

ANDERSON DO NASCIMENTO OLIVEIRA

**CINÉTICA DE DEGRADAÇÃO DE SUCO INTEGRAL DE MANGA E
ESTIMATIVA DA VIDA-DE-PRATELEIRA POR TESTES ACELERADOS**

Dissertação apresentada à
Universidade Federal de Viçosa,
como parte das exigências do
Programa de Pós-Graduação em
Ciência e Tecnologia de Alimentos,
para obtenção do título de *Magister
Scientiae*.

VIÇOSA
MINAS GERAIS – BRASIL
2010

ANDERSON DO NASCIMENTO OLIVEIRA

**CINÉTICA DE DEGRADAÇÃO DE SUCO INTEGRAL DE MANGA E
ESTIMATIVA DA VIDA-DE-PRATELEIRA POR TESTES ACELERADOS**

Dissertação apresentada à
Universidade Federal de Viçosa,
como parte das exigências do
Programa de Pós-Graduação em
Ciência e Tecnologia de
Alimentos, para obtenção do
título de *Magister Scientiae*.

APROVADA: 24 de fevereiro de 2010.

Prof. José Benício Paes Chaves
(Coorientador)

Prof^a. Valéria Paula Rodrigues Minim
(Coorientadora)

Prof. Nélio José de Andrade

Prof. Luciano José Quintão Teixeira

Prof. Afonso Mota Ramos
(Orientador)

AGRADECIMENTOS

A Deus, por estar ao meu lado em todas as horas e por me conceder essa importante conquista. Louvado seja o nome do Senhor Jesus!

Aos meus pais, especialmente à minha mãe, Aldeci, pelo amor, dedicação, e suporte dado ao longo da minha vida, e à minha irmã, Andreza, pelo carinho, amizade e incentivo.

À minha querida noiva, Henife, pelo amor, dedicação, paciência e companheirismo demonstrados ao longo dessa caminhada, e que, apesar da distância, sempre se fez presente. Agradecimentos também à sua família.

À Universidade Federal de Viçosa e ao Departamento de Tecnologia de Alimentos, pela oportunidade de realização do curso.

Ao meu orientador e amigo, Professor Afonso Mota Ramos, por ter acreditado no meu trabalho e pelos valiosos ensinamentos.

À Professora Valéria Paula Rodrigues Minim, pelos importantes conselhos e colaboração.

Ao Professor José Benício Paes Chaves, pelo suporte e aconselhamento.

Aos Professores Nélio José de Andrade e Luciano José Quintão Teixeira, pela participação na banca examinadora

A todos os professores que contribuíram com preciosos ensinamentos durante as disciplinas cursadas: Prof. Afonso, Prof^a. Valéria, Prof^a. Rita Márcia, Prof^a. Nilda, Prof. José Carlos, Prof. Paulo Henrique, Prof. Fernando.

Aos professores da Universidade Federal de Sergipe Marcelo Augusto Gutierrez Carnelossi e Samísia Maria Fernandes Machado, pelas importantes contribuições no início da minha vida acadêmica.

Aos meus amigos de curso pela boa convivência e amizade e àqueles que contribuíram valiosamente com o meu trabalho, de modo especial a

Alexandre Navarro, Aline, Amanda, Ana Paula, Christiane, Clara, Isadora, Juan Camilo, Juan Eduardo, Keyla, Maria Emília, Patrícia, Paula e Thiago.

Aos amigos do Laboratório de Processamento de Frutas e Hortaliças pela amizade e cooperação: Aurélia, Beatriz, Bruna, Carla, Danilo, Eliane, Érica, Janaína, Juliana, Letícia, Lucielen, Roberta, Tiago, Túlio, Manoela, Marcos, Maria Emília, Mayra e Mirella.

Aos funcionários do DTA, em especial à Geralda, Zé Geraldo, Zé Raimundo, José Tomaz (Perereca), Simeão e Seu Manoel.

Aos amigos de república: Guilherme, Ícaro, Robert e Thiago, pela ótima convivência e companheirismo.

Aos irmãos da Primeira Igreja Batista de Viçosa, especialmente ao Pastor Sérgio, pelos importantes ensinamentos.

A todos os meus familiares, que sempre torcem por mim e vibram com as minhas conquistas, principalmente as minhas tias Zenilde, Nova, Jailde, Deilde, minha avó Beatriz, meu avô Antônio e a todos meus primos e primas.

Enfim, a todos aqueles que de alguma forma contribuíram para essa importante realização, meus sinceros agradecimentos.

BIOGRAFIA

Anderson do Nascimento Oliveira, filho de José Hudson Azevedo Oliveira e Aldeci Alves do Nascimento, nasceu em Aracaju – SE, em 21 de março de 1984.

