



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA  
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA  
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA  
CURSO DE QUÍMICA INDUSTRIAL**

**MAYRA ALBUQUERQUE DE MELO**

**APLICAÇÃO DE MÉTODOS DE INATIVAÇÃO E INIBIÇÃO ENZIMÁTICA  
EM FRUTAS E HORTALIÇA**

**CAMPINA GRANDE – PB  
2015**

**MAYRA ALBUQUERQUE DE MELO**

**APLICAÇÃO DE MÉTODOS DE INATIVAÇÃO E INIBIÇÃO ENZIMÁTICA  
EM FRUTAS E HORTALIÇA**

Monografia apresentada como Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) atendendo as exigências para obtenção do Título de graduação em Química Industrial da Universidade Estadual da Paraíba – UEPB.

**Orientadora: Profa. Dra. Ângela Maria Santiago**

**CAMPINA GRANDE – PB  
2015**

É expressamente proibida a comercialização deste documento, tanto na forma impressa como eletrônica. Sua reprodução total ou parcial é permitida exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, desde que na reprodução figure a identificação do autor, título, instituição e ano da dissertação.

M528a Melo, Mayra Albuquerque de.

Aplicação de métodos de inativação e inibição enzimática em frutas e hortaliça [manuscrito] / Mayra Albuquerque de Melo. - 2015.

46 p. : il. color.

Digitado.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Química Industrial) - Universidade Estadual da Paraíba, Centro de Ciências e Tecnologia, 2015.

"Orientação: Profa. Dra. Ângela Maria Santiago, Departamento de Química".

1. Inibição enzimática. 2. Branqueamento. 3. Escurecimento enzimático. 4. Frutas. I. Título.

21. ed. CDD 634.04

MAYRA ALBUQUERQUE DE MELO

APLICAÇÃO DE MÉTODOS DE INATIVAÇÃO E INIBIÇÃO ENZIMÁTICA  
EM FRUTAS E HORTALIÇA

APROVADA EM 18 / 11 / 2015

NOTA 10,0

BANCA EXAMINADORA:

Monografia apresentada como Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) atendendo as exigências para obtenção do título de graduada em Química Industrial da Universidade Estadual da Paraíba – UEPB.

Ângela Maria Santiago  
Profa. Dra. Ângela Maria Santiago  
(Orientadora – DQ/UEPB)

Márcia Ramos Luiz  
Profa. Dra. Márcia Ramos Luiz  
(Examinadora – DESA/UEPB)

Pablicia Oliveira Galdino  
Profa. Dra. Pablicia Oliveira Galdino  
(Examinadora – DQ/UEPB)

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus que iluminou meu caminho durante essa jornada, me dando saúde, sabedoria, força e por permitir que mais essa vitória fosse concedida em minha vida. Minha gratidão e adoração serão eternas ao maior mestre que se pode ter.

À minha mãe, Maria do Socorro, que sempre acreditou e apoiou minhas decisões me dando forças para realizar meus sonhos.

Aos meus filhos Cauã e Mateus, que são minha motivação, a razão que eu tenho todos os dias para lutar pela vida.

Ao meu marido, Edmar Neto, que esteve ao meu lado me ajudando a prosseguir nessa difícil caminhada.

À professora Dra. Ângela Maria Santiago, pela orientação, por toda dedicação, paciência, confiança e pelos preciosos ensinamentos que muito contribuíram para realização desse trabalho.

À professora Dra. Márcia Ramos, por todas as vezes que me fez acreditar em minha capacidade, me fazendo entender que o futuro é feito a partir da constante dedicação no presente.

À professora Dra. Pablícia Oliveira Galdino, pelos conhecimentos transmitidos durante este estudo.

À Universidade Estadual da Paraíba - UEPB, entre professores, alunos, funcionários e técnico-administrativos.

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

## RESUMO

Neste trabalho foram avaliados métodos de inativação e inibição enzimática com o objetivo de evitar o escurecimento em frutas (banana, maçã, pêra, caju) e hortaliça (batata), provenientes do comércio varejista da cidade de Alagoa Grande-PB. Testaram-se três métodos: método de branqueamento por imersão e a vapor e por adição de substâncias químicas: ácido cítrico a 1%, bissulfito de sódio a 0,03% e metabissulfito de potássio a 0,03% em três intervalos de tempos diferentes 1, 2 e 3 minutos. Avaliou-se a cor, através de medidas colorimétricas empregando a escala universal de luminosidade L\*, para as melhores amostras no branqueamento por imersão e a vapor, como também, em todas as amostras submetidas ao tratamento por adição de substâncias químicas, inclusive as amostras controle e amostras sem tratamento. O branqueamento que melhor apresentou resultado foi quando se utilizou o método a vapor, para a maçã e o caju no tempo de 2 minutos e para a batata no tempo de 3 minutos, já para a banana e pera foi por o método por imersão nos tempos de 1 e 3 minutos, respectivamente. O método mais eficiente dentre as substâncias químicas utilizadas na preservação da cor das frutas e hortaliças foi o metabissulfito de potássio na concentração de 0,03%, para maçã no tempo de 2 minutos, pera no tempo de 1 minuto e batata no tempo de 3 minutos, já para a banana foi por imersão em ácido cítrico a 1,0% no tempo de 3 minutos e caju em bissulfito de sódio a 0,03% no tempo de 3 minutos.

**Palavras chave:** branqueamento, frutas, escurecimento enzimático.

## ABSTRACT

In this work, inhibition and enzymatic inactivation methods have been evaluated with the objective of avoiding the darkening of fruits (banana, apple, pear, cashew) and vegetables (potato), coming from the retailer trade in the city of Alagoa Grande-PB. Three methods were tested: immersion whitening steam by adding chemical substances: citric acid 1%, sodium bisulfite 0,03% and potassium metabisulfite 0,03% at three different time intervals 1, 2 and 3 minutes. The color is evaluated through colorimetric measurements using the universal luminosity scale  $L^*$ , for the best samples in the immersion whitening and steam, also, in all submitted samples to treatment by adding chemical substances, including control samples and samples without treatment. The whitening that showed better result, it was when used the steam method, which it took 2 minutes for the apple and cashew and 3 minutes for the potato, however, for the banana and pear it took 1 to 3 minutes by immersion, respectively. The most effective method used among the chemical substances to protect the color of fruits and vegetable was the potassium metabisulfite in concentration of 0,03%, it took 2 minutes for the apple, it took one minute for pear and it took three minutes for potato, still, for banana, by citric acid immersion to 1,0% it took 3 minutes and cashew sodium bisulfite 0,03%, it took 3 minutes time.

**Keywords:** whitening, fruits, enzymatic darkening.

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> - Produção de frutas no Brasil no período de 2001 a 2011.....	13
<b>Figura 2</b> – Reação de escurecimento enzimático a partir da polifenoloxidase.....	20
<b>Figura 3</b> – Compostos fenólicos encontrados em vegetais.....	23
<b>Figura 4</b> – Reação do guaiacol com a água oxigenada (H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> ) catalisada pela POD formando um pigmento de coloração escura.....	26
<b>Figura 5</b> – Aspecto visual após branqueamento por imersão nos tempos de 1, 2 e 3 minutos da banana, maçã, pêra, caju e batata.....	33
<b>Figura 6</b> – Aspecto visual após branqueamento por imersão nos tempos de 1, 2 e 3 minutos da banana, maçã, pêra e batata.....	34
<b>Figura 7</b> – Aspecto visual após imersão em solução de ácido cítrico nos tempos de 1, 2 e 3 minutos da banana, maçã, pêra, caju e batata.....	36
<b>Figura 8</b> – Aspecto visual após imersão em solução de bissulfito de sódio nos tempos de 1, 2 e 3 minutos da banana, maçã, pêra, caju e batata.....	37
<b>Figura 9</b> – Aspecto visual após imersão em solução de metabissulfito de potássio nos tempos de 1, 2 e 3 minutos da banana, maçã, pêra, caju e batata.....	37



## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1</b> – Substratos endógenos para PPO em vegetais.....	20
<b>Tabela 2</b> – Resultados do escurecimento após o branqueamento por imersão da banana, maçã, pêra, caju e batata nos tempos de 1, 2 e 3 minutos.....	34
<b>Tabela 3</b> – Resultados do escurecimento após o branqueamento a vapor da banana, maçã, pêra, caju e batata nos tempos de 1, 2 e 3 minutos.....	35
<b>Tabela 4</b> – Valores médios de luminosidade ( $L^*$ ) após o branqueamento.....	38
<b>Tabela 5</b> – Valores médios de luminosidade ( $L^*$ ) após imersão em soluções.....	39

## **LISTA DE ABREVIATURAS E/OU SIGLAS**

ABBA	Associação Brasileira da Batata
CIE	Commisione International e L'Eiclarage
L*	Luminosidade
NUPEA	Núcleo de Pesquisa e extensão em Alimentos
pH	Potencial Hidrogeniônico
POD	Peroxidase
PPO	Polifenoxidase
UEPB	Universidade Estadual da Paraíba
UFCG	Universidade Federal de Campina Grande

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>11</b>
1.1 OBJETIVOS.....	12
1.1.1 Objetivo Geral.....	12
1.1.2 Objetivos Específicos.....	12
<b>2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....</b>	<b>13</b>
2.1 FRUTAS.....	13
2.1.1 Banana.....	14
2.1.2 Maçã.....	15
2.1.3 Pêra.....	16
2.1.4 Caju.....	16
2.2 HORTALIÇA.....	17
2.2.1 Batata inglesa.....	18
2.3 ENZIMAS.....	19
2.3.1 Alterações dos alimentos causados por enzimas.....	22
2.3.1.1 Escurecimento enzimático .....	22
2.3.2 Fatores que influenciam a atividade enzimática.....	23
2.4 MÉTODOS DE INATIVAÇÃO E INIBIÇÃO ENZIMÁTICA.....	24
2.4.1 Branqueamento.....	25
2.4.1.1 Por imersão.....	27
2.4.1.2 Vapor.....	27
2.4.1.3 Efeitos do branqueamento.....	28
2.4.2 Adição de substâncias químicas.....	28
2.4.2.1 Dióxido de enxofre e seus derivados.....	29
2.4.2.2 Ácido cítrico.....	29
<b>3 MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>30</b>
3.1 PREPARO DAS AMOSTRAS.....	30
3.2 APLICAÇÃO DOS MÉTODOS DE INATIVAÇÃO E INIBIÇÃO ENZIMÁTICA.....	30
3.2.1 Branqueamento .....	31
3.2.1.2 Por imersão.....	31
3.2.1.3 A vapor.....	31

<b>3.2.2 Adição de substâncias químicas.....</b>	<b>31</b>
3.2.2.1 Ácido cítrico.....	31
3.2.2.2 Metabissulfito de potássio .....	32
3.2.2.3 Bissulfito de sódio .....	32
<b>3.3 DETERMINAÇÃO DA COR.....</b>	<b>32</b>
<b>3.3.1 Observação visual.....</b>	<b>32</b>
3.3.2 Medição instrumental.....	32
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....</b>	<b>33</b>
4.1 ANÁLISE VISUAL DO ESCURECIMENTO APÓS O BRANQUEAMENTO.....	33
4.2 ANÁLISE VISUAL DO ESCURECIMENTO APÓS IMERSÃO EM SUBSTÂNCIAS QUÍMICAS.....	36
4.3 RESULTADOS DA COR APÓS OS MÉTODOS DE TRATAMENTO.....	38
<b>5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>42</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>43</b>

# 1 INTRODUÇÃO

Os alimentos de origem vegetal, como as frutas e hortaliças, desempenham um papel importante na alimentação humana devido ao valor nutricional e atributos sensoriais, considerados indispensáveis à saúde.

De acordo com Rufino (2008), o aumento no consumo de frutas frescas, assim como processadas e exportadas vem impulsionando a cada ano a produção brasileira, sendo o Brasil o terceiro maior produtor mundial de frutas.

Um dos fatores importantes que determinam a qualidade dos frutos e hortaliças é a manutenção da cor natural. Mudanças na coloração durante a colheita, pós-colheita, processamento e armazenamento acarretam em queda de qualidade, quando não controlados, tornando-se um grande desafio na elaboração de produtos processados.

As frutas e hortaliças merecem atenção especial, pois possuem em sua composição grupos de enzimas que causam alterações nos alimentos. Elas são responsáveis pela formação de compostos extremamente desejáveis, mas também podem provocar consequências desfavoráveis, escurecimento e ocorrem não só no alimento natural quando cortado, mas também durante o processamento e armazenamento de forma ineficiente (COSTA, 2011).

