

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE ALIMENTOS
CURSO DE ENGENHARIA DE ALIMENTOS

GIOVANA STANGHERLIN

**APLICAÇÃO DE RADIAÇÃO UV EM BANANA MINIMAMENTE
PROCESSADA**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

CAMPO MOURÃO

2018



TERMO DE APROVAÇÃO

GIOVANA STANGHERLIN

APLICAÇÃO DE RADIAÇÃO UV EM BANANA MINIMAMENTE PROCESSADA

Trabalho de conclusão de curso apresentado no dia 22 de novembro de 2018 como requisito para obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Alimentos da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Campo Mourão. A candidata foi arguida pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

Prof. Dr. Fábio Henrique Polisel Scopel

Profª Drª Marcia Regina Ferreira Geraldo Perdoncini

Prof. Dr. Bogdan Demczuk Junior.

“A Folha de Aprovação assinada encontra-se na Coordenação do Curso.”

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer à universidade por me auxiliar na formação como ser humano e profissional, pela sua infraestrutura, ensino e corpo docente. Aos professores não apenas pelo conhecimento, mas também pelo exemplo no processo de formação profissional. Além de toda a qualidade desempenhada durante as aulas, agradeço também pela paciência e pelo apoio em momentos de dúvidas e dificuldades.

Agradeço aos professores Bogdan Demczuk, Marcia Perdoncini e Evandro Bona pelo enriquecimento do trabalho e pelas sugestões. Meu agradecimento especial ao Prof. Dr. Fábio Henrique Poliseli Scopel, por ser um profissional que se esforça em tornar a aprendizagem teórica em realidade no mercado de trabalho, algo que motiva muito o aluno de engenharia. Também agradeço por sua orientação, pelas sugestões e pela disposição em ajudar no enriquecimento deste trabalho.

Meu profundo agradecimento aos meus pais, Julio e Ana Stangherlin, pelo incentivo e apoio em todos os momentos, em especial ao meu pai por estar sempre presente, me motivando, ouvindo minhas queixas e fortalecendo minhas bases.

A TODOS os amigos que passaram pela mesma jornada sempre trazendo conforto nas horas complicadas, pelas risadas e histórias boas que construímos. Em especial a sempre amiga/irmã Ana Paula, que desde o começo estava lá, e ao Felipe Rocha, pela parceria de todas as horas.

Por fim, às técnicas de laboratório pelas orientações e disposição, e para a Mariana Braga por ter disponibilizado grande parte de seu tempo para dar suporte nas análises, contribuindo com dicas e dando sugestões, sem eles não seria possível esta etapa chegar ao fim, então agradeço de coração.

Lista de Figuras

Figura 1 Fluxograma geral de processamento mínimo em frutas e hortaliças.	12
Figura 2 (1) hidroxilação de monofenóis a o-difenóis e (2) oxidação de o-difenóis a o-quinonas	14
Figura 3 Escala de Maturação de Von Loesecke.	18
Figura 4 Estágio de maturação 7.	18
Figura 5 Protótipo utilizado no tratamento UV	20
Figura 6 Visão interior do protótipo UV	20
Figura 7 Efeito dos Tratamentos na Cinética de Reação da PPO.	25
Figura 8 Efeitos dos Tratamentos na Cinética de Reação da POD.	26
Figura 9 Efeito dos Tratamentos na Concentração de Fenólicos Totais.	27

Lista de Tabelas

Tabela 1 Atividade POD e PPO em bananas submetidas aos tratamentos.....	24
Tabela 3 Médias \pm Desvio Padrão (log UFC/g) das Contagens de Microrganismos Mesófilos	29

Lista de Abreviaturas

AA	Ácido ascórbico
EAG	Equivalente de ácido gálico
MP	Minimamente processado
PAL	Fenilalanina amonioliase
POD	Peroxidase
PPO	Polifenol oxidase
UFC	Unidade formadora de colônias
UV	Luz ultravioleta
T ₁	Tratamento 1 - 265 nm por 10 minutos
T ₂	Tratamento 2 - 265 nm por 15 minutos
T ₃	Tratamento 3 - 280 nm por 10 minutos
T ₄	Tratamento 4 - 280 nm por 15 minutos
T _c	Tratamento Controle

Resumo

A banana é um dos frutos mais cultivados no mundo, alcançando uma produção anual de cerca de 144 milhões de toneladas. No Brasil, a fruta é a segunda mais colhida em volume. É um alimento versátil capaz de compor diversos subprodutos, além do seu consumo fresco. Possui alto valor nutricional, contendo compostos fenólicos, carboidratos, minerais, vitaminas e enzimas, dentre elas a peroxidase (POD) e a polifenoloxidase (PPO) que é responsável pelo escurecimento enzimático. Bananas minimamente processadas passam por tratamento ácido, com a finalidade de retardar a ação das enzimas que levam ao fenômeno de escurecimento, porém sua ação se limita à inibição enzimática, não sendo eficiente para a redução de microrganismos. Uma alternativa para o tratamento de bananas minimamente processadas consiste na aplicação de luz UV a fim de verificar a eficiência na redução da carga microbiana, reduzir ou eliminar a ação enzimática e preservar as qualidades sensoriais e nutricionais do fruto. O presente trabalho avaliou o efeito da luz UV para quantificar a variação de atividade enzimática da PPO e POD e o teor de compostos fenólicos totais em cinco tratamentos diferentes (T₁) realizado a 265 nm por 10 minutos; (T₂) realizado a 265 nm por 15 minutos; (T₃) realizado a 280 nm por 10 minutos; (T₄) realizado a 280 nm por 15 minutos e (T_c) tratamento convencional. A atividade das duas enzimas pós tratamento UV, aumentou de maneira significativa quando comparadas com a controle, bem como os teores de fenólicos totais, onde foi possível observar a influência do tempo de exposição nos teores obtidos. Para as análises microbiológicas os resultados não foram satisfatórios, não havendo diferença significativa entre os tratamentos em bananas minimamente processadas da variedade *Musa acuminata* (banana nanica) em comparação com o tratamento convencional – (T_c) e o controle.

Palavras-chave: U.V., Banana; Polifenoloxidase; Peroxidase; Microrganismos; Processos alternativos.

Abstract

The banana is one of the most cultivated in the world, reaching an annual production of about 144 million tons. In Brazil, the fruit is more harvested in volume. It is a versatile food capable of composing by-products in addition to its fresh consumption. It has high nutritional value, containing phenolic compounds, carbohydrates, minerals, vitamins and enzymes, among them the peroxidase (POD) and a polyphenoloxidase (PPO) that is responsible for the enzymatic darkening. Minimally processed bananas have an action to retard the action of the enzymes that lead to browning of the filament, and their action is limited to enzymatic inhibition, but not efficient for the reduction of microorganisms. An alternative for the processing of bananas is a UV analysis process to verify the efficiency of the microbial load, to improve or to eliminate an enzymatic and preservative action as sensorial and nutritional of the fruit. The present work evaluated the effect of UV light to quantify a variation of enzymatic activities of PPO and POD and the content of adverse events in the periods of five months (T1) at 265 nm for 10 minutes; (T2) performed at 265 nm for 15 minutes; (T3) performed at 280 nm for 10 minutes; (T4) performed at 280 nm for 15 minutes and (Tc). The activity of two enzymes after treatment UV, horizontally enhanced when compared with the control of fine effects of the effects of the effect of the effects of the effect of the effects of the effect of the effects of the text. The microbiological characteristics of the plant products were not satisfactory and did not make a significant difference between the treatments in minimally processed bananas of the variety *Musa acuminata* (banana nanica) in comparison to conventional treatment (Tc) and control.

Keywords: U.V., Banana; Polyphenoloxidase; Peroxidase; Microorganisms; Alternative processes.

