

Influência do branqueamento, pasteurização e congelamento nas características físico-químicas, nos carotenoides e no valor de vitamina A de polpa de araticum (*Annona crassiflora* Mart.)

Influence of the bleaching, pasteurization and freezing on the physico-chemical characteristics, on carotenoids and vitamin A value of “araticum” (*Annona crassiflora* Mart.) pulp

RIALA6/1634

Letícia Linhares SILVA*, Leandro de Moraes CARDOSO, Helena Maria PINHEIRO-SANT'ANA

*Endereço para correspondência: Laboratório de Análise de Vitaminas, Departamento de Nutrição e Saúde. CCB II, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, Minas Gerais, Brasil, CEP: 36571-000. Tel: (31) 3899-1684. Email: leticia.linhares@ufv.br

Recebido: 12.05.2014 - Aceito para publicação: 23.02.2015

RESUMO

Avaliaram-se os efeitos da pasteurização (75 °C, 30 minutos), branqueamento (70 °C, 2 minutos) e congelamento (-5 °C ou -18 °C) nas características físico-químicas (acidez titulável, pH e sólidos solúveis) e nos carotenoides de polpa de araticum durante 180 dias de armazenamento. Os carotenoides (*all-trans-α-caroteno* e *all-trans-β-caroteno*) foram analisados por cromatografia líquida de alta eficiência. A polpa *in natura* apresentou elevado teor de sólidos solúveis (21,27 °Brix), *all-trans-α-caroteno* (1,98 mg/100 g), *all-trans-β-caroteno* (1,58 mg/100 g) e do valor de vitamina A (131,46 RAE/100 g) quando comparados a outros frutos do Cerrado. A pasteurização, o branqueamento e o armazenamento não modificaram as características físico-químicas da polpa. Os tratamentos térmicos diminuíram igualmente ($p > 0,05$) os teores de *all-trans-α-caroteno*, *all-trans-β-caroteno* e valor de vitamina A (média: 18, -41 e -41 %, respectivamente). Os carotenoides e o valor de vitamina A nas polpas branqueadas, pasteurizadas e congeladas a -5 °C ou -18 °C variaram similarmente até 90 dias de armazenamento. Aos 180 dias de armazenamento, os teores de *all-trans-α-caroteno* e *all-trans-β-caroteno* e o valor de vitamina A aumentaram nas polpas pasteurizadas (média: +6,5 %, +33,0 % e +33,5 %, respectivamente) e reduziram nas polpas branqueadas (-23,5 %, -19,5 % e -19,5 %, respectivamente). O binômio branqueamento/congelamento mostrou-se eficaz para armazenamento da polpa por até 90 dias; após esse período, recomenda-se o uso da pasteurização/congelamento.

Palavras-chave. degradação térmica, estocagem sob congelamento, estabilidade de carotenoides, fruto do Cerrado, polpa de fruta.

ABSTRACT

Effects of bleaching (70 °C, 2 minutes), pasteurization (75 °C, 30 minutes), and freezing (-5 or -18 °C) on the physicochemical characteristics (pH, titratable acidity and soluble solids), and on carotenoids of “araticum” pulp were evaluated during the 180-day storage. Carotenoids were analyzed by high performance liquid chromatography. The fresh pulp showed high contents of soluble solids (21.27 °Brix), *all-trans-α-carotene* (1.98 mg/100 g), *all-trans-β-carotene* (1.58 mg/100 g) and vitamin A value (131.46 RAE/100g) when compared to other fruits from Cerrado. The physicochemical characteristics of pulp remained unchanged after pasteurization and bleaching, and during the storage ($p > 0.05$). Thermal treatments equally decreased the *all-trans-α-carotene*, *all-trans-β-carotene* contents, and vitamin A value (average: -18, -41 and -41 % respectively). Both freezing temperatures influenced on the pulps in similar manner ($p > 0.05$). Carotenoids and vitamin A value of the bleached or pasteurized and frozen (-5 or -18 °C) pulps varied similarly up to 90 days of storage. At 180 days, *all-trans-α-carotene* and *all-trans-β-carotene* contents and vitamin A value increased in pasteurized pulps (in average +6.5 %, +33.0 % and +33.5 %, respectively), and they decreased in bleached pulps (-23.5 %, -19.5 % and -19.5 %, respectively). Bleaching/freezing binomial was effective for pulp storage up to 90 days; and, after this period it is recommended the use of pasteurization/freezing approach.

Keywords. thermal degradation, storage under freezing, carotenoids stability, Cerrado fruits, fruit pulp.

INTRODUÇÃO

O araticum (*Annona crassiflora* Mart.) é um fruto nativo do Cerrado Brasileiro que possui elevado valor energético, teor de nutrientes e compostos bioativos¹. A polpa do fruto possui minerais (Ca, Zn, Cu, Fe, P e Mg) e vitaminas (vitamina C, vitamina E e folatos)^{1,2} e destaca-se como excelente fonte de fibras alimentares e carotenoides pró-vitamínicos A¹.

O araticum possui elevada massa e rendimento de polpa¹, a qual apresenta alto aproveitamento culinário, sendo consumida *in natura* ou processada na forma de sucos, licores, doces, geleias, tortas e iogurtes^{3,4}. Este fruto constitui uma alternativa para a indústria, uma vez que os produtos derivados de sua polpa possuem boa aceitação e intenção de compra pelo consumidor^{4,5}.

O uso do araticum pela população e indústria de alimentos é restrito devido à curta safra e alta perecibilidade do fruto resultante das suas características químicas, tais como o elevado pH que favorece o desenvolvimento de microorganismos^{1,6}. Neste contexto, a produção de polpa de araticum constitui importante alternativa para permitir a sua estocagem na entressafra dos frutos.

