

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

LUANA SUELEN DA VEIGA FRANCO

**ESTUDO DE ARMAZENAMENTO DE BANANAS TRATADAS POR LUZ  
ULTRAVIOLETA (UV-C)**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

CAMPO MOURÃO

2019

LUANA SUELEN DA VEIGA FRANCO

**ESTUDO DE ARMAZENAMENTO DE BANANAS TRATADAS POR LUZ  
ULTRAVIOLETA (UV-C)**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

Trabalho de conclusão de curso de graduação, apresentado à disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso II, do Curso Superior de Engenharia de Alimentos do Departamento Acadêmico de Alimentos, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, campus Campo Mourão, como requisito parcial para a obtenção do título de Engenheira de Alimentos.

Orientador: Prof. Dr. Fábio Henrique Polisel  
Scopel

CAMPO MOURÃO

2019



---

## TERMO DE APROVAÇÃO

### ESTUDO DE ARMAZENAMENTO DE BANANAS TRATADAS POR LUZ ULTRAVIOLETA (UV-C)

POR

LUANA SUELEN DA VEIGA FRANCO

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) apresentado dia 25 de novembro de 2019 às 10:30 como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Alimentos. 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 Poliselí Scopel  
Orientador

---

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Aline Takaoka Alves Baptista  
Membro da banca

---

Prof<sup>a</sup>. Msc. Maysa Formigoni  
Membro da banca

---

**Nota:** O documento original e assinado pela Banca Examinadora encontra-se na Coordenação do Curso de Engenharia de Alimentos da UTFPR *Campus* Campo Mourão.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente a Deus, por estar sempre comigo me dando saúde e força para superar qualquer dificuldade.

Aos meus pais, minha primeira fonte de inspiração e encorajamento, pelo amor, carinho e apoio em todos os momentos.

Aos meus irmãos e minhas sobrinhas que apenas com uma ligação mudam o meu dia e renovam minhas forças.

A todas as minhas amigas de longa data, que sempre estiveram do meu lado em especial a Amanda, Elisa e Camila que mesmo de longe se mantiveram presentes.

Aos amigos que fiz durante a graduação, que se tornaram a minha família. Amizades que me fizeram crescer e me apoiaram para chegar até aqui.

Ao meu orientador Fábio Henrique Poliseli Scopel, por todos os ensinamentos e por me orientar para a conclusão deste curso.

E a todos que direta ou indiretamente fizeram parte da minha formação, o meu muito obrigada.

## RESUMO

FRANCO, Luana S. V. **Estudo de armazenamento de bananas tratadas por luz ultravioleta (uv-c)**. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia de Alimentos), Universidade Tecnológico Federal do Paraná. Campo Mourão, 2019.

A banana (*Musa sp*) é uma fruta de elevado valor nutricional, contendo ainda, as vitaminas A e B, altos valores de potássio (K) e pouco sódio. Rodelas de bananas minimamente processadas são peças-chaves em saladas de frutas, porém o descascamento e o corte estimulam o aparecimento de mudanças fisiológicas indesejáveis na sua coloração original, como o escurecimento enzimático e o amaciamento, que são fatores limitantes na sua comercialização. Além disso, possibilitam a contaminação por meio da manipulação sob condições inadequadas.

O processamento mínimo inclui operações de seleção, lavagem, classificação, corte (fatiamento), sanitização, centrifugação, embalagem e refrigeração.

Para o sucesso dos produtos minimamente processados é importante que estes mantenham seu estado fresco e sejam microbiologicamente seguros. O objetivo deste trabalho foi avaliar os efeitos da aplicação de radiação UV-C comparados com amostras tratadas pelo método convencional (ácido ascórbico) e amostras não tratadas. O armazenamento a 4°C dessas amostras foram realizados por nove dias com análises contínuas. No primeiro e último dia de armazenamento foram feitas análises de textura e de minerais (potássio), resultando em uma maior durabilidade da textura e concentração de potássio para o tratamento com luz-UV. De modo semelhante ocorreu com a análise microbiológica, realizada a cada dois dias durante o período de armazenamento de 9 dias. Os resultados demonstraram que todas as amostras apresentaram valores abaixo de 4 log UFC/g. Adicionalmente, o tratamento UV-C produziu redução no escurecimento enzimático, em proporções semelhantes ao tratamento químico tanto na análise de cor, como na análise de enzima POD. Estes resultados indicam que o tratamento UV-C poderia ser utilizado como alternativa no processamento mínimo de bananas.

**Palavras-chave:** Banana, processamento mínimo luz ultravioleta, método convencional

## ABSTRACT

FRANCO, Luana S. V. **Study of storage of bananas treated by ultraviolet light (uv-c).** Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia de Alimentos), Universidade Tecnológico Federal do Paraná. Campo Mourão, 2019.

Banana (*Musa sp*) is a fruit of high nutritional value, also containing vitamins A and B, high values of potassium (K) and little sodium. Slices of minimally processed bananas are key pieces in fruit salads, but peeling and cutting stimulate the appearance of undesirable physiological changes in their original coloration, such as enzymatic darkening and softening, which are limiting factors in their marketing. In addition, they allow contamination through manipulation under inadequate conditions.

Minimal processing includes selection, washing, sorting, cutting (sanitization), sanitization, centrifugation, packaging and refrigeration operations.

For the success of minimally processed products it is important that they maintain their cool state and are microbiologically safe. The objective of this work was to evaluate the effects of uv-c radiation application compared with samples treated by the conventional method (ascorbic acid) and untreated samples. The 4°C storage of these samples was performed for nine days with continuous analyses. On the first and last day of storage, texture and mineral (potassium) analyses were performed, resulting in a greater durability of texture and potassium concentration for treatment with UV light. Similarly, it occurred with microbiological analysis, performed every two days during the 9-day storage period. The results showed that all samples presented values below 4 Log CFU/g. Additionally, UV-C treatment produced a reduction in enzymatic darkening, in proportions similar to chemical treatment in both color analysis and POD enzyme analysis. These results indicate that UV-C treatment could be used as an alternative in minimal banana processing.

**Keywords:** Banana, minimal processing, ultraviolet light, conventional method

## LISTA DE TABELAS

TABELA 1: TIPOS DE LUZ ULTRAVIOLETA E SEUS COMPRIMENTOS DE ONDA .....	11
TABELA 2: CONCENTRAÇÃO DE POTÁSSIO ENCONTRADA EM QUATRO GRAMAS DE BANANA EM DIFERENTES TRATAMENTOS .....	21
TABELA 3: VALORES MÉDIOS DA COORDENADA L* DE BANANA NANICA MINIMAMENTE PROCESSADA SUBMETIDA A DIFERENTES TRATAMENTOS ARMAZENADA A 4°C, POR OITO DIAS. ...	22
TABELA 4: VALORES MÉDIOS DA COORDENADA A* DE BANANA NANICA MINIMAMENTE PROCESSADA SUBMETIDA A DIFERENTES TRATAMENTOS ARMAZENADA A 4°C, POR NOVE DIAS ...	23
TABELA 5: VALORES MÉDIOS DA COORDENADA B* DE BANANA NANICA MINIMAMENTE PROCESSADA SUBMETIDA A DIFERENTES TRATAMENTOS ARMAZENADA A 4°C, POR NOVE DIAS. ..	23
TABELA 6: RESULTADOS DO TPA PARA MORANGOS (CONTROLE, TRATAMENTO LUZ UV-C E MÉTODO CONVENCIONAL) PARA O DIA INICIAL E 6 DIAS DE ARMAZENAMENTO. ....	28

## Sumário

1.	INTRODUÇÃO .....	7
2.	OBJETIVOS .....	9
2.1.	Objetivo geral .....	9
2.1.	Objetivos específicos.....	9
3.	REVISÃO BIBLIOGRAFICA.....	10
3.1.	Banana .....	10
3.2.	Processamento mínimo .....	10
3.3.	Luz Ultravioleta (UV-C).....	11
3.4.	Processamento mínimo convencional .....	12
3.5.	Escurecimento Enzimático .....	13
3.6.	Análise de minerais .....	14
3.7.	Análise microbiológica .....	14
3.8.	Textura .....	15
4.	MATERIAIS E MÉTODOS .....	15
4.1.	Preparo das Amostras.....	15
4.2.	Análise de minerais .....	17
4.1.	Análise da cor.....	17
4.2.	Determinação da atividade da peroxidase (POD) .....	18
4.3.	Análises Microbiológicas .....	18
4.4.	Análise de Perfil de Textura (TPA) .....	19
4.5.	Análise estatística.....	20
5.	RESULTADOS E DISCUSSÕES .....	20
5.1.	Análise de Minerais .....	20
5.2.	Análise de cor.....	21
5.3.	Determinação da atividade da peroxidase (POD) .....	24
5.4.	Análise microbiológica .....	25



5.5.	Análise perfil textura .....	27
6.	CONCLUSÃO .....	30
7.	REFERÊNCIAS.....	31

## 1. INTRODUÇÃO

Frutas e hortaliças minimamente processadas são produtos que sofreram as operações de limpeza, lavagem, seleção, descascamento, corte e posteriormente o acondicionamento, a fim de oferecer frescor, conveniência e qualidade nutricional. Um produto minimamente processado deve ter aparência livre de defeitos e ser seguro do ponto de vista microbiológico (PEREIRA; MIYA; MAISTRO, 2001). O preparo destes consiste em procedimentos como seleção, limpeza, lavagem, descascamento, corte, embalagem e armazenamento, sem prejuízo ao apelo de produto fresco. (CHITARRA, 2000).

