

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
COORDENAÇÃO DE ALIMENTOS
CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM ALIMENTOS

Thaynara Ferrari

**Banana Minimamente Processada: inibição do escurecimento enzimático por
agentes químicos e análise sensorial.**

Trabalho de Conclusão de Curso

Campo Mourão

2014

Thaynara Ferrari

Banana Minimamente Processada: inibição do escurecimento enzimático por agentes químicos e análise sensorial

Trabalho de Conclusão de Curso de graduação, apresentado a disciplina de Trabalho de Diplomação, do Curso Superior de Tecnologia em Alimentos, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Campo Mourão, como requisito parcial para obtenção do título de Tecnólogo em Alimentos.

Orientadora: Prof.^a. Dr.^a. Lívia Bracht

Campo Mourão

2014



TERMO DE APROVAÇÃO

Banana Minimamente Processada: inibição do escurecimento enzimático por agentes químicos e análise sensorial.

POR

Thaynara Ferrari

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) apresentado em 15/12/2014 às 14:00 horas como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Tecnologia de Alimentos. A candidata foi argüida pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho APROVADO.

Prof.^a. Dr.^a. Lívia Bracht
Orientadora

Prof.^a. Dr.^a. Fernanda Vitória Leimann
Membro da banca

Prof.^a. Dr.^a. Marianne Shirai
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

A Deus por ter me dado saúde e força para superar as dificuldades e por permitir que tudo isso acontecesse ao longo de minha vida. Não somente nestes anos como universitária, mas em todos os momentos, foi e sempre será o maior mestre que alguém pode conhecer.

A esta universidade, seu corpo docente, direção e administração.

A minha orientadora Lívia Bracht, por exigir de mim muito mais do que eu supunha ser capaz de fazer. Por seus ensinamentos, paciência e confiança ao longo das supervisões das minhas atividades.

A banca composta pelas professoras Dra. Marianne Ayumi Shirai e Dra. Fernanda Vitória Leimann, pela competência profissional individual e também pelos ensinamentos dados durante a convivência acadêmica que tive com cada uma.

A todos os professores por tanto que se dedicaram a mim, não somente por terem me ensinado, mas por terem me feito aprender, aos quais sem nominar terão os meus eternos agradecimentos.

Aos meus pais, pelo amor, incentivo e apoio incondicional.

Aos meus amigos, que sempre estiveram ao meu lado durante esta longa caminhada, em especial a Jéssica de Souza, Tiago Faquineti Aragão, Ellen Karoline Canisare, Isabela de Freitas e Franciele Giopato Viel, que estiveram ao meu lado me apoiando e me ajudando. Não poderia deixar de dedicar também este trabalho a três pessoas especiais em minha vida, a Isabela de Souza Celloni, Camila Carolina Veiga e Wallace José Maia, companheiros de trabalhos e irmãos na amizade que fizeram parte da minha formação e que vão continuar presentes em minha vida com certeza.

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

Resumo

FERRARI, Thaynara. Banana Minimamente Processada: inibição do escurecimento enzimático por agentes químicos e análise sensorial. 2014. Trabalho de Conclusão de Curso (Tecnologia em Alimentos) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Campo Mourão, 2014.

O escurecimento enzimático constitui-se em uma das principais causas de perda de frutas tropicais no mundo. A banana escurece em poucos minutos após seu descascamento, sendo este escurecimento normalmente associado à atividade das enzimas polifenoloxidasas e peroxidases. O escurecimento enzimático pode ser controlado através da adição de agentes químicos, como os agentes redutores ácido ascórbico e cisteína. Objetivou-se neste trabalho, avaliar os tratamentos mais eficientes para inibir o escurecimento enzimático em banana nanica minimamente processada. Testaram-se três tratamentos: (1) Ácido ascórbico 1% + CaCl_2 1%; (2) Cisteína 1,5% + CaCl_2 1% e (3) Ácido ascórbico 1% + CaCl_2 1% + Cisteína 1,5%, e um teste controle sem nenhum tipo de tratamento para comparação. As bananas foram sanitizadas com hipoclorito de sódio, descascadas, fatiadas, imersas nos tratamentos químicos, acondicionadas em embalagens rígidas envoltas com filme PVC e armazenadas durante cinco dias a $5 \pm 1^\circ\text{C}$. Amostras foram analisadas diariamente, durante os cinco dias de armazenamento. A análise sensorial foi aplicada no dia 0. O tratamento contendo Ácido ascórbico 1% + CaCl_2 1% + Cisteína 1,5% determinou os maiores valores de acidez titulável e menores de pH, enquanto que o Controle obteve os maiores valores de pH e menores de acidez titulável. Os tratamentos contendo Cisteína 1,5% + CaCl_2 1% e Ácido ascórbico 1% + CaCl_2 1% + Cisteína 1,5% foram os mais efetivos na inibição do escurecimento enzimático, porém, não menos aceitos sensorialmente no quesito sabor.

Palavras-Chave: polifenoloxidase, peroxidase, ácido ascórbico, cisteína, cloreto de cálcio.

Abstract

FERRARI, Thaynara. Minimally Processed Banana: inhibition of enzymatic browning by chemical agents and analysis sensory. 2014. Completion of course work (Food Technology) - Federal Technological University of Paraná. Campo Mourão, 2014.

Enzymatic browning is in one of the main causes of loss of tropical fruit in the world. The banana darkens in a few minutes after his barking, which is darkening usually associated with activity of polyphenol oxidases and peroxidases enzymes. Enzymatic browning can be controlled by the addition of chemical agents such as reducing agents ascorbic acid and cysteine. The objective of this study was to evaluate the most effective treatments to inhibit the enzymatic browning in minimally processed dwarf banana. Three treatments were tested: (1) 1% ascorbic acid + 1% CaCl₂; (2) 1.5% cysteine + 1% CaCl₂ and (3) 1% ascorbic acid + 1.5% cysteine + 1% CaCl₂, and a control treatment without any treatment for comparison. The bananas were sanitized with sodium hypochlorite, peeled, sliced, dipped in chemical treatments, put up in packages sealed with plastic wrap and stored for five days at 5 ± 1 ° C. Samples were analyzed daily for five days of storage. The sensory analysis was applied on day 0. Treatment containing 1% ascorbic acid + 1% CaCl₂ + cysteine 1.5% determined the highest values of titratable acidity and lowest values of pH. Treatments containing 1.5% cysteine + 1%CaCl₂ + 1% ascorbic acid and 1.5% cysteine + 1% CaCl₂ were the most effective in inhibiting the enzymatic browning, but no less sensory acceptance in the question flavor.

Keywords: poliphenol oxidase, peroxidase, ascorbic acid, cysteine, calcium chloride.

Lista de ilustrações

Figura 1 - Localização interna e externa de compostos fenólicos e das enzimas polifenoloxidase (PPO) e peroxidase (POD) em uma célula vegetal.....	15
Figura 2 – Mecanismo geral de reação da polifenoloxidase.....	17
Figura 3 – Ação da peroxidase sobre compostos fenólicos	17
Figura 4 – Ficha utilizada para a avaliação sensorial de aceitação.....	25
Figura 5 - Valores médios de acidez total titulável de banana nanica minimamente processada submetida a diferentes tratamentos [ácido ascórbico (AA) 1% + cloreto de cálcio (CC) 1% + cloridrato de L-cisteína (Cis) 1,5%] armazenada a 5±1°.....	26
Figura 6 - Valores médios de pH de banana nanica minimamente processada submetida a diferentes tratamentos [ácido ascórbico (AA) 1% + cloreto de cálcio (CC) 1% + cloridrato de L-cisteína (Cis) 1,5%] armazenada a 5±1°C.....	27
Figura 7 - Acompanhamento da cor dos tratamentos durante o tempo de armazenamento.....	28
Figura 8 - Valores médios da coordenada L* de banana nanica minimamente processada submetida a diferentes tratamentos [Controle; Ácido Ascórbico (AA) 1% + Cloreto de Cálcio (CC) 1% + Cisteína (Cis) 1,5%] armazenada a 5±1°C, por cinco dias. Barras acompanhadas de mesma letra, dentro de cada tempo, não diferem entre si pelo teste de Tukey.....	30
Figura 9 - Valores médios da coordenada a* de banana nanica minimamente processada submetida a diferentes tratamentos [Controle; Ácido Ascórbico (AA) 1% + Cloreto de Cálcio (CC) 1% + Cisteína (Cis) 1,5%] armazenada a 5±1°C, por cinco dias. Barras acompanhadas de mesma letra, dentro de cada tempo, não diferem entre si pelo teste de Tukey.....	31
Figura 10 - Valores médios da coordenada b* de banana nanica minimamente processada submetida a diferentes tratamentos [Controle; Ácido Ascórbico (AA)	

1% + Cloreto de Cálcio (CC) 1% + Cisteína (Cis) 1,5%] armazenada a $5\pm 1^{\circ}\text{C}$, por cinco dias. Barras acompanhadas de mesma letra, dentro de cada tempo, não diferem entre si pelo teste de Tukey.....31

Figura 11 – Valores médios e equação de regressão linear de determinação do parâmetro b^* para banana nanica minimamente processada submetida aos diferentes tratamentos.....32

Figura 12 – Valores médios da coordenada b^* de banana minimamente processada submetida a diferentes tratamentos. Letras minúsculas diferentes acima das barras indicam diferença estatisticamente significativa ($p < 0,05$) entre os tratamentos Barras acompanhadas de mesma letra, dentro de cada tempo, não diferem entre si ($p > 0,05$) pelo teste de Tukey.....33