Iniciou seus estudos na Escola de 1º Grau Coração de Jesus, em Aracaju, onde cursou até a quinta série do ensino fundamental, transferindo-se para o Colégio Estadual Dom Luciano José Cabral Duarte, onde concluiu o ensino médio.

Em março de 2003, ingressou no curso de Engenharia de Alimentos na Universidade Federal de Sergipe, graduando-se em fevereiro de 2008.

Em março de 2008, iniciou o curso de Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos na Universidade Federal de Viçosa.

CONTEÚDO

LISTA DE FIGURAS	viii
LISTA DE TABELAS	x
RESUMO	xi
ABSTRACT	xiii
INTRODUÇÃO GERAL	1
REVISÃO GERAL	4
1 Manga	4
2 Vitamina C e carotenóides	5
3 Análise Descritiva Quantitativa	7
4 Vida-de-prateleira	9
5 Cinética de reações em alimentos	10
6 Efeito da temperatura sobre as reações	13
7 Testes acelerados de vida-de-prateleira	16
CAPÍTULO 1	19
AVALIAÇÃO DA ESTABILIDADE SENSORIAL DE SUCO INTEGRAL DE MANGA POR ANÁLISE DESCRITIVA QUANTITATIVA E TESTE DE ACEITAÇÃO: INFLUÊNCIA DA TEMPERATURA E DO TEMPO DE ARMAZENAMENTO	19
Resumo	19
Abstract	19
1.1 Introdução	21
1.2 Materiais e métodos	23
1.2.1 Aquisição das amostras e delineamento experimental.....	23
1.2.2 Análises microbiológicas.....	24
1.2.3 Avaliações sensoriais.....	24
1.2.3.1 Análise Descritiva Quantitativa.....	24
1.2.3.1.1 Recrutamento e pré-seleção dos provadores.....	25

1.2.3.1.2 Levantamento dos termos descritivos e definição dos padrões de referência.....	26
1.2.3.1.3 Treinamento dos provadores.....	27
1.2.3.1.4 Teste preliminar e seleção dos provadores.....	27
1.2.3.1.5 Avaliações sensoriais periódicas e análise dos resultados.....	29
1.2.3.2 Determinação dos parâmetros cinéticos.....	31
1.2.3.3 Avaliação do efeito do tempo e da temperatura sobre as características sensoriais por metodologia de superfície de respostas.....	31
1.2.3.4 Avaliação da aceitabilidade sensorial.....	32
1.3 Resultados e discussão.....	33
1.3.1 Análises microbiológicas.....	33
1.3.2 Análise Descritiva Quantitativa.....	33
1.3.2.1 Avaliações sensoriais periódicas.....	36
1.3.3 Determinação dos parâmetros cinéticos dos atributos sensoriais.....	42
1.3.4 Avaliação das características sensoriais por metodologia de superfície de respostas.....	43
1.3.5 Avaliação da aceitabilidade sensorial.....	45
1.4 Conclusões.....	47
1.5 Referências bibliográficas.....	48
CAPÍTULO 2.....	57
ESTABILIDADE FÍSICO-QUÍMICA DE SUCO INTEGRAL DE MANGA E ESTIMATIVA DA VIDA-DE-PRATELEIRA POR TESTES ACELERADOS..	57
Resumo.....	57
Abstract.....	57
2.1 Introdução.....	59
2.2 Materiais e métodos.....	61
2.2.1 Delineamento experimental.....	61
2.2.2 Análises físico-químicas.....	62
2.2.2.1 Cor instrumental.....	62
2.2.2.2 pH.....	62
2.2.2.3 Sólidos solúveis totais.....	63
2.2.2.4 Acidez titulável.....	63
2.2.2.5 Viscosidade.....	63

2.2.2.6 Vitamina C.....	64
2.2.2.7 Carotenóides.....	64
2.2.3 Análise dos resultados e ajustamento dos modelos cinéticos.....	65
2.2.4 Determinação dos parâmetros cinéticos.....	65
2.2.5 Avaliação das características físico-químicas por metodologia de superfície de respostas.....	66
2.2.6 Estudo das correlações.....	66
2.2.7 Estimativa da vida-de-prateleira.....	66
2.3 Resultados e discussão.....	67
2.3.1 Avaliação das características físico-químicas com o tempo.....	67
2.3.2 Determinação dos parâmetros cinéticos.....	81
2.3.3 Avaliação das características físico-químicas por metodologia de superfície de respostas.....	84
2.3.4 Estudo das correlações.....	88
2.3.5 Estimativa da vida-de-prateleira.....	89
2.4 Conclusões.....	92
2.5 Referências bibliográficas.....	93
CONCLUSÕES GERAIS.....	101