Entre as frutas tropicais produzidas no Brasil, a banana é considerada uma das mais ricas fontes de alimento. As vantagens que evidenciam o valor desta fruta são: cultivo simples e pouca sazonalidade, valor nutritivo e paladar agradável. Seu sabor é um dos mais importantes atributos de qualidade, a polpa verde é caracterizada por uma forte adstringência determinada pela presença de compostos fenólicos solúveis, principalmente taninos. À medida que a banana amadurece, ocorre polimerização desses compostos, com consequente diminuição na adstringência, aumento da doçura e redução da acidez (VILAS BOAS, 2008).

A banana (*Musa sp*) é uma fruta de elevado valor nutricional, sabe-se que uma única banana equivale cerca de um quarto da quantidade de vitamina C necessária diariamente para ingestão, contendo ainda, as vitaminas A e B, bastante potássio (K), pouco sódio (Na). No Brasil, os tipos de bananas mais conhecidas são: nanica, prata, banana-terra e a banana maçã (GANGA, 2002).

Rodelas de bananas minimamente processadas são peças-chaves em saladas de frutas, porém o descascamento e o corte estimulam o aparecimento de mudanças fisiológicas indesejáveis na sua coloração original, como o escurecimento enzimático e o amaciamento, que são fatores limitantes na sua comercialização. Além disso, possibilitam a contaminação por meio da manipulação sob condições inadequadas (REIS, 2008).

O escurecimento enzimático está relacionado à ação das enzimas polifenoloxidase (PPO) e peroxidases (POD), que a partir do rompimento das células, decorrente do corte ou esmagamento do fruto, utilizam os compostos fenólicos como substratos e provocam alterações indesejáveis na cor, sabor e aroma dos frutos e vegetais (VALDERRAMA; MARANGONI; CLEMENTE, 2001).

A manipulação inadequada e as injúrias causadas nos tecidos durante o processamento mínimo favorece a contaminação dos alimentos por microrganismos deteriorantes e patogênicos, tais como bolores, leveduras e bactérias, entre outros (MELO, 2018). A presença de microrganismos deteriorantes irá influenciar nas alterações sensoriais do produto durante sua vida útil. A resolução RDC nº 12, de 2 de janeiro de 2001, do Ministério da Saúde estabelece os padrões microbiológicos sanitários para alimentos, não existindo padrões específicos para os frutos minimamente processados (PINHEIRO, 2005).

Alternativas vem sendo estudadas afim de minimizar efeitos indesejados após o processamento. Além da utilização de tratamentos químicos no fruto, como ácido ascórbico, cloreto de cálcio e cisteína, que já são produtos reconhecidos como seguros e liberados para o uso como aditivos alimentares (ANVISA, 2003), a aplicação da Luz ultravioleta (UV-C) em frutas e hortaliças, vem sendo utilizada para a conservação desses alimentos, prolongando o período de armazenamento dos frutos (LIU et al., 1993; STEVENS et al., 1998). Esse tipo de radiação compreende a faixa de comprimentos de onda de 200-280 nm e também são eficientes como germicidas, por serem absorvidas pelas proteínas e ácidos nucléicos, causando mutações genéticas, rompimento de cromossomo e inativação de enzimas e, conseqüentemente, a morte da célula (CARDOSO, 2007).

A utilização de doses de UV-C em frutas e hortaliças, podem afetar fortemente a atividade enzimática (MANZOCCO et al., 2009), indicando que o tratamento com UV-C pode representar não só um meio eficaz de desinfecção, mas também uma tecnologia não térmica capaz de inativar enzimas indesejáveis responsáveis por reduzir a vida útil dos produtos vegetais (GONZÁLES-AGUILAR et al, 2007; KEYSER et al, 2008).

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1. Objetivo geral**

Avaliar os efeitos da luz ultravioleta (UV-C) durante o armazenamento de bananas 'Nanicas' minimamente processadas

### **2.1. Objetivos específicos**

- Avaliar a eficiência da Luz UV-C em relação a textura, escurecimento enzimático e na inibição do crescimento microbiano em comparação com a amostra tratada pelo método convencional.
- Estudar a ação da luz UV-C no aumento da vida útil de bananas minimamente processadas.

### **3. REVISÃO BIBLIOGRAFICA**

#### **3.1. Banana**

A palavra banana é oriunda da língua falada em serra-leonesa, uma fruta da família botânica Musaceae, típica de clima tropical. Para obter bom desenvolvimento e produção necessita de calor e precipitações bem distribuídas ((MOREIRA, 1999; NASCENTE; COSTA, J.N.M., COSTA, R.S.C,2005).

A bananeira é uma planta originária do continente asiático e evoluiu a partir de exemplares diploides selvagens de *M. accuminatae* e *M. balbisiana* (EMBRAPA, 2000). É plantada no Brasil há muito tempo, não se sabe ao certo quem as cultivou primeiro, pois, quando a família real chegou a estas terras já existia o cultivo e o consumo da fruta banana na forma in natura (MOREIRA 1999). No início da primeira década do século XIX, no Brasil havia mais de 508.000 hectares com plantio de bananeiras, chegando a uma produção de mais de 6,4 milhões de toneladas por ano, na época o terceiro país mais produtivo da espécie in natura segundo a “Food and agriculture organization” (FAO, 2002).

As variedades de banana disponíveis no mercado diferem com relação ao uso que delas se faz e as características do seu cultivo. No mercado brasileiro, os cultivares mais importantes são Cavendish (grupo que inclui Nanica, Nanicão e Grande Naine), Prata, Maçã e Ouro (EMBRAPA, 2000)

A banana ocupa a primeira posição no ranking mundial de frutas, com 113,28 milhões de toneladas produzidas em 2016. Mais de 125 países dedicam-se ao cultivo dessa fruta, sendo o continente asiático líder na produção. A Índia ocupa o primeiro lugar, sendo responsável por 29,11 milhões de toneladas produzidas em 2016, seguida pela China (13.067 milhões), Indonésia (7.007 milhões) e Brasil (6.764 milhões) (FAO, 2018).

#### **3.2. Processamento mínimo**

Os frutos e hortaliças minimamente processados foram introduzidos nos Estados Unidos a aproximadamente 30 anos e ganharam uma significativa participação no mercado. No Brasil, esta tecnologia foi introduzida nos anos 90 por empresas atraídas pelas novas tendências do mercado, atingindo principalmente, fornecedores de alimentos prontos para preparo e/ou consumo como hotéis, restaurantes, lanchonetes e redes de supermercados (REYES 1996).

O processamento mínimo consiste em submeter frutos e hortaliças a tratamentos que visam tornar os mesmos prontos para consumo. Podem passar por alterações físicas como lavagem, descascamento, fatiamento, corte com retirada de sementes e caroços, ou ainda, tratamentos químicos. Após esse processamento, os produtos devem manter ao máximo suas características nutritivas e sensoriais, e seus atributos de qualidade, como aroma, cor, sabor e frescor (IFPA, 2005).

O processamento mínimo tem como objetivo fornecer ao consumidor produtos frescos e prontos para o consumo, sem casca ou sementes e em porções individuais (ARRUDA, 2002). No entanto, esse processo acelera a perecibilidade com o aumento da respiração e da produção de etileno, escurecimento enzimático, descoloração da superfície, perda de água e alterações microbiológicas (DAMASCENO ET AL 2005).

### 3.3. Luz Ultravioleta (UV-C)

A radiação ultravioleta foi descoberta em 1801 pelo cientista alemão Johan Ritter, que percebeu uma forma invisível de luz além do violeta, capaz de oxidar haletos de prata, chamada de luz ultravioleta no fim do século XIX (BALL, 2007). Ocupa ampla faixa de comprimento de onda na região não ionizante do espectro eletromagnético, entre os raios X (100 nm) e a luz visível (400 nm) (BINTSIS; LITOPULOU; ROBINSON, 2000), cujas subdivisões constam na tabela 1.

Tabela 1: Tipos de Luz ultravioleta e seus comprimentos de onda

<b>Tipo</b>	<b>Comprimento de onda</b>	<b>Varição de comprimento de onda</b>	<b>Características</b>
<b>UV-A</b>	longo	320-400 nm	Alterações na pele humana (bronzamento)
<b>UV-B</b>	médio	280-320 nm	Queimadura de pele (câncer)
<b>UV-C</b>	curto	200-280	Faixa germinicida (microrganismos)
<b>UV-V</b>		100-200	Região de UV de vácuo

Fonte: Guerrero-Beltran e Barbosa- Cánovas (204)

Os primeiros equipamentos comerciais de UV foram desenvolvidos para as indústrias farmacêuticas e de aquicultura em razão de não utilizarem substâncias químicas para a descontaminação. Posteriormente, surgiu o interesse em utilizar esses equipamentos nas indústrias de alimentos e bebidas. Diversas pesquisas têm sido desenvolvidas nessas áreas com o intuito de avaliar o efeito letal de UV-C e as eventuais alterações nas características sensoriais dos produtos (LÓPEZ-MALO; PALOU, 2005).