Lista de tabelas

Tabela 1 - Resultados obtidos na análise sensorial nos quesitos aparência, sabor, textura e aceitação global.....	34
---	----

Sumário

1	INTRODUÇÃO.....	11
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	13
	2.1 Banana.....	13
	2.2 Escurecimento Enzimático	14
	2.2.1 Enzimas	15
	2.3 Inibidores do Escurecimento Enzimático	18
	2.3.1 Agentes Químicos.....	18
3	OBJETIVOS.....	22
	3.1 Objetivo Geral	22
	3.2 Objetivos específicos	22
4	MATERIAIS E MÉTODOS	23
	4.1 Coleta, Amostragem e Higienização dos Frutos	23
	4.2 Processamento Mínimo e Tratamento Químico	23
	4.3 Determinação da Acidez Titulável.....	23
	4.4 Determinação do Potencial Hidrogeniônico (pH)	24
	4.5 Determinação do Escurecimento	24
5	RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	26
6	CONCLUSÃO	35
7	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	36

1 INTRODUÇÃO

Frutas e hortaliças minimamente processadas são produtos que sofreram as operações de limpeza, lavagem, seleção, descascamento e corte, até chegarem a um produto 100% aproveitável, que é embalado, a fim de se oferecer aos consumidores, frescor, conveniência e qualidade nutricional. Um produto minimamente processado deve ser consistente, ter aparência fresca, ser de cor aceitável, livre de defeitos e seguro do ponto de vista microbiológico (PEREIRA; MIYA; MAISTRO, 2001).

A banana constitui-se, normalmente, peça-chave de saladas de frutas, embora apresente o inconveniente do rápido escurecimento, que põe em xeque a vida de prateleira desses produtos. A banana escurece em poucos minutos após seu descascamento, sendo este escurecimento normalmente associado à atividade das enzimas polifenoloxidasas e peroxidases (MELO; VILAS-BOAS, 2006).

As polifenoloxidasas são enzimas capazes de catalisar a oxidação de compostos fenólicos com o auxílio de oxigênio molecular. O resultado final das reações catalisadas pelas polifenoloxidasas são as quinonas. Estas substâncias altamente reativas combinam-se entre si e com outros componentes do meio para gerar produtos de condensação de alta massa molecular e cor escura, chamadas melaninas (KOBBLITZ, 2008). Em frutas e hortaliças, o teor de polifenoloxidasas aumenta com a maturação e senescência. Um dos compostos fenólicos oxidado pelas polifenoloxidasas na banana é a dopamina, em um pH ótimo de 6,5 (MELO; VILAS-BOAS, 2006).

Peroxidasas são enzimas capazes de oxidar diferentes compostos, na presença de peróxidos, gerando radicais livres. Na ausência de peróxidos, essas enzimas podem ainda catalisar a oxidação de alguns substratos com o auxílio do oxigênio molecular e também hidroxilar diferentes compostos aromáticos (tirosina, fenilalanina e outros). A atividade das peroxidases está intimamente ligada ao desaparecimento do aroma e surgimento de *off-flavors*. Além disso, podem participar de alteração da cor e destruição do valor nutritivo destes produtos

(oxidação da vitamina C e aminoácidos) (KOBLOITZ, 2008).

Tratamentos químicos à base de substâncias redutoras têm sido apontados como efetivos na prevenção do escurecimento enzimático em produtos minimamente processados (REIS et al., 2004). Os agentes redutores mais utilizados são os sulfitos, o ácido ascórbico e a cisteína. Alguns trabalhos mostram que o uso combinado dos agentes redutores ácido ascórbico e cisteína, em conjunto com o cloreto de cálcio (que previne o amaciamento de frutas minimamente processadas), diminui consideravelmente o escurecimento de bananas minimamente processadas (MELO; VILAS-BOAS, 2006).

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Banana

A banana constitui o quarto produto alimentar mais produzido no planeta, precedido pelo arroz, trigo e milho. Em muitos países é a principal fonte de arrecadação e geradora de emprego e renda para uma parte expressiva da população, conforme estudos do Centro de Socioeconômica e Planejamento Agrícola e, da Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (Epagri, 2009).

Nas três últimas décadas, a banana apresentou um aumento significativo (122%) no volume mundial produzido. De uma produção de 36,7 milhões de toneladas na safra 1979/80 passou para 81,3 milhões de toneladas na safra 2006/07. Dentre as frutas sua produção é superada apenas pela melancia com 93,2 milhões de toneladas; a uva vem na terceira posição, com 66,3 milhões de toneladas, seguida pela maçã, com 64,2 milhões de toneladas e laranja, com 63,9 milhões de toneladas, conforme a Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação (FAO, 2009).

No Brasil, a banana é um produto de forte aceitação e grande consumo. Segundo a FAO, em 2005 o consumo nacional de banana alcançou 29,2 kg/habitante/ano, superando todas as outras frutas, exceto a laranja (39,2 kg/habitante/ano). O consumo mundial da fruta naquele ano foi de 9,1 kg/habitante/ano.

A banana é uma fruta de elevado valor nutricional, sendo boa fonte energética, com alto teor de carboidratos – amidos e açúcares. Contém ainda teores consideráveis de vitaminas A, B1 (tiamina), B2 (riboflavina) e C e de sais minerais como potássio, fósforo, cálcio, sódio, magnésio, além de outros em menor quantidade (FOLEGATTI; MATSUURA, 2004).

A maior parte da produção brasileira de bananas é consumida *in natura*. São industrializados cerca de 2,5% a 3,0% da produção, sendo 33% desses produtos consumidos no mercado interno (FOLEGATTI; MATSUURA, 2004).

Tecnologicamente, o principal problema no processamento da banana está relacionado com o escurecimento do produto. O baixo teor de acidez da banana pode exigir o emprego de agentes acidulantes no processamento. A diminuição do pH para 4,2 permite que o tratamento térmico para conservação seja feito em temperaturas mais brandas, preservando as propriedades sensoriais do produtos (FOLEGATTI; MATSUURA, 2004).

2.2 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).

Os compostos fenólicos são largamente distribuídos no reino vegetal, ocorrendo geralmente como subprodutos do metabolismo. Do ponto de vista químico, podem ser definidos como um grupo bastante diversificado de substâncias que possuem pelo menos um anel aromático ligado a um ou mais grupos hidroxila ou outros grupos funcionais como ésteres, glicosídeos, etc., no qual os mais importantes são os ácidos fenólicos (caféico, clorogênico, ferúlico, gálico, p-cumárico), os flavonóides (antocianinas, flavanas, flavonas, flavonóis, isoflavonas) e os taninos (ESCARPA; GONZALEZ, 2001).

Whitaker e Lee (1995) acreditam que mais de 50% das perdas em frutas ocorrem como resultado do escurecimento enzimático. O controle do escurecimento, portanto, torna-se crítico para a diminuição das perdas comerciais do agricultor e para a indústria de transformação.

O escurecimento enzimático inicia-se em resposta a injúrias físicas e fisiológicas como resultado da oxidação de compostos fenólicos. As lesões provocadas durante o processamento mínimo levam ao colapso celular e à consequente descompartimentação dessas células, promovendo o contato dos compostos fenólicos com enzimas associadas ao escurecimento (PORTE e MAIA, 2001; VILAS BOAS, 2002).

2.2.1 Enzimas

2.2.1.1 Polifenoloxidasas (PPO)

As polifenoloxidasas (PPO) fazem parte de um grande grupo de enzimas conhecidas como oxidorreductases, (CLEMENTE, 1998) que oxidam fenóis a o-quinonas na presença de oxigênio molecular. De acordo com o “Comitê de Nomenclatura da União Internacional de Bioquímica e Biologia Molecular” (*Nomenclature Committee of the International Union of Biochemistry and Molecular Biology*) a classe das oxidorreductases compreende todas as enzimas que catalisam reações de óxido-redução, o substrato oxidado é considerado como doador de hidrogênio ou elétron (WEBB, 1992).

A atividade da PPO varia em função da espécie, variedade, estágio de maturação e condições de cultivo (KOBLOITZ, 2008). A PPO está relativamente presente em todos os estágios de desenvolvimento da planta, porém sua atividade é mais elevada nos frutos mais jovens e após uma injúria mecânica ou ataque microbiano (YORUK; MARSHALL, 2003). A localização da PPO e seu substrato estão ilustrados na Figura 1.

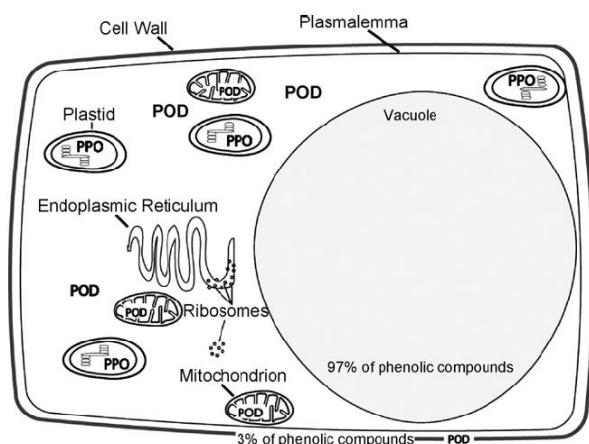


Figura 1 - Localização interna e externa de compostos fenólicos e das enzimas polifenoloxidase (PPO) e peroxidase (POD) em uma célula vegetal (TOIVONEN; BRUMMELL, 2008).

