



FLÁVIA DELLA LUCIA

**QUALIDADE DO MAROLO (*Annona crassiflora*
Mart.) IN NATURA E MINIMAMENTE
PROCESSADO DURANTE O
ARMAZENAMENTO**

LAVRAS - MG

2013

FLÁVIA DELLA LUCIA

**QUALIDADE DO MAROLO (*Annona crassiflora* Mart.) IN NATURA E
MINIMAMENTE PROCESSADO DURANTE O ARMAZENAMENTO**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciência dos Alimentos, área de concentração em Ciência dos Alimentos, para a obtenção do título de Doutor.

Orientador

Dr. Eduardo Valério de Barros Vilas Boas

LAVRAS - MG

2013

**Ficha Catalográfica Elaborada pela Divisão de Processos Técnicos da
Biblioteca da UFLA**

Della Lucia, Flávia.

Qualidade do marolo (*Annona crassiflora* Mart.) in natura e minimamente processado durante o armazenamento / Flávia Della Lucia. – Lavras : UFLA, 2013.

128 p. : il.

Tese (doutorado) – Universidade Federal de Lavras, 2013.

Orientador: Eduardo Valério de Barros Vilas Boas.

Bibliografia.

1. Anonáceas. 2. Refrigeração. 3. Processamento mínimo. 4. Qualidade pós-colheita. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD – 664.80441

FLÁVIA DELLA LUCIA

**QUALIDADE DO MAROLO (*Annona crassiflora* Mart.) IN NATURA E
MINIMAMENTE PROCESSADO DURANTE O ARMAZENAMENTO**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciência dos Alimentos, área de concentração em Ciência dos Alimentos, para a obtenção do título de Doutor.

APROVADA em 25 de abril de 2013.

Dra. Elisângela Elena Nunes de Carvalho	UFLA
Dra. Sandra Maria Oliveira Morais Veiga	UNIFAL
Dr. João de Deus Souza Carneiro	UFLA
Dra. Ester Alice Ferreira	EPAMIG

Dr. Eduardo Valério de Barros Vilas Boas
Orientador

LAVRAS – MG
2013

À minha filha, Beatriz e à minha família,
por me incentivarem, em todos os momentos, a ser feliz.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, pela força diária para viver, pela proteção. Agradeço, Pai, pela natureza tão infinitamente bela que nos encanta quando a observamos. Obrigada, Pai Eterno, por tudo!

À Universidade Federal de Alfenas (UNIFAL-MG) e à Faculdade de Nutrição (FANUT), pela liberação e apoio na realização deste curso.

À Universidade Federal de Lavras (UFLA) e ao Departamento de Ciência dos Alimentos (DCA), pela oportunidade concedida e apoio na execução do doutorado.

À Coordenação e Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), ao Conselho Nacional de Pesquisa Científica (CNPq) e à Fundação de Apoio à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG), pelo financiamento das ações deste projeto.

Ao meu orientador e coordenador do curso, professor Dr. Eduardo Valério de Barros Vilas Boas, por sua atenção e seu exemplo de profissionalismo e competência, sendo um excelente mestre nesta minha caminhada. Deixo aqui registrada minha profunda gratidão e, sinceramente, espero que a nossa amizade traga ainda mais frutos!

Ao professor Dr. Eric Batista Ferreira, pelo apoio fundamental em todas as análises estatísticas deste trabalho. À professora Sandra Veiga e colaboradores, pelo auxílio nas análises microbiológicas. Aos professores Cleiton Nunes, Isarita Sakakibara e Marisi Soares, pelo auxílio nas análises cromatográficas na UFLA e na UNIFAL-MG.

À banca examinadora, que muito contribuiu para este trabalho.

A todos os professores do DCA, que me proporcionaram conhecimento para prosseguir na minha carreira docente, sendo fundamentais para o meu aprimoramento e capacitação.

Agradeço à Emater-MG (Carlos, Ana Lúcia, Flora e Marcelo Martins) e aos produtores rurais (Genero Codignoli, *in memoriam*, Maria do Carmo e Elias) e ao CEASA-MG/Uberlândia (Éder Júlio de Jesus), que nos auxiliaram a conhecer melhor o marolo e forneceram os frutos, essenciais na execução deste projeto.

Impossível não agradecer aos inúmeros amigos e colegas de convivência nos laboratórios da UFLA: André, Andréa, Aline, Camila Menezes, Cecília, Carol, Camila Fante, Cleusa, Taísa, Rafael, Kelly, Édson, Helô, Juliana Alvarenga, Juliana Lima, Juliana do Carmo, Estela, Mariana Mirelle, Paulo, Rita, Suzana, Tina e Miguel (*in memoriam*), pelo convívio e ajuda. Às funcionárias da secretaria (em especial a Lucilene) e às da limpeza, pela prestimosidade sempre. André, Edson, Juliana Lima, Taísa, Lais, Andréa, Heloísa e Tina, que me apoiaram na execução deste trabalho: sem vocês seria impossível ter conseguido! Obrigada, de coração!

Agradeço a minha filha, Beatriz, pelo amor incondicional, pela paciência nos momentos em que não pude estar com ela ou dar-lhe mais atenção. Amo você, filha! Aos meus pais, José Flávio e Fane, por gostarem de marolo e por me ensinarem a importância de valorizar o que é da nossa terra. As minhas irmãs, Lara e Mirela e ao meu irmão, Mateus, pelo incentivo e alegria! Amo vocês! À tia Rosinha e ao tio Marco Túlio (*in memoriam*), Clair e Matilde, pela força sempre presente. Sem esquecer da Pitty, querida amiga!

A todos os meus colegas de trabalho da UNIFAL-MG que tantas vezes me ajudaram e me incentivaram a começar (Letícia), a continuar e a não desanimar (em especial aos professores e técnicos: Luciana, Marcelo Rezende, Marcelo Polo, Eveline, Marisa, Neide, Cristiane, Cristina, Tânia e Luciano). Obrigada, pela amizade! Aos meus alunos do curso de Nutrição da UNIFAL-MG, pela convivência harmoniosa e aos que participaram ativamente neste projeto: Míriam, Tamara, Síntia, Ana Letícia, Mayara, Lais, Larissa, Rita de

Cássia, Fernanda, Suzana, Marcela, Rodrigo, Débora, Clauden, Josidel e Jaqueline. Vocês são especiais! Imensamente obrigada! Ao professor Jaime Nobrega, pelo apoio essencial nas traduções.

Às amigas de viagem, Rafaela, Alessandra, Maria Elisa, Patrícia e Gislene, que fizeram os inúmeros quilômetros percorridos entre Alfenas e Lavras serem extremamente divertidos e felizes! Aos amigos para toda hora e por toda vida, Edivana, Paula, Gabriela e Vanessa, muito obrigada!

Agradeço a todos os provadores que, gentilmente, contribuíram na análise sensorial e a todos que, de alguma forma, participaram deste trabalho.

“O quanto em toda vereda em que se baixava, a gente saudava o buritizal e se bebia estável. Assim que a matlotagem desmereceu em acabar, mesmo fome não curtimos, por um bem que se caçou boi. A mais ainda tinha araticum maduro no cerrado” (ROSA, 2001).

RESUMO GERAL

O marolo (*A. crassiflora* Mart.) é um fruto nativo de destaque no cerrado, mas pouco explorado comercialmente, apesar de um consumo crescente (ao natural ou usado no preparo de sorvetes, doces, geleias, licores e como ingrediente em diversas preparações culinárias). A produção nacional ainda não se apresenta consolidada e a natureza do produto, bem como as condições de processamento e estocagem, pode afetá-lo, comprometendo a aparência, o aroma e o valor nutritivo/funcional do alimento. Assim, torna-se essencial que toda a cadeia produtiva seja perfeitamente estruturada, em todas as suas vertentes e, em especial, a colheita e a pós-colheita, de forma a adotar práticas eficazes que contribuam para padrões de qualidade e competitividade desses frutos. Além disso, poucos estudos relativos à sua qualidade pós-colheita foram executados. O presente estudo foi realizado com o objetivo geral de avaliar a qualidade pós-colheita do marolo, *in natura* e minimamente processado, ao longo de seu armazenamento, verificando possíveis interferências que possam comprometer ou favorecer a sua qualidade na comercialização. A atividade respiratória do marolo é tanto maior quanto maior a temperatura de armazenamento e tanto menor quanto maior o tempo de armazenamento. O marolo pode ser enquadrado como um fruto com alta produção de etileno. Observou-se escurecimento que não promoveu uma alteração que descaracterizasse a coloração da polpa e da casca. A diferença na firmeza entre os frutos logo depois de retirados do frio e os amadurecidos torna-se mais evidente nos mantidos a 0 °C e a 6 °C e, com o decorrer do tempo de armazenamento, principalmente a partir de 21 dias, mostrando a influência do frio no endurecimento, indicando um possível sintoma de *chilling*. Recomenda-se, para o armazenamento refrigerado dos frutos *in natura*, a temperatura de 12 °C, por 21 dias. O marolo minimamente processado deverá ser armazenado a 5°C, por até 5 dias, para a obtenção de um produto com qualidade físico-química, microbiológica e sensorial assegurada.

Palavras-chave: Anonáceas. Refrigeração. Processamento mínimo.

GENERAL ABSTRACT

Marolo is a native fruit from the Brazilian Savannah, but still little exploited commercially, in spite of its growing consumption (fresh or in ice-cream, candy, jam, licquor and as ingredient in several culinary preparations). Its national production has not yet been consolidated. The nature of the product and the processing and storage conditions may affect the fruit, compromising its appearance, aroma and nutritional/functional value. Therefore it is essential that the productive chain is perfectly structured in all its aspects, especially the harvest and post-harvest in order to adopt efficient practices conferring quality and competitive standards to these fruits. Besides, few studies related to the post-harvest quality of this fruit were performed. The present study aims at evaluating the post-harvest quality of marolo *in natura* and fresh cut during the storage period, checking possible interferences that may undermine or favor its commercialization quality. It was observed that the respiratory activity of marolo gets higher as the temperature increases, and decreases as the storage period gets longer. Marolo may be considered as high ethylene producer. It was verified that browning does not promote a change that mischaracterizes the color of pulp and peel. The storage of the fruit at 0 and 6°C promotes its hardening, a possible symptom of chilling. Recommended binomial time-temperature storage was 12°C for 21 days. There is no explicit indication of chilling in fruits stored under the conditions studied, since that changes culminate in maturing normally observed for these fruits. It was possible to store fresh-cut marolo at 5 °C up to 5 days, aiming at obtaining a product with physical chemical microbiological and sensory quality assured.

Index terms: *Annona* fruit. Cold storage. Fresh-cut.

LISTA DE FIGURAS

PRIMEIRA PARTE

- Figura 1 Marolo (*Annona crassiflora* Mart.) *Annonaceae*. Árvore (a), árvore e fruto (b), fruto (c), flor (d) e fruto – visão interna (e) 18

SEGUNDA PARTE – ARTIGOS

ARTIGO 1

- Figura 1 Médias observadas, modelo de regressão ajustado e coeficiente de determinação para massa (kg), ao longo do armazenamento (A) e taxa respiratória de marolos armazenados: (B) diferentes temperaturas (0 °C, 6 °C, 12 °C e 20 °C) e (C) ao longo do tempo.. 61
- Figura 2 Valores médios, equação de regressão e coeficiente de determinação para L* casca de marolos (A), ao longo do armazenamento e L* polpa nas diferentes temperaturas (B)..... 62
- Figura 3 Valores médios, equação de regressão e coeficiente de determinação para o ângulo Hue da casca de marolos, ao longo do armazenamento, após a retirada do armazenamento (A) e após o amadurecimento (B)..... 63
- Figura 4 Valores médios, equação de regressão e coeficiente de determinação dos sólidos solúveis dos marolos, ao longo do armazenamento A) e ao longo do tempo B), nas diferentes temperaturas..... 64
- Figura 5 Valores médios, equação de regressão e coeficiente de determinação do pH de marolos, ao longo do armazenamento refrigerado, no momento logo após refrigeração e amadurecidos a 20 °C, após refrigeração 65

ARTIGO 2

- Figura 1 Valores médios, equação de regressão e coeficiente de determinação* para firmeza de marolos no momento logo após a retirada do armazenamento, nos frutos armazenados a 0 °C, a 6 °C, a 12 °C e a 20 °C, ao longo do tempo (A) e de frutos no momento logo após retirada do armazenamento, aos 14, 21 e 28 dias (B) 88

Figura 2	Valores médios de atividade de pectinametilesterase nas diferentes temperaturas de marolos armazenados em diferentes temperaturas, ao longo do tempo de armazenamento	89
Figura 3	Valores médios, equação de regressão e coeficiente de determinação de açúcares totais em marolos, nas diferentes temperaturas de armazenamento.....	89
Figura 4	Médias observadas, modelo de regressão ajustado e coeficiente de determinação de vitamina C nos marolos, ao longo do armazenamento	90

ARTIGO 3

Figura 1	Médias observadas, modelo de regressão ajustado e coeficiente de determinação de firmeza no marolo minimamente processado, ao longo do armazenamento	117
Figura 2	Médias dos parâmetros de coloração em marolos minimamente processados, ao longo do armazenamento A), luminosidade, nas diferentes temperaturas (L) B) a* C) b*.....	118
Figura 3	Médias dos parâmetros de coloração em marolos minimamente processados, ao longo do armazenamento, A) luminosidade, nas diferentes temperaturas A) Ângulo Hue (°h) e B) cromaticidade (C*)	119
Figura 4	Médias observadas, modelo de regressão ajustado e coeficiente de determinação para açúcares totais no marolo minimamente processado, ao longo do armazenamento	120
Figura 5	Médias observadas, modelo de regressão ajustado e coeficiente de determinação para acidez titulável no marolo minimamente processado, a 10 °C, ao longo do armazenamento (A) e nos dias 10 e 12 de armazenamento, nas diferentes temperaturas (B).....	121
Figura 6	Médias observadas, modelo de regressão ajustado e coeficiente de determinação para pH em marolo minimamente processado, ao longo do armazenamento*(A) e aos 10 e aos 12 dias, nas diferentes temperaturas (B)	122
Figura 7	Médias observadas, modelo de regressão ajustado e coeficiente de determinação para atividade de água (Aw) e pectina total em marolo minimamente processado, ao longo do tempo de armazenamento	123
Figura 8	Médias observadas, modelo de regressão ajustado e coeficiente de determinação* para aceitabilidade da aparência, aroma e impressão global do marolo minimamente processado, ao longo do tempo de armazenamento	124

LISTA DE TABELAS

PRIMEIRA PARTE

Tabela 1	Composição de minerais na polpa de marolo congelada	20
----------	---	----

SEGUNDA PARTE – ARTIGOS

ARTIGO 2

Tabela 1	Médias de firmeza da polpa de marolo após retirado da refrigeração (Af) e amadurecido à temperatura ambiente, após retirado da refrigeração (Amad), ao longo de 28 dias de armazenamento.....	90
Tabela 2	Médias de atividade de pectinametilesterase da polpa de marolo após retirado da refrigeração (Af) e amadurecido à temperatura ambiente, após retirado da refrigeração (Amad), ao longo de 28 dias de armazenamento	91

ARTIGO 3

Tabela 1	Valores médios para pectina solúvel ($\text{mg}\cdot 100\text{g}^{-1}$) em marolo minimamente processado, nas diferentes temperaturas e ao longo do armazenamento	125
Tabela 2	Contagem logarítmica de fungos filamentosos e leveduras em marolo minimamente processado após sanitização com água (controle) ou dicloroisocianurato de sódio, a 20 mg/L (DCIS), armazenados em diferentes temperaturas, ao longo do tempo de armazenamento.....	125

SUMÁRIO

	PRIMEIRA PARTE	15
	INTRODUÇÃO GERAL	15
1	INTRODUÇÃO	15
2	REFERENCIAL TEÓRICO	17
2.1	Características botânicas do marolo (<i>Annona crassiflora</i> Mart.)	17
2.2	Composição química do fruto	19
2.3	Aspectos do desenvolvimento, maturação e colheita do marolo	22
2.4	Utilização e comercialização dos frutos	24
2.5	Refrigeração e qualidade pós-colheita de frutos e hortaliças	26
2.6	Processamento mínimo de frutas e hortaliças	28
3	CONSIDERAÇÕES FINAIS	33
	REFERÊNCIAS	34
	SEGUNDA PARTE - ARTIGOS	42
	ARTIGO 1 Influência da temperatura de armazenamento na qualidade do marolo (<i>Annona crassiflora</i> Mart.)	42
	ARTIGO 2 Parâmetros de qualidade e atividade antioxidante no armazenamento de marolos (<i>Annona crassiflora</i> Mart.)	66
	ARTIGO 3 Avaliação da qualidade de marolos (<i>Annona crassiflora</i> Mart.) minimamente processados armazenados sob diferentes temperaturas	92

PRIMEIRA PARTE

INTRODUÇÃO GERAL

1 INTRODUÇÃO

O bioma Cerrado é o segundo maior da região neotropical, mostrando-se único e complexo em sua riqueza de espécies e habitats. Sua flora ainda é pouco estudada, porém, já demonstra uma vocação ímpar no contexto agroalimentar e agroindustrial, além de forrageiro, medicinal e ornamental. Apesar de reconhecido valor, um recente e intenso processo de ocupação humana tem transformado essa ecorregião em uma das mais importantes regiões para a agropecuária no Brasil, contribuindo para que o bioma continue em processo de destruição e fragmentação, restando em torno de 20% da área original.

O cerrado brasileiro tem espécies frutíferas de impressionante valor nutritivo e funcional, porém, ainda muito pouco exploradas comercialmente, restringindo-se a feiras e a estradas, apesar de uma realidade de consumo crescente. Os frutos do cerrado, além do elevado valor nutricional, exibem características sensoriais atrativas, como cor, sabor e aroma diferenciados e, muitas das vezes, mais intensos do que os de frutos normalmente comercializados.

O marolo, ou araticum-do-cerrado, é um importante fruto do cerrado e pertence à Família *Annonaceae* e gênero *Annona*, considerado importante, ecológica e economicamente. Esses frutos são consumidos ao natural ou empregados no preparo de sorvetes, refrescos, doces, geleias, licores e também como ingrediente de diversas preparações culinárias. São poucos os plantios comerciais da fruta, predominando o extrativismo, com crescente risco para as populações nativas da espécie. Esse problema direciona para ações relacionadas

à caracterização, ao processamento e à comercialização do marolo. As condições de processamento e estocagem podem afetá-lo, devido à sua composição química e por comprometerem suas características sensoriais, nutritivas e funcionais.

Apesar de a qualidade do produto final ser função direta de sua matéria-prima e processamento, também se necessita de eficiência técnica e econômica da produção para que seja obtido o máximo proveniente da agregação de valor dos produtos. Torna-se, então, essencial que toda a cadeia produtiva seja perfeitamente estruturada, em todas as suas vertentes e, em especial, a colheita e a pós-colheita, de forma a adotar práticas eficazes que contribuam para padrões de qualidade e competitividade desses frutos.

Além desses aspectos, o marolo também é considerado veículo de inúmeros compostos bioativos com potencial antioxidante. O melhor entendimento a respeito de suas propriedades funcionais poderá favorecer a sua utilização pela população, bem como a projeção desse fruto para posições ainda ocupadas somente pelas frutas exóticas e produtos com alegação funcional, sendo os últimos intensamente divulgados pela mídia. Tudo isso poderá contribuir para o desenvolvimento sustentável, protegendo, dessa forma, o cerrado e seus recursos naturais e, por conseguinte, favorecer as comunidades rurais. O presente estudo foi realizado com o objetivo geral de avaliar a qualidade pós-colheita do marolo *in natura* e minimamente processado, ao longo de seu armazenamento, verificando possíveis interferências que possam comprometer ou favorecer a sua qualidade na comercialização.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Características botânicas do marolo (*Annona crassiflora* Mart.)

A família das anonáceas é composta por mais de quarenta gêneros e por mais de 2.000 espécies, das quais apenas três produzem frutos comestíveis, *Annona*, *Rollinia* e *Duguetia*. No gênero *Annona* estão as principais espécies atualmente cultivadas nas regiões tropicais: *Annona squamosa* L. (fruta-do-conde, ata ou pinha), *Annona muricata* L. (graviola) e *Annona reticulata* L. (fruta-da-condessa). Para as regiões subtropicais, a espécie *Annona cherimola* Mill. (cherimoia) e seu híbrido *A. cherimola* Mill. x *A. squamosa* L. (atemoia) são frutíferas importantes, mas de distribuição ainda restrita (MOSCA; CAVALCANTE; DANTAS, 2006). Esses frutos mostram-se bastante aromáticos, com sabor agradável, adocicado e ligeiramente ácido (BRAGA SOBRINHO, 2008).

O fruto da *Annona crassiflora* Mart. tem o nome popular de marolo e, na região central do Brasil, é conhecido como araticum-do-cerrado, araticum-do-campo e pinha-do-cerrado (SOARES et al., 2009).

O marolo tem a seguinte sistemática: Reino: Vegetal; Sub-reino: Embriophyta; Divisão: Spermatophyta; Subdivisão: Angiospermae; Classe: Dicotyledoneae; Ordem: Ranales; Subordem: Magnoliales; Família: Annonaceae; Subfamília: Annonoideae; Gênero: *Annona* e Espécie: *Annona crassiflora* Mart. (RIBEIRO; PASCAL, 2005).

Espécie nativa pertencente ao cerrado e cerradão brasileiro, o maroleiro ocorre, principalmente, nos estados de Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, São Paulo, Minas Gerais, Goiás, Tocantins e Bahia. Seus frutos são comercializados na margem das estradas e em feiras livres (BALERONI et al., 2002), demonstrando que a cadeia produtiva encontra-se desarticulada, possivelmente

pela ausência de plantios comerciais e vias de escoamento de produção organizadas.

É uma infrutescência baciforme, magno, com muitas sementes obovoides, achatadas, com 20 a 27 mm de comprimento por 10 a 13 mm de largura, de cor parda; casca rugosa, de cor verde e, quando maduro, marrom. A polpa pode variar do branco ao amarelo e rosa-amarelado, de odor e sabor muito intensos. Seu peso varia de 0,5 kg a 4,5 kg, contendo de 90 a 190 gomos. Cada gomo, geralmente, tem uma semente ou, raramente, nenhuma semente, característica desejável para futuras enxertias. A frutificação inicia-se em novembro e a maturação se dá entre fevereiro e abril (PAULA et al., 2004; RIBEIRO; PASCAL, 2005).

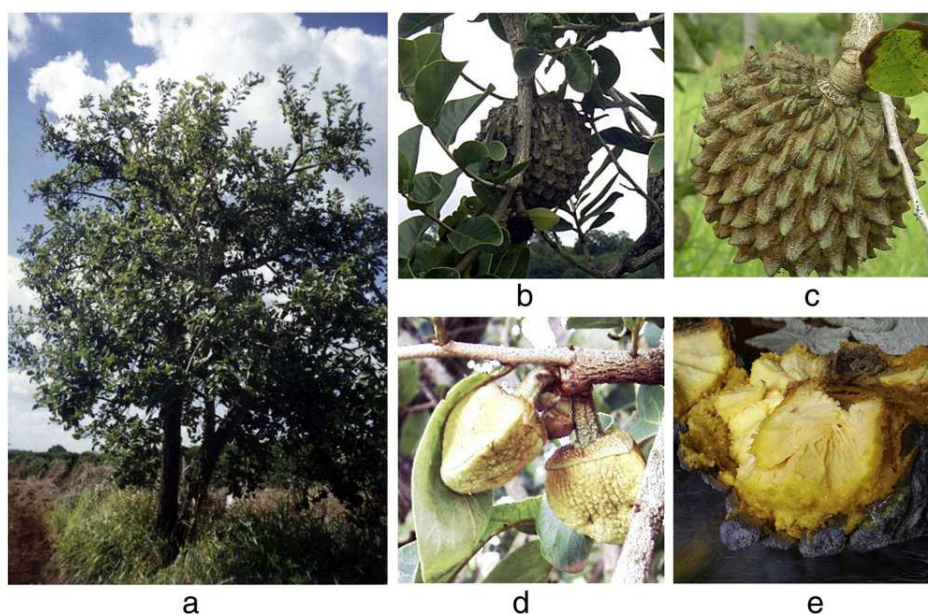


Figura 1 Marolo (*Annona crassiflora* Mart.) *Annonaceae*. Árvore (a), árvore e fruto (b), fruto (c), flor (d) e fruto – visão interna (e)

Fonte: Corrêa et al. (2011)

2.2 Composição química do fruto

O marolo apresenta alto valor nutricional, contendo níveis significativos de lipídios, calorias e fibras (DAMIANI et al., 2011). Apresenta 106,83 kcal.100 g⁻¹ e 1,15±0,05 g.100 g⁻¹ de proteínas, similar ao da maioria das frutas e hortaliças (DRAGANO et al., 2010).

Dragano et al. (2010) relataram que os teores de umidade (75,39±2,10 g.100 g⁻¹) são semelhantes aos da banana-nanica (77,3 g.100 g⁻¹) e menores do que várias frutas, tais como acerola, maçã e graviola (92, 85,2 e 87,12 g.100 g⁻¹, respectivamente) (CHITARRA; CHITARRA, 2005). A quantidade de fibras (3,56±0,42 g.100 g⁻¹) é similar à da manga (3,28 g.100 g⁻¹), sendo a ingestão adequada (IA) para um adulto de 21-38 g, dependendo do estágio de vida e do sexo (INSTITUTE OF MEDICINE, FOOD AND NUTRITION BOARD -IOM, 2000). Constitui boa fonte de carboidratos (14,77 g.100 g⁻¹), com teores similares aos da banana (20,4 g.100 g⁻¹) (VILAS-BOAS; CHITARRA; CHITARRA, 1996). Os teores de sacarose também são próximos ao da banana (2,0 g.100 g⁻¹), contribuindo, juntamente com os outros açúcares, para o gosto doce da fruta (DRAGANO et al., 2010). De acordo com Silva (2009), apresenta 3 g de amido.100 g⁻¹ de fruto em marolos aos 145 dias após antese.

Apresenta teores de lipídios (4,35 g.100 g⁻¹) acima do que é encontrado na maioria das frutas e hortaliças (1 g.100 g⁻¹) (DRAGANO et al., 2010). Egydio (2009) cita que a quantidade de lipídeos totais da polpa varia de 7 a 16,2 g.100 g⁻¹ de massa, sendo majoritários os ácidos oleico e/ou petroselínico (18:1). Na Tabela 1 é mostrada a composição mineral da polpa de marolo. O seu teor de fósforo (21,85 mg 100 g⁻¹) é similar ao da banana-prata (26 mg.100 g⁻¹) e seu teor de potássio é expressivo (288 mg.100 g⁻¹), visto que a banana tem 358 mg.100 g⁻¹. Apresenta, ainda, quantidades de magnésio (21,85 mg.100 g⁻¹)

similares às do mamão papaia (22 mg.100 g⁻¹) e de cálcio (10,39 mg.100 g⁻¹) similares à do morango (11mg.100g⁻¹).