A maioria das frutas e vegetais quando submetidas ao descascamento, corte, trituração e outras injúrias rapidamente escurecem, pois com o rompimento das células, as enzimas naturalmente presentes entram em contato com diversos substratos que na presença de oxigênio, desenvolvem no produto uma coloração escura, além de mudanças indesejáveis nas características sensoriais (SANTIAGO, 2008).

As enzimas peroxidase e polifenoxidase lideram a degradação oxidativa de compostos sendo responsáveis pelo escurecimento em frutas, vegetais e seus produtos processados, por isso o controle das atividades destas enzimas é de grande importância durante a transformação dessas matérias primas para a obtenção de produtos processados (FREITAS, 2008).

A inativação e inibição enzimática podem ser realizadas através de alguns métodos, como por exemplo: tratamento térmico, branqueamento, o qual o binômio temperatura e tempo são parâmetros fundamentais nesse processo; exclusão do oxigênio por embalagem a vácuo ou emprego de atmosfera modificada além da adição de aditivos químicos como, dióxido de enxofre e seus derivados, ácido ascórbico e ácido cítrico; (COSTA, 2011).

O branqueamento tem sido um dos mais populares métodos de prevenção do escurecimento enzimático aplicado a frutas e hortaliças. No branqueamento, o processo térmico é de curto tempo de aplicação, com características de pré-tratamento, onde comumente é empregado para inativar enzimas contidas em frutas e hortaliças, antes de serem submetidas ao congelamento e secagem, já que a temperatura utilizada nestes processos não são suficientes para a sua inativação (ORSO, 2011).

## 1.1 OBJETIVOS

### 1.1.1 Objetivo Geral

Aplicar métodos de inibição e inativação enzimática em frutas e hortaliça.

### 1.1.2 Objetivos Específicos

- Avaliar o método de inativação enzimática, branqueamento, por imersão e a vapor; na temperatura de ebulição da água nos tempos 1, 2 e 3 minutos;
- Avaliar o método de inibição enzimática utilizando as substâncias químicas, metabissulfito de potássio, bissulfito de sódio e ácido cítrico nos tempos 1, 2 e 3 minutos;
- Observar visualmente o escurecimento das frutas e hortaliças após o branqueamento e a imersão em substâncias químicas à temperatura ambiente por 4 horas;
- Verificar a luminosidade ( $L^*$ ) antes e após os métodos de inibição e inativação enzimática.

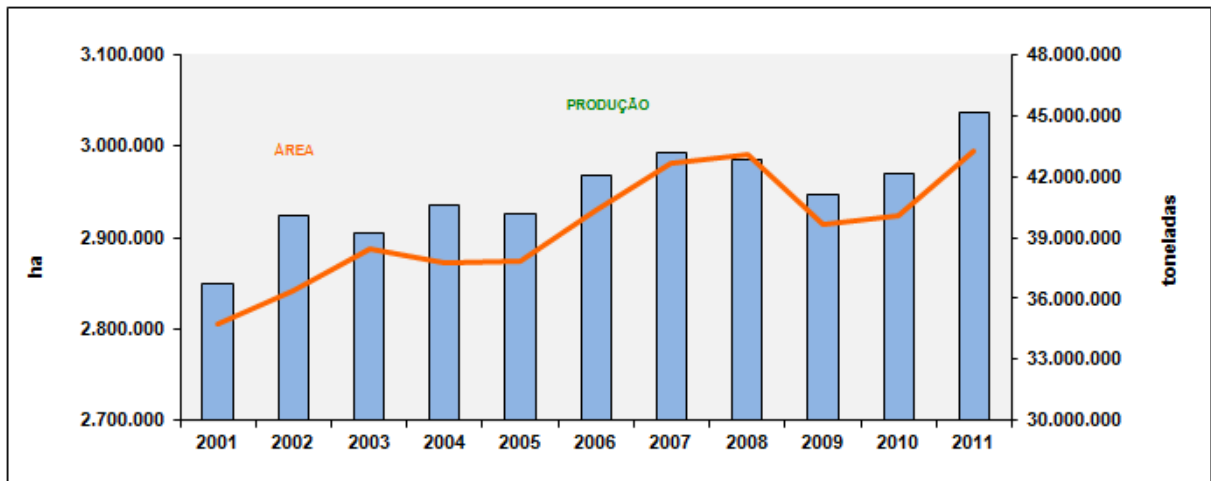
## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### 2.1 FRUTAS

As frutas desempenham um papel fundamental no que se refere a uma dieta saudável, proporcionando uma melhor qualidade de vida, vitalidade e prevenção de inúmeras doenças, devido à presença de uma grande quantidade de vitaminas, minerais e fibras, tornando-as um alimento essencial, salutar e sem precedentes em nossas vidas (LORENZI et al., 2006).

Segundo a Secretaria do Estado da Agricultura e do Abastecimento (SEAB, 2012) o Brasil é o terceiro maior produtor mundial de frutas, atrás apenas da China e Índia. A produção de frutas no Brasil em 2001 manteve-se em patamares superiores a 36,0 milhões de toneladas, em 2002 superou aos 40,0 milhões e no ano de 2011 foram colhidas 45,1 milhões de toneladas, 7,1% superior ao ano anterior, quando os volumes colhidos foram de 42,1 milhões de toneladas, como mostra a Figura 1.

Figura 1 - Produção de frutas no Brasil no período de 2001 a 2011



Fonte: SEAB, 2012.

As condições climáticas de cada região favorecem o cultivo, colheita ou processamento de determinados vegetais. Na produção de frutas, além destas questões é também importante considerar as perdas que ocorrem após a colheita, pois algumas frutas continuam vivas depois de tiradas da planta mãe, necessitando de cuidados específicos que possibilitem um tempo maior de conservação ou técnicas de aproveitamento para o excesso da produção. Esses cuidados são tomados de acordo com o tipo de fruta, assim como também,

conhecendo as melhores maneiras de manuseio durante a colheita, o transporte, o armazenamento e a comercialização.

Devido ao metabolismo respiratório e de maturação mais ativos do que em frutos *in natura* não processados, as frutas minimamente processadas são altamente perecíveis, com isso, há uma grande necessidade de adoção de medidas preventivas à deterioração imediatamente após o início do processamento e durante a conservação. Além disso, algumas frutas são altamente sensíveis ao escurecimento enzimático (COSTA, 2010).

As frutas por serem altamente perecíveis, faz-se necessário o conhecimento de suas fisiologias pós-colheita para o emprego adequado de tecnologias, visando aumentar o período de conservação. Após a colheita de frutas e hortaliças os processos degradativos se iniciam, causando grandes perdas, que podem ser atribuídas à ação de enzimas durante a pós-colheita.

### **2.1.1 Banana**

A bananeira (*Musa spp.*), pertencente à família *Musaceae* originária do sudeste da Ásia é uma das fruteiras mais cultivadas nos países tropicais e seu fruto um dos mais consumidos no mundo, dado seu elevado valor nutritivo, na forma *in natura*, cozida, assada ou frita. Além disso, a banana é um fruto climatérico, que apresenta grande importância econômica nos países tropicais podendo ser comercializada praticamente durante o ano todo (FRANCISCO et al., 2014).

No Brasil o cultivo da banana encontrou ótimas condições de desenvolvimento com área cultivada em torno de 511 mil hectares, somente superada pela área de 709 mil hectares cultivada na Índia (DIAS, 2011).

No Brasil, existe um número expressivo de variedades de banana, contudo, são poucas as cultivares adequadas para a exploração comercial, devido a alguns aspectos como preferência dos consumidores, tolerância a pragas e doenças, resistência à seca, resistência ao frio e produtividade (SILVA et al., 2009).

O fruto da banana é partenocárpico, ou seja, desenvolve-se sem fecundação. Tem o formato alongado, casca fina, de polpa pastosa, coloração branco-amarelada, aromática e de sabor doce e ausência de sementes. Os pequenos pontos pretos encontrados na massa carnosa do fruto são óvulos que não se desenvolveram em sementes. Sua casca pode apresentar-se verde e, depois de madura, amarela, parda ou avermelhada, com ou sem manchas pretas.

Assim como em qualquer fruto, muitas transformações ocorrem durante o amadurecimento da banana. Os amidos são degradados através de hidrólise em açúcares



solúveis. A acidez indica o estágio de maturação da banana predominando o ácido málico consequentemente ocorrendo a diminuição do pH.

Uma mistura muito complexa a cerca de 350 compostos voláteis está na origem do seu aroma, é um fruto rico em carbono que se transforma à medida que amadurece. A banana apresenta um elevado teor de amido, de 20 a 25 % em peso do fruto verde, além de ser uma fonte rica em vitaminas A, B1, B2, potássio, carboidratos e fibras (KOPF, 2008). Apenas um fruto de banana pode conter um valor energético de 89kcal (JESUS et al., 2004).

### 2.1.2 Maçã

A *Malus domestica* é a primeira denominação válida publicada para macieira cultivada. A macieira é uma frutífera típica de clima temperado, proveniente da família *Rosaceae*, sua origem deu-se entre o Cáucaso e o leste da China. As principais variedades comerciais de maçãs são a Gala, a Fuji e a *Golden Delicious* que, juntas, representam mais de 95% de toda a produção brasileira (CÓRDOVA, 2006).

O Brasil está entre os principais países produtores de maçã do mundo, colhendo em 2010 uma safra em torno de 1,3 milhões de toneladas. A maior parte da produção provém da Região Sul do país, onde as condições climáticas são propícias e apresentam extensas quantidades de terra para produção. Essa região é responsável, por aproximadamente 98% da produção nacional, sendo Santa Catarina o maior produtor de maçã, com 46,94% da produção nacional, seguido do Estado do Rio Grande do Sul, com 46,48% (RECH; CARIO e AUGUSTO, 2014).

Dos cultivares de maçãs produzidas no Brasil as principais são a Gala e a Fuji, além de suas mutações. Toda a colheita ocorre nos primeiros quatro meses do ano. O ponto de colheita está relacionado com determinados índices ou parâmetros, dentre eles, geração de CO<sub>2</sub> através do processo de respiração, quantidade de amido, acidez titulável, teor de açúcares e firmeza de polpa. Estes são utilizados para estabelecer critérios mínimos e máximos aceitáveis, de acordo com o destino da fruta já colhida (PLADA et al., 2011).

A composição nutricional da maçã merece destaque, principalmente por ser fonte de vitaminas do complexo B, C, E e sais minerais, além de que seu conteúdo calórico é baixo, cerca de 60 calorias a cada 100 gramas da fruta. Os valores nutricionais da maçã mostram que 85% da sua composição são de água. Grande parte dos açúcares contidos na fruta é derivada da frutose, mas contém também glucose e sacarose, em menores quantidades. As principais características físicas da maçã são: a cor, que tende a mudar de acordo com a variedade; o

sabor, que varia de ácido até um sabor adocicado; e sua forma, que pode ser redonda ou ovoide (CARIO et al., 2008).

A maçã é uma fruta que oferece perspectiva promissora para a industrialização, uma vez que apresenta características favoráveis a esta finalidade e dela podem ser obtidos produtos com boa aceitação. Atualmente no Brasil, aproximadamente 15% da produção é transformada em suco, sendo uma parcela destinada à exportação (FIGUEIRA; DUCATTI e FILHO, 2014). As maçãs além de serem vendidas para consumo *in natura* são destinadas a outras diferentes possibilidades de industrialização que as utilizam para fabricação de vinhos, geleias, vinagres e ainda outras opções, como congeladas, desidratadas e enlatadas (RECH; CARIO e AUGUSTO, 2014).

### 2.1.3 Pêra

As pêras são frutíferas típicas de clima temperado de origem euroasiático com referências à Europa Central, China, Japão e Indonésia. No Brasil são cultivadas as espécies *Pyrus communis L.*, *Pyrusserotina R.* e *P. bretschneidera*, da família *Rosaceae*. Takahashi e Ravelli (2013) destacam que devido as condições climáticas desfavoráveis, o cultivo da pêra no país é pequeno e encontra-se centralizado na região sul.

A pêra é uma fruta que tem um alto teor de fibras, rica em água, sais minerais incluindo sódio, potássio, cálcio, fósforo, têm quantidades razoáveis de vitamina B1, B2 e Niacina, todas do complexo B, além disso, possui boa fonte de pectina e contém quantidades consideráveis de açúcar e tiamina (ROCHA, 2008).