Os efeitos biológicos da radiação UV decorrem da excitação e não da ionização de moléculas (KAREL e LUND, 2003). A energia germicida produzida pela luz ultravioleta não produz radioatividade residual como a radiação ionizante (radiação gama) nos alimentos tratados. No comprimento de onda germicida, a radiação UV-C é suficiente para causar deslocamento físico de elétrons e quebrar as ligações do ácido desoxirribonucleico (DNA) dos microrganismos. Isso modifica sua reprodução e metabolismo, ou seja, a injúria aos sistemas de reprodução das células as leva à morte (GUERRERO-BELTRÁN e BARBOSACÁNOVAS, 2004).

A exposição à luz UV-C pode ser um processo estressante e produzir efeito danoso às plantas, uma vez que estimula a produção de espécies reativas de oxigênio que podem modificar a estrutura do DNA. No entanto, em baixos níveis, esse estresse, pode estimular respostas benéficas, como o acúmulo de compostos antimicrobianos (fitoalexinas) e modificações da parede celular. Essas mudanças fortalecem o tecido da planta para resistir ao processo de degradação dos tecidos (MERCIER, 2000; MAHARAJ; ARUL; NADEAU, 2010).

### **3.4. Processamento mínimo convencional**

O método convencional consiste em um tratamento químico utilizando ácido ascórbico, que vem sendo um método apontado como efetivo na prevenção do escurecimento de produtos minimamente processados

Esse ácido e seus sais neutros são os principais antioxidantes para o uso em frutas e hortaliças e seus sucos. Ele atua sequestrando o cobre, cofator enzimático da polifenoloxidase, e também reduzindo quinonas de volta a fenóis, antes de formarem pigmentos escuros (SAPERS & MILLER, 1998).

### 3.5. Escurecimento Enzimático

O escurecimento enzimático está relacionado à ação das enzimas polifenoloxidase (PPO) e peroxidases (POD), que utilizam compostos fenólicos como substratos e provocam alterações indesejáveis na cor, sabor e aroma dos vegetais (VALDERRAMA; MARANGONI; CLEMENTE, 2001).

O escurecimento inicia-se em resposta a injúrias físicas e fisiológicas (impactos, abrasões, "chilling", excesso de CO<sub>2</sub>) como resultado da oxidação de compostos fenólicos que irá resultar na formação de polímeros coloridos (muitas moléculas de aminoácidos). As lesões levam ao colapso celular e à consequente desestruturação dessas células, promovendo o contato dos compostos fenólicos com enzimas associadas ao escurecimento (PORTE e MAIA, 2001; VILAS BOAS, 2002). Essa reação pode causar mudanças indesejáveis, que além do escurecimento da superfície da fruta, pode ocorrer a deterioração de aroma e outras propriedades organolépticas, a diminuição do valor nutricional e da vida útil de muitos alimentos.

As Polifenoloxidases (PPO) (1,2 benzenodiol: oxigênio óxido-redutase) são denominadas frequentemente de tirosinase, polifenolase, fenolase, catecol oxidase, creolase ou catecolase, dependendo dos substratos utilizados na reação de escurecimento dos tecidos vegetais. As PPO são encontradas nas plantas, animais e em alguns microrganismos, especialmente nos fungos. São três as reações catalisadas pela PPO na presença do oxigênio molecular: a hidroxilação de monofenóis para odifenóis (atividade monoxigenase, E.C. 1.14.18.1), a oxidação de o-difenóis para oquinonas (atividade difenoloxidase, E.C. 1.10.3.1), e a oxidação de p-difenóis a pquinonas (atividade lacase, E.C. 1.10.3.2) (SILVA et al., 2009).

Assim como a PPO, as peroxidases (POD) (E.C. 1.11.1.7) têm atividade típica na reação de oxidação de compostos fenólicos em presença de peróxido de hidrogênio. Também são obtidas quinonas instáveis como produto e após a oxidação não enzimática na presença de O<sub>2</sub>, ocorre a polimerização formando as melaninas (SILVA et al., 2009).

WHITAKER e LEE (1995) acreditam que mais de 50% das perdas em frutas ocorrem como resultado do escurecimento enzimático, portando o controle do escurecimento torna-se importante para a diminuição das perdas comerciais do agricultor e para a indústria.



### **3.6. Análise de minerais**

Os elementos minerais reconhecidos como essenciais são comumente divididos entre macromelementos (cálcio, fósforo, potássio, sódio, cloro, magnésio, enxofre) e microelementos (ferro, cobre, cobalto, manganês, zinco, iodo, flúor, molibdênio, selênio, cromo, silício), de acordo com as quantidades maiores ou menores em que são encontrados no organismo humano. A importância de sua inclusão na dieta tem sido amplamente discutida em textos sobre nutrição.

A banana além de ser um alimento energético é rica em minerais como: potássio, manganês, iodo e zinco, sendo que esses minerais estão em maior quantidade no fruto verde quando comparado ao maduro (RANIERI, DELANI 2014).

Análise de minerais tem como fase inicial a destruição da porção orgânica, sobrando a parte inorgânica, que vai ser analisada qualitativa e quantitativamente. Essa análise laboratorial visa separar os componentes dos alimentos em frações de digestibilidade e metabolização previsíveis, a um custo analítico baixo e utilizando métodos rápidos e devem ser utilizadas para dar uma ideia aproximada do valor nutricional de determinada dieta (ECOLOGY, 1997).

### **3.7. Análise microbiológica**

A contaminação de produtos minimamente processados ocorre durante as operações de corte e fatiamento, nas quais patógenos presentes na superfície da matéria-prima ou nas mãos dos manipuladores passam para o produto (ROSA e CARVALHO, 2000). Desse modo, o manuseio sob condições inadequadas de higiene durante o processamento, juntamente com aumento dos danos aos tecidos e à higienização insatisfatória dos equipamentos, contribui para a elevação da população microbiana nos produtos (BRUNO et al. 2005).

A qualidade microbiológica desses alimentos está relacionada à presença de microrganismos deteriorantes que irão influenciar nas alterações sensoriais do produto durante sua vida útil. Contudo, a maior preocupação está relacionada a sua segurança, não podendo apresentar contaminação por agentes químicos, físicos e microbiológicos em concentrações prejudiciais à saúde (VANETTI, 2004).

A Resolução RDC Nº 12, de 2 de janeiro de 2001, do Ministério da Saúde (BRASIL, 2001), estabelece os padrões microbiológicos sanitários para alimentos, não existindo padrões específicos para os frutos minimamente processados. Estes podem ser inseridos no grupo de alimentos designados como: “frutas frescas, in natura, preparadas (descascadas ou selecionadas ou fracionadas), sanificadas, refrigeradas ou congeladas, para consumo direto.

### **3.8. Textura**

A textura é a principal característica percebida pelo tato. É o conjunto de todas as propriedades reológicas e estruturais (geométricas e de superfície) de um alimento, perceptíveis pelos receptores mecânicos, táteis e eventualmente pelos receptores visuais e auditivos (ABNT,1993).

A análise de textura pode ser aplicada para diferentes objetivos, como por exemplo, para a determinação de normas e estabelecimento de critérios e referências de qualidade, pelos quais os produtos finais podem ser classificados e avaliados. Outra importante aplicação é no controle de qualidade da produção, que visa manter as características comerciais do produto, atendendo as exigências dos consumidores (TEIXEIRA, 2009).

A textura se manifesta quando o alimento sofre uma deformação (quando é mordido, prensado, cortado, etc), e é por meio dessa interferência na integridade do alimento que se pode ter noção da resistência, coesividade, fibrosidade, granulabilidade, aspereza, crocância, entre outros parâmetros (TEIXEIRA, 2009).

## **4. MATERIAIS E MÉTODOS**

### **4.1. Obtenção das Amostras**

Foram utilizadas bananas da cultivar ‘Nanicas’ adquiridas no mercado local de Campo Mourão- PR. Os frutos foram escolhidos de acordo com seu estágio de maturação, análise de defeitos e homogeneidade de cor, seguindo grau de coloração da casca do nível 6 (figura 1).

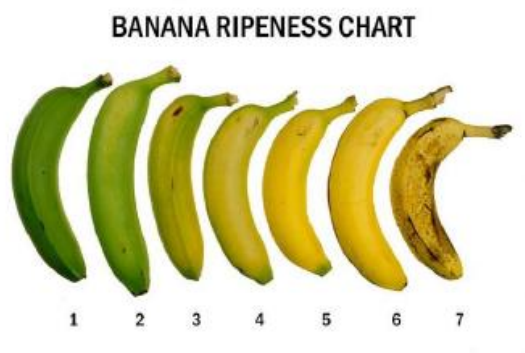


Figura 1: Grau de maturação da Banana (KADER, 2008)

#### **4.1.1. Amostra controle**

Após a escolha das bananas, as frutas foram lavadas em solução de água e sabão neutro. Logo após, sanitizadas em água fria (10°C) contendo solução de hipoclorito de sódio (NaClO) a 200 ppm por 15 minutos. Em seguida, os frutos descascados e fatiados manualmente em rodela de 1 cm de espessura e então armazenados sob refrigeração a uma temperatura de 4°C até análise.

#### **4.1.2. Método Convencional**

Segundo o método descrito por Vilas Boas (2002), após o descascamento e corte, rodela foram imersas, por 3 minutos, em solução contendo tratamento químico com ácido ascórbico 1%. Posteriormente, acondicionadas em embalagens e imediatamente armazenadas a 4°C.