Sumário

Resumo.....	7
Abstract.....	8
1. Introdução.....	10
2. Revisão Bibliográfica	12
2.1. <i>Processamento Mínimo</i>	12
2.2. <i>Compostos Fenólicos e Enzimas Polifenoloxidase, Peroxidase</i>	13
2.3. <i>Processamento Convencional e Processamento Alternativo</i>	14
3. Objetivos.....	17
3.1. <i>Objetivos Gerais</i>	17
3.2. <i>Objetivos Específicos</i>	17
4. Métodos e Procedimentos	18
4.1. <i>Preparo das Amostras</i>	18
4.2. <i>Tratamento das Amostras</i>	19
4.2.1. <i>Determinação da Atividade da Polifenoloxidase</i>	21
4.2.2. <i>Determinação da atividade da peroxidase</i>	21
4.2.3. <i>Determinação de Fenólicos Totais</i>	22
4.2.4. <i>Análise Microbiológica</i>	22
4.2.4.1. <i>Microrganismos Aeróbios Mesófilos</i>	22
4.2.4.2. <i>Bolores e Leveduras</i>	23
4.2.5. <i>Análises Estatísticas</i>	23
5. Resultados e Discussão	24
5.1. <i>Atividade das Enzimas Polifenoloxidase e Peroxidase</i>	24
5.2. <i>Teor de Fenólicos Totais</i>	27
5.3. <i>Análises Microbiológicas</i>	29
5.3.1. <i>Mesófilos</i>	29
5.3.2. <i>Bolores e Leveduras</i>	30
6. Conclusão.....	32
7. Referências Bibliográficas	33

1. Introdução

Nos últimos anos, a banana conquistou grande produção em todo mundo. Em 2017, a produção mundial da fruta ultrapassou 144 milhões de toneladas, representando 17,4% da produção de frutas. No mesmo ano a banana foi a segunda fruta mais colhida em volume produzido no Brasil, alcançando 6,8 milhões de toneladas colhidas, o que representou 16,7% do volume das frutas colhidas (ANDRADE, 2017).

Segundo a Embrapa (2012), grande parte da produção de banana é consumida *in natura*, mas podem ser encontrados produtos derivados como a banana desidratada, *catchup*, essências, *chips*, flocos, bananada, a fruta em calda, geleias, vinagre, farinha, suco, fruta cristalizada, vinho, licor, cerveja, entre outros. Anyasi *et al.*, (2013) ressaltam que produtos como iogurte, sorvete, barra de frutas, *muffins*, confeitos também podem ser produzidos a partir do fruto.

As bananas minimamente processadas passam pelo tratamento convencional para frutas, que consiste em imersão do alimento em uma solução 1% de ácido cítrico, a fim de inibir a ação das enzimas do escurecimento enzimático e agir como conservante. Este tratamento não produz efeito germicida, sendo necessária a utilização de produtos químicos que são aplicados no fruto com casca.

Como consequência da alta produção de alimentos no país, Goulart (2008) observou que o Brasil encontra-se entre os dez países com maior índice de desperdício. Cerca de 30 a 40% da produção de alimentos não é consumida ou reaproveitada. Dessa forma, se torna interessante do ponto de vista econômico desenvolver novas alternativas de processamento, que possam reduzir o desperdício, preservar a qualidade sensorial e garantir a segurança alimentar, trazendo valor agregado ao produto final.

Dentre essas tecnologias pode-se encontrar uma alternativa não térmica promissora para o tratamento de frutas minimamente processadas. A radiação de luz ultravioleta vem sendo amplamente testada para redução de carga microbiana em alimentos e também para redução de atividade enzimática em frutas e vegetais.

Segundo KOUTCHMA a absorção de luz UV (comprimento de onda para processamento de alimentos varia de 100 a 400 nm), é a transformação da energia dos fótons em outras formas de energia. A luz UV-C age sobre microrganismos no comprimento de onda de 200 a 310 nm danificando seus ácidos nucleicos que

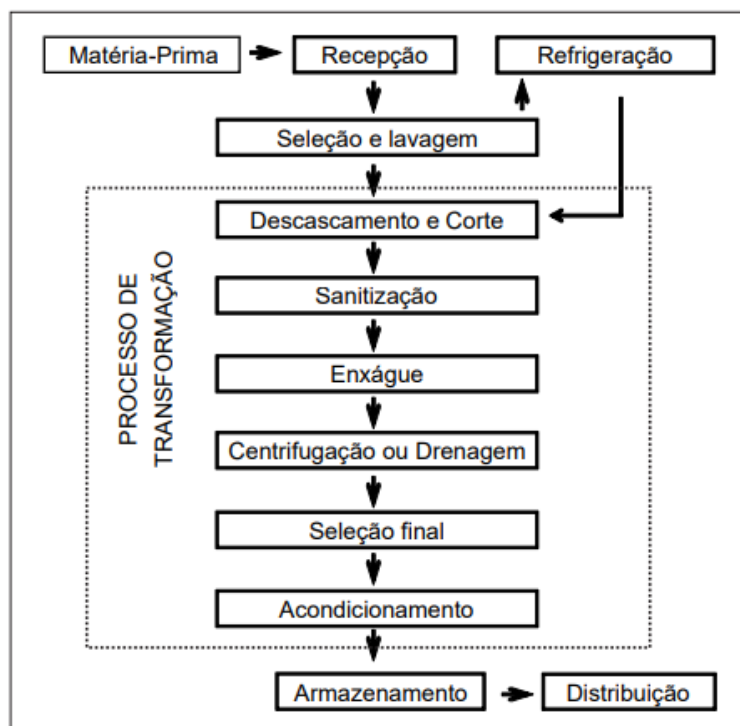
absorvem a luz UV. o mecanismo primário de inativação por UV é a criação de dímeros de pirimidina que impedem microrganismos de replicando, tornando-os inativos e incapazes de causar infecção. A lâmpada UV emitida a 253,7 nm é operando muito perto do comprimento de onda otimizado absorção máxima por ácidos nucleicos.

2. Revisão Bibliográfica

2.1. Processamento Mínimo

Alimentos minimamente processado (MP) passam por processos que alteram de forma mínima as características originais do produto fresco e possibilitam o consumo sem necessidade de pré-preparo. O processamento mínimo inclui operações como seleção da matéria-prima, recepção, lavagem, classificação, corte, sanitização, acondicionamento e refrigeração. A seguir está demonstrado na **figura (1)**

Figura 1 Fluxograma geral de processamento mínimo em frutas e hortaliças. Fonte: EMBRAPA, 2011.



Com o objetivo de melhorar a qualidade da fruta e estender a sua vida útil, diversos métodos de conservação vêm sendo utilizados. Dentre eles pode-se citar a utilização de atmosfera modificada, embalagens específicas, controle da temperatura durante o armazenamento e distribuição, controle de umidade, métodos de sanitização efetivos entre outros (EMBRAPA, 2007).

2.2. Compostos Fenólicos e Enzimas Polifenoloxidase, Peroxidase

Segundo Cano, (1997), a banana é uma importante fonte de energia, possui elevado teor de carboidratos e minerais como potássio, magnésio, fósforo, cálcio e vitaminas como a A, B₁, B₂, C. Também possui enzimas, dentre elas a PPO e POD (polifenoloxidase e a peroxidase), compostos fenólicos (EMBRAPA, 2007) e polifenóis.

Os compostos fenólicos são conhecidos por possuírem propriedades antioxidantes benéficas para a saúde (VIJAYAKUMAR *et al.*, 2008; BORGES *et al.*, 2014). Devido ao seu efeito antioxidante, os grupamentos fenólicos podem reduzir danos celulares através da capacidade de aceitar elétrons formando complexos estáveis, inibindo reações de oxidação em cadeia (MOURE *et al.*, 2001; SCARLBERT *et al.*, 2005).