A grande importância dada a estas enzimas está principalmente relacionada ao processamento de alimentos. O fato da PPO e seus substratos estarem presentes em diferentes compartimentos celulares, o escurecimento enzimático acaba sendo uma consequência direta da desintegração do tecido (NICOLAS et al., 1994), a integridade da membrana é perdida após danos causados nos tecidos durante a senescência ou injúria resultando na destruição da barreira biológica entre a PPO e seus substratos, levando a rápida oxidação de fenóis e consequente produção de pigmentos escuros (JIMENEZ; GARCÍA-CARMONA, 1996). Segundo Vaughn e Duke (1984), a PPO é encontrada nos plastídios em tecidos saudáveis e somente na degeneração ou em tecido senescente ela ocorre livre no citoplasma.

O mecanismo de ação detalhado da polifenoloxidase foi descrito por Belitz e Grosch (1997). No centro ativo da enzima existem dois íons Cu^+ , cujos campos de ligação contêm dois resíduos de histidina cada um. Seguindo mecanismo ordenado, a enzima liga primeiro o oxigênio e depois o monofenol. Mudança de valência dos íons cobre provoca a formação de complexo enzima-substrato, no qual a ligação O – O fica tão polarizada que ocorre a hidroxilação, seguida da formação de um o-difenol. A oxidação do o-difenol a o-quinona termina o ciclo. As quinonas são compostos amarelados, instáveis e reativos que podem reagir entre si, formando polímeros com alta massa molecular de cor escura, denominados melaninas; formar complexos com aminoácidos ou proteínas; e oxidam compostos com baixo potencial de oxidação (NICOLAS et al., 1994).

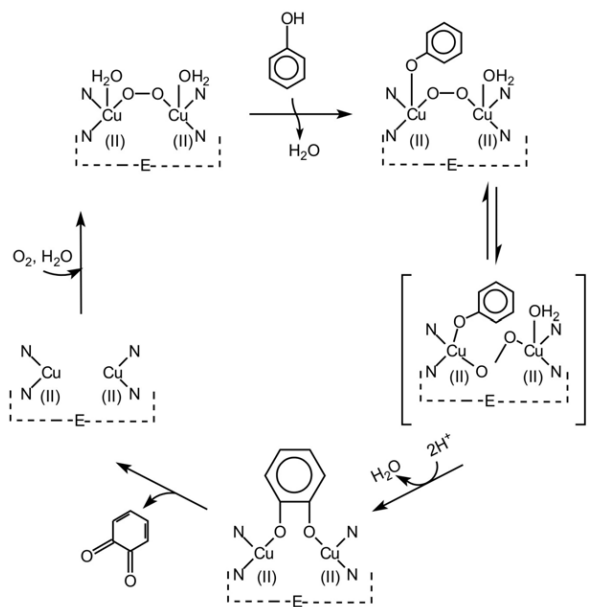


Figura 2 - Mecanismo geral de reação da polifenoloxidase (BELITZ; GROSCH, 1997).

2.2.1.2 Peroxidases (POD)

Do mesmo modo que as polifenoloxidases, as peroxidases (POD) têm atividade típica na reação de oxidação de compostos fenólicos em presença de peróxido de hidrogênio. Também são obtidas quinonas como produto (Figura 3), as quais são instáveis e após a oxidação não enzimática na presença de O_2 polimerizam-se formando as melaninas (CHITARRA, 2002).

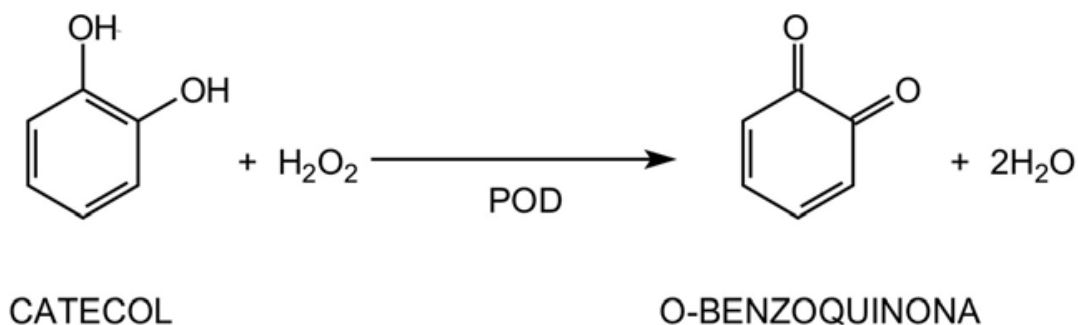


Figura 3 - Ação da peroxidase sobre compostos fenólicos (CHITARRA, 2002).

As peroxidases contêm um grupo prostético heme (ferriprotoporfirina IX) e no processo catalítico oxidam 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 aminas e outros compostos orgânicos, tais como os fenóis (RICHARDSON; HYSLOP, 2000).

SUBRAMANIAN et al. (1999) apontaram que a concentração interna de peróxido de hidrogênio nas plantas é pequena, o que limita a atividade da enzima. Assim, seu envolvimento é mais plausível em processos lentos como o escurecimento interno de frutas. Além do envolvimento no processo de escurecimento enzimático, a POD também está relacionada com processos de cicatrização como, por exemplo, a lignificação (CANTOS et al., 2002).

As peroxidases agem desestruturando as membranas celulares, diminuindo sua permeabilidade seletiva; promovem, ainda, reações em cadeia que levam à formação de radicais livres que podem causar danos às organelas e membranas, podendo alterar as características sensoriais do produto (VILAS BOAS, 2004).

2.3 Inibidores do Escurecimento Enzimático

2.3.1 Agentes Químicos

O uso de inibidores de escurecimento enzimático em alimentos é restrito 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 (MARSHAL; KIM; WEI, 2000).

Ainda não há legislação específica no Brasil para os produtos minimamente processados estabelecendo os tipos de inibidores de escurecimento permitidos e

os limites de aplicação. O Brasil, assim como outros países, segue as recomendações do Joint Expert Committee on Food Additives (JECFA) na utilização segura dos aditivos em alimentos e bebidas (BRASIL, 1997).

2.3.1.1 Ácido Ascórbico

O ácido ascórbico, ou vitamina C, além de atribuir valor nutricional aos alimentos, também apresenta ação redutora. Juntamente com seus sais neutros compõe um dos principais grupos de antioxidantes empregados em produtos vegetais com o intuito de prevenir o escurecimento e outras reações oxidativas de duas maneiras: (1) agindo diretamente na enzima, complexando o cobre do grupo prostético da PPO, causando sua inibição; (2) em seguida reduz as quinonas a sua forma anterior de fenóis, impedindo a formação dos pigmentos escuros (SAPERS; MILLER, 1998). A redução das quinonas aos seus precursores fenólicos leva à oxidação irreversível do ácido ascórbico (que é preferencialmente oxidado em relação aos compostos fenólicos) e à formação de ácido dehidroascórbico sem atividade inibitória (MARSHALL; KIM; WEI, 2000). A eficiência do ácido ascórbico é potencializada quando combinado com outros agentes como cloreto de cálcio e cisteína (SAPERS; MILLER, 1998; REIS et al., 2004; MELO; VILAS BOAS, 2006).

O uso do ácido ascórbico como antioxidante apresenta vantagens como ser totalmente seguro para consumo humano, barato e bem aceito pelos consumidores, além de aumentar o teor de vitamina C (PRÉSTAMO; MANZANO, 1993).

2.3.1.2 Cisteína

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 (RICHARD-FORGET; GOUPY; NICOLAS, 1992).

Três diferentes mecanismos de atuação de cisteína são propostos: redução das o-quinonas a o-dihidroxifenóis (KAHN, 1985); inibição direta da atividade da polifenoloxidase (DUDLEY; HOTCHKISS, 1989) e reação com o-quinonas dando origem a compostos incolores cis-quinona (RICHARD-FORGET *et al.*, 1991). Entretanto a aplicação de cisteína pode levar à indesejável formação de pigmentos amarelos, violetas ou róseos (RICHARD-FORGET; GOUPY; NICOLAS, 1992).

O processo de inibição do escurecimento pela cisteína pode ocorrer pela sua conjugação com o-quinonas, formando compostos sem cor, ou pela redução das o-quinonas aos compostos fenólicos precursores (KOBLOITZ, 2008). De acordo com Richard-Forget, Goupy e Nicolas (1992), os compostos conjugados pela cisteína e o-quinonas podem agir como inibidores competitivos da PPO inclusive. No entanto, quando há quinonas em excesso e toda a cisteína foi consumida, as primeiras podem reagir com os compostos de adição cisteína-quinona, dando origem a pigmentos violetas. Quando combinada com outros agentes, como 4-hexilresorcinol ou extratos naturais de mel (VILLEGAS-OCHOA *et al.*, 2005), cloreto de cálcio e ácido ascórbico (MELO; VILAS BOAS, 2006), a cisteína tem sua eficácia aumentada e dependendo da combinação de compostos químicos pode agir diferentemente na PPO e na POD.

2.3.1.3 Cloreto de Cálcio

O cálcio é o nutriente mais abundante na maioria dos solos, com exceção de alguns solos orgânicos. Entretanto, apesar de abundante nos solos não é sinônimo de abundância em frutos. Problemas como absorção e transporte no interior da planta acondicionam a tal situação (FERRI, 1999).