Tabela 1 Composição de minerais na polpa de marolo congelada

Constituintes	Média (DP) (mg.100 g ⁻¹)
P	21,85±0,48
K	288,36±33,2
Ca	10,39±0,74
Mn	0,03±0,02
Fe	0,14±0,06
Cu	0,05±0,03
Zn	0,03±0,01
Se	0,00±0,00
Na	5,47±3,44
Mg	20,21±0,67

Fonte: Dragano et al. (2010)

As características físico-químicas mostram que o pH da polpa atinge 4,94±0,03 e tem 20,26±1,99 °Brix, sendo o índice de qualidade (relação sólidos solúveis totais e acidez titulável total) de 69,84±3,05 (DRAGANO et al., 2010). O ácido predominante é o málico (958,5 µg.g⁻¹) (DAMIANI et al., 2011).

O marolo é uma excelente fonte de vitamina C (44,97 mg.100 g⁻¹), valor similar ao da goiaba vermelha (45,6 mg.100 g⁻¹), sendo que, aproximadamente, 200 mg de polpa atingiriam a recomendação diária de um adulto, que é de 90 mg. Contém uma quantidade expressiva de carotenoides totais (2.822 µg. 100 g de polpa⁻¹) e presença de taninos (3,74 mg.100⁻¹) (DRAGANO et al., 2010), sendo importante nas características sensoriais e valor funcional.

Damiani et al. (2011) caracterizaram a polpa de marolo e relataram que a firmeza da polpa do fruto maduro foi de 0,29 N e os valores de coloração

foram: valor L*, 70,92 e 37,10; valor a*, 2,17 e 7,87 e valor b*, 33,90 e 7,17 para polpa e casca, respectivamente. A polpa tem uma coloração creme amarelado e, por conseguinte, um maior valor b* do que a casca que, por sua vez, exibe um valor L* mais baixo, uma vez que tem uma coloração castanha escura. Paula et al. (2004) caracterizaram marolo (polpa amarela) da região Sul de Minas, sendo o rendimento da polpa de 38,85%, 7,09 g.100 g⁻¹ de amido, 61,335 mg.100 g⁻¹ de ácido ascórbico, 953,156 mg.100 g⁻¹ de pectina total e 744,066 mg.100 g⁻¹ de pectina solúvel, 726,724 mg.100 g⁻¹ de taninos 24,79 UI de licopeno e 103,87 UI de betacaroteno. Os resultados demonstraram que este fruto é fonte, principalmente de carboidratos, vitamina C e carotenoides, além de minerais, tais como potássio, fósforo e magnésio.

De acordo com Roesler et al. (2006), o marolo apresenta compostos com alta capacidade de sequestrar radicais livres, ou seja, atividade antioxidante provenientes do extrato etanólico de polpa, casca e sementes de frutos levemente amadurecidos, apresentando a polpa uma menor atividade. Grande parte das frutas nativas, em regiões típicas de clima tropical, são especialmente ricas em carotenoides, chegando a corresponder a 103,87 UI.100 g⁻¹ (ROESLER et al., 2007).

As anonáceas apresentam constituintes alcaloides e não alcaloides, com propriedades citotóxicas e antimicrobianas; diterpenos, com atividade antitumor; oliverolina, com propriedades antiparkinsoniana; liriodenina, com atividades antitumorosas, antibactericida e antifúngica (LEBOEUF et al., 1982) e as sementes, propriedades antidiarreicas (RIBEIRO; PASCAL, 2005). O marolo é amplamente utilizado em humanos como remédio para o tratamento de diversas doenças, como diarreia, reumatismo e sífilis. A planta contém acetogeninas que apresentam propriedades citotóxica, antitumorígenica e antiparasitária (VILAR et al., 2008).

Convém ratificar que muitos compostos já estabelecidos como fitoquímicos, sendo muitos deles encontrados no marolo, como as acetogeninas, podem apresentar efeitos ambíguos (HODEK et al., 2009), ou seja, benéficos ou lesivos, em consonância com as condições de seu uso. Um maior entendimento das propriedades desse fruto poderá abrir possibilidades de outras aplicações tecnológicas e farmacológicas para a mesma. Por apresentar características nutricionais importantes e aspectos sensoriais muito apreciados, o marolo, bem como outras anonáceas, deve ser alvo de pesquisas que possibilitem manter suas características para o consumo.

2.3 Aspectos do desenvolvimento, maturação e colheita do marolo

Silva (2009) realizou a caracterização de frutos do marolo (*Annona crassiflora* Mart.), durante o desenvolvimento e verificou que a floração do marolo iniciou-se no final do mês de setembro e início de outubro. A fase de frutificação foi iniciada no final de outubro, com pico de produção no final de fevereiro e início de março. O desenvolvimento total do fruto compreendeu 140 dias, a partir da antese. Foi observado, durante o desenvolvimento, o incremento de massa e dos diâmetros transversal e longitudinal. As mudanças físicas e químicas nos teores de sólidos solúveis, açúcares, vitamina C, pH, acidez e valor b* foram observadas, no marolo, a partir do 120º dia, indicando o início da fase de maturação nos frutos. O crescimento apresentado durante o desenvolvimento dos frutos sugere um comportamento sigmoidal duplo, comum em anonáceas.

O maroleiro apresenta pequena e irregular produção de frutos, sofrendo ataque de um grande número de insetos, o que pode estar associado à inviabilidade de flores e de frutos desta espécie. Este fato direciona para a necessidade de resolução destes problemas, objetivando o estabelecimento da

cultura para a exploração agrícola (CARMO et al., 2000; CHAVES; NAVES, 1998).

O amadurecimento do fruto é caracterizado por intensas alterações nos seus atributos de qualidade, como a aparência, sabor e textura. Os frutos maduros apresentam odor característico, massa aproximada de 1,0 kg, grande número de sementes, 104, em média, com densidade 1,09 g.cm³. São desuniformes, com grandes variações de massa, forma e volume (NAVES et al., 1995).

De acordo com a revisão realizada por Ribeiro e Pascal (2005), os frutos devem ser manualmente colhidos quando estiverem totalmente amadurecidos. Esses frutos apresentam coloração marrom e podem ser coletados após a abscisão, devendo, no entanto, ser imediatamente processados, devido à sua alta perecibilidade.

Vilas-Boas e Silva (2009) sugerem a colheita dos frutos, pois os que são coletados após abscisão natural tendem a apresentar vida útil mais curta do que os colhidos na árvore. O ponto ideal de colheita do marolo ainda não foi estabelecido, mas a perda da intensidade da coloração verde da casca e o amarelecimento da polpa podem ser utilizados, subjetivamente, para indicar o possível momento da colheita do fruto. Estes indicativos vão ao encontro daqueles citados por Pareek et al. (2011) para cherimoia, atemoia, pinha e frutadã-condessa, cujos índices de maturidade e colheita são: mudança na coloração da casca de verde-escuro para verde-claro ou amarelo-esverdeado, aparência de coloração de creme entre os segmentos na casca e aumento da superfície macia nos carpelos separados. Os frutos das anonáceas apresentam amadurecimento muito rápido, dificultando o manuseio e, além disso, a distribuição para mercados distantes é dificultada devido à conservação extremamente reduzida (MOSCA; CAVALCANTE; DANTAS, 2006). Se a colheita for realizada de maneira ideal, pode permitir um melhor transporte e consequente

comercialização de frutos com maior qualidade sensorial e também evitar contaminação por insetos (ALMEIDA et al., 1998).

De acordo com Carvalho (2002), se o fruto for colhido verde, sem que tenha atingido o ponto de maturação fisiológico, ele não atinge seu amadurecimento comercial e a sua coloração irá tornar-se muito escura, a textura enrijecida e suas sementes não germinarão. Pareek et al. (2011) definem que, de modo geral, a temperatura ótima para o manuseio de anonáceas é entre 8 °C e 12 °C, dependendo da duração do armazenamento, da cultivar e do estágio de maturação. Devem também ser mantidos sob umidade relativa de 90% a 95%, pois, abaixo desta faixa, podem apresentar sensibilidade ao frio, com escurecimento e endurecimento da casca, manchas escuras, falha no desenvolvimento pleno do *flavor* e polpa farinácea.

2.4 Utilização e comercialização dos frutos

Entre as frutas nativas brasileiras que não se transformaram em espécie cultivada, o marolo é uma das que apresentam o maior índice de aproveitamento culinário e, conseqüentemente, interesse econômico. Seu consumo é bastante difundido nas regiões do cerrado brasileiro, sendo a sua polpa comumente consumida ao natural ou na forma de sorvetes, geleias, doces, licores, sucos e recheios para bolos e chocolates (RIBEIRO et al., 2000; SILVA et al., 1994; SOARES et al., 2009). São inúmeras as receitas de doces e bebidas que levam o sabor forte e aromático de sua polpa, acrescidas, muitas vezes, de outras frutas ou ingredientes, como leite ou coco (SILVA; MELO; FERNANDES, 2010). Sua polpa é também empregada em preparações salgadas, tais como molhos para peixes e carnes (CASTRO; DELLA LUCIA; AZEVEDO, 2009).

Os produtos derivados do marolo considerados característicos da região do sul de Minas Gerais são licor, doce de leite, polpada e doce em pedaços, que

têm boa aceitação pelo mercado consumidor, e suas composições se aproximam do previsto pela legislação de alimentos e bebidas (DELLA LUCIA et al., 2011). Outra possibilidade de utilização foi proposta por Corrêa et al. (2011) que desenvolveram um produto desidratado a partir da polpa do marolo, podendo ser empregado pela indústria alimentícia e contribuir como fonte de fibra alimentar e de derivados do ácido oleico e palmítico. Além disso, este produto pode vir a ser utilizado em períodos fora da safra do fruto. Outras alternativas de processamento do marolo foram estudadas e obtiveram bons resultados em testes de consumidores, tais como iogurte com polpa de marolo (OLIVEIRA et al., 2008) e sua versão *light/diet* (DELLA LUCIA et al., 2012), sorvete (MORZELLE et al., 2012) e geleia mista de araçá (*Psidiumguineensis* Sw.) e marolo (DAMIANI et al., 2012).

É sabido que o fruto, normalmente, é vendido à beira das estradas, em barracas, geralmente na região do sul de Minas Gerais. São poucos os plantios comerciais da fruta, predominando o extrativismo, com crescente risco para as populações nativas da espécie. Essa colheita é realizada por pequenos produtores rurais que, por não terem muitas alternativas, têm na extração do marolo uma importante fonte de renda (POLO et al., 2008).

Apesar da existência de leis de proteção à fauna, à flora e ao uso do solo e água, essas são ignoradas pela maioria dos agricultores, que utilizam esses recursos naturais erroneamente. Este ecossistema cerrado tem sido agredido, colocando em risco de extinção várias espécies de plantas. Entre elas, algumas fruteiras nativas, antes mesmo de serem classificadas pelos pesquisadores (AVIDOS; FERREIRA, 2000), como o marolo, sobre as quais ainda se desconhece se existem variedades ou se a variação encontrada na cor de sua polpa se deve a outros fatores.

Silva (2009) ressalta a importância do incentivo ao plantio comercial do marolo, pois o extrativismo de forma intensa e descontrolada poderia afetar a perpetuação da espécie e, até mesmo, ocasionar a extinção desta.

Mesquita et al. (2007) ressaltam a importância da valorização para a comercialização do marolo, porém, a oferta de frutos vem se reduzindo, devido à enorme pressão antrópica sobre o bioma cerrado, aliada às dificuldades naturais de produção das anonáceas. Ao contrário do que ocorre com muitos países produtores, não existem, no Brasil, cultivares para a maioria das anonáceas. Somente a atemoia apresenta variedades adaptadas para as condições brasileiras, graças à atenção que as mesmas têm recebido por parte da pesquisa pública agrícola (NOGUEIRA et al., 2005).

2.5 Refrigeração e qualidade pós-colheita de frutos e hortaliças

O emprego do frio é um dos métodos mais antigos para conservar os alimentos. Uma de suas vertentes de aplicação é a refrigeração, principal método para preservar a qualidade de frutas e hortaliças após a colheita. Consiste na inibição total ou parcial dos principais fatores responsáveis pela alteração dos alimentos: o crescimento e a atividade de microrganismos, a atividade metabólica dos tecidos vegetais após a colheita, as enzimas e as reações químicas (ORDONEZ, 2005).

Apesar de preservar a qualidade, o frio pode causar estresse nos tecidos vegetais, com aumento na taxa respiratória e, conseqüentemente, um maior consumo de substratos respiratórios. Esta desordem fisiológica é chamada injúria por frio ou *chilling injury*. Segundo Chitarra e Chitarra (2005), temperaturas abaixo de 10 °C a 13 °C, no caso de exposição de hortícolas tropicais ou subtropicais, são suficientes para gerar injúrias por frio e várias alterações fisiológicas e bioquímicas. Os sintomas são decorrentes do estresse

oxidativo na célula vegetal, alterando os processos metabólicos normais de amadurecimento e, com isso, danos irreversíveis podem ocorrer, tais como lesões superficiais, manchas deprimidas de coloração escura, descoloração, murchamento, perda de sabor e maior suscetibilidade a patógenos causadores de deterioração (NERES et al., 2004).

Esses danos, inicialmente desenvolvidos durante o armazenamento frio, são mais sinalizados durante a comercialização e caracterizados por depressões superficiais na casca e aumento na incidência de doenças, além da perda excessiva de umidade e a manifestação de *flavors* não característicos, conferindo diferentes graus de depreciação no valor de mercado (JOMORI, 2005; NEVES et al., 2008).

Conhecer os processos metabólicos na época da colheita e também as respostas dos frutos em temperaturas críticas ou sob condições de injúria por frio é de suma importância para garantir um armazenamento frio eficiente. Além disso, compreender a influência do tempo pelo qual podem ser expostos os frutos a essas temperaturas auxilia na determinação de um binômio tempo x temperatura adequado para a eficiência da frigoconservação dos vegetais.

A exposição ao frio resulta em respostas e sintomas correspondentes a diferentes fases, a depender da temperatura, do tempo de exposição, além do estágio de maturação, do tipo de tecido do produto e da umidade relativa. Inicialmente, há uma resposta à temperatura, considerada de natureza física, como alterações em nível das membranas celulares, seguido de alterações fisiológicas, com o prolongamento do tempo de exposição às baixas temperaturas (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

A sensibilidade ao frio é distinta entre as frutas e hortaliças, assim como as temperaturas adequadas para o armazenamento. Para alguns frutos em estádios de maturação mais avançados, o aparecimento deste distúrbio é menos frequente (ALMEIDA et al., 2005). Existem vegetais resistentes ao frio, cuja

vida útil é inversamente proporcional à temperatura de armazenamento, desde que não se ultrapasse a temperatura mínima de segurança. Em contrapartida, em vegetais sensíveis, a vida útil aumenta com o decréscimo da temperatura, porém, até um determinado limite. Este limite é denominado temperatura crítica de *chilling* e ocorre entre 10 °C e 13 °C, na qual a maioria dos produtos de origem tropical e subtropical é enquadrada. Já no caso dos vegetais levemente sensíveis, a temperatura crítica de *chilling* encontra-se entre 3 °C e 4 °C, entre os quais se incluem os vegetais de clima temperado (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

2.6 Processamento mínimo de frutas e hortaliças

As práticas alimentares contemporâneas, influenciadas pelos avanços tecnológicos na indústria de alimentos e na agricultura e pela globalização da economia, têm sido objetos de preocupação das ciências da saúde, desde que os estudos epidemiológicos passaram a sinalizar estreita relação entre a dieta. Essa dieta é caracterizada por um excesso de alimentos de grande densidade energética, ricos em gordura e em açúcar refinado simples, e por uma diminuição no consumo de carboidratos complexos (fonte importante de fibras alimentares) e algumas doenças crônicas associadas à alimentação, motivo pelo qual o setor sanitário passou a intervir nos padrões alimentares (GARCIA, 2003). Incentiva-se o consumo de frutas e hortaliças por proporcionarem vitaminas, minerais e fibras, além de componentes bioativos, auxiliando na prevenção de doenças.

A mudança dos padrões alimentares tem sido intensa nos últimos anos, devido à falta de tempo para preparo e consumo dos alimentos. Apesar deste quadro, houve um aumento na busca por opções mais saudáveis, sendo de fundamental importância que os alimentos sejam práticos e de rápido preparo.

Devem, ainda, apresentar preço acessível, além de serem saborosos, atrativos e com qualidade sanitária confiável.

Produtos minimamente processados são frutas e hortaliças que, tendo sido soltas dos seus galhos e/ou descascadas e/ou cortadas, tornam-se produtos utilizáveis em sua totalidade, oferecendo aos consumidores nutrição, conveniência e *flavor*, enquanto ainda mantêm o frescor (RICO et al., 2007). Estes produtos vêm ao encontro das necessidades do consumidor, devido à praticidade no preparo das frutas e hortaliças, que se tornaram essenciais no plano alimentar, pela busca por uma alimentação mais saudável ou por imposição, devido a doenças já instaladas que o obrigam a adotá-los como coadjuvantes importantes no tratamento.

Os vegetais minimamente processados são perecíveis e demonstram rápida perda da qualidade pós-colheita, mesmo quando estocados sob refrigeração. Estes produtos são mais perecíveis do que os similares frescos, devido aos danos causados aos tecidos, resultantes das operações do processamento (HODGES; TOIVONEN, 2008).

De acordo com Vilas-Boas (2012), utilizando-se as boas práticas de processamento mínimo e respeitando-se a cadeia de frio, frutas e hortaliças minimamente processadas, podem ser conservadas, de modo geral, por até 15 dias, entre 0 °C e 5 °C, sendo a sua qualidade mantida.

As operações de processamento mínimo, além de intensa manipulação do vegetal, representam uma forma acentuada de estresse por ferimento. Como resultados observam-se aumento na intensidade respiratória, taxas alteradas de produção de etileno e intensificação de outras reações que afetam a cor, a textura e o aroma, e podem afetar constituintes que contribuem para o valor nutricional. Porém, existem estratégias para controlar essas alterações, sendo a principal delas o controle de temperatura. O controle da resposta ao ferimento depende também da espécie vegetal, da variedade, do estágio fisiológico, da

composição da atmosfera, da presença de inibidores e da extensão do fermento (intensidade do corte) (FILGUEIRAS, 2008).

Os atributos sensoriais atrativos das frutas e hortaliças minimamente processadas são um dos maiores fatores influente na decisão de compra pelos consumidores (TOIVONEN; BRUMMELL, 2008). Entre os mais importantes atributos sensoriais incluem-se o sabor e o aroma que, do ponto de vista do consumidor, são frequentemente considerados os melhores indicadores de vida útil (BEAULIEU; LEA, 2003).

A quantidade de carboidratos, ácidos orgânicos, aminoácidos, lipídeos e fenóis influencia o sabor e a respiração anaeróbia propicia o desenvolvimento de sabores e odores desagradáveis (GIMENO; COSANO; LÓPEZ, 1995). A principal descoloração que ocorre em tecidos lesionados é o escurecimento enzimático e não enzimático. Essas reações ocorrem em contato com o oxigênio, que promove o desenvolvimento de tonalidades rosáceas, pardas ou negras. Vários fatores influenciam a velocidade dessas reações, tais como espécie, momento da colheita e temperatura (MELLO et al., 2003; WILEY, 1997).

A perda de firmeza das hortaliças deve-se aos danos ocasionados no corte das células, que liberam enzimas proteolíticas e pectinolíticas que podem se difundir no interior dos tecidos. O etileno pode aumentar a permeabilidade das membranas e reduzir a biossíntese de fosfolipídios, o que pode interferir na integridade da membrana e da consequente estrutura celular (KLUGE et al., 2007). A decomposição das moléculas poliméricas, como protopectinas, celulosas, hemicelulosas e amido, amacia as paredes celulares, pois diminui a força coesiva que mantém as células unidas (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

A obtenção de matéria-prima de qualidade é fundamental, assim como o rígido respeito à cadeia de frio. De acordo com Vilas-Boas (2012), a saúde do consumidor de frutas e hortaliças minimamente processados tem sido colocada à prova, assim como sua aceitação, nos últimos anos, devido ao desrespeito às

regras básicas do processamento mínimo, que advém da falta de profissionalismo no setor. Tornam-se fundamentais, para a consolidação deste segmento no Brasil, o treinamento e a conscientização de todos os envolvidos no negócio do processamento mínimo, inclusive os consumidores.

É fundamental o uso de embalagens para os vegetais minimamente processados, pois, além de veicular o produto, evitando ou, pelo menos, retardando a perda de umidade, protege da contaminação ambiental e facilita o transporte, a manipulação, o armazenamento e a comercialização (KAYS, 1997). Porém, para que todas estas funções sejam devidamente cumpridas, a escolha da embalagem ideal para cada tipo de vegetal deve ser realizada a partir de um planejamento eficiente.

Vários tipos de embalagens têm sido utilizados com sucesso para este tipo de produto, com a intenção de reduzir o estresse ao qual foi e ainda será submetido nas etapas subsequentes do seu fluxograma de processamento. As embalagens têm como objetivo fundamental a redução da desidratação dos tecidos vegetais (PUSCHMANN, 2010) e, além disso, cria uma barreira que retarda a perda do sabor e aroma desejáveis e também do vapor de água, enquanto restringe a troca de CO₂ e de O₂, criando uma atmosfera modificada (BALDWIN; NISPEROS-CARRIEDO; BAKER, 1995).

Durante o armazenamento, a modificação da atmosfera pode ser passiva ou ativa. A modificação da atmosfera é passiva quando os vegetais são fechados dentro de embalagens plásticas com ar, durante a estocagem, acontecendo em função da respiração e da permeação de gases pela embalagem. A atmosfera modificada ativa ocorre quando se faz a injeção de uma mistura gasosa na embalagem, podendo essa atmosfera ainda se modificar durante a estocagem. Assim, devido a diferenças em suas taxas respiratórias, filmes com barreiras diferentes são utilizados para preservar o frescor de diferentes frutas e hortaliças minimamente processados, exigindo, algumas vezes, não somente filmes

especiais, como também materiais auxiliares, como sachês absorvedores de etileno e controladores de umidade (SARANTÓPOULOS, 1999).

De acordo com Ragaert et al. (2004), a maioria dos estudos sobre os produtos minimamente processados se refere a qualidade microbiológica, segurança, processamento e embalagem, sendo escassos os estudos com consumidores. Neste estudo, realizado na Bélgica, os autores observaram que a intenção de compra destes produtos tende a ser maior entre os consumidores com maior nível de escolaridade e entre aqueles com crianças mais novas. A mais importante motivação de compra destes produtos relaciona-se com a conveniência e a rapidez, especialmente para consumidores que os comprem no final de semana. Embora os itens pesquisados “valor nutricional” e “saúde” mostrassem escores relativamente baixos, em termos de importância, durante as etapas de compra e de consumo, os consumidores com maior atenção em relação a alimentos e à saúde dão maior importância significativa a estes atributos.

3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O marolo está entre as espécies nativas do cerrado que apresentam potencial para a comercialização, devido ao seu forte apelo sensorial e ao valor nutricional e funcional, visto que seu uso já está consolidado, pelas populações locais. Porém, a oferta de frutos vem se reduzindo devido à enorme pressão antrópica sobre o bioma cerrado. Aliam-se a isso as dificuldades naturais de produção das anonáceas e a escassez de estudos sobre seu comportamento na pós-colheita, comercialização e tecnologias, para garantir que o fruto consiga atender ao potencial mercado consumidor que surge da divulgação de frutos exóticos. Advém daí o interesse deste estudo, que objetiva avaliar a qualidade de frutos dessa espécie, bem como o seu comportamento sob armazenamento frio e quando submetido ao processamento mínimo, como forma de garantir que tenham a sua cadeia produtiva totalmente estruturada e que as populações rurais possam se manter no campo de forma ética e sustentável.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, R.F.et al. Injúria pelo frio em frutos de mamoeiro (*Carica papaya* L.) cv “Golden”. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 27, n. 1, p. 17-20, abr. 2005.

ALMEIDA, S. P.et al. **Cerrado: espécies vegetais úteis**. Planaltina: EMBRAPA-CPAC, 1998. 464 p.

ÁVIDOS, M. F.; FERREIRA, L. T. Frutos dos Cerrados: preservação gera muitos frutos. **Biotecnologia, Ciência & Desenvolvimento**, Brasília, ano 3, n. 15, p. 36-41, jul./ago.2000. Disponível em: <<http://www.biotecnologia.com.br/revista/bio15/frutos.pdf>>. Acesso em: 14 nov. 2012.

BALDWIN, E. A.; NISPEROS-CARRIEDO, M. O.; BAKER, R. A. Edible coatings for lightly processed fruits and vegetables. **HortScience**, Alexandria, v. 30, n. 1, p. 35-38, Feb. 1995.

BALERONI, C.R.S.et al. Composição química de sementes das espécies florestais mamica-de-cadela (*Brosimum gaudichaudii* Tréc), marolo arbóreo (*Annona crassiflora* Mart.), marolo rasteiro (*Annona dioica* St. Hil.), chichá-do-cerrado (*Sterculia striata* St. Hil. ex Turpin) e imbuia (*Ocotea porosa* (Nees) L. Barroso). **Ciências Agrárias e da Saúde**, Andradina, v. 2, n. 1, p. 28-32, jan./jun. 2002.

BEAULIEU, J. C.; LEA, J. M. Volatile and quality changes in fresh-cut mangos prepared from firm-ripe and soft-ripe fruit, stored in clamshell containers and passive MAP. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 30, n. 1, p. 15-28, Oct. 2003.

BRAGA SOBRINHO, R. **Potencial de exploração de anonáceas no nordeste do Brasil**. Fortaleza: EMBRAPA Agroindústria Tropical, 2008. Disponível em: <http://www.ceinfo.cnpat.embrapa.br/arquivos/artigo_3425.pdf>. Acesso em: 14 nov. 2012.

CARMO, J. D. G. et al. Levantamento, estudos bioecológicos e avaliação de danos de insetos em flores, frutos e sementes de araticum (*Annona crassiflora*) em dois ambientes. In: SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 8., 2000, Goiânia. **Resumos...** Goiânia: UFG, 2000. 1CD-ROM.

CARVALHO, J. A. **Marolo**: o doce aroma do cerrado. Machado: Escola Agrotécnica Federal de Machado; COETAGRI, 2002. 20 p.