É a terceira fruta mais produzida no mundo, depois da uva e maçã e sua comercialização se dá tanto *in natura* quanto industrializada, na forma de geleias, caldas, desidratadas, sucos, vinhos, compotas e sorvetes (TAKAHASHI e RAVELLI, 2013).

### 2.1.4 Caju

O caju (*Anacardium Occidentale*) é um fruto onde o pedúnculo floral é a parte comumente vendida como fruta, embora também seja dada essa denominação ao conjunto (castanha e pedúnculo). O pseudofruto ou pedúnculo floral é hipertrofiado, carnoso, suculento e bastante variável em tamanho, massa, forma e coloração da pele (MOURA et al., 2013).

A exploração do caju é notável pelo seu grande potencial nutricional e econômico. A fruta que é rica em fibras, vitamina A e do complexo B, apresenta teores de vitamina C que

variam de 120 a 300 mg/100g, valores considerados altos quando comparados às doses recomendadas para ingestão diária, que variam de 30 a 50 mg/dia. O ácido ascórbico é importante por sua ação antioxidante e estimulação do sistema imunológico dentre outros benefícios à saúde que estão sendo investigados (NUNES et al., 2013).

A utilização do pedúnculo do caju é considerada como uma boa fonte de renda, além de apresentar várias opções tecnológicas de industrialização, principalmente por ser uma matéria-prima abundante e de baixo custo. Por ser perecível o desperdício na zona rural é elevado, necessitando de cuidados no manuseio e transporte, visando atender as demandas mercadológicas (OLIVEIRA et al., 2013).

O aproveitamento industrial do pseudofruto é bastante amplo, devido a quantidade de opções que possibilita. O principal produto industrializado dessa fruta é o suco concentrado, o mais vendido do país, seguido de doces, sorvetes, licores e bebidas. Além disso, o mercado de frutas para mesa, assim como, seus subprodutos aumentaram a lucratividade desse negócio (RUFINO, 2008).

## 2.2 HORTALIÇAS

Hortaliças são vegetais que compreendem as partes comestíveis das plantas como raízes, tubérculos, caules, folhas, flores, frutos e sementes. São vulgarmente conhecidas por verduras (parte comestível de cor verde); e legumes (frutas e sementes das leguminosas); tubérculos e raízes (parte subterrânea das espécies) e bulbos e talos. Hortaliça é a denominação genérica para legumes e verduras (PIGOLI, 2012).

Segundo Pigoli (2012), o valor nutricional das hortaliças varia de acordo com a parte da planta. O teor de vitaminas dos alimentos é bastante variado, no caso de vegetais, pode variar de acordo com: a espécie, o estágio de maturação na época da colheita, variações genéticas, do manuseio pós-colheita, das condições de estocagem, do processamento e do tipo de preparação.

Para Chitarra (2002), os dados sobre a composição química dos vegetais são bastante variáveis, isto ocorre em decorrência dos numerosos fatores de influências tais como: diferenças entre cultivares, grau de maturidade do produto, estação de colheita, local e clima.

Nas últimas três décadas o consumo de hortaliças e seus derivados vêm aumentando nos Estados Unidos, fato também observado no Brasil. Em estudo sobre as modificações do estado nutricional e da dieta da população brasileira, foi observado que os padrões de

consumo têm se modificado, havendo um aumento no consumo de frutas e hortaliças. A partir da década de 70 observou-se preferência por uma alimentação saudável, constituída de hortaliças e frutos frescos (MOREIRA, 2006).

### **2.2.1 Batata inglesa**

A batata da espécie *Solanum tuberosum L.*, comumente conhecida como batata inglesa, é originária dos Andes peruanos e bolivianos onde é cultivada há mais de 2.000 anos. Atualmente a batata é o 4º alimento mais consumido no mundo, após arroz, trigo e milho, sendo a China o maior produtor dessas olerícola. O Brasil ocupa o 21º lugar no cenário mundial, posicionando em 2º lugar, no contexto sul americano, quando se consideram área e produtividade (FERNANDES, 2006). É a hortaliça de maior importância econômica no Brasil, sendo na forma *in natura* quase que exclusivamente sua comercialização (ZORZELLA et al.,2003).

A batata é um dos alimentos mais nutritivos para o homem, rico em carboidratos, ferro, potássio, cálcio e importante fonte de amido. Devido ao grande potencial energético, a batata desempenha um papel importante na dieta, além de ser uma boa fonte de proteína de alta qualidade, por ser constituída de aminoácidos essenciais como a metionina e cisteína, contém ainda vitaminas e sais minerais, podendo ser usado como matéria-prima para diversos produtos alimentícios. Em relação às vitaminas, a batata possui uma boa fonte de ácido ascórbico (vitamina C), apresentando até 36 mg/100g de tubérculos frescos e de algumas vitaminas do complexo B (como a tiamina, riboflavina, niacina, piridoxina) e ácido fólico (ABBA, 2015).

A indústria cada vez mais vem utilizando processos que atribuem maior valor a batata, ao mesmo tempo em que propicia ao consumidor a oportunidade de obtenção de produtos diferenciados. A batata inglesa é aproveitada na indústria, para a produção de álcool (vinho), pré-frita congelada, chips, pré-cozida, extração de fécula (amido), entre outros.

## 2.3 ENZIMAS

Enzimas são catalisadores biológicos, de natureza protéica que participam de várias reações bioquímicas, acelerando-as em determinadas condições de pH, temperatura, meio iônico que acontecem nos animais e vegetais (SANTIAGO, 2008).

As reações enzimáticas são muito importantes em alimentos, elas são responsáveis pela formação de compostos desejáveis, mas também podem provocar consequências desfavoráveis e ocorrem não só no alimento natural, mas também durante o seu processamento e armazenamento. Dentre os alimentos, os de origem vegetal merecem atenção especial, devido ao fato de possuírem em sua composição grupos de enzimas que podem causar alterações indesejáveis nos alimentos, tais como: a reação de escurecimento dos tecidos vegetais, que ocorre principalmente pela presença de oxigênio e dos compostos fenólicos (COSTA, 2011).

Em relação aos aspectos fisiológicos de frutos e vegetais, grande parte das reações de deterioração, como mudanças no sabor, na textura, turbidez e valor nutricional, são ocasionados por enzimas pectinolíticas e por enzimas do grupo das oxidoredutases, das quais duas são relevantes na degradação oxidativa dos compostos fenólicos por causarem a produção de polímeros de coloração marrom (melaninas): a polifenoloxidase (PPO) e a peroxidase (POD) (CHITARRA e CHITARRA, 2005).

As polifenoloxidases (1,2 benzenodiol: oxigênio óxido-redutase) estão presentes na maioria das plantas, em alguns animais e em algumas bactérias e fungos. Dependendo dos substratos utilizados na reação de escurecimento dos tecidos vegetais, as polifenoloxidases podem ser denominadas de tirosinase, polifenolase, fenolase, catecol oxidase, creolase ou catecolase (ARAUJO, 2008).

Costa (2011) afirma que, o tipo e a concentração do substrato fenólico afetam diretamente o escurecimento enzimático, por isso alguns vegetais escurecem mais rapidamente que outros. As polifenoloxidases apresentam especificidade de substrato pouco estrita. Alguns exemplos de substratos fenólicos e suas respectivas fontes são apresentados na Tabela 1.

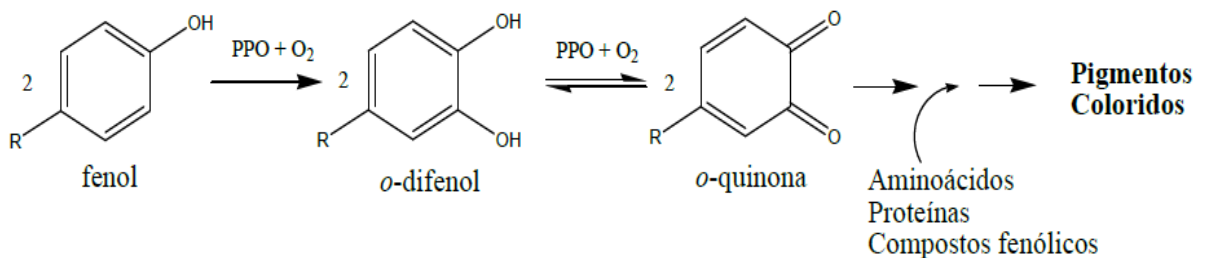
Tabela 1 – Substratos endógenos para PPO em vegetais

Produto	Substrato
Banana	3,4-diidroxifeniletilamina (dopamina)
Maçã	Ácido clorogênico, o-catequina
Cacau	Catequinas
Café	Ácido clorogênico, ácido cafeico
Berinjela	Ácido cafeico, ácido cinâmico
Alface	Tirosina
Cogumelo	Tirosina
Batata	Tirosina, ácido clorogênico, flavonoides
Chá	Flavonoides, catequinas, taninos
Pêssego	Taninos
Pêra	Ácido clorogênico

Fonte: ARAÚJO, 2008.

As PPOs, com auxílio do oxigênio molecular, são capazes de oxidar compostos fenólicos, obtendo como resultado final dessas reações catalisadas as quinonas (COSTA, 2011). Segundo Silva, Rosa e Boas (2009), as quinonas são compostos amarelados, instáveis e altamente reativos que podem reagir entre si e com outros componentes do meio para gerar produtos de condensação de alta massa molecular de cor escura, chamados de melaninas, conforme representado na Figura 2.

Figura 2 - Reação de escurecimento enzimático a partir da polifenoloxidase.



Fonte: CLERICI et al., 2014.

De acordo com Reis (2007), as enzimas possuem um pH ótimo no qual sua atividade é máxima, e em geral, quando apresentam casos de valores extremos de pH, podem desnaturar tornando-as inativas. As enzimas PPOs apresentam pH ótimo entre os valores de 5,0 a 7,0 e em condições de pH menores que 3,0 são inativadas.

A PPO não é uma enzima termorresistente, por isso, na maioria dos casos a destruição completa de suas funções catalíticas se dá pela exposição por curtos períodos de tempo do tecido em temperatura de 70 a 90°C (ALCANTÁRA e SANTOS, 2014).

A peroxidase (EC 1.11.1.7, doador H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> óxido-redutase) é outra enzima presente nos vegetais e tem as funções de proteção dos tecidos vegetais contra os efeitos tóxicos da H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> formada durante o metabolismo celular do vegetal; e também na atuação na degradação de ácidos graxos insaturados, através dos radicais livres gerados pela reação enzimática, com formação de compostos voláteis relacionados ao sabor oxidado (CLERICI et al., 2014).

Brito (2005) afirma que a peroxidase pode causar mudanças indesejáveis no aroma, gosto, cor, textura, perda de nutrientes e ainda pode participar da destruição de vitamina C, catalizar o branqueamento dos carotenóides na ausência de ácidos graxos insaturados e a descoloração de antocianinas. Catalisa a reação de degradação de ácidos graxos insaturados, produzindo voláteis que alteram o sabor.

Segundo Fontes et al., (2009), a peroxidase contém um grupo prostético heme (ferriprotoporfirina IX) e no processo catalítico oxida de forma transitória o íon férrico a estados de valência mais alta. O peróxido pode ser o de hidrogênio ou peróxido orgânico, como metil ou etil peróxido de hidrogênio. Na reação que envolve a peroxidase, o doador de elétrons pode ser o ascorbato, as aminases outros compostos orgânicos, tais como os fenóis.

A POD não é uma enzima específica, logo ela é capaz de catalisar um grande número de reações oxidativas que ocorrem naturalmente em tecidos de plantas usando peróxido como substrato, ou, em alguns casos, oxigênio como um aceptor de hidrogênio. No entanto, a concentração interna de peróxido de hidrogênio nas plantas é pequena, o que limita a atividade da enzima (SILVA; ROSA e BOAS, 2009).

Assim como as PPOs, essas enzimas também estão relacionadas as reações de oxidação que resultam na formação de compostos coloridos, mas também podem promover várias reações de biodegradação (COSTA, 2011). Em vegetais, a peroxidase induz as mudanças negativas de sabor durante a estocagem. Dependendo do substrato empregado, essas enzimas apresentam diferentes valores de pH ótimo de atividade e após certas condições de tratamento, podem regenerar sua atividade durante o armazenamento de alimentos processados (FREITAS et al., 2008).