A polpa de fruta é definida como produto não fermentado, não concentrado ou diluído, obtido pelo esmagamento de frutos carnosos. A legislação brasileira estabelece padrões microbiológicos, de identidade e características físico-químicas mínimas para alguns tipos de polpa⁷⁻⁹.

Diversos métodos podem ser utilizados para a conservação de polpa de frutas, entre os quais se destacam as técnicas com emprego ou remoção de calor (branqueamento, pasteurização e congelamento). Esses métodos inibem o crescimento de microrganismos e a atividade enzimática e, dessa forma, aumentam a vida de prateleira e a segurança microbiológica dos produtos^{10,11}. No entanto, podem alterar o teor de alguns nutrientes como as vitaminas e carotenoides.

Os carotenoides são compostos insaturados altamente susceptíveis à ação da luz, temperatura, entre outros¹². Alguns carotenoides,

como o α -caroteno, β -caroteno e β -criptoxantina, são convertidos no organismo em vitamina A¹³, essencial para a diferenciação celular, a visão, o crescimento ósseo, a reprodução e a integração do sistema imunológico^{14,15}. Além disso, os carotenoides contribuem para a prevenção e o tratamento de doenças cardiovasculares e a modulação do câncer¹⁵⁻¹⁸.

Uma vez que os consumidores têm se tornado cada vez mais exigentes e optado por produtos com maior vida de prateleira e que mantenham suas características sensoriais e nutricionais durante o armazenamento¹⁹, o objetivo deste estudo foi avaliar o impacto da pasteurização, branqueamento e congelamento (-5 °C e -18 °C) nas características físico-químicas e no teor de carotenoides de polpa de araticum (*Annona crassiflora* Mart.).

MATERIAL E MÉTODOS

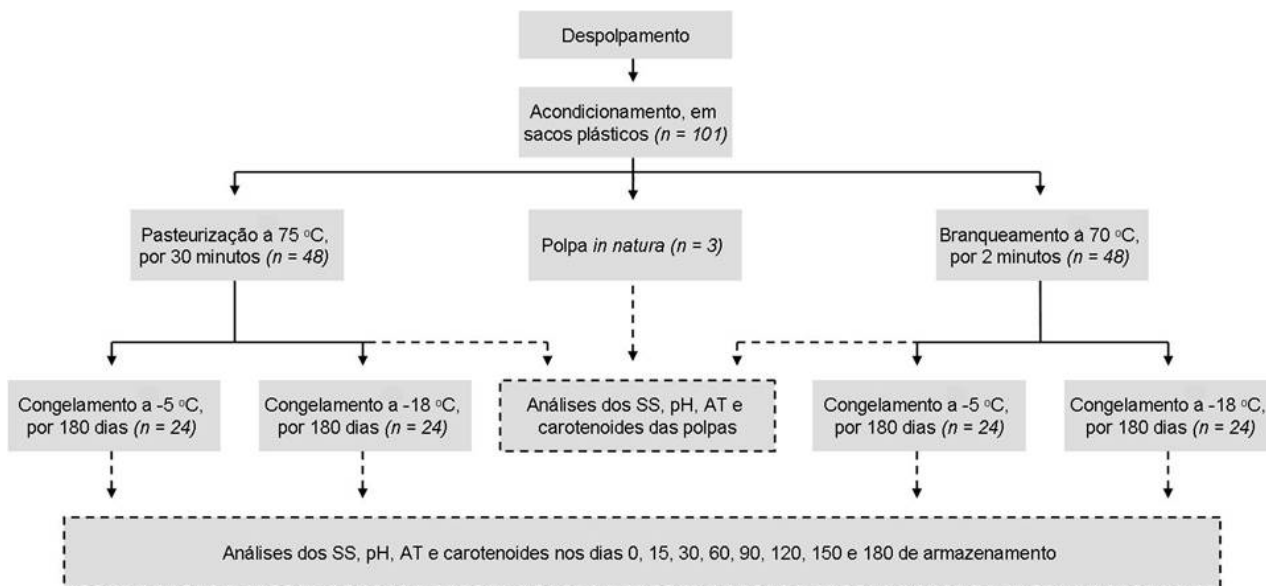
Coleta, amostragem e seleção dos frutos

Frutos do araticum (*Annona crassiflora* Mart.) nativos do Cerrado Brasileiro (Município de Curvelo, Minas Gerais) foram coletados em época de safra (fevereiro a março de 2011), após sua queda natural da árvore. A amostragem foi realizada em triplicata, sendo cada uma delas composta por 2,5 kg de frutos (± 5 unidades) coletados em áreas e árvores distintas.

Após a coleta, os frutos foram acondicionados em caixas de isopor e transportados para o laboratório, em até 36 horas. No laboratório, os frutos morfológicamente perfeitos e com sólidos solúveis superiores a 19 °Brix (maturação fisiológica completa) foram selecionados para análise.

Obtenção e processamento da polpa

A casca, a polpa e as sementes do araticum foram separadas com auxílio de uma faca em inox. A polpa foi homogeneizada em processador de alimentos (Faet Multipratic, MC5), acondicionada em embalagens de polietileno (30 g), submetida ao tratamento térmico (pasteurização ou branqueamento) e congelada por 180 dias (-5 °C e -18 °C) (Figura 1).



SS = sólidos solúveis, AT = acidez titulável, n = número de parcelas (embalagens de polietileno) submetidas ao tratamento.

Figura 1. Fluxograma de processamento e análise da polpa de araticum

Análises químicas

Para as análises físico-químicas, extração e obtenção de padrões de carotenoides, foram utilizados reagentes grau analítico. Nas análises de carotenoides foram utilizados os seguintes reagentes grau CLAE (cromatografia líquida de alta eficiência): acetona, acetato de etila, metanol e acetonitrila (Tedia, Brasil). As análises físico-químicas e de carotenoides foram realizadas antes e após o tratamento térmico (T0) e durante o congelamento (15, 30, 60, 90, 120, 150 e 180 dias).

