

**CRISTINA SOETHE**

**CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA E DE COMPOSTOS  
FUNCIONAIS DE PIMENTA DEDO-DE-MOÇA ‘BRS MARI’ EM  
FUNÇÃO DO ESTÁDIO DE MATURAÇÃO E TEMPO DE  
ARMAZENAMENTO**

Dissertação apresentada ao Centro de Ciências  
Agroveterinárias da Universidade do Estado de  
Santa Catarina, como requisito parcial para  
obtenção do grau de Mestre em Produção  
Vegetal.

Orientador: Prof. Dr. Cristiano André Steffens  
Coorientadores: Prof. PhD. Cassandro Vidal  
Talamini do Amarante  
Dra. Leonora Mansur Mattos

**LAGES - SC  
2013**

S681c Soethe, Cristina

Caracterização físico-química e de compostos funcionais de pimenta Dedo-de-Moça 'BRS Mari' em função do estágio de maturação e tempo de armazenamento / Cristina Soethe. - 2013.

52 p. : il. ; 21 cm

Orientador: Cristiano André Steffens

Coorientador: Cassandro Vidal Talamini do Amarante

Coorientadora: Leonora Mansur Mattos

Bibliografia: p. 47-52

Dissertação (mestrado) - Universidade do Estado de Santa Catarina, Centro de Ciências Agroveterinárias, Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, Lages, 2013.

1. *Capsicum baccatum* var. *pendulum*. 2. Maturação. 3. Refrigeração. 4. Compostos fenólicos. 5. Atividade antioxidante. I. Soethe, Cristina. II. Steffens, Cristiano André. III. Universidade do Estado de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal. IV. Título

CDD: 635.643 - 20.ed.

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Setorial do CAV/ UDESC

**CRISTINA SOETHE**

**CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA E DE COMPOSTOS  
FUNCIONAIS DE PIMENTA DEDO-DE-MOÇA 'BRS MARI' EM  
FUNÇÃO DO ESTÁDIO DE MATURAÇÃO E TEMPO DE  
ARMAZENAMENTO**

Dissertação aprovada como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Produção Vegetal do Programa de Pós-graduação em Ciências Agrárias do Centro de Ciências Agroveterinárias da Universidade do Estado de Santa Catarina.

**Banca Examinadora:**

Orientador: \_\_\_\_\_

Prof. Dr. Cristiano André Steffens  
Universidade do Estado de Santa Catarina – UDESC

Membro: \_\_\_\_\_

Dra. Leonora Mansur Mattos  
Embrapa Hortaliças

Membro: \_\_\_\_\_

Dr. Eduardo Seibert  
Instituto Federal Catarinense - IFC

**Lages, 06 de setembro de 2013**

## AGRADECIMENTOS

A Deus pela vida e por me guiar no caminho do conhecimento;

Aos meus pais que sempre viram os estudos como uma área de progresso e me incentivaram neste caminho;

À Universidade do Estado de Santa Catarina pelo ensino, oportunidade e assistência necessária para a realização deste trabalho;

Aos professores do Centro de Ciência Agroveterinárias – CAV/UEDESC pela dedicação na transferência de conhecimento;

À Embrapa Hortaliças pelo apoio no desenvolvimento dos trabalhos;

À CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) pelo apoio financeiro;

Ao meu Orientador, Professor Dr. Cristiano André Steffens, pela orientação, dedicação, incentivo, disposição e por partilhar tão generosamente seu tempo e sabedoria;

À minha orientadora da Embrapa Hortaliças, Dra. Leonora Mansur Mattos pelo incentivo, confiança e oportunidade para a realização deste trabalho;

Ao pesquisador da Embrapa Hortaliças Dr. Celso Luiz Moretti pelos seus ensinamentos e contribuição para este trabalho;

Aos colegas do laboratório de Ciência e Tecnologia de Alimentos da Embrapa Hortaliças, João Batista Gomes, Daiane Mayer e Nathalie Ferreira, pela amizade e contribuição para a realização das análises deste trabalho;

Ao Eduardo pela compreensão, sempre trazendo confiança e estímulo.

MUITO OBRIGADA!

## RESUMO

SOETHE, Cristina. **Caracterização físico-química e de compostos funcionais de pimenta Dedo-de-Moça ‘BRS Mari’ em função do estágio de maturação e tempo de armazenamento.** 2013, 52 f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal – Área de Fisiologia Pós-Colheita) -Universidade do Estado de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, Lages, 2013.

O objetivo deste trabalho foi determinar as características de qualidade e de compostos funcionais de pimenta Dedo-de-Moça ‘BRS Mari’ em diferentes estádios de maturação e o período ideal de colheita dos frutos com maior qualidade sensorial e de compostos bioativos, bem como avaliar o efeito de dois tipos de embalagens poliméricas e o tempo de armazenamento refrigerado sobre as características físico-químicas e funcionais. As pimentas foram colhidas de plantas cultivadas no campo experimental da Embrapa Hortaliças, Brasília – DF, 2012. No experimento 1 as pimentas foram avaliadas aos 20, 30, 40, 50, 60, 70 e 80 dias após a antese (DAA) quanto ao teor de sólidos solúveis (SS), acidez titulável (AT), coloração ( $h^\circ$ ,  $L^*$  e  $C$ ), clorofilas  $a$ ,  $b$  e total, fenólicos totais, atividade antioxidante e teor de capsantina. No experimento 2, frutos colhidos aos 80 DAA foram avaliados quanto à conservação pós-colheita em dois tipos de embalagens poliméricas (policloreto de vinila – PVC; polietileno tereftalato - PET). Neste experimento, os frutos foram armazenados a  $10\pm 1^\circ\text{C}$  durante 15 dias e as avaliações realizadas a cada três dias. Verificou-se que ao avaliar os estádios de maturação, o teor de SS aumentou até 70 DAA e a AT obteve maior valor aos 50 DAA com decréscimo nos estádios posteriores. Clorofilas  $a$  e total reduziram até 60 DAA, quando a partir de então pouca variação ocorreu até 80 DAA. Clorofila  $b$  foi mais elevada aos 30 DAA, quando após os valores foram mais baixos. Ângulo hue ( $h^\circ$ ) e  $L^*$  diminuíram até 60 DAA, indicando mudança da coloração externa dos frutos de verde para vermelho, com pequenas mudanças na coloração até 80 DAA. O conteúdo de fenólicos totais aumentou até 60 DAA, quando a partir de então pequenos aumentos ocorreram até 80 DAA. A porcentagem de atividade antioxidante aumentou durante a maturação, e o conteúdo de capsantina teve

aumento até 70 DAA, momento em que os frutos estavam com a coloração externa totalmente vermelha. No experimento 2, não foi observada diferença significativa entre as embalagens avaliadas quanto às características avaliadas. O tempo de armazenamento não apresentou efeito sobre o teor de SS, AT e na relação SS/AT de pimentas ‘BRS Mari’. Todavia, diminuiu a luminosidade e aumentou o ângulo hue e o croma a partir do terceiro dia de armazenamento, com poucas alterações até o final do experimento. O teor de compostos fenólicos e porcentagem de atividade antioxidante diminuíram no terceiro dia de armazenamento, havendo a partir de então pouca variação até o final do período de armazenamento. O conteúdo de capsantina não foi influenciado pelo tempo de armazenamento. Portanto, o estágio ideal de colheita das pimentas Dedo-de-Moça ‘BRS Mari’, levando em consideração as características sensoriais, é aos 70 DAA, momento em que apresenta também maior conteúdo de capsantina. Frutos colhidos em estágio de maturação mais avançado apresentam maior capacidade antioxidante. Independente do tipo de embalagem, o tempo de armazenamento refrigerado não alterou as características de palatabilidade, mas até o terceiro dia de armazenamento influenciou negativamente na aparência dos frutos, reduziu a composição de fenólicos totais e a porcentagem de atividade antioxidante.

**Palavras-chave:** *Capsicum baccatum* var. *pendulum*. Maturação. Refrigeração. Compostos Fenólicos. Atividade Antioxidante.

## ABSTRACT

SOETHE, Cristina. **Characterization physics, chemistry and functional compounds of Dedo-de-Moça ‘BRS Mari’ peppers in function of stages of maturity and storage time.** 2013, 52 f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal – Área de Fisiologia Pós-Colheita) -Universidade do Estado de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, Lages, 2013.

The aim of this study was to determine the characteristics of quality and functional compounds of Dedo-de-Moça ‘BRS Mari’ peppers at different stages of maturation and the optimal period to harvest fruits with higher sensory and nutraceutical quality and evaluate two types of polymeric packaging and cold storage on the physico-chemical and nutraceutical characteristics of the peppers. The pepper fruits were grown in the experimental field at Embrapa Hortaliças, Brasília - DF, 2012. In experiment 1, the peppers were evaluated at 20, 30, 40, 50, 60, 70 and 80 days after anthesis (DAA) regarding soluble solids (SS), titratable acidity (TA), color ( $h^\circ$ ,  $L^*$  and  $C$ ), chlorophyll *a*, *b* and total phenolic content and capsanthin antioxidant activity. In experiment 2, the fruits harvested at 80 DAA were also evaluated postharvest in two types of polymeric packaging (polyvinyl chloride - PVC, polyethylene terephthalate - PET). In this experiment, the fruits were stored at  $10\pm 1^\circ\text{C}$  for 15 days and evaluated every three days. It was found that when evaluating the maturation stages, the SS content increased up to 70 DAA and TA obtained peaked at 50 DAA with a decrease in the later stages. Total chlorophyll *a* reduced to 60 DAA from then little change occurred until 80 DAA. Chlorophyll *b* was higher at 30 DAA after the values were lower. Hue angle ( $h^\circ$ ) and  $L^*$  decreased to 60 DAA, indicating the change of external color of the fruit from green to red, with small changes in color up to 80 DAA. The total phenolic content increased up to 60 DAA from then small increases occurred up to 80 DAA. The percentage of antioxidant activity increased during maturation, and capsanthin content had increased to 70 DAA when the fruits were completely red. No difference was observed between the packages evaluated the characteristics evaluated. The storage time had no effect on the soluble solids content, the percentage of citric acid and SS/TA ratio of the ‘BRS Mari’ peppers. However,

there was decreased brightness and increased hue angle and chroma from the third day of storage, with little change until the end of the experiment. The phenolic content and antioxidant activity decreased percentage of the third day of storage, with a little variation from then until the end of the storage period. The content of capsanthin was not influenced by storage time. Therefore, the ideal stage for harvesting Dedo-de-Moça ‘BRS Mari’ peppers, taking into consideration the sensory characteristics, is at 70 DAA, when the highest levels of capsanthin occur. Fruits harvested at maturity stage feature higher antioxidant capacity. Regardless of the type of packing, cold storage did not alter the palatability characteristics, but by the third day of storage had a negative influence on the appearance of the fruit, and reduced the phenolic composition and the percentage of antioxidant activity.