#### **4.1.3. Tratamento Luz UV-C**

Conforme descrito anteriormente, as amostras foram preparadas e, posteriormente, tratadas com luz UV-C. O equipamento utilizado é disposto de 2 lâmpadas fluorescentes UV de 18 W de potência e comprimento de onda de 255 nm na parte superior e inferior tendo no centro a localização da amostra. A distância da fonte luminosa em relação a amostra tanto das paredes superior e inferior foi de 10 cm. As amostras foram expostas a luz UV-C durante 5 minutos.

## 4.2. Análise de minerais

Para a análise de potássio, primeiramente preparou-se soluções padrões de potássio para a determinação da curva de calibração. Para isto, foi dissolvido 0,151 g de Cloreto de Potássio (KCl) em 1 L de água para produzir a 100 ppm de solução (solução mãe). A partir desta solução, cinco soluções padrão foram preparadas usando fatores de diluição. As concentrações consistiam em 1ppm, 3ppm, 6ppm, 10ppm e 11ppm. Para o preparo dessas concentrações, pipetou-se 1 mL da solução mãe e transferiu-se para um balão de 100 mL e posteriormente completou-se com água deionizada até a marca de 100 mL. O mesmo processo foi usado para o restante das concentrações. Após a construção dos cinco padrões, fez-se a curva de calibração (Figura 1) e determinou-se a equação 1 para descobrir a concentração de potássio da solução desconhecida.

A solução desconhecida foi elaborada pesando-se quatro gramas de banana, tanto para controle quanto para os tratamentos. As amostras foram então trituradas usando um almofariz e pilão com 32 mL de água (diluição 1: 8) para extração. 25mL de HCl foi adicionado a uma alíquota de 25 mL da solução de banana diluída para extração (1:16 diluição). A solução foi agitada vigorosamente por dez minutos, em seguida filtrada e diluída 1:200. Com isso fez-se as leituras em um equipamento de absorção atômica (AnalytikJena, modelo novAA® 300).

$$Abs = (k1 + k2 * conc)/(1 + k3 * conc) \text{ Equação 1}$$

Onde:

$$k1 = 0.003512;$$

$$k2 = 0.228142;$$

## 4.3. $k3 = 0.053256$ Análise da cor

Para a análise colorimétrica das amostras foi utilizado o colorímetro da marca Miniscan, seguindo modelo de coordenadas cromáticas, empregado pelo CIE ( $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ ). Realizou-se 3 medidas em 3 pontos aleatórios em cada fatia das bananas. De acordo com Gorny et al. (2002), o valor de  $L^*$  representa a luminosidade da cor (0 indica preto e 100 indica branco), e foi utilizado como um indicativo do escurecimento das superfícies cortadas. A coordenada  $a^*$  indica a posição da cor entre verde (-a) e vermelho (+a), e a coordenada  $b^*$  entre azul (-b) e amarelo (+b).

#### 4.4. Determinação da atividade da peroxidase (POD)

O extrato enzimático a atividade de POD foi obtido tal como descrito por Simões (2015). 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.

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

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 (t0).

#### 4.5. Análises Microbiológicas

##### 4.5.1. Coliformes a 45° C

A presente metodologia de contagem de coliformes seguiu as instruções da Instrução Normativa nº 62 de 2003 (BRASIL, 2003), onde é especificado que este método é utilizado em amostras de alimentos, quando o limite máximo tolerado for igual ou superior a 100 UFC/g ou mL. Foram pesados aproximadamente 25 g da amostra e adicionados 225 mL de solução salina peptonada 0,1 %. Em seguida foram homogeneizadas por aproximadamente 60 segundos em “stomacher”. Obteve-se então a diluição 10-1. A partir desta, foram feitas as demais diluições (10-2 e 10-3). Foram inoculados, pelo método de pour plate, 1 mL de cada diluição desejada em placas de Petri esterilizadas. O procedimento foi feito em triplicata para cada diluição. A cada placa foram adicionados cerca de 1,5 mL de ágar VRBA previamente fundido e mantido a 46 °C – 48 °C em banho-

maria. Foi então homogeneizado e deixado em repouso até total solidificação do meio. Posteriormente, sobre a placa foram adicionados mais 10 mL de VRBA, formando uma segunda camada de meio e então deixado solidificar. Na incubação, as placas foram colocadas em posição invertida, à temperatura de 36 °C por 24 horas. A contagem das colônias é dada em UFC/g.

#### **4.5.2. Salmonela**

A presente metodologia de ausência ou presença de *Salmonella* spp., seguiu as instruções da Instrução Normativa nº 62 de 2003 (BRASIL, 2003). As etapas realizadas foram o pré enriquecimento, em solução salina peptonada 1%. E o enriquecimento seletivo foi realizado em caldo Rappaport Vassiliadis e caldo selenito cistina, para então o isolamento em ágar BPLS e XLD.

#### **4.5.3. Mesófilos**

Foi utilizado o método descrito por Silva et al., (2007) para a contagem de mesófilos presente nas amostras. O procedimento consistiu em pesar 25 g de cada amostra e transferir assepticamente para frascos contendo 225 mL de água peptonada estéril (diluição 10<sup>-1</sup>). A partir dessa diluição foram feitas as diluições seriadas até 10<sup>-3</sup> com o mesmo diluente. Com isso, pipetou-se 1 mL dessas diluições e distribuiu-se em placas de Petri em duplicata. A seguir, adicionou-se o ágar (plate count agar) pela técnica de pour plate. Após solidificação, as placas foram incubadas invertidas em estufas a 35° C/48h com o resultado foi expresso em UFC/g.

#### **4.6. Análise de Perfil de Textura (TPA)**

Para realizar a análise de perfil de textura das amostras de bananas, foi utilizado equipamento texturômetro TA-TX/Express Enhanced (Texture Technologies Corp., Stable Micro Systems, NY), e os parâmetros para a realização das medições foram os seguintes: velocidade pré-teste: 1 mm/s; velocidade de teste: 1 mm/s; velocidade pós teste: 5 mm/s; distância: 6 mm e tempo: 5 segundos. As amostras foram cortadas com espessura de 1

cm. No perfil de textura, os atributos estudados foram dureza, adesividade, espalhabilidade, mastigabilidade, gomosidade, coesividade e resiliência (TEXTURE TECHNOLOGIES, 2019).

#### 4.7. Análise estatística

Os resultados foram analisados por ANOVA e para a comparação das médias foi utilizado o teste de Tukey ( $p < 0,05$ ). O programa estatístico utilizado foi o Past.

### 5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

#### 5.1. Análise de Minerais

Na figura 1, encontra-se a curva de calibração feita a partir da solução padrão de cloreto de potássio.

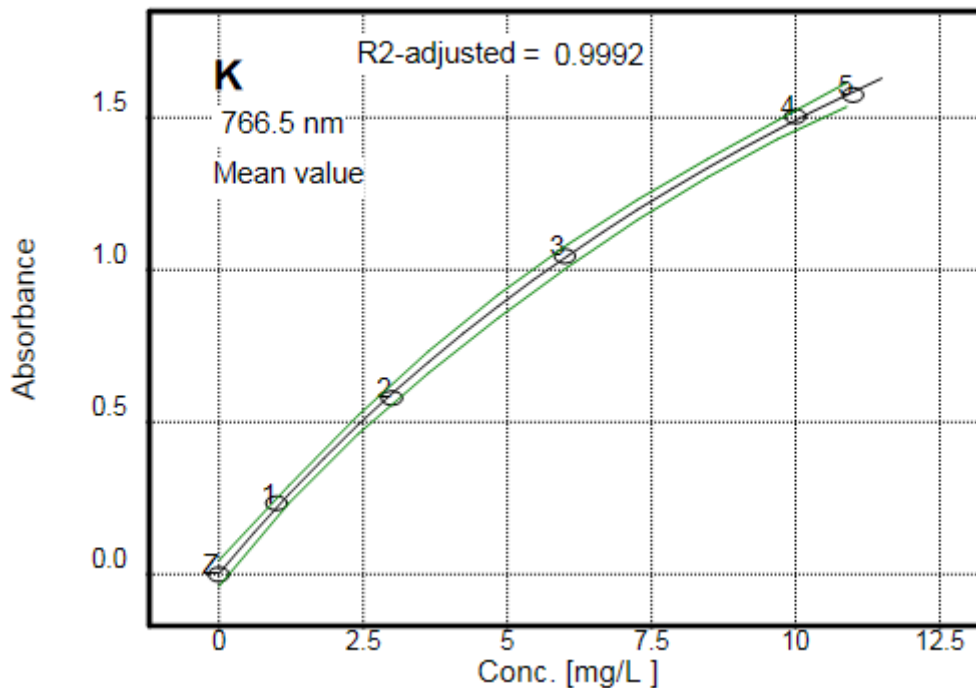


Figura 1: curva de calibração feita a partir da solução feita de cloreto de potássio

A partir das leituras das absorbâncias obteve-se as seguintes concentrações em g de potássio para kg de banana.