As PODs estão entre as enzimas mais termoestáveis relatadas em vegetais e sua inativação tem sido convencionalmente usada como indicador de adequação de branqueamento em processamentos vegetais (SANTIAGO, 2008).

As atividades das polifenoloxidasas e das peroxidases são, na maior parte dos casos, indesejáveis em frutas e hortaliças devido à coloração escura que produzem. Diversos métodos têm sido desenvolvidos para evitar o escurecimento enzimático, baseados na eliminação de um ou mais de seus componentes essenciais, tais como: o oxigênio, a enzima, o cobre ou o ferro do centro catalítico da PPO e da POD, respectivamente, ou o substrato, assim como também, a aplicação do tratamento térmico, branqueamento e adição de aditivo químico objetivando a inativação enzimática (LAURILA, KERVINEN e AHVENAINEN, 1998).

### **2.3.1 Alterações dos alimentos causados por enzimas**

As reações enzimáticas são muito importantes em alimentos e ocorrem não só no alimento *in natura*, mas também durante o seu processamento e armazenamento. As frutas e hortaliças quando submetidas à etapa de corte, descascamento e outras ações físicas, sofrem injúrias e danos ao tecido (SILVA; ROSA e BOAS, 2009).

Segundo Santiago (2008), os tipos de alterações causadas por enzimas vão desde o escurecimento enzimático, apodrecimento de vegetais até rancidez lipolítica. As enzimas ainda causam o aparecimento de odores estranhos (“*offflavors*”) e lignificação da parede celular, diminuindo a qualidade do produto (FENNEMA, 2000).

As enzimas estão presentes no interior das frutas e hortaliças, sendo indispensáveis para o amadurecimento das mesmas, em contrapartida, uma reação enzimática muito importante, mas com resultados não desejáveis é a reação de escurecimento enzimático.

#### **2.3.1.1 Escurecimento enzimático**

A reação de escurecimento enzimático em frutas, vegetais e bebidas é ainda um dos grandes problemas enfrentados pelas indústrias de alimentos, acarretando perdas econômicas consideráveis. De acordo com Araújo (2008) a enzima polifenoloxidase é responsável por aproximadamente 50% da perda de frutas tropicais no mundo.

Em estudo realizado com tubérculos, Cabello (2005), aponta como fatores responsáveis para a ocorrência da reação de escurecimento enzimático à presença de enzimas, substrato fenólico (catecol) e oxigênio, a ausência de um desses fatores impede a reação de ocorrer, controlando assim sua oxidação.

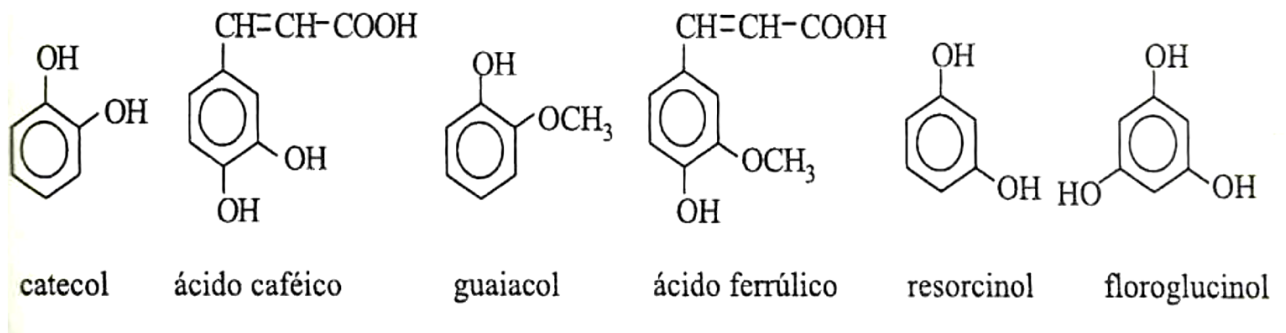
Normalmente, os substratos fenólicos naturais estão separados das enzimas oxidativas por tecidos intactos. Através de danos mecânicos provocados por cortes, retirada da casca ou



caroço, essas enzimas entram em contato com os substratos e as reações de escurecimento são iniciadas (SANTIAGO, 2008).

A Figura 3 representa os compostos fenólicos amplamente distribuídos no reino *Plantae*, que são considerados como metabólitos secundários, estruturalmente contêm um anel aromático com um ou mais grupos hidroxilas, juntamente com outros substitutos. A composição fenólica de frutas e hortaliças varia de acordo com a espécie, cultivo, grau de amadurecimento e condições ambientais de desenvolvimento e de armazenamento (SILVA; ROSA e BOAS, 2009).

Figura 3 - Compostos fenólicos encontrados em vegetais



Fonte: ARAÚJO, 2008.

O escurecimento de frutas e certos vegetais após amassados, cortados ou triturados é iniciado pela oxidação enzimática de compostos fenólicos pelas PPOs. O produto inicial da oxidação é a quinona que quando condensada, forma pigmentos escuros insolúveis, denominados de melanina. A ação desta enzima também causa mudanças nas propriedades organolépticas e na aparência do produto, acarretando diminuição de vida útil e de valor de mercado (ARAÚJO, 2008).

### 2.3.2 Fatores que influenciam a atividade enzimática

Um fator de fundamental importância que influencia a atividade das enzimas é a temperatura. De acordo com Santiago (2008), as reações enzimáticas são afetadas por mudanças de temperatura, onde o aumento desta provoca maior frequência dos choques entre os reagentes e a energia nelas envolvidas e, portanto, um aumento na velocidade da reação. Porém, com o prosseguimento da elevação de temperatura, a agitação das moléculas se torna

tão intensa que as ligações que estabilizam a estrutura espacial da enzima se rompem e começa a ocorrer a desnaturação térmica da enzima caindo a velocidade de reação.

Para Silva (2000), de uma forma geral, temperaturas abaixo das que tem se registrado no ambiente são utilizadas para retardar as reações químicas e as reações enzimáticas, de forma que quanto mais baixa for a temperatura, tanto mais reduzida será a ação enzimática. Entretanto, somente o aquecimento inativa (temperaturas de aproximadamente 95°C) a ação enzimática e a refrigeração apenas retarda sua atividade.

Cada enzima tem um pH ótimo de atuação, no qual a sua atividade é máxima, algumas atuam melhor em pH mais baixo (ácido), outras em pH mais alto (básico), mas todas são sensíveis as variações da concentração em  $H^+$ . Quando o pH, e os outros fatores são ótimos para a catálise enzimática a reação aumenta até ao máximo a sua velocidade (CLERICI et al., 2014).

Há enzimas que são favorecidas pelo aumento ou diminuição da temperatura, assim como também o pH, onde certos valores extremos quando ultrapassados, poderão inativá-las.

Além dos fatores citados o tempo, a concentração da enzima e a concentração do substrato também influenciam as atividades enzimáticas.

## 2.4 MÉTODOS DE INATIVAÇÃO INIBIÇÃO ENZIMÁTICA

Os alimentos de um modo geral tem a propriedade de se deteriorar com facilidade, sendo importante e necessário o uso de técnicas e métodos capazes de protegê-los de agentes deteriorantes, minimizando ao máximo as alterações nas características organolépticas e nutricionais.

Modificações na coloração durante a colheita, pós-colheita, processamento e armazenamento causam queda na qualidade, quando não controlados, tornando-se um grande desafio. As estratégias de prevenção do escurecimento enzimático durante as operações iniciais de processamento, como o descascamento e corte de frutas e vegetais, são a diminuição do pH do meio (acidificação), uso de compostos químicos sulfurados e o branqueamento (REIS, 2007).

A prevenção da oxidação em tecidos vegetais pode se dar através de procedimentos físicos ou químicos. Os processos físicos de conservação dos alimentos, como desidratação, armazenamento a baixas temperaturas e tratamentos térmicos, apesar de serem os mais adotados, possuem uma série de limitações. Entretanto, estes processos quando aplicados aos alimentos alteram suas propriedades organolépticas, como sabor e odor. Outras possibilidades

consistem na exclusão ou remoção de um ou ambos os substratos (oxigênio, enzima e substrato); redução do pH em duas ou mais unidades abaixo do pH ótimo (6,0); adição de substâncias redutoras que inibam a ação da polifenoloxidase ou previnam a formação da melanina (ARAUJO, 2008).

A escolha do método adequado depende de alguns fatores, tais como: natureza do alimento (se em estado sólido, líquido ou gasoso), período de tempo que se deseja conservar, tipos de deteriorações presentes nos alimentos e o custo do processo.

#### **2.4.1 Branqueamento**

O uso do calor para conservar alimentos tem por objetivo a redução ou destruição da carga microbiana e a desnaturação de enzimas. Vários tipos de tratamento térmico podem ser aplicados, a depender da termossensibilidade do alimento e da sua suscetibilidade à deterioração, bem como da estabilidade requerida do produto final. Um tratamento térmico seguro deve ser selecionado com base no binômio tempo-temperatura requerido para destruir os microrganismos patogênicos e deterioradores mais termorresistentes em um dado alimento e da embalagem (AZEREDO, 2004).

O branqueamento é um tratamento térmico aplicado às frutas e hortaliças frescas, antes do congelamento, secagem ou enlatamento que tem como objetivo principal a inativação de enzimas que normalmente causariam escurecimento, degradação de nutrientes e/ou deterioração do alimento durante seu preparo. O branqueamento não é considerado um processo de conservação em si, mas um pré-tratamento que antecede outros métodos já citados anteriormente proporcionando ao alimento mais durabilidade e qualidade de suas características sensoriais (FELLOWS, 2006).

O branqueamento tem sido um dos mais populares métodos de prevenção do escurecimento enzimático aplicado a frutas e hortaliças, devido à inativação das enzimas polifenoloxidases, responsáveis por catalisar a oxidação dos compostos fenólicos e produzir escurecimento nas superfícies das frutas expostas ao ambiente.

Pareda et al., (2005) destacam que além de inativar as enzimas o branqueamento também alcança outras finalidades como: a fixação da cor, aroma e sabor da fruta; a eliminação de ar dos tecidos evitando reações de oxidações; aumento do rendimento do produto final; menores perdas de substâncias solúveis em água, menores volumes de efluentes, facilidade de limpeza e esterilização, além de tornar a consistência da fruta firme e

tenra, reduzir o número de microrganismos contaminantes na superfície e aumenta a qualidade e vida útil do vegetal.

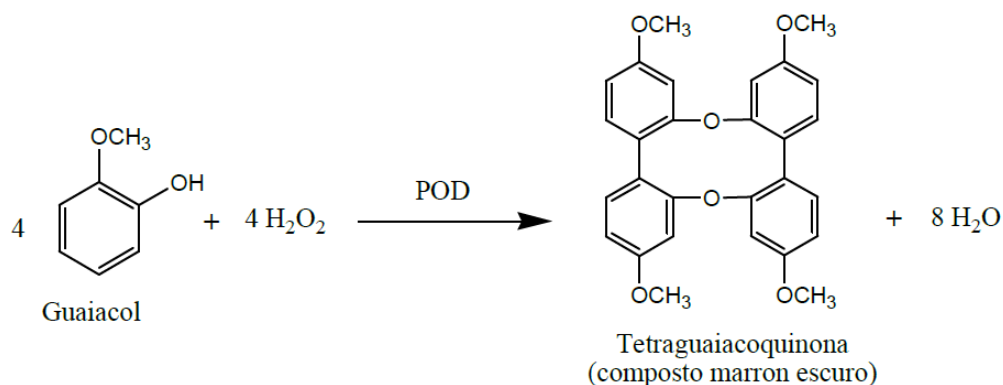
Santiago (2008) afirma que para conseguir uma inativação enzimática adequada, o alimento tem que ser aquecido de forma rápida a uma temperatura pré-estabelecida, em um tempo estabelecido e resfriado rapidamente.

Os fatores que influenciam o tempo do branqueamento são: o tipo da fruta ou hortaliça, o tamanho dos pedaços do alimento, a temperatura de branqueamento e o método de aquecimento (FELLOWS, 2006).

É válido ressaltar que um branqueamento insuficiente pode causar um dano maior ao alimento do que a ausência desta operação, pois o calor aplicado pode ser suficiente para romper os tecidos e liberar enzimas, mas não para inativá-las. Pode ocorrer ainda, a destruição de apenas algumas enzimas, ativando outras e conseqüentemente acelerar o processo de alteração (SANTIAGO, 2008).