**Key words:** *Capsicum baccatum* var. *pendulum*. Maturity. Chilling. Phenolic Compounds. Antioxidant Activity.



## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

- Figura 1 - Pimentas Dedo-de-Moça ‘BRS Mari’ com 20, 30, 40, 50, 60, 70 e 80 DAA ..... 19
- Figura 2 - Valores de fenólicos totais (A) e porcentagem de atividade antioxidante (B) de pimentas Dedo-de-Moça ‘BRS Mari’ colhidas em diferentes estádios de maturação. Médias não seguidas pela mesma letra diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ). EAG= Equivalente de Ácido Gálico ..... 28
- Figura 3 - Conteúdo de capsantina em pimentas Dedo-de-Moça ‘BRS Mari’ colhidas em diferentes estádios de maturação. Médias não seguidas pela mesma letra diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ )..... 30
- Figura 4 - Pimentas Dedo-de-Moça ‘BRS Mari’ acondicionadas em bandeja de poliestireno envolta com filme de PVC e embalagem PET no 1º dia de armazenamento ..... 35
- Figura 5 - Pimentas Dedo-de-Moça ‘BRS Mari’ acondicionadas em bandeja de poliestireno envolta com filme de PVC e embalagem PET com 15 dias de armazenamento ..... 35
- Figura 6 - Valor de L\* (A), croma (B) e ângulo hue (C) de pimentas Dedo-de-Moça ‘BRS Mari’ durante o armazenamento refrigerado ( $10 \pm 1^\circ\text{C}$ ) ..... 43
- Figura 7 - Fenólicos totais (A) e % atividade antioxidante (B) de pimentas Dedo-de-Moça ‘BRS Mari’ durante o armazenamento refrigerado ( $10 \pm 1^\circ\text{C}$ ) ..... 44

## LISTA DE TABELAS

- Tabela 1 - Sólidos solúveis (SS), acidez titulável (AT) e relação SS/AT de pimentas Dedo-de-Moça 'BRS Mari' colhidas em diferentes estádios de maturação..... 24
- Tabela 2 - Teores de clorofila *a*, clorofila *b*, clorofila total e atributos de cor ( $L^*$ , ângulo hue e croma) de pimentas Dedo-de-Moça 'BRS Mari' colhidas em diferentes estádios de maturação .. 26
- Tabela 3 - Sólidos solúveis (SS), acidez titulável (AT), relação SS/AT, ângulo hue, brilho ( $L^*$ ) e croma de pimentas Dedo-de-Moça 'BRS Mari' armazenadas sob refrigeração em dois tipos de embalagens poliméricas ..... 38
- Tabela 4 - Fenólicos totais, atividade antioxidante (%AA) e capsantina de pimentas Dedo-de-Moça 'BRS Mari' armazenadas sob refrigeração em dois tipos de embalagens poliméricas ..... 38
- Tabela 5 - Sólidos solúveis (SS), acidez titulável (AT), relação SS/AT e capsantina de pimentas Dedo-de-Moça 'BRS Mari' durante o armazenamento refrigerado ( $10\pm 1^{\circ}\text{C}$ )..... 42

## LISTA DE ABREVEATURAS E SIGLAS

A	Absorvância
AA	Atividade Antioxidante
AT	Acidez Titulável
BRS	Brasil Sementes
°Brix	Grau Brix
Clf	Clorofila
Ct	Capsantina
CV	Coeficiente de Variação
cv.	Cultivar
DAA	Dias Após Antese
DF	Distrito Federal
DMF	N, N - Dimetilformamida
DPPH	2,2-difenil-1-picril hidrazil
EAG	Equivalente de Ácido Gálico
E.M.	Estádio de Maturação
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
g	Grama
°h	Ângulo hue
L	Litro
L*	Luminosidade
L* <i>a b</i>	Sistema tri-axial de cores
kg	Quilograma

m	Massa
MF	Matéria Fresca
mL	Mililitro
mm	Milímetro
Mol L	Mol por Litro
MS	Matéria Seca
$\mu$	Micro
$\mu$ M	Micrometro
nm	Nanômetro
P.A.	Para Análise
pH	Potencial de Hidrogênio
$\pi$	Pi
%	Porcentagem
ppm	Parte por Milhão
PET	Polietileno Tereftalato
PVC	Policloreto de Vinila
rpm	Rotação por Minuto
SAS	Statistical Analysis System
SHU	Unidades de Calor Scoville
SS	Sólidos Solúveis
SS/AT	Relação Sólidos Solúveis/Acidez Titulável
UR	Umidade Relativa
var.	Variedade

## SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO .....	13
2	QUALIDADE PÓS-COLHEITA E COMPOSTOS FUNCIONAIS DE PIMENTA DEDO-DE-MOÇA ‘BRS MARI’ EM DIFERENTES ESTÁDIOS DE MATURAÇÃO.....	16
2.1	RESUMO .....	16
2.2	ABSTRACT .....	17
2.3	INTRODUÇÃO .....	17
2.4	MATERIAL E MÉTODOS.....	19
2.5	RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	22
2.6	CONCLUSÃO .....	30
3	ARMAZENAMENTO REFRIGERADO DE PIMENTA DEDO-DE-MOÇA ‘BRS MARI’ EM EMBALAGEM POLIMÉRICA.....	31
3.1	RESUMO .....	31
3.2	ABSTRACT .....	32
3.3	INTRODUÇÃO .....	32
3.4	MATERIAL E MÉTODOS.....	34
3.5	RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	37
3.6	CONCLUSÃO .....	45
4	CONCLUSÕES GERAIS .....	46
5	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	47



## 1 INTRODUÇÃO

As pimentas são plantas condimentares utilizadas pelos índios e civilizações antigas para deixar os alimentos mais agradáveis ao paladar, bem como para serem utilizadas como conservantes em alimentos. Pertencem à família Solanaceae e ao gênero *Capsicum* e apresentam mais de 150 variedades, todas derivadas de cinco espécies domesticadas e cultivadas: *Capsicum annuum*, *Capsicum baccatum*, *Capsicum chinense*, *Capsicum frutescens* e *Capsicum pubescens* (BONTEMPO, 2007).

As pimentas (*Capsicum* spp.) representam um importante segmento do setor de hortaliças no Brasil, com forte expressão na indústria alimentícia, farmacêutica e cosmética. São consumidas na forma *in natura*, como especiarias na produção de conservas e molhos por apresentarem características peculiares de cor e sabor e são utilizadas como conservante natural (BONTEMPO, 2007).

A espécie *Capsicum baccatum* tem como centro de diversidade a Bolívia e o sudeste brasileiro. Os tipos mais comuns e cultivados no Brasil são as pimentas Dedo-de-Moça, Chifre-de-Veado e Cambuci (RIBEIRO; REIFSCHNEIDER, 2008). A pimenta Dedo-de-Moça (*Capsicum baccatum* var. *pendulum*) é cultivada principalmente nas regiões sul e sudeste do Brasil, por pequenos, médios e grandes produtores individuais ou integrados a agroindústria (CARVALHO et al., 2009).

A 'BRS Mari' é uma cultivar de pimenta Dedo-de-Moça, que foi desenvolvida a partir da população 'CNPH 0039', em programa de melhoramento iniciado em 2003, e introduzida na coleção de germoplasma de *Capsicum* da Embrapa Hortaliças, Brasília-DF. Seus frutos podem ser utilizados tanto para o consumo *in natura*, como para processamento (molho líquido) e para a produção de pimenta tipo calabresa (desidratada em flocos com as sementes). A coloração dos frutos varia de verde claro, amarelo e laranja quando imaturos e vermelho intenso quando maduros, apresentando aproximadamente 6,0 cm de comprimento, 1,4 cm de largura e 1,7 mm de espessura da parede, quando plenamente desenvolvidos. Apresenta elevada pungência, em torno de 90.000 SHU (Unidades de Calor Scoville), quando comparada com cultivares do mesmo grupo (CARVALHO et al., 2009).

As pimentas do gênero *Capsicum* são excelentes fontes de antioxidantes naturais, como, capsaicinóides (KIRSCHBAUM-TITZE et al., 2002; ROSA et al., 2002), carotenóides, vitamina C e E

(BONTEMPO, 2007) e compostos fenólicos flavonóides (quercetina e luteolina) (MATERSKA; PERUCKA, 2005; MARIN et al., 2004). Atribui-se a pimenta a capacidade de combater a ação dos radicais livres no organismo humano por apresentar elevada capacidade antioxidante.

Compostos fenólicos são importantes grupos de metabólitos secundários, que são sintetizados pelas plantas como resposta da planta às condições de estresse (SHETTY, 2004). As espécies de *Capsicum* apresentam em sua composição química teores significativos de compostos fenólicos que contribuem para a qualidade sensorial dos frutos, como cor, que dá a aparência colorida aos alimentos, adstringência, amargor e sabor que cujos níveis variam durante o processo de maturação (CONFORTI; STATTI; MENICHINI, 2007) e impedem a oxidação de vários ingredientes do alimento, particularmente de lipídios (BRAND-WILLIAMS; CUVELIER; BERSET, 1995).

Os flavonóides encontrados em maior quantidade nas pimentas são a quercetina e a luteolina, que estão presentes em formas conjugadas. A luteolina tem maior atividade antioxidante seguida pela quercetina (LEE et al., 2005) e têm mostrado efeitos na prevenção e no tratamento de doenças cardiovasculares, câncer, insuficiência renal e hepática, bem como eficaz na inibição de doenças infecciosas (BEHLING et al., 2004). Os flavonóides luteolina e quercetina apresentam benefícios à saúde, porém não podem ser sintetizados pelo organismo humano (LEE et al., 2005), necessitando assim sua ingestão através dos alimentos.

A ação benéfica dos compostos fenólicos na saúde humana vem sendo relacionada com a sua atividade anti-inflamatória e com a atividade que impede a ação de radicais livres no organismo (SILVA et al., 2010).

Os carotenóides são responsáveis pela cor de frutas e hortaliças. Durante o amadurecimento das pimentas ocorre aumento considerável na concentração de carotenóides. No início do amadurecimento, ocorre a formação dos carotenóides, que está associado com a mudança de textura, cor e sabor dos frutos. A cor depende da capacidade dos frutos em sintetizar carotenóides e de reter pigmentos de clorofila (HORNERO-MÉNDEZ; GUEVARA; MÍNGUEZ-MOSQUERA, 2000; HORNERO-MÉNDEZ; MÍNGUEZ-MOSQUERA, 2002).

Os principais carotenóides presente em frutos de *Capsicum* são a luteína, neoxantina, zeaxantina,  $\beta$ -criptoxantina,  $\beta$ -caroteno, capsorubina e a capsantina (MATSUFUJI et al., 1998). A capsantina é sintetizada durante o amadurecimento dos frutos, sendo encontrada em maior quantidade em frutos vermelhos ou maduro (AZEVEDO-



MELEIRO; RODRIGUEZ-AMAYA, 2009; GUZMAN et al., 2010). A capsantina representa cerca de 60% do total de carotenóides em frutos maduros e tem mostrado ser importante para a saúde humana, devido a sua ação antioxidante, na eliminação dos radicais livres (MATSUFUJI et al., 1998).

Um antioxidante é uma molécula capaz de reduzir ou prevenir reações químicas que envolvam transferência de elétrons, impedindo, desta forma, a formação de radicais livres. A proteção antioxidante dos carotenóides é fornecida pelo grupo de pigmentos que apresenta nove ou mais dupla ligações conjugadas na cadeia poliênica (COSTA et al., 2009). Nas pimentas, a capsantina apresenta capacidade de inibir a ação de radicais livres bem próxima a do carotenóide licopeno, que apresenta similar função a capsantina (MATSUFUJI et al., 1998). A capsantina também é utilizada como corante em diversos produtos processados como, embutidos de carne, salsichas e molhos (RIBEIRO; CRUZ, 2002).

As pimentas, como as demais hortaliças, necessitam de técnicas de produção que se não forem observadas, determinam importantes perdas pós-colheita, como ponto de colheita, cuidados no manuseio, no transporte e na comercialização, que juntamente com um eficiente sistema de armazenamento e de acondicionamento, visam estender a vida útil sem afetar a qualidade do produto. De acordo com Henz e Moretti (2008), por ser um fruto de clima tropical, a melhor temperatura de armazenamento para as pimentas é entre 7°C e 12°C. Por outro lado, o uso de embalagem adequada proporciona maior vida útil dos frutos, pois reduz as perdas econômicas e facilita a distribuição dos produtos a longas distâncias sem comprometer a qualidade (FINGER; CASALI, 2006).

Por ser uma importante fonte de antioxidantes naturais, o consumo de pimentas pode apresentar efeitos fisiológicos benéficos, proporcionando benefícios para a saúde, incluindo o tratamento e a prevenção de doenças, fortalecendo o organismo contra invasores infecciosos e contra processos degenerativos e envelhecimento precoce (BONTEMPO, 2007). Sendo assim, há interesse em estudos que contribuem na identificação do período ideal de colheita e na forma de conservação pós-colheita de frutos de *Capsicum*, como pimenta Dedo-de-Moça 'BRS Mari' que pode proporcionar maiores benefícios para o organismo humano.