CASTRO, F. A. T.; DELLA-LUCIA, F.; AZEVEDO, L. **Processamento artesanal do marolo**. Alfenas: EMATER-MG, 2009. 34 p.

CHAVES, L. J.; NAVES, R. V. O cerrado do Brasil: uma fonte potencial de recursos genéticos. In: ENCONTRO SOBRE TEMAS DE GENÉTICA E MELHORAMENTO, 15., 1998, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: ESALQ, 1998. p. 74-86.

CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A.B. **Pós-colheita de frutas e hortaliças**: fisiologia e manuseio. 2. ed. Lavras: UFLA, 2005. 785p.

CORRÊA, S. C. et al. **Evaluation of dehydrated marolo (*Annona crassiflora*) flour and carpels by freeze-drying and convective hot-air drying**. Food Research International, Barking, v. 44, n. 7, p. 2385-2390, 2011.

DAMIANI, C. et al. Characterization of fruits from the savanna: araçá and marolo. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 31, n.3, p. 723-729, jul./set. 2011.

_____. Study of the shelf-life of a mixed araçá (*Psidium guineensis* Sw.) and marolo (*Annona crassiflora* Mart.) Jam. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 32, n. 2, p. 334-343, abr./jun. 2012.

DELLA LUCIA, F. et al. Acceptability of yoghurt with Marolo pulp (*Annona crassiflora* Mart.) in the traditional and diet/light formulations. **Revista da Universidade Vale do Rio Verde**, Três Corações, v. 10, n. 2, p. 85-92, ago./dez. 2012.

_____. Marolo (*Annona crassiflora* Mart.): gerando trabalho e renda. **Extensio: Revista Eletrônica de Extensão**, Florianópolis, ano 8, n. 11, p. 81-91, 2011.

DRAGANO, N. R. V. et al. Influence of marolo (*Annona crassiflora* Mart.) pulp intake on the modulation of mutagenic/antimutagenic processes and its action on oxidative stress in vivo. **Plant Foods for Human Nutrition**, Dordrecht, v.65, n. 4, p. 319-325, 2010.

EGYDIO, A. P.M. **Análises das variações fitoquímicas, estrutura genética e importância econômica de *Annona crassiflora* Mart., no cerrado**. 2009. 98 p. Tese (Doutorado em Biociências) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.

FILGUEIRAS, H. A.C. Efeitos do processamento mínimo sobre as propriedades nutritivas e funcionais de frutas e hortaliças minimamente processadas. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE PROCESSAMENTO MINIMO DE FRUTAS E HORTALIÇAS, 5., 2008, Lavras. **Anais...** Lavras: UFLA, 2008. 1 CD-ROM.

GARCIA, R. W. D. Reflexos da globalização na cultura alimentar: considerações sobre as mudanças na alimentação urbana. **Revista de Nutrição**, Campinas, v. 16, n. 4, p. 483-492, out./dez. 2003.

GIMENO, R. M. G.; COSANO, G. Z.; LÓPEZ, M. A. Conservación de los alimentos mediante atmósfera modificada: vegetales de IV gama. **Alimentaria**, Bogotá, v. 267, p. 89-104, oct. 1995.

HODEK, P. et al. Chemopreventive compounds: view from the other side. **Chemico-Biological Interactions**, Limerick, v. 180, n. 1, p. 1-9, June 2009.

HODGES, D.M.; TOIVONEN, P.M.A. Quality of fresh-cut fruits and vegetables as affected by exposure to abiotic stress. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v.48, n. 2, p.155-162, 2008.

INSTITUTE OF MEDICINE, FOOD AND NUTRITION BOARD. **Dietary reference intakes for vitamin C, vitamin E, selenium, and carotenoids**. Washington: National Academy, 2000. 529 p.

JOMORI, M.L.L. **Resistência da lima ácida “Tahiti” à baixa temperatura, tratamentos térmicos e envolvimento do etileno**. 2005. 116 p. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 2005.

KAYS, S. J. **Postharvest physiology of perishable plant products**. Athens: Exon, 1997. 532 p.

KLUGE, R.A. et al. Danos de frio e qualidade de frutas cítricas tratadas termicamente e armazenadas sob refrigeração. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 29, n. 2, p. 233-238, 2007.

LEBOEUF, M. et al. The phytochemistry of the Annonaceae. **Phytochemistry**, Oxford, v. 21, n. 12, p. 2783-2813, Dec. 1982.

MELLO, J.C. et al. Efeito do cultivo orgânico e convencional sobre a vida-de-prateleira de alface americana (*Lactuca sativa* L.) minimamente processada. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.23, n.3, p. 418-426, set./dez.2003.

MESQUITA, M.A.M. et al. Caracterização de ambientes com alta ocorrência natural de araticum (*Annona crassiflora* Mart.) no Estado de Goiás. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.29, n.1, p. 15-19, abr. 2007.

MORZELLE, M.C. et al. Caracterização físico-química e sensorial de sorvetes à base de frutos do cerrado. **Revista do Instituto Laticínios “Cândido Tostes”**, Juiz de Fora, v. 387, n. 67, p. 70-78, jul./ago. 2012.

MOSCA, J. L.; CAVALCANTE, C.E.B.; DANTAS, T. M. **Características botânicas das principais anonáceas e aspectos fisiológicos de maturação**. Fortaleza: EMBRAPA Agroindústria Tropical, 2006. 28 p. (Documentos, 106).

NAVES, R. V. et al. Determinação de características físicas em frutos e teor de nutrientes, em folhas e no solo, de três espécies frutíferas de ocorrência natural nos cerrados de Goiás. **Anais da Escola de Agronomia e Veterinária**, Goiânia, v. 25, n. 2, p. 107-114, 1995.

NERES, C.R.L. et al. Conservação do jiló em função da temperatura de armazenamento e do filme de polietileno de baixa densidade. **Bragantia**, Campinas, v.63, n.3, p.431-438, 2004.

NEVES, L.C. et al. Dano de frio em limas-ácidas Tahiti, colhidas em diferentes épocas e submetidas a tratamentos térmicos e bioquímicos. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 30, n. 2, p. 377-384, jun.2008.

NOGUEIRA, E. et al. Produção e comercialização de anonáceas em São Paulo e Brasil. **Informações Econômicas**, São Paulo, v. 35, n.2, p. 51-54, 2005.

OLIVEIRA, K. A. M. et al. Desenvolvimento de formulação de iogurte da araticum e estudo da aceitação sensorial. **Revista Alimentos e Nutrição**, Araraquara, v.19, n.3, p. 277-281, jul./set. 2008.

ORDÓÑEZ, J.A. **Tecnologia de alimentos**: componentes dos alimentos e processos. Porto Alegre: Artmed, 2005. 294 p.

PAREEK, S. et al. Postharvest physiology and technology of *Annona* fruits. **Food Research International**, Barking, v.44, n. 7, p. 1741-1751, 2011.

PAULA, N. R. F. de et al. Caracterização física e química da polpa do marolo amarelo (*Annona coriaceae*) da região Sul de Minas Gerais. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 18.,2004, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: Sociedade Brasileira de Fruticultura, 2004.1 CD-ROM.

POLO, M.et al. Biometria do fruto e formas de produção e comercialização do marolo (*Annona crassiflora* Mart.) na microregião de Alfenas, MG. In: CONGRESSO NACIONAL DE BOTÂNICA, 59., 2008, Natal.**Anais...**Natal: UFRN, 2008.1 CD-ROM.

PUSCHMANN, R. A tecnologia em prol do processamento mínimo.In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE PROCESSAMENTO MÍNIMO DE FRUTAS E HORTALIÇAS, 6., 2010, Nova Friburgo.**Anais...** Nova Friburgo: EMBRAPA Agroindústria de Alimentos, 2010. p.56.

RAGAERT, P. et al. Consumer perception and choice of minimally processed vegetables and packaged fruits. **Food Quality and Preference**, Barking, v. 15, n. 3, p. 259-270, Apr. 2004.

RIBEIRO, J. F.et al. **Araticum**.Jaboticabal: FUNEP, 2000.52 p.(Série Frutas Nativas,12).

RIBEIRO, M. N. O.; PASCAL, M. **Tecnologia na produção do marolo**. Lavras: UFLA, 2005. 129 p.

RICO, D.et al. Extending and measuring the quality of fresh-cut fruit and vegetables: a review. **Trends in Food Science & Technology**, Cambridge, v. 18, n. 7, p. 373-386, July 2007.

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

_____. Evaluation of the antioxidant properties of the brazilian cerrado fruit *Annona Crassiflora* (Araticum). **Journal of Food Science**, Chicago, v.71, n.2, p. 107-107, 2006.

ROSA, J. G. **Grande sertão**: veredas. 19. ed.São Paulo: Nova Fronteira, 2001. 624 p.

SARANTÓPOULOS, C. I. G. L. Embalagens para vegetais minimamente processados:*fresh-cut*. In: SEMINÁRIO SOBRE HORTALIÇAS MINIMAMENTE PROCESSADAS,1., 1999, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: ESALQ-USP, 1999. p. 1-6.

SILVA, A. P. P.; MELO, B.; FERNANDES, N. **Fruteiras do Cerrado**. Disponível em: <<http://www.fruticultura.iciag.ufu.br/fruteiras%20do%20cerrado.html>>. Acesso em:2 fev. 2010.

SILVA, E.P. **Caracterização do desenvolvimento de frutos do cerrado**: marolo (*Annona crassiflora* mart.) e gabirola (*Campomanesia pubescens*). 2009. 115p. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2009.

SILVA, J. A.et al. **Frutas nativas dos cerrados**.Brasília: EMBRAPA-CPAC, 1994. 166p.

SOARES, F. P. et al. **Marolo**: uma frutífera nativa do cerrado. Lavras: UFLA, 2009.17 p. (Boletim Técnico, 82).

TOIVONEN, P.M.A.; BRUMMELL, D.A. Biochemical bases of appearance and texture changes in fresh-cut fruit and vegetables.**Postharvest Biology and Technology**,Amsterdam, v.48, n. 1, p.1-14, Apr. 2008.

VILAR, J. B. et al. Assessment of the mutagenic, antimutagenic and cytotoxic activities of ethanolic extract of araticum (*Annona crassiflora* Mart. 1841) by micronucleus test in mice. **Brazilian Journal of Biology**, São Carlos, v. 68, n. 1, p. 141-147, 2008.

VILAS-BOAS, E. V. B. **Importância da matéria prima e da cadeia de frio para o sucesso do setor de vegetais minimamente processados**. Alfenas: UNIFAL, 2012. 45 p. Apostila.

VILAS-BOAS, E. V. B.; CHITARRA, A. B.; CHITARRA, M. I. F. Modificações pós-colheita de banana Prata gama irradiada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 31, n. 9, p. 559-697, set. 1996.

VILAS-BOAS, E.V.B.; SILVA, E.P. Maturação controlada de marolo: um caso a ser estudado. In: SIMPÓSIO SULMINEIRO DO MAROLO E FRUTAS DO CERRADO, 1., 2009, Alfenas. **Anais...** Alfenas: UNIFAL, 2009. 1 CD-ROM.

WILEY, R.C. **Frutas y hortalizas minimamente processadas y refrigeradas**. Zaragoza: Acribia, 1997. 362 p.

SEGUNDA PARTE - ARTIGOS**ARTIGO 1****INFLUÊNCIA DA TEMPERATURA DE ARMAZENAMENTO NA
QUALIDADE DO MAROLO (*Annona crassiflora* Mart.)**

Flavia Della Lucia^{1*}, Heloísa Helena de Siqueira Elias²; Edson Pablo da Silva³;
Eric Batista Ferreira⁴; Eduardo Valério de Barros Vilas Boas⁵

Artigo submetido ao periódico Revista Brasileira de Fruticultura, sendo
apresentado segundo suas normas de publicação.

^{1*} Doutoranda em Ciência de Alimentos. DCA/UFLA. Professora assistente. FANUT/UNIFAL-MG. Universidade Federal de Alfenas. Rua Gabriel Monteiro da Silva, 700, Alfenas – MG, 37130-000. flavia@unifal-mg.edu.br (autora para correspondência)

². Doutora em Ciência dos Alimentos. DCA/UFLA. ³Doutorando em Ciência dos Alimentos. DCA/ UFLA. ⁴. Professor adjunto, ICEX/UNIFAL-MG. ⁵ Professor Associado IV, DCA/UFLA.

RESUMO

O marolo é um fruto nativo de destaque no cerrado brasileiro, mas pouco explorado comercialmente, apesar do consumo crescente. Avaliou-se a influência de diferentes temperaturas sobre a qualidade do marolo, ao longo do armazenamento. Frutos maduros provenientes de Goiânia, GO, foram transportados, selecionados e armazenados a 0, 6, 12 e 20±1 °C (UR= 90±5 %). As análises realizadas (0, 7, 14, 21 e 28 dias) foram: perda de massa, taxa respiratória, etileno, coloração, sólidos solúveis (SS), acidez titulável (AT) e pH. Observou-se que a perda de massa do fruto é diretamente proporcional ao tempo de armazenamento. A atividade respiratória de marolo é tanto maior quanto maior a temperatura de armazenamento e tanto menor quanto maior o tempo de armazenamento. O marolo pode ser enquadrado como um fruto com alta produção de etileno. Observou-se escurecimento que não promoveu uma alteração que descaracterizasse a coloração naturalmente desenvolvida na polpa e na casca. Verificou-se um aumento significativo no teor de SS, seguido de queda brusca a partir do 7º dia, mostrando-se maior nas temperaturas mais altas e nos frutos amadurecidos, quando comparados aos analisados logo após a retirada do armazenamento frio. Os frutos submetidos a 6 °C e a 12 °C, ao final do armazenamento e os frutos amadurecidos apresentaram-se mais ácidos, com valores ligeiramente superiores ao do tempo inicial. Somente aos 21 dias, houve diferença significativa no pH nas diferentes temperaturas, sendo a maior média apresentada a 0 °C. Recomendam-se, para o armazenamento, 12 °C/21 dias. Os resultados sugerem que não há um indicativo explícito de *chilling* nos frutos armazenados sob as condições estudadas, visto que as alterações culminam no amadurecimento normalmente observado para estes frutos.

Termos para indexação: *chilling*; refrigeração; frutos do cerrado; anonáceas

ABSTRACT

Marolo is a native fruit from the Brazilian savannah, which is in evidence but little exploited commercially, despite growing consumption. We evaluated the influence of different storage temperatures on the quality of Marolo. Mature fruits from Goiânia-GO were transported, selected and stored at 0, 6, 12 and 20 \pm 1°C (RH = 90 \pm 5 %). The analyses performed at 0, 7, 14, 21, 28 days of storage were: loss weight, respiration rate, ethylene, color, soluble solids (SS), titratable acidity (TA) and pH. The loss of fruit mass is directly proportional to its storage time. The respiratory activity increases at higher temperatures, and decreases along the storage time. Marolo can be classified as a fruit with high ethylene production. It is observed that browning does not promote a change that mischaracterizes the color of pulp and peel. There was a significant increase in SS, followed by a sharp decline from the 7th day on. SS increased at higher at temperatures as well as in ripened fruit when compared to those analyzed immediately after removal from cold storage. The fruits submitted to 6 and 12°C at the end of the storage period and the ripened ones showed more acidity, with slightly higher values than at the initial time. Just after the 21st day, there was a significant difference in the pH at different temperatures, with the highest average presented at 0°C. Recommended binomial time-temperature storage was 12°C for 21 days. There is no explicit indication of chilling in fruits stored under the conditions studied, since that changes culminate in maturing normally observed for these fruits.

Index terms: *chilling*; cold storage; savannah fruits; annonacea

INTRODUÇÃO

O marolo (*Annona crassiflora* Mart., Família *Annonaceae*) é um importante fruto do cerrado brasileiro, merecendo destaque por ser uma espécie de interesse econômico, devido ao seu amplo aproveitamento culinário e consumo ao natural. Em sua composição química, além de níveis significativos de lipídios, calorias e fibras (DAMIANI et al., 2011), observa-se a presença de carotenoides (DRAGANO et al. 2010), compostos fenólicos e elevados teores de ácido linolênico (LOPES et al., 2012), contribuindo para seu valor nutritivo e funcional.

Alterações relativas ao processamento e à estocagem deste fruto podem afetá-lo, comprometendo as suas características sensoriais e o valor funcional do alimento. O armazenamento à baixa temperatura é uma das técnicas mais eficientes para aumentar a durabilidade de frutos e minimizar as perdas pós-colheita, trazendo os benefícios da redução da taxa respiratória, o retardo da maturação e a diminuição da taxa de incidência de doenças pós-colheita (CORTEZ et al., 2002). Apesar disso, distúrbios fisiológicos devido ao frio podem afetar os frutos, durante o período de estocagem, ou, mesmo, após sua exposição à temperatura ambiente, no momento da comercialização. Os frutos de origem tropical e subtropical são, em sua maioria, considerados produtos sensíveis ao frio. A vida de armazenamento aumenta com o decréscimo da temperatura, porém, até um determinado limite (temperatura crítica de *chilling*) que, geralmente, ocorre entre 10 °C e 13 °C (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

Para anonáceas, a temperatura mínima de armazenamento frio varia de 8 °C a 12 °C, dependendo da cultivar e do estágio de amadurecimento (PAREEK et al., 2011). Ainda não há estudos que definam a temperatura mínima de segurança para o armazenamento refrigerado de marolos, o que seria fundamental para a comercialização em centrais de abastecimento. De acordo

com essas considerações, o trabalho foi realizado com o objetivo de avaliar a influência de diferentes temperaturas de armazenamento na qualidade pós-colheita de marolos.

MATERIAL E MÉTODOS

Frutos maduros foram adquiridos na Central de Abastecimento de Uberlândia, MG, provenientes da região de Goiânia, GO. Foram transportados para o Laboratório de Pós-Colheita de Frutas e Hortaliças na Universidade Federal de Lavras (UFLA) em Lavras, MG, e selecionados com base nos parâmetros de uniformidade de tamanho (em média, 1,50 kg), coloração da casca (verde-amarelada e valores de L^* 43,5, a^* 4,6 e b^* 12,21), abertura da malha (distância entre os carpelos em torno de 2 mm) e firmeza (em torno de 15 N).

Os frutos foram lavados, sanitizados (hipoclorito de sódio/200 mg.L⁻¹/pH 7,0/15 minutos), acondicionados em bandejas de polietileno sem tampa (14 cm de diâmetro) e armazenados em câmaras frias, nas temperaturas de 0 ± 1 °C, 6 ± 1 °C, 12 ± 1 °C e 20 ± 1 °C e umidade relativa de 90 ± 5 %.

Dois experimentos foram executados. O primeiro foi conduzido em um delineamento inteiramente casualizado (DIC) e parcela subdividida no tempo (4x5), sendo 4 temperaturas (0 ± 1 °C, 6 ± 1 °C, 12 ± 1 °C e 20 ± 1 °C) e 5 tempos de armazenamento (0, 7, 14, 21 e 28 dias).

Os frutos do primeiro experimento foram submetidos a análises de perda de massa, taxa respiratória e produção de etileno. Os frutos foram pesados, acondicionados em dessecadores de vidro vedados e com septo para coleta de gás, e transportados para as câmaras de armazenamento. A massa foi obtida pela pesagem dos frutos ao longo do tempo de armazenamento (kg). Os frutos foram mantidos, por cerca de 1 hora, dentro de suas respectivas câmaras, sendo, em seguida, determinadas a taxa respiratória e a produção de etileno. A taxa respiratória foi quantificada com o auxílio do analisador de gases O₂/CO₂ PBI Dansensor® (mL CO₂.kg⁻¹.h⁻¹).

Para a determinação de etileno, alíquotas do gás foram, inicialmente, retiradas dos recipientes de vidro onde estavam os frutos em tubos a vácuo de 10

mL. Por meio de uma seringa, retirou-se 1 mL de amostra dos tubos para injeção em cromatógrafo gasoso Modelo Varian Chrompack CP-3800, equipado com detector de ionização de chamas, sendo as seguintes condições: coluna empacotada Porapak Q; temperatura do injetor de 250 °C; temperatura do detector de 280 °C; programação da coluna com temperatura inicial de 90 °C, sendo a temperatura da coluna acrescida após 4 minutos e 30 segundos, à taxa de 100 °C, a cada minuto, até atingir 220 °C; para limpeza da coluna e gás de arraste, nitrogênio, com fluxo e pressão da coluna de 20 mL min⁻¹ e 0,1 psi, respectivamente. Os resultados foram expressos em µL de etileno g⁻¹. h⁻¹.

O segundo experimento foi conduzido em DIC e fatorial triplo, com um tratamento adicional (4x4x2+1), com três repetições, sendo um fruto por repetição, sendo as mesmas temperaturas e tempos de armazenamento e dois fatores de exposição (imediatamente depois de retirada da refrigeração e amadurecido à temperatura ambiente, 20±1 °C, após armazenamento refrigerado), para a observação de possível ocorrência de desordens fisiológicas por frio (*chilling*). Neste experimento, o tempo 0 (zero) configura um tratamento adicional (análises no momento inicial, sem que os frutos tenham sido submetidos às suas respectivas temperaturas).

Os frutos do segundo experimento foram submetidos a análises de coloração, sólidos solúveis (SS), acidez titulável (AT) e pH. A avaliação da coloração foi realizada em colorímetro Minolta® CR 400 no modo CIE L*, a* e b*, sendo realizadas nove leituras, em pontos distintos da casca e da polpa, em três repetições (1 fruto/repetição). Calcularam-se o ângulo Hue e a cromaticidade da casca e da polpa dos frutos conforme McGuire (1992).

O teor de SS foi determinado por refratometria (°Brix), pH por potenciometria (AOAC,2005) e AT por titulação, utilizando-se solução de NaOH 0,01N até viragem de cor (% ácido málico) (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 2008).

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância, seguida de ajuste de modelos de regressão ou teste de Tukey, a 5% de significância. As análises estatísticas foram realizadas nos softwares Sisvar (FERREIRA, 2011) e R (R CORE TEAM, 2012) – pacote *ExpDes* (FERREIRA et al., 2011).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Marolos armazenados a 20 °C e a 12 °C foram analisados somente até o 7^o e o 21^o dias de armazenamento, respectivamente, mais o período necessário para o amadurecimento à temperatura ambiente.

Os frutos mantidos à temperatura de 20 °C mostraram-se, na sua maioria, maduros em até 9 dias (2 de 3 frutos), tendo somente um fruto amadurecido aos 14 dias. A partir daí, os frutos tornaram-se impróprios para o consumo.

Os frutos mantidos a 12 °C, até o 14^o e o 21^o dias de armazenamento refrigerado amadureceram em até 7 dias, à temperatura ambiente.

Os frutos mantidos a 6 °C suportaram 28 dias de armazenamento refrigerado e, após 14 dias de refrigeração e expostos à temperatura ambiente, amadureceram em 3 dias (17 dias, no total). Aos 21 dias de armazenamento, quando submetidos à temperatura ambiente, amadureceram em até 4 dias (25 dias). Os frutos armazenados em até 28 dias amadureceram em até 5 dias, em média (33 dias).

Já os frutos armazenados a 0 °C também suportaram até 28 dias. Porém, ao serem expostos à temperatura ambiente, após 7 e 14 dias de refrigeração, amadureceram em até 4 dias e, após 21 e 28 dias de armazenamento, amadureceram em 7 dias.

Na maioria dos frutos, em todas as temperaturas, observaram-se rachaduras na casca a partir do pedúnculo, característica essa que é comum no processo natural de amadurecimento do fruto à temperatura ambiente.

Em relação às variáveis estudadas, a perda de massa variou ($p < 0,05$) somente em função do tempo de armazenamento. Observou-se perda de 300 g, em média, após 28 dias, correspondente a 23% (Figura 1A). Perdas de, aproximadamente, 3% a 6% são suficientes para causar um marcante declínio na

qualidade, mas alguns frutos conseguem ser comercializáveis com 10% de perda de umidade (MOSCA et al., 2006). Entretanto, o marolo, como fruto rústico que é, a despeito da perda de massa de 23%, manteve-se aceitável visualmente, embora não tenha se realizado um teste sensorial para comprovar tal afirmativa.

A atividade respiratória variou significativamente em função da temperatura e do tempo de armazenamento, isoladamente ($p < 0,05$). Houve um aumento linear na taxa respiratória, em função do aumento da temperatura, ou seja, em temperaturas maiores, a produção de CO_2 foi mais alta (12 °C e 20 °C) e, a temperaturas mais baixas, mostrou taxas inferiores (0 °C e 6 °C) (Figura 1B). Produtos armazenados sob temperaturas elevadas, de maneira geral, têm seu metabolismo ativado, com elevada taxa de respiração, sendo observado, no marolo, aumento em cerca de 4,8 vezes, comparado aos frutos armazenados a 0 °C e a 12 °C (12,23 e 58,88 $\text{mL CO}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$, respectivamente).

Na Figura 1C, nota-se a diminuição da respiração do fruto ao longo do tempo, havendo um declínio mais intenso a partir do 21^o dia de armazenamento. A atividade respiratória dos frutos próxima a 0 $\text{mL CO}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$, no 28^o dia, sugere a morte celular e o final da senescência dos mesmos. Podem ter havido picos respiratórios nos intervalos dos dias, visto que houve aumento da respiração em temperaturas mais altas, porém, não foram detectados.

Não houve diferença significativa entre os tempos e as temperaturas na determinação de etileno ($p = 0,991$ e $p = 0,7040$) tendo a média geral sido de 31,45 $\mu\text{l etileno} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$. De acordo com Kader (2002), o marolo pode ser enquadrado como um fruto com alta produção de etileno (taxas variam de 10 a 100 $\mu\text{l etileno kg}^{-1} \cdot \text{h}$, a 20 °C), como maçã, damasco, mamão e kiwi.

Analisando-se os dados relativos à coloração da casca, verificou-se diferença significativa ($p=0,016$) somente ao longo do tempo para os valores de claridade (L^*), sendo, no tempo inicial, 5,87 unidades mais alto que a média do fatorial ($p=0,001$). O valor L^* apresentou uma tendência ao declínio, ao longo

do tempo de armazenamento (Figura 2 A), demonstrando o escurecimento da casca do fruto, normal durante o seu armazenamento. De acordo com Pareek et al. (2011), as anonáceas são sensíveis ao *chilling*, quando submetidas a temperaturas abaixo da faixa de 8 °C a 12 °C, dependendo da cultivar e do estágio de maturação, cujos sintomas são endurecimento e escurecimento da casca. Entretanto, visto que o escurecimento ocorre naturalmente na casca de marolo durante seu amadurecimento, esta alteração não pode ser levada em consideração como uma possível manifestação de *chilling* neste fruto. Os consumidores de marolo, normalmente, o adquirem com a casca escurecida, característica esta que denota que está apto para o consumo, desde que a polpa esteja com características sensoriais desejáveis, tais como coloração amarelada e sabor doce.

