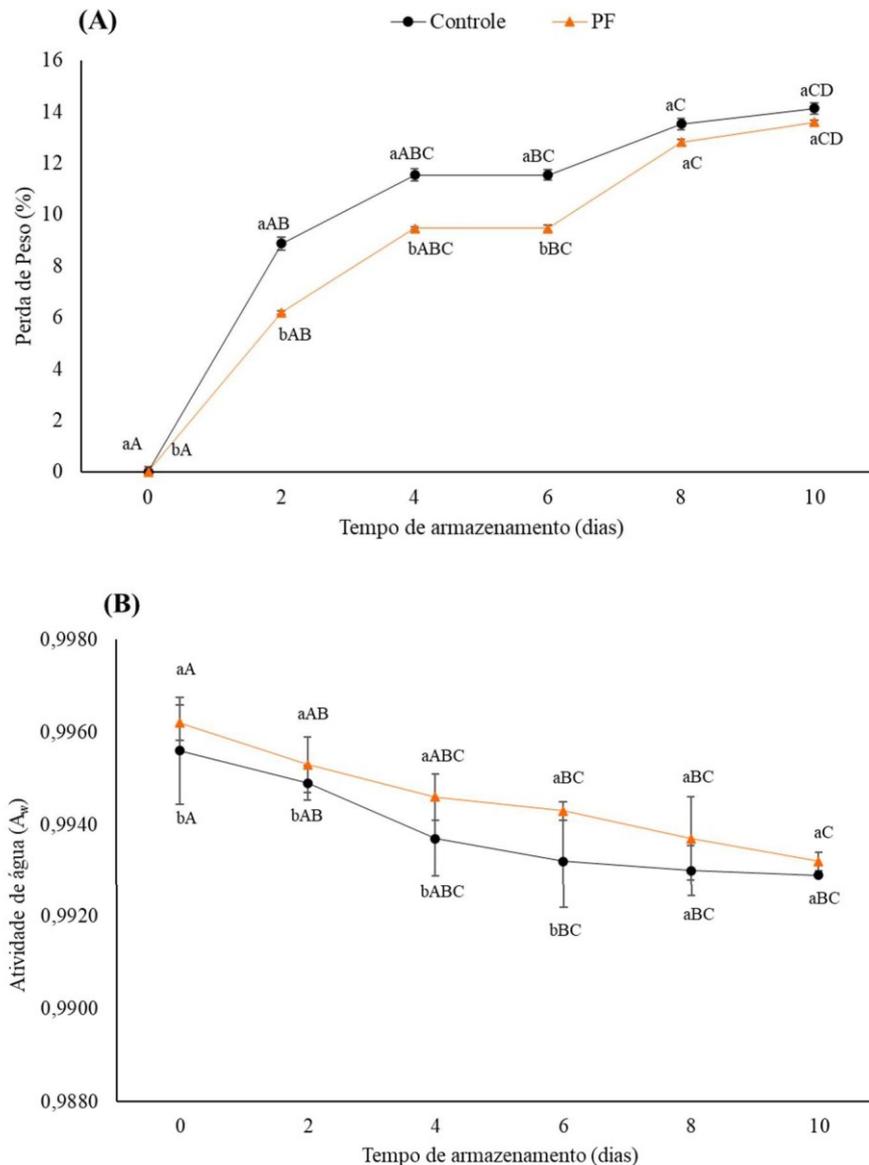
Conforme mostrado na Figura 8, houve oscilação no valor de croma (C^*) e valor do ângulo de matiz ($h [^\circ]$). Enquanto, a diferença do valor total de cor foi significativamente ($p \leq 0,05$) aumentada entre o tratado e controle. De acordo com XIANG *et al.*, 2018, os valores totais de diferença de cor podem ser classificados como imperceptível (0-0,5), ligeiramente perceptível (0,5-1,5), perceptível (1,5-3,0), bem visível (3,0-6,0) e ótimo (6,0-12,0). Os valores de mudança de cor total no presente estudo mostraram uma diferença bem visível, dessa forma o olho humano percebe as mudanças de cor promovidas pelo PF em todas as amostras de mamão minimamente processado. As alterações de cor provavelmente estão relacionadas à atividade enzimática e reações oxidativas iniciadas por espécies reativas (FARIAS; RODRIGUES; FERNANDES, 2020).

5.4 PERDA DE PESO E ATIVIDADE DE ÁGUA (A_w)

Normalmente, a perda de peso do fruto ocorre durante o armazenamento devido à respiração do próprio fruto e os microrganismos ligados a ele consumirão seus nutrientes durante o processo de armazenamento, reduzindo assim o peso do fruto (SANCHES *et al.*, 2021).

Na Figura 9, observa-se os valores de perda de peso (a), atividade de água (b) de mamões minimamente processados controle e tratados armazenados a $8 \pm 1,5$ °C e 85 % UR por até dez dias.

Figura 9. Efeito do tratamento de plasma frio (PF) com armazenamento prolongado na perda de peso (a) e atividade de água (b) de mamão tratados e controle durante o armazenamento a $8 \pm 1,5$ °C e 85 % UR.



*Os resultados representam a média (n = 3), as barras verticais o erro-padrão da média.

** As diferenças no nível de $\alpha = 0,05$ entre os dias (0, 2, 4, 6, 8 e 10) são representadas pelas diferentes letras maiúsculas e entre os grupos controle e tratado pelas diferentes letras minúsculas

Os mamões minimamente processados controle e tratado perderam peso durante o armazenamento a 8 °C (Figura 9). A porcentagem de perda de peso no grupo controle foi a mais alta (14,2 %), enquanto o percentual de perda de peso no mamão minimamente processado tratado foi menor (13,58%), o fruto controle e tratado apresentaram diferença significativa ($p \leq 0,05$) até o sexto dia de armazenamento. Ao final do armazenamento, a maior porcentagem de perda de peso foi do mamão minimamente processado controle com o valor de 14,12 %. Condizendo aos resultados encontrados da atividade de água, na qual, apresentou diferença estatística ($p \leq 0,05$) entre controle e tratado até o sexto dia. Os resultados mostraram que o PF retardou significativamente ($p \leq 0,05$) o processo de amadurecimento, diminuindo a perda de peso e o amaciamento da textura. A perda de firmeza está principalmente associada à degradação enzimática de pectinas catalisada pela pectina metilesterase (PME) e poligalacturonase (PG) (BARBAGALLO; CHISARI; CAPUTA, 2012). Além disso, minimamente processados com melhor manutenção da firmeza, crocância e textura crocante são muito desejadas pelos consumidores devido à sua estreita associação com a deterioração dos tecidos (MA, Y. *et al.*, 2022). Dessa forma, o resultado mostrou que o tratamento com PF pode reduzir significativamente a taxa de perda de peso e atividade de água dos mamões minimamente processados durante o armazenamento e prolongar sua vida útil.

YINXIN *et al.*, 2022 mostrou que o tratamento com PF pode reduzir significativamente a taxa de perda de peso das amoras durante o armazenamento utilizando PF - DBD em diferentes tempos (0, 0,5, 1, 2 e 3min) e diferentes intensidades (0, 2 e 3 V). Enquanto, MISRA, 2014c, utilizando PF - DBD sobre tomate cereja com potência de 60 kV e frequência de 50 Hz por tempos de 3 - 300 s encontrou perda de peso insignificantes no final da vida de armazenamento.

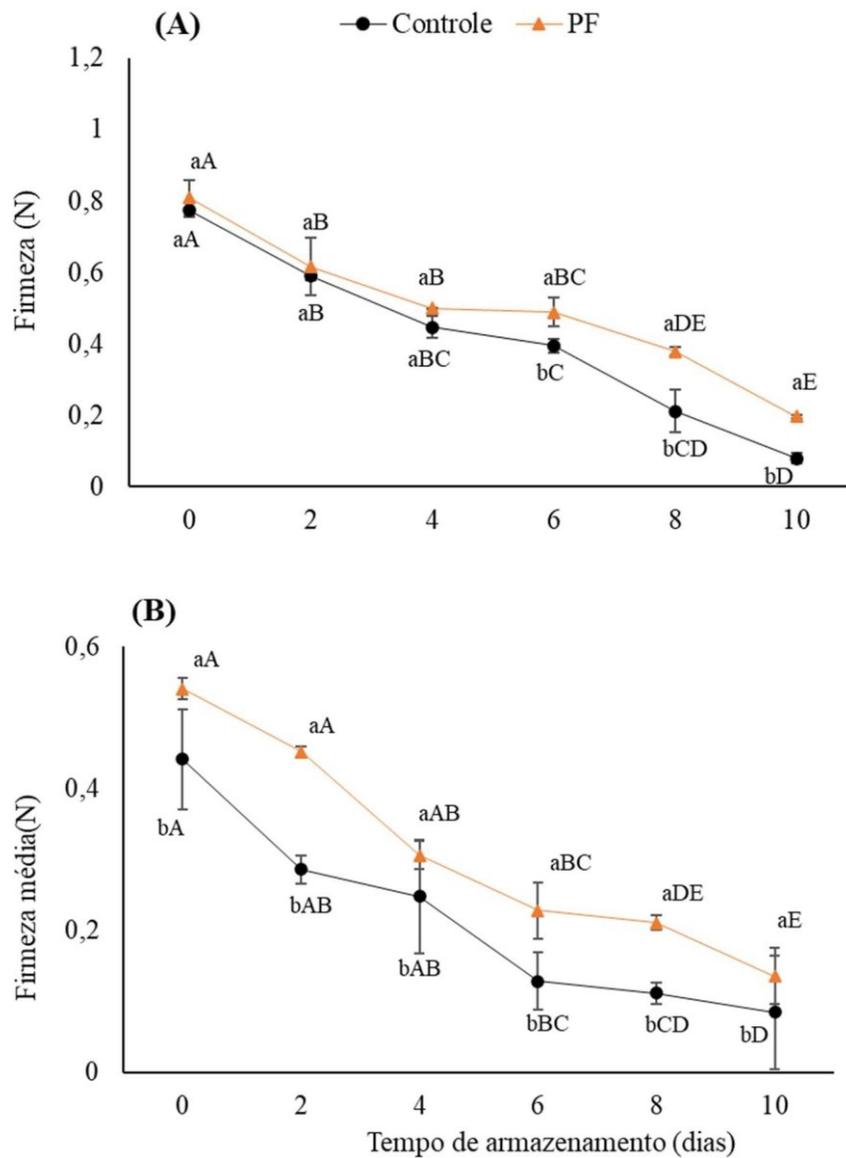
5.5 FIRMEZA E ANÁLISE DO PERFIL DE TEXTURA (TPA)

A firmeza, como uma característica textural crítica, pode impactar profundamente a aceitação de produtos (BAGHERI; ABBASZADEH, 2020). Os tecidos dos produtos minimamente processados sofrem um amolecimento

rápido, que tem sido um dos principais problemas que limitam a vida útil dos produtos. A perda de firmeza durante o armazenamento de mamão, é causada principalmente pelo aumento das frações de pectina hidrossolúveis geradas pela degradação enzimática da pectina (FABI; DO PRADO, 2019).