## 2 QUALIDADE PÓS-COLHEITA E COMPOSTOS FUNCIONAIS DE PIMENTA DEDO-DE-MOÇA ‘BRS MARI’ EM DIFERENTES ESTÁDIOS DE MATURAÇÃO

### 2.1 RESUMO

Este trabalho teve como objetivo avaliar as características de qualidade pós-colheita e propriedades funcionais de pimentas Dedo-de-Moça ‘BRS Mari’ em diferentes estádios de maturação. As pimentas foram cultivadas no campo experimental da Embrapa Hortaliças, Brasília – DF, no ano de 2012, e avaliadas aos 20, 30, 40, 50, 60, 70 e 80 dias após a antese (DAA) quanto ao teor de sólidos solúveis (SS), acidez titulável (AT), relação SS/AT, coloração (ângulo hue,  $L^*$  e croma), clorofilas  $a$ ,  $b$  e total, fenólicos totais, atividade antioxidante e capsantina. Verificou-se que o teor de SS aumentou até 70 DAA e a porcentagem de ácido cítrico obteve maior valor aos 50 DAA com decréscimo nos estádios posteriores. Clorofilas  $a$  e total apresentaram redução até 60 DAA, quando a partir de então ocorreu pouca variação até 80 DAA. Os valores de clorofila  $b$  foram mais elevados até 30 DAA, quando após os valores foram mais baixos. Valores de ângulo hue e  $L^*$  diminuíram até 60 DAA, indicando mudança de coloração externa dos frutos de verde para vermelho, com pequenas mudanças na coloração de 60 até 80 DAA. O conteúdo de fenólicos totais aumentou até 60 DAA, quando a partir de então pequenos aumentos ocorreram até 80 DAA. A porcentagem de atividade antioxidante aumentou à medida que os frutos amadureciam, e o conteúdo de capsantina teve aumento até 70 DAA, momento em que os frutos estavam com a coloração externa totalmente vermelha. Estes resultados indicam que o estágio ideal de colheita das pimentas Dedo-de-Moça ‘BRS Mari’, levando em consideração as características sensoriais, é aos 70 DAA, momento em que apresenta também maior conteúdo de capsantina. Por outro lado, levando em consideração a porcentagem de inibição de radicais livres, o avanço de estádios de maturação até 80 DAA aumenta a capacidade antioxidante.

**Palavras-chave:** Maturação. Atributos Físicos e Químicos. Fenólicos. Atividade Antioxidante.

## POSTHARVEST QUALITY AND FUNCTIONAL COMPOUNDS IN 'BRS MARI' PEPPER "DEDO-DE-MOÇA" AT DIFFERENT STAGES OF MATURITY

### 2.2 ABSTRACT

This study aimed to evaluate the characteristics of postharvest quality and functional properties of pepper Dedo-de-Moça 'BRS Mari' at different stages of maturation. The pepper were grown in the experimental field of Embrapa Hortaliças, Brasília - DF, in the year 2012, and evaluated at 20, 30, 40, 50, 60, 70 and 80 days after anthesis (DAA) and the soluble solid content (SS), titratable acidity (TA), SS/TA ratio, color (hue angle, chroma and L\*), *a*, *b* and total amount of chlorophyll, total phenolic, antioxidant activity and capsanthin. It was verified that the SS content increased up to 70 DAA and the percentage of citric acid obtained peaked at 50 DAA with a decrease in the later stages. Total chlorophyll decreased to 60 DAA from then little change occurred until 80 DAA. The amounts of chlorophyll *b* were higher by 30 DAA after the values were lower. Values of L\* and hue angle decreased up to 60 DAA, indicating change of external color of the fruit from green to red, with small changes in color up to 80 DAA. The total phenolic content increased up to 60 DAA from then small increases occurred up to 80 DAA. The percentage of antioxidant activity increased as the fruit ripened, and the content of capsanthin increased to 70 DAA, when the fruits were completely red. These results indicate that the optimal stage of harvest for Dedo-de-Moça 'BRS Mari' peppers, considering the sensory characteristics is at 70 DAA, which also has the highest content of capsanthin. On the other hand, taking into account the percentage of free radical inhibition, the progress of ripening stages increases the antioxidant capacity.

**Key words:** Maturing. Physical and Chemical Attributes. Phenolic. Antioxidant Activity.

### 2.3 INTRODUÇÃO

As frutas e hortaliças são alimentos importantes na dieta humana, devido à presença de compostos bioativos e de substâncias com ação antioxidante, que exercem função protetora no organismo.

Pimentas do gênero *Capsicum* são fontes de antioxidantes naturais, como, carotenóides e compostos fenólicos (MATERSKA; PERUCKA, 2005; MARIN et al., 2004). Os antioxidantes são moléculas capazes de reduzir ou prevenir reações químicas que envolvam a transferência de elétrons, impedindo desta forma, a formação de radicais livres (COSTA et al., 2009). Dentre as espécies de pimentas, destaca-se a *Capsicum baccatum* var. *pendulum*, popularmente conhecida como Dedo-de-Moça, sendo bastante utilizada na gastronomia brasileira.

As pimentas sofrem várias alterações na coloração durante o amadurecimento. A cor verde do fruto deve-se principalmente à presença da clorofila, que durante a maturação é convertida em carotenóides, responsáveis pelas cores amarelo, laranja e vermelho. Os principais carotenóides presentes em *Capsicum* são capsantina, capsorubina, criptoxantina,  $\beta$ -caroteno, zeaxantina e luteína (MATSUFUJI et al., 1998).

A capsantina é encontrada em maior concentração em frutos vermelhos ou maduros (AZEVEDO-MELEIRO; RODRIGUEZ-AMAYA, 2009; GUZMAN et al., 2010), representando cerca de 60% do total de carotenóides presentes em frutos maduros. O alto teor de carotenóides em pimentas maduras as tornam importantes fontes de antioxidantes, importante para a dieta humana (MATSUFUJI et al., 1998).

As espécies de *Capsicum* apresentam em sua composição química teores significativos de compostos fenólicos, metabólitos secundários que são sintetizados pelas plantas como resposta às condições de estresse, cujos níveis variam durante a maturação dos frutos, e contribuem para a qualidade sensorial dos frutos, como cor, adstringência, amargor e sabor (CONFORTI; STATTI; MENICHINI, 2007).

Nos alimentos os compostos fenólicos agem como antioxidantes pela sua habilidade em doar hidrogênio ou elétrons. Seu potencial antioxidante também se deve a capacidade de seus radicais intermediários estáveis impedirem a oxidação de vários ingredientes do alimento, principalmente de lipídios (BRAND-WILLIAMS; CUVÉLIER; BERSET, 1995). Esse efeito antioxidante dos compostos fenólicos apresenta importante contribuição para a saúde humana (SILVA et al., 2010), bem como impossibilita a alteração no valor nutricional e a diminuição da vida de prateleira dos alimentos (COSTA et al., 2009).

Devido à importância dos frutos de *Capsicum* para a alimentação, consumidos tanto na forma *in natura* como na forma industrializada, em virtude da sua contribuição para a saúde humana decorrente das suas propriedades antioxidantes, e de que forma o estágio de maturação pode afetar seu valor nutritivo, este trabalho teve como objetivo verificar o comportamento das características sensoriais e de compostos funcionais de pimentas Dedo-de-Moça ‘BRS Mari’ colhidas em diferentes estágios de maturação e determinar o período ideal de colheita dos frutos que apresenta maior qualidade sensorial e funcional.

## 2.4 MATERIAL E MÉTODOS

As pimentas Dedo-de-Moça ‘BRS Mari’ foram cultivadas no campo experimental da Embrapa Hortaliças, Brasília – DF. Na unidade experimental foram realizadas as seguintes atividades: a) plantio das mudas; b) marcação das flores na antese; c) colheita dos frutos quando estavam com 20, 30, 40, 50, 60, 70 e 80 dias após a antese (DAA) (Figura 1).

Figura 1 - Pimentas Dedo-de-Moça ‘BRS Mari’ com 20, 30, 40, 50, 60, 70 e 80 DAA.



Fonte: Produção do próprio autor

A colheita dos frutos foi realizada nos meses de outubro e novembro de 2012. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, com três repetições e unidade experimental constituída por 50 frutos.

Após a colheita, os frutos foram levados para o Laboratório de Ciência e Tecnologia de Alimentos da Embrapa Hortaliças e analisados logo após a colheita para coloração (sistema  $L^* a^* b^*$ ) e clorofila ( $a$ ,  $b$  e total), e preparação das amostras para posterior avaliação do teor de sólidos solúveis, acidez titulável, fenólicos totais, atividade antioxidante e capsantina. As análises de sólidos solúveis, acidez titulável, clorofila, coloração e capsantina foram realizadas conforme descritas por Mattos, Moretti e Henz (2007).

Os teores de sólidos solúveis foram analisados com refratômetro ATAGO, POCKET REFRACTOMETER PAL e os resultados expressos em °Brix. O valor da acidez titulável (% ácido cítrico) foi obtido em 10 g da amostra, diluído em 100 mL de água destilada. Homogeneizou-se os frutos em um triturador de alimentos TORRITEC, por aproximadamente 3 minutos e titulado com hidróxido de sódio (0,1 mol L) até pH 8,2.

A coloração da casca foi determinada com um colorímetro KONICA MINOLTA. Avaliaram-se os valores de  $L^*$  (luminosidade),  $a^*$  e  $b^*$ . As colorações foram expressas pela cromaticidade (Croma) e ângulo de cor (hue). As fórmulas utilizadas para os cálculos de ângulo hue e Croma foram:  $\text{ângulo Hue} = \arctangente(a,b) * 180/\pi$  e  $\text{Croma} = (a^2 + b^2)^{1/2}$ .

A determinação das clorofilas  $a$ ,  $b$  e total foi realizada utilizando 5 g da amostra da região equatorial do pericarpo dos frutos. A amostra foi colocada num almofariz, adicionados 10 mL do solvente N,N-dimetilformamida (DMF) e com o auxílio de um pistilo promoveu-se a maceração do material até obter-se um macerado uniforme. O material foi transferido para frascos protegidos com papel alumínio para evitar a fotodegradação dos pigmentos clorofílicos, e adicionou-se 10 mL de DMF. Os frascos foram armazenados por 7 dias a 4°C. Posteriormente os frascos foram retirados da câmara fria e promoveu-se a agitação dos mesmos por 24 horas. Após a agitação, o solvente foi filtrado com papel filtro Whatmann n° 4 e, realizada a leitura da absorvância em 647 nm e 664,5 nm. A concentração de pigmentos foi expressa em  $\text{mg kg}^{-1}$ , calculada de acordo com as seguintes equações: Clorofila total =  $17,95 * A_{647} + 7,90 * A_{664,5}$ ; Clorofila  $b = 20,47 * A_{647} - 4,73 * A_{664,5}$  e Clorofila  $a = 12,70 * A_{664,5} - 2,79 * A_{647}$ .

A determinação do teor de fenólicos totais foi realizada empregando o reagente de Folin-Ciocalteu, conforme descrita por Roesler et al. (2007), com adaptações, as quais estão descritas a seguir. Inicialmente foi preparada a solução de ácido gálico, utilizando 10 mg de ácido gálico em 100 mL de metanol P.A. Em seguida foi preparada a solução de carbonato de sódio, para a qual foi usada 10 g do reagente e feita a diluição em água destilada em balão de 100 mL. A solução Folin-Ciocalteu foi diluída na proporção de 1:3 (Folin-Ciocalteu:Água Destilada). Para a obtenção da curva padrão do ácido gálico foram pipetadas em tubos de ensaio diferentes alíquotas de metanol e da solução de ácido gálico na concentração de 0, 10, 30, 50, 70, 90 e 100 ppm. Para a obtenção dos extratos de pimenta foram utilizados 5 g da amostra, que foram homogeneizadas com 10 mL de metanol P.A. O homogenato foi colocado em agitação por 60 min à temperatura ambiente e em seguida centrifugado (SORVALL, RC 6 Plus, Alemanha) por 5 minutos a 15000 rpm. Procedeu-se a filtração do sobrenadante com papel Whatmann nº 4 e o filtrado reservado para análise de compostos fenólicos. Para análise foram adicionados em cada tubo, na ordem, 2,5 mL de Folin-Ciocalteu, 0,5 mL de amostra diluída (1:20) e 2,0 mL da solução de carbonato de sódio 10%. Para o branco, foram utilizados os mesmos reagentes citados anteriormente e 0,5 mL de metanol, substituindo a amostra. Os tubos foram agitados e vedados com parafilme e em seguida incubados por uma hora ao abrigo da luz. As amostras foram centrifugadas e realizou-se a leitura em espectrofotômetro no comprimento de onda de 765 nm. Os resultados foram expressos em mg de equivalentes de ácido gálico por 100 g da amostra (mgEAG 100 g<sup>-1</sup>).