Análises físico-químicas

A acidez titulável, pH e sólidos solúveis da polpa de araticum foram avaliados de acordo com o Instituto Adolfo Lutz²⁰. A acidez titulável (AT) foi determinada por volumetria de neutralização utilizando solução padrão de hidróxido de sódio 0,1 mol/L. O pH foi determinado diretamente na polpa utilizando pHmetro digital de bancada (Digimed, DM-22), e os sólidos solúveis (SS) foram determinados por refratometria utilizando refratômetro óptico (Analytik Jena).

Análise de carotenoides

Foram investigados a presença e teor de *all-trans*- α -caroteno, *all-trans*- β -caroteno, *all-trans*-licopeno e *all-trans*- β -criptoxantina na polpa de

araticum utilizando os métodos de extração e análise propostos por Kimura e Rodriguez-Amaya²¹ e Pinheiro-Sant'Ana, Stringheta²², respectivamente. Cerca de 5 g de polpa foram adicionados de 20 mL de acetona resfriada ($5\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$), homogeneizados em microtritador (Marconi, MA 102) e filtrados a vácuo em funil de Buchner, utilizando-se papel de filtro nº JP41 J. (Prolab, Brasil). O procedimento de extração foi repetido por mais duas vezes no resíduo até a descoloração completa da polpa.

Posteriormente, o filtrado foi transferido em três frações para um funil de separação contendo 50,0 mL de éter de petróleo. Após a transferência de cada fração, água destilada foi adicionada para a separação de fases (superior: carotenoides em éter de petróleo; inferior: acetona-água) sendo a fase inferior descartada. Acrescentou-se sulfato de sódio anidro ao extrato etéreo para retirar o resíduo de água. Posteriormente, o extrato foi concentrado em evaporador rotativo (Tecnal, TE-211) a $35 \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ e o volume completado para 25,0 mL com éter de petróleo. O extrato foi armazenado em frasco de vidro âmbar hermeticamente vedado e acondicionado a $-18 \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$, até o momento da análise.

Antes da análise, 8,0 mL do extrato foram evaporados sob fluxo nitrogênio gasoso e o resíduo seco foi redissolvido em 2 mL de acetona grau CLAE.

Para análise, 50 µL de extrato previamente filtrado em unidade filtrante (Millipore, Brasil) com porosidade de 0,45 µm foram injetados na coluna cromatográfica. As análises foram realizadas utilizando um sistema de cromatografia líquida de alta eficiência – CLAE (Shimadzu, SCL 10at VP) composto por bomba de alta pressão (Shimadzu, LC-10at VP), amostrador automático com *loop* de 50 µL (Shimadzu, SIL-10AF) e detector de arranjo de diodos (DAD) (Shimadzu, SPD-M10A). Utilizou-se coluna cromatográfica RP18 (Phenomenex Gemini, 250 x 4,6 mm, 5 µm), munida de coluna de guarda (Phenomenex ODS, 4 mm x 3 mm); fase móvel composta de metanol: acetato de etila:acetonitrila (80:10:10, v/v/v), fluxo da fase móvel de 2,0 mL min⁻¹ e tempo de corrida de 13 minutos²².

Durante a extração e análise, as amostras e os extratos foram protegidos da luz (solar e artificial) utilizando vidrarias âmbar, papel alumínio e cortinas do tipo *blackout*, e protegidos do oxigênio utilizando tampas e ambiente com nitrogênio gás nas vidrarias.

A identificação e quantificação de compostos foram realizadas utilizando α-caroteno e β-caroteno isolados de cenoura e β-criptoxantina e licopeno isolados de mamão e tomate, respectivamente, por meio de cromatografia em coluna aberta²¹. A pureza dos padrões, obtida em espectrofotômetro (Thermo Scientific, Evolution 60S), foi 94,3 % (α-caroteno), 91,4 % (β-caroteno), 92,1 % (β-criptoxantina) e 93,7 % (licopeno).

Os compostos foram identificados comparando os tempos de retenção e espectros de absorção obtidos para os padrões e para as amostras analisados sob as mesmas condições. Para a quantificação dos carotenoides encontrados nas amostras foram utilizadas curvas analíticas e equações de regressão construídas por meio da injeção, em duplicata, de seis soluções dos padrões em diferentes concentrações (*all-trans*-α-caroteno: 0,033 a 2,060 µg; $y = 1730130,16x - 8057,58$; $R^2 = 0,999$; *all-trans*-β-caroteno: 0,004 a 1,433 µg; $y = 1389460,94x + 24320,87$; $R^2 = 0,996$).

O valor de vitamina A foi estimado utilizando os fatores de conversão do U.S. Institute of Medicine²³ em que 1 Equivalente de Atividade de Retinol (RAE) corresponde a 1 µg de retinol;

12 µg de β-caroteno e 24 µg de outros carotenoides pró-vitâmicos.

Delineamento experimental e análise dos dados

Foi utilizado o delineamento inteiramente casualizado, em parcelas subdivididas, com 3 repetições. Os tratamentos térmicos (pasteurização e branqueamento) constituíram as parcelas e as temperaturas de armazenamento (-5 °C e -18 °C) representaram as sub-parcelas.

Os dados foram submetidos ao teste de normalidade (Shapiro-Wilk) e a diferença entre os tratamentos avaliada pela análise de variância (ANOVA). As diferenças entre as médias dos tratamentos térmicos (branqueamento e pasteurização) dentro de um mesmo tempo de armazenamento foram avaliadas pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). A variação dos dados dentro de um mesmo tratamento térmico ao longo do armazenamento foi avaliada por análise de regressão. A diferença entre os tempos 0 (T0) e 180 (T180) foi analisada pelo teste t de Student ($p < 0,05$). As análises estatísticas foram realizadas utilizando-se o software SAS (Statistical Analysis System), versão 9.2 (2008), licenciado para a UFV.