Tabela 2: concentração de potássio encontrada em quatro gramas de banana em diferentes tratamentos

CONCENTRAÇÃO DE POTÁSSIO (G/KG)		
TEMPO (DIAS)	0	6
<b>LUZ UV-C</b>	1,38 <sup>aA</sup> ±0,0069	0,80 <sup>aB</sup> ±0,012
<b>CONVENCIONAL</b>	0,90 <sup>bA</sup> ±0,0055	0,78 <sup>bB</sup> ±0,008
<b>CONTROLE</b>	0,99 <sup>cA</sup> ±0,0086	0,96 <sup>cB</sup> ±0,004

Resultados expressos média ± desvio padrão de três repetições de cada tratamento. Letras minúsculas diferentes na mesma coluna indicam diferença significativa entre tratamentos. Letras maiúsculas diferentes na mesma linha indicam diferença significativa para a mesma amostra entre dias.

A concentração de Potássio na banana ao longo dos 7 dias de armazenamento foi reduzida significativamente ( $p < 0,05$ ), sendo que no primeiro dia a amostra tratada com luz UV-C foi a que manteve um maior teor de potássio. Segundo Bleinroth (1990), os minerais apresentam uma variação durante o amadurecimento da fruta, sendo seus teores na banana verde um pouco maiores do que no fruto amadurecido, o que poderia justificar o decréscimo ocorrido dos dados apresentado nessa pesquisa.

Um estudo realizado por Gogo (2017) apresentou que minerais e proteínas de um vegetal foram afetados de forma variada pelos tratamentos UV-C. O tratamento com UV-C resultou em maiores teores de N, P, K, Mg, Fe e proteína para o vegetal. Isso se dá porque as folhas tratadas com UV-C tentam restabelecer a homeostase e proteger-se contra a radiação UV-C, resultando assim em um aumento em elementos minerais específicos nas durações avançadas de armazenamento. Seguindo essa lógica, Shabala e Munns, 2012 citam que K e proteínas são importantes na resistência ao estresse das plantas. Esses estudos descritos anteriormente podem justificar a aumento de K nas amostras tratadas com UV no dia 0.

## 5.2. Análise de cor

A cor é o primeiro critério utilizado na aceitação ou rejeição do produto pelo consumidor, por isso, na indústria de alimentos a cor é um atributo importante (BATISTA, 1994). Se a cor for atraente, dificilmente o alimento não será ingerido ou, pelo menos, provado (SILVA et al., 2000).

Um método muito conhecido de representação da cor é o padrão  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ , proposto pela Comissão Internacional de Iluminação (Commision Internationale L'Eclairage), onde



o "L" é a componente de luminosidade e "a" e "b" são as de crominância (BERNARDES, 2012).

Na tabela 3, observa-se os valores médios da luminosidade para cada tratamento durante nove dias de armazenamento.

Tabela 3: Valores médios da coordenada L\* de banana nanica minimamente processada submetida a diferentes tratamentos armazenada a 4°C, por oito dias.

L*					
DIAS	0	2	4	6	8
<b>CONTROLE</b>	58,85 <sup>aA</sup> ± 0,37	48,02 <sup>aA</sup> ± 11,79	29,81 <sup>aB</sup> ± 0,43	25,17 <sup>aB</sup> ± 0,16	22,33 <sup>aB</sup> ± 0,57
<b>UV-C</b>	71,86 <sup>bA</sup> ± 0,80	53,48 <sup>aB</sup> ± 0,51	41,31 <sup>bC</sup> ± 1,49	39,62 <sup>bC</sup> ± 1,16	32,06 <sup>bD</sup> ± 2,16
<b>CONVENCIONAL</b>	70,9 <sup>bA</sup> ± 2,3	47,01 <sup>aB</sup> ± 2,27	40,12 <sup>bC</sup> ± 1,56	38,19 <sup>bC</sup> ± 1,65	29,76 <sup>bD</sup> ± 0,39

Resultados expressos média ± desvio padrão de três repetições de cada tratamento. Letras minúsculas diferentes na mesma coluna indicam diferença significativa entre tratamentos. Letras maiúsculas diferentes na mesma linha indicam diferença significativa para a mesma amostra entre dias.

O valor L\* demonstra o quão claro (maior valor de L\*) ou quão escuro (menor valor de L\*) é um produto. Pode-se observar na tabela 3, que os valores de luminosidade decresceram ao longo dos 9 dias de armazenamento para todos os tratamentos. No dia 0, pouco tempo após o processamento mínimo, a amostra controle sofreu um escurecimento mais rápido e intenso do que os outros tratamentos. Após o quarto dia, a amostra controle foi a que obteve diferença estatística dos outros tratamentos, sendo eles amostra tratada com a luz UV-C e método convencional, que entre si não obtiveram diferença significativa durante os nove dias de análises, mesmo o tratamento UV-C tendo maiores resultados.

O padrão a\* varia do verde (-a\*) ao vermelho (+a\*). Este parâmetro forneceu valores positivos para todos os tratamentos, indicando coloração mais avermelhada/rósea nas amostras avaliadas durante o armazenamento.

Tabela 4: Valores médios da coordenada a\* de banana nanica minimamente processada submetida a diferentes tratamentos armazenada a 4°C, por nove dias

DIAS	a*				
	0	2	4	6	8
CONTROLE	5,47 <sup>aA</sup> ±0,24	7,12 <sup>aB</sup> ± 0,87	11,17 <sup>aC</sup> ± 0,78	11,10 <sup>aC</sup> ±0,10	14,66 <sup>aD</sup> ±0,41
UV-C	6,70 <sup>aA</sup> ± 1,24	10,27 <sup>bB</sup> ±0,19	10,69 <sup>aBC</sup> ± 0,38	12,92 <sup>aCD</sup> ±0,95	13,03 <sup>aD</sup> ±1,04
CONVENCIONAL	6,06 <sup>aA</sup> ± 0,49	9,32 <sup>bB</sup> ± 1,07	9,93 <sup>aBC</sup> ±0,73	11,73 <sup>aCD</sup> ±1,28	13,13 <sup>aD</sup> 0,03

Resultados expressos média ± desvio padrão de três repetições de cada tratamento. Letras minúsculas diferentes na mesma coluna indicam diferença significativa entre tratamentos. Letras maiúsculas diferentes na mesma linha indicam diferença significativa para a mesma amostra entre dias.

Pode-se perceber na tabela 4, que o tratamento controle na maioria dos dias obteve valores de a\* maiores que os demais tratamentos, porém não houve diferença estatisticamente significativa entre eles, exceto o dia 2.

O valor b\* varia do azul (-b\*) ao amarelo (+b\*). O parâmetro b\* forneceu somente valores positivos, indicando a presença da coloração amarela.

Tabela 5: Valores médios da coordenada b\* de banana nanica minimamente processada submetida a diferentes tratamentos armazenada a 4°C, por nove dias.

DIAS	B*				
	0	2	4	6	8
CONTROLE	43,21 <sup>aA</sup> ± 1,39	40,56 <sup>aA</sup> ±0,87	24,26 <sup>aB</sup> ±1,45	25,613 <sup>aB</sup> ±5,40	21,706 <sup>aB</sup> ±0,22
UV-C	49,93 <sup>bA</sup> ±0,66	47, 57 <sup>bA</sup> ±3,02	39,54 <sup>bC</sup> ±0,45	36,083 <sup>bCD</sup> ±1,59	33,48 <sup>bD</sup> ±2,76
CONVENCIONAL	47,01 <sup>abA</sup> ±2,79	42,19 <sup>abB</sup> ±2,24	38,68 <sup>bBC</sup> ±1,1	36,003 <sup>bCD</sup> ±0,46	33,52 <sup>bD</sup> ±1,07

Resultados expressos média ± desvio padrão de três repetições de cada tratamento. Letras minúsculas diferentes na mesma coluna indicam diferença significativa entre tratamentos. Letras maiúsculas diferentes na mesma linha indicam diferença significativa para a mesma amostra entre dias.

De acordo com a tabela 5 no dia 0, tanto as amostras controle quanto a tratada pelo método convencional não tiveram diferença significativa. Ainda no nesse dia a amostra tratada com luz UV-C foi a que obteve uma coloração amarela mais intensa que as outras.

Pode-se observar uma tendência à diminuição dos valores deste parâmetro, para todos os tratamentos, ao longo do período de armazenamento, até o dia 8. Esse comportamento em bananas minimamente processadas também já foi relatado por outros autores como Melo; Vilas-Boas, (2006).

Um estudo realizado por Pongprasert (2011) em bananas com cascas a baixa temperatura, mostraram que os frutos tratados com UV-C apresentaram atividade de PPO

significativamente menor do que os frutos da amostra controle até o dia 14 de armazenamento a 8 ° C.

### 5.3. Determinação da atividade da peroxidase (POD)

O efeito do corte e outros danos, provocados durante as etapas do processamento mínimo, tem como consequência o rompimento de organelas, modificação da permeabilidade das membranas, desorganização celular, e aumento na respiração (Chitarra & Chitarra, 2005).

A peroxidase (POD) tem um aumento em sua solubilidade durante esse período. Esta enzima pode participar de um grande número de reações oxidativas e de biodegradação

A utilização do ácido ascórbico pode inibir temporariamente o escurecimento enzimático de frutos minimamente processados, pois reage com o oxigênio atmosférico formando o ácido dehidroascórbico.