Cerca de 60% do cálcio celular encontra-se localizado na parede celular (lamela média), onde exerce a função estabilizante, o que pode influir na textura, na firmeza e na maturação dos frutos (HANSON *et al.*, 1993).

A perda da integridade da parede celular representa o início das reações de escurecimento enzimático. O corte, a queda, a ação de pectinases, hemicelulases

e celulase são fatores que levam à perda da integridade da parede celular dos vegetais, e por consequência, geralmente ao início das reações de escurecimento enzimático. Soluções de sais de cálcio ajudam a manter a parede celular em bom estado: os íons de cálcio ligam-se às cadeias de pectina, formando pontes entre elas, aumentando sua força e formando pectato de cálcio (POOVAIAH, 1986; RENSBURG; ENGELBRECHT, 1986).

Visto que as aplicações deste cátion promovem o retardamento da maturação e da senescência, o efeito do cálcio tem recebido muita atenção em frutos (KLAUS, 2007), mediante a diminuição da respiração e da produção de etileno no complexo membrana-parede celular, assim como no controle de distúrbios fisiológicos e na manutenção da qualidade do produto final e na sua capacidade de armazenamento depois da colheita (TAIZ; ZEIGER, 2004).

O cloreto de cálcio tem sido aplicado efetivamente na prevenção do amaciamento de frutas minimamente processadas (VILAS BOAS; KADER, 2001), embora possa contribuir, em conjunto com agentes antioxidantes, para a prevenção do escurecimento.

3 OBJETIVOS

3.1 Objetivo Geral

Avaliar o efeito de tratamentos químicos com cloreto de cálcio e agentes redutores sobre o escurecimento de banana nanica minimamente processada.

3.2 Objetivos específicos

- Realizar o processamento mínimo das bananas;
- Tratar as bananas minimamente processadas com soluções contendo:
 - 1) Ácido ascórbico 1% + CaCl_2 1%;
 - 2) Cisteína 1,5% + CaCl_2 1%;
 - 3) Ácido ascórbico 1% + Cisteína 1,5% + CaCl_2 1%
- Acompanhar as alterações físico-químicas (pH, acidez, coloração) ocorridas durante 5 dias de armazenamento das bananas submetidas aos diferentes tratamentos.
- Realizar análise sensorial da banana minimamente processada submetida aos diferentes tratamentos.

4 MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 Coleta, Amostragem e Higienização dos Frutos

Bananas do cultivar “Nanica”, provenientes do mercado varejista local, tiveram as pencas selecionadas segundo homogeneidade de cor (casca totalmente amarela) e ausência de defeitos.

As pencas foram conduzidas ao laboratório da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Campus Campo Mourão, e armazenadas em geladeira para pré-resfriamento durante 4 horas. Logo após, foram lavadas em solução de água e sabão neutro e, em seguida, mergulhadas em água fria (10°C) contendo solução de hipoclorito de sódio 500 mg/L durante 15 minutos.

4.2 Processamento Mínimo e Tratamento Químico

Após a higienização, os frutos foram descascados e fatiados manualmente em rodela de espessuras de aproximadamente 1 cm. As fatias foram mergulhadas por 3 minutos nas soluções contendo os seguintes tratamentos químicos: 1) Ácido ascórbico 1% + CaCl₂ 1% (AA + CC); 2) Cisteína 1,5% + CaCl₂ 1% (Cis + CC); 3) Ácido ascórbico 1% + Cisteína 1,5% + CaCl₂ 1% (AA + Cis + CC).

Após a imersão, o excesso de líquido foi drenado em peneiras e as fatias foram acondicionadas em bandejas de isopor, que foram recobertas com filme PVC e acondicionadas imediatamente em geladeira durante 5 dias. As avaliações ocorreram nos dias 0, 1, 2, 3, 4, e 5.

4.3 Determinação da Acidez Titulável

As bananas submetidas aos diferentes tratamentos (50g) foram homogeneizadas com 100 mL de água destilada. O homogenato dos frutos foi filtrado e utilizado para a determinação de acidez titulável, que ocorreu por meio

da titulação utilizando-se NaOH 0,1N até alteração de cor, de acordo com técnica preconizada pelo Instituto Adolfo Lutz (IAL, 2008), sendo os resultados expressos em gramas de ácido málico por 100 g de polpa.

4.4 Determinação do Potencial Hidrogeniônico (pH)

A determinação do pH foi realizada nos homogenatos filtrados, utilizando-se potenciômetro (pHmetro da marca Tecnopon), previamente calibrado, de acordo com técnica preconizada pelo Instituto Adolfo Lutz (IAL, 2008).

4.5 Determinação do Escurecimento

Para a análise colorimétrica dos frutos foi utilizado o colorímetro da marca Miniscan, seguindo modelo tridimensional de coordenadas cromáticas, preconizado pelo CIE (L^* , a^* , b^*). Foram realizadas 3 medidas em 3 pontos aleatórios em cada fatia das bananas, sendo que as análises foram realizadas em triplicata (3 fatias). 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, conforme Gorny *et al.* (2002). A coordenada a^* indica a posição da cor entre verde (-a) e vermelho (+a), e a coordenada b^* entre azul (-b) e amarelo (+b).

4.7 Análise Sensorial

A análise sensorial consiste em um método de avaliação para a aceitação de alimentos no mercado, através do qual é possível promover o desenvolvimento de novos produtos, levando-se em consideração as preferências individuais do consumidor, e a reformulação de produtos já existentes no mercado, além de incentivar a otimização e a melhoria da qualidade dos mesmos. Para tanto, são realizadas pesquisas especificamente direcionadas ao gosto e às preferências do público alvo em questão (PEDRÃO, 1999; TEIXEIRA, 2007).

Para a aplicação do afetivo não há a necessidade de equipe treinada (CARVALHO et al, 2005), ele é utilizado com a finalidade de conhecer o “status afetivo” do público alvo com relação ao produto oferecido (KONKEL et al, 2004); este teste pode ser classificado em comparação pareada, escala do ideal, ordenação e escala hedônica (CARVALHO et al, 2005).

Na avaliação sensorial, foi utilizado o método afetivo através do teste de aceitação, com 100 provadores não treinados, que avaliaram as características de aparência, textura, sabor e impressão global, utilizando escala hedônica estruturada de 9 pontos (Figura 4) (MEILGAARD; CIVILLE; CARR, 1999).

TESTE DE ACEITAÇÃO

Nome: _____ Data: _____

Você está recebendo uma amostra de banana minimamente processada. Prove-a e avalie-a com relação aos atributos aparência, textura, sabor e impressão global. Use a escala abaixo para atribuir uma nota a cada um dos atributos.

9 – Gostei muitíssimo;
 8 – Gostei muito;
 7 – Gostei moderadamente;
 6 – Gostei ligeiramente;
 5 – Nem gostei / nem desgostei;
 4 – Desgostei ligeiramente;
 3 – Desgostei moderadamente;
 2 – Desgostei muito;
 1 – Desgostei muitíssimo.

Amostra:	Nota
Aparência	
Textura	
Sabor	
Aceitação Global	

Comentários:

Figura 4 - Ficha utilizada para a avaliação sensorial de aceitação

4.8 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 GraphPad Prism 6 (GraphPad, La Jolla, USA).

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 Acidez titulável e pH

Conforme Figueiredo (2000), a acidez total e o potencial hidrogeniônico são os principais métodos usados para medir a acidez de frutos e hortaliças. Enquanto a acidez determina o percentual de ácidos orgânicos, o pH mede a concentração hidrogeniônica da solução. Na maioria dos frutos, o teor de ácidos orgânicos diminui com o amadurecimento e o pH é concomitantemente aumentado (SARRIA, 2003).

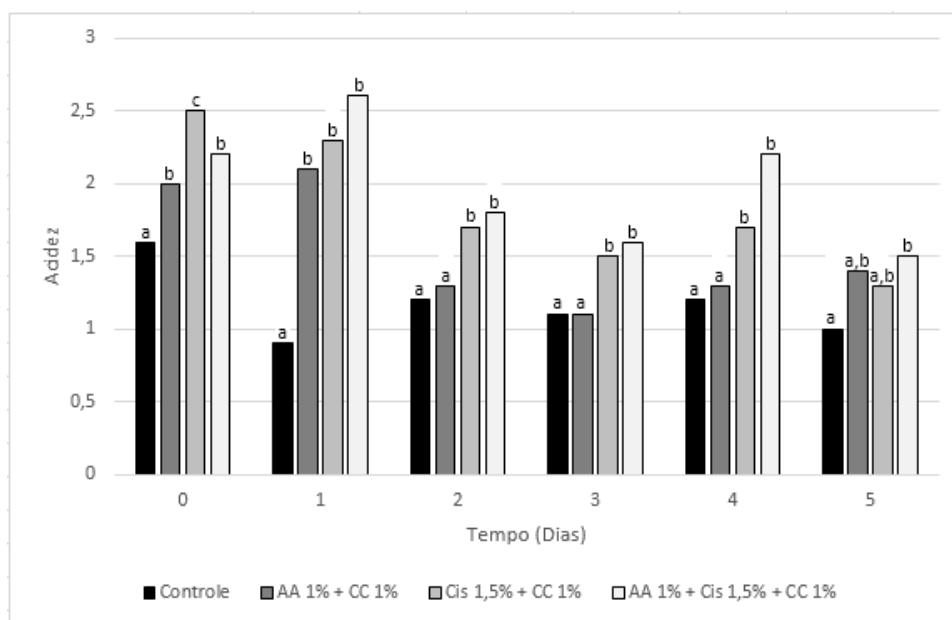


Figura 5 - Valores médios de acidez total titulável de banana nanica minimamente processada submetida a diferentes tratamentos armazenada a $5\pm 1^{\circ}$. Letras minúsculas diferentes acima das barras indicam diferença estatisticamente significativa ($p < 0,05$) entre os tratamentos.