Na Figura 10, compara-se a firmeza (a) e força média (b) durante o armazenamento das amostras controle e tratado com PF.

Figura 10. Efeito do tratamento de plasma frio (PF) com armazenamento prolongado na firmeza (a) e força média (b) de mamão tratados e controle durante o armazenamento a $8 \pm 1,5$ °C e 85 % UR.



*Os resultados representam a média (n = 3), as barras verticais o erro-padrão da média.

**As diferenças no nível de $\alpha = 0,05$ entre os dias (0, 2, 4, 6, 8 e 10) são representadas pelas diferentes letras maiúsculas e entre os grupos controle e tratado pelas diferentes letras minúsculas

A perda de firmeza no mamão minimamente processado controle caiu rapidamente de um valor inicial de $0,77 \pm 0,02-0,08 \pm 0,01$ N em 10 dias (Fig. 9a). O tratamento com PF retardou significativamente o amolecimento do mamão minimamente processado, nas quais a força média das amostras tratados com PF foi significativamente ($p \leq 0,05$) diferente da amostra controle do dia 0 até 10 dias de armazenamento. Há uma correlação entre a perda de peso (Figura 9) e a manutenção da firmeza (Fig. 9), devido ao aumento da resistência a penetração da probe do texturômetro, pela formação de tecido superficial mais resistente (Figura 5) relacionado com a perda de água que sofreu a amostra. A retenção da firmeza em mamão minimamente tratado pelo tratamento com PF pode estar relacionada na regulação da atividade da hidrolase da parede celular e na supressão de ROS, também pode ter havido estabilização de radicais na superfície do mamão pelos radicais do plasma. A inibição do amolecimento devido à exposição ao PF também foi observada em mangas e cogumelos shiitake intactos (YI *et al.*, 2022; GAVAHIAN *et al.*, 2020)

Além da firmeza, os parâmetros característicos em termos de adesividade e mastigabilidade foram obtidos. A mastigabilidade da amostra está diretamente ligada a dureza, coesividade e elasticidade (LI *et al.*, 2019). A adesividade representa a força necessária para separar a placa de prensagem da fatia de mamão, e apresentou valores de $1,07 \pm 0,09$ e $0,92 \pm 0,02$ N s para as amostras controle e tratadas no último dia de armazenamento, respectivamente. Não houve diferença estatística ($p \leq 0,05$) significativa com relação a este parâmetro, os maiores valores nos parâmetros de firmeza do mamão minimamente processado tratado e a manutenção da adesividade conforme decorreu o tempo de armazenamento são fatores positivos para a aceitação da fruta. Pois, as frutas tornam-se mais viscosas e menos moles. A mastigabilidade indica a energia necessária para a digestão oral e mastigação dos alimentos, ou seja, remete ao tempo necessário de mastigação para

desintegrar a amostra e para que a mesma possa ser engolida pelo consumidor que se apresenta sem diferença significativa ($p \leq 0,05$) no último dia de armazenamento sendo $0,79 \pm 0,08$ para o tratado e $0,87 \pm 0,04$ N mm para o controle. KHOSHKALAM POUR *et al.*, 2022 e LI *et al.*, 2019 relataram respectivamente que a adesividade de banana e morango minimamente processado, diminuiu após o tratamento com PF em comparação ao grupo controle e a mastigabilidade aumentou em comparação com o grupo controle.

5.6 PH, ACIDEZ TITULÁVEL E TEOR DE SÓLIDOS SOLÚVEIS

Para avaliar a qualidade de frutas processadas comumente são utilizadas as medidas de pH, acidez titulável total (ATT) e os sólidos solúveis totais (SST). A relação SST/ATT é utilizada para expressar o equilíbrio entre doçura e acidez e sua percepção pelos consumidores (FONSECA *et al.*, 2021b e SRUTHI *et al.*, 2022a).

Na Figura 11, estão apresentados os dados de pH, SST, ATT e a relação SST/ATT em mamão minimamente processado controle e tratado com PF 60 s durante o armazenamento a $8 \pm 1,5$ °C e UR 85%.

Figura 11. pH, sólidos solúveis totais (SST), acidez titulável total (ATT) e relação SST/ATT dos mamões minimamente processados controle e tratados com PF (60 s) durante o armazenamento a $8 \pm 1,5$ °C e UR 85%.

Tempo de armazenamento (dias)	Grupo	pH	SST (%)	ATT (%)	Relação SST/ATT
0	Controle	5,21±0,03 ^{aA}	8,53±0,07 ^{bB}	0,054±0,02 ^{aC}	157,96±1,21 ^{aA}
	PF	5,13±0,04 ^{aA}	9,67±0,15 ^{aC}	0,057±0,01 ^{aC}	169,65±0,95 ^{bA}
2	Controle	5,13±0,09 ^{aA}	8,60±0,10 ^{bB}	0,055±0,02 ^{aC}	156,36±1,02 ^{aA}
	PF	4,98±0,03 ^{aA}	10,67±0,05 ^{aB}	0,061±0,03 ^{aC}	164,92±0,86 ^{bA}
4	Controle	5,00±0,07 ^{aA}	10,50±0,46 ^{aA}	0,067±0,01 ^{aBC}	156,71±0,75 ^{aA}
	PF	4,92±0,08 ^{aA}	10,80±0,28 ^{aAB}	0,068±0,04 ^{aBC}	158,82±1,05 ^{aB}
6	Controle	4,82±0,03 ^{aA}	10,67±0,42 ^{aA}	0,069±0,01 ^{aB}	154,64±1,00 ^{aA}
	PF	4,49±0,08 ^{bB}	11,06±0,14 ^{aAB}	0,072±0,01 ^{aB}	153,61±0,70 ^{aB}
8	Controle	4,65±0,05 ^{aA}	10,90±0,36 ^{aA}	0,070±0,03 ^{aA}	155,71±0,98 ^{aA}
	PF	4,44±0,04 ^{bB}	11,13±0,28 ^{aA}	0,074±0,04 ^{aA}	150,40±1,15 ^{aBC}
10	Controle	4,60±0,03 ^{aA}	10,94±0,16 ^{aA}	0,071±0,01 ^{aA}	154,08±0,78 ^{aA}
	PF	4,42±0,02 ^{bB}	11,14±0,14 ^{aA}	0,076±0,02 ^{aA}	146,58±1,05 ^{aC}

Os dados foram expressos como média \pm desvio padrão de três repetições.

***As diferenças no nível de $\alpha = 0,05$ entre os dias (0, 2, 4, 6, 8 e 10) são representadas pelas diferentes letras maiúsculas e entre os grupos controle e tratado pelas diferentes letras minúsculas.

Não foram observadas diferenças significativas ($p \leq 0,05$) no pH do mamão minimamente processado antes ($5,21 \pm 0,03$) e após a exposição ao PF ($5,13 \pm 0,04$). Enquanto, diferença significativa ($p \leq 0,05$) foi observada durante o armazenamento a partir do sexto dia entre as amostras tratadas e controle. O menor pH observado ($4,42 \pm 0,04$) foi nas amostras tratadas com PF após 10 dias de armazenamento. Segundo SRUTHI *et al.*, (2022a) o baixo pH é benéfico para que as espécies reativas se infiltrem através das paredes celulares; inversamente, a ocorrência de espécies reativas reduz a resistência das bactérias a ambientes ácidos.

XIANG *et al.*, (2018b) estudando os efeitos do PF - DBD na qualidade do suco de maçã observaram que o pH foi reduzido de 3,96 para 2,98, enquanto a acidez titulável aumentou de 0,27 para 0,42 g/100 mL após o tratamento com PF - DBD a 90 W por 200 s. Esses resultados estão de acordo com os resultados de

estudos anteriores de que houve um aumento na acidez e queda no valor do pH após o tratamento com PF em blueberry, suco de siriguela e batata minimamente processada (BUSSLER; EHLBECK; SCHLÜTER, 2017; MA, *et al.*, 2016; PAIXÃO *et al.*, 2019).

Os valores de SST foram determinados entre 8,5% e 11,5%, estando dentro do intervalo médio obtido por outros estudos em mamão minimamente processado (SINGH; YEMMIREDDY, 2021; SANTANA; MATSUURA; CARDOSO, 2004 e NUNES *et al.*, 2017). Houve mudanças no conteúdo de SST entre controle e tratado durante o armazenamento, indicando que o conteúdo de SST mudou significativamente durante o armazenamento ($p \leq 0,05$). Os ensaios são destrutivos e embora houve um aumento ao longo do armazenamento, não se pode afirmar que o tratamento com PF aumentou o teor de SST durante o armazenamento, uma vez que também houve um aumento nas amostras controle. O aumento do teor de SST esteve atrelado a conversão de amido em açúcares, em pesquisas como a de CHEN, C. *et al.*, (2019) estudando amostras tratadas com água ativada por PF em peras minimamente processadas. Além disso, o aumento dos sólidos solúveis pode estar atrelado com a perda de peso principalmente. Se o mamão perde peso, ele perde água e concentra os sólidos solúveis. Um efeito significativo ($p > 0,05$) de curto prazo foi observado nos dois primeiros dias de armazenamento do mamão minimamente processado onde as amostras tratadas apresentavam-se com maior teor de SST do que as amostras controle. Segundo WU *et al.*, 2020, o aumento de SST nos primeiros dias de armazenamento permite que as frutas armazenadas retenham o teor de açúcar e beneficiem as propriedades sensoriais. Resultado semelhante foi observado por TAPPI *et al.*, 2016, que estudaram melão minimamente processado usando PF – DBD armazenados por 4 dias a 10 °C e encontraram diferenças significativas entre as amostras de melão controle e tratadas no início do armazenamento.