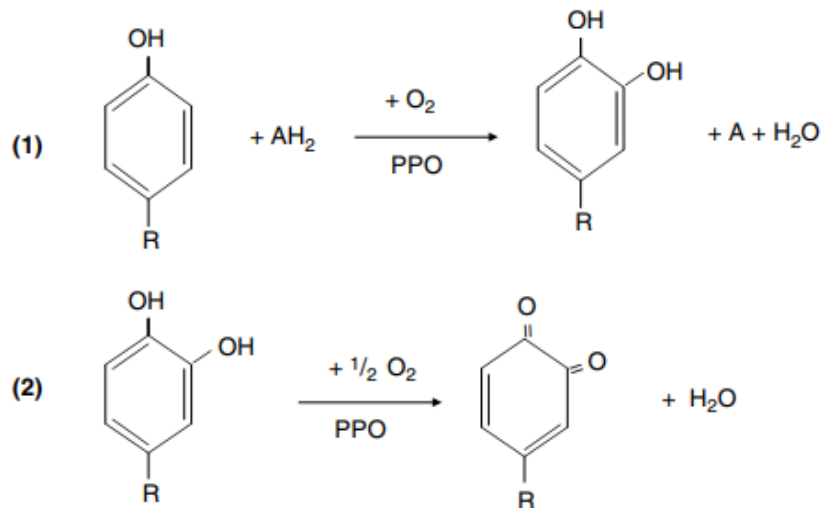
Segundo Lamikanra (2002), a concentração de compostos fenólicos, assim como a atividade de PPO tem influência no escurecimento enzimático. Durante os estágios de preparação, o alimento é submetido a operações de corte, causando o rompimento dos vacúolos celulares onde se encontram os compostos fenólicos, ocorrendo exposição desses compostos às enzimas PPO e POD.

A PPO é considerada uma enzima de defesa vegetal, visto que, quando a planta sofre danos a compartimentalização é perdida e a PPO que está dentro dos plastídeos reage com os substratos fenólicos do vacúolo, levando a formação das quinonas e de pigmentos escuros que podem variar entre marrom preto ou tons avermelhados. (KOSUGE, 1969). Também pode participar de reações oxidativas e de biodegradação, como mudança de cor, degradação da clorofila ou auxinas, oxidação de fenóis, oxidação do ácido indol acético, biossíntese de lignina, fatores associados com *flavour*, cor, textura e qualidade nutricional dos alimentos (VALDERRAMA *et al.*, 2001).

Por outro lado, a contribuição da POD para o escurecimento enzimático está relacionada à sua capacidade de aceitar uma ampla gama de doadores de hidrogênio, como os polifenóis (FORGET *et al.*, 1997) capazes de oxidar catequinas (Serrano; Bacelo, 1997). Existem dois possíveis mecanismos de reações de escurecimento catalisadas por POD. A geração de H₂O₂ durante a oxidação de alguns compostos fenólicos, enquanto o segundo envolve o uso de formas quinônicas como substrato por POD. Ambos os mecanismos indicam que a

presença da enzima PPO aumentaria as reações de escurecimento mediadas por POD (FORGET *et al*, 1997).

Figura 2 (1) hidroxilação de monofenóis a o-difenóis e (2) oxidação de o-difenóis a o-quinonas Fonte: Lamikanra, 2002.



O processo do escurecimento enzimático causa aparência indesejada em produtos minimamente processados, alteração do sabor e valor nutritivo com conseqüente perda de valor comercial. É um fator limitante na vida de prateleira de alimentos MP.

2.3. *Processamento Convencional e Processamento Alternativo*

Existem algumas técnicas que já são utilizadas no processamento visando prolongar a vida de prateleira de produtos vegetais. Por exemplo, durante o transporte e manuseio, as lesões mecânicas ocorridas e a produção de etileno natural do alimento podem estimular o metabolismo fenólico em tecido recém-cortado. O etileno liberado induz a atividade da enzima fenilalanina amonioliase (PAL), enzima chave para a biossíntese fenólica. Como consequência, a maior concentração de compostos fenólicos pode ser usada pela PPO, levando ao escurecimento (LAMIKANRA, 2002). No caso do processamento da banana, uma possibilidade para retardar o amadurecimento é por meio da utilização do ácido giberélico que age sobre as clorofilases inibindo a produção do etileno (MODESTO *et al.*, 2006).

Outro problema que afeta a vida de prateleira de produtos minimamente processados é o estresse oxidativo. A formação de radicais livres ocorre pela ação de enzimas, durante as trocas de elétrons no processo de metabolismo celular e por fatores externos. Esse estresse oxidativo pode ser aumentado devido ao desequilíbrio de concentrações entre moléculas oxidantes e antioxidantes (BIANCHI; ANTUNES, 1999; TAVARES, 2000; BARREIROS *et al.*, 2006).

Uma forma de controle consiste em retirada de CO₂ ou aplicação de antioxidantes, além de técnicas para interferir na propagação do estresse por meio de síntese de compostos fenólicos, eliminando o escurecimento (EMBRAPA, 2007). Um antioxidante amplamente utilizado em superfícies cortadas de frutas minimamente processadas é o ácido ascórbico a fim de prevenir o escurecimento enzimático superficial. Atuando tanto como acidulante quanto como agente redutor, o ácido ascórbico pode reduzir quinonas de volta a compostos fenólicos.

Visando encontrar alternativas para o processamento de alimentos, tecnologias não térmicas, tal como a ultravioleta (UV), vêm sendo empregadas em diferentes matrizes alimentares com efeitos importantes na redução da carga microbiana (Manzocco *et al.*, 2009).

O efeito germicida é alcançado no intervalo de comprimento de onda de 200 a 280 nm, denominada luz UV-C. As moléculas de uma matriz alimentar podem absorver energia do tratamento UV na forma de *fóton* e sofrer alterações resultantes de reações fotoquímicas devido ao comprimento de onda utilizado. Essas reações fotoquímicas podem fornecer energia para quebrar ou formar novas ligações podendo existir diferentes comportamentos ao tratamento dependendo da estrutura molecular irradiada (KOUTCHMA, 2009).

A foto-oxidação causada pela exposição à luz ultravioleta pode modificar a estrutura de enzimas por absorção de radiação ou oxidação por oxigênio singlete gerado pela transferência de energia, resultando em uma perda funcional na atividade enzimática (Davies; Truscott, 2001).

A utilização da luz UV-C aparece como uma tecnologia promissora, demonstrando ser eficiente também na diminuição da atividade enzimática responsável pelo escurecimento. Manzocco *et al.*, (2009), sugerem que o tratamento com luz UV-C pode ser uma forma alternativa de branqueamento para frutas frescas que não podem ser submetidas a tratamento térmico convencional, sendo um

tratamento econômico e de tempo reduzido. Além dos efeitos sobre os microrganismos e enzimas, Pinto *et al.*, (2016), detectaram síntese de compostos fenólicos em uvas tratadas pela luz UV-C, o que é do ponto de vista nutricional interessante, já que estão associados com a atividade antioxidante no organismo.

Tendo em vista as diversas aplicações industriais em que a banana pode ser utilizada, estudos com tecnologias alternativas aplicadas em frutos demonstraram resultados positivos na conservação e processamento desses produtos. Manzocco *et al.* (2009), relataram que o uso da luz ultravioleta apresentou vantagens tal como a viabilidade econômica, a preservação das propriedades sensoriais e nutricionais, e manutenção da segurança microbiológica necessária para consumo.

3. Objetivos

3.1. Objetivos Gerais

- Verificar o efeito da luz UV sobre enzimas e microrganismos em bananas minimamente processada.

3.2. Objetivos Específicos

- Avaliar o comportamento das enzimas POD e PPO após a exposição à luz UV;
- Avaliar a concentração de Fenólicos Totais pós-tratamento;
- Avaliar o potencial germicida de radiação UV-C emitida por lâmpadas de LED.

4. Métodos e Procedimentos

4.1. Preparo das Amostras

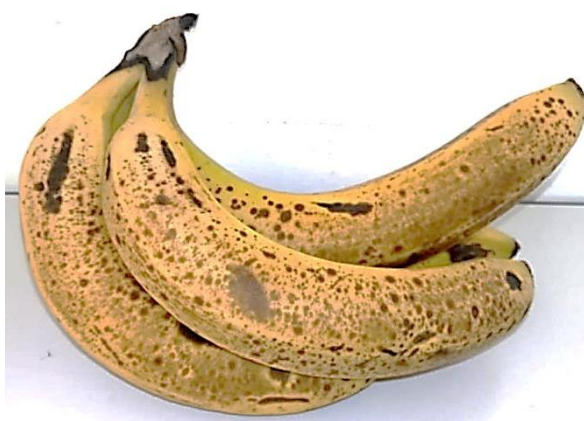
Os frutos pertencentes à variedade *Musa acuminata* (banana nanica) foram adquiridos no comércio local de Campo Mourão – PR. Para determinar o estágio de maturação, foi utilizada a escala de Von Loesecke (PBMH & PIF, 2006) na (Figura 3), composta de sete estádios baseados na cor da casca.