A acidez total titulável das amostras de banana minimamente processada foi influenciada pelos diferentes tratamentos, e diminuiu com o período de armazenamento. Pode-se observar na Figura 5, que houve para todos os tratamentos, uma diminuição do teor de acidez titulável ao longo do período de armazenamento. Vale ressaltar que os teores de acidez no dia 0 foram significativamente diferentes ($p < 0,05$) dos teores de acidez no dia 5, para todos os

grupos. Segundo Kays (1991), na maioria dos frutos, o teor de ácidos orgânicos diminui com o amadurecimento devido à utilização desses ácidos no ciclo de Krebs, durante o processo respiratório e nas reações de síntese de novos compostos. Essas mudanças na acidez são importantes no desenvolvimento do sabor característico dos frutos.

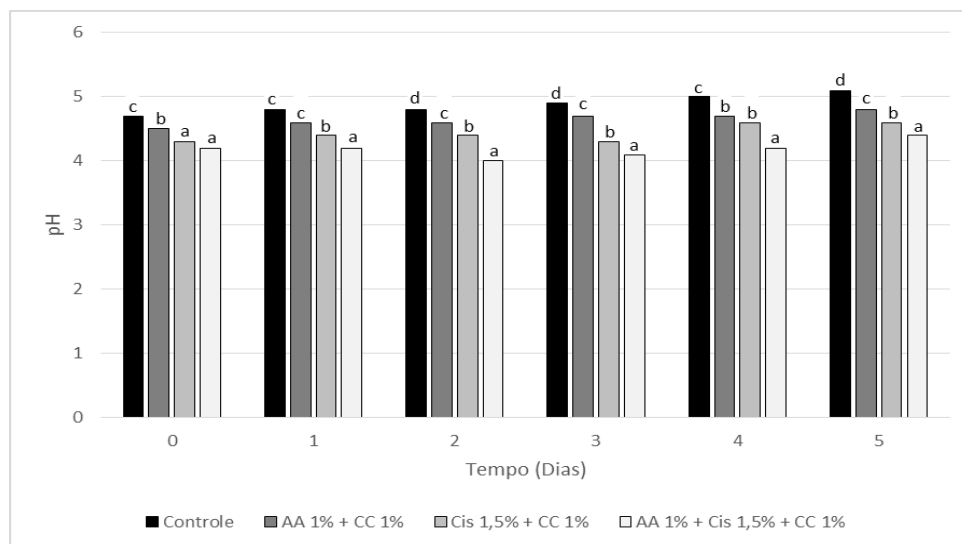


Figura 6 - Valores médios de pH de banana nanica minimamente processada submetida a diferentes tratamentos armazenada a $5\pm 1^{\circ}\text{C}$. Letras minúsculas diferentes acima das barras indicam diferença estatisticamente significativa ($p < 0,05$) entre os tratamentos.

A diminuição do teor de acidez dos frutos ao longo do período de armazenamento refletiu diretamente nos valores de pH. Pode-se perceber na Figura 6 que os valores de pH aumentaram discretamente ao longo do armazenamento da fruta, nos diferentes tratamentos, o que se correlaciona com a diminuição da acidez titulável. Adicionalmente, o tratamento Controle obteve os maiores valores de pH, e os menores de acidez titulável (Figura 5), do dia 0 ao dia 5, em relação aos demais grupos. Em contrapartida, o tratamento com AA + Cis + CC obteve os menores valores de pH entre os tratamentos.

5.2 Variação 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).

Na Figura 7 são mostradas imagens das fatias de bananas minimamente processadas submetidas aos diferentes tratamentos, do dia 0 ao dia 5. Pode-se perceber claramente nesta imagem que as bananas do tratamento controle sofreram um escurecimento intenso ao longo do período de armazenamento. Aliás, desde o dia 0, ou seja, logo após o processamento mínimo, as fatias de banana do grupo controle já se apresentavam mais escuras. Visualmente, pode-se notar ainda que o tratamento com AA + CC não conseguiu evitar o escurecimento ao longo do 5 dias de armazenamento, e que os tratamentos contendo cisteína (Cis + CC e AA + Cis + CC), foram mais eficazes em prevenir o escurecimento enzimático.

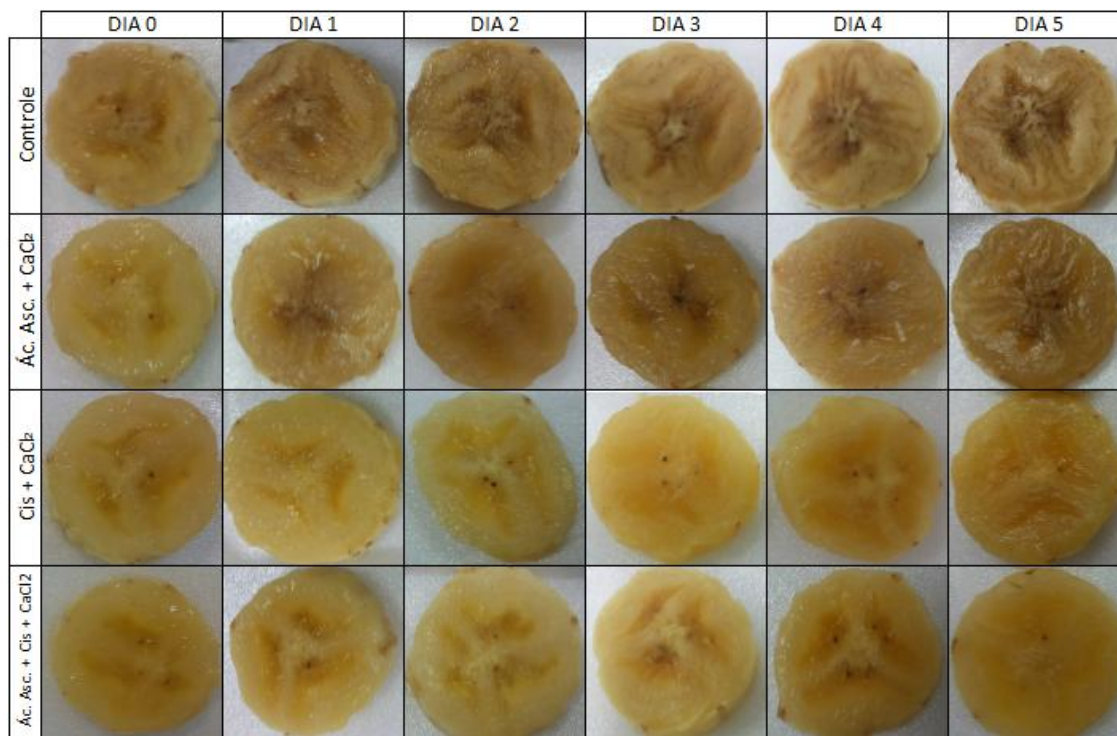


Figura 7 - Acompanhamento da cor dos tratamentos durante o tempo de armazenamento.

A classificação de uma cor nem sempre pode ser precisamente feita pelo olho humano, devido a diferentes disposições da iluminação do ambiente, e variações que possam ocorrer entre a percepção de cada indivíduo. Por este motivo, é possível utilizar métodos alternativos que permitem obter maior precisão e uma padronização entre o que devemos realmente considerar como sendo de uma determinada cor. Um método muito conhecido de representação da cor é o padrão L^* , a^* , b^* , proposto pela Comissão Internacional de Iluminação (*Commission Internationale L'Eclairage*), onde o "L" é a componente de luminosidade e "a" e "b" são as de cromaticidade (BERNARDES, 2012).

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 Figura 8 que os valores de luminosidade decresceram ao longo dos 5 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, seguido pelo tratamento AA + CC. Neste dia, os tratamentos Cis + CC e AA + Cis + CC, obtiveram os maiores valores de L^* , ou seja, apresentaram-se mais claros.

No dia 1, todavia, o tratamento AA 1% + CC 1% apresentou um escurecimento significativamente maior que o controle, confirmado pelos menores valores de L^* . A partir do 2º dia de armazenamento, não foram observadas diferenças estatisticamente significativas entre o grupo Controle e o grupo AA 1% + CC 1%, comprovando a ineficiência deste tratamento. Segundo Marshall, Kim e Wei (2000), a redução das quinonas aos seus precursores fenólicos leva à oxidação irreversível do ácido ascórbico (que é preferencialmente oxidado em relação aos compostos fenólicos) e à formação de ácido dehidro ascórbico que não tem atividade inibitória. Portanto, a eficiência do ácido ascórbico é potencializada quando combinado com outros agentes como a cisteína (SAPERS; MILLER, 1998; REIS et al., 2004; MELO; VILAS BOAS, 2006).