A Tabela 2 apresenta o ATT das amostras durante o armazenamento onde observou-se um aumento significativo ($p < 0,05$). Enquanto, resultados não significativos ($p < 0,05$) foram observados entre os grupos tratado e controle. As mudanças na acidez do mamão minimamente processado podem estar relacionadas com a interação dos gases reativos do PF com a umidade e a produção de

moléculas acidogênicas como o NO_x a partir do PF - DBD (STOFFELS; SAKIYAMA; GRAVES, 2008). Além disso, o H⁺ dissociado de H₂O e outros constituintes do mamão minimamente processado durante o tratamento com PF - DBD também podem aumentar a acidez das amostras (KORACHI; GUROL; ASLAN, 2010).

A alta relação SST/ATT confere às frutas melhor equilíbrio entre o doce e o ácido, conferindo sabor mais agradável, tornando-as mais atrativas ao consumo (ZHOU, J.; WANG; LIU, 2018). Observa-se que embora o valor de ATT tenha se mantido entre as amostras, o teor de SST aumentou significativamente ($p \leq 0,05$) durante os dois primeiros dias de armazenamento, entre as amostras tratadas e controle. Resultando em um aumento ($p \leq 0,05$) de SST/ATT nos primeiros dois dias nas amostras tratadas com PF, enquanto o grupo controle manteve-se inalterado.

Esses resultados indicam que os efeitos do PF sobre pH, acidez e sólidos solúveis em matrizes alimentares são afetados por vários fatores, como capacidade de tamponamento, atividade fisiológica dos tecidos vivos e a possibilidade de o líquido emanar dos tecidos danificados na superfície lavando os ácidos na superfície (MISRA, 2016).

5.7 TEOR DE FENÓLICOS TOTAIS (TFT), ATIVIDADE ANTIOXIDANTE TOTAL - DPPH (2,2 DIFENIL-1-PICRILHIDRAZIL) E O MÉTODO DO RADICAL ABTS (ÁCIDO 2,2-AZINO-BIS(3-ETILBENZOTIAZOLINA-6-SULFÔNICO))

Os compostos fenólicos são um dos importantes metabólitos bioativos secundários em plantas com capacidade de neutralizar o estresse oxidativo e seus consequentes distúrbios metabólicos e são os antioxidantes mais abundantes na dieta humana e seu conteúdo está intimamente relacionado com a qualidade da fruta (VUOLO; LIMA; MARÓSTICA JUNIOR, 2019).

Os teores de compostos fenólicos totais e a atividade antioxidante total em mamão minimamente processado controle e após tratamento com PF durante o armazenamento ($8 \pm 1,5$ °C e UR 85%) estão expressos na Tabela 2.

Tabela 2. Teores de fenólicos totais e de atividade antioxidante - DPPH de compostos bioativos de mamões minimamente processado controle e tratado durante o armazenamento ($8 \pm 1,5$ e UR 85 %).

Tempo de armazenamento (dias)	Grupo	Fenólicos totais (mg EAG/g)	DPPH ($\mu\text{mol EqT}/100\text{g}$)	ABTS ($\mu\text{mol EqT}/100\text{g}$)
0	Controle	7.73 \pm 2.07 ^{aA}	68.01 \pm 1.56 ^{aA}	78.26 \pm 0.26 ^{aA}
	PF	7.13 \pm 1.65 ^{aA}	64.92 \pm 0.01 ^{aA}	77.98 \pm 0.56 ^{aA}
2	Controle	7.76 \pm 1.92 ^{aA}	72.81 \pm 3.21 ^{aA}	78,32 \pm 0.26 ^{aA}
	PF	7.59 \pm 0.77 ^{aA}	72.37 \pm 0.06 ^{aA}	78,02 \pm 0.24 ^{aA}
4	Controle	7.85 \pm 0.01 ^{aA}	70.59 \pm 1.56 ^{aA}	78,46 \pm 0.98 ^{aA}
	PF	7.82 \pm 1.72 ^{aA}	75.65 \pm 0.05 ^{aA}	78,51 \pm 0.45 ^{aA}
6	Controle	7.27 \pm 0.89 ^{aA}	75.15 \pm 1.05 ^{aA}	79,05 \pm 0.65 ^{aA}
	PF	7.86 \pm 0.01 ^{aA}	77.56 \pm 0.08 ^{aA}	79,49 \pm 0.67 ^{aA}
8	Controle	7.99 \pm 0.70 ^{aA}	72.55 \pm 0.89 ^{aA}	79,12 \pm 0.12 ^{aA}
	PF	8.00 \pm 0.83 ^{aA}	78.24 \pm 0.42 ^{aA}	80,52 \pm 0.32 ^{aA}
10	Controle	8.03 \pm 0.34 ^{aA}	73.01 \pm 0.57 ^{aA}	80,21 \pm 0.34 ^{aA}
	PF	8.05 \pm 0.13 ^{aA}	78.84 \pm 0.21 ^{aA}	80,12 \pm 0.45 ^{aA}

***As diferenças no nível de $\alpha = 0,05$ entre os 0, 2, 4, 6, 8 e 10 e entre os grupos controle e tratado para o mesmo dia são representadas pelas diferentes letras maiúsculas e minúsculas

Inicialmente, o TFT foi de $7,73 \pm 2,07$ mg EAG/g para a amostra controle e $7,13 \pm 1,65$ mg EAG/g não havendo diferença significativa ($p > 0,05$). ADDAI; ABDULLAH; SAHILAH, 2013 encontraram, em extratos metanólicos preparados com o solvente nas concentrações de 50%, 70% e 100%, valores médios de 4,66 - 6,75 mg EAG/g, 4,55 - 6,56 mg EAG/g e 2,16 - 2,67 mg EAG/g mamões das cultivares Hongkong e Eksotika in natura, respectivamente em estágio de maturação grau 5. Devido à produção de espécies reativas pelo PF e à disponibilidade de oxigênio na atmosfera as reações de oxidação podem ocorrer facilmente, no entanto, o conteúdo fenólico não apresentou diferença significativa ($p > 0,05$) entre as amostras controle e tratadas e durante o armazenamento. DANTAS et al., 2021, também não encontraram diferença significativa ($p > 0,05$) no teor de compostos fenólicos de polpa de açaí tratados com o PF utilizando frequência de excitação (50, 500, 750 Hz) e o tempo de processamento (5, 10, 15 min).

Em concordância ao teor de fenólicos total, o tratamento com PF não afetou significativamente ($p > 0,05$) a atividade antioxidante total (AAT) da amostra tratada

durante o armazenamento. Inicialmente, a amostra controle apresentou um teor de 68,51 $\mu\text{mol EqT}/100\text{g}$ pelo método do DPPH e 78,26 $\mu\text{mol EqT}/100\text{g}$ pelo método ABTS, valor superior ao relatado por VEGA-GÁLVEZ et al., 2021 ($39,07 \pm 5,68 \mu\text{mol EqT/g MS}$) e menor que o por VEGA-GALVEZ et al., 2019 ($81,23 \pm 1,23 \mu\text{mol EqT/g MS}$) para mamões da espécie *Vasconcellea pubescens*. Esta variabilidade na atividade antioxidante é muito comum quando se trata de frutas, pois em função de fatores intrínsecos como cultivar e variedade ou extrínsecos como condições climáticas e edáficas, apresentam em termos qualitativos e quantitativos, um perfil fitoquímico diferente (MELO et al., 2008). As atividades de sequestro de DPPH e ABTS foram testadas para avaliar a capacidade antioxidante do processado. Esse resultado está de acordo com YINXIN et al., 2022, que estudou o efeito do PF - DBD de frutas de amoreira durante o armazenamento e RAMAZZINA et al., 2015 estudando o efeito do tratamento com PF - DBD na manutenção da qualidade do kiwi minimamente processado tratados por 10 e 20 min, onde não foram observadas alterações significativas no conteúdo de fenólicos e na atividade antioxidante.

6 CONCLUSÃO

Neste estudo, o tratamento com PF preservou por mais tempo os atributos de qualidade de mamões minimamente processados sob refrigeração, potencializando a ação de uma tecnologia não térmica. Neste estudo, a presença de fungos foi visualizada em mamão minimamente processado controle armazenado no quarto dia, enquanto o tratamento com PF (30 kV, 60 s) retardou o crescimento e reprodução de fungos visíveis em mais dois dias comparado ao controle refrigerado. O mamão minimamente processado tratado com PF apresentou os atributos de qualidade, destacando-se o menor percentual de perda de peso, redução do pH, melhora na retenção de cor e manutenção da firmeza em relação às amostras controle. Além disso, os compostos fenólicos e antioxidantes, a concentração de CO_2 assim como sólidos solúveis e acidez foram mantidos durante o armazenamento, não havendo diferença entre as amostras com e sem tratamento por PF.

Quanto aos aspectos microbiológicos, o PF estendeu a vida útil do fruto por mais dois dias sob refrigeração a 8°C considerando a margem de 20% de área do fruto acometida pelo crescimento fúngico visual e as alterações nos atributos de qualidade induzidas pelo tratamento, permitindo a descontaminação em baixas temperaturas em um curto espaço de tempo e com baixo custo. Como resultado, o PF mostrou-se prático e viável para utilização.

Apesar das vantagens com o custo do tratamento, na qual, é baixo porque o gás de trabalho para geração do PF foi o ar atmosférico e a barreira dielétrica foi filme de poliéster - película PET, encontra-se limitações da aplicabilidade tecnológica com o alto valor do investimento de capital inicial para alterar as linhas atuais de processamento, bem como aplicar a tecnologia em escala industrial e a necessidade de formular protocolos para custos com energia elétrica. Portanto, esta pesquisa proporciona informações relevantes referente a tecnologia não térmica do plasma frio sobre mamão minimamente processado, podendo ser utilizada para direcionar implementações industriais e pesquisas futuras.

As conclusões devem responder às questões da pesquisa, em relação aos objetivos e às hipóteses, podendo apresentar recomendações e sugestões para trabalhos futuros.

7 TRABALHOS FUTUROS

- Verificar a medição de contagens microbianas totais em mamão minimamente processado utilizando o PF;
- Analisar o comportamento da atividade enzimática com o uso do PF sobre mamão minimamente processado;
- Verificar o comportamento de carotenoides, licopeno, vitamina C, açúcares e ácidos sobre mamão minimamente processado utilizando PF.