Clerice et al., (2014) afirmam que durante o tratamento de branqueamento é difícil avaliar a atividade da PPO, entretanto, a enzima peroxidase (POD) tem sido usada como indicadora no monitoramento da eficiência do processo de branqueamento, devido a sua termoestabilidade associada à capacidade de se regenerar após sofrer desnaturação térmica. A regeneração ocorre em poucas horas após o tratamento térmico quando o alimento é mantido em temperatura ambiente, ou mais lentamente sob congelamento. Para avaliar a atividade da peroxidase, usa-se a reação com o guaiacol, cuja reação principal com a POD está apresentada no esquema da Figura 4.

Figura 4 - Reação do guaiacol com a água oxigenada ( $H_2O_2$ ) catalisada pela POD formando um pigmento de coloração escura



Fonte: CLERICI et al., 2014.

Os métodos mais comuns de branqueamento envolvem a passagem do alimento através de uma atmosfera de vapor saturado ou imersão em água quente. Esses métodos possuem vantagens e desvantagens, fazendo-se necessário uma avaliação prévia de cada um deles para garantir maior benefício no resultado final. Em certos casos, o vapor, por exemplo, constitui agente de limpeza tão eficiente quanto à água. Por sua vez, a água produz maiores perdas de nutrientes do que o vapor, e quando fervente, provoca a ruptura da casca do vegetal ou fruta, facilitando seu amolecimento (SANTIAGO, 2008).

Após ser submetido ao branqueamento o produto deve, necessariamente, ser resfriado para evitar contaminação por termófilos e para não comprometer demais sua textura. Este resfriamento pode ser feito por meio de aspersores de água fria, colocados na saída dos branqueadores.

#### 2.4.1.1 Por imersão

Para Santiago (2008), no branqueamento por uso de água quente, a temperatura pode variar de 70 a 90°C e o tempo geralmente para o tratamento pode oscilar de 1 a 4 minutos.

O uso de água quente para a realização do branqueamento é um método simples e econômico, contudo se o tempo de branqueamento for longo poderão ocorrer perdas consideráveis de nutrientes, carboidratos, proteínas, minerais, vitaminas e açúcares solúveis em água. Além disso, a água quente provoca a ruptura das barreiras biológicas do vegetal ou da fruta, facilitando seu amolecimento (FANTE, 2011).

#### 2.4.1.2 A vapor

O branqueamento a vapor consiste de uma esteira transportadora que leva o alimento através de uma atmosfera de vapor dentro de um túnel. O tempo de residência do alimento é controlado pela velocidade da esteira e pelo comprimento do túnel. Tipicamente, um túnel tem 15 m de comprimento e 1 a 1,5 m de largura (ALCÂNTARA, 2014).

O tratamento a vapor tem um resultado mais eficiente quando se trata da preservação de nutrientes (para isso o resfriamento também tem que ser por ar frio), pois a utilização de água quente faz com que os componentes solúveis fiquem retidos na água, levando a uma perda mais elevada dos nutrientes (VASCONCELOS e FILHO, 2010).

#### 2.4.1.3 Efeitos do branqueamento

Durante o branqueamento o calor recebido pelo alimento causa, inevitavelmente, alguns danos em sua qualidade sensorial e nutritiva. De acordo com Fellows (2006), durante o branqueamento há perdas de alguns nutrientes devido, em sua maior parte, à lixiviação, à destruição térmica e, em menor grau à oxidação, como também, a solubilidade de alguns outros componentes hidrossolúveis, tais como, vitaminas e sais minerais.

Um efeito bastante indesejado são as alterações no sabor e no aroma. Para os alimentos desidratados ou congelados o branqueamento inadequado pode levar ao aparecimento de sabores e odores estranhos durante a estocagem (ARAÚJO, 2008).

Em alguns tipos de alimentos o tempo e a temperatura utilizada para se obter uma inativação enzimática causam uma perda excessiva na textura (SANTIAGO, 2008).

#### 2.4.2 Adição de substâncias químicas

A utilização de inibidores de escurecimento enzimático em alimentos é restrita pela toxicidade que podem causar dependendo da concentração empregada e também pelo potencial efeito negativo na textura, aroma, gosto e custos. Os inibidores químicos de escurecimento podem ser classificados de acordo com seu modo de ação primária como: agentes antioxidantes, acidulantes, quelantes ou complexantes ou inibidores enzimáticos, atuando diretamente nas enzimas, nos substratos ou ainda nos produtos de reação (SILVA; ROSA e BOAS, 2009).

O uso de reagentes químicos como ácidos e sulfitos são geralmente usados isolados ou em associação, pois enquanto os ácidos diminuem o pH, os sulfitos interagem diretamente com intermediários formados durante a ação enzimática e impedem a reação de formação de pigmento escuro. Eles são potentes inibidores das PPOs, geralmente utilizados na forma de bissulfito de sódio e metabissulfito de sódio (na forma de gás ou de solução) são largamente utilizados pela indústria de alimentos; embora seja tóxico se usado em níveis elevados (CLERICI et al., 2014).

Alguns compostos antioxidantes naturais, como os ácidos cítrico e ascórbico, têm a capacidade de reduzir as quinonas formadas pela ação das oxidases, impedindo a formação dos produtos escurecidos, além de poderem agir como inibidores das enzimas oxidativas, através do abaixamento do pH (FONTES et al., 2009).

#### 2.4.2.1 Dióxido de enxofre e seus derivados

De acordo com Costa (2010), vários aminoácidos contendo enxofre e seus derivados são investigados como inibidores do escurecimento enzimático. A cisteína é um aminoácido que contém um grupo tiol, com ação redutora; seu poder de inibição do escurecimento varia de acordo com a razão de concentração cisteína/fenólico; age reduzindo  $\theta$ -quinonas de volta ao seu precursor  $\theta$ -difenol, impedindo a formação de pigmentos escuros ou reagindo com  $\theta$ -quinonas para produzir compostos incolores.

Os inibidores químicos geralmente aplicados sob a forma de sais, metabissulfito ou bissulfito de sódio ou potássio são os mais comumente utilizados na prevenção do escurecimento enzimático e não enzimático, além de contribuir para o controle de microrganismos, atua como agente branqueador antioxidante ou redutor (FONTES et al., 2009). Estes inibidores agem diretamente sobre o sítio ativo da PPO, além de reagirem com as quinonas formadas, gerando compostos incolores estáveis, o que evita que se polimerizem (COSTA, 2011).

Entretanto, os sulfitos apresentam algumas desvantagens: são corrosivos a equipamentos, podem reagir com alguns nutrientes e, ainda, prejudicar a textura e produzir sabor desagradável nos alimentos (FONTES et al., 2009). Este fato vai depender da quantidade utilizada.

#### 2.4.2.2 Ácido cítrico

Um dos principais ácidos orgânicos naturais em frutas é o ácido cítrico, que age prevenindo o escurecimento enzimático pela ação sobre polifenoloxidasas e peroxidases. Para potencializar seu efeito, o ácido cítrico também é utilizado associado a outros antioxidantes, como o ácido ascórbico (CHITARRA, 2002).

O ácido cítrico, assim como o ácido ascórbico, tem capacidade de reduzir as quinonas formadas pela ação das oxidases, impedindo, dessa forma, a formação dos produtos escurecidos, além de poderem também agir como inibidores das enzimas oxidativas, através do abaixamento do pH ( FONTES et al., 2009).

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

Os procedimentos experimentais foram realizados no Laboratório de Físico-Química do Núcleo de Pesquisa em extensão em Alimentos (NUPEA), da Universidade Estadual da Paraíba – UEPB e no Laboratório de Armazenamento e Processamento de Produtos Agrícolas (LAPPA) da Universidade Federal de Campina Grande – UFCG.

As frutas e hortaliças escolhidas, devido as suas altas atividades enzimáticas foram: maçã, banana, pêra, caju e batata, provenientes do comércio varejista da cidade de Alagoa Grande-PB. Foram selecionadas de acordo com o estágio de maturação (madura), coloração da casca (sem manchas) e textura firme.

#### 3.1 PREPARO DAS AMOSTRAS

As frutas e hortaliças foram inicialmente lavadas em água corrente, logo após sanitizadas por imersão durante 15 minutos em solução de hipoclorito de sódio a 10 ppm e enxaguadas novamente com água de abastecimento. Com o auxílio de uma faca de aço inox e uma tábua de vidro, as frutas e hortaliças foram submetidas ao descascamento, descaroçamento e corte. O corte foi realizado mantendo a uniformidade de tamanho, a banana e o caju foram cortados em rodela de aproximadamente 1,0 cm de espessura e as demais em cubos de 2 cm.

As amostras foram divididas em seis grupos, sendo cinco submetidos aos métodos de inativação e inibição do escurecimento enzimático e um grupo foi marcado como controle, sendo este sem nenhum tratamento e deixado à temperatura ambiente por 4 horas.

#### 3.2 APLICAÇÃO DOS MÉTODOS DE INATIVAÇÃO E INIBIÇÃO ENZIMÁTICA

Os métodos de inativação inibição do escurecimento enzimático escolhidos foram: branqueamento por imersão e a vapor e adição de substâncias químicas, tais como: ácido cítrico, bissulfito de sódio e metabissulfito de potássio.

Antes do início da pesquisa foram realizados testes preliminares para determinação do tempo e temperatura para os respectivos tratamentos.



### **3.2.1 Branqueamento**

#### **3.2.1.1 Por imersão**

O método de branqueamento por imersão foi realizado utilizando-se uma recipiente de aço inox onde foram adicionados 1L de água, colocado em aquecimento e quando atingiu a temperatura de 98°C, as frutas e a hortaliça foram imersas, permanecendo durante 1, 2 e 3 minutos. Decorrido cada intervalo de tempo, às amostras foram imediatamente resfriadas em um recipiente com gelo, em seguida, drenadas em peneiras e depois colocadas em prato de polietileno à temperatura ambiente por 4 horas para verificação de mudança de cor.

As frutas e a hortaliça foram tratadas separadamente considerando os respectivos intervalos de tempo, fazendo-se necessário a troca da água de imersão.

#### **3.2.1.2 A vapor**

O método de branqueamento a vapor foi realizado utilizando-se uma recipiente com cesto de aço inox. Com a água em ebulição, as amostras foram colocadas no cesto (sem contato com a água) permanecendo durante 1, 2 e 3 minutos. Decorrido cada intervalo de tempo às amostras foram imediatamente resfriadas em um recipiente com gelo, em seguida, drenadas em peneiras e depois colocadas em pratos de polietileno à temperatura ambiente por 4 horas para verificação de mudança de cor.

### **3.2.2 Adição de substâncias químicas**

#### **3.2.2.1 Ácido cítrico**

Para esse método, as fatias, imediatamente após o corte, foram imersas em três recipientes de vidro com 100 mL da solução de ácido cítrico 1% cada, ficando submersas por 1, 2 e 3 minutos. Após o tratamento, as fatias foram drenadas em peneiras e depois colocadas em pratos de polietileno à temperatura ambiente por 4 horas para observação de mudança de cor. As soluções foram substituídas para cada amostra.

### 3.2.2.2 Metabissulfito de potássio

Após o corte, as amostras foram imersas em três recipientes de vidro com 100 mL da solução de metabissulfito de potássio 0,03% cada, ficando submersas por 1, 2 e 3 minutos. Em seguida, as amostras foram drenadas em peneiras e depois colocadas em pratos de polietileno à temperatura ambiente por 4 horas para observação de mudança de cor. As soluções foram substituídas para cada amostra.

### 3.2.2.3 Bissulfito de sódio

As amostras foram imersas em três recipientes de vidro com 100 mL da solução de bissulfito de sódio 0,03% cada, permanecendo submersas durante 1, 2 e 3 minutos. Após o respectivo tratamento, as amostras foram drenadas em peneiras e depois colocadas em pratos de polietileno à temperatura ambiente por 4 horas para observação de mudança de cor. As soluções foram substituídas para cada amostra.

## 3.3 DETERMINAÇÃO DA COR

### 3.3.1 Observação visual

Após as amostras serem tratadas por branqueamento e por adição de substâncias químicas, elas foram observadas visualmente por um período de 4 horas, onde passaram por uma previa seleção dos melhores resultados, ou seja, as amostras que não apresentaram aparecimento de manchas escuras.