RESULTADOS

Efeito do tratamento térmico nas características físico-químicas e carotenoides

A polpa de araticum *in natura* apresentou alto teor de sólidos solúveis e pH, além de baixa acidez titulável. Além disso, a polpa de araticum apresentou elevado teor de *all-trans*-α-caroteno, *all-trans*-β-caroteno e de vitamina A, quando comparada a outros frutos do Cerrado como cagaita, mangaba e araçá²⁴⁻²⁶.

Os efeitos do branqueamento e pasteurização nas características físico-químicas e carotenoides da polpa foram estatisticamente semelhantes. Tais tratamentos térmicos não alteraram as características físico-químicas da polpa, mas reduziram o teor de *all-trans*-α-caroteno (em média, -18 %), *all-trans*-β-caroteno (em média, -41 %) e, conseqüentemente, os carotenoides totais e o valor de vitamina A (em média, -27 e -41 %, respectivamente) (Tabela 1).

Tabela 1. Influência do tratamento térmico nas características físico-químicas, teor de carotenoides e valor de vitamina A da polpa de araticum¹⁻⁴

Variáveis	<i>In natura</i>	Branqueamento	Pasteurização
Acidez titulável (g ácido cítrico/100g)	0,60 ± 0,11 ^a	0,52 ± 0,10 ^a	0,49 ± 0,07 ^a
pH	4,71 ± 0,03 ^a	4,72 ± 0,06 ^a	4,77 ± 0,01 ^a
Sólidos solúveis (°Brix)	21,27 ± 1,67 ^a	21,67 ± 0,61 ^a	21,00 ± 2,36 ^a
<i>all-trans-α</i> -caroteno (mg/100g)	1,98 ± 0,07 ^a	1,71 ± 0,09 ^b	1,55 ± 0,10 ^b
<i>all-trans-β</i> -caroteno (mg/100g)	1,58 ± 0,14 ^a	1,01 ± 0,09 ^b	0,86 ± 0,06 ^b
Carotenoides totais (mg/100g)	3,55 ± 0,20 ^a	2,76 ± 0,26 ^b	2,41 ± 0,15 ^b
Vitamina A (RAE/100g)	131,46 ± 11,68 ^a	84,57 ± 7,82 ^b	71,45 ± 4,74 ^b

¹ Valores expressos em matéria fresca; ² média de 3 repetições; ³ dados apresentados em média ± desvio padrão; ⁴ Médias seguidas de uma mesma letra na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância

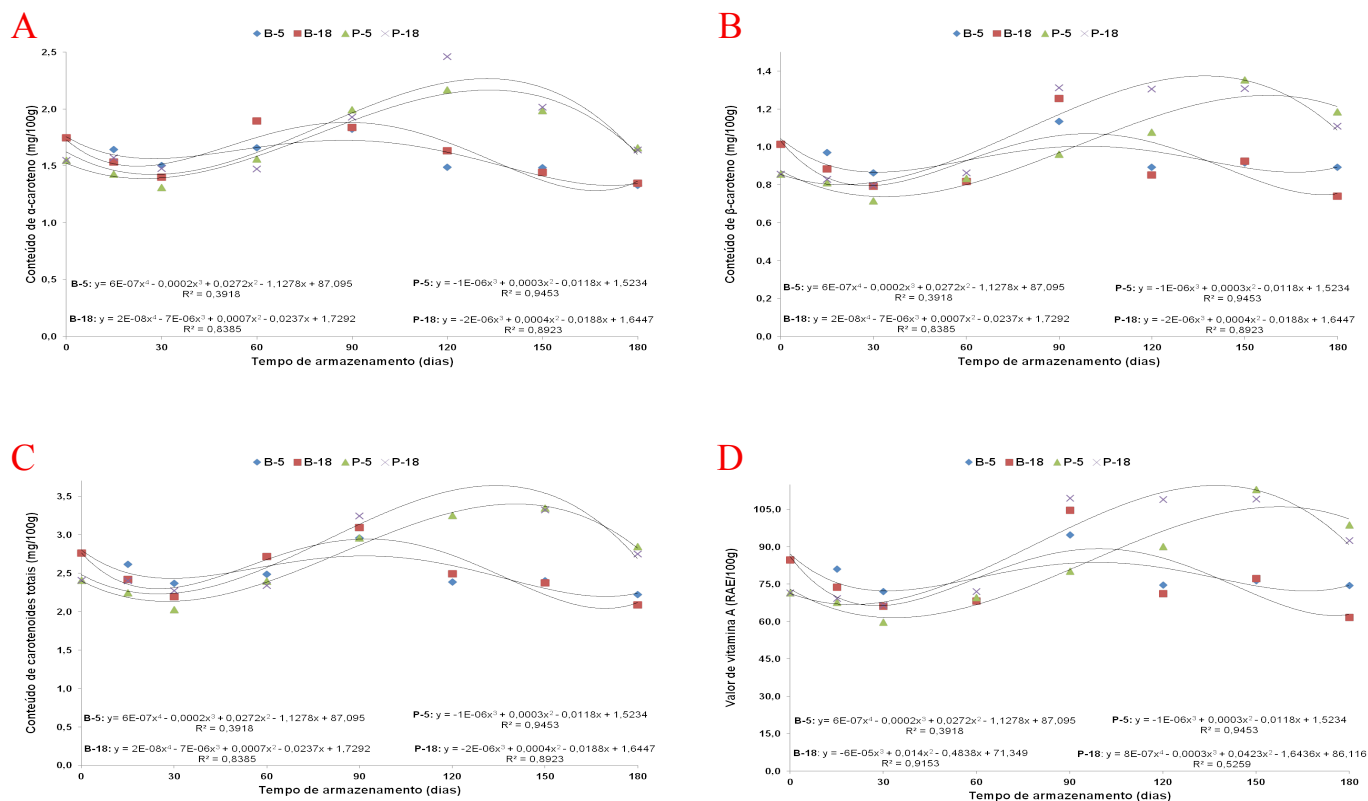
Estabilidade das características físico-químicas e carotenoides durante o armazenamento

As características físico-químicas e os carotenoides nas polpas de araticum variaram em função do tipo de tratamento térmico ($p < 0,05$), mas não foram influenciadas pela temperatura de congelamento e pela interação destas variáveis ($p > 0,05$) (Tabela 2, Figura 2).