Em relação à coloração da polpa, a média do valor L* no tempo 0 (79,68) foi 5,69 unidades maior que a média do fatorial (Figura 2B) (p=0,046). O valor L* da polpa variou, significativamente, em função do fator temperatura de armazenamento (p=0,009) e fator de exposição (p=10⁻⁴), isoladamente, não tendo sido influenciado pelo tempo de armazenamento, nem por nenhuma interação entre os fatores testados. Verificaram-se valores mais altos de L* nos frutos armazenados a 0 °C (76,69), seguidos daqueles a 20 °C (74,66). As polpas, quando analisadas em seguida à retirada do frio, mostraram-se mais claras (maior valor de L*) do que depois de aguardado o amadurecimento (77,87 e 70,13, respectivamente), porém, não tão claras como as polpas no momento inicial do experimento. Os valores L* encontrados concordam com os obtidos por Corrêa et al. (2011) em polpa de marolo (78,63±0,23). O escurecimento interno é considerado um sintoma de *chilling* em muitos frutos. Os dados de L* observados não sugerem o *chilling*, mesmo às mais baixas temperaturas.

O ângulo hue (h°) médio dos frutos do tempo 0 (69,40) foi 24,21 unidades superior ao do fatorial (45,19), o que sugere a mudança da coloração

da casca dos frutos, com o armazenamento, de amarelo-esverdeado para amarelo-alaranjado ($p=10^{-3}$). Ressalta-se que o incremento na coloração amarela da casca do marolo vem acompanhado pelo escurecimento, como verificado pelas mudanças no valor L^* . Mudanças no h° da casca foram observadas também em função das interações entre fator de exposição à temperatura ambiente após refrigeração e tempo ($p=10^{-4}$), bem como fator de exposição à temperatura ambiente após refrigeração e temperatura ($p=0,038$). Verifica-se que, com exceção do 7º dia, os valores foram menores para os frutos analisados imediatamente após frio do que aqueles amadurecidos após exposição à temperatura ambiente (Figura 2 C e D). Com relação à interação entre fator de exposição e temperatura, somente os frutos armazenados a 20 °C mostraram diferença significativa no ângulo h° da casca. Frutos armazenados a 20 °C, por 7 dias, apresentaram coloração marrom-amarelada (50,08), em comparação àqueles analisados, à mesma temperatura, após amadurecimento, que apresentaram coloração marrom-alaranjada (30,54).

Mudanças no h° da polpa foram observadas também em função das interações entre fator de exposição à temperatura ambiente após refrigeração e tempo ($p=0,029$), bem como fator de exposição à temperatura ambiente após refrigeração e temperatura ($p=0,03$). A média do tempo 0 foi 87,89 e a média do fatorial, 85,64, indicando coloração amarelada. Somente aos 28 dias de armazenamento houve diferença entre as análises logo após a retirada do armazenamento frio (93,98) e após amadurecimento (85,25) ($p=0,015$). Logo, a polpa dos frutos amadurecidos tendeu ao amarelo levemente alaranjado.

Com relação à interação entre fator de exposição à temperatura ambiente após refrigeração e temperatura, somente os frutos analisados logo após a retirada do armazenamento frio exibiram diferença no h° da polpa ($p=0,002$). Frutos a 0 °C e a 20 °C (90,2 e 89,55, respectivamente) foram significativamente diferentes daqueles a 12 °C (79,81), ou seja, foram mais amarelo-alaranjados que

os anteriores. Os frutos armazenados a 6 °C não diferiram dos demais, apresentando média igual a 87,3. Os dados sugerem que o armazenamento refrigerado não impediu o desenvolvimento da coloração normal dos frutos.

A cromaticidade (C^*) da casca não variou significativamente ($9,07 \pm 5,60$), independente dos fatores de variação analisados. Já o C^* da polpa variou em função da interação entre tempo e temperatura ($p=0,01$) e do fator de exposição à temperatura ambiente após refrigeração ($p=10^{-4}$). A média do tempo 0 foi $25,6 \pm 6,40$. Somente nos frutos mantidos a 0 °C houve diferença ($p=0,03$) entre 21 e 28 dias (24,78 e 32,92, respectivamente) e, aos 7 e aos 14 dias, não houve diferença em relação aos demais (31,62 e 29,34, respectivamente). Os frutos amadurecidos apresentaram coloração da polpa (30,49) mais intensa do que aqueles que foram analisados logo após armazenamento frio (25,46). A intensidade da coloração da polpa foi maior no 28º dia e nos amadurecidos, sugerindo degradação de clorofila e uma possível síntese de pigmentos ou compostos fenólicos no amadurecimento do fruto, mesmo a baixas temperaturas.

Isto parece sugerir que o armazenamento a baixas temperaturas não prejudica o desenvolvimento da coloração, pois, ao se analisar o h° e C^* , observa-se que não houve uma alteração na coloração que descaracterizasse a coloração característica do processo natural de amadurecimento do fruto, à temperatura ambiente.

Para anonáceas de modo geral, o aumento no teor de sólidos solúveis (SS) ocorre com o aumento no período de armazenamento e a taxa deste aumento é maior em temperaturas mais altas (PAREEK et al., 2011). Isto pode ser observado nos marolos que mostraram diferença significativa em relação ao tempo, à temperatura e ao fator de exposição à temperatura ambiente após refrigeração, isoladamente para SS. Em relação ao tempo, verificou-se um aumento significativo de SS até o 7º dia, seguido de queda brusca a partir daí, até o 21º dia, mantendo-se baixo até o 28º dia (Figura 3A). Estudos mostram

que, nas anonáceas, em geral, são verificados grandes incrementos no teor de SS durante o amadurecimento, representados, principalmente, por açúcares solúveis (LIMA et al., 2010). Contudo, sob condições de armazenamento prolongado, esses teores podem ser reduzidos a valores inferiores aos observados no momento da colheita (YAMASHITA et al., 2002). Observa-se que, nas temperaturas mais elevadas, os valores de SS apresentaram-se mais altos, sugerindo o efeito da refrigeração na contenção do metabolismo de açúcares (Figura 3B).

Em relação ao fator de exposição após armazenamento frio, a média das amostras depois de amadurecidas (14,66 °Brix) foi maior que a registrada logo após o armazenamento refrigerado (12,66 °Brix), mostrando o incremento no teor de SS com o amadurecimento. Os valores observados estão abaixo da faixa de 17,6 a 24,3 °Brix, encontrada por Soares Júnior et al. (2007), em marolos minimamente processados colhidos no estado do Tocantins e $20,26 \pm 1,99$ °Brix nos frutos colhidos em Minas Gerais (DAMIANI et al., 2011). O aumento seguido de queda, observado durante armazenamento do marolo, sugere um balanço positivo, seguido de negativo, respectivamente, no metabolismo de açúcares do fruto.

A acidez titulável (AT) exibiu interação significativa entre tempo e temperatura ($p=0,009$) e entre tempo e fator de exposição, após a retirada do armazenamento frio ($p=0,039$). A AT no tempo 0 foi $0,62 \pm 0,03\%$. Houve diferença entre as temperaturas somente aos 21 dias de armazenamento ($p=0,011$), quando a média de AT a 0 °C foi menor do que a 6 °C, sendo a de 12 °C igual às demais (0,39%, 0,69% e 0,60%, respectivamente). Em relação ao fator de exposição à temperatura ambiente após refrigeração, aos 21 e aos 28 dias houve diferença significativa entre os frutos ($p=0,003$ e $p=0,027$, respectivamente), que se mostraram mais ácidos quando amadurecidos (0,68% e 0,71% de ácido málico, respectivamente) do que quando avaliados logo depois

da retirada da câmara fria (0,44% e 0,49% de ácido málico, respectivamente). A média dos frutos, a 20 °C, foi de 0,47% e 0,51%, aos 7 dias e ao final do amadurecimento (9 dias), respectivamente. Estes valores concordam com os encontrados por Damiani et al. (2011) (0,5±0,1%).

Os dados sugerem que os frutos submetidos a 6 °C e a 12 °C, aqueles amadurecidos após exposição à temperatura ambiente, bem como aqueles ao final do tempo de armazenamento, apresentam-se mais ácidos, com valores ligeiramente superiores ao do tempo inicial, provavelmente devido à síntese de ácidos orgânicos, em função do amadurecimento, e à maior perda de água já ao final do período de armazenamento. Os frutos a 0 °C e aqueles armazenados até 21 e 28 dias, analisados logo após terem sido retirados da câmara fria, apresentaram menor acidez, provavelmente devido ao efeito do frio, que diminui o metabolismo e a conversão dos ácidos orgânicos, mantendo a acidez do fruto. Mosca et al. (2006) relatam que, em anonáceas, parece haver uma tendência clara com respeito ao aumento da AT em relação à maturação.

Analisando-se a variável pH, observou-se que a interação entre tempo e temperatura e entre tempo e fator de exposição à temperatura ambiente após refrigeração foi significativa ($p=0,001$ e $p=10^{-4}$, respectivamente). A média no tempo 0 foi de $4,46\pm 0,02$.

Somente aos 21 dias de armazenamento houve diferença no pH entre as temperaturas ($p=0,0006$), tendo a maior média sido apresentada na temperatura 0 °C (5,00) e esta diferiu de 6 °C (4,39). A média do pH dos frutos armazenados a 12 °C (4,73) não diferiu das demais, mostrando-se intermediária. Estes resultados são coerentes com os observados para AT. Verificando-se a variável tempo dentro de cada nível de fator de exposição à temperatura ambiente após refrigeração, observou-se, ao longo do armazenamento, aumento no pH nos frutos, logo após serem retirados da refrigeração ($p=0,002$), o inverso ocorrendo nos frutos amadurecidos após exposição à temperatura ambiente ($p=0,01$)

(Figura 4). Nos frutos analisados logo após o frio, o pH mostra-se em elevação ao longo do tempo, provavelmente pela intensificação da mobilização de ácidos orgânicos, o que coincide com a menor acidez nestes mesmos frutos.

CONCLUSÃO

A perda de massa do fruto é diretamente proporcional ao seu tempo de armazenamento. A atividade respiratória de marolo é tanto maior quanto maior a temperatura de armazenamento e tanto menor quanto maior o tempo de armazenamento. O armazenamento dos frutos por 28 dias não é recomendado, considerando-se a atividade respiratória próxima a zero, indicativa de morte celular.

O marolo pode ser enquadrado como um fruto com alta produção de etileno.

O binômio tempo/temperatura recomendado para o armazenamento foi de 12 °C/21 dias, com pouca variação em relação a 6 °C e a 0 °C. Os resultados sugerem que não há um indicativo explícito de *chilling* nos frutos armazenados sob as condições estudadas, visto que as alterações culminam no amadurecimento normalmente observado para estes frutos.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Capes, ao CNPq e à FAPEMIG, pelo apoio financeiro. À UNIFAL-MG (FANUT\LANTIN) e à UFLA (Laboratório de Pós-Colheita de Frutas e Hortaliças - DCA/UFLA), pelo apoio constante.

REFERÊNCIAS

AOAC - ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official Method of Analysis**. 18 ed. Washington, DC, USA, 2005.

CHITARRA, M.I.F.; CHITARRA, A.B. **Pós colheita de frutas e hortaliças: fisiologia e manuseio**. 2ed. Lavras: UFLA, 2005, 785p.

LOPES, R. M., SILVA, J. P., VIEIRA, R.F., SILVA, D.B., GOMES, I.S., AGOSTINI-COSTA, T.S. Composição de ácidos graxos em polpa de frutas nativas do cerrado. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal - SP, v. 34, n. 2, p. 635-640, Junho 2012.

CORTEZ, L. A. B. et al. **Resfriamento de frutos e hortaliças**. Brasília: EMBRAPA Hortaliças, 2002. 428 p.

CORRÊA, S.C.; CLERICI, M.T.P.S.; GARCIA, J.S. ; FERREIRA, E.B.; EBERLIN, M.N.; L. AZEVEDO. **Evaluation of dehydrated marolo (*Annona crassiflora*) flour and carpels by freeze-drying and convective hot-air drying**. Food Research International, v. 44, n. 7, 2385-2390 , 2011.

DAMIANI, C.; VILAS BOAS, E. V. B.; ASQUIERI, E.R.; LAGE, M.E.; OLIVEIRA, R. A.; SILVA, F. A.; PINTO, D. M.; RODRIGUES, L.J. ; Silva, E.P.; PAULA, N.R. Characterization of fruits from the savanna: Araça and Marolo . **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, 31(3): 723-729, jul.-set. 2011.

DRAGANO, N. R. V.; VENANCIO , V. P.; PAULA., F. B. A.; DELLA LUCIA, F.; DRAGANO, N. R. V. et al. Influence of Marolo (*Annona crassiflora* Mart.) Pulp Intake on the Modulation of Mutagenic/Antimutagenic Processes and Its Action on Oxidative Stress In Vivo. **Plant Foods for Human Nutrition**, n.65, v. 4, 319-325, 2010.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**(UFLA), v. 35, n.6, p. 1039-1042, 2011.

FERREIRA, E. B.; CAVALCANTI, P. P.; NOGUEIRA, D. A. Experimental Designs: um pacote R para análise de experimentos. **Revista da Estatística UFOP**, v.1, n.1, 1-9. 2011.

MOSCA, J. L., CAVALCANTE, C.E.B.; DANTAS, T. M. **Características botânicas das principais anonáceas e aspectos fisiológicos de maturação.** Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical (Documentos n. 106). 2006. 28 p.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos.**São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2008. 1020 p.

PAREEK, S., YAHIA, E. M,PAREEK, O.P. ,KAUSHIK, R. A.Postharvest physiology and technology of *Annona* fruits. **Food Research International** v.44,n. 7, 2011, 1741–1751.

R CORE TEAM **.R: A language and environment for statistical computing.** R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. 2012.

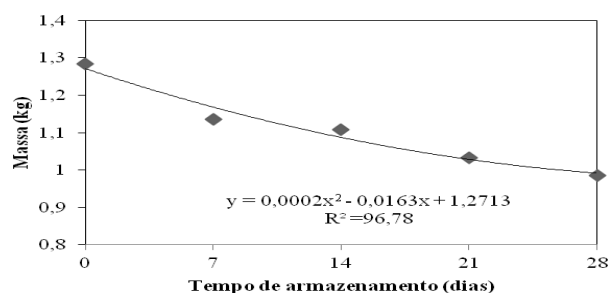
SOARES JÚNIOR, M.S.; CALIARI, M.; VERA, R.; MELO, C.S. Filmes plásticos e ácido ascórbico na qualidade de araticum minimamente processado. **Ciência Rural**, v.37, n.6, p.1779-1785, nov-dez, 2007.

YAMASHITA, F.; MIGLIORANZA, L.H.S.; MIRANDA, L.A.; SOUZA, C.M.A. Effects of packaging and temperature on postharvest of atemoya. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, 24 (3)658-660, dez., 2002.

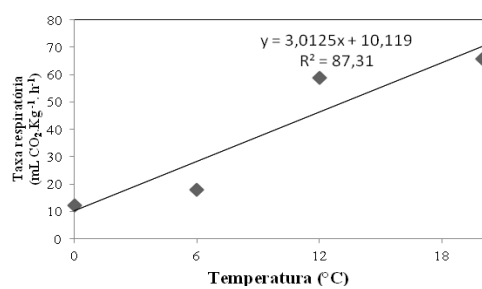
LIMA, M.A.C., MOSCA, J.L.; TRINDADE, D.C.G. Atraso no amadurecimento de atemóia cv. African Pride após tratamento pós-colheita com 1-metilciclopropeno. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, 30:599-604,2010.

McGUIRE, R. G. Reporting of objective colour measurements **HortScience**, Alexandria, v.27, n.12, p. 1254-1255, 1992.

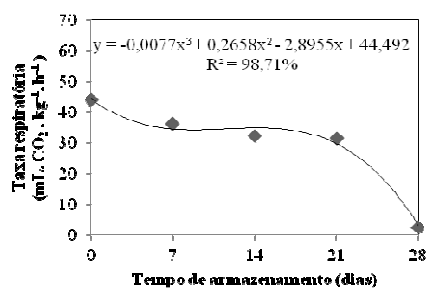
KADER, A.A. (editor). **Postharvest technology of horticultural crops.** Third edition. University of California, Agriculture and Natural Resources, Publication 3311, 535p., 2002.



A

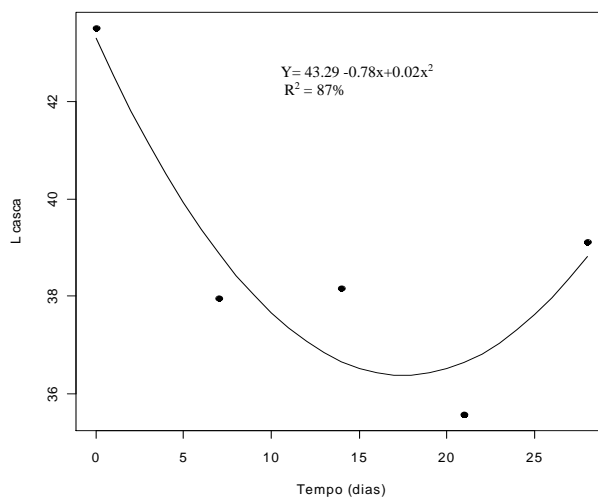


B

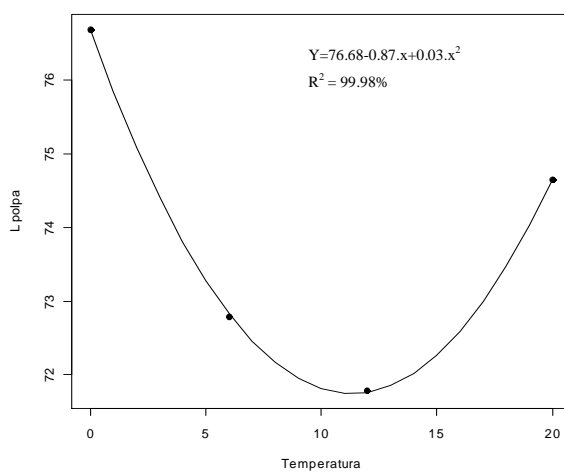


C

Figura 1 Médias observadas, modelo de regressão ajustado e coeficiente de determinação para massa (kg), ao longo do armazenamento (A) e taxa respiratória de marolos armazenados: (B) diferentes temperaturas (0 °C, 6 °C, 12 °C e 20 °C) e (C) ao longo do tempo

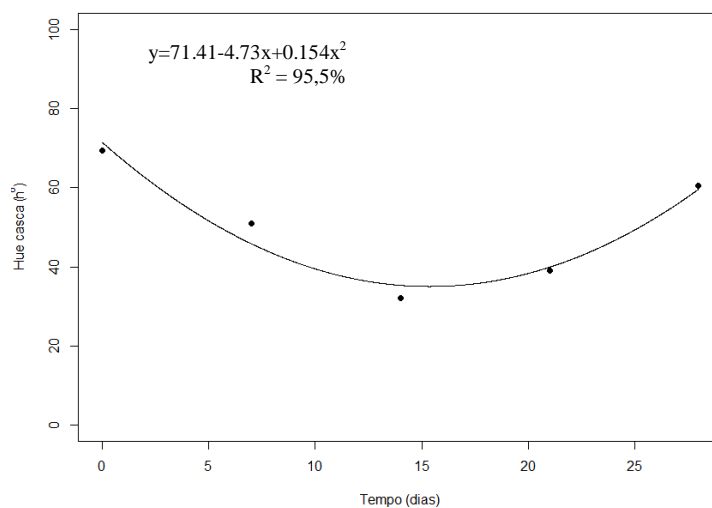


A

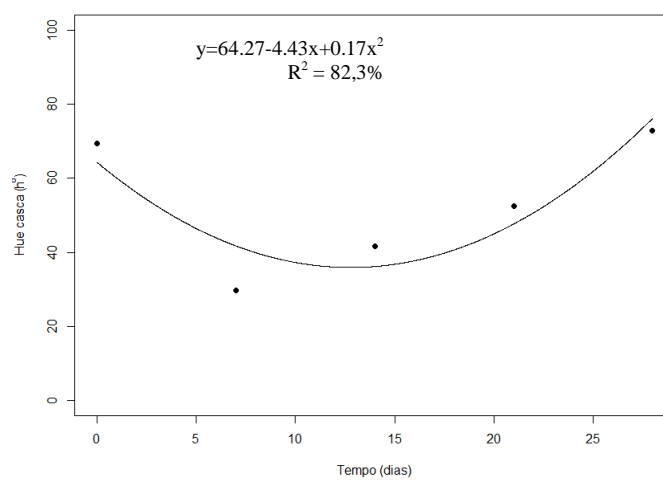


B

Figura 2 Valores médios, equação de regressão e coeficiente de determinação para L* casca de marolos (A), ao longo do armazenamento e L* polpa nas diferentes temperaturas (B)

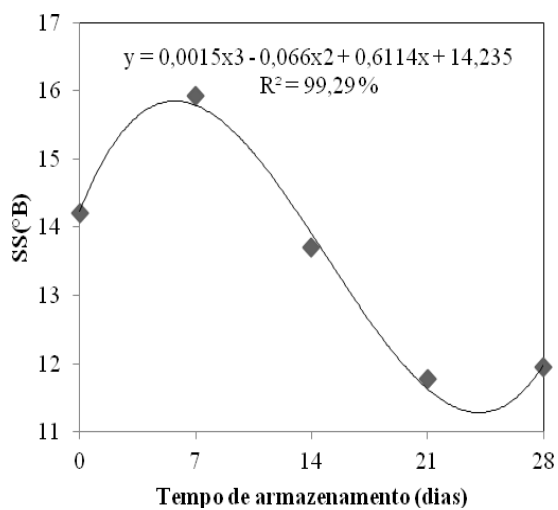


A

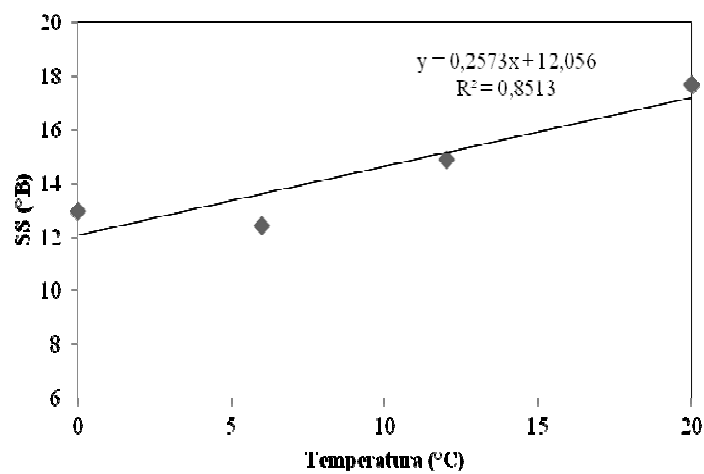


B

Figura 3 Valores médios, equação de regressão e coeficiente de determinação para o ângulo Hue da casca de marolos, ao longo do armazenamento, após a retirada do armazenamento (A) e após o amadurecimento (B)



A



B

Figura 4 Valores médios, equação de regressão e coeficiente de determinação dos sólidos solúveis dos marolos, ao longo do armazenamento A) e ao longo do tempo B), nas diferentes temperaturas.

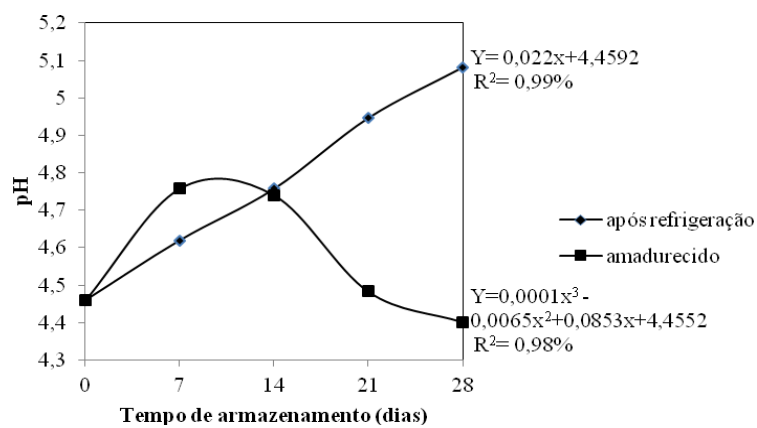


Figura 5 Valores médios, equação de regressão e coeficiente de determinação do pH de marolos, ao longo do armazenamento refrigerado, no momento logo após refrigeração e amadurecidos a 20 °C, após refrigeração

ARTIGO 2**PARÂMETROS DE QUALIDADE E ATIVIDADE ANTIOXIDANTE NO
ARMAZENAMENTO DE MAROLOS (*Annona crassiflora* Mart.)**

Flavia Della Lucia^{1*}, Heloísa Helena de Siqueira Elias²; Juliana Pinto de Lima³;
Eric Batista Ferreira⁴; Eduardo Valério de Barros Vilas Boas⁵

Artigo a ser submetido ao periódico LWT - Food Science and Technology,
sendo apresentado segundo suas normas de publicação.

^{1*} Doutoranda em Ciência de Alimentos. DCA/UFLA. Professora assistente. FANUT/UNIFAL-MG. Universidade Federal de Alfenas. Rua Gabriel Monteiro da Silva, 700, Alfenas – MG, 37130-000. flavia@unifal-mg.edu.br (autora para correspondência)

². Doutora em Ciência dos Alimentos. DCA/UFLA. ³Doutoranda em Ciência dos Alimentos. DCA/ UFLA. ⁴. Professor adjunto, ICEx/UNIFAL-MG. ⁵ Professor Associado IV, DCA/UFLA

RESUMO

O Cerrado brasileiro se destaca por inúmeras espécies frutíferas com potencial agroalimentar. O marolo (*Annona crassiflora* Mart., Família *Annonaceae*) é um desses frutos de interesse econômico, devido ao seu amplo aproveitamento culinário e ao consumo ao natural, além de valor nutritivo funcional a ser mais bem explorado. O armazenamento refrigerado precisa ser adotado para a sua conservação, porém, ainda não se conhecem as alterações que este tipo de conservação pode trazer. De acordo com essas considerações, o trabalho foi realizado com o objetivo de avaliar parâmetros de qualidade e atividade antioxidante de marolos armazenados em diferentes temperaturas, verificando como as alterações na sua composição podem influenciar a sua vida útil e, conseqüentemente, sua comercialização. Frutos maduros provenientes de Goiânia, GO, foram transportados, selecionados e armazenados a 0, 6, 12 e 20±1 °C (UR= 90±5%). Os frutos foram submetidos a análises (0, 7, 14, 21 e 28 dias de armazenamento) de firmeza, atividade de pectinametilesterase, açúcares totais, pectina total e solúvel, vitamina C, atividade antioxidante total (porcentagem de sequestro do radical livre DPPH) e fenólicos totais. O armazenamento do marolo a 0 °C e a 6°C promove o seu endurecimento, possível sintoma de *chilling*. O teor de açúcares e pectinas e a atividade antioxidante total não variam significativamente, em função do tempo de armazenamento. Maiores temperaturas de armazenamento determinam maiores concentrações de açúcares. A redução do teor de vitamina C e o aumento de fenólicos não alteram significativamente a atividade antioxidante, com base na análise de DPPH, ao longo do armazenamento. As concentrações de pectinas, vitamina C e fenólicos, bem com a atividade antioxidante, observadas no marolo, sugerem o potencial nutricional e funcional deste fruto.