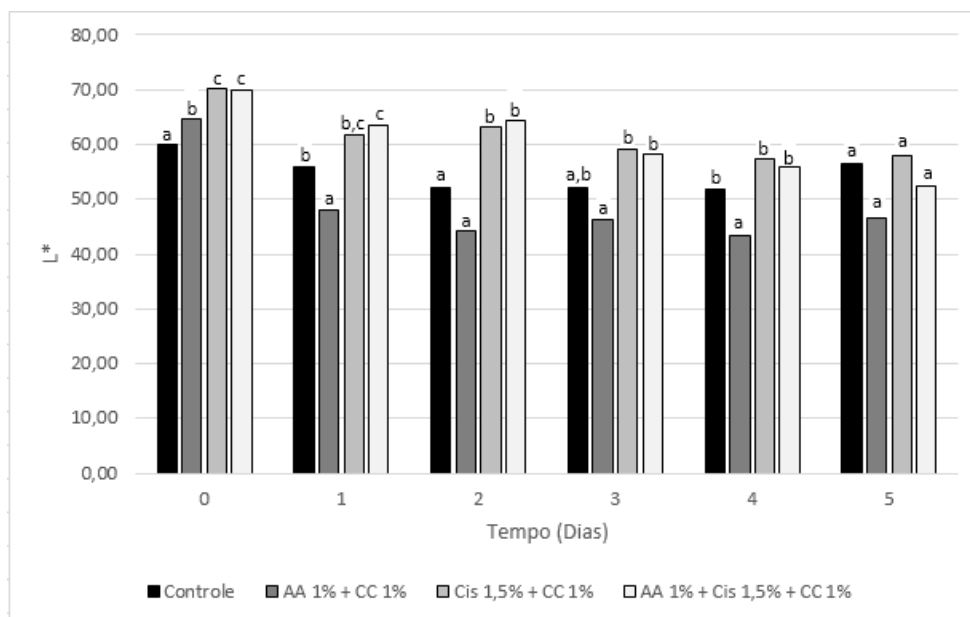


Figura 8 - Valores médios da coordenada L* de banana nanica minimamente processada submetida a diferentes tratamentos armazenada a $5\pm 1^{\circ}\text{C}$, por cinco dias. Letras minúsculas diferentes acima das barras indicam diferença estatisticamente significativa ($p < 0,05$) entre os tratamentos. Barras acompanhadas de mesma letra, dentro de cada tempo, não diferem entre si ($p > 0,05$) pelo teste de Tukey.

De fato, os tratamentos que utilizaram cisteína foram mais eficientes em inibir o escurecimento enzimático (Figura 7 e 8), o que foi expresso pelos maiores valores de luminosidade, mantendo-se assim praticamente até o final do período de armazenamento.

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. Pode-se perceber na Figura 9, que o tratamento controle obteve valores de a^* maiores que os demais tratamentos, até o dia 2. A partir do 3º dia de armazenamento, todavia, não houve diferença estatisticamente significativa entre os tratamentos, embora tenha havido grande variação dos valores de a^* .

O valor b^* varia do azul ($-b^*$) ao amarelo ($+b^*$). O parâmetro b^* forneceu somente valores positivos, indicando a presença da coloração amarela (Figura 10). No dia 0, as bananas que foram submetidas aos tratamentos com agentes químicos apresentaram valores de b^* maiores que o controle. A partir do 3º dia, entretanto, não foram observadas diferenças significativas entre os grupos, havendo, novamente, uma grande variação dos valores de b^* .

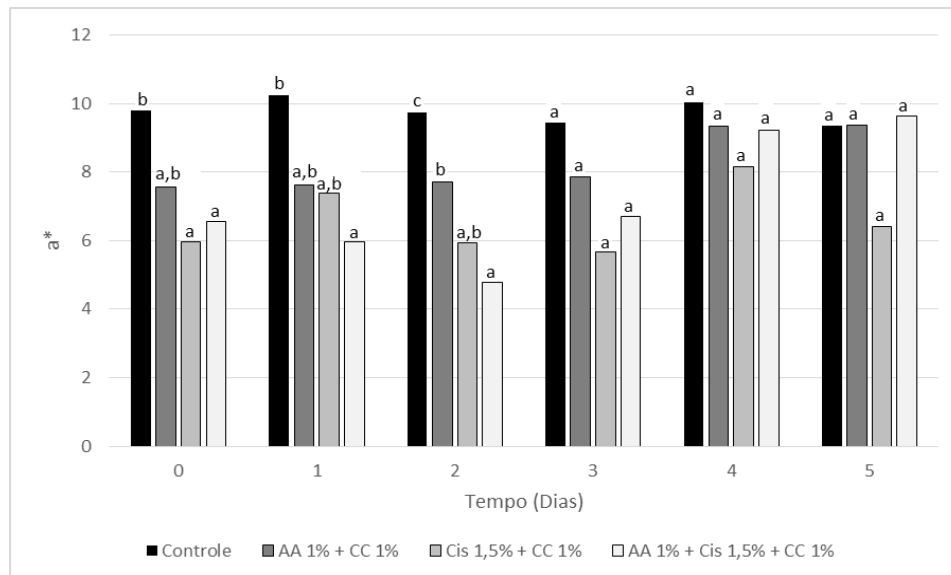


Figura 9 - Valores médios da coordenada a* de banana nanica minimamente processada submetida a diferentes tratamentos [Controle; Ácido Ascórbico (AA) 1% + Cloreto de Cálcio (CC) 1% + Cisteína (Cis) 1,5%] armazenada a $5\pm 1^\circ\text{C}$, por cinco dias. Barras acompanhadas de mesma letra, dentro de cada tempo, não diferem entre si pelo teste de Tukey.

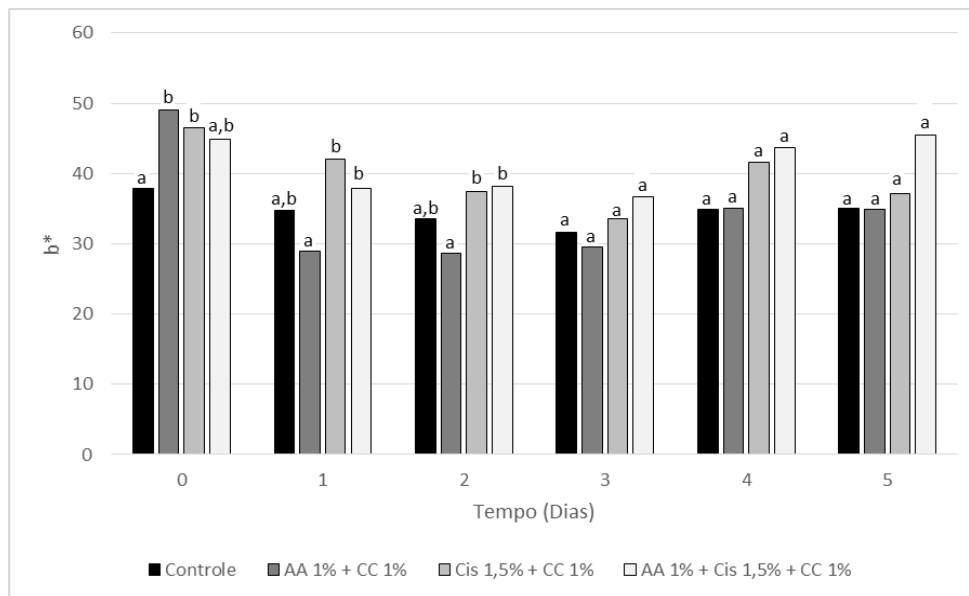


Figura 10 - Valores médios da coordenada b* de banana nanica minimamente processada submetida a diferentes tratamentos [Controle; Ácido Ascórbico (AA) 1% + Cloreto de Cálcio (CC) 1% + Cisteína (Cis) 1,5%] armazenada a $5\pm 1^\circ\text{C}$, por cinco dias. Barras acompanhadas de mesma letra, dentro de cada tempo, não diferem entre si pelo teste de Tukey.

Ainda em relação ao parâmetro b^* , foi observado uma tendência à diminuição dos valores deste parâmetro, para todos os tratamentos, ao longo do período de armazenamento, até o 3º dia, embora não tenham sido observadas diferenças estatisticamente significativas ($p > 0,05$). Esta diminuição fica mais fácil de ser observada na Figura 11, que mostra a média dos valores de b^* entre todos os grupos, ao longo dos 3 primeiros dias de armazenamento. A diminuição dos valores de b^* para bananas minimamente processadas também já foi relatada por outros autores (MELO; VILAS-BOAS, 2006).

O tratamento AA + Cis + CC se diferenciou dos demais por determinar, em média (para todos os tempos), os maiores valores da variável b^* (Figura 12). Este resultado foi semelhante ao resultado obtido por Melo e Vilas-Boas (2006), que também observaram maiores valores deste parâmetro para banana “maçã” minimamente processada e tratada com ácido ascórbico, cisteína e cloreto de cálcio.