### 3.3.2 Medição instrumental

As amostras branqueadas selecionadas para análise instrumental da cor foram as que obtiveram os melhores resultados nos testes preliminares feitos visualmente. Fez também a determinação da cor nas amostras tratadas com ácido cítrico 1%, metabissulfito de potássio 0,03% e bissulfito de sódio 0,03% nos tempos de 1, 2 e 3 minutos.

As medições de cor foram realizadas por meio de análise direta em um colorímetro da marca HunterLab, modelo MiniScan XE Plus. O equipamento foi previamente calibrado utilizando-se padrões de cor fornecidos pelo fabricante. O ângulo do observador utilizado foi

o de 10°, o qual representa da melhor forma a resposta espectral de observadores humanos. O iluminador escolhido foi o D<sub>65</sub>, que representa a luz do sol ao meio dia ao redor do mundo.

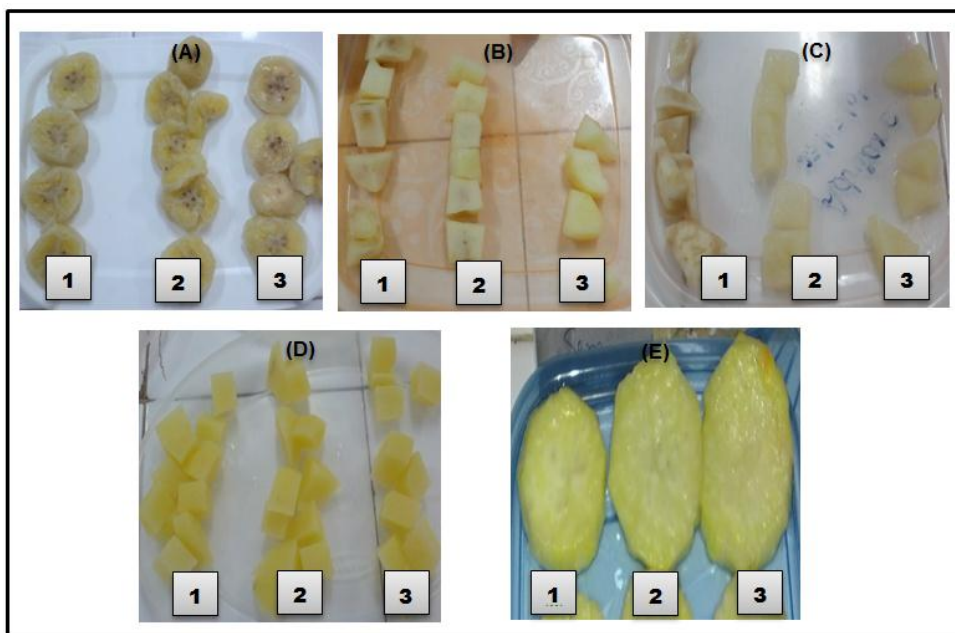
A cor foi determinada pela escala de cores internacional CIE Lab (*Commissione Internationale L'clairage*), que utiliza as coordenadas: L\* que representa a luminosidade numa escala de 0 (preto) a 100 (branco); a\* que representa uma escala de verde (-a\*) a vermelho (+a\*) e b\* que representa uma escala de azul (-b\*) a amarelo (+b\*). As análises foram feitas em duplicata, fazendo-se a média entre os resultados.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 4.1 ANÁLISE VISUAL DO ESCURECIMENTO APÓS BRANQUEAMENTO

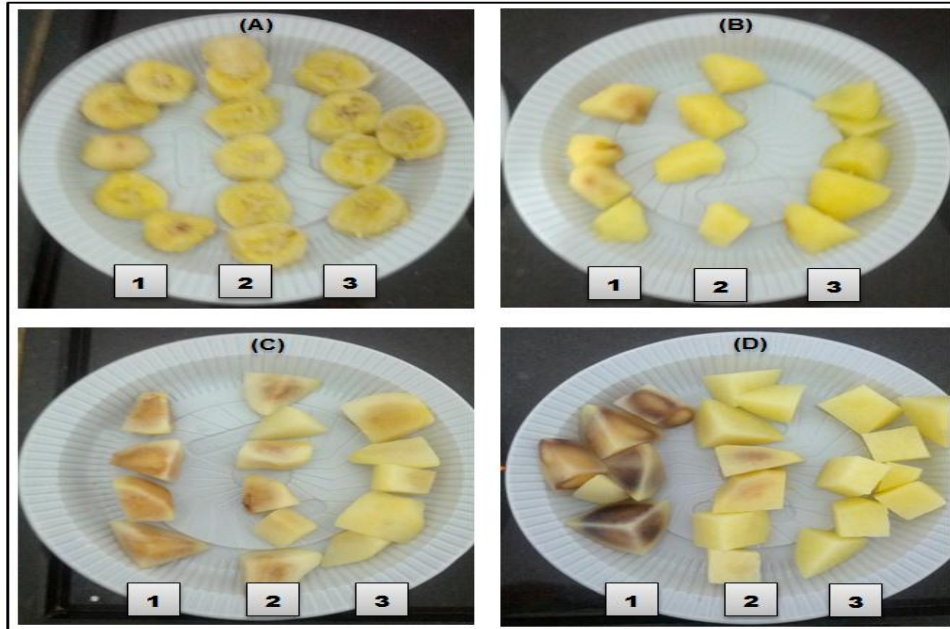
Através de testes preliminares, foi observado visualmente, o aparecimento de manchas escuras nas respectivas amostras branqueadas mantidas em temperatura ambiente por 4 horas, conforme apresentado nas Figura 5 e 6.

Figura 5 – Aspecto visual após branqueamento por imersão nos tempos de 1, 2 e 3 minutos da banana, maçã, pêra, caju e batata.



Legenda: 1, 2 e 3 foram os tempos de branqueamento; (A)- banana; (B) – maçã; (C) – pêra; (D) – caju e (E) – batata.

Figura 6 – Aspecto visual após branqueamento a vapor nos tempos de 1, 2 e 3 minutos da banana, maçã, pêra e batata.



Legenda: 1, 2 e 3 foram os tempos de branqueamento; (A)- banana; (B) – maçã; (C) – pêra; (D) - batata.

Os resultados do escurecimento observados visualmente após o branqueamento por imersão estão expostos na Tabela 2.

Tabela 2 - Resultados do escurecimento após o branqueamento por imersão da banana, maçã, pêra, caju e batata nos tempos de 1, 2 e 3 minutos.

Frutas/hortaliças	Tempo (minutos)		
	1	2	3
Banana	+	++	+++
Maçã	+++	++	+
Pêra	+++	++	+
Caju	++	+	++
Batata	+	+	+

Legenda: + = Sem escurecimento; ++ = Escurecimento moderado; +++ = Escurecimento intenso.

Observa-se que, o branqueamento por imersão foi satisfatório, em pelo menos um dos tempos estabelecidos, contribuindo para a fixação da cor e o não aparecimento de manchas escuras. Dentre as amostras a batata foi a única que não apresentou escurecimento enzimático em todos os intervalos de tempo analisado, atribuindo este fato provavelmente à inativação da

enzima responsável por esse fenômeno, contudo durante a exposição por 2 e 3 minutos observou-se alteração da textura, causando amolecimento nos tecidos, pois a água além de produzir perdas de nutrientes, provoca ruptura dos tecidos da fruta facilitando o amolecimento, devido a isso, esses dois tempos foram considerados insatisfatórios.

Fante *et al.*, (2011), analisaram o escurecimento em alhos utilizando o branqueamento em água quente nas temperaturas de 80 e 90°C e em vapor a 100°C nos tempos de 1, 2, 4, 6, 8 e 10 minutos e concluíram que houve uma diminuição da atividade enzimática, porém teve modificações indesejáveis na textura nos tempos maiores que quatro minutos.

A utilização do branqueamento por imersão durante 2 minutos, descrita por Haminiuke *et al.*, (2005), nas cultivares de maçãs fugi e gala, apresentou-se efetivo em relação à prevenção do escurecimento enzimático.

Os resultados do escurecimento enzimáticos observados visualmente após o branqueamento a vapor estão expostos na Tabela 3.

Tabela 3 – Resultados do escurecimento após o branqueamento a vapor da banana, maçã, pêra, caju e batata nos tempos de 1, 2 e 3 minutos.

Frutas/hortaliças	Tempo (minutos)		
	1	2	3
Banana	+	+	++
Maçã	+++	+	++
Pêra	+++	+++	+
Caju	++	+	++
Batata	+++	++	+

Legenda: + = Sem escurecimento; ++ = Escurecimento moderado; +++ = Escurecimento intenso.

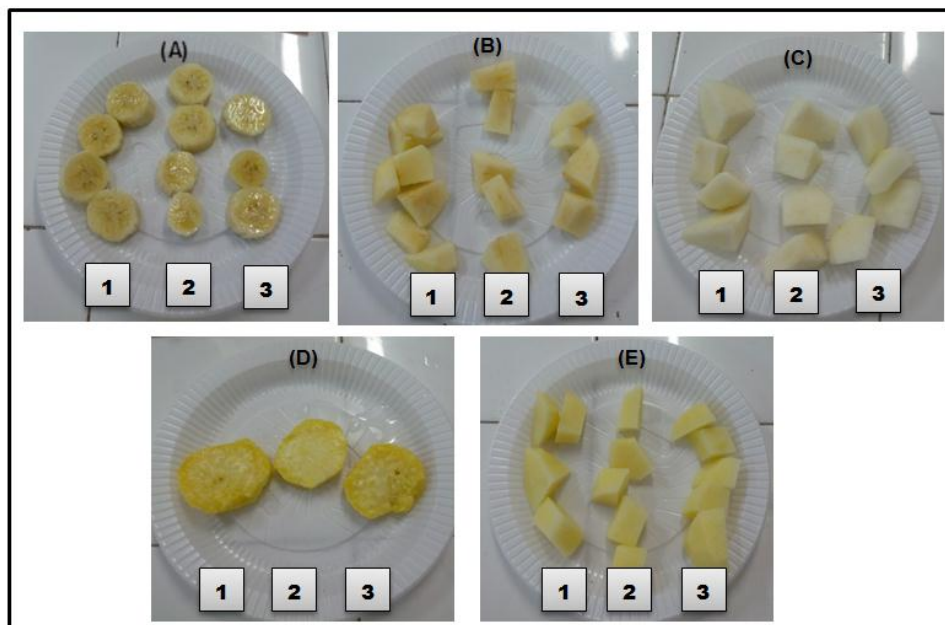
Verifica-se que, em todas as amostras não houve escurecimento em pelo menos um período de tempo. Entretanto, a banana apresentou o melhor resultado em relação às demais e com relação à pêra observa-se que houve escurecimento intenso em dois períodos de tempo, mostrando que não foram suficientes para a inativação das enzimas.

O branqueamento a vapor por 2 minutos foi satisfatório para a maçã e o caju, não ocorrendo o aparecimento de manchas escuras no período observado. Em relação à batata, o melhor tempo observado de tratamento foi o de 3 minutos.

## 4.2 ANÁLISES VISUAL DO ESCURECIMENTO APÓS IMERSÃO EM SUBSTÂNCIAS QUÍMICAS

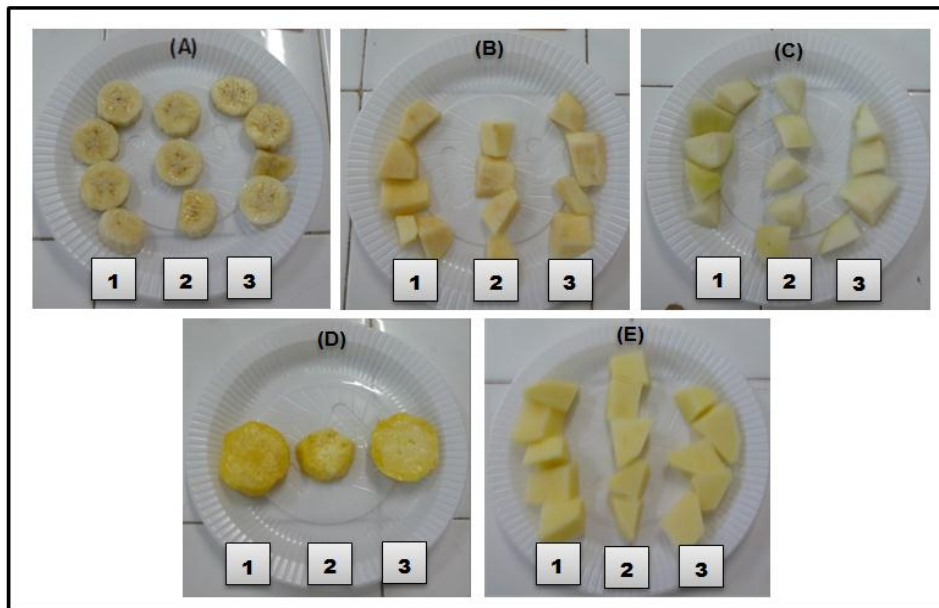
As amostras analisadas após imersão nas soluções de ácido cítrico, metabissulfito de potássio e bissulfito de sódio, após um período de tempo de 4 horas, apresentaram bons resultados tendo em vista que, não ocorreu o fenômeno do escurecimento enzimático em nenhuma das frutas e hortaliça, conforme exibido nas Figuras 7, 8 e 9.