REFERÊNCIAS

- ABBASZADEH, Rouzbeh; ALIMOHAMMAD, Kosar; ZARRABI EKBATANI, Romina. Application of Cold Plasma Technology in Quality Preservation of Fresh Fig Fruit (Siyah): A Feasibility Study. **International Journal of Horticultural Science and Technology**, Assistant professor of Agriculture Research Institute, Iranian Research Organization for Science and Technology (IROST), Tehran, Iran., v. 5, n. 2, p. 165-173, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.22059/ijhst.2018.258024.240>
- ADDAI, Zuhair; ABDULLAH, Aminah; SAHILAH, A M. Effect of extraction solvents on the phenolic content and antioxidant properties at two papaya cultivars. **J. Med. Plants Res.**, [s. l.], v. 7, p. 3354-3359, 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.5897/JMPR2013.5116>
- AGUIAR, Maristela Mendes *et al.* High hydrostatic pressure, pulsed electric fields and cold plasma in the food production chain: Principles and industrial applicability. **Research, Society and Development**, [s. l.], v. 10, n. 2 SE-, p. e50310212670, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.33448/rsd-v10i2.12670>
- ALBORNOZ, Karin *et al.* Integrative analysis of postharvest chilling injury in cherry tomato fruit reveals contrapuntal spatio-temporal responses to ripening and cold stress. **Scientific reports**, [s. l.], v. 9, n. 1, p. 1-14, 2019.
- ALI, Murtaza; CHENG, Jun-Hu; SUN, Da-Wen. Effects of dielectric barrier discharge cold plasma treatments on degradation of anilazine fungicide and quality of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill) juice. [s. l.], 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/ijfs.14600>
- ALI, Murtaza; CHENG, Jun-Hu; SUN, Da-Wen. Effects of dielectric barrier discharge cold plasma treatments on degradation of anilazine fungicide and quality of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill) juice. **International Journal of Food Science & Technology**, [s. l.], v. 56, n. 1, p. 69-75, 2021. Disponível em: <https://doi.org/https://doi.org/10.1111/ijfs.14600>
- ALMEIDA, Robson *et al.* Injúria pelo frio em frutos de mamoeiro (*Carica papaya* L.) cv "Golden". **Revista Brasileira De Fruticultura - REV BRAS FRUTIC**, [s. l.], v. 27, 2005. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0100-29452005000100007>
- ALVES FILHO, E G *et al.* An untargeted chemometric evaluation of plasma and ozone processing effect on volatile compounds in orange juice. **Innovative Food Science & Emerging Technologies**, [s. l.], v. 53, p. 63-69, 2019. Disponível em: <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ifset.2017.10.001>
- AMARO, Ana L *et al.* Multitrait analysis of fresh-cut cantaloupe melon enables discrimination between storage times and temperatures and identifies potential markers for quality assessments. **Food chemistry**, England, v. 241, p. 222-231, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.08.050>

AZHAR SHAPAWI, Zahrah Izati *et al.* Modeling respiration rate of fresh-cut sweet potato (Anngun) stored in different packaging films. **Food Packaging and Shelf Life**, [s. l.], v. 28, p. 100657, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/J.FPSL.2021.100657>

BAGHERI, Hadi; ABBASZADEH, Sepideh. Effect of Cold Plasma on Quality Retention of Fresh-Cut Produce. **Journal of Food Quality**, [s. l.], v. 2020, p. 8866369, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1155/2020/8866369>

BANG, In Hee *et al.* Microbial decontamination of black peppercorns by simultaneous treatment with cold plasma and ultraviolet C. **Innovative Food Science & Emerging Technologies**, [s. l.], v. 63, p. 102392, 2020.

BARBAGALLO, Riccardo N; CHISARI, Marco; CAPUTA, Giovambattista. Effects of calcium citrate and ascorbate as inhibitors of browning and softening in minimally processed 'Birgah'eggplants. **Postharvest biology and technology**, [s. l.], v. 73, p. 107-114, 2012.

BARROSO, Pedro T.W. *et al.* Evaluation of the composition of Carica papaya L. seed oil extracted with supercritical CO₂. **Biotechnology Reports**, [s. l.], v. 11, p. 110-116, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/J.BTRE.2016.08.004>

BERMÚDEZ-AGUIRRE, Daniela *et al.* Effect of atmospheric pressure cold plasma (APCP) on the inactivation of Escherichia coli in fresh produce. **Food Control**, [s. l.], v. 34, n. 1, p. 149-157, 2013. Disponível em: <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2013.04.022>

BOCA, Gratiela D. **Factors Influencing Consumer Behavior in Sustainable Fruit and Vegetable Consumption in Maramures County, Romania**. [S. l.: s. n.], 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/su13041812>

BOURKE, Paula *et al.* The Potential of Cold Plasma for Safe and Sustainable Food Production. **Trends in Biotechnology**, [s. l.], v. 36, n. 6, p. 615-626, 2018. Disponível em: <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.tibtech.2017.11.001>

BREWER, Sarah *et al.* Evaluation of 21 papaya (Carica papaya L.) accessions in southern Florida for fruit quality, aroma, plant height, and yield components. **Scientia Horticulturae**, [s. l.], v. 288, p. 110387, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/J.SCIENTA.2021.110387>

BUDDE-RODRIGUEZ, Sarah *et al.* Sensitivity of Alternaria spp. from potato to pyrimethanil, cyprodinil, and fludioxonil. **Crop Protection**, [s. l.], v. 152, p. 105855, 2022. Disponível em: <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.cropro.2021.105855>

BUSSLER, Sara; EHLBECK, Jörg; SCHLÜTER, Oliver K. Pre-drying treatment of plant related tissues using plasma processed air: Impact on enzyme activity and quality attributes of cut apple and potato. **Innovative Food Science & Emerging Technologies**, [s. l.], v. 40, p. 78-86, 2017. Disponível em: <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ifset.2016.05.007>

BÜYÜKTUNCEL, Ebru; PORGALI, Esra; ÇOLAK, Cemil. Comparison of Total Phenolic Content and Total Antioxidant Activity in Local Red Wines Determined by Spectrophotometric Methods. **Food and Nutrition Sciences**, [s. l.], v. 05, n. 17, p. 1660-1667, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.4236/fns.2014.517179>

CAMPELO, Pedro H *et al.* Modulation of aroma and flavor using dielectric barrier discharge plasma technology in a juice rich in terpenes and sesquiterpenes. **LWT**, [s. l.], v. 130, p. 109644, 2020. Disponível em: <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.109644>

CAO, Xinang; HUANG, Runze; CHEN, Haiqiang. Evaluation of pulsed light treatments on inactivation of Salmonella on blueberries and its impact on shelf-life and quality attributes. **International Journal of Food Microbiology**, [s. l.], v. 260, p. 17-26, 2017. Disponível em: <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2017.08.012>

CÁRDENAS-PÉREZ, Stefany *et al.* Evaluation of the ripening stages of apple (Golden Delicious) by means of computer vision system. **Biosystems Engineering**, [s. l.], v. 159, p. 46-58, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2017.04.009>

CHEN, Chen *et al.* The Effects of Cold Plasma-Activated Water Treatment on the Microbial Growth and Antioxidant Properties of Fresh-Cut Pears. **Food and Bioprocess Technology**, [s. l.], v. 12, n. 11, p. 1842-1851, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s11947-019-02331-w>

CHIZOBA EKEZIE, Flora-Glad; SUN, Da-Wen; CHENG, Jun-Hu. A review on recent advances in cold plasma technology for the food industry: Current applications and future trends. **Trends in Food Science & Technology**, [s. l.], v. 69, p. 46-58, 2017. Disponível em: <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.tifs.2017.08.007>

CLEMENTE, I *et al.* Efficacy of pulsed electric fields and antimicrobial compounds used alone and in combination for the inactivation of *Campylobacter jejuni* in liquids and raw chicken. **Food Control**, [s. l.], v. 107, p. 106491, 2020. Disponível em: <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2019.01.017>

CORRÊA, Thaila Quatrini *et al.* Effects of ultraviolet light and curcumin-mediated photodynamic inactivation on microbiological food safety: A study in meat and fruit. **Photodiagnosis and Photodynamic Therapy**, [s. l.], v. 30, p. 101678, 2020. Disponível em: <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.pdpdt.2020.101678>

CORTEZ-VEGA, William Renzo *et al.* Using edible coatings from Whitemouth croaker (*Micropogonias furnieri*) protein isolate and organo-clay nanocomposite for improve the conservation properties of fresh-cut "Formosa" papaya. **Innovative Food Science and Emerging Technologies**, [s. l.], v. 22, p. 197-202, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2013.12.007>

CRUZ, Vanessa Aparecida. Desenvolvimento de geleia de mamão formosa(*Carica papaya* L .) sob diferentes concentrações e métodos de secagem das sementes. [s. l.], p. 91, 2016.

CUNNIFF ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS., Patricia. **Official methods of analysis of AOAC international**. Washington, DC: Association of Official Analytical Chemists, 1995.

DANTAS, Aline Macedo *et al.* Effect of cold plasma on açai pulp: Enzymatic activity, color and bioaccessibility of phenolic compounds. **LWT**, [s. l.], v. 149, p. 111883, 2021. Disponível em: <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.111883>

DE CESARE, Alessandra *et al.* Modelling the growth kinetics of *Listeria monocytogenes* in pasta salads at different storage temperatures and packaging conditions. **Food microbiology**, England, v. 76, p. 154-163, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.fm.2018.04.013>

DE CORATO, Ugo. Improving the shelf-life and quality of fresh and minimally-processed fruits and vegetables for a modern food industry: A comprehensive critical review from the traditional technologies into the most promising advancements. **Critical reviews in food science and nutrition**, United States, v. 60, n. 6, p. 940-975, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/10408398.2018.1553025>

DE CORATO, Ugo; CANCELLARA, Fernando Antonio. Measures, technologies, and incentives for cleaning the minimally processed fruits and vegetables supply chain in the Italian food industry. **Journal of Cleaner Production**, [s. l.], v. 237, p. 117735, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.117735>

DE MORAES, Jaqueline O; MORARU, Carmen I. Chapter 9 High-intensity Pulsed Light Processing. *In: ALTERNATIVES TO CONVENTIONAL FOOD PROCESSING (2)*. [S. l.]: The Royal Society of Chemistry, 2018. p. 355-396. Disponível em: <https://doi.org/10.1039/9781782626596-00355>

DIAS, Luciene; SILVA, Santos. Embalagens ativas: uma alternativa para vegetais minimamente processados? Active packaging: an alternative to minimum processed vegetables? Envase activo: ¿ una alternativa a las verduras mínimas procesadas? [s. l.], v. 2022, p. 1-12, 2022.