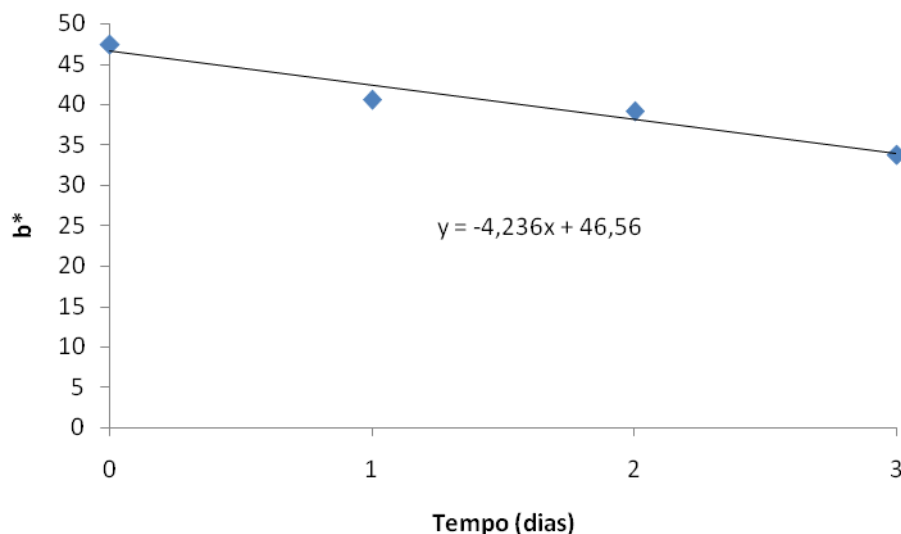


Figura 11 – Valores médios e equação de regressão linear de determinação do parâmetro b^* para banana nanica minimamente processada submetida aos diferentes tratamentos.

Segundo Richard-Forget, Goupy e Nicolas (1992), a aplicação de cisteína em vegetais fatiados pode levar à indesejável formação de pigmentos amarelos, violetas ou róseos, como os aqui observados.

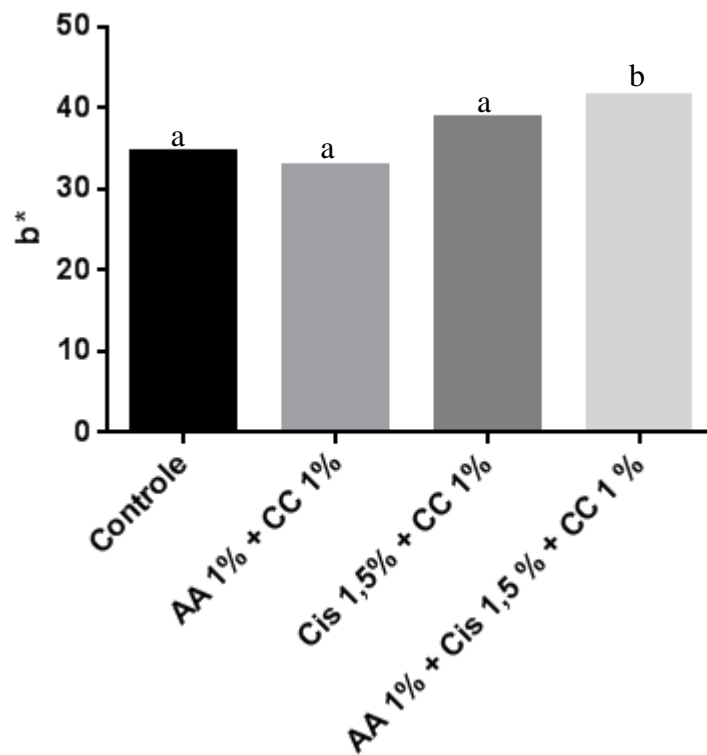


Figura 12 – Valores médios da coordenada b* de banana minimamente processada submetida a diferentes tratamentos. Letras minúsculas diferentes acima das barras indicam diferença estatisticamente significativa ($p < 0,05$) entre os tratamentos. Barras acompanhadas de mesma letra, dentro de cada tempo, não diferem entre si ($p > 0,05$) pelo teste de Tukey.

5.3 Análise sensorial

A análise sensorial serve para apreciar as características sensoriais de um produto através dos órgãos do sentido para investigar as preferências ou aversões por um alimento (MORI YOTSUYANAGI; FERREIRA 1998; BEHRENS; SILVA 2000).

A avaliação sensorial das amostras com os tratamentos podem ser observadas na Tabela 1. O tratamento Controle obteve as menores notas com relação a aparência, enquanto que o tratamento contendo AA + Cis + CC apresentou a maior nota. Por outro lado, os tratamentos Controle e AA + CC apresentaram as maiores notas com relação ao sabor. Provavelmente, em relação a este atributo, as notas baixas atribuídas aos tratamentos que continham cisteína devem-se ao sabor característico da mesma, ou mesmo devido à maior acidez

destas amostras, conforme Figuras 5 e 6. As notas obtidas no atributo textura para todos os tratamentos não se diferiram entre si.

Tabela 1 - Resultados obtidos na análise sensorial nos quesitos aparência, sabor, textura e aceitação global

Tratamentos	Aparência	Sabor	Textura	Aceitação Global	Índice de Aceitabilidade (%)
Controle	6,12 ± 2,02 ^a	7,22 ± 1,63 ^b	7,16 ± 1,22 ^a	6,80 ± 1,67 ^{a,b}	75,56
Ácido ascórbico + CaCl ₂	7,38 ± 1,55 ^b	7,34 ± 1,59 ^b	7,58 ± 1,07 ^a	7,46 ± 1,13 ^b	82,89
Cisteína + CaCl ₂	7,24 ± 1,60 ^b	5,52 ± 2,06 ^a	7,08 ± 1,21 ^a	6,06 ± 1,82 ^a	67,33
Ácido ascórbico + Cisteína + CaCl ₂	7,62 ± 1,38 ^b	5,96 ± 1,22 ^a	7,20 ± 1,20 ^a	6,30 ± 1,72 ^a	70

Médias seguidas de letras minúsculas diferentes indicam diferença estatisticamente significativa ($p < 0,05$) entre os tratamentos.

Embora o tratamento controle tenha recebido a menor nota no atributo aparência, e os tratamentos com cisteína, as piores notas em relação ao sabor, não houve diferença estatisticamente significativa entre a aceitação global dos tratamentos contendo cisteína e o controle. Ou seja, a princípio, um alimento que possui aparência ruim, mas gosto bom, pode ser sensorialmente tão aceito quanto um alimento que possui ótima aparência, mas gosto ruim. Os resultados obtidos no presente trabalho mostram que estes atributos se contrabalançaram no momento de se avaliar o produto globalmente. Adicionalmente, as bananas tratadas com AA + CC receberam a maior nota em relação à aceitação global, não diferindo estatisticamente em relação ao controle.

O índice de Aceitabilidade (IA) pode ser calculado considerando-se a nota máxima alcançada, pelo produto que está sendo analisado, como 100% e a pontuação média, em %, será o IA. O produto atingindo um percentual igual ou maior que 70% é considerado aceito pelos provadores (TEIXEIRA; MEINERT; BARBETTA, 1987). Pode-se notar na Tabela 1 que o tratamento Cis + CC foi o único que não foi aceito sensorialmente.

6 CONCLUSÃO

Os resultados obtidos no presente trabalho nos permitem concluir que:

- A cisteína é um agente redutor bastante eficaz para prevenir o escurecimento enzimático em bananas minimamente processadas. Entre todos os tratamentos, os que continham cisteína apresentaram menor escurecimento.
- Todavia, no aspecto sensorial, os tratamentos contendo cisteína obtiveram as menores notas no atributo sabor. Entretanto, o tratamento contendo cisteína 1,5% + cloreto de cálcio 1% foi o único que apresentou índice de aceitabilidade menor que 70%.
- Na avaliação sensorial global, entretanto, as bananas minimamente processadas tratadas com agentes químicos foram tão aceitas quanto as bananas que não receberam tratamento (controle).

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BATISTA, C. L. L. C. Produção e avaliação da estabilidade de corante hidrossolúvel de urucum. 71 p. 1. Ed. UFLA. Brasil, 1994. BELITZ, H. D.; GROSCH, W. Química de los alimentos. 2. ed. Zaragoza: Acríbia, 1997. p. 119-120.

BEHRENS, Jorge Herman; SILVA, Maria Aparecida Azevedo P. Perfil sensorial de vinhos brancos varietais brasileiros através de análise descritiva quantitativa. Ciência e Tecnologia de Alimentos, v.20, n.1, p.60-67, 2000.

BELITZ, H. D.; GROSCH, W. **Química de los alimentos**. 2. ed. Zaragoza: Acríbia, 1997. p. 119-120.

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

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Portaria nº 540 – SVS/MS de 27 de outubro de 1997. Aprova o Regulamento Técnico: Aditivos Alimentares - definições, classificação e emprego.

CANTOS, E.; TUDELA, J. A.; GIL, M. I.; ESPÍN, J. C. Phenolic compounds and related enzymes are not rate-limiting in browning development of fresh-cut potatoes. J. Agric. Food Chem., v. 50, p. 3015-3023, 2002.

CARVALHO, A. M.; JUNQUEIRA, A. M. R.; VIEIRA, J. V.; BOTELHO, R. Análise sensorial de genótipos de cenoura cultivados em sistema orgânico e convencional. Horticultura Brasileira, Brasília, v. 23, n. 3, p. 805-809, jul.-set. 2005.

CHITARRA, A. B.; PRADO, M. E. T. Utilização de atmosfera modificada e controlada em frutos e hortaliças. Lavras: UFLA/FAEPE, 2002. p. 13-15, 23-25, 40-42.

CLEMENTE, E. Purification and thermo stability of isoperoxidase from oranges. *Phytochemistry*, v. 49, n. 1, p. 29-36, 1998.

DUDLEY, E.D.; HOTCHKISS, J.H. Cysteine as an inhibitor of polyphenol oxidase. *Journal of Food Biochemistry*, v. 13, n. 1, p. 65-75, 1989.

Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina – Epagri. Síntese Anual da Agricultura de Santa Catarina. 2008-2009. Florianópolis: Epagri/Cepa, 2009. Disponível em <www.epagri.sc.gov.br>. Acesso em 05 jan. 2015.

ESCARPA, A.; GONZALEZ, M. C. An overview of analytical chemistry of phenolic compounds in foods. *Crit. Rev. Anal. Chem.*, v. 31, n. 2, p. 57-139, 2001.

FAO. FAOSTAT. Disponível em: <<http://faostat.fao.org>>. Acesso em 05 jan. 2015.

FERRI, M.G. Botânica: morfologia interna das plantas (anatomia). 9.ed. São Paulo: Nobel, 1999.

FIGUEIREDO, R. W. Qualidade e bioquímica de parede celular durante o desenvolvimento, maturação e armazenamento de pedúnculos de cajueiro anão precoce CCP 76 submetidos à aplicação pós-colheita de cálcio, 2000. 154 f. Tese (Doutorado em Ciência dos Alimentos)-Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2000.

FOLEGATTI, M. I. S.; MATSUURA, F. C. A. U. Processamento. In: BORGES, A. L.; SOUZA, L. S. O cultivo da bananeira. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2004.

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

HANSON, E.J.; BEGGS, J.L.; BEAUDRY, R.M. Applying calcium chloride postharvest to improve highbush blueberry firmness. *HortScience*, Alexandria, v.28, n.10, 1993.

IAL, Instituto Adolfo Lutz. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2008.

JIMENEZ, M.; GARCÍA-CARMONA, F. The effect of sodium dodecyl sulphate on polyphenoloxidase. *Phytochemistry*, v. 42, p. 1503-1509, 1996.

KAHN, V. Effect of proteins, protein hydrolyzates and amino acids on o-dihydroxyphenolase activity of polyphenoloxidase of mushroom, avocado and banana. *Journal of Food Science*, v. 50, p.111-115, 1985.

KAYS, S. J. Postharvest physiology of perishable plant products, New York: Van Nostrand Reinhold, 1991. 532 p.

KLAUS, B. Cálcio nos solos e nas plantas. Reserarch Centre Hanninghof, Yara International, Alemanha. *Informações agronômicas*, n. 117, 2007.

KOBLITZ, M. G.B. *Bioquímica de Alimentos: teoria de aplicações práticas*. Rio de Janiero, Guanabara Koogan, 2008.

KONKEL, F. E.; de OLIVEIRA, S. M. R.; SIMÕES, D. R. S.; DEMIATE, I. M. Avaliação sensorial de doce de leite pastoso com diferentes concentrações de amido. Ciênc. Tecnol. Aliment., Campinas, v.24, n. 2, p. 249-254, abr.-jun. 2004.

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: 5 jun. 2014.

MEILGAARD, M.; CIVILLE, G. V.; CARR, B. T. **Sensory evaluation techniques**. 3 ed. New York: CRC, 1999. 281 p.

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, jan./mar. 2006.

MORI, E. E. M., YOTSUYANAGI, K.; FERREIRA, V. L. F. Análise sensorial de goiabadas de marcas comerciais. Ciência Tecnologia de Alimentos, v.18, n.1, p.105-110, 1998.

NICOLAS, J. J.; RICHARD-FORGET, F. C.; GOUPY, P. M.; AMIOT, M. J.; AUBERT, S. Y. Enzymatic browning reaction in apple and apple products. Critical. Review. Food Science Nutrition, v. 34, p. 109-157, 1994.

PEDRÃO, M. R., CORÓ, F. A. G. Análise sensorial e sua importância na pesquisa de alimentos. UNOPAR Cient., Ciênc. Biol. Saúde, Londrina, v. 1, n. 1, p. 85-89, out. 1999. Disponível no endereço: <http://www2.unopar.br/pesq_arq/revista/BIOLOGICA/00000276.pdf>. Acesso em: 02 jan. 2015.

PEREIRA, J. L.; MIYA, N.; MAISTRO, L. C. Importância da enumeração rápida de

bactérias patogênicas em vegetais folhosos minimamente processados: uma análise. *Higiene Alimentar*, v. 15, n. 89, p. 15-21, 2001.

PORTE, A.; MAIA, L. H. Alterações fisiológicas, bioquímicas e microbiológicas de alimentos minimamente processados. *B. CEPPA, Curitiba*, v. 19, n. 1, p. 105-118, jan./jun. 2001.

POOVAIAH, B. W. Role of calcium in prolonging storage life of fruits and vegetables. *Food Technology, Chicago*, v. 40, n. 1, p. 86-89, 1986.

PRESTAMO, G.; MANZANO, P. Peroxidases of selected fruits and vegetables and the possible use of ascorbic acid as an antioxidant. *HortScience*, v.28, n.1, p.48-50, 1993.

REIS, C.M.F.; VILAS BOAS, E.V. de B.; BOARI, C.A.; PÍCCOLI, R.H. Qualidade e vida de prateleira de banana prata minimamente processada. *Ciência e Agrotecnologia*, v. 28, n. 3, p. 702-708, 2004.

RENSBURG, E. van; ENGELBRECHT, A. H. P. Effect of calcium salts on susceptibility to browning of avocado fruit. *J. Food Sci.*, v. 51, n. 4, p. 1067-1068, 1986.

RICHARD-FORGET, F.C.; GOUPY, P.M.; NICOLAS, J.J. Cysteine as an inhibitor of enzymatic browning. 2. kinetic studies. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, v. 40, n. 11, p. 2.108-2.113, 1992.

RICHARD-FORGET, F.C.; GOUPY, P.M.; NICOLAS, J.J.; LACOMBE, J-M; PAIVA, A.A. Cysteine as an inhibitor of enzymatic browning. 1. isolation and characterization of addition compounds formed during oxidation of phenolics by apple polyphenol oxidase. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, v. 39 n. 5, p. 841-847, 1991.

RICHARDSON, T.; HYSLOP, D. B. Enzimas. In: FENNEMA, O. R. (Dir.) Química de los alimentos. Zaragoza: Acríbia, 2000. p.501-503.

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

SARRIA, S. D. Resfriamento rápido e armazenamento refrigerado do figo (*Ficus carica* L.) 'Roxo de Valinhos' e seus efeitos na qualidade da fruta, 2003. 150 f. Tese (Doutorado em Tecnologia Pós-Colheita)-Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, São Paulo, 2003.

SILVA, J. H. V., ALBINO, L. F. T.; GODÓI, M. J. S. Efeito do extrato de urucum na pigmentação da gema dos ovos. Revista Brasileira de Zootecnia, v. 29, p. 1435-1439, 2000.

SUBRAMANIAN, N.; VENKATESH, P.; GANGULI, S.; SINKAR, V. P. Role of polyphenol oxidase and peroxidase in the generation of black tea theaflavins. J. Agric. Food Chem., n. 47, p. 2571-2578, 1999.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. Fisiologia vegetal. 3.ed. Porto Alegre: Artmed, 2004.

TEIXEIRA, E.; MEINERT, E. M.; BARBETTA, P. A Métodos sensoriais. In: **Análise sensorial de alimentos**. Florianópolis, Editora da UFSC, 1987. p. 66-119.

TEIXEIRA, K. R. Análise sensorial. Serviço Brasileiro de Respostas Técnicas (SBRT). Minas Gerais: CETEC, 2007. Disponível no endereço: <http://apeclx.unoeste.br/moodle/file.php/455/moddata/forum/1038/5833/Analise_sensorial.pdf>. Acesso em: 02 jan. 2015.

TOIVONEN, P. M. A.; BRUMMELL, D. A. Review: biochemical bases of appearance and texture changes in fresh-cut fruit and vegetables. *Postharvest Biol.Technol.*, v. 48, p. 1-14, 2008.

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

VAUGHN, K. C.; DUKE, S. O. Function of polyphenoloxidase in higher plants. *Plant Physiol.*, v. 60, p. 106-112, 1984.

VILAS BOAS, E. V. B. Frutas minimamente processadas: Banana. III Encontro Sobre Processamento Mínimo de Frutas e Hortaliças: palestras, resumos e oficinas. Viçosa, UFV, p. 111-121. 2004.

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

VILAS BOAS, E. V. B; KADER, A. A. Effect of 1-MCP on fresh-cut fruits. *Perishables Handling Quarterly*, Davis, n. 108, p. 25, November, 2001.

VILLEGAS-OCHOA, M.; AYALA-ZAVALA, J. F.; VALENZUELA, R. C.; HERNÁNDEZ, J.; GONZÁLEZ-AGUILAR, G. A. Efecto antioxidante de extractos naturales en manzana 'Red Delicious'. In: SIMPOSIUM "ESTADO ACTUAL DEL MERCADO DE FRUTOS Y VEGETALES CORTADOS EN IBEROAMÉRICA", 2005, La Habana. *Anais... La Habana, Cuba*: [s.n], 2005. p. 25-32.

WEBB, E. C. Enzyme nomenclature: recommendations of the nomenclature committee of international union of biochemistry and molecular biology on the nomenclature and classification of enzymes. San Diego, California, USA: Academic Press, 1992. 862 p.

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.

YORUK, R.; MARSHALL, M. R. Physicochemical properties and function of plant polyphenol oxidase: A review. *J. Food Biochem.*, v. 27, p. 361-422, 2003.