A metodologia para determinar a capacidade antioxidante foi baseada na extinção da absorção do radical 2,2-difenil-1-picril hidrazil (DPPH 60 µM) conforme descrita por Rufino et al. (2007), com adaptações. Para a obtenção do extrato para quantificação da atividade antioxidante total, realizou-se o mesmo procedimento para obtenção do extrato dos compostos fenólicos. Após identificar o tempo de incubação, foi adicionado 0,4 mL de cada extrato das amostras de pimenta diluído (1:20) e 1,6 mL do radical DPPH (60 µM). Após 30 minutos de incubação, a absorvância foi lida em espectrofotômetro a 515 nm e foi convertida em porcentagem de Atividade Antioxidante (%AA) utilizando a seguinte equação:

$$\% \text{ Inibição} = ((A_{\text{controle}} - A_{\text{Extrato}}) / A_{\text{controle}}) * 100.$$

O teor de capsantina foi determinado utilizando 0,5 g de amostras de pimenta seca e moída dissolvidos em 30 mL de acetona P.A. e deixada em repouso por 16 horas ao abrigo da luz. Após as 16 horas de repouso, completou-se o volume para 100 mL de acetona P.A. Realizou-se a leitura em espectrofotômetro a 460 nm de absorbância. Os resultados obtidos foram expressos em  $\text{mg g}^{-1}$ , utilizando a seguinte equação:  $C_t = (A_{460} \cdot 106) / 2200 \cdot m$  ( $C_t$  = capsantina ( $\text{mg g}^{-1}$ );  $A_{460}$  = absorbância dos pigmentos a 460 nm;  $m$  = massa seca (g)).

Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ), com o auxílio do programa SAS (SAS Institute, 2002).

## 2.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O conteúdo de sólidos solúveis das pimentas Dedo-de-Moça ‘BRS Mari’ aumentou até 70 DAA, quando a partir de então permaneceu constante até 80 DAA (Tabela 1). O aumento de SS foi mais acentuado nos estádios de maturação mais avançados o que evidencia o início do amadurecimento, momento em que os frutos começam a acumular mais açúcar. O aumento de sólidos solúveis com o avanço da maturação dos frutos tem sido observado também por Damatto Júnior et al. (2010) em pimentões, com 7,26 °Brix em frutos maduros e 5,09 °Brix para frutos colhidos verdes. Ferrão et al. (2011) obtiveram variações de 5,5 °Brix a 11,9 °Brix nos valores de sólidos solúveis em amostras de frutos de *Capsicum baccatum* em estágio maduro, valores inferiores ao encontrado neste experimento aos 70 DAA.

A acidez titulável foi maior nos frutos colhidos aos 50 DAA, embora sem diferir dos colhidos aos 60 e 70 DAA, e menor nos frutos colhidos até 40 DAA e colhidos em 80 DAA (Tabela 1). Este comportamento é considerado normal em frutos, uma vez que durante o crescimento dos frutos até a sua maturação ocorre a síntese de ácidos orgânicos e no final do amadurecimento e início da senescência ocorre uma redução dos ácidos devido ao intenso consumo destes pelo processo respiratório (CHITARRA; CHITARRA, 2005). Damatto Júnior et al. (2010) encontraram em pimentão valor de acidez menor em frutos verdes que em maduros, estando parcialmente de acordo com os resultados obtidos no presente trabalho. O comportamento da acidez titulável em função do estágio de maturação observado neste trabalho



também tem sido encontrado em outros frutos. Tosun, Ustun e Tekguler (2008), ao avaliar mudanças químicas e físicas de amora preta em três estádios de maturação (verde, vermelho e maduro), observaram resultados similares aos encontrados neste trabalho com pimentas. Os ácidos orgânicos são produtos intermediários do metabolismo respiratório dos frutos e são muito importantes do ponto de vista do sabor e odor.

A relação SS/AT foi maior nos frutos maduros (70 e 80 DAA) que nos frutos em estádios anteriores (Tabela 1), devido ao aumento dos sólidos solúveis e diminuição da acidez titulável durante a maturação. Contrariamente ao observado no presente trabalho, Damatto Júnior et al. (2010) encontraram em pimentão menor relação SS/AT em frutos maduros que em frutos verdes. Todavia, uma maior relação SS/AT com a evolução da maturação também foi observada em outros frutos, como em ameixas (MALGARIN et al., 2007), estando de acordo com os resultados do presente trabalho. A relação SS/AT é utilizada como indicador de palatabilidade, sendo que o aumento desta relação pode significar aumento no sabor e indicar o amadurecimento de frutos (SOARES JÚNIOR et al., 2008).

Tabela 1 - Sólidos solúveis (SS), acidez titulável (AT) e relação SS/AT de pimentas Dedo-de-Moça 'BRS Mari' colhidas em diferentes estádios de maturação.

Estádio de Maturação (DAA)	SS (°Brix)	AT (%)	SS/AT
20	6,61 <sup>d*</sup>	0,36 <sup>bc</sup>	18,35 <sup>d</sup>
30	7,12 <sup>d</sup>	0,31 <sup>c</sup>	22,84 <sup>cd</sup>
40	8,54 <sup>c</sup>	0,31 <sup>c</sup>	27,94 <sup>b</sup>
50	9,47 <sup>c</sup>	0,49 <sup>a</sup>	19,38 <sup>d</sup>
60	11,79 <sup>b</sup>	0,44 <sup>ba</sup>	26,80 <sup>cb</sup>
70	14,27 <sup>a</sup>	0,44 <sup>ba</sup>	32,73 <sup>a</sup>
80	13,67 <sup>a</sup>	0,37 <sup>bc</sup>	37,11 <sup>a</sup>
C.V. (%)	3,35	7,64	6,14

\*Médias não seguidas pela mesma letra na coluna diferem estatisticamente pelo teste de Tukey (p<0,05). Fonte: Produção do próprio autor

Os teores de clorofila *a* e total reduziram até 60 DAA, momento em que os frutos estavam com coloração externa totalmente vermelha. Valores de clorofila *b* foram mais elevados até 30 DAA, quando após houve decréscimo (Tabela 2). Normalmente, durante o amadurecimento de frutos, se observa degradação mais intensa da clorofila *a* do que a clorofila *b*, pois a clorofila *b* precisa ser convertida em clorofila *a* para entrar na rota degradativa (MATILE et al., 1996), especialmente nos estádios finais da maturação (FONSECA et al., 2007), concordando com os resultados do presente trabalho. Esta redução é um indicativo de mudança de fase de desenvolvimento dos frutos, durante o catabolismo destes pigmentos, que pode ser explicado pela eficiência da ação da enzima clorofilase (HORNERO-MÉNDEZ; MÍNGUEZ-MOSQUERA, 2002).

O brilho diminuiu a partir de 40 DAA até 60 DAA, quando após não houve significativa alteração nos valores de L\* (Tabela 2). Valores de L\* são influenciados com a mudança de cor dos frutos. Nesta

fase, os frutos alteraram a coloração externa, passando do verde (40 DAA), para laranja (50 DAA) e para vermelho (60 DAA). De acordo com Cabral et al. (2010), durante a mudança de estágio de maturação das pimentas ocorre perda da massa, devido à diminuição do teor de água que ocorre pelo processo de transpiração. Estas alterações podem ocasionar reduções nos valores da luminosidade, que pode ser observado neste trabalho.

Os valores de ângulo hue situaram-se no primeiro e no segundo quadrante ( $0^\circ$  e  $180^\circ$ ), uma vez que a coloração do pericarpo evoluiu do verde para o vermelho, o que provocou diminuição dos valores de ângulo hue até 60 DAA, quando após pouca alteração ocorreu até 80 DAA (Tabela 2). As alterações da cor da epiderme das pimentas, passando do verde para o vermelho, durante a mudança de estágio de maturação, estão relacionadas com os processos de degradação de pigmentos clorofílicos e pela síntese de pigmentos carotenóides (amarelo, laranja e vermelho) que ocorre durante o desenvolvimento dos frutos (HORNERO-MÉNDEZ; GUEVARA; MÍNGUEZ-MOSQUERA, 2000; HORNERO-MÉNDEZ; MÍNGUEZ-MOSQUERA, 2002). Observa-se no presente trabalho que a partir dos 60 DAA os teores de clorofilas *a* e total permaneceram sem alterações significativas até 80 DAA, coincidindo com os estádios em que ocorreu a estabilização dos valores de ângulo hue, fase em que os frutos apresentavam coloração externa totalmente vermelha, confirmando que não ocorreram mais alterações na cor da epiderme nas fases seguintes.

A cromaticidade expressa à intensidade da cor, ou seja, a saturação dos pigmentos. As cores neutras são representadas por valores próximos de zero, enquanto que as cores intensas têm valores próximos de 60 (MENDONÇA et al., 2003). Neste trabalho, o valor de croma foi maior aos 50 DAA, quando os frutos estavam com coloração laranja, enquanto que o menor valor ocorreu aos 80 DAA e 40 DAA (Tabela 2), quando os frutos estavam com coloração vermelha e verde, respectivamente.

Tabela 2 - Teores de clorofila *a*, clorofila *b*, clorofila total e atributos de cor (L\*, ângulo hue e Croma) de pimentas Dedo-de-Moça 'BRS Mari' colhidas em diferentes estádios de maturação.

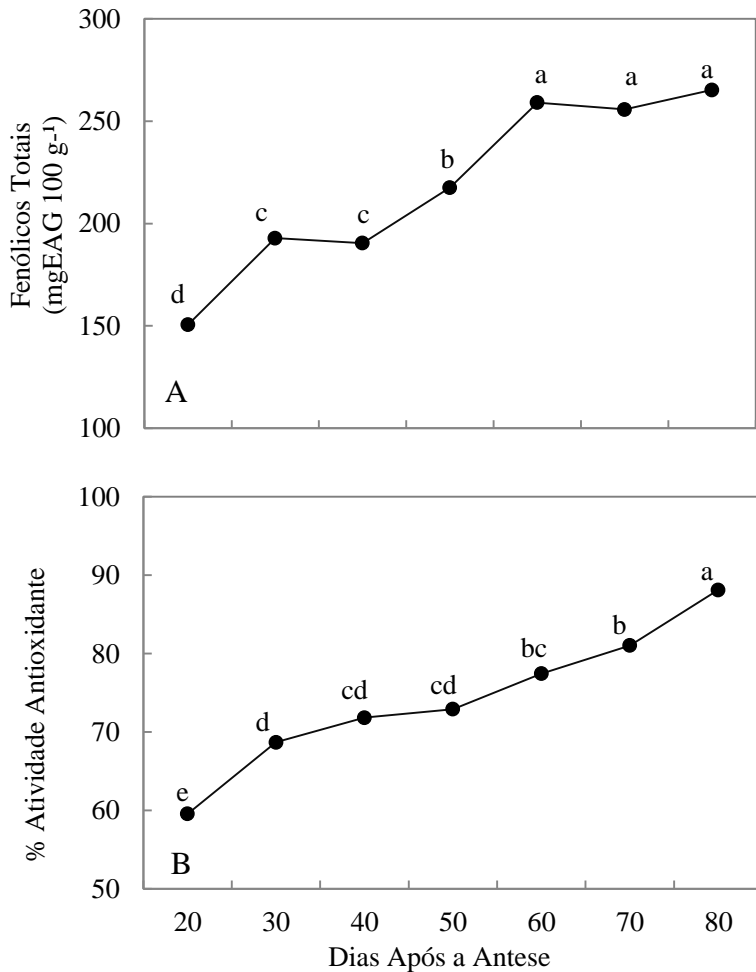
E.M. (DAA)	Clf <i>a</i> (mg kg <sup>-1</sup> )	Clf <i>b</i> (mg kg <sup>-1</sup> )	Clf total (mg kg <sup>-1</sup> )	L*	Ângulo Hue (°h)	Croma
20	5,37 <sup>a*</sup>	2,48 <sup>a</sup>	7,85 <sup>a</sup>	63,92 <sup>a</sup>	109,97 <sup>a</sup>	47,86 <sup>b</sup>
30	2,25 <sup>b</sup>	2,02 <sup>a</sup>	4,27 <sup>b</sup>	63,82 <sup>a</sup>	106,37 <sup>b</sup>	44,86 <sup>c</sup>
40	1,11 <sup>c</sup>	1,04 <sup>b</sup>	2,15 <sup>c</sup>	63,66 <sup>a</sup>	99,51 <sup>c</sup>	43,36 <sup>cd</sup>
50	0,95 <sup>c</sup>	0,90 <sup>b</sup>	1,85 <sup>c</sup>	48,06 <sup>b</sup>	55,19 <sup>d</sup>	50,76 <sup>a</sup>
60	0,19 <sup>d</sup>	0,40 <sup>b</sup>	0,59 <sup>d</sup>	36,38 <sup>c</sup>	28,66 <sup>e</sup>	45,34 <sup>c</sup>
70	0,15 <sup>d</sup>	0,38 <sup>b</sup>	0,53 <sup>d</sup>	35,40 <sup>c</sup>	27,99 <sup>e</sup>	45,34 <sup>c</sup>
80	0,17 <sup>d</sup>	0,38 <sup>b</sup>	0,55 <sup>d</sup>	34,48 <sup>c</sup>	26,69 <sup>e</sup>	42,36 <sup>d</sup>
C.V. (%)	13,48	31,51	15,71	1,60	1,51	1,91

\*Médias não seguidas pela mesma letra na coluna diferem pelo teste de Tukey (p<0,05). E.M.=Estádio de Maturação; Clf=Clorofila. Fonte: produção do próprio autor

O conteúdo de fenólicos totais das pimentas aumentou até 60 DAA, quando a partir de então ocorreu pouca variação até 80 DAA (Figura 2A). No final do experimento (80 DAA) o valor de fenólicos totais foi de aproximadamente 76% maior que em frutos colhidos aos 20 DAA, confirmando o resultado de vários estudos que verificaram aumento no conteúdo de compostos fenólicos com o avanço da maturação (HOWARD et al., 2000; DEEPA, 2007). Costa et al. (2009) verificaram que a concentração de fenólicos totais, expressos em equivalente de ácido gálico ( $\text{mg } 100 \text{ g}^{-1}$ ), em extratos de pimentas *Capsicum baccatum* var. *praetermissum* (cumari), foi de 177,68 em frutos maduros. A presença de fitoquímicos em vegetais, como compostos fenólicos, é influenciada por fatores genéticos, condições ambientais, além do grau de maturação e variedade da planta, e contribuem para a qualidade sensorial, como cor e sabor da maioria das frutas (CONFORTI; STATTI; MENICHINI, 2007).