Termos para indexação: DPPH, firmeza, vitamina C, fenólicos; frutos do cerrado.

ABSTRACT

The Brazilian Cerrado is known for numerous fruit species with agricultural and nutritional potential. Marolo (*Annona crassiflora* Mart., Family Annonaceae) is one of the fruits of economic interest, because of its wide use for consumption *in natura* and cooking, as well as its nutritional and functional value to be better exploited. The cold storage needs to be done to preserve it, but the changes that this type of conservation can bring are not known yet. According to these considerations, the work in question aims at evaluating the quality parameters and antioxidant activity of *marolo* stored at different temperatures, checking how changes in its composition can affect its life and consequently its marketing. Mature fruits (Goiânia / GO) were transported, selected and stored at 0, 6, 12 and 20 ± 1 ° C (RU= 90± 5 %). The fruits were subjected to analyses (0, 7, 14, 21 and 28 days of storage) of firmness, pectinmethylesterase activity, total sugars, total and soluble pectin, vitamin C, total antioxidant activity (percentage of scavenging of free radical DPPH) and total phenolics. The storage of marolo at 0 and 6 °C promotes its hardening, a chilling possible symptom. The sugar content, pectin and the total antioxidant activity do not vary significantly due to storage time. Higher storage temperatures determine higher concentrations of sugars. The reduction in vitamin C content and increased phenolic do not alter significantly the antioxidant activity based on the DPPH analysis, during storage. The concentrations of pectin, vitamin C, total phenolics and antioxidant activity observed in Marolo suggest the nutritional and functional potential of this fruit.

Keywords: DPPH, firmness, vitamin C, phenolics; savannah fruits.

1 INTRODUÇÃO

O marolo, ou araticum (*Annona crassiflora* Mart.), se destaca por fazer parte da alimentação e da cultura das populações do cerrado, apresentando uma identidade especial. Ocorre em áreas cada vez mais comprometidas pelas monoculturas, sendo endêmica do bioma cerrado com distribuição restrita a áreas bastante perturbadas pela ação antrópica (REZENDE; CÂNDIDO; MALAFAIA, 2012). Tem amplo aproveitamento culinário e consumo ao natural, além de um valor nutritivo e funcional a ser ainda mais explorado.

Em sua composição química, além de níveis significativos de lipídios, calorias e fibras (DAMIANI et al., 2011), observa-se a presença de carotenoides (DRAGANO et al., 2010), compostos fenólicos e elevados teores de ácido linolênico (LOPES et al., 2012), contribuindo para seu valor nutritivo e funcional.

A refrigeração, considerada uma estratégia eficiente para aumentar a vida útil de frutos, minimiza as perdas pós-colheita, por redução da taxa respiratória, retardo do processo de maturação e diminuição da taxa de incidência de doenças pós-colheita (CORTEZ et al., 2002). Os frutos de origem tropical e subtropical são, geralmente, sensíveis a distúrbios fisiológicos denominados *chilling injury*, ou danos pelo frio, quando expostos a temperaturas inferiores a 7°C a 13 °C (WANG et al., 2008). Este fenômeno resulta em perdas quantitativas e qualitativas pós-colheita, que podem ocorrer durante o período de estocagem ou, mesmo, após sua exposição à temperatura ambiente, no momento da comercialização.

O armazenamento refrigerado precisa ser adotado para a conservação do marolo, porém, ainda não se conhecem as alterações que este tipo de conservação pode trazer. Os frutos da família das anonáceas têm alta perecibilidade e curto período de conservação pós-colheita. Conhecer as

alterações nos seus componentes químicos e na firmeza é imprescindível para a garantia da qualidade na comercialização deste fruto.

Com este objetivo, o trabalho foi realizado com o objetivo de avaliar parâmetros de qualidade e atividade antioxidante de marolo armazenado em diferentes temperaturas, verificando como as alterações na sua composição podem influenciar a sua vida útil e, conseqüentemente, a sua comercialização.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Frutos maduros foram adquiridos na Central de Abastecimento de Uberlândia, MG, provenientes da região de Goiânia, GO. Foram transportados para o Laboratório de Pós-Colheita de Frutas e Hortaliças da Universidade Federal de Lavras (UFLA), em Lavras, MG, e selecionados com base nos parâmetros de uniformidade de tamanho (em média 1,50 kg), coloração da casca (verde amarelada e valores de L^* 43,5, a^* 4,6 e b^* 12,21), abertura da malha (distância entre os carpelos em torno de 2 mm) e firmeza (em torno de 15 N).

Os frutos foram lavados, sanitizados (hipoclorito de sódio/200 mg.L⁻¹/pH 7,0/15 min), acondicionados em bandejas de polietileno sem tampa (14 cm diâmetro) e armazenados em câmaras frias, a 0 ± 1 °C, 6 ± 1 °C, 12 ± 1 °C e 20 ± 1 °C e umidade relativa de $90\pm 5\%$.

O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial triplo com um tratamento adicional ($4\times 4\times 2+1$), 3 repetições, com 1 fruto por repetição, sendo 4 temperaturas (0 ± 1 °C, 6 ± 1 °C, 12 ± 1 °C e 20 ± 1 °C) e tempo 0 (tratamento adicional) e 4 tempos de armazenamento (7, 14, 21, 28 dias) e 2 fatores de exposição (imediatamente após a retirada da refrigeração e amadurecido à temperatura ambiente, 20 ± 1 °C, após refrigeração), para a observação de possível ocorrência de desordens fisiológicas por frio (*chilling*). O tempo 0 configura um tratamento adicional (análises no momento inicial, sem que tenham sido submetidos às suas respectivas temperaturas).

Os frutos foram submetidos a análises de firmeza, atividade de pectinametilesterase, açúcares totais, pectina total e solúvel, vitamina C, fenólicos totais e atividade antioxidante por redução do radical DPPH.

A análise da firmeza foi determinada individualmente no fruto inteiro com casca, na região equatorial, com o auxílio de Penetrômetro Magnes-

Taylor®, com sonda de 5/6 polegadas e os resultados expressos em Newtons (N).

A extração da enzima pectinametilesterase (PME) foi realizada segundo técnica de Buecher e Furmanski (1978), com modificações (VILAS-BOAS; CHITARRA; CHITARRA, 1996). A determinação da atividade da PME seguiu as técnicas de Hultin, Sun e Bulger (1966), com modificações (VILAS-BOAS; CHITARRA; CHITARRA, 1996). Uma unidade de PME foi definida como a quantidade de enzima capaz de catalisar a desmetilação de pectina correspondente ao consumo de 1 η mol de NaOH por grama de polpa fresca.minuto.

Os açúcares totais foram determinados pelo método Antrona (DISCHE, 1962). Extraíram-se as pectinas total e solúvel de acordo com a técnica de McCready e McComb (1952), tendo sido determinadas espectrofotometricamente a 520 nm, segundo técnica de Blumenkrantz e Asboe-Hansen (1973). Os resultados foram expressos em mg de ácido galacturônico por 100 g de polpa.

O teor de ácido ascórbico foi determinado pelo método espectrofotométrico com 2,4-dinitrofenil-hidrazina, segundo Strohecker e Henning (1967), com resultados expressos em mg.100g de polpa⁻¹.

Para a análise da atividade antioxidante baseada na extinção da absorção do radical 2,2-difenil-1-picril hidrazil (DPPH 60 μ M), obteve-se um extrato metanólico (50%) e acetanólico (70%). Utilizou-se metodologia descrita por Brand-Williams, Cuvelier e Berset (1995), adaptada por Rufino et al. (2007), com algumas adaptações em relação ao cálculo, em espectrofotômetro, a 515 nm. Os resultados foram expressos em percentual de sequestro de radical livre.

O mesmo extrato citado anteriormente foi utilizado para a determinação de compostos fenólicos pelo método espectrofotométrico Folin-Ciocalteu (760 nm) (WATERHOUSE, 2002). Este método permite a quantificação de

compostos flavonoides, antocianinas e compostos fenólicos na amostra, compostos com reconhecida capacidade antioxidante.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância, seguida de ajuste de modelos de regressão ou teste de Tukey, a 5% de significância. As análises estatísticas foram realizadas nos softwares Sisvar (FERREIRA, 2011) e R (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2012), pacote *ExpDes* (FERREIRA; CAVALCANTI; NOGUEIRA, 2011).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Marolos armazenados a 20 °C e a 12°C foram analisados somente até o 7^o e 21^o dias de armazenamento, respectivamente, mais o período necessário para o amadurecimento à temperatura ambiente.

Os frutos mantidos à temperatura de 20 °C mostraram-se, em sua maioria, maduros em até 9 dias (2 de 3 frutos), tendo somente um fruto amadurecido aos 14 dias. Os frutos mantidos a 12 °C, até o 14^o e o 21^o dia de armazenamento refrigerado, amadureceram em até 7 dias, à temperatura ambiente. Armazenados a 6 °C, suportaram 28 dias de armazenamento refrigerado (após 14 dias de refrigeração, amadureceram aos 17 dias) e, após 21 dias de armazenamento, amadureceram aos 25 dias. Os frutos refrigerados em até 28 dias amadureceram, em média, aos 33 dias.

Os frutos a 0 °C suportaram até 28 dias de armazenamento refrigerado, entretanto, ao serem expostos à temperatura ambiente, após 7 e 14 dias de refrigeração, amadureceram em até 4 dias e, após refrigeração por 21 e 28 dias, amadureceram em 7 dias.

Observaram-se rachaduras na casca a partir do pedúnculo, na maioria dos tratamentos, o que é normal no processo natural de amadurecimento do fruto à temperatura ambiente.

Em relação à firmeza da polpa, houve interação significativa entre o tempo, a temperatura e o fator de exposição após o armazenamento refrigerado ($p=10^{-4}$). A firmeza medida no tempo 0 foi de 20,06 N, menor que a média de todas as combinações de temperatura, tempo e fator de exposição ($p=0,0032$). Essa diferença na firmeza é, então, mais bem visualizada quando é analisado o desdobramento do tempo dentro de temperatura e fator de exposição à temperatura ambiente após a refrigeração. Verifica-se, então, que ela ocorre

significativamente somente no momento imediatamente depois de retirada da exposição às temperaturas de 0 °C, 6 °C e 12 °C ($p>0,05$).

Na Figura 1A mostra-se a evolução da firmeza dos frutos nas diferentes temperaturas, quando imediatamente avaliada após a retirada do armazenamento. Quando armazenados a 0 °C, observou-se um aumento da força de deformação ao longo dos dias, com queda aos 21 dias. No armazenamento a 6 °C, observou-se comportamento linear, sendo a firmeza maior ao longo dos dias de avaliação. Já a 12 °C, as médias foram bem menores em relação às demais, mostrando um comportamento de diminuição da força de deformação até o final do armazenamento.

Estes resultados demonstram que, em temperaturas de 0 °C e 6 °C, ocorre um endurecimento do fruto, o que pode ser associado à alguma desordem por frio, promovendo um enrijecimento da polpa.

Analisando-se o desdobramento de temperatura dentro de cada nível de tempo e fator de exposição à temperatura ambiente, observa-se que houve diferença significativa nos dias 14, 21 e 28 de armazenamento, para os frutos analisados imediatamente após a retirada do armazenamento ($p<0,05$). Verificase que, aos 14 dias de armazenamento, a firmeza mostrou médias ligeiramente maiores a 6 °C (48,84 N) do que a 0 °C (36,9 N). Aos 21 dias, a maior média foi observada nos frutos a 0 °C (115,4 N) e, a 6 °C (51,23 N), apresentaram-se mais macios que a 0 °C. Em ambos os períodos (14 e 21 dias), os frutos a 12 °C mostraram-se ainda mais macios (19,44 e 12,21 N, respectivamente). Aos 28 dias, houve diferença significativa entre as médias de firmeza entre as temperaturas 0 °C (63,35 N) e 6 °C (112,46 N), sendo esta a maior (Figura 1B).

A Tabela 1 mostra o desdobramento de fator de exposição dentro de cada tempo e temperatura, para firmeza. Houve diferença significativa entre os frutos no momento imediatamente após a retirada do armazenamento e amadurecidos após este armazenamento, na maioria dos dias analisados

($p < 0,05$). Não houve diferença significativa somente nos 7 dias dos frutos a 20 °C ($p = 0,1652$), aos 14 dias nos frutos mantidos a 6 °C e a 12 °C ($p = 0,06$ e $p = 0,663$, respectivamente) e aos 21 dias, para aqueles mantidos a 12 °C ($p = 0,6708$). Verifica-se que, na temperatura de 12 °C, há uma tendência de as médias de firmeza dos frutos nos dois momentos de avaliação se aproximarem, denotando, assim, que essa temperatura promove um maior amolecimento dos frutos, já no 14º dia de armazenamento. A maioria dos frutos amadurecidos exibiu médias inferiores às dos frutos imediatamente após serem retirados do armazenamento refrigerado, o que direciona para uma suposição do efeito do frio no enrijecimento dos frutos. Porém, este é revertido para valores de firmeza iguais aos dos frutos do tempo 0 (em termos absolutos), o que mostra o efeito de manutenção da firmeza do fruto até ao final do tempo de armazenamento.

Sendo assim, observa-se que o amaciamento do fruto ocorre independente da temperatura em que foi mantido sob refrigeração, mas a diferença entre os frutos logo depois de retirados do frio e os amadurecidos torna-se mais evidente naqueles mantidos a 0 °C e a 6 °C e, com o decorrer do tempo de armazenamento, principalmente a partir de 21 dias, mostrando a influência do frio no endurecimento, que é diluída com a exposição dos frutos à temperatura ambiente, que permite seu amadurecimento.

Silva et al. (2009) encontraram valores de firmeza de polpa de marolo colhidos a 140 e 145 dias após a antese (2 e 0,75N) e Damiani et al. (2011), 0,29 N. Estes valores são bem menores dos que os observados neste estudo. Provavelmente, ocorre um endurecimento após o frio, porém, os frutos amadurecidos a 20 °C apresentaram médias semelhantes às dos frutos amadurecidos que foram armazenados em temperaturas mais baixas. Sendo assim, esta diferença pode estar relacionada com diferenças de regiões de cultivo, bem como de estágio de maturação dos frutos analisados, que podem estar influenciando a firmeza.

A atividade da enzima pectinametilesterase (PME) variou em função da temperatura ($p=0,032$) e também da interação entre tempo de armazenamento e fator de exposição após refrigeração ($p=0,01$) (Figura 2).

Na Tabela 2 mostram-se os valores médios de atividade da PME que, no tempo 0, foi de $3,73 \text{ nmol.g}^{-1}.\text{min}^{-1}$. Observa-se que o armazenamento a $20 \text{ }^\circ\text{C}$ promove uma elevação da sua atividade ($8,95 \text{ nmol.g}^{-1}.\text{min}^{-1}$), que se sobressai às demais temperaturas. Os frutos mantidos a $0 \text{ }^\circ\text{C}$ apresentaram valores intermediários de atividade de PME, mostrando-se ligeiramente mais alta do que nos frutos a $6 \text{ }^\circ\text{C}$ e a $12 \text{ }^\circ\text{C}$. Verifica-se que esta enzima pode ter sua atividade alterada, podendo diminuir, permanecer constante ou aumentar durante a maturação, dependendo da espécie e do método de extração para análise (LIMA; ALVES; FILGUEIRAS, 2006).

Somente aos 7 dias houve diferença entre as médias de atividade de PME dos frutos analisados logo após retirada do frio e dos frutos amadurecidos, sendo as dos primeiros ($p=10^{-4}$) significativamente superiores ($11,97$ e $4,0625 \text{ nmol.g}^{-1}.\text{min}^{-1}$, respectivamente). Apesar de não ter sido significativa a interação entre tempo, temperatura e fator de exposição ($p=0,733$), observa-se que as médias dos frutos a $0 \text{ }^\circ\text{C}$ amadurecidos atingiram valor de atividade de PME superior ao das demais temperaturas ($16,25 \text{ nmol.g}^{-1}.\text{min}^{-1}$) aos 7 dias, podendo indicar uma produção maior desta enzima devido ao frio. Porém, estes valores decrescem e chegam ao mesmo patamar que os demais, a partir de 21 dias até o final do armazenamento.

É provável que haja uma ação da PME no início do amadurecimento, porém, sugere-se que, no processo de amaciamento, possa haver uma atuação mais marcante por parte de outras enzimas também envolvidas na despolimerização e na solubilização de compostos de parede celular, tais como pectinases, hemicelulases e celulasas. Sendo assim, a PME pode contribuir,

direta ou indiretamente, para a ação destas outras enzimas, pois cria um ambiente iônico adequado ou, possivelmente, modifica a porosidade da parede celular, e permite o acesso destas aos seus substratos potenciais (FONTES et al., 2008).

Verificou-se que não houve diferença significativa nos teores de pectinas total e solúvel nos frutos analisados (1.055,83 e 364,90 mg.100⁻¹g, respectivamente). As pectinas totais do marolo podem contribuir com a inclusão de fibras solúveis na dieta, proporcionando redução do tempo de trânsito gastrointestinal e a absorção enteral do colesterol. A Sociedade Brasileira de Cardiologia recomenda que as fibras solúveis sejam utilizadas como complementares na redução do colesterol sanguíneo. Para adultos, recomendam-se de 20 a 30 g de fibra alimentar total, sendo que, destas, de 5 a 10 g/dia sejam de fibras solúveis (SPOSITO et al., 2007). Sendo assim, 100 g deste fruto contribuem com, pelo menos, 10% do percentual de fibra solúvel recomendado e sugere-se que o amaciamento dos marolos não esteja associado ao metabolismo de pectinas.

O teor de açúcares totais nos frutos não variou significativamente ao longo do tempo de armazenamento ($p=0,073$). A média no tempo 0 para os açúcares totais foi de 6,82 mg.100 g de polpa⁻¹. Damiani et al. (2011) e Dragano et al. (2010) encontraram valores superiores (12,38 e 14,77 g. 100g⁻¹, respectivamente).

Houve diferença no teor de açúcares nas diferentes temperaturas ($p=0,030$), sendo maior nas temperaturas mais altas (8,5 e 8,59 g. 100 g⁻¹, a 20 °C e a 12 °C, respectivamente) (Figura 3).

Silva et al. (2009) demonstraram que o teor de amido no marolo aumenta aos 80 dias após a antese, havendo um pico aos 120 dias (17,5 g de amido.100 g⁻¹) e, a partir daí, ocorre queda brusca, chegando aos 145 dias após antese com 2,5 g de amido.100 g⁻¹ de fruto em marolos. Houve também aumento

concomitante no teor de açúcares solúveis totais e sólidos solúveis a partir dos 120 dias após a antese, no mesmo ponto em que foi observada a redução no teor de amido. Este fato sugere que, nos frutos em refrigeração a temperaturas mais elevadas, este processo possa estar ainda ocorrendo. Assim, ocorre a conversão do amido em açúcares e ácidos orgânicos, provavelmente desenvolvendo o sabor adocicado em maior intensidade aos 12 °C e aos 20 °C, comparados àqueles a 6 °C e 0 °C.

O teor de vitamina C nos frutos no tempo 0 foi de 100,8 mg.100 g⁻¹. Dragano et al. (2010) encontraram resultados menores na polpa congelada de marolo (44,97 mg.100 g⁻¹). Em relação a outros frutos, apresentou teor semelhante ao do pequi cru (91,89 mg.100 g⁻¹) (GONÇALVES et al., 2011) e menores que em goiabas (168,52 mg.100 g⁻¹) (VILA et al., 2007) e maiores que a laranja pera (62,5 mg.100 ml⁻¹) (COUTO; CANNIATTI-BRAZACA,2010). Com relação aos seus teores durante a maturação, Vilas-Boas e Silva (2009) encontraram, na fase de pré-maturação, o valor máximo de 42 mg.100 g⁻¹ de polpa fresca de marolo e, no amadurecimento (140 dias), observou-se sua degradação, tendo os frutos maduros apresentado, aproximadamente, 37 mg.100 g⁻¹.

O teor de vitamina C variou significativamente ao longo do armazenamento, embora não tenha sido influenciado pela temperatura (p<0,05). Observa-se queda nos teores do 7º ao 14º dia, com tendência de estabilização a partir de então (80 mg.100 g⁻¹) (Figura 4).

Azzolini, Jacomino e Bron (2004), ao analisarem goiabas vermelhas durante o armazenamento, verificaram que, inicialmente, ocorreu um aumento no teor de ácido ascórbico em todos os estádios de maturação, com posterior diminuição. Segundo Mercado-Silva, Batista e Garcia-Velasco (1998), o aumento no teor de ácido ascórbico em goiabas, durante o início do amadurecimento, está associado ao aumento da síntese de intermediários

metabólicos, tais como a galactose, precursores do ácido ascórbico. A evolução do amadurecimento e o armazenamento favorecem a ocorrência da oxidação dos ácidos, conduzindo a uma redução do teor de ácido ascórbico, o que pode explicar o comportamento dos frutos ao longo do tempo.

Frutos recém-retirados da câmara fria apresentaram níveis de vitamina C superiores ($96,90 \text{ mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$) àqueles amadurecidos à temperatura ambiente ($80,71 \text{ mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$), após armazenamento refrigerado ($p < 0,05$), devido, possivelmente, à oxidação do ácido ascórbico durante o amadurecimento e também devido ao estresse. Durante o armazenamento, a vitamina C atua como antioxidante, inicialmente tendo sido produzida em respostas às reações oxidativas e sugere-se que o seu decréscimo possa estar associado ao amadurecimento e, por isso, possa ser considerada um indicador da perda de qualidade dos frutos. A sua presença indica que os demais nutrientes, provavelmente, ainda se mantêm conservados. Sendo assim, a perda de 20% no seu conteúdo a partir de 7 dias de armazenamento, independente da temperatura e amadurecimento, é considerada uma perda significativa, porém, já esperada, devido à sua susceptibilidade.

Entretanto, mesmo com essa diminuição, os resultados demonstram que em, aproximadamente, 100 g da polpa, consegue-se suprir 88% da recomendação diária de vitamina C para homens adultos ou idosos (90 mg) e suprir completamente a de mulheres adultas (75 mg). Há evidências de que a vitamina C possa desempenhar papel importante na redução do câncer e tenha associação com a redução de mortalidade por doenças cardiovasculares (COZZOLINO, 2005).

Foi significativa a interação entre tempo e temperatura no teor de fenólicos totais. Houve decréscimo no teor de compostos fenólicos, pois a média do fatorial foi de $875,38 \text{ mg GAE} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$, ou seja, 121,09 unidades menor do que a média do tempo 0 ($996,474 \text{ mg GAE} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$). Ao realizar o

desdobramento do tempo dentro de cada nível de temperatura, não foi verificada diferença significativa, ao longo do tempo de armazenamento, para cada uma das temperaturas. Porém, ao analisar o desdobramento de temperatura dentro de cada nível de tempo, observa-se que somente no 28º dia de armazenamento houve diferença significativa. O teor de compostos fenólicos a 0º C foi menor que o dos frutos a 6º C (700,14 e 1.038 mg.GAE.100 g⁻¹, respectivamente). Provavelmente, no armazenamento a 0 ºC ocorreu oxidação dos compostos pré-existentes. A alteração no teor de fenólicos somente ocorreu ao final do armazenamento (28º dia), quando somente haviam os frutos mantidos nas temperaturas de 0ºC e 6ºC.

Não houve diferença significativa entre os frutos amadurecidos depois de retirados da refrigeração e os analisados imediatamente após refrigeração (813,77 e 936,99 mg GAE.100 g⁻¹, respectivamente). As diferentes temperaturas, provavelmente, promoveram tanto a oxidação dos compostos preexistentes e também síntese, mantendo o equilíbrio na quantidade destes compostos.

Os resultados do teor de fenólicos observados no presente trabalho são coerentes com os de Souza et al. (2012), que consideram a polpa de marolo como excelente fonte de fenólicos, apresentando valores de 739,37 mg GAE.100 g⁻¹ massa fresca, sendo superiores ao de outros frutos, como murici (334,37 mg GAE.100 g⁻¹), graviola (281,00 mg GAE.100 g⁻¹) e maracujá (245,36 mg GAE.100 g⁻¹).

Entretanto, os resultados aqui observados são superiores aos de Damiani et al. (2011), que encontraram valores de compostos fenólicos no extrato etanólico e aquoso de 211,11 mg GAE.100 g⁻¹ e 260,5 mg GAE.100 g⁻¹, respectivamente.

Este fato justifica o consumo do marolo, contribuindo com a funcionalidade da dieta. Atualmente, o interesse no estudo dos compostos

fenólicos tem aumentado muito, devido, principalmente, à habilidade antioxidante destas substâncias em sequestrar radicais livres, os quais são prejudiciais à saúde humana (DORMAN et al., 2003).

Avaliando a atividade antioxidante dos frutos durante o armazenamento por meio do percentual de sequestro do radical DPPH verifica-se que quanto maior o percentual de sequestro, maior a capacidade antioxidante. Não houve diferença entre os tratamentos, sendo a média geral de 51,12% de sequestro do radical DPPH. Observa-se que o fruto tem um bom potencial de atividade antioxidante e, possivelmente, está associado a altos teores de compostos fenólicos e vitamina C (Figura 4).

Silva et al. (2009) relataram um considerável percentual de sequestro do radical DPPH em marolos (89% na polpa de marolo aos 145 dias após a antese, período ideal para consumo), sendo associado ao alto conteúdo de fenólicos (600 mg.100 g⁻¹), vitamina C (39 mg.100 g⁻¹) e betacaroteno (45,5 mg.100 g⁻¹) encontrados por estes autores. Roesler (2007) relata que os compostos fenólicos exibem uma melhor correlação com o DPPH do que a vitamina C, apresentando uma melhor atividade.