Tabela 2. Sólidos solúveis, pH e acidez titulável em polpa de araticum pasteurizadas ou branqueadas, e congeladas (-5 °C ou -18 °C), por 180 dias^{1,2,3}

Sólidos Solúveis (°Brix)				
Tempo	Branqueada (-5 °C)	Branqueada (-18 °C)	Pasteurizada (-5 °C)	Pasteurizada (-18 °C)
0	21,67 ± 0,61 ^{Aa}	21,67 ± 0,61 ^{Aa}	21,00 ± 2,36 ^{Aa}	21,00 ± 2,36 ^{Aa}
15	20,27 ± 0,63 ^{Aa}	20,80 ± 0,60 ^{Aa}	21,50 ± 1,31 ^{Aa}	21,40 ± 1,11 ^{Aa}
30	21,63 ± 0,76 ^{Aa}	20,70 ± 0,78 ^{Aa}	21,20 ± 1,31 ^{Aa}	21,07 ± 1,10 ^{Aa}
60	21,63 ± 0,47 ^{Aa}	21,43 ± 0,42 ^{Aa}	21,33 ± 0,96 ^{Aa}	22,03 ± 1,85 ^{Aa}
90	20,73 ± 0,85 ^{Aa}	20,83 ± 0,35 ^{Aa}	22,00 ± 0,30 ^{Aa}	21,77 ± 0,75 ^{Aa}
120	21,43 ± 0,35 ^{Aa}	21,90 ± 0,36 ^{Aa}	21,87 ± 1,21 ^{Aa}	21,47 ± 1,86 ^{Aa}
150	21,43 ± 0,35 ^{Aa}	21,73 ± 0,40 ^{Aa}	22,87 ± 1,21 ^{Aa}	21,63 ± 1,11 ^{Aa}
180	20,63 ± 0,61 ^{Aa}	20,27 ± 1,01 ^{Aa}	22,65 ± 1,75 ^{Aa}	22,05 ± 1,25 ^{Aa}
Acidez titulável (g ácido cítrico/100g)				
Tempo	Branqueada (-5 °C)	Branqueada (-18 °C)	Pasteurizada (-5 °C)	Pasteurizada (-18 °C)
0	0,52 ± 0,10 ^{Aa}	0,52 ± 0,10 ^{Aa}	0,49 ± 0,07 ^{Aa}	0,49 ± 0,07 ^{Aa}
15	0,49 ± 0,07 ^{Aa}	0,48 ± 0,07 ^{Aa}	0,49 ± 0,03 ^{Aa}	0,51 ± 0,03 ^{Aa}
30	0,52 ± 0,07 ^{Aa}	0,53 ± 0,06 ^{Aa}	0,52 ± 0,05 ^{Aa}	0,52 ± 0,04 ^{Aa}
60	0,52 ± 0,03 ^{Aa}	0,52 ± 0,03 ^{Aa}	0,51 ± 0,03 ^{Aa}	0,53 ± 0,04 ^{Aa}
90	0,51 ± 0,06 ^{Aa}	0,50 ± 0,06 ^{Aa}	0,49 ± 0,02 ^{Aa}	0,52 ± 0,02 ^{Aa}
120	0,50 ± 0,04 ^{Aa}	0,50 ± 0,03 ^{Aa}	0,49 ± 0,03 ^{Aa}	0,49 ± 0,01 ^{Aa}
150	0,52 ± 0,08 ^{Aa}	0,51 ± 0,08 ^{Aa}	0,50 ± 0,03 ^{Aa}	0,53 ± 0,04 ^{Aa}
180	0,49 ± 0,07 ^{Aa}	0,51 ± 0,08 ^{Aa}	0,50 ± 0,07 ^{Aa}	0,51 ± 0,04 ^{Aa}
pH				
Tempo	Branqueada (-5 °C)	Branqueada (-18 °C)	Pasteurizada (-5 °C)	Pasteurizada (-18 °C)
0	4,72 ± 0,06 ^{Aa}	4,72 ± 0,06 ^{Aa}	4,77 ± 0,01 ^{Aa}	4,77 ± 0,01 ^{Aa}
15	4,76 ± 0,05 ^{Aa}	4,75 ± 0,03 ^{Aa}	4,73 ± 0,06 ^{Aa}	4,76 ± 0,03 ^{Aa}
30	4,74 ± 0,04 ^{Ab}	4,74 ± 0,04 ^{Ab}	4,76 ± 0,02 ^{Aa}	4,78 ± 0,01 ^{Aa}
60	4,71 ± 0,01 ^{Ab}	4,71 ± 0,05 ^{Aa}	4,77 ± 0,04 ^{Aab}	4,75 ± 0,02 ^{Aab}
90	4,74 ± 0,10 ^{Aab}	4,78 ± 0,04 ^{Aa}	4,78 ± 0,02 ^{Ab}	4,75 ± 0,03 ^{Aa}
120	4,74 ± 0,01 ^{Aa}	4,72 ± 0,03 ^{Aa}	4,73 ± 0,01 ^{Aa}	4,71 ± 0,07 ^{Aa}
150	4,73 ± 0,03 ^{Aa}	4,71 ± 0,02 ^{Aa}	4,73 ± 0,03 ^{Aa}	4,72 ± 0,06 ^{Aa}
180	4,72 ± 0,05 ^{Aa}	4,72 ± 0,09 ^{Aa}	4,70 ± 0,04 ^{Aa}	4,73 ± 0,07 ^{Aa}