O comportamento da enzima POD nos primeiros 5 minutos após o tratamento foi demonstrado na figura 2

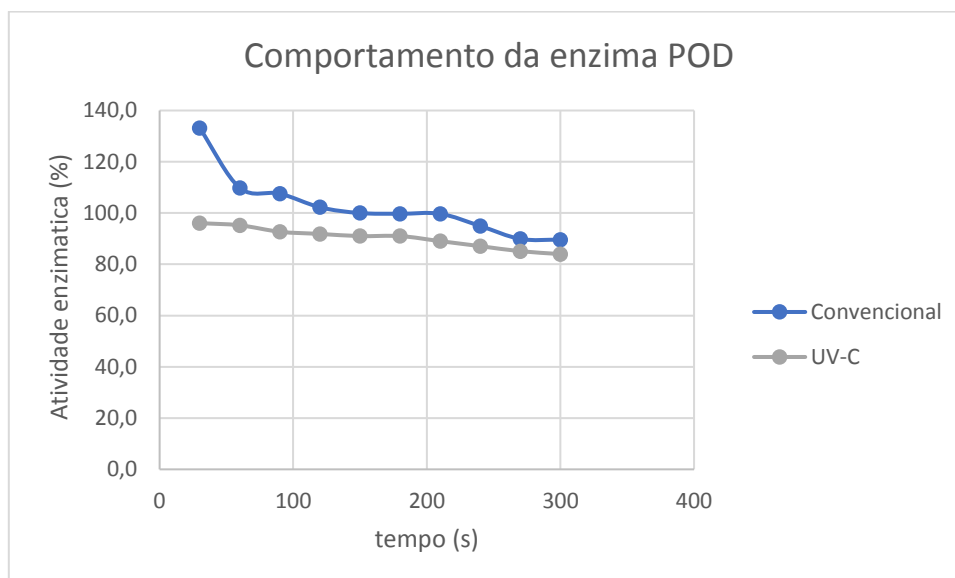


Figura 2: comportamento da atividade enzimática durante 5 minutos no dia 0, para o tratamento pelo método convencional e luz UV-C.

A partir da figura 2, pode-se observar no dia 0 que com o tratamento UV-C a ação das enzimas foi menor do que a do método convencional, porém ficando bem próximos nos últimos segundos. Esse resultado se comporta de maneira semelhante ao apresentado no

estudo feito por Barka et al., (2000), onde a luz UV-C também diminuiu a atividade das enzimas envolvidas na degradação da parede celular em testes feitos com tomates. O mesmo comportamento ocorreu no dia 6 (figura 3) em relação aos tratamentos, contudo observou-se um aumento na atividade da PPO neste dia, o que implica em uma maior atividade enzimática durante o armazenamento de rodelas de bananas minimamente processadas.

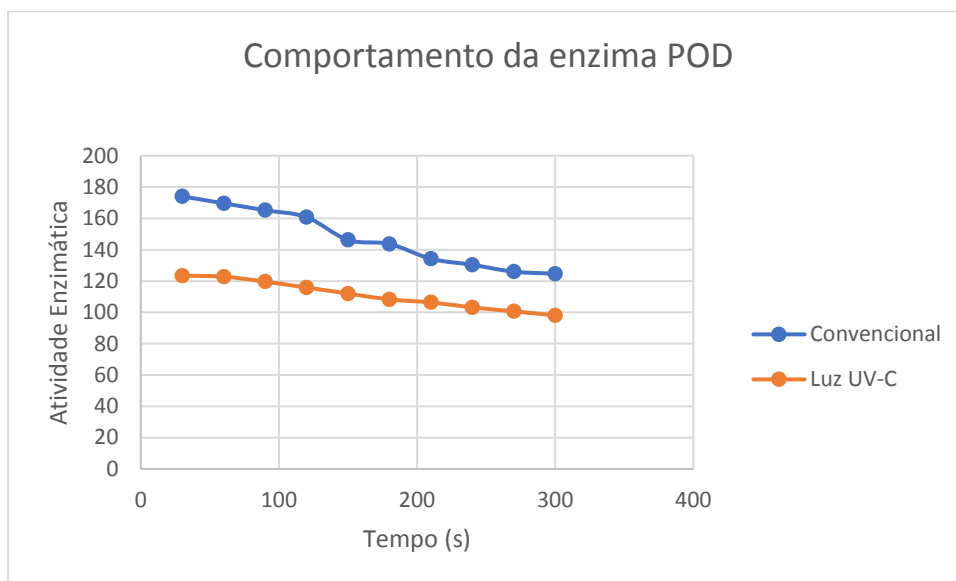


Figura 3: comportamento da atividade enzimática durante 5 minutos no dia 0, para o tratamento pelo método convencional e luz UV-C

Comportamento similar pode ser observado na análise de cor, de acordo com a tabela 3, os valores médios de  $L^*$ , que indica a luminosidade, decrescem de acordo com o tempo de armazenamento, o que apresenta o efeito da enzima POD sobre esse comportamento.

Esses resultados durante o armazenamento concordam com os de Nguyen et al. (2003), que relataram que o estresse por baixa temperatura induzia atividades combinadas de fenilalanina amônia liase (PAL) e PPO resultando em escurecimento. Este resultado estava altamente correlacionado com os sintomas de injúrias na casca de banana.

#### 5.4. Análise microbiológica

Não há legislação específica no Brasil para produtos minimamente processados. A Agência Nacional de Vigilância Sanitária, por meio da RDC nº 12 de 02 de janeiro de 2001, da Secretaria de Vigilância Sanitária do Ministério da Saúde estabelece os padrões

microbiológicos sanitários que se aproximam desses alimentos como: “hortaliças frescas, in natura, preparadas (descascadas ou selecionadas ou fracionadas) sanificadas, refrigeradas ou congeladas, para consumo humano direto”, onde é permitida uma contagem máxima de  $1 \times 10^2$  NMP/g (número mais provável) de coliformes termotolerantes e ausência de *Salmonella* sp em 25g.

Em todas as amostras analisadas, tanto a controle quanto as tratadas, não houve desenvolvimento de microrganismos do tipo coliformes e salmonela. Já para mesófilos as contagens estão apresentadas na figura 4, em função do tempo de armazenamento.

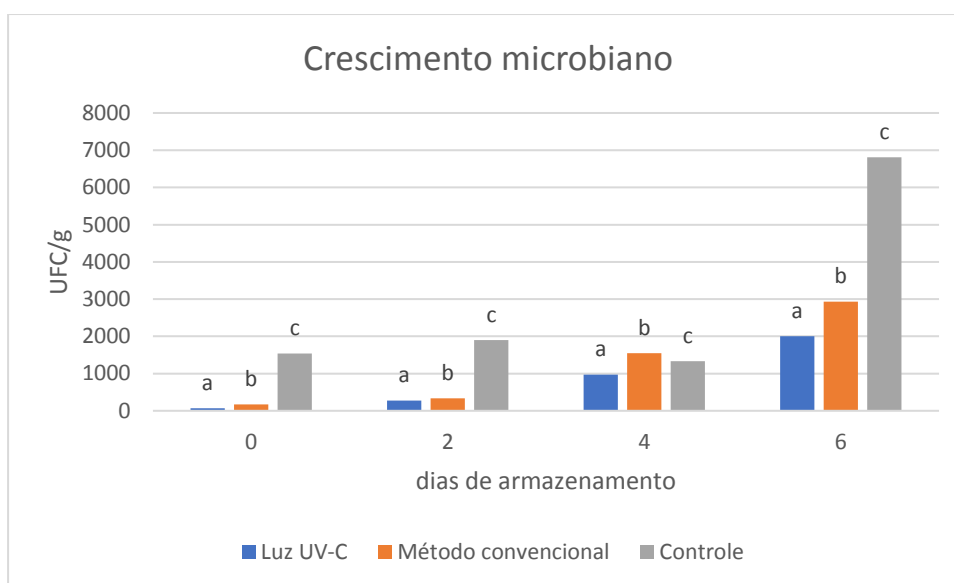


Figura 4- Valores médios de contagem microbiana de banana nanica minimamente processada submetida a diferentes tratamentos armazenada a 4°C. Letras minúsculas diferentes acima das barras indicam diferença estatisticamente significativa ( $p < 0,05$ )

Os mesófilos são bactérias que compreendem a maioria dos microrganismos patogênicos responsáveis por intoxicações alimentares. Segundo Tresseler et al. (2009), patógenos mesófilos podem ser introduzidos na área de processamento por vários vetores e podem se estabelecer e multiplicar, particularmente em locais da área de processamento.

Três amostras foram analisadas quanto ao microrganismo mesofílico, sendo as mesmas realizadas durante sete dias. Valores médios de UFC/g para contagens de mesofílicos variou entre  $7,25 \times 10^2$  e  $6,8 \times 10^3$ .

A partir da figura 4 pode-se observar que para os diferentes tratamentos houve diferença significativa entre os dias, constando que amostras tratadas por Luz UV-C apresentaram menores valores.

Bactérias mesófilas geralmente variam de 3 a 9 logUFC/g em vegetais intactos e de 3 a 6 logUFC/g para vegetais minimamente processados (ZAGORY, 1999). Nesse estudo, observou-se que todas as amostras, ficaram abaixo de 4 log UFC/g, indicando que o processo de sanitização foi realizado de forma adequada e que o tratamento UV-C pode ser utilizado para potencializar esse efeito.

### **5.5. Análise perfil textura**

A textura, juntamente com a aparência e o sabor, constitui os três atributos de qualidade que estabelecem a aceitabilidade de um alimento pelo consumidor (MOHSENIN, 1986). Os atributos de textura de cada tratamento em estudo estão apresentados na Tabela 6, conforme dados fornecidos pela Análise de Perfil de Textura.