Figura 3 Escala de Maturação de Von Loesecke. Fonte: Normas de Classificação de Banana. 2006.



Os frutos que apresentaram o estágio 7 por meio da análise visual conforme **Figura 4**, foram selecionados. Para o preparo das amostras, a banana foi descascada e fatiada manualmente, com auxílio de uma faca não esterilizada, (para simular a condição normal de processamento) em rodelas de espessura média de 0,5 cm e em seguida foram realizadas as análises.

Figura 4 Estágio de maturação 7.



4.2. *Tratamento das Amostras*

As amostras foram tratadas com luz UV por meio de um protótipo desenvolvido em parceria com o curso de Engenharia Eletrônica, composto de duas lâmpadas UV de 265 nm e 280 nm, ambas de 200 mW, localizados na parte superior e laterais, tendo no centro a localização da amostra conforme **Figura 5** e **Figura 6**.

De acordo com os dados de irradiância obtidos de um fotoradiômetro da Universidade Estadual de Maringá (UEM), determinou-se que para a potência especificada dos LEDs utilizados, a irradiância obtida foi de $1,1 \mu\text{W}/\text{cm}^2$ para uma distância de 8,5 cm da fonte luminosa. A irradiância depende da potência da lâmpada e varia conforme a distância do ponto de emissão e o objeto irradiado.

As amostras foram expostas a luz UV, combinando quatro tratamentos para determinar a condição ótima de tratamento:

- Tratamento 1 - (T_1) realizado a 265 nm por 10 minutos;
- Tratamento 2 - (T_2) realizado a 265 nm por 15 minutos;
- Tratamento 3 - (T_3) realizado a 280 nm por 10 minutos;
- Tratamento 4 - (T_4) realizado a 280 nm por 15 minutos;

Figura 5 Protótipo utilizado no tratamento UV



Figura 6 Visão interior do protótipo UV



Para o tratamento convencional (T_c), foi utilizada a metodologia proposta por Souza e Leão (2012). A amostra foi imersa em solução de ácido ascórbico 1%. Após um período de 10 minutos, o excesso de líquido foi drenado em peneiras e logo após foram realizadas as análises.

Foi utilizada uma amostra sem tratamento como controle para comparações.

4.2.1. Determinação da Atividade da Polifenoloxidase

A atividade da PPO foi determinada conforme metodologia proposta por Simões (2004) com algumas modificações. Para o preparo do extrato, logo após os tratamentos, 1 g de banana foi homogeneizada em 6 mL de tampão fosfato 0,2 M pH 6,0 em seguida, a mistura foi filtrada e os extratos foram mantidos a temperatura de 4 °C. Em outro frasco foram adicionados 1,5 mL de catecol 0,2 M em 1,3 mL de tampão fosfato 0,2 M pH 6.0 permanecendo a 30 °C em banho por 5 minutos. A essa mistura, foram adicionados 30 µL do extrato enzimático e as leituras foram realizadas em espectrofotômetro Ultravioleta Visível UV-Vis (Thermo Scientific Genesis 30) no comprimento de onda de 425 nm de 30 em 30 segundos durante 5 minutos. Para a leitura um branco foi preparado com o extrato fervido por 10 minutos e os resultados foram expressos em atividade enzimática (%) conforme demonstrado na **equação (1)**.

$$\text{Atividade enzimática (\%)} = \left(\frac{Abs_t}{Abs_0} \right) \cdot 100 \quad (1)$$

Onde:

Abs_t é a absorvância da amostra após tratamentos UV num determinado tempo (t), e

Abs_0 é a absorvância da amostra controle no tempo inicial (t_0).

4.2.2. Determinação da atividade da peroxidase

O extrato enzimático de POD foi obtido assim como descrito por Simões (2004) e a atividade da enzima POD foi determinada de acordo com a metodologia proposta por Silva (1981). Foram adicionados 1 mL de tampão fosfato de potássio 0,2 M e pH 6,0 e 10 µL de extrato enzimático. A solução foi incubada em banho a 25 °C, ao abrigo da luz, até que atingir o equilíbrio da temperatura. Em seguida,

foram adicionados 100 µL de guaiacol a 0,5% e 100 µL de peróxido de hidrogênio 0,08 %. As leituras foram realizadas em espectrofotômetro Ultravioleta Visível UV-Vis (Thermo Scientific Genesis 30) no comprimento de onda de 470 nm a cada 30 segundos, durante 5 minutos. Os resultados foram expressos em atividade enzimática (%) conforme demonstrado na **equação (2)**.

$$\text{Atividade enzimática (\%)} = \left(\frac{Abs_t}{Abs_0} \right) \cdot 100 \quad (2)$$

Onde:

Abs_t é a absorbância da amostra pós tratamentos UV num determinado tempo (t), e Abs_0 é a absorbância da amostra controle no tempo inicial (t_0).

4.2.3. Determinação de Fenólicos Totais

Primeiramente, foi obtida uma curva de calibração em espectrofotômetro Ultravioleta Visível UV-Vis (Thermo Scientific Genesis 30), utilizando ácido gálico como padrão nas concentrações variando de 0,01 a 0,09 mg mL⁻¹.

O extrato metanólico foi obtido de acordo com Bloor (2001) com algumas modificações. 1 g de banana foi pesada e em seguida homogeneizada em 20 mL de metanol 80:20 v/v, deixando a mistura em repouso por 16 horas. Decorrido o período, o extrato foi filtrado e o solvente evaporado e após a secagem, homogenizado em 5 mL de metanol 80:20 v/v.

O teor total de fenólicos foi determinado pela metodologia de Singleton *et al.* (1999). A quantidade de 0,5 mL de extrato metanólico foram adicionadas a 0,5 mL de reagente de Folin-Ciocalteu (20% v/v), e adição de 0,5 mL de solução aquosa de carbonato de sódio (7,5%, p / v). A mistura foi homogeneizada e deixou-se ao abrigo da luz durante 30 minutos. A absorbância foi lida a 760 nm em espectrofotômetro Ultravioleta Visível UV-Vis (Thermo Scientific Genesis 30). Os resultados foram expressos em mg equivalente de ácido gálico/100 mg de amostra (mg EAG/100 g).

4.2.4. Análise Microbiológica

4.2.4.1. Microrganismos Aeróbios Mesófilos

As análises foram realizadas segundo Downes, (2001). Vinte e cinco gramas de amostra (tratamentos UV, controle e T_c) foram adicionadas em 225 mL de água peptonada tamponada 0,1% e homogeneizadas logo após os tratamentos. Em seguida foram realizadas diluições seriadas. 1 mL da solução diluída foi semeada em uma placa de Petri PCA, e realizada a homogeneização. As placas foram incubadas a 35 ± 1 °C por 48 ± 2 horas. Para placas contendo entre 25 a 250 colônias foi realizada a contagem. Os resultados foram expressos em unidades formadoras de colônias por grama do alimento (log UFC g⁻¹).

4.2.4.2. *Bolores e Leveduras*

Vinte e cinco gramas de amostra (tratamentos UV, controle e T_c) foram adicionadas em 225 mL de água peptonada tamponada 0,1% e homogeneizadas logo após os tratamentos. Em seguida foram realizadas diluições seriadas. Um volume de 0,1 mL da solução diluída foi semeado em placa de Petri ágar BDA acidificada com ácido tartárico e incubado a 25 ± 2 °C por 72 ± 3 horas. As placas que apresentaram entre 25 a 250 colônias foram contadas. Os resultados foram expressos em unidades formadoras de colônias por grama do alimento (logUFC.g⁻¹).

4.2.5. Análises Estatísticas

O delineamento experimental foi realizado em duplicata. Os resultados foram submetidas à análise ANOVA e foi aplicado o teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade, para detecção de diferenças de médias entre tratamentos. As análises estatísticas foram realizadas com o auxílio do programa Statistica.