¹ Análises realizadas em 3 repetições; ² dados apresentados em média ± desvio padrão; ³ Médias seguidas por uma mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$)



B-5: polpa branqueada congelada a -5 °C; B-18: Polpa branqueada congelada a -18 °C; P-5: polpa pasteurizada congelada a -5 °C; P-18: Polpa pasteurizada congelada a -18 °C

Figura 2. Comportamento e equação de regressão ajustada para *all-trans*- α -caroteno (A), *all-trans*- β -caroteno (B), total de carotenoides (C) e valor de vitamina A (D) em polpas de araticum submetidas a tratamento térmico (pasteurização ou branqueamento) e congelamento (-5 °C ou -18 °C) por 180 dias

Características físico-químicas

O pH e a acidez titulável das polpas branqueadas e pasteurizadas submetidas ao congelamento não variaram durante o armazenamento (Tabela 2). Além disso, os sólidos solúveis nas polpas pasteurizadas e branqueadas também se mantiveram constantes durante o armazenamento.

Carotenoides e teor de vitamina A

Os teores de α -caroteno, β -caroteno, total de carotenoides e de vitamina A das polpas não foram influenciados pela temperatura de armazenamento e diferiram entre os tratamentos térmicos a partir de 90 dias de armazenamento (Figura 2). O teor de *all-trans*- α -caroteno, *all-trans*- β -caroteno nos quatro tipos de polpas congeladas reduziu até o 30º dia de

armazenamento, seguido de aumento após esse período. No entanto, este aumento nas polpas branqueadas ocorreu até o T90, enquanto que nas polpas pasteurizadas ele se prolongou até o T120. Após o T90 nas polpas branqueadas e T120 nas polpas pasteurizadas observou-se um segundo ciclo de redução no teor de carotenoides.

Aos 180 dias de armazenamento, o teor de carotenoides e o valor de vitamina A em todos os tratamentos variaram significativamente em relação ao T0 (polpa não congelada) (Figura 3). O teor de carotenoides e o valor de vitamina A nas polpas pasteurizadas em T180 foi significativamente maior que no T0 (em média, 6,5 %, 33,0 %, 10,0 % e 33,5 %, respectivamente). Em contrapartida, nas polpas branqueadas esses parâmetros reduziram em média 23,5 %, 19,5 %, 22,0 % e 19,5 %, respectivamente.

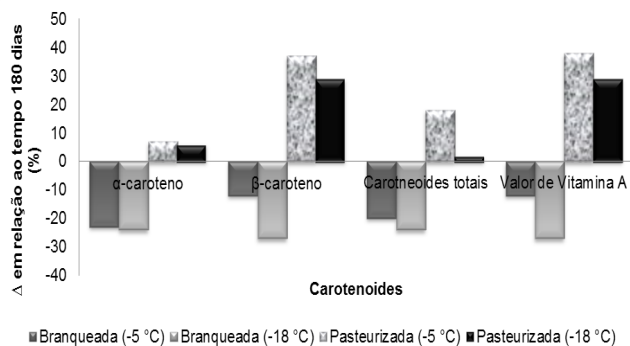


Figura 3. Variação entre o teor inicial (T0) e teor final (T180) de carotenoides e de vitamina A em polpas de araticum submetidas a tratamento térmico (pasteurização ou branqueamento) e congeladas a -5 °C ou -18 °C

DISCUSSÃO

Características físico-químicas e carotenoides da polpa de araticum *in natura*

Até o momento, não existe uma Instrução Normativa Brasileira que estabeleça os padrões de identidade e qualidade para polpa de araticum. Os valores de sólidos solúveis, pH e acidez titulável observados na polpa de araticum *in natura* foram superiores aos observados em polpa de araticum coletado no Norte de Minas Gerais². Essas diferenças podem ser decorrentes do fato de os frutos analisados nestes estudos terem sido obtidos a partir de árvores nativas em estado selvagem, o que contribui para a variação nas características químicas dos frutos.

O perfil de carotenoides observado na polpa analisada no presente estudo diferiu do observado por outros autores^{1,2}, os quais identificaram *all-trans*-licopeno na polpa de araticum. A variação no perfil de carotenoides em alimentos é pouco comum, no entanto, pode ser observada em algumas variedades de frutas e hortaliças tais como abóbora, pimenta, ameixa²⁷.

Apesar dos elevados teores de *all-trans*- α -caroteno, *all-trans*- β -caroteno, totais de carotenoides e o valor de vitamina A observados na polpa de araticum, esses valores foram de 20 a 55 % menores aos previamente obtidos em nosso laboratório em frutos coletados na mesma região (*all-trans*- α -caroteno: 2,98 mg/100 g; *all-trans*- β -caroteno: 1,97 mg/100 g; totais de carotenoides: 4,98 mg/100 g e valor de

vitamina A: 288,79 RAE/100 g)¹. Essas diferenças sugerem que o teor de carotenoides no araticum também pode ser influenciado por fatores relacionados ao ano da safra, condições climáticas e condições fisiológicas da árvore.

Efeito do tratamento térmico nas características físico-químicas e carotenoides

Apesar da diferença no binômio tempo/temperatura dos tratamentos térmicos, os efeitos do branqueamento e pasteurização nas características físico-químicas e carotenoides da polpa foram semelhantes. Em ambos os tratamentos observou-se redução dos *all-trans*-carotenoides, a qual pode ser atribuída à isomerização destes compostos às formas *cis* devido à ação do calor²⁸. Esta alteração na estrutura química dos carotenoides diminui a sua atividade biológica e o valor nutricional dos alimentos²⁷.