As concentrações de pectinas, vitamina C e fenólicos, bem com a atividade antioxidante observada no marolo, sugerem o potencial nutricional e funcional deste fruto.

4 CONCLUSÃO

O armazenamento do marolo a 0 °C e a 6°C promove o seu endurecimento, possível sintoma de *chilling*. O teor de açúcares, pectinas e a atividade antioxidante total não variam significativamente, em função do tempo de armazenamento. Maiores temperaturas de armazenamento determinam maiores concentrações de açúcares. A redução do teor de vitamina C e, até mesmo, o aumento do teor de fenólicos totais, aos 28 dias, a 6 °C, não altera significativamente a atividade antioxidante, com base na análise de DPPH, ao longo do armazenamento.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Capes, ao CNPq e à FAPEMIG, pelo apoio financeiro. À UNIFAL-MG (FANUT\LANTIN) e à UFLA (Laboratório de Pós-colheita de Frutas e Hortaliças - DCA/UFLA), pelo apoio constante.

REFERÊNCIAS

AZZOLINI, M.; JACOMINO, A. P.; BRON, I. U. Índices para avaliar qualidade pós-colheita de goiabas em diferentes estádios de maturação. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.39, n.2, p.139-145, fev. 2004.

BLUMENKRANTZ, N.; ASBOE-HANSEN, G. New method of quantitative determination of uronic acids. **Analytical Biochemistry**, New York, v. 54, p. 484-489, 1973.

BRAND-WILLIAMS, W.; CUVELIER, M. E.; BERSET, C. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. **Food Science and Technology**, Trivandrum, v. 28, n. 1, p. 25-30, Jan. 1995.

BUESCHER, R. W.; FURMANSKI, R. J. Role of pectinesterase and polygalacturonase in the formation of woolliness um peaches. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 43, n. 1, p. 264-266, Jan./Feb. 1978.

CORTEZ, L. A. B. et al. **Resfriamento de frutos e hortaliças**. Brasília: EMBRAPA Hortaliças, 2002. 428 p.

COUTO, M.; CANNIATTI-BRAZACA, S. G. Quantificação de vitamina C e capacidade antioxidante de variedades cítricas. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 30, n. 1, p. 15-19, maio 2010. Suplemento.

COZZOLINO, S. M. F. **Biodisponibilidade de nutrientes**. Barueri: Manole, 2005. 878p.

DAMIANI, C. et al. Characterization of fruits from the savanna: araçá and marolo. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 31, n. 3, p. 723-729, jul./set. 2011.

DISCHE, Z. General color reactions. In: WHISTLER, R. L.; WOLFRAM, M. L. (Ed.). **Carbohydrate chemistry**. New York: Academic, 1962. p. 477-512.

DORMAN, H. J. D. et al. Antioxidant properties and composition of aqueous extracts from *Mentha* species, Hybrids, Varieties, and Cultivars. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 51, n. 16, p. 4563-4569, 2003.

DRAGANO, N. R. V. et al. Influence of marolo (*Annona crassiflora* Mart.) pulp intake on the modulation of mutagenic/antimutagenic processes and its action on oxidative stress in vivo. **Plant Foods for Human Nutrition**, Dordrecht, v. 65, n. 4, p. 319-325, 2010.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, n.6, p. 1039-1042, nov./dez. 2011.

FERREIRA, E. B.; CAVALCANTI, P. P.; NOGUEIRA, D. A. Experimental Designs: um pacote R para análise de experimentos. **Revista da Estatística UFOP**, Ouro Preto, v.1, n.1, p. 1-9, 2011.

FONTES, R.V.et al. Atividade da pectinametilesterase e sua relação com a perda de firmeza da polpa de mamão cv. sunrise solo e tainung. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 30, n. 1, p. 54-58, mar. 2008.

GONÇALVES, G. A. S. et al. Qualidade dos frutos do pequizeiro submetidos a diferentes tempos de cozimento. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.35, n.2, p. 377-385, mar./abr. 2011.

HULTIN, H. O.; SUN, B.; BULGER, J. Pectin methyl esterase of the banana: purification and properties. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 31, n. 3, p. 320-327, May/June 1966.

LIMA, M.A.C.; ALVES, R.E.; FILGUEIRAS, H.A.C. Mudanças relacionadas ao amaciamento da graviola durante a maturação pós-colheita. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 41, n. 12, p. 1707-1713, dez. 2006.

LOPES, R. M. et al. Composição de ácidos graxos em polpa de frutas nativas do cerrado. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 34, n. 2, p. 635-640, jun. 2012.

MCCREADY, P. M.; MCCOMB, E. A. Extraction and determination of total pectic material. **Analytical Chemistry**, New York, v. 24, n. 12, p. 1586-1588, 1952.

MERCADO-SILVA, E.; BATISTA, P.B.; GARCIA-VELASCO, M.A. Fruit development, harvest index ripening changes of guavas produced in central Mexico. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v.13, n. 2, p.143-150, Apr. 1998.

R DEVELOPMENT CORE TEAM. **R**: a language and environment for statistical computing. Vienna: R Foundation for Statistical Computing, 2012. Software.

REZENDE, M.L.; CANDIDO, P.A.; MALAFAIA, G.C. Sistemas agroalimentares localizados: uma abordagem para o marolo na região de Alfenas, Minas Gerais. **Scientia Plena**, Aracajú, v.8, n.8, p.1-7, 2012.

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

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

SILVA, A. V. C. et al. Uso de embalagens e refrigeração na conservação de aemóia. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 29, n. 2, p. 300-304, abr./jun. 2009.

SOUZA, V. R. de et al. Determination of bioactive compounds, antioxidant activity and chemical composition of Cerrado Brazilian fruits. **Food Chemistry**, London, v. 134, n. 1, p. 381-386, Sept. 2012.

SPOSITO, A.C. et al. IV diretoria brasileira sobre dislipidemias e prevenção da aterosclerose. **Arquivos Brasileiros de Cardiologia**, São Paulo, v. 88, n. 1, p. 2-19, abr. 2007. Suplemento.

STROHECKER, R. L.; HENNING, H. M. **Análisis de vitaminas: métodos comprobados**. Madri: Paz Montalvo, 1967. 428 p.

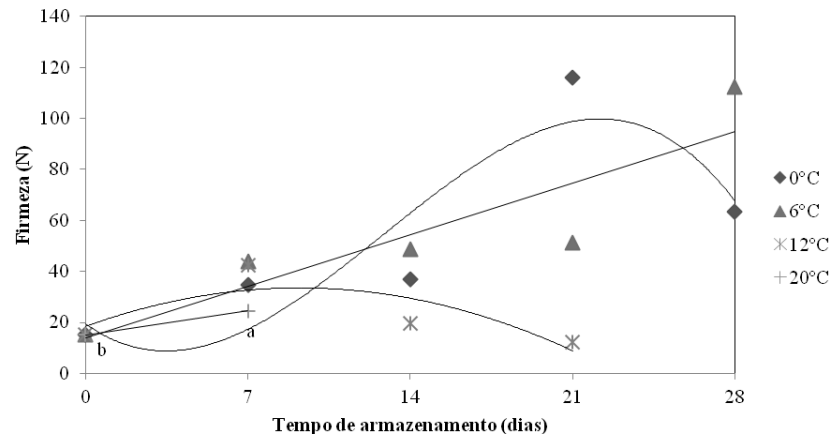
VILA, M.T.R. et al. Caracterização química e bioquímica de goiabas armazenadas sob refrigeração e atmosfera modificada. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 31, n. 5, p. 1435-1442, set./out. 2007.

VILAS-BOAS, E. V. B.; CHITARRA, A. B.; CHITARRA, M. I. F. Modificações pós-colheita de banana Prata gama irradiada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 31, n. 9, p. 559-697, set. 1996.

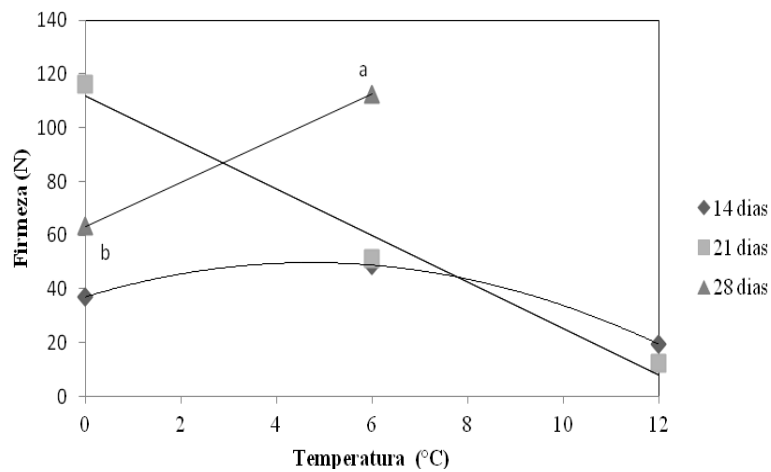
VILAS-BOAS, E. V. B.; SILVA, E. P. Maturação controlada de marolo: um caso a ser estudado. In: SIMPÓSIO SULMINEIRO DO MAROLO E FRUTAS DO CERRADO, 1., 2009, Alfenas. **Anais...** Alfenas: UNIFAL, 2009. 1 CD-ROM.

WANG, B. et al. Reduced chilling injury in mango fruit by 2,4-dichlorophenoxyacetic acid and the antioxidant response. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 48, n. 2, p. 172-181, 2008.

WATERHOUSE, A. L. Polyphenolics: determination of total phenolics. In: WROLSTAD, R. E. (Ed.). **Current protocols in food analytical chemistry**. New York: J. Wiley, 2002. p. 11.1.1-11.1.8.



A



B

Figura 1 Valores médios, equação de regressão e coeficiente de determinação* para firmeza de marolos no momento logo após a retirada do armazenamento, nos frutos armazenados a 0 °C, a 6 °C, a 12 °C e a 20 °C, ao longo do tempo (A) e de frutos no momento logo após retirada do armazenamento, aos 14, 21 e 28 dias (B)

$$*0\text{ }^{\circ}\text{C } y = -0,0279x^3 + 1,0715x^2 - 6,4335x + 19,391R^2 = 0,7872$$

$$6\text{ }^{\circ}\text{C } : y = 2,888x + 13,882R^2 = 0,8061$$

$$12\text{ }^{\circ}\text{C } : y = -0,1775x^2 + 3,2746x + 18,411R^2 = 0,6137$$

$$14\text{ dias } : y = -0,5721x^2 + 5,4031x + 37,016R^2 = 1$$

$$21\text{ dias } : y = -8,6494x + 111,74 R^2 = 0,9799$$

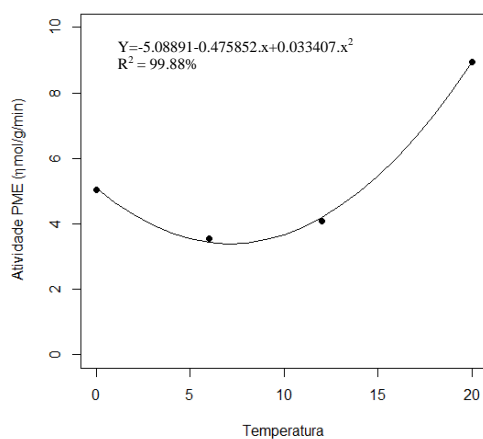


Figura 2 Valores médios de atividade de pectinametilesterase nas diferentes temperaturas de marolos armazenados em diferentes temperaturas, ao longo do tempo de armazenamento

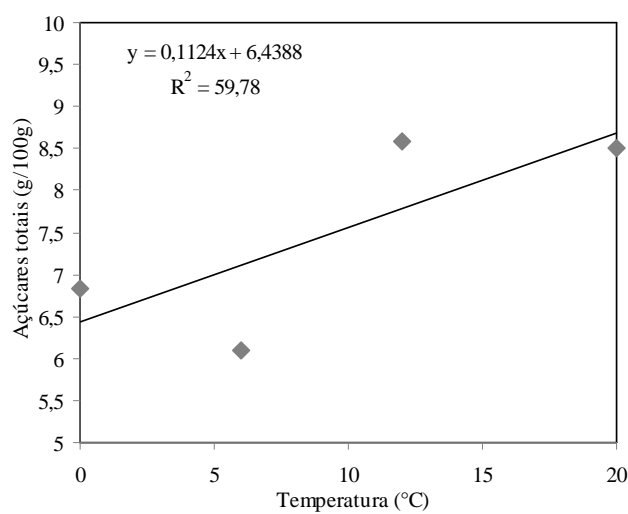


Figura 3 Valores médios, equação de regressão e coeficiente de determinação de açúcares totais em marolos, nas diferentes temperaturas de armazenamento

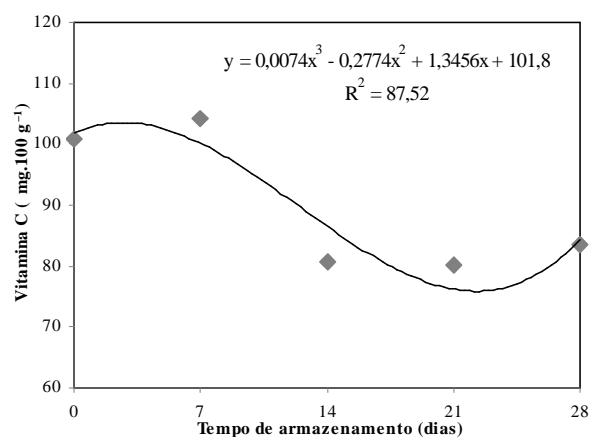


Figura 4 Médias observadas, modelo de regressão ajustado e coeficiente de determinação de vitamina C nos marolos, ao longo do armazenamento

Tabela 1 Médias de firmeza da polpa de marolo após retirado da refrigeração (Af) e amadurecido à temperatura ambiente, após retirado da refrigeração (Amad), ao longo de 28 dias de armazenamento

Temperatura	Firmeza (N)				
	Tempo de armazenamento (dias)				
	0	7	14	21	28
	15,07				
0°C	Af	34,54 ^a	36,9 ^a	116,01 ^a	63,35 ^a
	Amad	14,34 ^b	16,2 ^b	26,32 ^b	29,65 ^b
6°C	Af	43,91 ^a	48,84 ^a	51,23 ^a	112,46 ^a
	Amad	9,01 ^b	31,30 ^a	26,95 ^b	21,48 ^b
12°C	Af	42,62 ^a	19,44 ^a	12,21 ^a	-
	Amad	18,42 ^b	23,44 ^a	26,99 ^a	-
20°C*	Af	24,55 ^a	-	-	-
	Amad	11,63 ^a	-	-	-

Médias seguidas pela mesma letra na mesma coluna de cada tempo para cada temperatura não diferem significativamente, a 5% de probabilidade, pelo Teste de Tukey.

Af – após retirada do armazenamento frio

Amad - amadurecido à temperatura ambiente (20 °C)

* No caso do tratamento a 20 °C, os frutos foram mantidos no mesmo local, na etapa de amadurecimento após frio.

Tabela 2 Médias de atividade de pectinametilsterase da polpa de marolo após retirado da refrigeração (Af) e amadurecido à temperatura ambiente, após retirado da refrigeração (Amad), ao longo de 28 dias de armazenamento

	Atividade de PME (nmol/g/min)				
	Tempo de armazenamento (dias)				
	0	7	14	21	28
	3,73				
Af		4,06 ^b	3,05 ^a	1,66 ^a	2,91 ^a
Amad		11,97 ^a	3,618 ^a	2,91 ^a	3,75 ^a

Médias seguidas pela mesma letra na mesma coluna de cada tempo, para cada temperatura, não diferem significativamente, a 5% de probabilidade, pelo Teste de Tukey.

Af – após retirado do armazenamento frio

Amad - amadurecido à temperatura ambiente (20 °C)

* No caso do tratamento a 20 °C, os frutos foram mantidos no mesmo local, na etapa de amadurecimento após frio.

ARTIGO 3**AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DE MAROLOS (*Annona crassiflora*
Mart.) MINIMAMENTE PROCESSADOS ARMAZENADOS SOB
DIFERENTES TEMPERATURAS**

Della Lucia, F.*¹; Azevedo, L.²; Ferreira, E. B.³; Veiga, S. M. O. M.⁴; Olivier,
J.⁵; Vilas Boas, E. V. B.⁶

Artigo a ser submetido ao periódico *Plant Foods for Human Nutrition*, sendo
apresentado segundo suas normas de publicação.

¹Flávia Della Lucia, Universidade Federal de Alfenas, Unifal-MG, Faculdade de
Nutrição. Rua Gabriel Monteiro da Silva, 700 – Alfenas-MG. CEP: 37130-
000Tel: +55-353299-1110\Fax: +55-35-3299-1067\Email: flavia@unifal-
mg.edu.br

²Luciana Azevedo, Faculdade de Nutrição, Universidade Federal de Alfenas,
Unifal-MG, MG, Brazil.

³Eric Batista Ferreira, Instituto de Ciências Exatas, Unifal-MG, MG, Brazil.

⁴Josidel Olivier, Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Unifal-MG, MG, Brazil.

⁵Sandra Maria Oliveira Morais Veiga, Faculdade de Ciências Farmacêuticas,
Unifal-MG, MG, Brazil.

⁶Eduardo Valério de Barros Vilas Boas, Departamento de Ciência de Alimentos,
Universidade Federal de Lavras, UFLA-MG, MG, Brazil.

RESUMO

Marolo (*Annona crassiflora* Mart.) é uma fruta típica do Cerrado brasileiro, pertencente à família das anonáceas, sendo muito apreciada pelo seu exótico flavor e aroma. Devido ao seu valor nutricional e aos seus atributos sensoriais, alternativas para a sua comercialização são vantajosas, uma vez que, nas últimas décadas, houve um aumento na procura de produtos de rápido e fácil preparo, saborosos, atrativos e saudáveis. Neste estudo, buscou-se avaliar a qualidade de marolo minimamente processado, verificando possíveis alterações físicas, químicas, microbiológicas e sensoriais, durante o período de estocagem (12 dias), sob diferentes temperaturas (0 °C, 5 °C e 10 °C). Avaliaram-se coloração, sólidos solúveis (SS), acidez titulável (AT), pH, firmeza, pectinas total e solúvel, açúcares totais, percentual de sequestro de radical livre (DPPH), fenólicos totais e vitamina C e aceitabilidade de marolos minimamente processados, durante o armazenamento. Realizou-se contagem de coliformes totais e termotolerantes, *Salmonella* sp. e fungos filamentosos e leveduras. Foram coletados, selecionados e sanitizados (dicloroisocianurato de sódio (DCIS) 200 mg L⁻¹/15 min), com posterior enxágue. Os gomos foram separados e sanitizados em DCIS 20 mg L⁻¹/15 min, embalados (PET/tampa) e mantidos em BOD (0 °C, 5 °C e 10 °C), analisados nos dias 0 (controle), 3, 5, 8, 10 e 12 dias (delineamento inteiramente causalizado, fatorial 5 x 3, com um tratamento adicional). Avaliaram-se a aceitabilidade dos atributos aparência, o aroma e a impressão global ao longo do tempo, por meio de escala hedônica (9 pontos), por 50 consumidores. Conclui-se que o armazenamento a 5 °C, por até 5 dias, mostrou-se mais adequado para manter as características físicas, químicas, microbiológicas e sensoriais.

Keywords: Anonáceas; processamento mínimo; frutos do cerrado.

ABSTRACT

Marolo (*Annona crassiflora* Mart.) is a typical fruit from the Brazilian Savannah, belonging to the Annonaceae family, being highly appreciated for its exotic flavor and aroma. Because of its nutritional value and sensory attributes, alternatives for its marketing are advantageous, because in last decades there has been an increase in demand for fast and easy to prepare products, which are tasty, attractive and healthy. This study aimed at assessing the quality of minimally processed marolo, checking possible changes in physical, chemical, microbiological and sensory characteristics during the storage period (12 days) at different temperatures (0°C, 5°C and 10 °C). The color, soluble solids (SS), titratable acidity (TA), pH, hardness, total and soluble pectins, sugars, % free radical scavenging (DPPH), total phenolics and vitamin C and acceptability were evaluated. Also the counting of total and fecal coliforms, *Salmonella* sp., filamentous fungi and yeasts was carried out. Fruit was collected, selected and sanitized (Sodium dichloroisocyanurate (DCIS) 200 mg L⁻¹/15 min) with subsequent rinsing. The carpels were separated and sanitized in DCIS 20 mg.L⁻¹/15 min, packaged (PET with lid) and kept in BOD (0, 5 and 10 ° C) analyzed on days 0 (control), 3, 5, 8, 10 and 12 (completely randomized experimental design, 5 x 3 factorial, with an additional treatment). The acceptability of marolo was evaluated over time through hedonic scale (9-points) by around 50 panelists. It is concluded that storage at 5 ° C for 5 days was more appropriate to maintain the physical, chemical, microbiological and sensory characteristics.

Keywords: Annona fruits; fresh-cut; savannah fruits

1 INTRODUÇÃO

O marolo, ou araticum (*Annona crassiflora* Mart.), é uma fruta típica dos cerrados, pertencente à família das Anonáceas, muito apreciada pelo aroma e sabor peculiares dos seus frutos. É uma cultura rentável para as famílias que vivem de sua exploração, mas corre risco de extinção, devido ao desmatamento e ao extrativismo desenfreado (RIBEIRO; PASCAL, 2005).

O marolo é considerado uma espécie de interesse econômico, devido ao ótimo aproveitamento na culinária, pois, além do consumo *in natura*, fazem parte da cultura destas populações inúmeras preparações doces, salgadas e bebidas. Apresenta alto valor nutricional, por conter níveis significativos de lipídios, calorias e fibras e ser rico em magnésio e fósforo, e funcional, por veicular substâncias antioxidantes, demonstrando, assim, um grande potencial de processamento (DAMIANI et al., 2011; ROESLER, 2007).

O crescimento altíssimo na indústria de vegetais prontos para o uso se deve ao aumento da demanda por alimentos frescos, saudáveis e convenientes (RICO et al., 2007). Vegetais minimamente processados são definidos como produtos preparados por operações apropriadas, tais como corte, lavagem, classificação, sanitização, centrifugação, embalagem e armazenamento. O processo de injúria faz com que os compostos funcionais presentes no produto variem de concentração e que alguns compostos que naturalmente não estariam presentes no fruto possam apresentar sua concentração mais elevada (MORETTI, 2007). Recomenda-se o uso da refrigeração para o armazenamento de frutos minimamente processados, pois esta controla o desenvolvimento de microrganismos e retarda o metabolismo, reduzindo a taxa respiratória e a atividade enzimática, evitando ou minimizando alterações sensoriais e demais atributos de qualidade (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

São escassos os estudos com consumidores para estes produtos, pois a maioria dos estudos sobre os produtos minimamente processados se refere à qualidade microbiológica, à segurança, ao processamento e à embalagem (RAGAERT et al., 2004).

O processamento mínimo surge como uma das possíveis alternativas para a comercialização do marolo, disponibilizando o produto em mercados consumidores maiores, com a qualidade e o frescor do produto recém-colhido.

Desta forma, o estudo foi realizado com o objetivo geral de avaliar a qualidade do marolo minimamente processado, verificando alterações físicas, químicas, microbiológicas e sensoriais, ao longo do período de armazenamento (12 dias), em diferentes temperaturas (0 °C, 5 °C e 10°C).

2 MATERIAL E MÉTODOS

Material experimental

Os frutos (*Annona crassiflora* Mart.) foram colhidos na região do cerrado em Paraguaçu, Minas Gerais, Brasil (Altitude 821 m; 21°33' S, 45°48' W), em março de 2011, aproximadamente 140 dias após a antese, no estágio maduro. Foram selecionados com base nos parâmetros de uniformidade de tamanho (em média 1,50 kg), coloração da casca (verde amarelada e valores de L* 43,5, a* 4,6 e b* 12,21), abertura da malha (distância entre os carpelos em torno de 2 mm) e firmeza (em torno de 15 N).

A análise da composição centesimal da polpa do marolo antes do processamento foi realizada em triplicata, de acordo com Association of Official Analytical Chemists - AOAC (2000). O conteúdo de umidade foi determinado pela exposição à radiação infravermelho (120 °C/8 min). O teor de lipídios foi mensurado no sistema Soxhlet, pela extração com solvente éter de petróleo. O conteúdo de nitrogênio total foi analisado pelo método microkjeldahl e o fator de conversão utilizado para a transformação do nitrogênio em proteína total foi 6,25. O conteúdo de cinzas foi determinado por incineração em mufla, a 550 °C e a massa de carboidratos, por diferença.

Processamento mínimo dos frutos

Os frutos foram armazenados à temperatura ambiente e processados no momento em que atingiram as características sensoriais adequadas: distância mais pronunciada entre os carpelos, amolecimento da polpa e forte aroma característico sendo exalado.

De acordo com as boas práticas de fabricação, os frutos foram submetidos à lavagem em solução de água corrente potável e detergente neutro (0,5% v/v). Foram submetidos à sanitização na casca em solução de dicloroisocianurato de sódio (DCIS) a 200 mg.L^{-1} , durante 15 minutos. As cascas foram retiradas manualmente em recipientes higienizados e os grânulos presentes entre a casca e a polpa foram eliminados.

Os gomos foram destacados do eixo central, sanitizados (imersão em solução de DCIS a 20 mg.L^{-1} , por 15 minutos, temperatura de $15 \text{ }^{\circ}\text{C}$ a $20 \text{ }^{\circ}\text{C}$), centrifugados, acondicionados (cerca de 100 g) em embalagens plásticas rígidas de polietileno (PET) com tampa do mesmo polímero ($10,0 \times 10,0 \times 3,5 \text{ cm}$) e armazenados em BOD a $0 \text{ }^{\circ}\text{C}$, $5 \text{ }^{\circ}\text{C}$ e $10 \text{ }^{\circ}\text{C}$, UR=85 a 90%).

Análises físicas e químicas

Foram realizadas as seguintes análises físicas e químicas: perda de massa (% m/m), utilizando a pesagem das embalagens por intervalo de tempo; coloração por meio colorímetro (Minolta® modelo CR 40) no modo CIE L*, a* e b*; firmeza pelo valor de força máxima obtida por texturômetro (Texturometer Stable Micro Systems, Modelo TA – XT2i, 30% de compressão, velocidade de 2 m/s, probe cilíndrica de aço inoxidável com 6mm de diâmetro) expressa em Newtons; sólidos solúveis (SS) expressos em °Brix; acidez titulável (AT) expressa como porcentagem de ácido málico (NaOH 0,1 M, pH acima de 8.1); pH determinado por potenciometria (AOAC, 2000), atividade de água pelo método do INSTITUTO ADOLFO LUTZ (2008) e açúcares totais pelo método de Antrona (DISCHE, 1962).