A porcentagem de atividade antioxidante das pimentas aumentou com o avanço da maturação (Figura 2B). A porcentagem de inibição de radicais livres aos 80 DAA foi de aproximadamente 48% maior que em frutos colhidos aos 20 DAA. De acordo com a classificação de Hassimotto, Genovese e Lajolo (2005), valores de inibição maior que 70% apresentaram boa ação antioxidante, entre 40 e 70% de inibição apresenta intermediária ação antioxidante e menor que 40% de inibição como baixa ação antioxidante. Observou-se que os extratos de pimentas analisados apresentaram boa ação antioxidante para os frutos colhidos entre 40 DAA e 80 DAA, sendo que apenas os frutos dos estádios de maturação 20 DAA e 30 DAA apresentaram valores classificados como intermediária porcentagem de inibição de atividade antioxidante. Howard et al. (2000), ao estudar o efeito da maturação sobre o conteúdo de antioxidantes em *Capsicum annuum*, *Capsicum frutescens* e *Capsicum chinense*, verificaram que as concentrações desses constituintes antioxidantes aumentavam com o avanço da maturidade dos frutos, estando de acordo com os resultados do presente trabalho.

Figura 2 - Valores de fenólicos totais (A) e porcentagem de atividade antioxidante (B) de pimentas Dedo-de-Moça 'BRS Mari' colhidas em diferentes estádios de maturação. Médias não seguidas pela mesma letra diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ). EAG= Equivalente de Ácido Gálico.

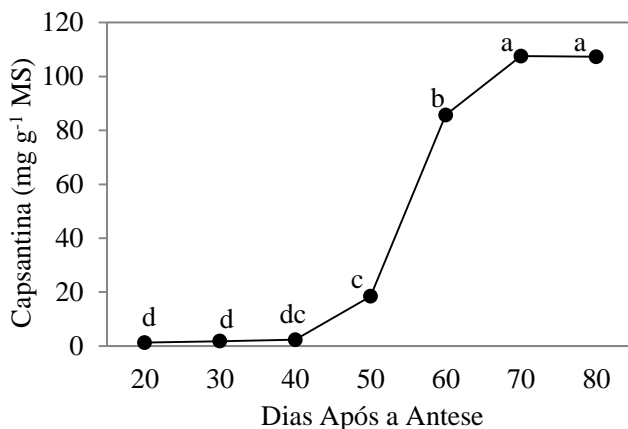


Fonte: Produção do próprio autor

O teor de compostos fenólicos contribui de maneira expressiva para capacidade antioxidante, porém, não necessariamente de forma proporcional (MOURE et al., 2001), o que pode ser observado no presente trabalho, em que o aumento significativo de composto fenólicos se deu até 60 DAA, quando a partir de então pequenos incrementos ocorreram até 80 DAA (Figura 2A), enquanto que o aumento da porcentagem de inibição da atividade antioxidante ocorreu até 80 DAA (Figura 2B). As propriedades antioxidantes encontradas podem ser devidas a diversos fitoquímicos presentes no extrato como os compostos carotenóides e/ou capsaicinóides, responsáveis pela pungência dos frutos de *Capsicum*. Segundo Abidille et al. (2005), a composição química e as estruturas dos componentes ativos são fatores importantes que regulam a eficácia dos antioxidantes naturais.

Pimentas Dedo-de-Moça ‘BRS Mari’ apresentaram aumento do conteúdo de capsantina até 70 DAA, momento em que os frutos apresentavam coloração externa totalmente vermelha. Para os frutos colhidos entre 20 e 40 DAA, quando apresentavam coloração da epiderme verde, a concentração de capsantina foi baixa comparada com os estádios seguintes (Figura 3). Este resultado está de acordo com Ha et al. (2007), Azevedo-Meleiro e Rodríguez-Amaya (2009) e Guzman et al. (2010). Estes pesquisadores citam que o maior conteúdo de capsantina ocorre em frutos que apresentam coloração vermelha, sendo sintetizada durante o amadurecimento dos frutos. De acordo com Biacs et al. (1989), durante o amadurecimento das pimentas os níveis de capsantina aumentam e ocorre a esterificação deste pigmento com ácidos graxos. Devido à esterificação, carotenóides mais lipofílicos são facilmente incorporados no interior da membrana, aumentando a coloração vermelha, característica de qualidade importante para a comercialização das pimentas. Howard et al. (2000) não encontraram níveis de capsantina em frutos imaturos de *C. frutescens*, *C. annuum* e *C. chinense*. Todavia, as concentrações de pigmentos carotenóides podem variar de acordo com a espécie, o método de cultivo e o estágio de maturação. De acordo com Matsufuji et al. (1998), a capsantina tem-se mostrado importante na eliminação dos radicais livres, devido sua eficiente ação antioxidante, podendo ser um dos fatores responsáveis pelo aumento da atividade antioxidante verificada neste trabalho.

Figura 3 - Conteúdo de capsantina em pimentas Dedo-de-Moça 'BRS Mari' colhidas em diferentes estádios de maturação. Médias não seguidas pela mesma letra diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ).



Fonte: Produção do próprio autor

## 2.6 CONCLUSÃO

O teor de sólidos solúveis aumentou até 70 DAA e o teor de ácido cítrico diminuiu a partir dos 50 DAA, com aumento no valor da relação SS/AT até 70 DAA. A mudança na coloração da pimenta Dedo-de-Moça 'BRS Mari' com a evolução do estágio de maturação, até 60 DAA, decorreu da diminuição no teor de clorofilas, especialmente a clorofila *a*, e síntese do carotenóide capsantina.

Com relação ao teor de compostos fenólicos totais, houve aumento até 60 DAA, que pode ter resultado, juntamente com o conteúdo de capsantina, no aumento da atividade antioxidante com o avanço da maturação.

Pimentas Dedo-de-Moça 'BRS Mari' apresentaram aos 70 DAA as características de cor e sabor totalmente desenvolvidas. A capacidade antioxidante apresentou incremento até os 80 DAA, sem haver comprometimento as demais características e conferindo maior benefício à saúde humana.



### 3 ARMAZENAMENTO REFRIGERADO DE PIMENTA DEDO-DE-MOÇA ‘BRS MARI’ EM EMBALAGEM POLIMÉRICA

#### 3.1 RESUMO

O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito de embalagens poliméricas e do tempo de armazenamento sobre as características físico-químicas e teor de compostos funcionais em pimenta Dedo-de-Moça ‘BRS Mari’ mantida sob refrigeração. Os frutos foram colhidos aos 80 dias após a antese (DAA) e selecionados de acordo com o tamanho e aparência comercial e sem danos aparente. Os tratamentos avaliados foram dois tipos de embalagens poliméricas (policloreto de vinila – PVC; e polietileno tereftalato - PET) e seis tempos de armazenamento (0, 3, 6, 9, 12 e 15 dias). Em cada embalagem foram acondicionados aproximadamente 30 frutos com pedúnculo. Os frutos foram armazenados a  $10\pm 1^{\circ}\text{C}$  e as análises realizadas aos 0, 3, 6, 9, 12 e 15 dias de armazenamento, quanto ao teor de sólidos solúveis (SS), acidez titulável (AT), coloração, fenólicos totais, atividade antioxidante e capsantina. Não foi observada diferença entre as embalagens avaliadas para as variáveis analisadas. O tempo de armazenamento não apresentou efeito sobre o teor de sólidos solúveis, na porcentagem de ácido cítrico e na relação SS/AT de pimentas ‘BRS Mari’. A luminosidade diminuiu e os valores de ângulo hue e croma aumentaram a partir do terceiro dia de armazenamento. O teor de compostos fenólicos e porcentagem de atividade antioxidante diminuíram no terceiro dia de armazenamento, havendo a partir de então pouca variação até o final do período de armazenamento. O conteúdo de capsantina não foi influenciado pelo tempo de armazenamento. O tempo de armazenamento refrigerado manteve constantes as características de palatabilidade, influenciou negativamente a aparência dos frutos, reduziu a composição de fenólicos totais e a porcentagem de atividade antioxidante.

**Palavras-chave:** *Capsicum baccatum* var. *pendulum*. Conservação Pós-Colheita. Acondicionamento. Refrigeração.

## COLD STORAGE OF 'BRS MARI' PEPPER DEDO-DE-MOÇA IN POLYMERIC PACKING

### 3.2 ABSTRACT

The aim of this study was to evaluate the effect of polymeric on the physico-chemical and functional compounds content in Dedo-de-Moça 'BRS Mari' pepper and storage time under refrigeration. The fruits were harvested at 80 days after anthesis (DAA) and selected according to commercial size and appearance, with no apparent damage. The consisted of two kinds of polymeric (PVC and PET) and six storage times (0, 3, 6, 9, 12 and 15 days). In each package was placed approximately 30 peppers with stalks. The fruits were stored at  $10\pm 1^{\circ}\text{C}$ , and the analyzes performed after 0, 3, 6, 9, 12 and 15 days in storage, the content of soluble solids, titratable acidity, color, antioxidant activity, and total amount of phenolic and capsanthin. There was no substantial difference between the evaluated packages for the variables analyzed. The storage time had no substantial effect on the soluble solids content, the percentage of citric acid and SS/TA ratio of the 'BRS Mari' peppers. On the other hand, the brightness decreased and the value of the hue angle and chroma increased from the third day of storage. The total phenolic content and antioxidant activity percentage decreased from the third day of storage, with a little variation from then until the end of the storage period. The capsanthin content was not influenced by storage time. The cold storage preserved constant palatability characteristics, negatively influenced the appearance of the fruit, and reduced the phenolic composition and the percentage of antioxidant activity.

**Key words:** *Capsicum baccatum* var. *pendulum*. Postharvest Preservation. Packaging. Refrigeration.

### 3.3 INTRODUÇÃO

A pimenta é um condimento bastante apreciado em diversas partes do mundo, como, China, Índia, Indonésia, México e em todo o Brasil (MATTOS et al., 2008). Nativa da América, a popularidade das

pimentas do gênero *Capsicum* é atribuída principalmente às qualidades organolépticas, como cor e sabor (BONTEMPO, 2007).

Dentre as diversas pimentas cultivadas, as mais comuns no Brasil são a Dedo-de-Moça, a Pimenta-de-Cheiro e a pimenta Malagueta. A pimenta Dedo-de-Moça (*Capsicum baccatum* var. *pendulum*) vem sendo cultivada principalmente nas regiões sul e sudeste do país. A sua utilização é bastante diversificada, pois pode ser consumida tanto na forma *in natura*, como na fabricação de molhos líquidos, conservas e na fabricação de pimenta calabresa, desidratada na forma de flocos com a semente (CARVALHO et al., 2009).

As pimentas têm grande valor nutricional e funcional associado principalmente ao seu conteúdo de vitaminas, minerais e fibras. Os carotenóides são pigmentos vegetais importantes pelo seu valor nutricional e funcional, estão presentes em altas concentrações e conferem à coloração as pimentas. Pimentas também possuem altas concentrações de compostos fenólicos, vitamina C e E que atuam como compostos nutricionais e funcionais em decorrência da sua atividade antioxidante (BONTEMPO, 2007).