5. Resultados e Discussão

5.1. Atividade das Enzimas Polifenoloxidase e Peroxidase

Os resultados da atividade de PPO e POD obtidas apresentam-se na **Tabela (1)**. Foram analisados os cinco tratamentos: T₁, T₂, T₃, T₄, T_c e comparados com o controle.

Tabela 1 Atividade POD e PPO em bananas submetidas aos tratamentos.

Tratamento	Atividade de PPO (%)	Atividade de POD (%)
Controle	262,8 ± 36,74 ^a	317,2 ± 116,44 ^a
T ₁	701,4 ± 103,70 ^c	2279,6 ± 628,40 ^c
T ₂	526,6 ± 148,46 ^{ac}	605,9 ± 165,14 ^a
T ₃	578,1 ± 168,22 ^{ac}	1331,6 ± 378,99 ^b
T ₄	487,8 ± 229,66 ^b	1200,5 ± 174,87 ^b
T _c	465,6 ± 111,55 ^b	303,9 ± 139,52 ^a

*Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey (p<0,05).

(T₁) realizado a 265 nm por 10 minutos; (T₂) realizado a 265 nm por 15 minutos; (T₃) realizado a 280 nm por 10 minutos; (T₄) realizado a 280 nm por 15 minutos; (T_c) tratamento controle; (PPO) Polifenoloxidase; (POD) peroxidase.

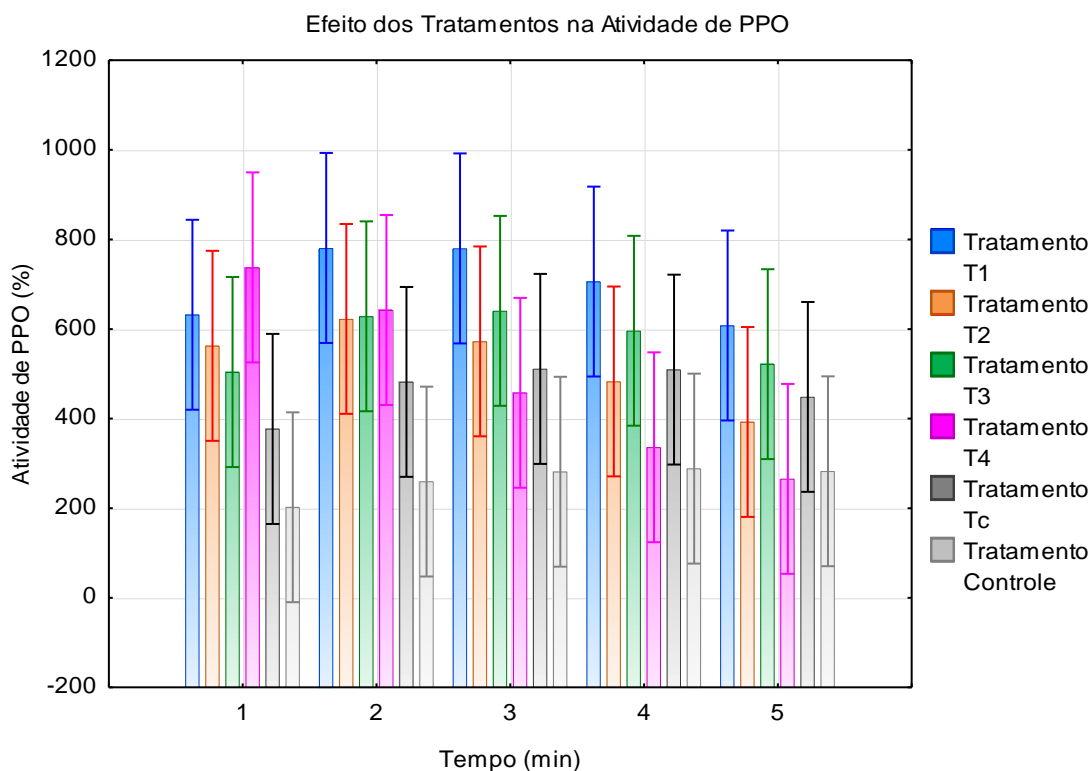
Em todos os tratamentos verificou-se um aumento significativo na atividade de PPO (**Tabela 1**). Porém, a atividade de PPO para o T₁ apresentou maior diferença entre os demais tratamentos que se manteve em uma faixa de atividade em comparação com a amostra controle. Os tratamentos T₃ e T₄, ambos realizados em 280 nm e T₁ e T₂, ambos realizados a 265 nm, obtiveram diferença significativa nas respostas quanto ao tempo de exposição. Deste modo, o fator tempo demonstrou ser interferente na redução da atividade entre os tratamentos.

Para a enzima POD no comprimento de onda de 265 nm, o tempo de exposição interferiu na atividade causando uma redução significativa, porém o mesmo não foi observado para os tratamentos a 280 nm. Apenas o T_c e T₂ não apresentaram diferenças significativas quando comparados com a amostra controle. Nas duas enzimas analisadas, o tratamento com maior atividade foi o T₁.

A irradiância interferiu no comportamento da atividade enzimática. Tratamentos leves de baixa intensidade podem promover modificações na

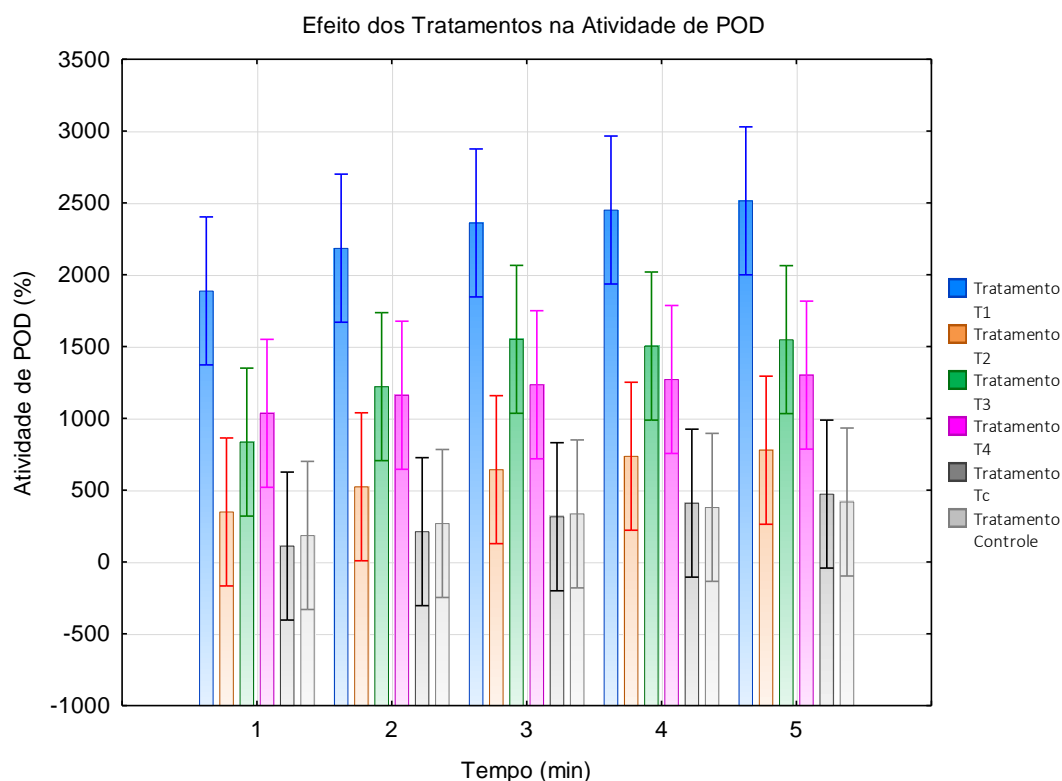
configuração do sítio ativo da enzima sem comprometer a sua funcionalidade, levando a um aumento da atividade. Por outro lado, Manzocco *et al.*, 2009, observaram que maiores irradiâncias demonstraram uma tendência de redução de atividade enzimática em tratamentos de maior intensidade.