As pectinas total e solúvel foram extraídas de acordo com a técnica de McCready e McComb (1952), tendo sido determinadas espectrofotometricamente, a 520 nm, segundo técnica de Blumenkrantz e

Asboe-Hansen (1973). Os resultados foram expressos em mg de ácido galacturônico por 100 g de polpa.

A análise da atividade antioxidante foi realizada pelo método fotolorimétrico *in vitro* do radical livre estável DPPH (2,2-difenil-1-picril-hidrazila), produzindo um decréscimo da absorbância a 515 nm (RUFINO et al., 2007), calculando-se o percentual de sequestro do radical DPPH a partir do padrão, sendo os resultados expressos em percentual de sequestro de radical livre (%SRL). A determinação de compostos fenólicos foi realizada pelo método proposto por Waterhouse (2002), empregando-se o reagente de Folin-Ciocalteu. Os resultados foram expressos em mg de equivalentes de ácido gálico por 100 g da amostra (mg EAG.100 g⁻¹).

Análises microbiológicas

O preparo da solução teste foi realizado utilizando-se amostras de 25 g dos frutos de cada embalagem em 225 mL solução salina peptona (diluição 1:10). Em seguida, homogeneizou-se em *shaker*, a 300 rpm, por cinco minutos, sendo preparadas diluições seriadas em solução salina 0,85% (1:100 e 1:1000) de acordo com ISO 6887-1 (INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION- ISO, 1999).

Os coliformes totais foram determinados de acordo com a ISO 4831 (ISO, 2006; KORNACKI; JOHNSON, 2001), sendo a técnica baseada no número mais provável por grama (NMP/g). As diluições foram inoculadas no caldo lauril sulfato triptose e, em seguida, no caldo bile lactosado verde brilhante. A produção de gás foi considerada positiva para a presença de coliformes. Todos os tubos positivos foram transferidos para o caldo EC e incubados, a 45 °C, por 24 horas, para a determinação do número mais provável (NMP/g) de coliformes fecais.

A contagem de fungos filamentosos e leveduras foi realizada em meio ágar batata dextrose acidificado (ácido tartárico) em incubação, a 25 °C, por 5 dias (DOWNES; ITO, 2001; TOURNAS et al., 2001; WEHR; FRANK, 2004).

Para a pesquisa de *Salmonella* sp., as amostras foram analisadas pelo método do FDA (ANDREWS; JACOBSON; HAMMACK, 2011), em que 25 g da amostra foram assepticamente transferidos para 225 mL de solução tampão salina peptonada a 37 °C e incubada por 18-24 horas. Após a incubação, 1 mL da cultura foi transferido para o meio tetracionato e 0,1 mL foi transferido para o meio Rappaport Vassiliadis R10, sendo incubados, por 24 horas, a 42 °C, para enriquecimento. As colônias que se mostraram características foram transferidas para tubos contendo ágar lisina ferro (LIA) e ágar tríplice açúcar ferro (TSI), os quais foram incubados em estufa, a 35 °C, por 24 horas (SILVA; JUNQUEIRA; SILVEIRA, 2007).

As análises foram realizadas em triplicata e a contagem de microrganismos expressa em UFC/g.

Aceitabilidade dos marolos minimamente processados

O público recrutado para participar dos testes sensoriais foram estudantes e servidores da Universidade Federal de Alfenas (UNIFAL), em Alfenas MG, Brasil, de ambos os sexos, com idade acima de 18 anos e que apreciavam o fruto. Os testes foram realizados entre 08h30min e 11h30min horas e 14h30min e 17h30min horas.

Os testes foram realizados no Laboratório de Análise sensorial da Faculdade de Nutrição da UNIFAL (nº de aprovação - Comitê de ética em pesquisa com seres humanos - UNIFAL-MG - 02/2011 – APÊNDICE A).

Foram avaliados os atributos aparência, aroma e impressão global, de acordo com escala hedônica (1- “desgostei muitíssimo”; 9 -“gostei muitíssimo”),

ao longo do armazenamento (0, 3, 5, 8, 10 e 12 dias). Cerca de 50 consumidores potenciais do produto participaram dos testes (APÊNDICE B). Cada provador avaliou três amostras do fruto (gomo com 4g em média), sendo cada amostra relativa a uma temperatura de armazenamento (0 °C, 5 °C e 10 °C).

As amostras foram dispostas em embalagens plásticas com tampa, dentro das cabines, codificadas com números aleatórios de três dígitos e apresentadas de uma só vez, em ordem balanceada, em cada tempo de análise. Foi oferecido um copo de 100 mL de água aos provadores, para enxaguar a boca entre cada análise.

Delineamento experimental e análises estatísticas

Os experimentos foram conduzidos em delineamento inteiramente casualizado (DIC) e esquema fatorial duplo com um tratamento adicional ($5 \times 3 + 1$), sendo 5 tempos de armazenamento (0 - adicional, 3, 5, 8, 10 e 12 dias) 3 temperaturas de armazenamento (0 °C, 5 °C e 10 °C).

Para análise microbiológica, o experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado, esquema fatorial triplo ($5 \times 3 \times 2$), em 5 tempos de estocagem (3, 5, 8, 10 e 12 dias) e três temperaturas de estocagem (0,5 °C e 10 °C) e sanitização com solução de DCIS 20 mg/mL ou apenas água (controle).

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância, seguida de ajuste de modelos de regressão ou teste de Tukey, a 5% de significância e mapa de preferência interno e externo (impressão global explicado pelas outras variáveis sensoriais). As análises estatísticas foram realizadas nos softwares Sisvar (FERREIRA, 2011) e R (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2012), pacotes *ExpDes* (FERREIRA; CAVALCANTI; NOGUEIRA, 2011) e *SensoMineR* (HUSSON; LÊ; CADORET, 2011).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Caracterização da matéria-prima

Diversos autores ressaltam o importante valor nutritivo e funcional do marolo (DAMIANI et al., 2011; DRAGANO et al., 2010; VILAS-BOAS; SILVA, 2009). Sua caracterização centesimal apontou-o como uma excelente fonte de carboidratos ($21,38 \text{ g} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$), incluindo fibras e glicídeos, que contribuem para a estrutura e textura dos tecidos, salientando-se a importância dos glicídeos como fonte de energia, especialmente dos açúcares no sabor, além da importância funcional das fibras. Estes valores foram semelhantes ao da pinha ($19,6 \pm 1 \text{ g} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ de carboidratos e $1,4 \pm 0,6 \text{ g}$ de fibras). O teor de umidade foi de $75,42 \pm 0,68 \text{ g} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$. Estes valores são similares aos de outras anonáceas, como pinha e cherimoia ($72,6 \pm 2,4$ e $77,3 \pm 3 \text{ g} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$, respectivamente) (PAREEK et al., 2011).

O teor de proteínas ($1,44 \pm 0,1 \text{ g} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$) é baixo, assim como na maioria dos frutos (1 a $2 \text{ g} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$). Apresenta teor de lipídios de $1,26 \pm 0,22 \text{ g} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$, superior ao de outras anonáceas, tais como a cherimoia, graviola e pinha ($0,3 \pm 0,2$; $0,6 \pm 0,3$ e $0,4 \pm 0,3 \text{ g} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$) (PAREEK et al., 2011).

O conteúdo de cinzas da polpa de marolo ($0,50 \pm 0,1 \text{ g} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$) é similar ao de outras anonáceas e à média geral de diversos frutos do cerrado ($0,9 \text{ g} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$), contribuindo com o aporte de minerais na alimentação (SILVA et al., 2008).

Avaliação física e química do marolo minimamente processado

Marolos minimamente processados foram armazenados por até 12 dias, sob $0 \text{ }^\circ\text{C}$, $5 \text{ }^\circ\text{C}$ ou $10 \text{ }^\circ\text{C}$. A perda de massa nos frutos minimamente processados foi mais intensa a partir do 5º dia de armazenamento (10 %), estabilizando

depois, independente da temperatura de armazenamento. Houve diferença na firmeza dos gomos ao longo do tempo ($p = 0,008$). As médias oscilaram, apresentando um ligeiro endurecimento, seguido de amaciamento no oitavo dia. A partir daí, os gomos mostraram crescente endurecimento (Figura 1).

Este amaciamento, seguido de endurecimento, pode ser explicado pela perda do turgor celular, ocasionada pela transpiração, que pode ser associada à perda de massa que ocorreu até o sexto dia. Além disso, enzimas de amaciamento de parede celular (pectinases e hemicelulases) podem estar associadas ao amaciamento do produto. O endurecimento ao final do tempo de armazenamento pode ser devido à excessiva perda de água pela transpiração, pelo tempo de exposição ao frio.

A claridade (L^*) do marolo minimamente processado variou significativamente em função da interação entre tempo e temperatura ($p=0,02$) (Figura 2). Observou-se queda no valor L^* a partir do terceiro dia de armazenamento. Já o valor L^* dos frutos armazenados a $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ e a $5\text{ }^{\circ}\text{C}$ permaneceu relativamente estável até o 10^o dia, diminuindo do 10^o ao 12^o dia de armazenamento. Marolos minimamente processados armazenados a $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ e a $5\text{ }^{\circ}\text{C}$ apresentaram maior valor L^* que aqueles armazenados a $10\text{ }^{\circ}\text{C}$, do 3^o ao 10^o e do 8^o ao 10^o dia de armazenamento, respectivamente. Logo, as temperaturas mais baixas reduziram a taxa de escurecimento deste produto. Não houve diferença entre os frutos, a $5\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($p = 0,08$), que mantiveram constantes suas médias de claridade até o 12^o dia (75,52), similarmente aos produtos a $0\text{ }^{\circ}\text{C}$, a partir do 8^o dia, ambos mostrando mais claridade que aqueles mantidos a $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ no mesmo período (73 no 8^o dia). No 12^o dia, não houve diferença entre as médias (74,17; 71,80 e 73,77, a $0\text{ }^{\circ}\text{C}$, $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ e $5\text{ }^{\circ}\text{C}$, respectivamente).

Os valores a^* e b^* não foram afetados pelas temperaturas, sofrendo variações ao longo do armazenamento. A partir do 5^o dia, independentemente da temperatura, os marolos minimamente processados apresentaram aumento

significativo nos valores a^* (+6 para +8,5) e decréscimo nos valores b^* (+35,9 para +33), conferindo uma tonalidade mais alaranjada à polpa. Essa evolução de coloração ao longo do amadurecimento é característica de frutos com elevado teor de carotenoides, como o marolo, que tem importante quantidade, 2822 $\mu\text{g}\cdot 100\text{ g}^{-1}$ (DRAGANO et al., 2010).

O ângulo Hue (h°) mostrou diferença significativa em relação ao tempo e à temperatura ($p = 10^{-4}$ e $p = 0,03$, respectivamente). Não houve diferença significativa entre as médias do tempo 0 e do fatorial. Houve decréscimo do h° a partir do 5º dia, mostrando um aumento da tonalidade amarela. Os frutos armazenados a 10 °C exibiram coloração um pouco menos amarelada (76,87) que os frutos armazenados a 5 °C e a 0 °C (78,513 e 78,519, respectivamente), que não diferiram entre si, embora tenha sido uma diferença muito pequena entre todos eles. A intensidade da coloração (C^*) mostrou diferença somente em relação ao tempo ($p=0,03$), mostrando queda, principalmente, a partir do 8º dia (Figura 3).

Não houve variação no teor de sólidos solúveis em função do tempo ($p=0,141$) e das temperaturas testadas ($p=0,286$). As médias variaram de 12,7 a 14,6 °Brix, estando abaixo daquelas encontradas por Dragano et al. (2010) ($20,26\pm 1,99$ °Brix). O estímulo à respiração devido às injúrias sofridas pode depletar as reservas, porém, não houve alterações neste perfil. Provavelmente, ocorreu conversão de amido em açúcares ao longo do armazenamento, repondo a depleção causada pela aceleração da respiração durante o armazenamento, mantendo assim o equilíbrio (BRECHT et al., 2007).

Os açúcares totais variaram significativamente ao longo do tempo de armazenamento ($p = 0,004$) (Figura 4). Houve pouca diferença entre as médias de açúcares totais do início do armazenamento ao 8º dia ($8.148\text{ mg}\cdot 100\text{ g}^{-1}$). A partir daí, observou-se uma ligeira oscilação, sendo os menores valores observados no 10º e 12º dias (6.760 e $7,96\text{ mg}\cdot 100\text{ g}^{-1}$, respectivamente),

sugerindo um consumo dos açúcares pelo metabolismo do fruto. Não houve diferença entre as temperaturas de estocagem ($p=0.671$).

Observou-se interação significativa entre tempos e temperaturas para a variável acidez titulável ($p<0,005$). Não houve diferença significativa para a acidez titulável, para os frutos a 0 °C e a 5 °C. Já os frutos armazenados a 10 °C mostraram diferença na acidez titulável ao longo do armazenamento, permanecendo estáveis até o 5º dia, elevando-se a partir daí (Figura 5A). Na Figura 5 observa-se a variação nas temperaturas aos 10 e aos 12 dias, evidenciando aumento, principalmente aos 10 °C, nos mesmos, sendo maior aos 12 dias.

A variável pH apresentou interação entre tempo e temperatura significativa ($p<0,005$). Na temperatura de 0 °C, o pH mostrou um comportamento de ligeiro decréscimo, seguido de um aumento aos 8 dias de armazenamento e posterior decréscimo (Figura 6). O mesmo comportamento foi observado quando armazenado a 5°C. Porém, quando armazenado a 10 °C, o comportamento mostra um ligeiro aumento, seguido de queda brusca e contínua a partir do 8º dia (5,0 para 3,5, no 12º dia).

Em relação à atividade de água (A_w), houve diferença significativa entre a média do tratamento adicional (média do dia 0 - 0,815) e a média do fatorial (0,947) ($p<0,005$). Houve diferença em relação ao tempo de armazenamento ($p<0.005$). A atividade de água (A_w) aumentou até 5º dia, mantendo-se, depois, até o fim do armazenamento ($A_w= 0,96$) (Figura 7A). Esse fato pode ser explicado pelas diferenças de umidade relativa do ar no ambiente interno da embalagem que, com o passar do tempo de estocagem, foi se elevando pela troca de umidade com o ambiente da câmara fria, podendo favorecer a contaminação principalmente por fungos. Frutas e hortaliças minimamente processados com alto pH ($> 4,6$) e atividade de água ($> 0,85$) são altamente perecíveis, quando

não são submetidos a processos de preservação, o que os leva a indesejáveis mudanças biológicas e bioquímicas (BASTOS, 2006).

Houve aumento no teor de pectina solúvel no decorrer do armazenamento (156,01 mg.100 g⁻¹ no tempo 0 e 265,73 mg.100 g⁻¹ média do fatorial) (p=0,004). A interação entre tempo e temperatura foi significativa (p=10⁻⁴), ocorrendo um aumento no teor de pectina solúvel na maioria dos tratamentos ao longo do tempo, mantendo-se mais elevado (Tabela 1). Somente para os frutos armazenados a 5 °C é que, ao longo do tempo, não houve diferença significativa (p = 0,05)

Houve aumento no teor de pectinas totais durante o armazenamento atingindo valores acima de 1.000 mg.100 g⁻¹ no 12º dia (p<0,005). A média do tempo 0 (406,33 mg.100 g⁻¹) foi significativamente menor que a média do fatorial (791,77 mg.100 g⁻¹) (p=0,003) (Figura 7B).

Houve diferença entre as temperaturas (p=0,018), tendo o fruto armazenado a 0 °C apresentado menores teores de pectina total (675,56 mg.100⁻¹) e os armazenados a 5 °C, maiores teores (896,90 mg.100⁻¹). Os frutos armazenados a 10° C mostram médias intermediárias, não diferindo dos demais (802,84 mg.100⁻¹). Apesar de este aumento não ser o comportamento esperado para frutos em geral, Carvalho et al. (2001) e El-Bulk, El-Babiker e El-Tinay (1997) também constataram aumento no teor de pectina total em goiabas, o que pode sugerir uma possível síntese destes compostos por frutos ainda metabolicamente ativos.

Não houve diferença entre a média do tempo 0 e das médias do fatorial(p=0,707) e nem entre as temperaturas de armazenamento (p=0,489) para a atividade antioxidante total. Houve apenas diferença significativa ao longo do tempo entre os frutos armazenados nas diferentes temperaturas (p=0,031). Verificou-se diferença significativa entre o 3º dia de armazenamento (83,52% SRL) e o 5º dia, mostrando uma queda no 5º dia (63,96% SRL), seguido

de ligeiro aumento e estabilização nos dias subsequentes (72,84, 79,09 e 73,24 %SRL nos dias 8, 10 e 12 de armazenamento, respectivamente). As médias dos dias 8, 10 e 12 não diferiram entre si e nem dos outros tempos, mostrando-se intermediárias.

Não se observou diferença significativa no teor de fenólicos totais em nenhuma fonte de variação estudada ($p \geq 0,05$). As médias variaram de 741,06 a 1295,21 mg. GAE.100 g⁻¹. Como houve um comportamento diferente da atividade antioxidante em comparação ao teor de fenólicos totais, sugere-se que não podem ser associados, sendo, então, possível que a associação ocorra com outros compostos antioxidantes, como carotenoides, presentes em quantidades importantes neste fruto.

Aceitabilidade do marolo minimamente processado ao longo do armazenamento

Houve diferença estatística ao longo do tempo e nas diferentes temperaturas de armazenamento na aceitabilidade dos atributos aparência, aroma e impressão global ($p \leq 0,05$). Não houve interação significativa entre os tratamentos e os tempos avaliados ($p > 0,05$). Em relação à aparência, ao longo do tempo, houve uma ligeira queda nos escores de aceitabilidade (a partir do 5º dia), provavelmente, devido à mudança de cor que ocorre, evidenciada pela redução no valor L*e C* (redução da claridade), que sugere escurecimento e perda de intensidade de cor, em especial ao final do armazenamento. A aceitabilidade do atributo aparência variou significativamente entre as temperaturas 10 °C e 5 °C. A temperatura de 5 °C foi a que apresentou o maior escore (6,91) e a temperatura de 10 °C, o menor (6,57). A média da temperatura de 0 °C (6,86) apresentou-se intermediária, não diferindo dos outros tratamentos (Figura 8).

Houve aumento nos escores de aceitabilidade do atributo aroma no 3º dia, seguido de queda no oitavo dia e, depois, retorno ao escore inicial ao final. Em relação às diferentes temperaturas, o maior escore foi na temperatura de 5 °C (7,27), que diferiu significativamente da temperatura de 10 °C (6,92). A temperatura de 0 °C apresentou média de aceitabilidade intermediária (7,05) e não diferiu das demais temperaturas. Os consumidores, ao avaliarem a aceitabilidade do atributo impressão global, relataram oscilações durante o período de armazenamento, apresentando um aumento no escore médio no 5º dia, decréscimo no 8º, e seguido de outro aumento no 10º dia até o 12º dia.

O aroma é uma característica sensorial importante e valorizada para os consumidores do marolo e parece relativamente preservada no processamento mínimo realizado, visto que as médias se mantiveram satisfatórias (acima de 6,9).

A maior média de aceitação para impressão global foi na temperatura de 5 °C, que diferiu significativamente de 10 °C, sendo a média a 0 °C intermediária e não diferindo das demais. De modo geral, para todos os atributos sensoriais, os dados demonstram que há uma tendência de queda nas médias de aceitação do 5º para o 8º dia. Sendo assim, verifica-se que a temperatura de 5 °C por até 5 dias seria a mais indicada para a manutenção da qualidade sensorial.

Estabilidade microbiológica

Analisando-se todas as amostras (controle e tratadas), constatou-se ausência de *Salmonella* sp. em 25 g de amostra, em todas as temperaturas de armazenamento. Nenhuma diferença significativa na contagem de coliformes fecais foi observada nos marolos minimamente processados, durante 12 dias a 0 °C, 5 °C e 10 °C. A contagem de coliformes totais encontrada foi ≤ 4 NMP/g do fruto “in natura”, nos diferentes tempos de análise e temperaturas de estocagem.

A contagem de coliformes termotolerantes apresentou resultados ≤ 3 NMP/g, sendo aceitável até 5×10^2 NMP/g (BRASIL, 2001). Todos os resultados estavam dentro dos padrões estabelecidos pela legislação brasileira, europeia e da Nova Zelândia (BRASIL, 2001; COMMISSION REGULATION, EUROPEAN COMMUNITIES - EC, 2005; NEW ZEALAND FOOD SAFETY AUTHORITY, 2005). Oliver, Germano e Veiga (2012) reportam, em seu estudo, uma redução significativa (82,08%) e de, pelo menos, um ciclo logaritmo no NMP de *E. coli*/g do marolo artificialmente contaminado, sendo o DCIS 200 mg.L⁻¹ mais eficiente que o ozônio.

A interação entre sanitizante, temperaturas e tempo foi significativa quanto ao crescimento de fungos filamentosos e leveduras (Tabela 2). Para a temperatura de 0 °C, houve diferença significativa ($p < 0,05$) entre os grupos controle e tratados, a partir do 8º dia de armazenamento. Na temperatura de 5 °C, detectou-se diferença significativa entre os grupos controle e tratados, em quatro tempos de armazenamento (3, 5, 8 e 10 dias), ressaltando, ainda, que, no 5º dia, o grupo tratado estava 2,9 log abaixo do controle. A 10 °C não houve diferença significativa entre o grupo controle e tratado, com exceção do 3º dia.

Nas temperaturas de 0 °C e 5 °C, após 5 dias de armazenamento, observou-se redução no crescimento de fungos filamentosos e leveduras, o que sugere que o metabolismo e a reprodução dos fungos seja prejudicado.

De acordo com Silva, Junqueira e Silveira (2007), os fungos filamentosos e leveduras são indicadores higiênicos e suas contagens elevadas nos alimentos podem estar associadas a matérias-primas com contaminação excessiva, falhas no processamento e/ou estocagem, contaminação ambiental durante a manipulação ou armazenamento prolongado sob refrigeração.

As placas mantidas a 10 °C apresentaram crescimento de fungos filamentosos e leveduras distintos das anteriores. Nesta temperatura, o marolo degradou-se rapidamente, apresentando escurecimento aos 4 dias e curva

crescente de desenvolvimento de fungos filamentosos e leveduras, tendo essas características sido mais nítidas a partir do 5º dia. Santos e Oliveira (2012) relatam que um armazenamento a 10 °C pode ser arriscado para a segurança do produto, pois é o suficiente para que a maioria dos microrganismos patogênicos presentes se desenvolva. Os valores de pH mais ácidos nesta temperatura, diferentemente das demais, podem ser devido ao crescimento fúngico. A explicação poderá advir do fato de que os frutos apresentam maiores quantidades de açúcar e pHs mais ácidos (4,6 ou menos), o que desfavorece o crescimento de bactérias que não sejam as lácticas. Portanto, os fungos prevalecem nestes alimentos (PORTE; MAIA, 2005; WILEY, 1997).

Ressalta-se o fato de que a temperatura de armazenamento é, talvez, mais importante que a própria sanitização no controle microbiológico, visto que nenhum sanitizante esteriliza o produto. O melhor resultado da interação entre sanitizante, temperaturas e tempo para fungos filamentosos e leveduras foi para a temperatura de armazenamento de 5 °C, sendo uma temperatura eficiente e com menor gasto de energia do que a 0 °C.

4 CONCLUSÃO

Recomenda-se o armazenamento do marolo minimamente processado a 5 °C por até 5 dias, visando à obtenção de um produto com qualidade físico-química, microbiológica e sensorial assegurada.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Capes, ao CNPq e à Fapemig, pelo apoio financeiro; à UNIFAL-MG e à UFLA, pelo apoio constante.

REFERÊNCIAS

ANDREWS, W. H.; JACOBSON, A.; HAMMACK, T. *Salmonella*. In: FOOD AND DRUG ADMINISTRATION. **Bacteriological analytical manual online**. Silver Spring, 2011. chap. 5.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis of Association of Official Analytical Chemists International**. 17th ed. Gaithersburg, 2000. 2200 p.

BASTOS, M.S.R. **Frutas minimamente processadas**: aspectos de qualidade e segurança. Fortaleza: EMBRAPA Agroindústria Tropical, 2006. 59 p. (Documentos, 103).

BLUMENKRANTZ, N.; ASBOE-HANSEN, G. New method of quantitative determination of uronic acids. **Analytical Biochemistry**, New York, v. 54, p. 484-489, 1973.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Resolução nº 12**, de 2 de janeiro de 2001. Regulamento técnico sobre os padrões microbiológicos para alimentos. Brasília, 2001. Disponível em: <http://portal.anvisa.gov.br/wps/wcm/connect/a47bab8047458b909541d53fbc4c6735/RDC_12_2001.pdf?MOD=AJPERES>. Acesso em: 10 dez. 2012.

BRECHT, J. K. et al. **Manual de processamento mínimo de frutas e hortaliças**. Brasília: EMBRAPA Frutas e Hortaliças; SEBRAE, 2007. 531 p.

CARVALHO, H.A. et al. Efeito da atmosfera modificada sobre componentes da parede celular da goiaba. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.25, n. 3, p.605-615, maio/jun. 2001.

CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutas e hortaliças: fisiologia e manuseio**. 2. ed. Lavras: UFLA, 2005. 785 p.

COMMISSION REGULATION, EUROPEAN COMMUNITIES. Regulation n° 2.073, of 15 of november of 2005. On microbiological criteria for foodstuffs. **Official Journal of European Communities**, Geneve, n. 22, Dec. 2005. Disponível em: <<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2005:338:0001:0026:EN:PDF>>. Acesso em: 10 ago. 2012.

DAMIANI, C. et al. Characterization of fruits from the savanna: araçá and marolo. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 31, n. 3, p. 723-729, jul./set. 2011.

DISCHE, Z. General color reactions. In: WHISTLER, R. L.; WOLFRAM, M. L. (Ed.). **Carbohydrate chemistry**. New York: Academic, 1962. p. 477-512.

DOWNES, F. P.; ITO, K. (Ed.). **Compendium of methods for the microbiological examination of foods**. 4th ed. Washington: American Public Health Association, 2001. 676 p.

DRAGANO, N. R. V. et al. Influence of marolo (*Annona crassiflora* Mart.) pulp intake on the modulation of mutagenic/antimutagenic processes and its action on oxidative stress in vivo. **Plant Foods for Human Nutrition**, Dordrecht, v. 65, n. 4, p. 319-325, 2010.

EL-BULK, R. E.; EL-BABIKER, F. E.; EL-TINAY, A. H. Changes in chemical composition of fruits during development and ripening. **Food Chemistry**, London, v.59, n. 3, p.395-399, July 1997.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, nov./dez. 2011.