DJEKIC, Ilija *et al.* Review on environmental models in the food chain - Current status and future perspectives. **Journal of Cleaner Production**, [s. l.], v. 176, p. 1012-1025, 2018. Disponível em: <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.11.241>

DONG, Xiao Yu; YANG, Yu Liang. A Novel Approach to Enhance Blueberry Quality During Storage Using Cold Plasma at Atmospheric Air Pressure. **Food and Bioprocess Technology**, [s. l.], v. 12, n. 8, p. 1409-1421, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s11947-019-02305-y>

DOTTO, Joachim M.; ABIHUDI, Siri A. Nutraceutical value of *Carica papaya*: A review. **Scientific African**, [s. l.], v. 13, p. e00933, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/J.SCIAF.2021.E00933>

DOTTO, Joachim; MATEMU, Athanasia O.; NDAKIDEMI, Patrick A. Nutrient composition and selected physicochemical properties of fifteen Mchare cooking bananas: A study conducted in northern Tanzania. **Scientific African**, [s. l.], v. 6, p. e00150, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/J.SCIAF.2019.E00150>

DUARTE-MOLINA, Fernando *et al.* Storage quality of strawberry fruit treated by pulsed light: Fungal decay, water loss and mechanical properties. **Innovative Food Science & Emerging Technologies**, [s. l.], v. 34, p. 267-274, 2016. Disponível em: <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ifset.2016.01.019>

ELEZ GAROFULIĆ, Ivona *et al.* The effect of gas phase plasma treatment on the anthocyanin and phenolic acid content of sour cherry Marasca (*Prunus cerasus* var. Marasca) juice. **LWT - Food Science and Technology**, [s. l.], v. 62, n. 1, Part 2, p. 894-900, 2015. Disponível em: <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.lwt.2014.08.036>

FABI, João Paulo; DO PRADO, Samira Bernardino Ramos. Fast and Furious: Ethylene-Triggered Changes in the Metabolism of Papaya Fruit During Ripening. **Frontiers in Plant Science**, [s. l.], v. 10, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.3389/fpls.2019.00535>

FAGUNDES, Cristiane *et al.* Hydroxypropyl methylcellulose-beeswax edible coatings formulated with antifungal food additives to reduce alternaria black spot and maintain postharvest quality of cold-stored cherry tomatoes. **Scientia Horticulturae**, [s. l.], v. 193, p. 249-257, 2015. Disponível em: <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.scienta.2015.07.027>

FALAH, Mohammad Affan Fajar; NADINE, Meydi Dima; SURYANDONO, Ag. Effects of Storage Conditions on Quality and Shelf-life of Fresh-cut Melon (*Cucumis Melo* L.) and Papaya (*Carica Papaya* L.). **Procedia Food Science**, [s. l.], v. 3, p. 313-322, 2015. Disponível em: <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.profoo.2015.01.034>

FARIAS, Thayane R B; RODRIGUES, Sueli; FERNANDES, Fabiano A N. Effect of dielectric barrier discharge plasma excitation frequency on the enzymatic activity, antioxidant capacity and phenolic content of apple cubes and apple juice. **Food Research International**, [s. l.], v. 136, p. 109617, 2020. Disponível em: <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.109617>

FEIZOLLAHI, Ehsan; MISRA, N N; ROOPESH, M S. Factors influencing the antimicrobial efficacy of Dielectric Barrier Discharge (DBD) Atmospheric Cold Plasma (ACP) in food processing applications. **Critical reviews in food science and nutrition**, United States, v. 61, n. 4, p. 666-689, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/10408398.2020.1743967>

FERNANDES, Fabiano A N *et al.* Ultrasound-Assisted Air-Drying of Apple (*Malus domestica* L.) and Its Effects on the Vitamin of the Dried Product. **Food and Bioprocess Technology**, [s. l.], v. 8, n. 7, p. 1503-1511, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s11947-015-1519-7>

FONSECA, Jéssica de Matos *et al.* Gelatin-TiO₂-coated expanded polyethylene foam nets as ethylene scavengers for fruit postharvest application. **Postharvest Biology and Technology**, [s. l.], v. 180, p. 111602, 2021a. Disponível em: <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2021.111602>

FONSECA, Jéssica de Matos *et al.* Gelatin-TiO₂-coated expanded polyethylene foam nets as ethylene scavengers for fruit postharvest application. **Postharvest Biology and Technology**, [s. l.], v. 180, n. June, 2021b. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2021.111602>

FONTES, Luciana Cristina Brigatto *et al.* Conservação de maçã minimamente processada com o uso de películas comestíveis. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, [s. l.], v. 28, n. 4, p. 872-880, 2008. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/s0101-20612008000400017>

GANESAN, Abirami R *et al.* Application of cold plasma on food matrices: A review on current and future prospects. **Journal of Food Processing and Preservation**, [s. l.], v. 45, n. 1, p. e15070, 2021. Disponível em: <https://doi.org/https://doi.org/10.1111/jfpp.15070>

GAVAHIAN, Mohsen *et al.* The effects of dielectric barrier discharge plasma gas and plasma-activated water on texture, color, and bacterial characteristics of shiitake mushroom. **Journal of Food Processing and Preservation**, [s. l.], v. 44, n. 1, p. e14316, 2020. Disponível em: <https://doi.org/https://doi.org/10.1111/jfpp.14316>

GOVAERT, Marlies *et al.* Inactivation of *L. monocytogenes* and *S. typhimurium* biofilms by means of an air-based cold atmospheric plasma (CAP) system. **Foods**, [s. l.], v. 9, n. 2, p. 157, 2020.

GUERRA, Ingrid Conceição Dantas *et al.* Coatings comprising chitosan and *Mentha piperita* L. or *Mentha × villosa* Huds essential oils to prevent common postharvest mold infections and maintain the quality of cherry tomato fruit. **International Journal of Food Microbiology**, [s. l.], v. 214, p. 168-178, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/J.IJFOODMICRO.2015.08.009>

HERCEG, Zoran *et al.* Gas phase plasma impact on phenolic compounds in pomegranate juice. **Food chemistry**, England, v. 190, p. 665-672, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.05.135>

HERTWIG, Christian *et al.* Decontamination of whole black pepper using different cold atmospheric pressure plasma applications. **Food Control**, [s. l.], v. 55, p. 221-229, 2015. Disponível em: <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2015.03.003>

IKRAM, Emmy Hainida Khairul *et al.* Phytochemicals of papaya and its traditional health and culinary uses – A review. **Journal of Food Composition and Analysis**, [s. l.], v. 41, p. 201-211, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/J.JFCA.2015.02.010>

INSANU, Muhamad *et al.* Antioxidant activities and phytochemicals of polar, semi-polar, and nonpolar extracts of used and unused parts of *Carica papaya* fruit. **Biocatalysis and Agricultural Biotechnology**, [s. l.], v. 39, p. 102270, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/J.BCAB.2021.102270>

ISHIKAWA, Kenji; HORI, Masaru. Diagnostics of plasma-biological surface interactions in low pressure and atmospheric pressure plasmas. **International Journal of Modern Physics: Conference Series**, [s. l.], v. 32, p. 1460318, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1142/S2010194514603184>

JADHAV, Harsh B.; ANNAPURE, Uday. Consequences of non-thermal cold plasma treatment on meat and dairy lipids - A review. **Future Foods**, [s. l.], v. 4, p. 100095, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/J.FUFO.2021.100095>

JAYASENA, Dinesh D *et al.* Flexible thin-layer dielectric barrier discharge plasma treatment of pork butt and beef loin: Effects on pathogen inactivation and meat-quality attributes. **Food Microbiology**, [s. l.], v. 46, p. 51-57, 2015. Disponível em: <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.fm.2014.07.009>

KALAGATUR, Naveen Kumar *et al.* Effect of high pressure processing on growth and mycotoxin production of *Fusarium graminearum* in maize. **Food Bioscience**, [s. l.], v. 21, p. 53-59, 2018. Disponível em: <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.fbio.2017.11.005>

KEENER, Kevin; MISRA, N N. Future of Cold Plasma in Food Processing. *In: [S. l.: s. n.]*, 2016. p. 343-360. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-801365-6.00014-7>

KHOSHKALAM POUR, Ali *et al.* Atmospheric cold plasma effect on quality attributes of banana slices: Its potential use in blanching process. **Innovative Food Science & Emerging Technologies**, [s. l.], v. 76, p. 102945, 2022. Disponível em: <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ifset.2022.102945>

KORACHI, May; GUROL, Ceyda; ASLAN, Necdet. Atmospheric plasma discharge sterilization effects on whole cell fatty acid profiles of *Escherichia coli* and *Staphylococcus aureus*. **Journal of Electrostatics**, [s. l.], v. 68, n. 6, p. 508-512, 2010. Disponível em: <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.elstat.2010.06.014>

KUMAR MAHNOT, Nikhil *et al.* In-package cold plasma decontamination of fresh-cut carrots: microbial and quality aspects. **Journal of Physics D: Applied Physics**, [s. l.], v. 53, n. 15, p. 154002, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1088/1361-6463/ab6cd3>

LACOMBE, Alison *et al.* Atmospheric cold plasma inactivation of aerobic microorganisms on blueberries and effects on quality attributes. **Food Microbiology**, [s. l.], v. 46, p. 479-484, 2015a. Disponível em: <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.fm.2014.09.010>

LACOMBE, Alison *et al.* Atmospheric cold plasma inactivation of aerobic microorganisms on blueberries and effects on quality attributes. **Food Microbiology**,

[s. l.], v. 46, p. 479-484, 2015b. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/J.FM.2014.09.010>

LAROQUE, Denise Adamoli *et al.* Cold plasma in food processing: Design, mechanisms, and application. **Journal of Food Engineering**, [s. l.], v. 312, p. 110748, 2022. Disponível em: <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2021.110748>

LAURORA, Alice *et al.* Carotenoid composition and bioaccessibility of papaya cultivars from Hawaii. **Journal of Food Composition and Analysis**, [s. l.], v. 101, p. 103984, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/J.JFCA.2021.103984>

LI, Meilin *et al.* Physiological and Metabolomic Analysis of Cold Plasma Treated Fresh-Cut Strawberries. [s. l.], 2019a. Disponível em: <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.9b00656>

LI, Meilin *et al.* Physiological and Metabolomic Analysis of Cold Plasma Treated Fresh-Cut Strawberries. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, [s. l.], v. 67, n. 14, p. 4043-4053, 2019b. Disponível em: <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.9b00656>