Tabela 6: Resultados do TPA para morangos (controle, tratamento luz UV-C e método convencional) para o dia inicial e 6 dias de armazenamento.

<b>Dureza (N)</b>		
<b>Tempo (dias)</b>	<b>0</b>	<b>6</b>
Controle	23,1 <sup>aA</sup> ± 1,19	16,23 <sup>aB</sup> ± 1,56
Convencional	19,83 <sup>aA</sup> ± 1,72	8,09 <sup>bB</sup> ± 0,21
Luz UV-C	22,49 <sup>aA</sup> ± 1,35	16,7 <sup>aB</sup> ± 1,33
<b>Adesividade (-)</b>		
<b>Tempo (dias)</b>	<b>0</b>	<b>6</b>
Controle	-3,21 <sup>aA</sup> ± 4,68	-6,85 <sup>aA</sup> ± 1,87
Convencional	-3,40 <sup>aA</sup> ± 0,26	-4,40 <sup>bB</sup> ± 0,50
Luz UV-C	-4,52 <sup>aA</sup> ± 0,60	-4,85 <sup>abA</sup> ± 0,78
<b>Espalhabilidade</b>		
<b>Tempo (dias)</b>	<b>0</b>	<b>6</b>
Controle	0,5 <sup>aA</sup> ± 0,02	0,78 <sup>aB</sup> ± 0,09
Convencional	0,4 <sup>bA</sup> ± 0,04	0,84 <sup>aB</sup> ± 0,04
Luz UV-C	0,61 <sup>aA</sup> ± 0,03	0,75 <sup>aB</sup> ± 0,03
<b>Mastigabilidade(-)</b>		
<b>Tempo (dias)</b>	<b>0</b>	<b>6</b>
Controle	117,91 <sup>aA</sup> ± 0,34	268,85 <sup>aB</sup> ± 0,87
Convencional	69,24 <sup>bA</sup> ± 0,64	139,39 <sup>bB</sup> ± 0,83
Luz UV-C	128,24 <sup>cA</sup> ± 0,35	144,95 <sup>cB</sup> ± 0,65
<b>Gomosidade (-)</b>		
<b>Tempo (dias)</b>	<b>0</b>	<b>6</b>
Controle	218,84 <sup>aA</sup> ± 0,48	365,82 <sup>aB</sup> ± 0,86
Convencional	157,93 <sup>bA</sup> ± 0,55	186,93 <sup>bB</sup> ± 1,70
Luz UV-C	211,62 <sup>cA</sup> ± 0,22	283,34 <sup>cB</sup> ± 1,36
<b>Coesividade</b>		
<b>Tempo (dias)</b>	<b>0</b>	<b>6</b>
Controle	0,102 <sup>aA</sup> ± 0,004	0,252 <sup>aB</sup> ± 0,004
Convencional	0,076 <sup>bA</sup> ± 0,005	0,24 <sup>aB</sup> ± 0,045
Luz UV-C	0,096 <sup>aA</sup> ± 0,008	0,216 <sup>aB</sup> ± 0,020

Resultados expressos média ± desvio padrão de cinco repetições de cada tratamento. a,b Letras diferentes na mesma coluna indicam diferença significativa entre as amostras analisadas a um nível de 95% de confiança ( $p < 0,05$ ) pelo teste de Tukey. A,B Letras diferentes na mesma linha indicam diferença significativa para a mesma amostra em dias diferentes analisadas a um nível de 95% de confiança pelo teste t-student.

Os parâmetros medidos na análise do perfil de textura variaram entre os dois dias de pesquisa. Segundo GUINÉ, CORREIA, CORREIA, (2015), a dureza é força máxima registrada no primeiro ciclo de penetração ou compressão, na maior parte dos casos está

relacionada com a força de ruptura do material, é muito utilizada para quantificar e acompanhar a evolução da dureza do fruto/vegetal; a mastigabilidade corresponde ao esforço necessário para mastigar a amostra a uma consistência adequada para engolir; a gomosidade aplica-se aos alimentos pastosos e corresponde à energia necessária para desintegrar um alimento semissólido para um estado pronto para engolir e a coesividade a extensão a que um material pode ser deformado antes da ruptura.

De acordo com a tabela 6, pode-se observar que não houve diferença significativa ( $p < 0,05$ ) para a dureza e adesividade entre os tratamentos no dia 0, porém no dia 6 o método convencional foi o que apresentou uma menor dureza em relação aos outros após o armazenamento a 4°C.

Sobre a espalhabilidade e a coesividade a amostra controle e a tratada por luz UV-C, apresentaram semelhanças estatística, permanecendo assim até o último dia de análise, o que implica a maior extensão de ruptura em comparação com a amostra tratada pelo método convencional. A mastigabilidade e gomosidade diferem tanto em relação aos tratamentos quanto aos dias de armazenamento.

Sobre a utilização de tratamentos de Luz UV em frutos Barka et al. (2000) relata um aumento na vida de prateleira de tomates e um retardo na perda de firmeza do fruto ao afetar enzimas degradadoras da parede celular. O que comprova a eficiência desse tratamento.

A descoberta de retardar o amolecimento está em concordância com os resultados de Maharaj et al. (1999), que relataram que a irradiação com UV-C impediu a perda de firmeza e atrasos nos processos de senescência do tomate armazenados a 16 ° C.

De acordo com MARSHAL; KIM; WEI, (2000) os inibidores químicos de escurecimento, de acordo com sua concentração, podem ter um efeito negativo na textura. A partir desta análise, pode-se perceber este efeito na amostra tratada pelo método convencional do presente estudo, pois em todos os parâmetros analisados esta foi a que obteve menores valores em todos, o que resulta em uma perda na sua textura.

Barka et al. (2000) relataram que os tratamentos com UV-C poderiam reduzir a atividade de enzimas degradantes da parede celular e com isso retardar o amolecimento afetando a taxa de desmontagem da parede celular.



## 6. CONCLUSÃO

Por meio dos dados apresentados nessa pesquisa pôde-se detectar que amostras de bananas tratadas com luz UV-C poderia desempenhar um papel importante na manutenção da integridade da membrana retardando a perda de firmeza e na atividade de enzimas que promovem o escurecimento. Um uso eficiente da luz UV-C interferiu na armazenabilidade e prazo de validade, pois ajudou a reduzir a contaminação microbiana por meio da contagem de mesófilos em comparação com os outros métodos estudados.

A utilização da Luz UV-C tem suas vantagens em relação aos outros métodos na aplicação em frutas minimamente processadas, pois não geram subprodutos tóxicos; desinfecções rápidas sem resíduos de odor, não há necessidade de estocar substâncias tóxicas (ácidos, bases e cloro para desinfecção, por exemplo), além de baixo impacto ambiental (sem necessidade de água quente e gelada).

## 7. REFERÊNCIAS

ANVISA. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC nº 12, de 2 de janeiro de 2001. **Estabelece padrões microbiológicos para alimentos**. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, 67p. 2001.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **Análise sensorial dos alimentos e bebidas: terminologia**, p. 8, 1993.

BARKA, Essaid Ait et al. Effects of UV-C irradiation on lipid peroxidation markers during ripening of tomato (*Lycopersicon esculentum* L.) fruits. **Functional Plant Biology**, [s.l.], v. 27, n. 2, p.147-152, 2000.

BERNARDES, J. M. **Colorímetro Digital Portátil**. 117 f. Monografia (Bacharelado em Ciências da Computação) – Universidade Federal do Lavras, Lavras, 2012.

BINTSIS, Thomas; LITOPOULOU-TZANETAKI, Evanthia; ROBINSON, Richard K. Existing and potential applications of ultraviolet light in the food industry - a critical review. **Journal Of The Science Of Food And Agriculture**, [s.l.], v. 80, n. 6, p.637-645, 1 maio 2000.

BLEINROTH, E. W. Matéria prima. In: INSTITUTO DE TECNOLOGIA DE ALIMENTOS. **Banana: cultura, matéria prima, processamento e aspectos econômicos**. 2ed. rev. e ampl Campinas, p. 163-96, 1990. (Série Frutas Tropicais, 3).

BRASIL, Ministério da Saúde, Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Informação nutricional**. Resolução RDC nº 360 de 23 de dezembro de 2003. Brasília: Ministério da saúde; 2003.

BRUNO, Laura Maria et al. Avaliação microbiológica de hortaliças e frutas minimamente processadas comercializadas em fortaleza (CE). **Boletim do Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos**, [s.l.], v. 23, n. 1, p.75-84, 1 ago. 2005.

CARDOSO, C. F. **Avaliação da esterilização de filme de polietileno com peróxido de hidrogênio e radiação ultravioleta.** Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2007.

CHITARRA, M. I. F. **Processamento mínimo de frutos e hortaliças.** Lavras: UFLA/FAEPE, p. 113, 2000.

DAMASCENO, Karla Suzanne Florentino da Silva C et al. Melão minimamente processado: um controle de qualidade. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, [s.l.], v. 25, n. 4, p.651-658, dez. 2005.

Ecology, Institute of. "Metals Analysis by Flame Atomic Absorption Spectrophotometry ." 22 July 1997. University of Georgia Institute of Ecology . 21 outubro 2019 <[www.uga.edu](http://www.uga.edu)>

EMBRAPA. **O cultivo da Banana Verde Propriedades e Benefícios.** Disponível em: <<http://www.integracao.gov.br/>> Acesso em: 12 set 2019.