Figura 7 – Aspecto visual após imersão em solução de ácido cítrico nos tempos de 1, 2 e 3 minutos da banana, maçã, pêra, caju e batata.



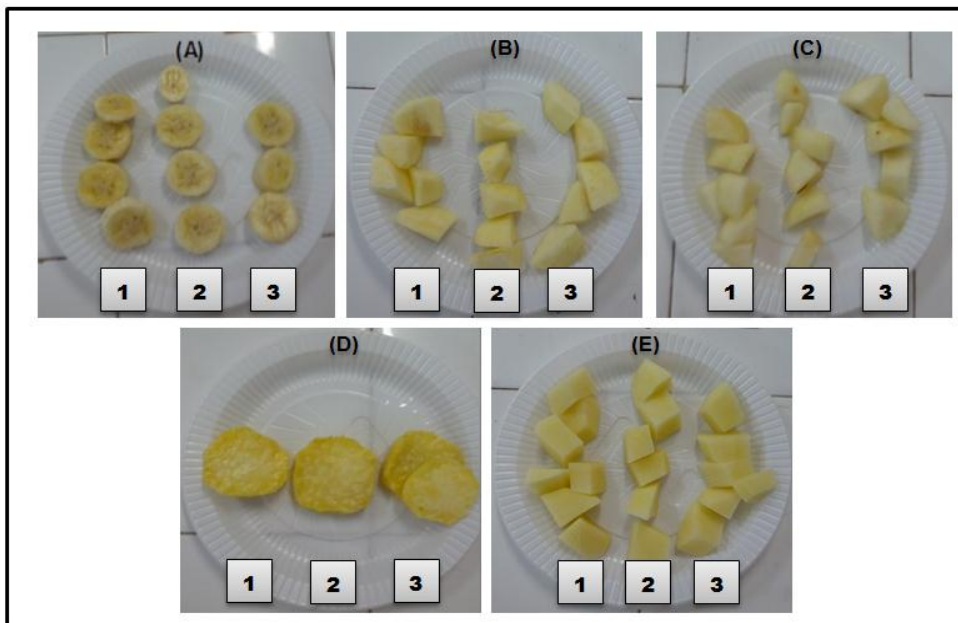
Legenda: 1, 2 e 3 foram os tempos de branqueamento; (A)- banana; (B) – maçã; (C) – pêra; (D) – caju e (E) – batata

Figura 8 – Aspecto visual após imersão em solução de bissulfito de sódio nos tempos de 1, 2 e 3 minutos da banana, maçã, pêra, caju e batata.



Legenda: 1, 2 e 3 foram os tempos de branqueamento; (A)- banana; (B) – maçã; (C) – pêra; (D) – caju e (E) – batata.

Figura 9 – Aspecto visual após imersão em solução de metabissulfito de potássio nos tempos de 1, 2 e 3 minutos da banana, maçã, pêra, caju e batata.



Legenda: 1, 2 e 3 foram os tempos de branqueamento; (A)- banana; (B) – maçã; (C) – pêra; (D) – caju e (E) – batata.

Devido aos resultados obtidos na análise visual, todas as amostras foram submetidas à análise instrumental da cor, na qual se verificou o tempo em imersão nas soluções mais adequado na preservação da cor de cada fruta e hortaliça.

#### 4.3 RESULTADOS DA COR APÓS OS MÉTODOS DE TRATAMENTO

A Tabela 4 exibe os valores médios de coloração (luminosidade – L\*) dos melhores resultados apresentados nas Tabelas 2 e 3 para a banana, maçã, pêra, caju e batata quando utilizados os métodos de inativação enzimática.

TABELA 4 – Valores médios de luminosidade (L\*) após o branqueamento

Tratamento	Frutas/hortaliças				
	Banana	Maçã	Pêra	Caju	Batata
AMC0	71,53	78,32	80,51	78,50	79,75
AMST	63,57	65,11	61,29	65,46	62,83
BPI1	69,52	-	-	-	69,82
BPI2	-	-	-	59,06	-
BPI3	-	64,78	65,58	-	-
BAV1	67,52	-	-	-	-
BAV2	63,72	65,97	-	61,23	-
BAV3	-	-	58,69	-	71,73

Legenda: AMC0 – Amostra controle inicial; AMST – Amostra sem tratamento; BPI1 – Branqueamento por imersão durante 1 minuto; BPI2 – Branqueamento por imersão durante 2 minutos; BPI3 – Branqueamento por imersão durante 3 minutos; BAV1 – Branqueamento a vapor por 1 minuto; BAV2 – Branqueamento a vapor por 2 minutos; BAV3 – Branqueamento a vapor por 3 minutos; (-)-Tempos descartados após análise visual.

Verificou-se que a banana apresentou melhores resultados quando branqueada por imersão durante 1 minuto, mostrando-se mais eficaz do que quando tratada a vapor durante 1 e 2 minutos. O branqueamento por imersão foi também o melhor tratamento para a pêra, entretanto o branqueamento a vapor por 3 minutos foi o que obteve um maior aumento na porcentagem de pigmentos escuros 27,10% dentre todas as amostras observadas.

Na maçã branqueada, a vapor por 2 minutos houve um aumento de 12,35% na pigmentação escura em relação ao branqueamento por imersão durante 3 minutos com 17,29%, resultado satisfatório ao estudo realizado por Beveridge e Weintraub (1995) da cultivar de maçã *red delicious*, onde o tratamento por imersão apresentou valores de L\* diminuindo de 75,9 para 53,6, ou seja, 29,36% de aumento na porcentagem de pigmentos escuros.



Os valores de  $L^*$  para o caju após o branqueamento por imersão e a vapor foram inferiores quando comparados com a amostra sem tratamento, provavelmente este fato pode ser atribuído ao binômio tempo e temperatura utilizados no processo que não foram suficientes para inativar as enzimas, assim como também a oxidação do ácido ascórbico tendo em vista o elevado teor de vitamina C desta fruta. Segundo Padilha (2009), este fato pode acontecer também quando o resfriamento que segue o tratamento térmico é lento.

Analisando os valores de  $L^*$  para a batata, pode-se dizer que o branqueamento a vapor no tempo de 3 minutos apresentou maior efetividade na prevenção do escurecimento enzimático, confirmado pela diminuição do valor de  $L^*$  de 79,75, na amostra controle, para 71,73, ou seja, 10,06% de aumento na porcentagem de pigmentos escuros, valor inferior do que o obtido pelo branqueamento por imersão no tempo de 1 minuto e na amostra sem tratamento de 12,45 e 21,22% respectivamente.

Kringel *et al.*, (2010), avaliaram o efeito do branqueamento por imersão nos respectivos tempos de 1,5 e 3 minutos na estrutura do milho em grãos e concluíram que, esse processo, apesar de alterar a textura da célula do vegetal, é indispensável para manutenção da cor do produto, inibindo o escurecimento enzimático.

Como não foi perceptível o aparecimento de manchas escuras nas frutas e hortaliça nos intervalos de tempo utilizados 1, 2 e 3 minutos quando submetidas à adição de substâncias químicas, fez-se necessário à leitura de luminosidade em todos os respectivos tempos, nas diferentes soluções, conforme mostra a Tabela 5.

Tabela 5 – Valores médios de luminosidade ( $L^*$ ) após imersão em soluções

Tratamento	Frutas/hortaliça				
	Banana	Maçã	Pêra	Caju	Batata
AMC0	71,53	78,32	80,51	78,50	79,75
AMST	63,57	65,11	61,29	65,46	62,83
ISAC1	68,30	76,06	69,86	55,96	72,06
ISAC2	70,89	69,76	63,93	56,12	72,10
ISAC3	71,17	71,04	58,74	59,52	66,53
ISM1	67,32	76,12	75,33	57,81	71,79
ISM2	70,06	78,49	69,78	60,14	67,20
ISM3	68,54	76,83	68,21	60,89	73,85
ISB1	69,36	72,51	66,71	60,83	71,63
ISB2	70,42	74,07	64,27	61,54	72,69
ISB3	68,33	74,47	67,29	62,58	71,83

Legenda: AMC0 – Amostra controle inicial; AMST – Amostra sem tratamento; ISAC1 – Imersão em solução de ácido cítrico 1%; ISAC2 – Imersão em solução de ácido cítrico 1%; ISAC3 – Imersão em solução de ácido cítrico 1%; ISM1 – Imersão em

solução de metabissulfito de potássio 0,03%; ISM2 – Imersão em solução de metabissulfito de potássio 0,03%; ISM3 – Imersão em solução de metabissulfito de potássio 0,03%; ISB1 – Imersão em solução de bissulfito de sódio 0,03%; ISB2 – Imersão em solução de bissulfito de sódio 0,03%; ISB3 – Imersão em solução de bissulfito de sódio 0,03%.

Em relação ao parâmetro luminosidade das amostras de banana, as que passaram por tratamento, obtiveram valores de  $L^*$  variando entre 67,32 (imersão em metabissulfito de potássio 0,03% por 1 minuto) a 71,17 (imersão em ácido cítrico por 3 minutos) sendo este, o melhor resultado na manutenção da cor.

Observa-se na Tabela 5, que no estudo com os aditivos químicos, o melhor tratamento para evitar o escurecimento enzimático na maçã foi com a imersão, durante 3 minutos, na solução de metabissulfito de potássio 0,03%, sendo a única amostra tratada em que o valor de  $L^*$  foi maior do que a amostra controle inicial, resultando em um leve clareamento da maçã.

No estudo do escurecimento enzimático realizado por Clerici (2014), as maçãs tratadas com ácidos e bissulfitos, apresentaram colorações mais claras do que a controle, mesmo com a POD ainda ativa.

Fontes *et al.* (2008) obtiveram bons resultados realizando ensaios utilizando solução conservadora (ácido ascórbico, ácido cítrico, cloreto de cálcio e cloreto de sódio) em maçãs minimamente processadas. Os mesmos autores relataram que o uso dessa solução resultou em índices menores de escurecimento e que não ocorreu alteração da cor natural, porém ressaltaram que estes conservadores podem causar alterações no sabor e na textura, ou encarecer o produto.

Os tratamentos utilizados para inibição enzimática da pêra apresentaram variações de  $L^*$ , onde o tratamento por imersão em metabissulfito de potássio 0,03% por 1 minuto (75,33) apresentou maior valor, sendo ideal devido a sua proximidade com a cor da fruta *in natura* (80,51).

As amostras de caju submetidas ao tratamento de adição de substâncias químicas, apresentaram valores de  $L^*$  inferiores a amostra sem tratamento, provavelmente devido a concentração da solução utilizada ter sido insatisfatória.

A batata tratada com metabissulfito de potássio 0,03% por 3 minutos apresentou maior valor de  $L^*$  (73,85), indicando um aumento de 7,40%, resultado eficiente, quando comparado com a amostra sem tratamento (21,22%).

Em estudo dos efeitos de antioxidantes no escurecimento enzimático de batatas, Paraizo *et al.*, (2014) concluíram que, o ácido cítrico atuou como um bom antioxidante, visto que diminuiu o escurecimento enzimático das batatas.

Padilha et al. (2009), verificaram que, no tratamento com metabissulfito de potássio, houve um aumento da atividade enzimática da POD após três minutos, evidenciando o poder de regeneração dessa enzima, enquanto que, nos tratamentos controle e com o cloreto de cálcio, houve redução da atividade enzimática.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Dentre os métodos de inativação enzimática, o melhor resultado foi quando se utilizou o método a vapor, para a maçã e caju no tempo de 2 minutos e para a batata 3 minutos, já para a banana e a pêra o método foi por imersão nos tempos de 1 e 3 minutos, respectivamente. Em relação às substâncias químicas utilizadas para a inibição do escurecimento enzimático, a que se mostrou mais eficiente na preservação da cor das frutas e hortaliças foi o metabissulfito de potássio na concentração de 0,03%, para a maçã no tempo de 2 minutos, pêra em 1 minuto e batata em 3 minutos, exceto para a banana e para o caju que foi o ácido cítrico a 1,0% no tempo de 3 minutos e bissulfito de sódio a 0,03% no tempo de 3 minutos, respectivamente.