Durante a comercialização, transporte e armazenamento, a degradação dos frutos pode ocorrer devido aos danos mecânicos, perda de água pela transpiração, perda por exposição a extremos de temperatura, redução da energia armazenada por meio do processo respiratório e perdas provocadas por fungos, bactérias e insetos (FINGER; CASALI, 2006). Por essa razão diversos tratamentos têm sido usados para minimizar esses fatores de degradação. O emprego da refrigeração e do acondicionamento dos frutos em embalagens poliméricas são técnicas economicamente viáveis, com importante efeito no aumento da vida pós-colheita de frutos e hortaliças, diminuindo os processos fisiológicos.

Segundo Brackmann et al. (2008), o armazenamento refrigerado é um dos métodos mais utilizados para conservação de frutas e hortaliças, pois consiste na redução da temperatura e no controle da umidade relativa, diminuindo o metabolismo celular e retardando a deterioração. Henz e Moretti (2008) citam que a melhor temperatura de armazenamento para pimenta é entre 7°C e 12°C, pois mantém a qualidade dos frutos por mais tempo, estendendo a sua vida pós-colheita.

No Brasil, diferentes embalagens são usadas para a comercialização de pimentas, que variam com o tamanho e tipo de fruto, região e demanda do mercado. Na região do Distrito Federal, as

pimentas de frutos menores são comercializadas principalmente em embalagens poliméricas. Estas embalagens são as mais indicadas, pois reduzem a perda de matéria fresca e mantêm a coloração dos frutos e do pedúnculo por um período maior durante o armazenamento, principalmente quando mantidas sob refrigeração (HENZ; MORETTI, 2008). O uso deste tipo de embalagem caracteriza-se por apresentar alta permeabilidade a gases e funciona como barreira ao vapor d'água, sendo os mais indicados para o acondicionamento de produtos hortícolas (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito do tipo de embalagem polimérica na qualidade pós-colheita de pimentas Dedo-de-Moça 'BRS Mari' e do tempo de armazenamento sob refrigeração.

### 3.4 MATERIAL E MÉTODOS

Pimentas Dedo-de-Moça 'BRS Mari' foram cultivadas no campo experimental da Embrapa Hortaliças, Brasília-DF. Foram utilizados frutos colhidos com 80 dias após a antese (DAA). Os frutos foram colhidos manualmente pela manhã com pedúnculo e levados ao laboratório de Ciência e Tecnologia de Alimentos da Embrapa Hortaliças, onde foram selecionados de acordo com o tamanho, aparência comercial e sem danos aparente. O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado, segundo um fatorial 6x2, com três repetições. Os tratamentos avaliados foram dois tipos de embalagens poliméricas (PVC e PET) e seis tempos de armazenamento (0, 3, 6, 9, 12 e 15 dias).

Os frutos foram acondicionados em bandeja de poliestireno envolvidas com filme de PVC esticável com 15 micras de espessura e, em embalagem do tipo PET (19x11x4,8 cm) perfurada (8 furos de aproximadamente 0,5 cm de diâmetro), contendo aproximadamente 30 frutos (Figura 4; Figura 5). Os frutos embalados foram mantidos a  $10\pm 1^{\circ}\text{C}$  e sem controle da umidade relativa. A escolha dos tipos de embalagens foi feita baseada em uma das principais formas de acondicionamento dos frutos na comercialização de pimentas da região do Distrito Federal.

Figura 4 - Pimentas Dedo-de-Moça ‘BRS Mari’ acondicionadas em bandeja de poliestireno envolta com filme de PVC e embalagem PET no 1º dia de armazenamento.



Fonte: Produção do próprio autor

Figura 5 - Pimentas Dedo-de-Moça ‘BRS Mari’ acondicionadas em bandeja de poliestireno envolta com filme de PVC e embalagem PET com 15 dias de armazenamento.



Fonte: Produção do próprio autor

Após o armazenamento foram avaliados os seguintes parâmetros: sólidos solúveis, acidez titulável, coloração, fenólicos totais, atividade antioxidante e capsantina. As análises de sólidos solúveis,

acidez titulável, coloração e capsantina foram realizadas conforme descritas por Mattos, Moretti e Henz (2007).

Os teores de sólidos solúveis foram analisados com refratômetro ATAGO, POCKET REFRACTOMETER PAL e os resultados expressos em °Brix. O valor da acidez titulável (% ácido cítrico) foi obtido em 10 g da amostra, diluído em 100 mL de água destilada. Homogeneizou-se os frutos em um triturador de alimentos TORRITEC, por aproximadamente 3 minutos e titulado com hidróxido de sódio (0,1 mol L) até pH 8,2.

A coloração da casca foi determinada com um colorímetro KONICA MINOLTA. Avaliaram-se os valores de  $L^*$  (luminosidade),  $a^*$  e  $b^*$ . As colorações foram expressas pela cromaticidade (Croma) e ângulo de cor (hue). As fórmulas utilizadas para os cálculos de ângulo hue e Croma foram:  $\text{ângulo Hue} = \arctangente(a,b) * 180/\pi$  e  $\text{Croma} = (a^2 + b^2)^{1/2}$ .

A determinação do teor de fenólicos totais foi realizada empregando o reagente de Folin-Ciocalteu, conforme descrita por Roesler et al. (2007), com adaptações, as quais estão descritas a seguir. Inicialmente foi preparada a solução de ácido gálico, utilizando 10 mg de ácido gálico em 100 mL de metanol P.A. Em seguida foi preparada a solução de carbonato de sódio, para a qual foi usada 10 g do reagente e feita a diluição em água destilada em balão de 100 mL. A solução Folin-Ciocalteu foi diluída na proporção de 1:3 (Folin-Ciocalteu:Água Destilada). Para a obtenção da curva padrão do ácido gálico foram pipetadas em tubos de ensaio diferentes alíquotas de metanol e da solução de ácido gálico na concentração de 0, 10, 30, 50, 70, 90 e 100 ppm. Para a obtenção dos extratos de pimenta foram utilizados 5 g da amostra, que foram homogeneizadas com 10 mL de metanol P.A. O homogenato foi colocado em agitação por 60 minutos à temperatura ambiente e em seguida centrifugado (SORVALL, RC 6 Plus, Alemanha) por 5 minutos a 15000 rpm. Procedeu-se a filtração do sobrenadante com papel Whatmann nº 4 e o filtrado reservado para análise de compostos fenólicos. Para análise foram adicionados em cada tubo, na ordem, 2,5 mL de Folin-Ciocalteu, 0,5 mL de amostra diluída (1:20) e 2,0 mL da solução de carbonato de sódio 10%. Para o branco, foram utilizados os mesmos reagentes citados anteriormente e 0,5 mL de metanol, substituindo a amostra. Os tubos foram agitados e vedados com parafilme e em seguida incubados por uma hora ao abrigo da luz. As amostras foram centrifugadas e realizou-se a leitura em espectrofotômetro no comprimento de onda de 765 nm. Os resultados

foram expressos em mg de equivalentes de ácido gálico por 100 g da amostra (mgEAG 100 g<sup>-1</sup>).

A metodologia para determinar a capacidade antioxidante foi baseada na extinção da absorção do radical 2,2-difenil-1-picril hidrazil (DPPH 60 µM) conforme descrita por Rufino et al. (2007), com adaptações. Para a obtenção do extrato para quantificação da atividade antioxidante total, realizou-se o mesmo procedimento para obtenção do extrato dos compostos fenólicos. Após identificar o tempo de incubação, foi adicionado 0,4 mL de cada extrato das amostras de pimenta diluído (1:20) e 1,6 mL do radical DPPH (60 µM). Após 30 minutos de incubação, a absorvância foi lida em espectrofotômetro a 515 nm e foi convertida em porcentagem de Atividade Antioxidante (%AA) utilizando a seguinte equação:

$$\% \text{ Inibição} = ((A_{\text{controle}} - A_{\text{Extrato}}) / A_{\text{controle}}) * 100.$$

O teor de capsantina foi determinado utilizando 0,5 g de amostras de pimenta seca e moída dissolvidos em 30 mL de acetona P.A. e deixada em repouso por 16 horas ao abrigo da luz. Após as 16 horas de repouso, completou-se o volume para 100 mL de acetona P.A. Realizou-se a leitura em espectrofotômetro a 460 nm de absorbância. Os resultados obtidos foram expressos em mg g<sup>-1</sup>, utilizando a seguinte equação:  $Ct = (A_{460} \cdot 106) / 2200 \cdot m$  (Ct = capsantina (mg g<sup>-1</sup>); A<sub>460</sub> = absorbância dos pigmentos a 460 nm; m = massa seca (g)).

Para o fator qualitativo (tipo de embalagem) as médias foram comparadas pelo teste F (p<0,05). Para o fator quantitativo (tempo de armazenamento) os dados foram submetidos à análise de regressão (p<0,05), com o auxílio do programa SAS (SAS Institute, 2002).

### 3.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para as variáveis avaliadas não houve efeito de embalagem, pois pimentas acondicionadas em bandeja de poliestireno recoberta com filme de PVC e pimentas acondicionadas em embalagem PET não diferiram entre si (Tabela 3; Tabela 4).

Tabela 3 - Sólidos solúveis (SS), acidez titulável (AT), relação SS/AT, ângulo hue, brilho (L\*) e croma de pimentas Dedo-de-Moça 'BRS Mari' armazenadas sob refrigeração em dois tipos de embalagens poliméricas.

Embalagem	SS (°Brix)	AT (%)	SS/AT	Ângulo Hue	L*	Croma
PVC	13,29 <sup>ns</sup>	0,37 <sup>ns</sup>	36,38 <sup>ns</sup>	28,16 <sup>ns</sup>	32,4 <sup>ns</sup>	45,80 <sup>ns</sup>
PET	13,21	0,37	35,80	28,07	32,65	45,74
C.V. (%)	8,14	3,63	8,22	1,87	2,53	1,60

<sup>ns</sup> Diferenças não significativas pelo teste F (p<0,05). Fonte: Produção do próprio autor

Tabela 4 - Fenólicos totais, atividade antioxidante (%AA) e capsantina de pimentas Dedo-de-Moça 'BRS Mari' armazenadas sob refrigeração em dois tipos de embalagens poliméricas.

Embalagem	Fenólicos Totais (mgEAG 100 g <sup>-1</sup> )	%AA	Capsantina (mg g <sup>-1</sup> )
PVC	235,53 <sup>ns</sup>	72,82 <sup>ns</sup>	97,47 <sup>ns</sup>
PET	238,62	72,78	95,61
C.V. (%)	2,67	5,39	11,94

<sup>ns</sup> Diferenças não significativas pelo teste F (p<0,05). Fonte: Produção do próprio autor



De acordo com Brackmann, Hunsche e Balem (1999), filmes de PVC esticável de 15 micras de espessura apresentam baixa propriedade de barreira para O<sub>2</sub> e CO<sub>2</sub>, não havendo intensa modificação da atmosfera, servindo apenas para evitar a desidratação dos frutos. A embalagem PET, por ser perfurada, possivelmente também apenas apresentou barreira para vapor de água. Desta forma, possivelmente a modificação da atmosfera restringiu-se a manutenção de alta UR no interior de ambas as embalagens avaliadas, o que pode explicar o fato de não haver efeito da embalagem sobre as variáveis avaliadas.

Em relação ao tempo de armazenamento, não houve efeito para as variáveis sólidos solúveis, acidez titulável e relação SS/AT durante todo o experimento (Tabela 5), indicando a manutenção das características organolépticas (sabor e aroma) dos frutos. A acidez titulável relaciona-se com os teores de sólidos solúveis, sendo considerada uma característica importante para avaliar as características de qualidade pós-colheita de frutas e hortaliças. Segundo Chitarra e Chitarra (2005), frutos não-climatérios são colhidos quando maduros, com isso, apresentam pequenas modificações no teor de açúcar, o que lhes confere um longo período de armazenamento sem perda de qualidade. O valor da acidez titulável durante o armazenamento pode estar relacionada com os processos bioquímicos do metabolismo respiratório, que tanto sintetiza quanto consome ácidos orgânicos. Morgado et al. (2008) identificaram aumento nos teores de sólidos solúveis e da acidez titulável em função do tempo de armazenamento em frutos de pimentão, sendo que frutos sem cobertura apresentaram maiores aumentos que frutos acondicionados em embalagens polimérica. Todavia, possivelmente, este aumento está relacionado à perda de massa dos frutos. Oscilações nos valores de sólidos solúveis e da acidez titulável em alguns períodos do armazenamento podem ocorrer devido à variabilidade das amostras, ou à perda de água ocorrida durante o armazenamento.