LI, Xiaolan *et al.* Cold plasma treatment induces phenolic accumulation and enhances antioxidant activity in fresh-cut pitaya (*Hylocereus undatus*) fruit. **LWT**, [s. l.], v. 115, p. 108447, 2019c. Disponível em: <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.108447>

LIMA, Álvaro Silva *et al.* Adição De Agentes Antiescurecimento , Antimicrobiano E Utilização Addition of Antibrowning and Antimicrobes Agents and Utilization of Different Plastic. [s. l.], p. 149-152, 2005. Disponível em: <https://doi.org/https://doi.org/10.1590/S0100-29452005000100039>

LIN, Derong *et al.* An Overview of Plant Phenolic Compounds and Their Importance in Human Nutrition and Management of Type 2 Diabetes. **Molecules (Basel, Switzerland)**, [s. l.], v. 21, n. 10, p. 1374, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/molecules21101374>

LUCIANO, Winnie Alencar *et al.* Growth behavior of low populations of *Listeria monocytogenes* on fresh-cut mango, melon and papaya under different storage temperatures. **Food Microbiology**, [s. l.], v. 102, p. 103930, 2022. Disponível em: <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.fm.2021.103930>

MA, Liang *et al.* Recent developments in novel shelf life extension technologies of fresh-cut fruits and vegetables. **Trends in Food Science & Technology**, [s. l.], v. 64, p. 23-38, 2017a. Disponível em: <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.tifs.2017.03.005>

MA, Liang *et al.* Recent developments in novel shelf life extension technologies of fresh-cut fruits and vegetables. **Trends in Food Science & Technology**, [s. l.], v. 64, p. 23-38, 2017b. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/J.TIFS.2017.03.005>

MA, Ruonan *et al.* Effect of Non-Thermal Plasma-Activated Water on Fruit Decay and Quality in Postharvest Chinese Bayberries. **Food and Bioprocess Technology**, [s. l.], v. 9, n. 11, p. 1825-1834, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s11947-016-1761-7>

MA, Yanyan *et al.* Postharvest storage at near-freezing temperature maintained the quality and antioxidant properties of *Prunus domestica* L. cv. Ximei fruit. **Scientia Horticulturae**, [s. l.], v. 293, p. 110720, 2022. Disponível em: <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.scienta.2021.110720>

MANDAL, Ronit; SINGH, Anika; PRATAP SINGH, Anubhav. Recent developments in cold plasma decontamination technology in the food industry. **Trends in Food Science & Technology**, [s. l.], v. 80, p. 93-103, 2018a. Disponível em: <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.tifs.2018.07.014>

MANDAL, Ronit; SINGH, Anika; PRATAP SINGH, Anubhav. Recent developments in cold plasma decontamination technology in the food industry. **Trends in Food Science & Technology**, [s. l.], v. 80, p. 93-103, 2018b. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/J.TIFS.2018.07.014>

MARINGGAL, Bernard *et al.* **Causal agent of anthracnose in papaya fruit and control by three different Malaysian stingless bee honeys, and the chemical profile.** [S. l.]: Elsevier B.V., [s. d.].

MARTINS, Derliane Ribeiro; BARBOSA, Nayara Cantarino; RESENDE, Eder Dutra de. Respiration rate of Golden papaya stored under refrigeration and with different controlled atmospheres. **Scientia Agricola**, [s. l.], v. 71, n. 5, p. 369-373, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/0103-9016-2013-0334>. Acesso em: 27 jun. 2022.

MATAN, Narumol *et al.* Combined antibacterial activity of green tea extract with atmospheric radio-frequency plasma against pathogens on fresh-cut dragon fruit. **Food Control**, [s. l.], v. 50, p. 291-296, 2015. Disponível em: <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2014.09.005>

MEHTA, Deepak *et al.* Impact of ultrasonication, ultraviolet and atmospheric cold plasma processing on quality parameters of tomato-based beverage in comparison with thermal processing. **Innovative Food Science & Emerging Technologies**, [s. l.], v. 52, p. 343-349, 2019. Disponível em: <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ifset.2019.01.015>

MEIRELES, Ana *et al.* The current knowledge on the application of anti-biofilm enzymes in the food industry. **Food Research International**, [s. l.], v. 86, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2016.06.006>

MELO, Enayde De Almeida *et al.* Capacidade antioxidante de frutas. **Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas/Brazilian Journal of Pharmaceutical Sciences**, [s. l.], v. 44, n. 2, p. 193-201, 2008. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1516-93322008000200005>

MINATEL, Igor Otavio *et al.* Phenolic Compounds: Functional Properties, Impact of Processing and Bioavailability. *In: SOTO-HERNANDEZ, Marcos; PALMA-TENANGO, Mariana; DEL ROSARIO GARCIA-MATEOS, Maria (org.). Phenolic Compounds.* Rijeka: IntechOpen, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.5772/66368>

MISRA, N N. Chapter 10 - Quality of Cold Plasma Treated Plant Foods. *In: MISRA, N N; SCHLÜTER, Oliver; CULLEN, P J B T - Cold Plasma in Food and Agriculture (org.).* San Diego: Academic Press, 2016. p. 253-271. Disponível em: <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/B978-0-12-801365-6.00010-X>

MISRA, N N *et al.* Cold Plasma for Effective Fungal and Mycotoxin Control in Foods: Mechanisms, Inactivation Effects, and Applications. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, [s. l.], v. 18, n. 1, p. 106-120, 2019a. Disponível em: <https://doi.org/https://doi.org/10.1111/1541-4337.12398>

MISRA, N N *et al.* Cold plasma interactions with enzymes in foods and model systems. **Trends in Food Science & Technology**, [s. l.], v. 55, p. 39-47, 2016. Disponível em: <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.tifs.2016.07.001>

MISRA, N N *et al.* In-package atmospheric pressure cold plasma treatment of strawberries. **Journal of Food Engineering**, [s. l.], v. 125, p. 131-138, 2014a. Disponível em: <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2013.10.023>

MISRA, N N *et al.* In-package cold plasma technologies. **Journal of Food Engineering**, [s. l.], v. 244, p. 21-31, 2019b. Disponível em: <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2018.09.019>

MISRA, Nrusimha Nath *et al.* In-package atmospheric pressure cold plasma treatment of cherry tomatoes. **Journal of Bioscience and Bioengineering**, [s. l.], v. 118, n. 2, p. 177-182, 2014b. Disponível em: <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jbiosc.2014.02.005>

MISRA, Nrusimha Nath *et al.* In-package atmospheric pressure cold plasma treatment of cherry tomatoes. **Journal of Bioscience and Bioengineering**, [s. l.], v. 118, n. 2, p. 177-182, 2014c. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/J.JBIOOSC.2014.02.005>

MOSTAFIDI, Mahdiah *et al.* A review of recent trends in the development of the microbial safety of fruits and vegetables. **Trends in Food Science & Technology**, [s. l.], v. 103, p. 321-332, 2020. Disponível em: <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.tifs.2020.07.009>

MÜHLBAUER, Werner; MÜLLER, Joachim. Papaya (*Carica papaya* L.). *In: [S. l.: s. n.]*, 2020. p. 337-346. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-818162-1.00037-7>

NAFIU, Abdulrazaq B. *et al.* Papaya (*Carica papaya* L., Pawpaw). **Nonvitamin and Nonmineral Nutritional Supplements**, [s. l.], p. 335-359, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-812491-8.00048-5>

NASIRU, Mustapha *et al.* Dielectric barrier discharge cold atmospheric plasma: Influence of processing parameters on microbial inactivation in meat and meat products. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, [s. l.], 2021.

NEGRI RODRÍGUEZ, Livia M. *et al.* Comparison of the quality attributes of carrot juice pasteurized by ohmic heating and conventional heat treatment. **LWT**, [s. l.], v. 145, p. 111255, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/J.LWT.2021.111255>

NIU, Guanghui *et al.* Optical and electrical analysis of multi-electrode cylindrical dielectric barrier discharge (DBD) plasma reactor. **Vacuum**, [s. l.], v. 157, p. 465-474, 2018. Disponível em: <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.vacuum.2018.09.025>

NIVEDITHA, A *et al.* Application of cold plasma and ozone technology for decontamination of Escherichia coli in foods- a review. **Food Control**, [s. l.], v. 130, p. 108338, 2021. Disponível em: <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2021.108338>

NUNES, Ana Cláudia D *et al.* Armazenamento de mamão 'formosa' revestido à base de fécula de mandioca TT - Stored papaya 'formosa' coated with cassava starch base. **Revista de Ciências Agrárias**, [s. l.], v. 40, n. 1, p. 254-263, 2017. Disponível em: http://www.scielo.mec.pt/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0871-018X2017000100028&lang=en%0Ahttp://www.scielo.mec.pt/pdf/rca/v40n1/v40n1a28.pdf

NUNES, Erivelton de Souza *et al.* Determinantes das exportações brasileiras de mamão à luz do modelo gravitacional. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, [s. l.], v. 59, n. 4, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1806-9479.2021.222983>. Acesso em: 4 set. 2022.

OCHE, Okpe *et al.* Chemical Constituents and Nutrient Composition of Carica papaya and Vernonia amygdalina Leaf Extracts. **Journal of Complementary and Alternative Medical Research**, [s. l.], v. 2, p. 1-8, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.9734/JOCAMR/2017/29402>

PAIXÃO, Livia M N *et al.* Cold Plasma Effects on Functional Compounds of Siriguela Juice. **Food and Bioprocess Technology**, [s. l.], v. 12, n. 1, p. 110-121, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s11947-018-2197-z>

PANKAJ, Shashi K; KEENER, Kevin M. Cold plasma: background, applications and current trends. **Current Opinion in Food Science**, [s. l.], v. 16, p. 49-52, 2017. Disponível em: <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.cofs.2017.07.008>

PANKAJ, Shashi Kishor *et al.* Effect of high voltage atmospheric cold plasma on white grape juice quality. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, [s. l.], v. 97, n. 12, p. 4016-4021, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/JSFA.8268>

PATANGE, Apurva *et al.* Efficacy of cold plasma functionalised water for improving microbiological safety of fresh produce and wash water recycling. **Food microbiology**, England, v. 84, p. 103226, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.fm.2019.05.010>

PAULL, Robert E *et al.* Postharvest handling and losses during marketing of papaya (*Carica papaya* L.). **Postharvest Biology and Technology**, [s. l.], v. 11, n. 3, p. 165-179, 1997. Disponível em: [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0925-5214\(97\)00028-8](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0925-5214(97)00028-8)

PINA-PEREZ, M C *et al.* Low-energy short-term cold atmospheric plasma: controlling the inactivation efficacy of bacterial spores in powders. **Food Research International**, [s. l.], v. 130, p. 108921, 2020.