Figura 7 Efeito dos Tratamentos na Cinética de Reação da PPO. Barras verticais denotam intervalo de confiança de 0,95



Na **Figura 7**, observa-se o efeito dos tratamentos ao longo do tempo de análise. Para a amostra controle para o tratamento convencional, houve um pequeno aumento da atividade de PPO ao longo do tempo, porém sem diferenças significativas. Todos os tratamentos com luz UV obtiveram no início das leituras um aumento na atividade, seguidos de uma queda, ainda assim, nenhum tratamento UV reduziu a atividade enzimática abaixo da amostra controle, demonstrando uma tendência de se tornar menor com o passar do tempo.

Figura 8 Efeitos dos Tratamentos na Cinética de Reação da POD. Barras verticais denotam intervalo de confiança de 0,95



No caso do efeito dos tratamentos ao longo do tempo de análise para a enzima POD (**Figura 8**), observou-se que a amostra controle e o T_c mantiveram o mesmo comportamento de aumento não significativo observado para a enzima PPO. Porém, quando observado o efeito dos tratamentos UV, em todos os casos houve ao longo dos cinco minutos analisados, aumento na atividade enzimática. Neves, *et al.*, (2012) utilizaram baixas doses de UV e verificaram que a exposição ao ultravioleta não foi capaz de inativar a POD.

Um estudo com morangos tratados com luz UV obteve maiores atividades de GSH-POD em relação ao controle e a atividade de AsA-POD e G-POD UV-C aumentou inicialmente e diminuiu durante o armazenamento, demonstrando um comportamento semelhante com o resultado obtido com as bananas (ERKAN *et al*, 2008).

Segundo Souza (2014), o tratamento UV em diferentes doses reduziu a atividade das enzimas POD e PPO em mangas minimamente processadas quando comparadas com a amostra controle. Manzocco *et al* (2009), obtiveram redução na atividade enzimática em fatias de maçã pela exposição à luz UV em diferentes

intensidades. Em ambos os estudos, quanto maior a intensidade e tempo de exposição, maiores foram as reduções na atividade enzimática apresentadas.

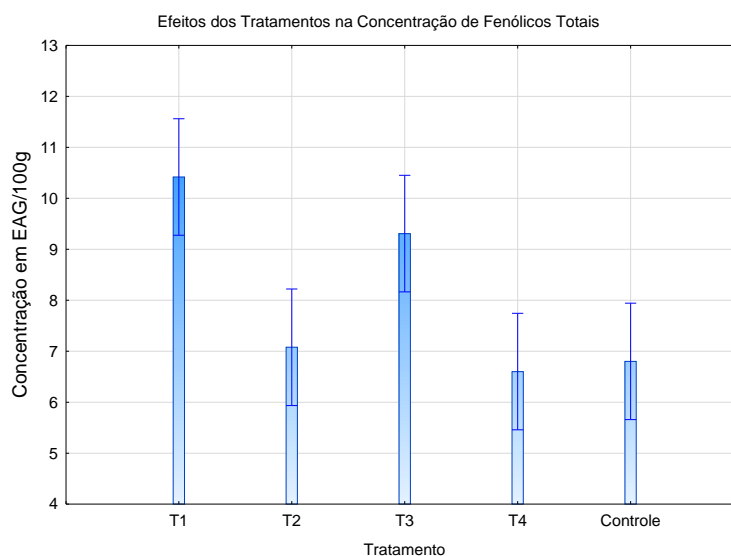
Estes resultados demonstram que fatores como maior intensidade do tratamento, tempo de exposição e radiância utilizados, resultam em maiores respostas na redução de atividade enzimática.

5.2. Teor de Fenólicos Totais

Para a quantificação de compostos fenólicos foram realizados quatro tratamentos: T₁, T₂, T₃ e T₄, e comparados com o controle. Não foi possível comparar a quantidade de fenólicos totais para o T_c, utilizado como um tratamento antioxidante, devido à interferência do ácido ascórbico na análise, que não apresentou leitura no espectrofotômetro.

Na **Figura 9** observa-se que o fator interferente no teor de fenólicos totais foi o tempo de exposição. A exposição da amostra aos LEDs nos tratamentos T₁ e T₂, (comprimento de onda 265 nm) e para os tratamentos T₃ e T₄, (comprimento de onda 280 nm), apresentaram diferenças significativas dentro do mesmo comprimento de onda. Os tratamentos T₁ e T₃ apresentaram maiores teores de fenólicos totais seguido do T₂, a amostra controle e o T₄ (p<0,05). Porém o T₄ não apresentou diferença significativa quando comparado com o controle.

Figura 9 Efeito dos Tratamentos na Concentração de Fenólicos Totais. Barras verticais denotam intervalo de confiança de 0,95



Um estudo realizado por Erkan *et al.*, (2008) demonstrou que morangos irradiados com luz UV-C apresentaram maiores teores de compostos fenólicos quando comparados com o controle logo após a exposição, havendo aumento da concentração ao longo dos dias.

No estudo de Souza (2014) o tratamento com lâmpadas UV em mangas também apresentaram aumento no teor de fenólicos totais, apresentando aumento linear entre intensidade do tratamento vs concentração. Os autores justificaram esta relação pelo mecanismo de defesa das plantas em resposta a exposição ao tratamento com luz UV produzindo aumento na concentração de compostos fenólicos.

Outro fator que influencia no nesse aumento é a maior atividade da enzima fenilalanina amonioliase (PAL) pós a exposição. Acredita-se que esta enzima seja responsável pela síntese de compostos fenólicos nos tecidos das plantas (LAMIKANRA, 2002).

Segundo Pereira, (2012) o teor de fenólicos totais encontrados para banana nanica é de 19,9 mg EAG/100g. Em seu trabalho, Patthamakanokporn *et al.*, (2008) a composição de fenólicos totais em Banana Nam-wa foi de $14,7 \pm 0.5$ mg EAG/ 100 g. Entretanto, Sulaiman *et al.*, (2011), utilizaram metanol à 70% para extração de fenólicos totais obtendo para a variedade *Musa acuminata* uma composição de 14.9 ± 1.5 mg EAG/ 100 g. Também observaram o conteúdo fenólico total de oito cultivares de banana na Malásia, que variou de 0,09 mg EAG/ 100 g na polpa a 20,47 mg EAG/ 100 g na casca.

Hernández *et al.*, (2010) obtiveram redução de polifenóis durante o armazenamento de melancias tratadas com UV, porém os efeitos do UV-C no conteúdo de fenólicos ainda não foram completamente compreendidos, se fazendo necessário mais estudos na área.

Também devem ser considerados outros fatores que podem levar a variação na composição alimentar, como o uso de matrizes oriundas de fontes distintas, o que causa influência de alguns fatores. Segundo Lamikanra (2002), o genoma, fatores climáticos como temperatura e incidência solar, e as praticas de manejo durante o cultivo influenciam diretamente na qualidade e quantidade de compostos presentes nos alimentos.

5.3. Análises Microbiológicas

5.3.1. Mesófilos

Inicialmente foram realizados testes com os tratamentos T₁, T₂, T₃ e T₄ para avaliar qual deles forneceria os melhores resultados, selecionando dois deles para fins comparativos. Porém nenhum tratamento do protótipo UV apresentou resultados relevantes, sendo apresentados na **tabela (3)** a seguir:

Tabela 2 Médias \pm Desvio Padrão (log UFC/g) das Contagens de Microrganismos Mesófilos

Tratamento	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T _c	Controle
Log UFC g ⁻¹	3,55 \pm 0,07 ^a	3,25 \pm 0,35 ^a	3,62 \pm 0,17 ^a	3,30 \pm 0,42 ^a	3,15 \pm 0,21 ^a	3,55 \pm 0,07 ^a

*Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey (p<0,05).

Bactérias mesófilas geralmente variam de 3 a 9 Log UFC g⁻¹ em vegetais intactos e de 3 a 6 log UFC g⁻¹ para vegetais minimamente processados (ZAGORY, 1999). Nesse estudo, observou-se que todas as amostras de banana minimamente processadas, ficaram abaixo de 4 log UFC g⁻¹. Verificou-se que não houve diferença significativa na contagem de mesófilos nos tratamentos UV-C testados e na amostra controle conforme demonstrado na **Tabela (3)**.