FERREIRA, E. B.; CAVALCANTI, P. P.; NOGUEIRA, D. A. Experimental Designs: um pacote R para análise de experimentos. **Revista da Estatística UFOP**, Ouro Preto, v. 1, n. 1, p. 1-9, 2011.

FRANCO, B. D. G. M.; LANDGRAF, M. **Microbiologia dos alimentos**. São Paulo: Atheneu, 2008.182p.

HUSSON, F.; LÊ, S.; CADORET, M. **Senso Mine R**:sensory data analysis with R. R Package Version 1.14. Disponível em: <<http://CRAN.R-project.org/package=SensoMineR>>. Acesso em: 20 dez. 2011.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**.São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2008. 1020 p.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 4831**: microbiology: general guidance for the enumeration of coliforms: most probable number technique. Geneve, 2006. 11 p.

_____.**ISO 6887-1**: microbiology of food and animal feeding stuffs: preparation of test samples, initial suspension and decimal dilutions for microbiological examination: part 1: general rules preparation of the initial suspension and decimal dilutions. Geneve, 1999.5 p.

KORNACKI, J. L.; JOHNSON, J. L. *Enterobacteriaceae*, coliforms, and *Escherichia coli* as quality and safety indicators. In: AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. **Compendium of methods for the microbiological examination of foods**.4th ed. Washington, 2001. p.69-82.

MCCREADY, P. M.; MCCOMB, E. A. Extraction and determination of total pectic material. **Analytical Chemistry**, New York, v. 24, n. 12, p. 1586-1588, 1952.

MINIM, V. P. R. **Análise sensorial**: estudos com consumidores. Viçosa, MG: UFV, 2006. 225 p.

MORETTI, C. L. **Manual de processamento mínimo de frutas e hortaliças**. Brasília: EMBRAPA Frutas e Hortaliças; SEBRAE, 2007. 531p.

NEW ZEALAND FOOD SAFETY AUTHORITY. **A guide to calculating the shelf life of foods**. Wellington, 2005. 30 p.

OLIVER, J. C.; GERMANO, J. L.; MORAIS, S. M. O. Eficiência de sanificantes alternativos sobre frutos contaminados artificialmente com *Escherichia coli*. **Revista da Universidade Vale do Rio Verde**, Três Corações, v. 10, n. 2, p. 351-359, ago./dez. 2012.

PAREEK, S. et al. Postharvest physiology and technology of *Annona* fruits. **Food Research International**, Barking, v. 44, n. 7, p. 1741-1751, 2011.

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

R DEVELOPMENT CORE TEAM. **R: a language and environment for statistical computing**. Vienna: R Foundation for Statistical Computing, 2012. Software.

RAGAERT, P. et al. Consumer perception and choice of minimally processed vegetables and packaged fruits. **Food Quality and Preference**, Barking, v. 15, n. 3, p. 259-270, Apr. 2004.

RIBEIRO, M. N. O.; PASCAL, M. **Tecnologia na produção do marolo**. Lavras: UFLA, 2005. 20 p. (Boletim Técnico, 129).

RICO, D. et al. Extending and measuring the quality of fresh-cut fruit and vegetables: a review. **Trends in Food Science & Technology**, Cambridge, v. 18, n. 7, p. 373-386, July 2007.

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

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

SANTOS, J. S.; OLIVEIRA, M. B. P. P. Revisão: alimentos frescos minimamente processados embalados em atmosfera modificada. **Brazilian Journal of Food Technology**, Campinas, v. 15, n. 1, p. 1-14, jan./mar. 2012.

SILVA, M.R. et al. Chemical characterization of native species of fruits from savanna ecosystem. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 38, n. 6, p.1790-1793, set. 2008.

SILVA, N.; JUNQUEIRA, V. C. A.; SILVEIRA, N. F. A. **Manual de métodos e análise microbiológica de alimentos**. 3. ed. São Paulo: Varela, 2007.544 p.

TOURNAS, V. et al. Yeasts, molds and mycotoxins. In: _____. **Bacteriological analytical manual online**. 18th ed. Washington: AOAC, 2001. Disponível em: <<http://www.cfsan.fda.gov>>. Acesso em: 10 mar. 2013.

VILAS-BOAS, E. V. B.; SILVA, E. P. Maturação controlada de marolo: um caso a ser estudado. In: SIMPÓSIO SULMINEIRO DO MAROLO E FRUTAS DO CERRADO, 1., 2009, Alfenas. **Anais...** Alfenas: UNIFAL, 2009. 1 CD-ROM.

WATERHOUSE, A. L. Polyphenolics: determination of total phenolics. In: WROLSTAD, R. E. (Ed.). **Current protocols in food analytical chemistry**. New York: J. Wiley, 2002. p. 11.1.1-11.1.8.

WEHR, H. M.; FRANK, J. H. **Standard methods for the microbiological examination of dairy products**. 17th ed. Washington: American Public Health Association, 2004.570 p.

WILEY, R. C. **Frutas y hortalizas minimamente processadas y refrigeradas**. Zaragoza: Acribia, 1997. 362 p.

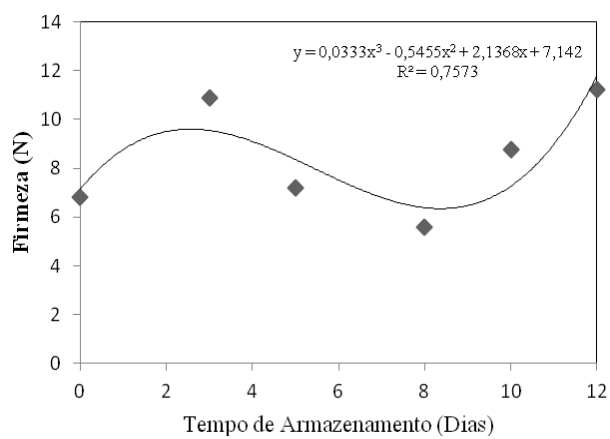
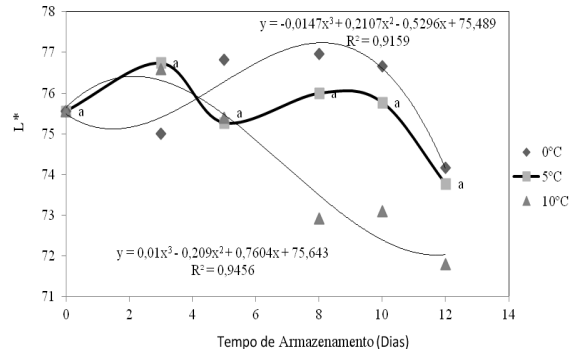
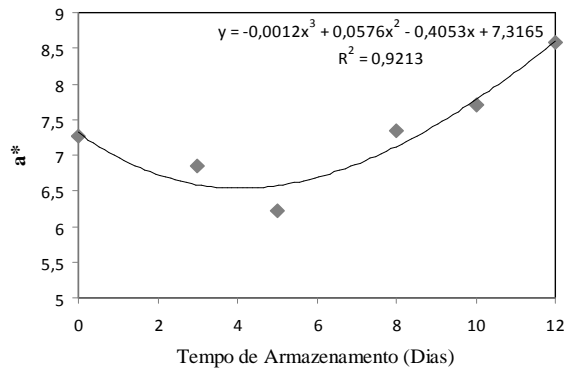


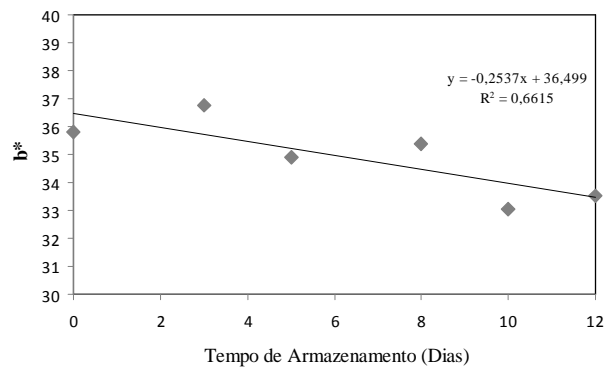
Figura 1 Médias observadas, modelo de regressão ajustado e coeficiente de determinação de firmeza no marolo minimamente processado, ao longo do armazenamento



A



B



C

Figura 2 Médias dos parâmetros de coloração em marolos minimamente processados, ao longo do armazenamento A), luminosidade, nas diferentes temperaturas (L) B) a^* C) b^*

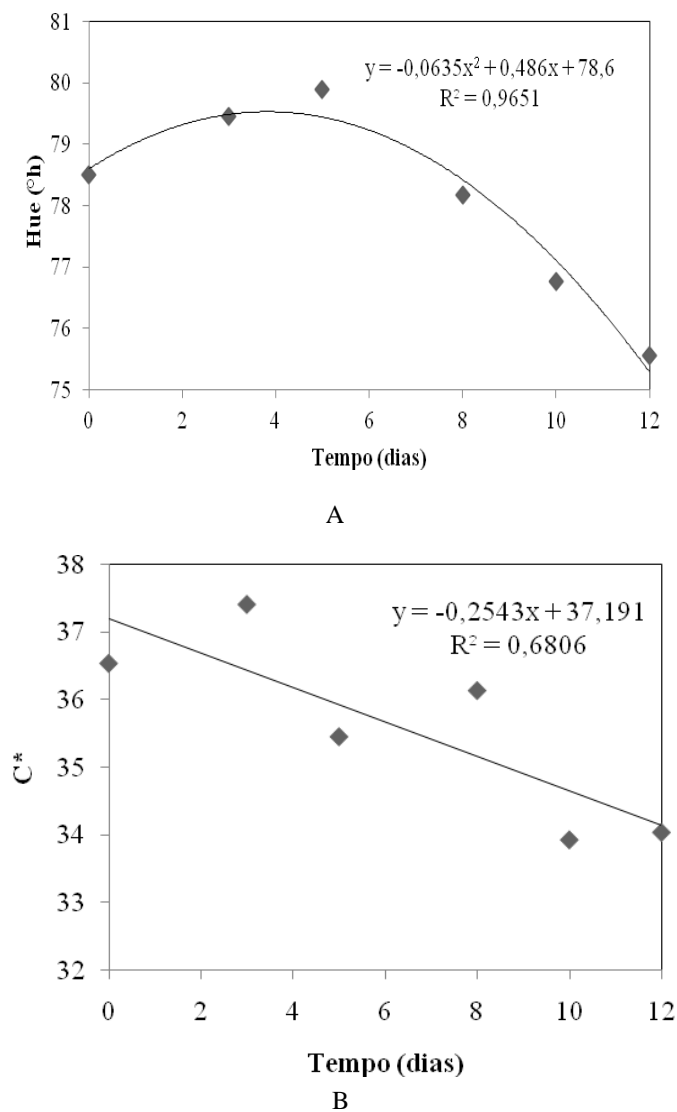


Figura 3 Médias dos parâmetros de coloração em marolos minimamente processados, ao longo do armazenamento, A) luminosidade, nas diferentes temperaturas A) Ângulo Hue (°h) e B) cromaticidade (C*)

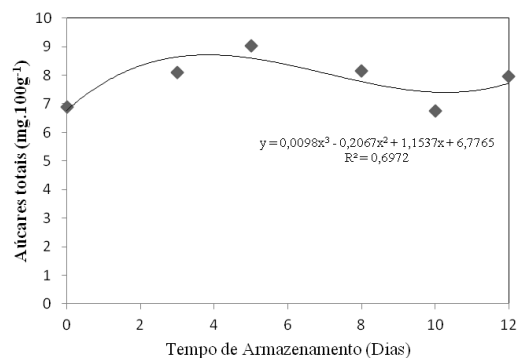


Figura 4 Médias observadas, modelo de regressão ajustado e coeficiente de determinação para açúcares totais no marolo minimamente processado, ao longo do armazenamento

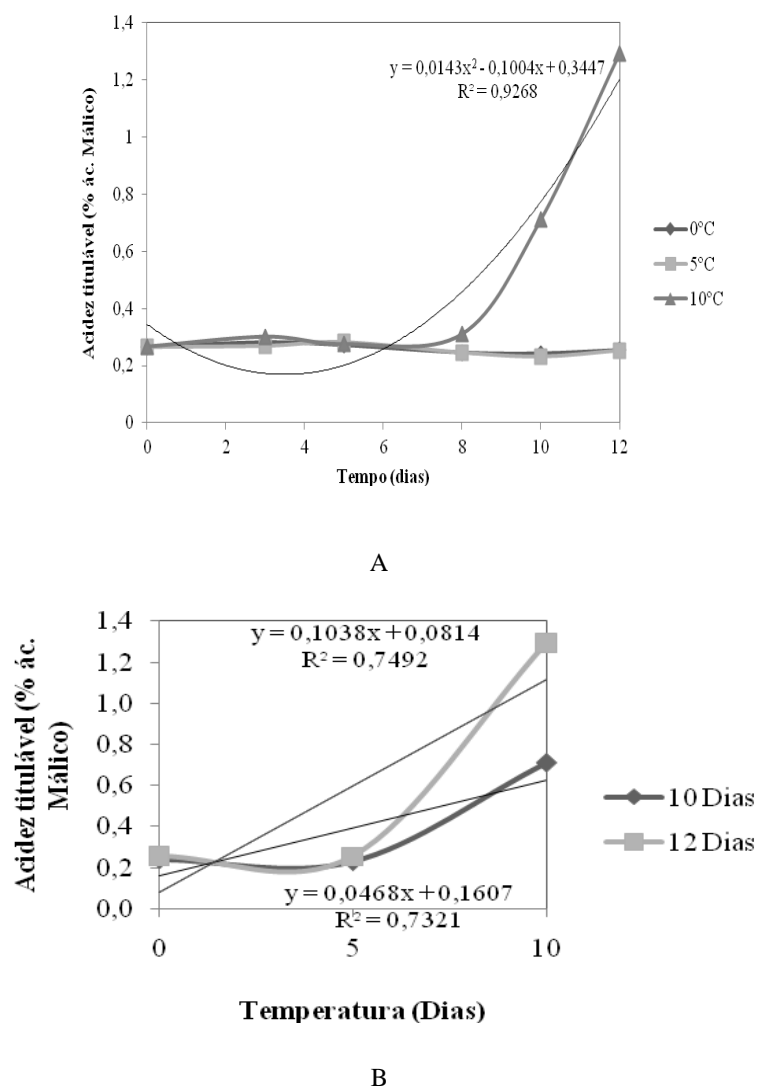
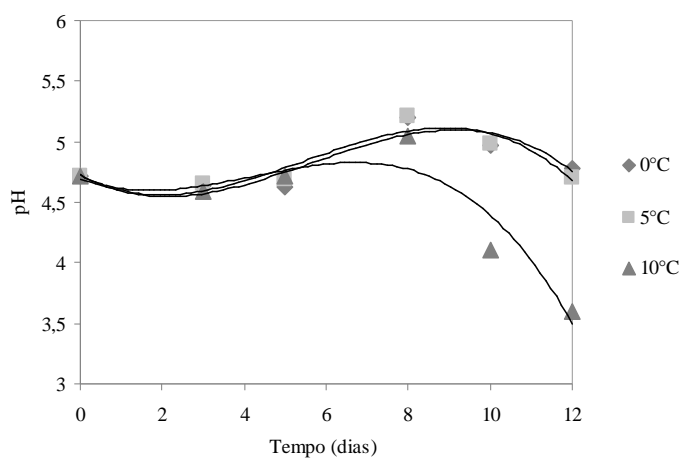
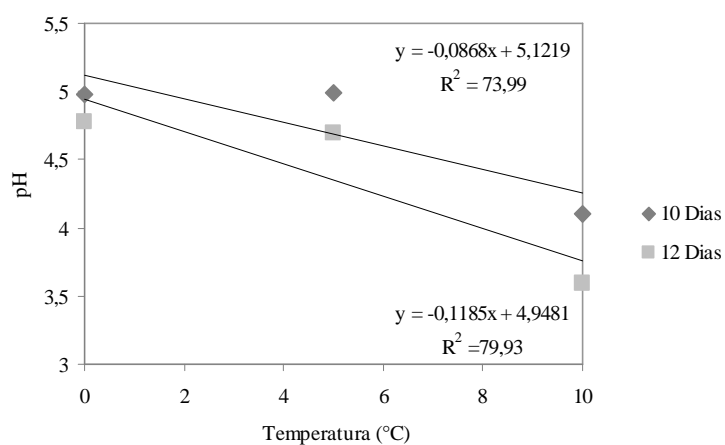


Figura 5 Médias observadas, modelo de regressão ajustado e coeficiente de determinação para acidez titulável no marolo minimamente processado, a 10 °C, ao longo do armazenamento (A) e nos dias 10 e 12 de armazenamento, nas diferentes temperaturas (B)



A



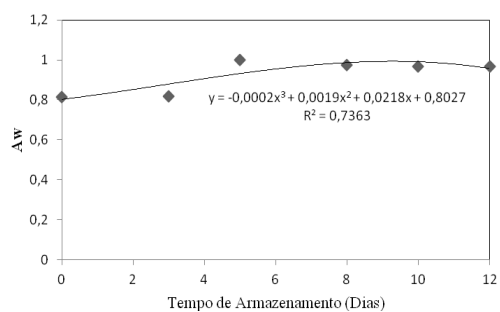
B

Figura 6 Médias observadas, modelo de regressão ajustado e coeficiente de determinação para pH em marolo minimamente processado, ao longo do armazenamento*(A) e aos 10 e aos 12 dias, nas diferentes temperaturas (B)

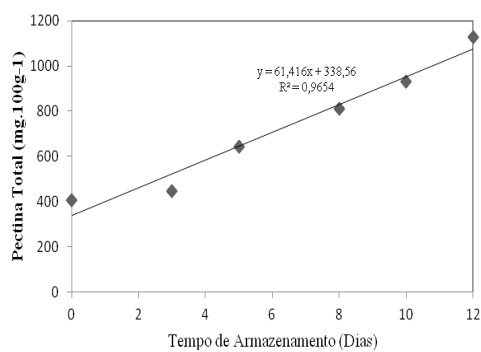
$$*0^{\circ}\text{C}: y=4,72-0,18x+0,05x^2-0,003x^3 \quad R^2 = 79,82\%$$

$$5^{\circ}\text{C} \quad y=4,72-0,17x+0,05x^2-0,003x^3 \quad R^2 = 86,52\%$$

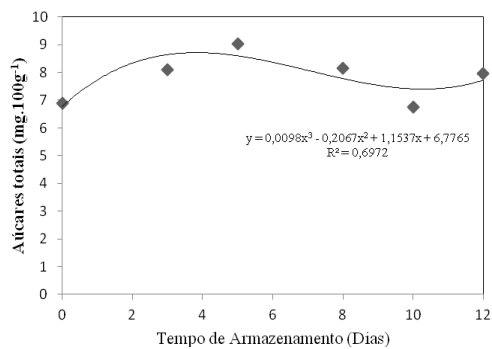
$$10^{\circ}\text{C}: y=4,69-0,12x+0,046x^2-0,003x^3 \quad R^2 = 87,53\%$$



A



B



C

Figura 7 Médias observadas, modelo de regressão ajustado e coeficiente de determinação para atividade de água (Aw) e pectina total em marolo minimamente processado, ao longo do tempo de armazenamento

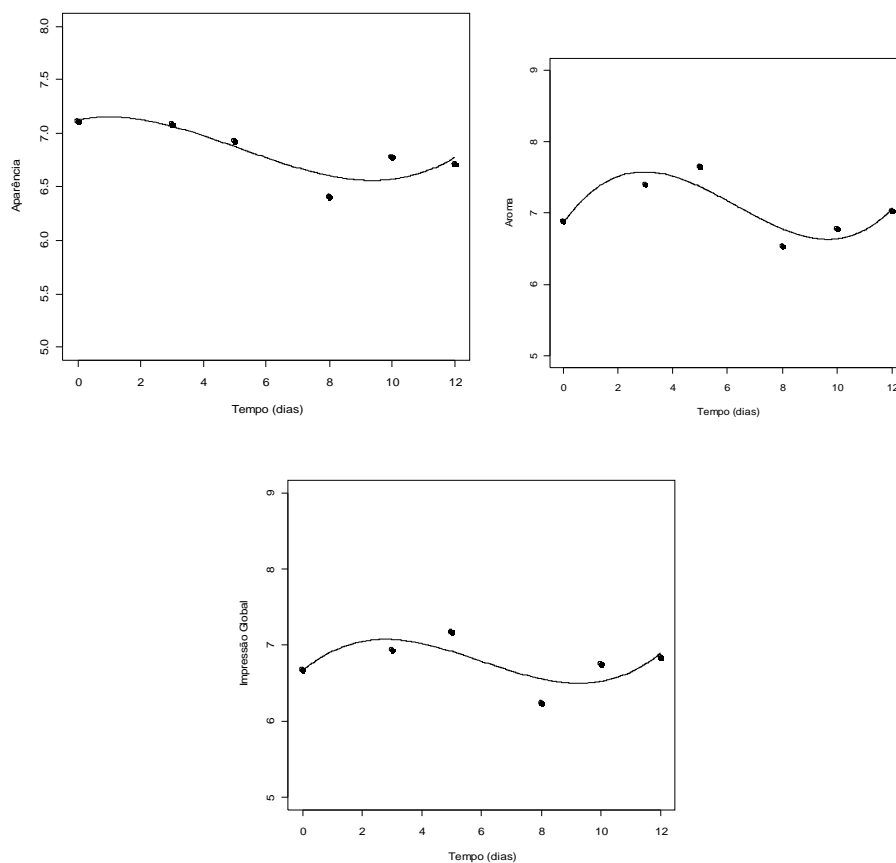


Figura 8 Médias observadas, modelo de regressão ajustado e coeficiente de determinação* para aceitabilidade da aparência, aroma e impressão global do marolo minimamente processado, ao longo do tempo de armazenamento

*Aparência: $Y = 7,12 + 0,05x - 0,031x^2 + 0,001x^3$ $R^2 = 75,21\%$

Aroma : $Y = 6,85 + 0,54x - 0,11x^2 + 0,006x^3$ $R^2 = 77,41\%$

Impressão global: $Y = 6,66 + 0,32x - 0,07x^2 + 0,004x^3$ $R^2 = 50,48\%$

Tabela 1 Valores médios para pectina solúvel (mg.100g⁻¹) em marolo minimamente processado, nas diferentes temperaturas e ao longo do armazenamento

Temperatura (°C)	Tempo (dias)					
	0	3	5	8	10	12
0	156,01 BC	60,87 bC	302,32 a A	375,64 a A	300,32 a BA	335,49 a A
5	156,01 A	297,88 aA	322,42 a A	220,81 b A	237,15 ab A	187,35 b A
10	156,01 B	212,22 ^a AB	337,05 a A	314,64 ab A	168,05 b B	313,71 a A

As médias seguidas pelas mesmas letras na mesma coluna e na mesma linha são estatisticamente iguais (p> 0.005)

Tabela 2 Contagem logarítmica de fungos filamentosos e leveduras em marolo minimamente processado após sanitização com água (controle) ou dicloroisocianurato de sódio, a 20 mg/L (DCIS), armazenados em diferentes temperaturas, ao longo do tempo de armazenamento

T (°C)		Tempo (dias)					
		0	3	5	8	10	12
0°C	Controle	4,99 ^a	9,94 ^a	9,82 ^a	7,14 ^a	8,99 ^a	5,95 ^a
	DCIS	4,51 ^a	9,41 ^a	10,38 ^a	6,04 ^b	5,56 ^b	4,61 ^b
5°C	Controle	4,99 ^a	7,61 ^a	13,08 ^a	9,69 ^a	8,91 ^a	6,40 ^a
	DCIS	4,51 ^a	5,62 ^b	10,18 ^b	7,50 ^b	7,67 ^b	6,26 ^a
10°C	Controle	4,99 ^a	8,92 ^a	13,29 ^a	15,69 ^a	15,68 ^a	15,69 ^a
	DCIS	4,51 ^a	5,51 ^b	12,94 ^a	15,69 ^a	15,68 ^a	15,69 ^a

As médias seguidas pelas mesmas letras na mesma coluna são estatisticamente iguais (p> 0,005)

APÊNDICE A**TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO**

Título da pesquisa: **MAROLO** (*Annona crassiflora* Mart.): **INFLUÊNCIA DA TEMPERATURA E ARMAZENAMENTO SOBRE A QUALIDADE DO FRUTO “IN NATURA” E MINIMAMENTE PROCESSADO**

Pesquisadora responsável: Profa. Ms. Flávia Della Lucia/ Tel. contato: (35)3299-1110

Estamos convidando-o a participar do projeto de pesquisa acima citado. O documento abaixo contém todas as informações necessárias sobre a pesquisa que estamos realizando. Sua colaboração neste estudo será de muita importância para nós, mas, se não quiser participar ou se desistir a qualquer momento, isso não lhe trará nenhum prejuízo.

Eu, _____, Idade ____ anos
RG _____ CPF _____, Telefone _____,
Endereço _____,

concordo de livre e espontânea vontade em participar da pesquisa. Declaro que obtive todas as informações necessárias e todos os eventuais esclarecimentos quanto às dúvidas por mim apresentadas.

Estou ciente que:

1. Será realizada coleta de dados através de métodos simples e rápidos, como provar marolo minimamente processado (lavado, higienizado e embalado pronto para consumo) e responder a um questionário com perguntas sobre a pesquisa em questão.
2. A minha participação neste estudo não acarretará nenhum risco físico ou financeiro.

3. Os benefícios que terei com esta participação serão na contribuição com a pesquisa científica desta fruta, tornando-a melhor conhecida e mais disponível para o consumidor.
4. O meu nome será mantido em sigilo, assegurando minha privacidade.
5. Os resultados finais, referentes a todos os provadores, incluindo eu, serão utilizados para elaborar relatório e artigos científicos.

Alfenas, _____ de _____ de _____

(responsável)

Profa. Flávia Della Lucia
pesquisadora responsável

APÊNDICE B**FICHA DE ANÁLISE SENSORIAL – Aceitação/Escala Hedônica**

NOME: _____

SEXO:___IDADE:___ANOS DATA:___/___/___

Por favor, avalie as amostras marolo minimamente processado utilizando a escala abaixo para descrever o quanto você gostou ou desgostou do produto. Marque a nota da escala que melhor reflita seu julgamento.

CÓDIGO DA AMOSTRA: _____

(9) Gostei extremamente

APARÊNCIA _____

(8) Gostei muito

(7) Gostei moderadamente

AROMA _____

(6) Gostei ligeiramente

(5) Indiferente

IMPRESSÃO _____

(4) Desgostei ligeiramente

GLOBAL

(3) Desgostei moderadamente

(2) Desgostei muito

(1) Desgostei extremamente

Comentários: _____