PIÑON, M I *et al.* Microbiological properties of poultry breast meat treated with high-intensity ultrasound. **Ultrasonics**, [s. l.], v. 102, p. 105680, 2020. Disponível em: <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ultras.2018.01.001>

PULIGUNDLA, Pradeep; LEE, Taehoon; MOK, Chulkyoon. Effect of intermittent corona discharge plasma treatment for improving microbial quality and shelf life of kumquat (*Citrus japonica*) fruits. **LWT**, [s. l.], v. 91, p. 8-13, 2018. Disponível em: <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.lwt.2018.01.019>

PUTNIK, Predrag *et al.* Modelling the shelf-life of minimally-processed fresh-cut apples packaged in a modified atmosphere using food quality parameters. **Food Control**, [s. l.], v. 81, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2017.05.026>

RAMAZZINA, Ileana *et al.* Effect of cold plasma treatment on physico-chemical parameters and antioxidant activity of minimally processed kiwifruit. **Postharvest Biology and Technology**, [s. l.], v. 107, p. 55-65, 2015. Disponível em: <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2015.04.008>

RAMAZZINA, Ileana *et al.* Effect of Cold Plasma Treatment on the Functional Properties of Fresh-Cut Apples. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, [s. l.], v. 64, n. 42, p. 8010-8018, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.6b02730>

RAMOS-PARRA, Perla A *et al.* High hydrostatic pressure treatments trigger de novo carotenoid biosynthesis in papaya fruit (*Carica papaya* cv. Maradol). **Food Chemistry**, [s. l.], v. 277, p. 362-372, 2019. Disponível em: <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.10.102>

RANA, Sudha *et al.* Atmospheric cold plasma (ACP) treatment improved in-package shelf-life of strawberry fruit. **Journal of Food Science and Technology**, [s. l.], v. 57, n. 1, p. 102-112, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s13197-019-04035-7>

RE, R *et al.* Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. **Free radical biology & medicine**, United States, v. 26, n. 9-

10, p. 1231-1237, 1999. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/s0891-5849\(98\)00315-3](https://doi.org/10.1016/s0891-5849(98)00315-3)

REIS, Héber Ferreira dos. Conservação pós-colheita de mamão formosa (*Carica papaya* L.) e controle alternativo in vitro e in vivo de *Colletotrichum gloeosporioides*. [s. l.], p. 128, 2014.

REIS, Ronielli Cardoso *et al.* Compostos bioativos e atividade antioxidante de variedades melhoradas de mamão. **Ciência Rural**, [s. l.], v. 45, n. 11, p. 2076-2081, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20140776>. Acesso em: 11 set. 2022.

REKHY, Reetika; MCCONCHIE, Robyn. Promoting consumption of fruit and vegetables for better health. Have campaigns delivered on the goals? **Appetite**, [s. l.], v. 79, p. 113-123, 2014. Disponível em: <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.appet.2014.04.012>

RODRÍGUEZ, Óscar *et al.* Effect of indirect cold plasma treatment on cashew apple juice (*Anacardium occidentale* L.). **LWT**, [s. l.], v. 84, p. 457-463, 2017. Disponível em: <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.lwt.2017.06.010>

SAADATI, Safoora *et al.* Alteration of physiological and biochemical properties in leaves and fruits of pomegranate in response to gamma irradiation. **Scientific Reports**, [s. l.], v. 12, n. 1, p. 4312, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1038/s41598-022-08285-y>

SADLER, George D; MURPHY, Patricia A. pH and Titratable Acidity BT - Food Analysis. *In*: NIELSEN, S Suzanne (org.). Boston, MA: Springer US, 2010. p. 219-238. Disponível em: https://doi.org/10.1007/978-1-4419-1478-1_13

SAINI, Ramesh Kumar; NILE, Shivraj Hariram; PARK, Se Won. Carotenoids from fruits and vegetables: Chemistry, analysis, occurrence, bioavailability and biological activities. **Food Research International**, [s. l.], v. 76, p. 735-750, 2015.

SANCHES, Alex Guimarães *et al.* Polyols can alleviate chilling injury in 'Palmer' mangoes during cold storage. **Food Control**, [s. l.], v. 129, p. 108248, 2021. Disponível em: <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2021.108248>

SANTAMARÍA BASULTO, Felipe *et al.* Postharvest ripening and maturity indices for maradol papaya. **Interciencia**, [s. l.], v. 34, n. 8, p. 583-588, 2009. Disponível em: http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0378-18442009000800012&lng=pt&nrm=iso&tlng=. Acesso em: 22 nov. 2022.

SANTANA, Ligia R. R.; MATSUURA, Fernando C.A.U.; CARDOSO, Ricardo L. Genótipos melhorados de mamão (*Carica papaya* L.): avaliação sensorial e físico-química dos frutos. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, [s. l.], v. 24, n. 2, p. 217-222, 2004. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/s0101-20612004000200010>

SARANGAPANI, Chaitanya *et al.* Atmospheric cold plasma dissipation efficiency of agrochemicals on blueberries. **Innovative Food Science & Emerging**

Technologies, [s. l.], v. 44, p. 235-241, 2017. Disponível em: <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ifset.2017.02.012>

SCHOLTZ, Vladimir *et al.* Nonthermal plasma--A tool for decontamination and disinfection. **Biotechnology advances**, England, v. 33, n. 6 Pt 2, p. 1108-1119, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.biotechadv.2015.01.002>

SEGURA-PONCE, Luis A *et al.* Effect of Low-pressure Cold Plasma (LPCP) on the Wettability and the Inactivation of Escherichia coli and Listeria innocua on Fresh-Cut Apple (Granny Smith) Skin. **Food and Bioprocess Technology**, [s. l.], v. 11, n. 5, p. 1075-1086, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s11947-018-2079-4>

SEKARAN *et al.* No 主観的健康感を中心とした在宅高齢者における健康関連指標に関する共分散構造分析Title. **Pakistan Research Journal of Management Sciences**, [s. l.], v. 7, n. 5, p. 1-2, 2018. Disponível em: <http://content.ebscohost.com/ContentServer.asp?EbscoContent=dGJyMNLe80Sep7Q4y9f3OLCmr1Gep7JSsKy4Sa6WxWXS&ContentCustomer=dGJyMPGptk%2B3rLJNuePfgex43zx1%2B6B&T=P&P=AN&S=R&D=buh&K=134748798%0Ahttp://amg.um.dk/~media/amg/Documents/Policies and Strategies/S>

SENRAYAN, Jeeva; VENKATACHALAM, Sivakumar. Solvent-assisted extraction of oil from papaya (*Carica papaya* L.) seeds: evaluation of its physicochemical properties and fatty-acid composition. **Separation Science and Technology**, [s. l.], v. 53, n. 17, p. 2852-2859, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/01496395.2018.1480632>

SHIRANI, Khatereh; SHAHIDI, Fakhri; MORTAZAVI, Seyed Ali. Investigation of decontamination effect of argon cold plasma on physicochemical and sensory properties of almond slices. **International Journal of Food Microbiology**, [s. l.], v. 335, p. 108892, 2020. Disponível em: <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2020.108892>

SILVA, Joana; AMALIA, Brunini. QUALIDADE E VIDA ÚTIL DE MAMÃO 'FORMOSA' MINIMAMENTE PROCESSADO SUBMETIDO A DIFERENTES TRATAMENTOS. **Nucleus**, [s. l.], v. 6, 2009. Disponível em: <https://doi.org/10.3738/1982.2278.151>

SINGH, Amandeep; YEMMIREDDY, Veerachandra. Fate of Salmonella spp. in fresh-cut papaya (*Carica papaya* L.) at different storage temperature and relative humidity. **LWT**, [s. l.], v. 148, p. 111810, 2021. Disponível em: <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.111810>

SINGLETON, Vernon L.; ORTHOFER, Rudolf; LAMUELA-RAVENTÓS, Rosa M. [14] Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of folin-ciocalteu reagent. **Methods in Enzymology**, [s. l.], v. 299, p. 152-178, 1999. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/S0076-6879\(99\)99017-1](https://doi.org/10.1016/S0076-6879(99)99017-1)

SOTO, Marvin *et al.* Carotenoid absorption in rats fed with vacuum-fried papaya chips depends on processed food microstructure associated with saturated and unsaturated oils. **Food Research International**, [s. l.], v. 142, p. 110223, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/J.FOODRES.2021.110223>

SOUZA, A F *et al.* Ripening physiology of varieties of papaya commercialized in Brazil. **Revista Brasileira de Fruticultura**, [s. l.], v. 36, n. 2, p. 318-328, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/0100-2945-215/13>

SOUZA, Anderson Fernandes *et al.* Fisiologia do amadurecimento de mamões de variedades comercializadas no Brasil. **Revista Brasileira de Fruticultura**, [s. l.], v. 36, n. 2, p. 318-328, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/0100-2945-215/13>. Acesso em: 24 mar. 2022.