Segundo Abadias *et al.*, (2008) o tratamento ácido pode contribuir para a inibição do crescimento de microrganismos, o que pode explicar a menor contagem para o tratamento convencional do presente estudo. Em seu estudo, relataram uma contagem de mesófilos para fruta fresca em torno de 3,8 log UFC g⁻¹. Para fruta minimamente cortada foi <10⁵ UFC g⁻¹ em 90,4% das amostras, valores próximos ao encontrado no estudo com bananas minimamente processada.

Hernández *et al.*, (2010) relataram redução de contagem de mesófilos, psicrotrofos e enterobactérias em cubos de melancia, pela radiação de lâmpadas U.V. Beltran; Canovas, (2006) estudaram a inativação de *S. cerevisiae*, *E. coli* e *L. innocua* por luz UV em suco de maçã. Os autores encontraram redução na contagem para todos os microrganismos após 30 minutos de tratamento. Em seu estudo, Souza (2014) observou que o tratamento com luz UV em mangas reduziu a carga de bactérias aeróbias mesófilas, tendo maior efeito na aplicação de doses mais elevadas.

Segundo Koutchma (2009) a emissão de UV de um LED a uma distância curta não é uniforme na superfície da amostra, o que leva a dificuldades para a determinação da dose de UV. Ainda, fatores como corrente e tensão aplicadas, parâmetros operacionais e manutenção da temperatura durante a operação, podem afetar o poder radiante dos LEDs UV. Além disso, embora que geralmente os LEDs UV sejam colocados perto da amostra para exposição, a taxa de fluência ainda é muito menor que a das lâmpadas UV devido à baixa potência de saída dos LEDs UV, o que poderia ser um fator importante para explicar os resultados obtidos.

Visto que não foi obtida uma resposta significativa nos tratamentos, se considerou desnecessário realizar contagem microbiológica para coliformes a 45 °C e *Salmonella* (previstos na legislação segundo a resolução RDC nº 12, de 02 de janeiro de 2001, item C) para fins comparativos.

Os dados encontrados na literatura diferem dos encontrados neste trabalho, provavelmente pela diferença de tempo de exposição, irradiância e potência de lâmpadas e LEDs. Nos estudos publicados em relação aos efeitos da luz UV emitida por LEDs sobre microrganismos são inconsistentes. Estudos indicam diferentes sensibilidades aos LEDs UV e lâmpadas tradicionais, resultando em diferentes respostas nos microrganismos. Dessa forma são necessários mais estudos e o desenvolvimento de um protocolo padrão para avaliação de inativação de microrganismos por LED-UV (KOUTCHMA, 2009).

5.3.2. Bolores e Leveduras

Tanto para os tratamentos com luz ultravioleta, quanto para o tratamento convencional (ácido) e para o controle, a contagem de bolores e leveduras ficou abaixo do limite de detecção. Embora não exista legislação preconizando a contagem ideal para o este grupo de microrganismos, a literatura indica que em frutas a contagem não ultrapasse 10^6 UFC g⁻¹ (BUCK *et al.*, 2003). Os valores obtidos no experimento ficaram bem abaixo desse valor. Alguns fatores como o não contato com o solo ou com a água de irrigação, a casca da fruta, que age como uma barreira natural contra microrganismos faz com que a carga microbiana seja menor. Além disso, frutas são naturalmente ácidas e fatores como baixo pH e baixas temperaturas de armazenamento contribuem para inibir o crescimento (ABADIAS, *et al.*, 2008).

Ainda em seu estudo, Abadias, *et al* (2008), relataram uma contagem de bolores e leveduras menor que bactérias, assim como obtido no experimento com a banana nanica, porém seus resultados variaram muito de matriz alimentar. Para frutas recém-cortadas, os intervalos para bolores e leveduras em foram 1,7 à 4,9 Log UFC g⁻¹.

Os resultados obtidos podem ser investigados realizando testes de inoculação de mofos e leveduras em quantidade conhecida em amostras de bananas e avaliar o efeito da luz UV, sob as mesmas condições, a fim de averiguar a eficiência do protótipo utilizado.

6. Conclusão

Pode se concluir que para tratamento germicida, o LED não demonstrou efetividade em todos os tratamentos, sendo necessário realizar outros estudos, variando o binômio tempo de exposição *versus* distância da fonte luminosa. Além disso, outros estudos onde o LED foi utilizado para fim de desinfecção também não demonstraram um resultado conclusivo a respeito de eficiência de tratamento, devido à falta de padronização do processo.

Em relação ao teor de fenólicos totais, observou que todos os tratamentos UV produziram aumento dos teores destes compostos, sendo uma resposta interessante no ponto de vista nutricional, além de fornecer futuras possibilidades para um estudo de vida de prateleira.

Junto deste resultado, também foi visto que a atividade das enzimas PPO e POD das amostras tratadas foi aumentada em relação à amostra sem tratamento, especialmente para o tratamento a 265 nm por 10 minutos, que obteve maior atividade. Este resultado no ponto de vista comercial é desinteressante já que a atividade da enzima mostrou-se mais alta quando a banana foi tratada pela luz UV.

Assim, futuros estudos utilizando outras variáveis de tratamentos podem ser aplicados para avaliar o efeito nas enzimas e na influência no teor de compostos fenólicos ao longo da vida de prateleira.

7. Referências Bibliográficas

ABADIAS, M. *et al.* Microbiological quality of fresh, minimally-processed fruit and vegetables, and sprouts from retail establishments. **International Journal of Food Microbiology**, v.123, p.121–129, 2008.

ANDRADE, P. F. S. Análise da Conjuntura Agropecuária Safra 2016/17. Estado Do Paraná Secretaria Da Agricultura E Do Abastecimento Departamento De Economia Rural, 2017.

ANVISA. In: RESOLUÇÃO-RDC Nº 12, DE 02 DE JANEIRO DE 2001. Disponível em: http://portal.anvisa.gov.br/documents/33880/2568070/RDC_12_2001.pdf/15ffddf6-3767-4527-bfac-740a0400829b. Acesso em: 21 de Outubro de 2017

ANYASI, T. A.; JIDEANI, A. I. O.; MCHAU, G. R. A. Functional properties and postharvest utilization of commercial and noncommercial banana cultivars - **Food Science and Food Safety**, 509–522, 2013.

ANYASI, T. A.; JIDEANI A. I. O.; MCHAU, G. R. A. Phenolics and essential mineral profile of organic acid pretreated unripe banana flour. **Food Research International**, 2017.

BARREIROS, L. B. S.; DAVID, J. M.; DAVID, J. P. Estresse oxidativo: relação entre geração de espécies reativas e defesas do organismo. **Química Nova**, São Paulo, v. 29, n. 1, 2006.

BIANCHI, M. L. P.; ANTUNES, L. M. G. Radicais livres e os principais antioxidantes da dieta. **Revista de Nutrição**, Campinas, v. 12, n. 2, 1999.

BLOOR, S. Overview of methods for analysis and identification of flavonoids. **Methods in Enzymology**, Amsterdam, v. 335, p. 3-14, 2001.

BORGES, C. V.; AMORIM, V. B. O.; RAMLOV, F.; LEDO, C. A. S.; DONATO, M.; MARASCHIN, M.; AMORIM, E. P. Characterisation of metabolic profile of banana genotypes, aiming at biofortified *Musa* spp. cultivars. **Food Chemistry**, 145, 496–504, 2014.

BUCK, J. W.; WALCOTT, R. R.; BEUCHAT, L. R. Recent trends in microbiological safety of fruits and vegetables. **Plant Health Progress**, Minnesota, 2003. Disponível em: <<http://www.plantmanagementnetwork.org/pub/php/review/2003/safety/>>.

CANO, M. P.; ANCOS, B.; MATA LLAMA, M. C.; CÁMARA, M.; REGLERO, G.; TABERA, J. Differences among spanish and latin-american banana cultivars: orphological, chemical and sensory characteristics. **Food Chemistry**, n 3, 411-419, 1997.