Estabilidade das características físico-químicas e carotenoides ao longo do armazenamento

Características físico-químicas

A ausência de variação no pH e a acidez titulável das polpas branqueadas e pasteurizadas submetidas ao congelamento está de acordo com o observado em polpas de acerola²⁹. Além disso, os sólidos solúveis nas polpas pasteurizadas e branqueadas também se mantiveram constantes durante o armazenamento, o que sugere que os compostos solúveis presentes na polpa de araticum foram estáveis. O comportamento dos sólidos solúveis em polpas de frutas é bastante heterogêneo e parece ser influenciado pelo perfil de compostos solúveis (pectina, açúcares redutores, vitaminas, entre outros) da matriz alimentar²⁹. Em estudos recentes, foi observado decréscimo ou aumento no teor destes compostos em polpas tratadas em condições similares às do presente estudo^{29,30}.

Carotenoides e teor de vitamina A

As alterações do teor de carotenoides durante o armazenamento decorrem de processos complexos os quais são influenciados por diversos fatores e afetam a concentração desses compostos de forma inconsistente³¹. No presente estudo, observou-se que os carotenoides das polpas congeladas reduziram

até o 30° dia de armazenamento. Esta redução pode ser resultado da isomerização *trans-cis*, oxidação e degradação dos carotenoides^{28,32}. Após 30 dias de armazenamento, verificou-se aumento no teor de carotenoides, demonstrando a ocorrência de uma fase de balanço positivo onde a conversão de outros carotenoides a *all-trans- α -caroteno* e *all-trans- β -caroteno* superou as reações de degradação^{28,32}.

O prolongamento do aumento do teor de carotenoides nas polpas pasteurizadas até o T120 indicou que a pasteurização foi mais eficaz que o branqueamento na inibição da velocidade das reações de degradação e, conseqüentemente, o retorno à fase de balanço negativo e declínio do teor dos carotenoides. A menor eficiência do branqueamento pode se justificar pela não inativação de todas as enzimas presentes no alimento^{10,11}. Dessa forma, estas enzimas, mesmo com atividade inibida pelo frio, podem apresentar atividade residual e, assim, provocar alterações químicas durante o armazenamento.

O maior teor de carotenoides nas polpas pasteurizadas em T180, em relação ao T0, refletiu o prolongamento da fase de balanço positivo entre T90 e T120. Este prolongamento retardou o retorno à fase de declínio permitindo que essas polpas, em T180, não se encontrassem em seu balanço negativo máximo, no qual seria possível observar teor de carotenoides inferiores a T0. Nas polpas branqueadas o balanço negativo máximo ocorreu próximo do T165 (Figura 3).

CONCLUSÃO

O binômio branqueamento/congelamento mostrou-se eficaz para armazenamento da polpa de araticum até 90 dias, possibilitando o seu uso especialmente em nível domiciliar. Após esse período, recomenda-se o uso da pasteurização/congelamento como método de conservação da polpa por até 180 dias.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Fundação de Amparo à Pesquisa de Minas Gerais (FAPEMIG), Brasil, pela concessão da bolsa de iniciação científica e apoio financeiro.

REFERÊNCIAS

1. Cardoso LM, Oliveira DS, Bedetti SF, Ribeiro SMR, Pinheiro-Sant'Ana HM. Araticum (*Annona crassiflora* Mart.) from the Brazilian Cerrado: chemical composition and bioactive compounds. *Fruits*. 2013;68(2):121-34. doi: <http://dx.doi.org/10.1051/fruits/2013058>
2. Souza VR, Pereira PAP, Queiroz F, Borges SV, Carneiro JDS. Determination of bioactive compounds, antioxidant activity and chemical composition of Cerrado Brazilian fruits. *Food Chem*. 2012;134(1):381-6. doi:10.1016/j.foodchem.2012.02.191
3. Silva DB, Silva JA, Junqueira NTV, Andrade LRM. Frutas do cerrado. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica; 2001. 178 p.
4. Oliveira KAM, Ribeiro LS, Oliveira GV, Pereira JMATK, Mendonça RCS, Assumpção CF. Desenvolvimento de formulação de iogurte de araticum e estudo da aceitação sensorial. *Alim Nutr*. 2008;19(3):277-81.
5. Rocha C, Cobucci RDMA, Maitan VR, Silva OC. Elaboração e avaliação de iogurte sabor frutos do cerrado. *Bol CEPPA*. 2008;26(2):255-66. <http://dx.doi.org/10.5380/cep.v26i2.13280>
6. Ramos AM, Benevides SD, Perez R. Manual de Boas Práticas de Fabricação (BPF) para indústrias processadoras de polpa de frutas. Visconde do Rio Branco-MG: Suprema Gráfica e Editora; 2010.
7. Brasil. Resolução Normativa nº 12/78. Aprova Normas Técnicas Especiais do Estado de São Paulo, relativa a alimentos e bebidas. *Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil*. Brasília, DF, 1978. 11.525 p.
8. Brasil. Instrução Normativa MAA. Regulamento técnico general para fixação dos padrões de identidade e qualidade para polpa de fruta. *Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil*. Brasília, DF, 2000. 54-58 p.
9. Brasil. Resolução RDC nº 12. Regulamento Técnico sobre padrões microbiológicos para alimentos. *Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil*. Brasília, DF, 2001. 45-53 p.
10. Elez-Martínez P, Martín-Belloso O. Effects of high intensity pulsed electric field processing conditions on vitamin C and antioxidant capacity of orange juice and gazpacho, a cold vegetable soup. *Food Chem*. 2007;102(1):201-9. doi:10.1016/j.foodchem.2006.04.048
11. Fellows PJ. Tecnologia do processamento de alimentos: princípios e prática. Porto Alegre: ARTMED; 2008.
12. Ambrósio CLB, Campos FACS, Faro ZP. Carotenóides como alternativa contra a hipovitaminose A. *Rev Nutr*. 2006; 19(2):233-43. <http://dx.doi.org/10.1590/S1415-52732006000200010>