## REFERÊNCIAS

- ABBA - Associação Brasileira da Batata. A Batata. Disponível em: [http://www.abbabatatabrasileira.com.br/2008/abatata.asp?id\\_BAT=3](http://www.abbabatatabrasileira.com.br/2008/abatata.asp?id_BAT=3). Acesso em: 21/01/2015
- ALCANTÁRA, A.L.D. e SANTOS, G. e VINICIUS. Operações na Indústria de Alimentos: branqueamento e extrusão. Londrina: Universidade Tecnológica Federal do Paraná. 2014.
- ARAUJO, J. M.. Química de Alimentos: teoria e prática ,4 ed. Ed. Viçosa: UFV; 2008.
- AZEREDO, Henriette Monteiro Cordeiro de. Fundamentos de estabilidade de alimentos. Fortaleza: EmbrapaAgroindústria Tropical, 2004.
- BEVERIDGE, T.; WEINTRAUB, S. E. Effect of blanching pretreatment on color and texture of apple slices at various water activities. *FoodResearchInternational*, Barking, v. 28, n. 1, p. 83-86, 1995.
- CABELLO, C. Extração e pré-tratamento químico de frutanos de Yacon. *Revista Ciência,Tecnologia de Alimento*. Campinas, v. 25, n 02, p. 202-207, abr/jun. 2005.
- CARIO, S.A.F. et al.. Estudo de viabilidade técnica e econômica para implantação de sistema de armazenagem e de classificação de maçã na região de São Joaquim/SC. Relatório ACORDE maçã, 2008.
- CHITARRA, M.I.F.; CHITARRA, A. B. Pós-colheita de frutos e hortaliças: fisiologia e manuseio. Lavras: ESAL/FAEPE, 2005.
- CHITARRA, M.I.F. Processamento mínimo de frutas e hortaliças. Lavras: UFLA/FAEPE, 2002.
- CLERICI, M.T.P.S.; SEBASTIÃO, R.H.; OLIVEIRA, L.C.; SANTOS, M.S.; MORAES, A.N.L.; CLARETO, S.S.. Escurecimento enzimático: uma aula prática. *revista de Ensino de Bioquímica*, v. 2, n.2, 71-90, 2014.
- CÓRDOVA, K.R.V. Desidratação osmótica e secagem convectiva de maçã Fuji comercial e industrial. Dissertação (Mestrado), Universidade Federal do Paraná, Setor de Tecnologia, Curitiba – PR, 2006.
- COSTA, A.. Determinação da atividade enzimática e antioxidante de variedades comerciais de Ananas comosus e avaliação do efeito de tratamento térmico e do uso de aditivos químicos. Feira de santana: Universidade Estadual de Feira de Santana, 2011.
- COSTA, A. C.. Estudo de conservação de pêssego[*Prunus pérsica*(L.) Batsch] minimamente processado. Pelotas: Universidade Federal de Pelotas, 2010.
- DIAS, C.S.; BORGES, S.V.; QUEIROZ, F. e PEREIRA, P.A.P.. Influência da temperatura sobre as alterações físicas, físico-químicas e químicas de geleia da casca de banana (*Musa spp.*) Cv. Prata durante o armazenamento. *Rev. Inst. Adolfo Lutz*. v.70, n.1, p.28-34, 2011.
- FELLOWS, P.. Tecnologia do processamento de alimentos: princípios e prática. 2d.. Porto Alegre: Artmed, 2006.

- FENNEMA, O.R. Química de los Alimentos. 2ed. Zaragoza: AcribiaS.A , 2000.
- FERNANDES, A. F..Utilização da farinha de casca de batata na elaboração de pão integral. Lavras: Dissertação – UFLA, 2006.
- FIGUEIRA, R.; DUCATTI C.; FILHO, W.G.V.. Caracterização Química e Legalidade em bebidas não alcoólicas de maçã. Ver. Energia na Agricultura, v.29, n.2, p.142-147, abril-junho de 2014.
- FANTE, L. Estudo da cinética de Branqueamento e de Secagem por ar quente e liofilização do alho (*Allium sativum*L.). Dissertação ( Mestrado), Instituto de Ciência e Tecnologia de Alimentos, UFRS. Porto Alegre, 2011.
- FONTES, L.C.B.; SIVI, T.C.; RAMOS, K.K. e QUEIROZ, F.P.C.. Efeitos de antioxidantes na prevenção do escurecimento enzimático de batata-doce (*Ipomoea Batatas*) e inhame (*Dioscorea SSP*). Publ. UEPG Ci. Exatas Terra, Ci. Agr. Eng., v.15, n.3, p. 167-174, 2009.
- FRANCISCO et al. Efeito das condições de manejo nas características sensoriais de banana (*Musa spp.*) cv. Pacovan1 Disponível em: <<http://www.scielo.br>> Rev. Bras. Frutic. v.36 n.2 Jaboticabal. Apr./June 2014. Acesso em 25/11/2014.
- FREITAS, A.A.; FRANCELIN, M.F.; HIRATA, G.F.; CLEMENTE, E.; SCHMIDT, F.L.. Atividades das enzimas peroxidase (POD) e polifenoloxidase (PPO) nas uvas das cultivares benitaka e rubi e em seus sucos e geléias. Ciência e tecnologia de Alimentos, v.28, n.1, p. 172-177, 2008.
- HAMINIUK, C.W.I.; OLIVEIRA, C.R.G.; BAGGIO, E.C.R. E MASSON, M.L.. Efeito de pré-tratamento no escurecimento das cultivares de maçã fugi e gala após o congelamento. Ciênc. agrotec., Lavras, v. 29, n. 5, p. 1029-1033, set./out., 2005.
- JESUS, C., FOLEGATTI, M., MATSUURA, F., & CARDOSO, R.. Caracterização físico química de frutas de diferentes genótipos de bananeira. Bragantina, Campinas , v.63, n.3, p. 315-323, 2004.
- KRINGEL, D.H.; SCHIAVON, M.V.; FREDA, S.A.; DELLINHAUSEN, C.B.; MENDONÇA, C.R.B..Efeito do pré-tratamento e do método de congelamento na estrutura de milho em grãos. XII ENPOS, II Mostra Científica , 2010. Disponível em: [http://www.ufpel.edu.br/cic/2010/cd/pdf/CA/CA\\_00107.pdf](http://www.ufpel.edu.br/cic/2010/cd/pdf/CA/CA_00107.pdf), acesso em 18/06/2015.
- KOPF, C.. Técnicas do processamento de frutas para a agricultura familiar. Departamento de Engenharia de Alimentos. Guarapuava : Unicentro, 2008.
- LAURILA, E.; KERVINEN, R. Y.; AHVENAINEN, R.The inhibition of enzymatic browning in minimally processed vegetables and fruits. Postharvest News and Information, v. 9, n. 4, p. 53-66, 1998.
- LORENZI, H., BACHER, L., LACERDA, M., & SARTORI, S. Frutas brasileiras e exóticas cultivadas: de consumo in natura. São Paulo: Plantarum. . 2006.
- MOREIRA, R. T. Análise de perdas de mineiras em hortaliças submetidas a dois métodos de cocção. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Nutrição/Ciências da Saúde)-Centro Universitário São Francisco, Curitiba, 2006.

MOURA, C.F.H.; ALVES, R.E.; SILVA, E.O. e LOPES, M.M.A.. Fisiologia e tecnologia pós-colheita do pedúnculo do cajueiro. EMBRAPA Agroindústria tropical, 2ª ed. rev. ampl., 2013.

NUNES, J.S.; MOREIRA I.S.; OLIVEIRA, T.W.N.; FEITOSA, M.K.S.B.;CASTRO D.S.. Produção, análise sensorial e físico-química de barras de cereal produzidas com derivados do caju. Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento sustentável, v. 08 , n. 02, p. 178-182, abr-jun de 2013.

OLIVEIRA, C.F.P.; MALTA, H.L.;JESUS, M.A.C.L.; CRUZ, R.S.; CARDOSO, F.S.N.. Desenvolvimento, avaliação sensorial e físico-química de barra de cereal de caju. (UTFPR, Ed.) Revista Brasileira de Tecnologia Industrial, v. 07, n. 01, p. 934-942, 2013.

ORSO, E. Estudo dos fatores que influenciam a eficiência do branqueamento em couve-flor. Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) – IFRS: Bento Gonçalves- RS, 2011.

PADILHA, V.M.; ROLIM, P.M.; SALGADO, S.M.; LIVERA, A.V.S. E OLIVEIRA, M.G.Tempo de secagem e da atividade de óxido-redutases de *yacon*(*Smallanthussonchifolius*) sob tratamento químico. Ciência Rural, Santa Maria, v.39, n.7, p. 2178-2184, out, 2009.

PARAIZO et al. Efeito de Antioxidante no Escurecimento Enzimático de Batatas (*Solanumtuberosum*L.) Minimamente Processadas. Janaúba- MG. UNIMONTES, 2014.

PEREDA, J. A. O.; RODRIGUES, M. I. C.; ÁLVAREZ, L.F.; SANZ, M. L. G.; MINGUILLÓN, G. D. G. F.; PERALES, L. H.; CORTECERO, M. D. S.; Tecnologia de alimentos – Componentes e processos; Porto Alegre: Artmed, v.1, 2005.

PIGOLI, Daniela Regina. Alterações nutricionais em hortaliças decorrentes de diferentes métodos de cozimento. Tese de Doutorado. Universidade Estadual Paulista Julio de Mesquita Filho, 2012.

RECH, S.; CARIO, S.A.F.; AUGUSTO, C.A.. Avaliação conjuntural da produção e comercialização da maçã em Santa Catarina e no Rio Grande do Sul. Indic. Econ. FEE, v 42, n.1, p. 81-98, 2014.

REIS, F.R. Efeito dos processos de branqueamento e acidificação sobre a cor e a absorção de gorduras de batatas-palha. Dissertação de Mestrado [Tecnologia de Alimentos], Universidade Federal do Paraná. 2007.

ROCHA, G. Pêra. 2008. Disponível em <<http://www.jornallivre.com.br/85904/caracteristicas-da-pera.html>> Acesso em 30/10/2014.

RUFINO, M. D.. Propriedades funcionais de frutas tropicais brasileiras não funcionais. Mossoró- RN: UFERSA, 2008.

SANTIAGO, A. M. Apostila do curso de Tecnologia de Alimentos. Campina Grande: UEPB, 2008.

SEAB. Fruticultura - Análise da Conjuntura Agropecuária. Disponível em:<[http://www.agricultura.pr.gov.br/arquivos/File/deral/Prognosticos/fruticultura\\_2012\\_13.pdf](http://www.agricultura.pr.gov.br/arquivos/File/deral/Prognosticos/fruticultura_2012_13.pdf).> Acesso em 11/06/2015.

SILVA, J.A. Tópicos da Tecnologia dos Alimentos. SP: Varela, 2000.

SILVA, M. V. da; ROSA, C. I. L. F.; BOAS, E. V. de B. V. Conceitos e Métodos de controle do escurecimento enzimático no processamento mínimo de frutas e hortaliças. B.CEPPA, v. 27, p. 83-96, 2009.

VASCONCELOS, M. A. S.; FILHO, A. B. M. Conservação de alimentos (2010). Disponível em:<[http://redeetec.mec.gov.br/images/stories/pdf/eixo\\_prod\\_alim/tec\\_alim/181012\\_con\\_alim.pdf](http://redeetec.mec.gov.br/images/stories/pdf/eixo_prod_alim/tec_alim/181012_con_alim.pdf)>. Acesso em 08 de fevereiro 2015.

TAKAHASHI, M.S. e RAVELLI, A.S.. Cinética da concentração osmótica de pêra. UNOPAR Cient., Ciênc. Exatas Tecnol., v 4, p 23-31, abr-jun de 2013.

ZORZELLA, C., J.L.S., V., R.O., T., e T.L., A.. Caracterização física, química e sensorial de genótipos de batata processados na forma chips. Brazilian Journal of Food Technology v.6, p. 15-24, 2003.