Davies, M. J.; Truscott, R. J. W. Photo-oxydation of proteins and its role in cataractogenesis. **Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology**, 63, 114–125. 2001.

DOWNES, F. P.; ITO, K. Compendium of methods for the microbiological examination of foods. 4.ed. Washington: 2001. p. 357-380; 223-227; 69-80;

EMBRAPA. In: 500 perguntas sobre a banana, 2012. Disponível em:

<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/82218/1/500-Perguntas-Banana-ed02-2012.pdf>. Acesso em: 28 de Setembro de 2017.

EMBRAPA. In: Manual de Processamento Mínimo de Frutas e Hortaliças, 2007. Disponível em:

<http://poscolheita.cnpdia.embrapa.br/documents/36843/1212205/Manual+de+Processamento+M%C3%ADnimo+de+Frutas+e+Hortali%C3%A7as/32886e0a-28b7-430d-b402-12e65b69e085>. Acesso em: 18 de Outubro de 2017.

ERKAN, M.; WANG, S. Y.; WANG, C. Y. Effect of UV treatment on antioxidant capacity, antioxidante enzyme activity and decay in strawberry fruit. **Postharvest Biology and Technology** p. 163–171. 2008.

BELTRAN, G. J. A., CANOVAS, G. V. B. Reduction of *Saccharomyces cerevisiae*, *Escherichia coli* and *Listeria innocua* in apple juice by ultraviolet light. **Journal Of Food ProcessEngineering**, 437–452. 2006.

GOULART, R. M. M. Desperdício de alimentos: um problema de saúde pública. Integração, 2008.

HERNÁNDEZ, F. A.; ROBLES, P. A.; GÓMEZ, P. A.; CALLEJAS, A.T; ARTÉS, F. Low UV-C illumination for keeping overall quality of fresh-cut watermelon. **Postharvest Biology and Technology** p. 114-120, 2010.

KOUTCHMA, T. Advances in Ultraviolet Light Technology for Non-thermal Processing of Liquid Foods. **Food Bioprocess Technol.** 138–155, 2009.

KOSUGE, T. The rate of phenolics in host response to infection. Annu. **Rev. Phytopathol.**, v. 7, p. 195-222, 1969.

LAMINKANRA, O. Fresh-cut fruits and vegetables: science, technology, and market CRC Press LLC, New York, Washington, D. C. 2002.

SERRANO, M. L.; BARCELO, A. R. "Kinetic properties of (dextro)-catechin oxidation by a basic peroxidase isoenzyme from strawberries." **J. Food Sci.** 676–679. 1997.

MANZOCCO, L.; QUARTA, B.; DRI, A. Polyphenoloxidase inactivation by light exposure in model systems and apple derivatives - **Innovative Food Science & Emerging Technologies**, v. 10 n. 4 p. 506-511, 2009.

MODESTO, J. C.; RODRIGUES, J. D.; ONO, E. O.; HABERMANN, G. Aplicação de ácido giberélico (GA3) em pré-colheita de tangerina 'Poncã' (*Citrus reticulata* Blanco). Acta Scientiarum. **Agronomy**, v. 28, p. 3740, 2006.

MOURE, A. et al. Natural antioxidants from residual sources, **Food Chemistry**, v. 72, p.145-171, 2001.

NEVES, F. I. G.; VIEIRA, M. C.; SILVA, C. L. M. Inactivation kinetics of peroxidase in zucchini (*Cucurbita pepo* L.) by heat and UV-C radiation. **Innovative Food Science & Emerging Technologies**, v. 13, p. 158–162, 2012.

PALOU, E.; LÓPEZ-MALO, A.; BARBOSA-CÁNOVAS, G. V.; WELTI-CHANES, J.; SWANSON, B. G. Polyphenoloxidase Activity and Color of Blanched and High Hydrostatic Pressure Treated Banana Puree. **Food Science and Technology**, v. 64, n. 1, p. 42-45, 1999.

PATTHAMAKANOKPORN, O.; PUWASTIEN, P.; NITITHAMYONG A.; P. P. SIRICHAKWAL. Changes of antioxidant activity and total phenolic compounds during storage of selected fruits. **Journal of Food Composition and Analysis**. 21. 241–248. 2008.

PEREIRA, G. P. Compostos Bioativos e Atividade Antioxidante em Bananas (*musa sp.*). **Dissertação de mestrado**. Universidade Estadual Paulista "Julio de Mesquita Filho", 2012.

PBMH & PIF - PROGRAMA BRASILEIRO PARA A MODERNIZAÇÃO DA HORTICULTURA & PRODUÇÃO INTEGRADA DE FRUTAS. Normas de Classificação de Banana. São Paulo: **CEAGESP**, 2006. (Documentos, 29).

PINTO, E. P.; PERINA, E. C.; SCHOTTA, I. B.; RODRIGUESA, R. S.; LUCCHETTAB, L.; MANFROIC, V.; ROMBALDIA, C. V. The effect of postharvest application of UV-C radiation

on the phenolic compounds of conventional and organic grapes (*Vitis labrusca* cv. 'Concord'). **Postharvest Biology and Technology**, 2016.

FORGET, F. R.; CERNY, M.; FAYAD, N.; SAUNIER, R.; VAROQUAUX, P. "Isolation and characterization of a 'quinone-trapping' substance from a crude *Carica papaya* protein preparation." **Int. J. Food Sci. Technol.** 285–296. 1998.

SCALBERT, A. et al. Dietary Polyphenols and the Prevention of Diseases. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 45, n. 4, p. 287-306, 2005.

SILVA, E. Estudos da atividade enzimática da polifenoloxidase e de peroxidase em algumas frutas e hortaliças "in natura" e processadas. 108 p. **Tese de Mestrado**, ESALQ, Piracicaba, 1981.

SIMÕES, A. D. N. Alterações químicas e atividades de enzimas em folhas de couve inteiras e minimamente processadas. 75f. **Dissertação (Mestrado em Fisiologia Vegetal)**. Universidade Federal de Viçosa. Viçosa-MG, 2004.

SINGLETON, V.L.; ORTHOFER, R.; LAMAUE LARAVENTÓS, R.M. Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of folin-ciocalteu reagent. **Methods in Enzymology**, Amsterdam, v. 299, p.152-178, 1999.

SOUZA, J. F. Utilização de luz ultravioleta contínua (uv-c) e luz pulsada para conservação de mangas cv. tommy atkins minimamente processadas. **Tese (Doutorado em Agronomia - Produção Vegetal)**. Unesp, Câmpus de Jaboticabal, 2014.

SOUZA, A. F.; LEÃO, M. F. Análises dos métodos mais eficientes na inibição do escurecimento enzimático em frutas e hortaliças. **Enciclopédia Biosfera**, Centro Científico Conhecer, Goiânia, v. 8, n. 15; p. 2012.

SULAIMAN, S. F.; SAJAK, A. A. B.; OOI, K. L.; SEOW, S. E. M. Effect of solvents in extracting polyphenols and antioxidants of selected raw vegetables. **Journal of Food Composition and Analysis**. 24. 506–515. 2011.

SWANSON, K. M. J.; PETRAN, R. L.; HANLIN, J. H. Culture methods for enumeration of microorganisms, 2001.

TAVARES, J. T. Q. SILVA, C. L.; CARVALHO, L. A.; SILVA, M. A.; SANTOS, C. M. G. Estabilidade do ácido ascórbico em suco de laranja submetido a diferentes tratamentos. **Magistra**, Bahia, v. 12, n. 1/2, 2000.

VALDERRAMA, P.; MARANGONI, F.; CLEMENTE, E. Efeito do tratamento térmico sobre a atividade de peroxidase (POD) e polifenoloxidase (PPO) em maçã (*Mallus comunis*). **Ciênc. Technol. Alim.**, Campinas, v.21, n. 3, p. 321-325, 2001.

VIJAYAKUMAR, S., PRESANNAKUMAR, G., VIJAYALAKSHMI, N. R. Antioxidant activity of banana flavonoids. **Fitoterapia**, 79, 279–282, 2008.

ZAGORY, D. Effects of post-processing handling and packaging on microbial populations. **Postharvest Biology and Technology**, v. 15, p. 313-321, 1999.