13. Rodriguez-Amaya DB, Kimura M. HaverstPlus handbook for carotenoid analysis. Washington: International Food Policy Research Institute; 2004. 58 p.
14. Williams AW, Boileau TWM, Zhou JR, Clinton SK, Erdman JW. Beta-carotene modulates human prostate cancer cell growth and may undergo intracellular metabolism to retinol. *J Nutr*. 2000;130(4):728-32.
15. Mursu J, Nurmi T, Tuomainen TP, Salonen JT, Pukkala E, Voutilainen S. Intake of flavonoids and risk of cancer in Finnish men: The Kuopio Ischaemic Heart Disease risk factor study. *Int J Cancer*. 2008;123(3):660-3. doi: 10.1002/ijc.23421.
16. Krinsky NI, Johnson EJ. Carotenoid actions and their relation to health and disease. *Mol Aspects Med*. 2005;26(6):459-516. doi:10.1016/j.mam.2005.10.001
17. Stahl W, Sies H. Carotenoids and Protection against Solar UV Radiation. *Skin Pharmacol Appl Skin Physiol*. 2002;15(5):291-6. doi:10.1159/000064532
18. Tapiero H, Townsend DM, Tew KD. The role of carotenoids in the prevention of human pathologies. *Biomed Pharmacother*. 2004;58(2):100-10. doi:10.1016/j.biopha.2003.12.006
19. Rivas A, Rodrigo D, Martínez A, Barbosa-Cánovas G, Rodrigo M. Effect of PEF and heat pasteurization on the physical-chemical characteristics of blended orange and carrot juice. *LWT-Food Sci Technol*. 2006;39(10):1163-70. doi:10.1016/j.lwt.2005.07.002
20. Instituto Adolfo Lutz. Normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz; 2005.
21. Kimura M, Rodriguez-Amaya DB. A scheme for obtaining standards and HPLC quantification of leafy vegetable carotenoids. *Food Chem*. 2002;78(3):389-98. doi:10.1016/S0308-8146(02)00203-0
22. Pinheiro-Sant'Ana HM, Stringheta PC, Brandão SCC, Azeredo RMC. Carotenoid retention and vitamin A value in carrot (*Daucus carota* L.) prepared by food service. *Food Chem*. 1998;61(1-2):145-51. doi:10.1016/S0308-8146(97)00084-8
23. US Institute of Medicine. Dietary Reference Intakes (DRIs): vitamin A, vitamin K, arsenic, boron, chromium, copper, iodine, iron, manganese, molybdenum, nickel, silicon, vanadium and zinc. Washington, D.C.: National Academy Press; 2001.
24. Cardoso LM, Martino HSD, Moreira AVB, Ribeiro SMR, Pinheiro-Sant'Ana HM. Cagaita (*Eugenia dysenterica* DC.) of the Cerrado of Minas Gerais, Brazil: Physical and chemical characterization, carotenoids and vitamins. *Food Res Int*. 2011;44(7):2151-4. doi:10.1016/j.foodres.2011.03.005
25. Hamacek FR, Santos PRG, Cardoso LdM, Ribeiro SMR, Pinheiro-Sant'Ana HM. 'Araçá of Cerrado' from the Brazilian Savannah: physical characteristics, chemical composition, and content of carotenoids and vitamins. *Fruits*. 2013;68(6):467-81. doi: http://dx.doi.org/10.1051/fruits/2013095
26. Cardoso LM, Reis BL, Oliveira DS, Pinheiro-Sant'Ana HM. Mangaba (*Hancornia speciosa* Gomes) from the Brazilian Cerrado: nutritional value, carotenoids and antioxidant vitamins. *Fruits*. 2014;69(2):89-99. doi: http://dx.doi.org/10.1051/fruits/2013105
27. Rodriguez-Amaya DB. *Aguidetocarotenoidanalysisinfoods*. 6 ed. Washington: International Life Sciences Institute; 1999.
28. Pénicaud C, Achir N, Dhuique-Mayer C, Dornier M, Bohuon P. Degradation of β -carotene during fruit and vegetable processing or storage: reaction mechanisms and kinetic aspects: a review. *Fruits*. 2011;66(06):417-40. doi: http://dx.doi.org/10.1051/fruits/2011058
29. Lima RMT, Figueiredo RW, Maia GA, Sousa PHM, Figueiredo EAT, Rodrigues CS. Estabilidade química, físico-química e microbiológica de polpas de acerola pasteurizadas e não-pasteurizadas de cultivo orgânico. *Ciênc Rural*. 2012;42(2):367-73. http://dx.doi.org/10.1590/S0103-84782012005000005
30. Damiani C, Lage ME, Silva FA, Pereira DEP, Becker FS, Boas EVBV. Changes in the physicochemical and microbiological properties of frozen araçá pulp during storage. *Food Sci Technol*. 2013;33(supl 1):19-27. http://dx.doi.org/10.1590/S0101-20612013000500004
31. Lin CH, Chen BH. Stability of carotenoids in tomato juice during storage. *Food Chem*. 2005;90(4):837-46. doi:10.1016/j.foodchem.2004.05.031
32. Zepka LQ, Borsarelli CD, da Silva MAA, Mercadante AZ. Thermal degradation kinetics of carotenoids in a cashew apple juice model and its impact on the system color. *J Agric Food Chem*. 2009;57(17):7841-5. doi: 10.1021/jf900558a.