SRUTHI, N U *et al.* Impacts of cold plasma treatment on physicochemical, functional, bioactive, textural, and sensory attributes of food: A comprehensive review. **Food Chemistry**, [s. l.], v. 368, p. 130809, 2022a. Disponível em: <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.130809>

SRUTHI, N. U. *et al.* Impacts of cold plasma treatment on physicochemical, functional, bioactive, textural, and sensory attributes of food: A comprehensive review. **Food Chemistry**, [s. l.], v. 368, p. 130809, 2022b. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/J.FOODCHEM.2021.130809>

STOFFELS, E; SAKIYAMA, Y; GRAVES, D B. Cold Atmospheric Plasma: Charged Species and Their Interactions With Cells and Tissues. **IEEE Transactions on Plasma Science**, [s. l.], v. 36, n. 4, p. 1441-1457, 2008. Disponível em: <https://doi.org/10.1109/TPS.2008.2001084>

SUCUPIRA, N R *et al.* NMR spectroscopy and chemometrics to evaluate different processing of coconut water. **Food chemistry**, England, v. 216, p. 217-224, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.08.035>

SUROWSKY, Björn; SCHLÜTER, Oliver; KNORR, Dietrich. Interactions of Non-Thermal Atmospheric Pressure Plasma with Solid and Liquid Food Systems: A Review. **Food Engineering Reviews**, [s. l.], v. 7, n. 2, p. 82-108, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s12393-014-9088-5>

TAKAKI, K *et al.* Influence of electrode configuration on ozone synthesis and microdischarge property in dielectric barrier discharge reactor. **Vacuum**, [s. l.], v. 83, n. 1, p. 128-132, 2008. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.vacuum.2008.03.047>

TAPPI, Silvia *et al.* Atmospheric gas plasma treatment of fresh-cut apples. **Innovative Food Science & Emerging Technologies**, [s. l.], v. 21, p. 114-122, 2014. Disponível em: <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ifset.2013.09.012>

TAPPI, Silvia *et al.* Browning response of fresh-cut apples of different cultivars to cold gas plasma treatment. **Innovative Food Science & Emerging Technologies**, [s. l.], v. 53, p. 56-62, 2019. Disponível em: <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ifset.2017.08.005>

TAPPI, Silvia *et al.* Cold plasma treatment for fresh-cut melon stabilization. **Innovative Food Science & Emerging Technologies**, [s. l.], v. 33, p. 225-233, 2016a. Disponível em: <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ifset.2015.12.022>

TAPPI, Silvia *et al.* Cold plasma treatment for fresh-cut melon stabilization. **Innovative Food Science & Emerging Technologies**, [s. l.], v. 33, p. 225-233, 2016b. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/J.IFSET.2015.12.022>

TEIXEIRA, Gustavo Henrique de Almeida *et al.* Processamento mínimo de mamão “formosa”. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, [s. l.], v. 21, n. 1, p. 47-50, 2001. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/s0101-20612001000100011>

TORRES, MARIANA GRAÇA. CARACTERIZAÇÃO E ESTUDO DO COMPORTAMENTO TÉRMICO DO ÓLEO EXTRAÍDO DA SEMENTE DE MAMÃO FORMOSA (*Carica papaya* L .). **Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual Paulista, Instituto de Química**, [s. l.], 2010.

VEGA-GALVEZ, Antonio *et al.* Chemical and bioactive characterization of papaya (*Vasconcellea pubescens*) under different drying technologies: evaluation of antioxidant and antidiabetic potential. **Journal of Food Measurement and Characterization**, [s. l.], v. 13, p. 1-11, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s11694-019-00117-4>

VEGA-GÁLVEZ, Antonio *et al.* Antimicrobial properties of papaya (*Vasconcellea pubescens*) subjected to low-temperature vacuum dehydration. **Innovative Food Science & Emerging Technologies**, [s. l.], v. 67, p. 102563, 2021. Disponível em: <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ifset.2020.102563>

VIEIRA, Ana Carolina Flôr *et al.* Active coatings based on hydroxypropyl methylcellulose and silver nanoparticles to extend the papaya (*Carica papaya* L.) shelf life. **International Journal of Biological Macromolecules**, [s. l.], v. 164, p. 489-498, 2020. Disponível em: <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2020.07.130>

VUOLO, Milena Morandi; LIMA, Verena Silva; MARÓSTICA JUNIOR, Mário Roberto. Chapter 2 - Phenolic Compounds: Structure, Classification, and Antioxidant Power. *In*: CAMPOS, Maira Rubi Segura B T - Bioactive Compounds (org.). [S. l.]: Woodhead Publishing, 2019. p. 33-50. Disponível em: <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/B978-0-12-814774-0.00002-5>

WAGHMARE, Roji. Cold plasma technology for fruit based beverages: A review. **Trends in Food Science & Technology**, [s. l.], v. 114, p. 60-69, 2021a. Disponível em: <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.05.018>

WAGHMARE, Roji. Cold plasma technology for fruit based beverages: A review. **Trends in Food Science & Technology**, [s. l.], v. 114, p. 60-69, 2021b. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/J.TIFS.2021.05.018>

WANG, Jiayi; WU, Zhaoxia. Combined use of ultrasound-assisted washing with in-package atmospheric cold plasma processing as a novel non-thermal hurdle technology for ready-to-eat blueberry disinfection. **Ultrasonics Sonochemistry**, [s. l.], v. 84, p. 105960, 2022. Disponível em: <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2022.105960>

WEE, May Sui Mei *et al.* Correlation of instrumental texture properties from textural profile analysis (TPA) with eating behaviours and macronutrient composition for a wide range of solid foods. **Food Funct.**, [s. l.], v. 9, n. 10, p. 5301-5312, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1039/C8FO00791H>

WON, Mee Yeon; LEE, Seung Jo; MIN, Sea C. Mandarin preservation by microwave-powered cold plasma treatment. **Innovative Food Science & Emerging Technologies**, [s. l.], v. 39, p. 25-32, 2017. Disponível em: <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ifset.2016.10.021>

XIANG, Qisen *et al.* Effects of dielectric barrier discharge plasma on the inactivation of *Zygosaccharomyces rouxii* and quality of apple juice. **Food Chemistry**, [s. l.], v. 254, p. 201-207, 2018a. Disponível em: <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.02.008>

XIANG, Qisen *et al.* Effects of dielectric barrier discharge plasma on the inactivation of *Zygosaccharomyces rouxii* and quality of apple juice. **Food Chemistry**, [s. l.], v. 254, n. 136, p. 201-207, 2018b. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.02.008>

XU, Yingyin *et al.* Effect of plasma activated water on the postharvest quality of button mushrooms, *Agaricus bisporus*. **Food Chemistry**, [s. l.], v. 197, p. 436-444, 2016. Disponível em: <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.10.144>

XUE, Zhaohui *et al.* Effects of nonthermal preservation technologies on antioxidant activity of fruits and vegetables: A review. **Food science and technology international = Ciencia y tecnologia de los alimentos internacional**, United States, v. 22, n. 5, p. 440-458, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1177/1082013215606835>

YANTY, Noorzianna Abdul Manaf *et al.* Physico-chemical characteristics of papaya (*Carica papaya* L.) seed oil of the Hong Kong/Sekaki variety. **Journal of oleo science**, Japan, v. 63, n. 9, p. 885-892, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.5650/jos.ess13221>

YI, Feng *et al.* Physiological and quality changes in fresh-cut mango fruit as influenced by cold plasma. **Postharvest Biology and Technology**, [s. l.], v. 194, p. 112105, 2022. Disponível em: <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2022.112105>

YINXIN, Liu *et al.* Effect of cold atmospheric plasma on the gray mold rot of postharvest mulberry fruit. **Food Control**, [s. l.], v. 137, p. 108906, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/J.FOODCONT.2022.108906>

ZHANG, Yingtong *et al.* Effects of in-package atmospheric cold plasma treatment on the qualitative, metabolic and microbial stability of fresh-cut pears. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, [s. l.], v. 101, n. 11, p. 4473-4480, 2021. Disponível em: <https://doi.org/https://doi.org/10.1002/jsfa.11085>

ZHOU, Dandan *et al.* Influence of cold plasma on quality attributes and aroma compounds in fresh-cut cantaloupe during low temperature storage. **LWT**, [s. l.], v. 154, p. 112893, 2022a. Disponível em: <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.112893>

ZHOU, Dandan *et al.* Influence of cold plasma on quality attributes and aroma compounds in fresh-cut cantaloupe during low temperature storage. **Lwt**, [s. l.], v. 154, p. 112893, 2022b. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.112893>

ZHOU, Junhui; WANG, Guoming; LIU, Zhongchi. Efficient genome editing of wild strawberry genes, vector development and validation. **Plant biotechnology journal**, [s. l.], v. 16, n. 11, p. 1868-1877, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/pbi.12922>

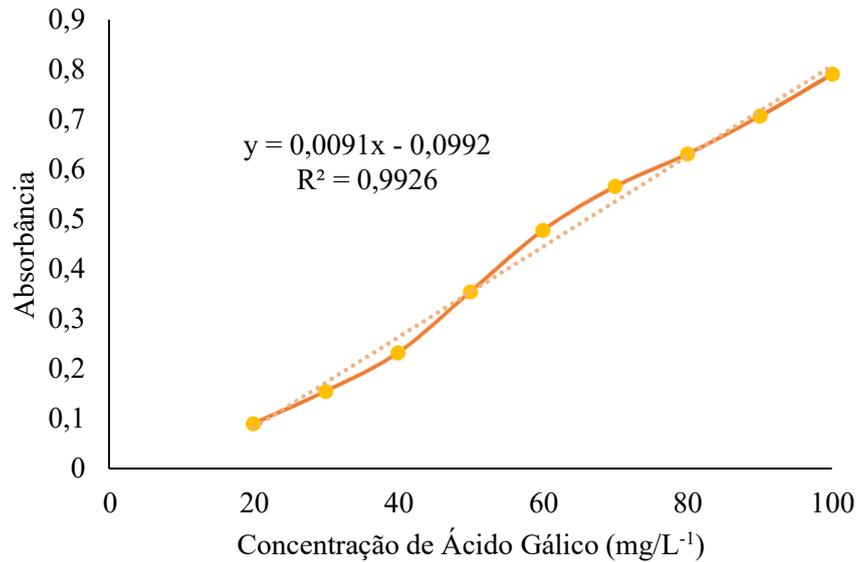
ZHOU, Yuan *et al.* Fruit sugar and organic acid were significantly related to fruit Mg of six citrus cultivars. **Food chemistry**, England, v. 259, p. 278-285, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.03.102>

ZIUZINA, Dana *et al.* Cold plasma inactivation of internalised bacteria and biofilms for *Salmonella enterica* serovar Typhimurium, *Listeria monocytogenes* and *Escherichia coli*. **International journal of food microbiology**, Netherlands, v. 210, p. 53-61, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2015.05.019>

ZUNJAR, V; MAMMEN, D; TRIVEDI, B M. Antioxidant activities and phenolics profiling of different parts of *Carica papaya* by LCMS-MS. **Natural product research**, England, v. 29, n. 22, p. 2097-2099, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/14786419.2014.986658>

APÊNDICE A – CURVA ANALÍTICA DE ÁCIDO GÁLICO

Figura A – Curva analítica de ácido gálico utilizada na determinação do conteúdo de compostos fenólicos totais dos mamões fatiados.



APÊNDICE B - CURVA ANALÍTICA DE TROLOX

Figura B – Curva analítica de Trolox utilizada na determinação da capacidade antioxidante, dos mamões fatiados, por meio do ensaio de DPPH e ABTS.