Houve redução dos valores de L\* no terceiro dia de armazenamento refrigerado (Figura 6A), ocasionando perda da coloração vermelha brilhante, quando a partir desta avaliação pouca variação ocorreu até o final do experimento. Llano, Sgroppo e Chaves (2009) também observaram diminuição no valor de L\* durante o armazenamento refrigerado de *Capsicum annuum* L. Por outro lado, Vilas Boas et al. (2012) não identificaram variação para a variável L\* em função do tempo de armazenamento e do tipo de embalagem em rodela de pimentão minimamente processado. De acordo com Jha e

Matsuoka (2002), a diminuição no brilho pode ser devido à perda de massa que afeta significativamente a reflectância especular, que é dependente da fonte e da intensidade de luz coincidente, e é um dos principais atributos que influenciam a percepção de qualidade de frutas e hortaliças.

Houve aumento do valor do ângulo hue e de croma nos frutos no 3º dia do armazenamento refrigerado, quando a partir de então pouca alteração ocorreu até o 15º dia de armazenamento (Figura 6B; Figura 6C). O ângulo hue é uma medida apropriada para expressar a variação da coloração em produtos vegetais, e é um parâmetro que pode ser utilizado para identificar ponto de colheita (BRUNINI et al., 2004). Aumento no valor de croma resulta em aumento na intensidade da cor dos frutos. Segundo Mendonça et al. (2003), valores próximos de zero são representadas pelas cores neutras, enquanto que valores próximos de 60 expressam cores intensas. Neste trabalho, o valor de croma variou de 40,67 na data da colheita a 46,70 no 15º dia de armazenamento. A conservação da cor é fator importante, tendo em vista que a coloração vermelha é um dos parâmetros de qualidade destes frutos e de relevância para o consumidor.

Visualmente, as pimentas avaliadas apresentaram efeito na aparência com o aumento do tempo de armazenamento, tornando-as murchas, sendo mais expressivo no 15º dia de avaliação. Por outro lado, não foi observado podridões durante todo o período de armazenamento refrigerado.

O conteúdo de fenólicos totais das pimentas, em relação à colheita, apresentou uma diminuição na avaliação realizada no 3º dia de armazenamento, quando a partir desta avaliação pouca alteração ocorreu até o 15º dia de armazenamento (Figura 7A). A composição dos compostos fenólicos nos frutos pode ser modificada pelo ambiente e fatores pós-colheita, incluindo o armazenamento refrigerado, que promove oxidação enzimática e química dos compostos fenólicos, contribuindo para a sua redução (KAUR; KAPOOR, 2001). Por outro lado, Llano, Sgrosso e Chaves (2009) não observaram alteração no conteúdo de fenólicos totais de *Capsicum annuum* L. durante o armazenamento refrigerado.

A atividade antioxidante dos extratos das pimentas analisadas, em relação à colheita, diminuiu no terceiro dia de armazenamento com pequenas alterações até o final do experimento (Figura 7B). Vicente et al. (2005) também observaram redução na capacidade antioxidante durante armazenamento a 10°C em frutos de *Capsicum annuum* L. cv.

Zafiro. Segundo Rotili et al. (2013), a atividade antioxidante em vegetais é decorrente da ação de uma variedade de compostos que são degradados ou sintetizados de acordo com o estado fisiológico e com os níveis de estresses abióticos e bióticos sofridos pelo fruto durante o armazenamento. A composição e a estrutura química do composto ativo do extrato são fatores que influenciam a ação da atividade antioxidante. Sendo assim, a atividade antioxidante das pimentas avaliadas se deve a diversos compostos presentes neste extrato e não apenas pelos compostos fenólicos (ABIDILLE et al., 2005), mas também pela presença de vitaminas C e E, carotenóides e capsaicinóides, responsáveis pela pungência dos frutos de *Capsicum*.

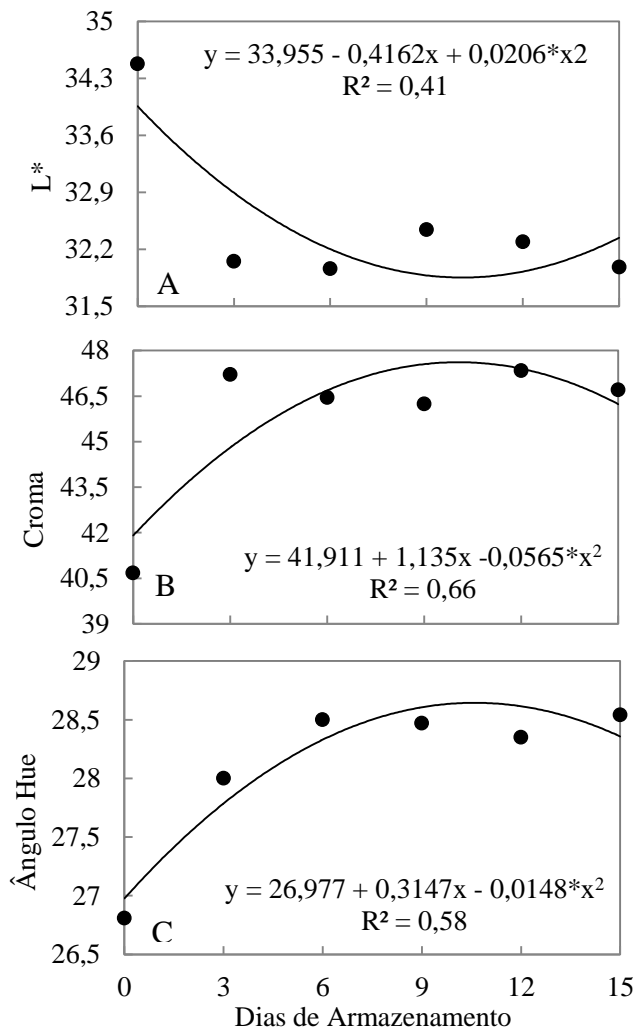
O conteúdo de capsantina das pimentas não foi influenciado pelo fator tempo de armazenamento, com pequenas alterações durante todo o experimento (Tabela 5). Por outro lado, Vicente et al. (2005) observaram aumento no teor de carotenóides durante o armazenamento a 10°C de *Capsicum annuum* L. cv. Zafiro. De acordo com Rodríguez-Amaya (2001), os carotenóides são susceptíveis a oxidação durante o armazenamento, que causa perda de cor e a formação de compostos voláteis. A ocorrência de oxidação depende da presença de oxigênio, metais, enzimas, antioxidantes, exposição à luz, bem como do material de embalagem e condições de armazenamento. A degradação do teor de carotenóides durante o armazenamento pode ser devido à variedade da pimenta, teor de umidade e do estágio de maturação na colheita.

Tabela 5 - Sólidos solúveis (SS), acidez titulável (AT), relação SS/AT e capsantina de pimentas Dedo-de-Moça 'BRS Mari' durante o armazenamento refrigerado ( $10\pm 1^{\circ}\text{C}$ ).

Dias de Armazenamento	SS ( $^{\circ}\text{Brix}$ )	AT (%)	SS/AT	Capsantina ( $\text{mg g}^{-1}\text{MS}$ )
0	13,67 <sup>ns</sup>	0,37 <sup>ns</sup>	37,05 <sup>ns</sup>	107,32 <sup>ns</sup>
3	13,44	0,36	37,44	92,53
6	13,08	0,37	35,23	88,56
9	13,79	0,39	36,56	99,78
12	12,93	0,36	35,44	96,32
15	12,59	0,36	34,82	94,72
C.V. (%)	8,14	3,63	8,22	11,94

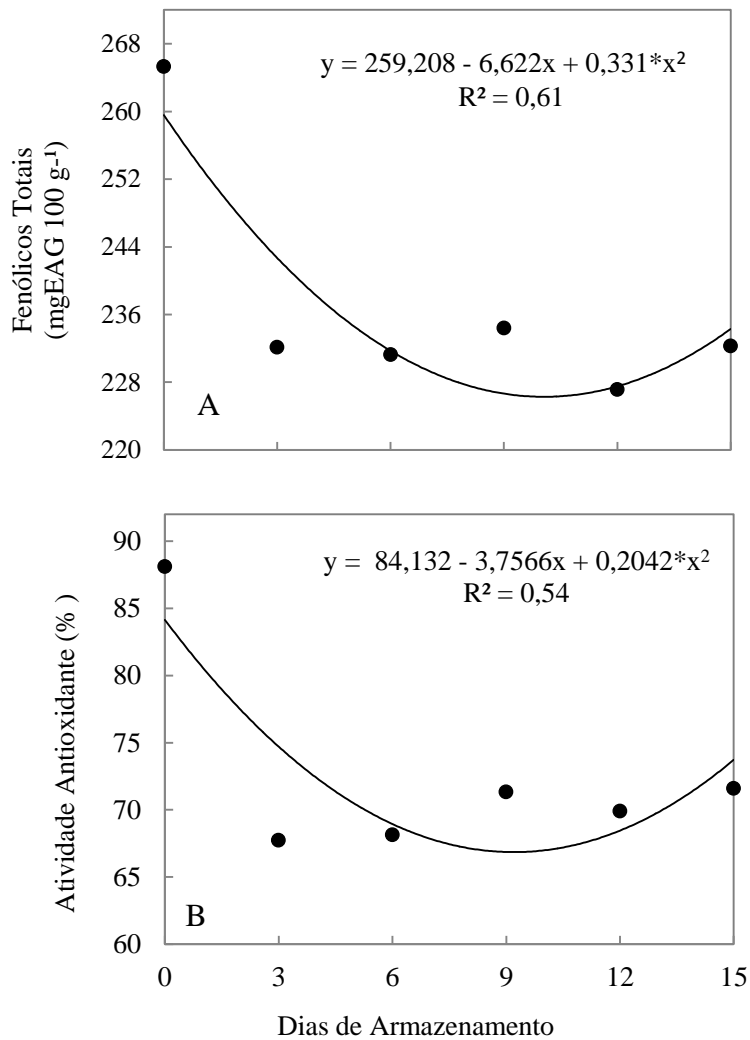
<sup>ns</sup> Diferenças não significativas pela análise de regressão ( $p < 0,05$ ). Fonte: Produção do próprio autor

Figura 6 - Valor de L\* (A), croma (B) e ângulo hue (C) de pimentas Dedo-de-Moça 'BRS Mari' durante o armazenamento refrigerado (10±1°C).



Fonte: Produção do próprio autor

Figura 7 - Fenólicos totais (A) e % atividade antioxidante (B) de pimentas Dedo-de-Moça 'BRS Mari' durante o armazenamento refrigerado ( $10\pm 1^{\circ}\text{C}$ ).



Fonte: Produção do próprio autor

### 3.6 CONCLUSÃO

Frutos acondicionados em bandejas de poliestireno revestidas com filme de PVC e em embalagens PET perfurada, não apresentaram diferença entre si na qualidade das pimentas Dedo-de-Moça 'BRS Mari' durante todo o armazenamento.

O armazenamento refrigerado não interferiu na evolução dos teores de sólidos solúveis, acidez titulável e no conteúdo de capsantina, mas influenciou negativamente na aparência geral dos frutos, diminuiu o conteúdo de compostos fenólicos e a atividade antioxidante durante os três primeiros dias de armazenamento refrigerado.

A redução da atividade antioxidante no início do experimento pode ser devido à redução do conteúdo dos compostos fenólicos.

#### 4 CONCLUSÕES GERAIS

As pimentas Dedo-de-Moça ‘BRS Mari’ apresentaram aos 70 DAA as características de cor e sabor totalmente desenvolvidas. A mudança na coloração das pimentas com a evolução do estágio de maturação até 60 DAA decorreu da diminuição no teor de clorofilas, especialmente a clorofila *a*, e síntese do carotenóide capsantina.

A capacidade antioxidante apresentou incremento até os 80 DAA, sem haver comprometimento das demais características e conferindo maior benefício à saúde humana. O teor de compostos fenólicos, juntamente com o conteúdo de capsantina, podem ter resultado no aumento da atividade antioxidante com o avanço da maturação.

Não houve diferença entre as embalagens PET e PVC utilizadas para o acondicionamento de pimentas Dedo-de-Moça ‘BRS Mari’ armazenadas sob refrigeração para as variáveis analisadas.