FAO.FOOD AGR. FAO. Food Agriculture Organization: crops & livestock primary & processed. 2002. Disponível em: <http://fao.org>. Acesso em: 12 set. 2019.

GANGA, R.M.D. **Resultados parciais sobre o comportamento de seis cultivares de banana (*Musa spp*) em Jaboticabal.** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, Belém, 2002.

GOGO, E.o. et al. Postharvest UV-C treatment for extending shelf life and improving nutritional quality of African indigenous leafy vegetables. **Postharvest Biology And Technology**, [s.l.], v. 129, p.107-117, jul. 2017

GONZÁLES-AGUILAR, G. A.; ZAVELETA-GATICA, R.; TIZINADO-HERNANDEZ. Improving postharvest quality of mango 'Haden' by UV-C treatment. **Postharvest Biology and Technology**, v. 45, p. 108-116, 2007.

GORNY, J. R.; HESS-PIERCE, B.; CIFUENTES, R. A.; KADER, A. A. Quality changes in fresh-cut pear slice as affected by controlled atmospheres and preservatives. **Postharvest Biology and technology**, Amsterdam, v.24, p.271- 278, 2002.

GUERRERO-BELTRÁN, J. A.; BARBOSA-C-NOVAS, G. V. Advantages and Limitations on Processing Foods by UV Light. **Food Science And Technology International**, [s.l.], v. 10, n. 3, p.137-147, jun. 2004.

GUINÉ, Raquel; CORREIA, Paula; CORREIA, Ana. Avaliação Comparativa de Queijos Portugueses de Cabra e Ovelha. **Millenium**, v.49, 2015, 111-130 p.

IFPA. **International fresh-cut produce association**. Disponível em: <<http://www.fresh-cuts.org>>. Acesso em: 12 set. 2019.

KADER, A. A. **Banana ripening chart. Recommendations for Maintaining Postharvest Quality**. Disponível em <[http:// /postharvest.ucdavis.edu/Produce/ProduceFacts/Fruit/full\\_banana\\_ripeningchart.shtml](http://postharvest.ucdavis.edu/Produce/ProduceFacts/Fruit/full_banana_ripeningchart.shtml)>. Acesso em: 15 out. 2019.

KAREL, M.; LUND, D.B. **Physical principles of food preservation**. New York: Marcel Dekker, 2003. Chap. 11.

KEYSER, Maricel M. et al. Ultraviolet radiation as a non-thermal treatment for the inactivation of microorganisms in fruit juice. **Innovative Food Science and Emerging Technologies**, v. 9, p. 348–354, 2008.

LIU, J. et al. Application of Ultraviolet-C Light on Storage Rots and Ripening of Tomatoes. **Journal Of Food Protection**, [s.l.], v. 56, n. 10, p.868-873, out. 1993.

LÓPEZ-MALO, A.; PALOU, E. Ultraviolet light and food preservation. In: BARBOSA-CÁNOVAS, G; TAPIA, M.S.; CANO, M.P. **Novel food processing technologies**. New York: CRC, 2005. Chap. 18

MAHARAJ, R.; ARUL, J.; NADEAU, P. UV-C irradiation of tomato and its effects on color pigments. **Advances in Enviromental Biology**, v. 4, n. 2, p. 308-315, 2010.

MANZOCCO, Lara; DRI, Andrea; QUARTA, Barbara. Polyphenoloxidase inactivation by light exposure in model systems and fresh-cut apple. **Innovative Food Science and Emerging Technologies**, v. 10, p. 500-505, 2009.

MARSHALL, M. R.; KIM, J.; WEI, C. **Enzymatic browning in fruits, vegetables and seafoods**. Washington: FAO, 2000. Disponível em: <<http://www.fao.org/ag/ags/agsi/enzymefinal/enzymatic%20browning.htm>> Acesso em: 13 set. 2014.

MELO, A. A. M.; VILAS-BOAS, E. V. de B. Inibição do escurecimento enzimático de banana 'Maçã' minimamente processada. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 26, n. 1, p. 110-115, 2006.

MELO, B; SILVA, C. A.; ALVES, P.R.B. **Processamento mínimo de frutas e hortaliças**. Universidade Federal de Uberlândia. Disponível em:< <http://www.fruticultura.iciag.ufu.br> > Acesso em: 13 de set. 2019

MERCIER, Julien et al. Systemic and Local Responses Associated with UV- and Pathogen-Induced Resistance to Botrytis cinerea in Stored Carrot. **Phytopathology**, [s.l.], v. 90, n. 9, p.981-986, set. 2000.

MOREIRA, R. S. **Banana: teoria e prática de cultivo**. 2. ed. São Paulo: Fundação Cargill, 1999. Acesso em: 29 de set. 2019

NASCENTE, A.S., Costa, J.N.M., COSTA, R. S.C., **O cultivo da banana verde em Rondônia**. 2005. Disponível em:<<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/Fo,HTML/Banana/Cultivo>> . Acesso em: 10 out 2019.

NGUYEN, T. Relationship between browning and the activities of polyphenoloxidase and phenylalanine ammonia lyase in banana peel during low temperature storage. **Postharvest Biology And Technology**, [s.l.], v. 30, n. 2, p.187-193, nov. 2003.

PEREIRA, J. L.; MIYA, N.; MAISTRO, L. C. Importância da enumeração rápida de 40 bactérias patogênicas em vegetais folhosos minimamente processados: uma análise. **Higiene Alimentar**, v. 15, n. 89, p. 15-21, 2001.

PINHEIRO, Neuma Maria de Souza et al. Avaliação da qualidade microbiológica de frutos minimamente processados comercializados em supermercados de fortaleza. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal - Sp, v. 27, n. 1, p.153-156, abr. 2005.

PONGPRASERT, Nutthachai et al. A novel postharvest UV-C treatment to reduce chilling injury (membrane damage, browning and chlorophyll degradation) in banana peel. **Scientia Horticulturae**, [s.l.], v. 130, n. 1, p.73-77, ago. 2011

PORTE, Alexandre; MAIA, Luciana Helena. ALTERAÇÕES FISIOLÓGICAS, BIOQUÍMICAS E MICROBIOLÓGICAS DE ALIMENTOS MINIMAMENTE PROCESSADOS. **Boletim do Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos**, [s.l.], v. 19, n. 1, p.105-118, 30 jun. 2001.

REIS, Camila Martins Fonseca et al. Qualidade e vida de prateleira de banana 'prata ' minimamente processada. **Ciência e Agrotecnologia**, [s.l.], v. 28, n. 3, p.696-702, jun. 2004.

REYES, V.G. Improved preservation systems for minimally processed vegetables. **Food Australia**, v. 48, n. 2, p. 87-90, Feb. 1996.

SAPERS, G. M.; MILLER, R. L. Browning inhibition in fresh-cut pears. **Journal Food Science**, v. 63, n. 2, p. 342-346, 1998.

SHABALA, S., MUNNS, R. Salinity stress: physiological constraints and adaptive mechanisms. In: Shabala, Plant Stress Physiology. **CAB International**, London, UK, p. 59–94, 2012.

SILVA, M. V., ROSA, C. I. L. F., VILAS BOAS, E. V. B. Conceitos e métodos de controle do escurecimento enzimático no processamento mínimo de frutas e hortaliças. **Boletim do Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos**, Curitiba, v.27, n.1, p.83-96, 2009.

SILVA, N. et al. **Manual de métodos de análise microbiológica de alimentos**. 3. ed. São Paulo: Logomarca Varela, 2007.

SIMÕES, Adriano do Nascimento et al. The effects of storage temperature on the quality and phenolic metabolism of whole and minimally processed kale leaves. **Acta Scientiarum. Agronomy**, [s.l.], v. 37, n. 1, p.101-107, 25 nov. 2014.

STEVENS, C. et al. The germicidal and hormetic effects of UV-C light on reducing brown rot disease and yeast microflora of peaches. **Crop Protection**, [s.l.], v. 17, n. 1, p.75-84, fev. 1998.

TEIXEIRA, Lílian Viana. Análise sensorial na indústria de alimentos. **Rev. Inst. Latic. "Cândido Tostes"**, Juiz de Fora, v. 64, n. 366, p.13-15, fev. 2009.

TEXTURE TECHNOLOGIES. An Overview of Texture Profile Analysis (TPA). Disponível em: Acesso em: 09/10/2019

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

VANETTI, M. C. D. Segurança microbiológica em produtos minimamente processados. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE PROCESSAMENTO MINIMO DE FRUTAS E HORTALIÇAS, 2004, Viçosa, MG. **Palestras, Resumos, Oficinas...** Viçosa: UFV, 2004. p. 30-32.

VILAS BOAS, E. V. B. **Qualidade de alimentos vegetais**. Lavras: UFLA/FAEPE, 2002. p. 59

VILAS BOAS, E. V. de B. **Tecnologia de processamento mínimo de banana, mamão e kiwi**. Departamento de Ciência de Alimentos, Universidade Federal de Lavras, f. 68, 2002.

WHITAKER, J. R.; LEE, C. Y. Recent advances in chemistry of enzymatic browning: an overview. In: LEE, C. Y.; WHITAKER, J. R. (Ed.). **Enzymatic browning and its prevention**. Washington: American Chemical Society, 1995. p. 2-7.

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