O tempo de armazenamento refrigerado não afetou o teor de sólidos solúveis, acidez titulável, relação SS/AT e conteúdo de capsantina, mas influenciou negativamente na aparência geral dos frutos, com redução do brilho superficial, diminui o conteúdo de compostos fenólicos, bem como causa redução da atividade antioxidante nos três primeiros dias de armazenamento refrigerado.

Sugere-se para um próximo trabalho, realizar análise de desidratação, pois um dos maiores problemas em pimentas é a rápida perda de água, que causa murchamento dos frutos. Sugere-se também incluir um tratamento sem embalagem, uma vez que as embalagens testadas, possivelmente restringiu-se a manutenção da UR no interior das embalagens, bem como testar e comparar frutos colhidos aos 70 DAA e 80 DAA, uma vez que frutos colhidos aos 70 DAA apresentaram as características sensoriais totalmente desenvolvidas.



## 5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABIDILLE, Md.H. et al. Antioxidant activity of the extracts from *Dillenia indica* fruits. **Food Chemistry**, Reino Unido, v.90, n.4, p.891-896, 2005.

AZEVEDO-MELEIRO, C.H.; RODRIGUEZ-AMAYA, D.B. Qualitative and quantitative differences in the carotenoid composition of yellow and red peppers determined by HPLC-DAD-MS. **Journal of Separation Science**, Weinheim, v.32, n.21, p.3652-3658, 2009.

BEHLING, E.B. et al. Flavonoide quercetina: aspectos gerais e ações biológicas. **Alimentos e Nutrição**, Araraquara, v. 15, n. 3, p. 285-292, 2004.

BIACS, P.A. et al. Studies on the Carotenoid Pigments of Paprika (*Capsicum annum* L.var. Sz-20). **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Davis, v.37, n.2, p.350-353, 1989.

BONTEMPO, M. **Pimenta e seus benefícios à saúde**. São Paulo: Alaúde, 2007, 99p.

BRACKMANN, A.; HUNSCHE, M.; BALEM, T.A. Efeito de filmes de PVC esticável e polietileno no acúmulo de CO<sub>2</sub> e na manutenção da qualidade pós-colheita de morangos cv. Tangi. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v.5 n.2, p.89-92, 1999.

BRACKMANN, A. et al. Temperatura e umidade relativa na qualidade da tangerina 'Montenegrina' armazenada. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.2, n.38, p.340-344, 2008.

BRAND-WILLIAMS, W.; CUVELIER, M.E.; BERSET, C. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. **Lebensmittel-Wissenschaft Technologie**, London, v.28, n.1, p.25-30, 1995.

BRUNINI, M.A. et al. Influência de embalagens e temperatura no armazenamento de jabuticabas (*Myrciaria jabuticaba* (Vell) Berg) cv. 'Sabará'. **Ciência Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.24, n.3, p.378-383, 2004.

CABRAL, V.O.S. et al. Relações hídricas e reidratação de frutos de pimenta (*Capsicum* spp.). **Magistra**, Cruz das Almas, v.22, n.2, p.83-87, 2010.

CARVALHO, S.I.C. de, et al. 'BRS Mari': nova cultivar de pimenta dedo-de-moça para processamento. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.27, n.4, p.571-573, 2009.

CHITARRA, A. B.; CHITARRA, M. I. F. **Pós-Colheita de Frutas e Hortalças: Fisiologia e Manuseio**. 2. ed. Lavras: Ufla, 2005, 785 p.

CONFORTI, F.; STATTI, G.A.; MENICHINI, F. Chemical and biological variability of hot pepper fruits (*Capsicum annuum* var. *acuminatum* L.) in relation to maturity stage. **Food Chemistry**, Reino Unido, v.102, n.4, p.1096–1104, 2007.

COSTA, L.M. et al. Atividade antioxidante de pimentas do gênero *Capsicum*. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.30, n.1, p.51-59, 2009.

DAMATTO JÚNIOR, E.R. et al. Avaliação de vida e útil e de embalagens para tomate de mesa em diferentes condições de armazenamento. **Revista Científica Eletrônica de Agronomia**, Garça, v.17, n.1, p.23-30, 2010.

DEEPA, N. Antioxidant constituents in some sweet pepper (*Capsicum annuum* L.) genotypes during maturity. **Food Science and Technology**, Philadelphia, v.40, n.1, p.121-129, 2007.

FERRÃO, L.F.V. et al. Divergência genética entre genótipos de pimenta com base em caracteres morfo-agronômicos. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.29, n.3, p.354-358, 2011.

FINGER, F.L.; CASALI, V.W.D. Colheita e manejo pós-colheita da pimenta. In: **Cultivo da Pimenta**, Informe Agropecuário, Belo Horizonte, v.27, n.235, p.99-103, 2006.

FONSECA, M.J. de O. et al. Evolução dos pigmentos durante o amadurecimento de mamão 'Sunrise Solo' e 'Golden'. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.29, n.3, p.451-455, 2007.

GUZMAN, I. et al. Variability of Carotenoid Biosynthesis in Orange Colored *Capsicum* spp. **Plant Science**, Las Cruces, v.179, n.1-2, p.49–59, 2010.

HA, S.H. et al. A comparison of the carotenoid accumulation in *Capsicum* varieties that show different ripening colours: deletion of the capsanthin-capsorubin synthase gene is not a prerequisite for the formation of a yellow pepper. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v.58, n.12, p.3135-3144, 2007.

HASSIMOTTO, N.M.A.; GENOVESE, M.I.; LAJOLO, F.M. Antioxidant activity of dietary fruits, vegetables, and commercial frozen fruit pulps. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Davis, v.53, n.8, p.2928-2935, 2005.

HENZ, G.P.; MORETTI, C.L. Colheita e Pós-Colheita. In: Ribeiro, C.S.C.; Lopes, C.A.; Carvalho, S.I.C; Henz, G.P.; Reifschneider, F.J.B. **Pimentas *Capsicum***. Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia/Embrapa Hortaliças, 2008, p.39-53.

HORNERO-MÉNDEZ, D.; GUEVARA, R.G.L DE; MÍNGUEZ-MOSQUERA, M.I. Carotenoid Biosynthesis Changes in Five Red Pepper (*Capsicum annuum* L.) Cultivars during Ripening. Cultivar Selection for Breeding. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Davis, v.48, n.9, p.3857-3864, 2000.

HORNERO-MÉNDEZ, D.; MÍNGUEZ-MOSQUERA, M.I. Chlorophyll disappearance and chlorophyllase activity during ripening of *Capsicum annuum* L. fruits. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, Sevilla, v.82, n.13, p.1564-1570, 2002.

HOWARD, L.R. et al. Changes in phytochemical and antioxidant activity of selected pepper cultivars (*Capsicum* Spp.) as influenced by maturity. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Davis, v.48, n.5, p.1713-1720, 2000.

JHA, S.N.; MATSUOKA, T. Non-destructive techniques for quality evaluation of intact fruits and vegetables a review. **Food Science and Technology Research**, Tsukuba, v.6, n.4, p.284-285, 2002.

KAUR, C.; KAPOOR, H.C. Antioxidants in fruits and vegetables the millennium's health. International. **Journal of Food Science and Technology**, New Delhi, v.36, n.7, p.703-725, 2001.

KIRSCHBAUM-TITZE, P. et al. Pungency in paprika (*Capsicum annuum*). Decrease of capsaicinoid content following cellular disruption. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Davis, v.50, n.5, p.1260–1263, 2002.

LEE, J.J. et al. Impact of genetic and environmental variation on development of flavonoids and carotenoids in pepper (*Capsicum spp.*). **Scientia Horticulturae**, Texas, v. 106, n. 3, p. 341-352, 2005.

LLANO, K.R.A.; SGROPPO, S.C.; CHAVES, A.R. Quality and antioxidant properties of whole and fresh cut 'Cherry' peppers during storage at 10°C. **Facena**, Corrientes, v.25, p.21-32, 2009.

MALGARIN, M.B. et al. Estádio de maturação e variação da temperatura na qualidade pós-colheita de ameixas cv. Reubennel. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v.13, n.1, p.61-67, 2007.

MARIN, A. et al. Characterization and quantitation of antioxidant constituents of sweet pepper (*Capsicum annuum* L.). **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Davis, v.52, n.12, p.3861–3869, 2004.

MATERSKA, M., PERUCKA, I. Antioxidant activity of the main phenolic compounds isolated from hot pepper fruit (*Capsicum annuum* L.). **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Davis, v.53, n.5 p.1750–1756, 2005.

MATILE, P. et al. Chlorophyll breakdown in senescent leaves. **Plant Physiology**, Oxford, v.112, n.4, p.1403-1409, 1996.

MATSUFUJI, H. et al. Antioxidant Activity of Capsanthin and the Fatty Acid Esters in Paprika (*Capsicum annuum*). **Journal of Agricultural and Food Chemistry**. Davis, v.46, n.9, p.3468-3472, 1998.

MATTOS, L.M.; MORETTI, C.L.; HENZ, G.P. Protocolo de avaliação física e química de pimentas (*Capsicum spp.*). Brasília: Embrapa Hortaliças, **Comunicado Técnico**, n.50, 4p., 2007.

MATTOS, L.M. et al. Caracterização pós-colheita de espécies de *Capsicum spp.* **Revista em Agronegócios e Meio Ambiente**, Maringá, v.1, n.2, p.179-186, 2008.

MENDONÇA, K. et al. Concentração de etileno e tempo de exposição para desverdecimento de limão “Siciliano”. **Brazilian Journal of Food Technology**, São Paulo, v.6, n.2, p.179-183, 2003.

MOURE, A. et al. Natural Antioxidants from residual soucers. **Food Chemistry**, Reino Unido, v.72, n.2, p.145-171, 2001.

MORGADO, C.M.A. et al. Conservação pós-colheita de frutos de pimentão sob diferentes condições de armazenamento e filmes. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.26, n.2, p.170-174, 2008.

RIBEIRO, C.S.C.; CRUZ, D.M.R. Tendências de mercado: comércio de pimentão está em expansão. **Revista Cultivar Hortaliças e Frutas**, Pelota, v.3, n.14, p.16-19, 2002.

RIBEIRO, C.S. da C.; REIFSCHNEIDER, F.J.B. Genética e melhoramento. In: RIBEIRO, C.S. da C. et al. **Pimentas *Capsicum***. Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia/Embrapa Hortaliças, 2008, p.55-69.

RODRÍGUEZ-AMAYA, D. B. **A guide to carotenoids analysis in food**. Washington: International Life Sciences Institute Press, 2001. 64p.

ROESLER, R. et al. Atividade antioxidante de frutas do cerrado. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.27, n.1, p.53-60, 2007.

ROSA, A. et al. Antioxidant activity of capsinoids. **Journal of Agricultural and food Chemistry**, Davis, v.50, n.25, p.7396-7401, 2002.

ROTILI, M.C.C. et al. Composição, atividade antioxidante e qualidade do maracujá-amarelo durante armazenamento. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v.34, n.1, p.227-240, 2013.

RUFINO, M.S.M. et al. Metodologia científica: determinação da atividade antioxidante total em frutas pela captura do radical livre DPPH. Fortaleza: Embrapa, **Comunicado Técnico**, n.127, 4 p., 2007.

SAS INSTITUTE. **Getting started with the SAS learning edition**. Cary: SAS Institute, 2002. 200p.

SHETTY, K. Role of proline-linked pentose phosphate pathway in Biosynthesis of plant phenolics for functional food and environmental applications: a review. **Process Biochemistry**. Amherst, v. 39, n.7, p. 789-803, 2004.

SILVA, L.M.C. et al. Compostos fenólicos, carotenóides e atividade antioxidante em produtos vegetais. Seminário: **Ciências Agrárias**, Londrina, v.31, n.3, p.669-682, 2010.

SOARES JÚNIOR, M. et al. Conservação pós-colheita de mangaba sob refrigeração e modificação da atmosfera de armazenamento. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v.38, n.2, p.78-86, 2008.

TOSUN, I.; USTUN, N.S.; TEKGULER, B. Mudanças físicas e químicas durante a maturação de frutos de amora preta. **Science Agricultural**, Piracicaba, v.65, n.1, p.87-90, 2008.

VICENTE, A.R. et al. UV-C treatments reduce decay, retain quality and alleviate chilling injury in pepper. **Postharvest Biology and Technology**, Pullman, v.35, n.1, p.69-78, 2005.

VILAS BOAS, B.M. et al. Conservação de pimentão verde minimamente processado acondicionado em diferentes embalagens plásticas. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v.42, n.1, p.34-39, 2012.