LISTA DE FIGURAS

1-Representação esquemática do gráfico de Arrhenius.....	14
2-Etapas da Análise Descritiva Quantitativa.....	25
3-Ficha utilizada no teste preliminar e nas avaliações sensoriais periódicas do suco de manga.....	30
4-Comportamento das notas de sabor para o suco integral de manga armazenado nas temperaturas de 25, 35 e 45 °C.....	37
5- Comportamento das notas de cor para o suco integral de manga armazenado nas temperaturas de 25, 35 e 45 °C.....	38
6-Comportamento das notas de aroma para o suco integral de manga armazenado nas temperaturas de 25, 35 e 45 °C.....	40
7-Comportamento das notas de consistência para o suco integral de manga armazenado nas temperaturas de 25, 35 e 45 °C.....	41
8-Efeito do tempo e da temperatura de armazenamento sobre a percepção de sabor do suco integral de manga pela equipe sensorial.....	44
9-Efeito do tempo e da temperatura de armazenamento sobre a percepção de aroma do suco integral de manga pela equipe sensorial.....	44
10-Resultado das avaliações de aceitação sensorial para o suco integral de manga armazenado nas temperaturas de 25, 35 e 45 °C.....	45
11-Variação da acidez titulável nas diferentes temperaturas durante o armazenamento do suco integral de manga.....	69
12- Variação do pH nas diferentes temperaturas durante o armazenamento do suco integral de manga.....	70
13-Variação do teor de sólidos solúveis totais nas diferentes temperaturas durante o armazenamento do suco integral de manga.....	71
14-Variação da viscosidade nas diferentes temperaturas durante o armazenamento do suco integral de manga.....	72

15-Varição da luminosidade (L^*) nas diferentes temperaturas durante o armazenamento do suco integral de manga.....	73
16-Varição diferença total de cor (ΔE^*) nas diferentes temperaturas durante o armazenamento do suco integral de manga.....	75
17-Varição da concentração de carotenóides nas diferentes temperaturas durante o armazenamento do suco integral de manga.....	77
18-Varição da concentração de vitamina C nas diferentes temperaturas durante o armazenamento do suco integral de manga.....	79
19-Modelo cinético de primeira ordem para a degradação de vitamina C do suco integral de manga para as três temperaturas.....	80
20-Efeito da temperatura sobre a constante de velocidade de degradação da vitamina C do suco integral de manga.....	82
21-Efeito do tempo e da temperatura de armazenamento na concentração de vitamina C do suco integral de manga.....	85
22-Efeito do tempo e da temperatura de armazenamento na luminosidade (L^*) do suco integral de manga.....	86
23-Efeito do tempo e da temperatura de armazenamento na diferença total de cor (ΔE^*) do suco integral de manga.....	87

LISTA DE TABELAS

1-Atributos, definições e padrões de referência para o suco integral de manga.....	28
2-Níveis de probabilidade (valor p) de $F_{AMOSTRA}$ e $F_{REPETIÇÃO}$ dos provadores para os atributos sensoriais do suco integral de manga.....	35
3-Análise de variância (ANOVA) de cor, aroma, sabor e consistência dos tratamentos de suco integral de manga.....	36
4-Parâmetros cinéticos (Q_{10} e E_a) para o sabor, cor e aroma do suco integral de manga.....	42
5-Modelos ajustados, significância e coeficientes de determinação para as respostas dos provadores referentes aos atributos sabor, cor e aroma.....	43
6-Análise de variância (ANOVA) para: vitamina C, carotenóides, acidez titulável, pH, sólidos solúveis totais (SST), viscosidade, luminosidade (L^*) e diferença total de cor (ΔE^*).....	68
7-Parâmetros cinéticos (Q_{10} e E_a) para degradação da vitamina C, luminosidade e diferença total de cor (ΔE^*) do suco integral de manga.....	82
8-Modelos ajustados, significância e coeficientes de determinação para as respostas de Luminosidade (L^*), diferença total de cor (ΔE^*) e concentração de vitamina C do suco integral de manga.....	85
9-Coefficientes de correlação de Pearson obtidos entre as características físico-químicas e sensoriais do suco integral de manga.....	88

RESUMO

OLIVEIRA, Anderson do Nascimento, M. Sc., Universidade Federal de Viçosa, fevereiro de 2010. **Cinética de degradação de suco integral de manga e estimativa da vida-de-prateleira por testes acelerados.** Orientador: Afonso Mota Ramos. Co-orientadores: José Benício Paes Chaves e Valéria Paula Rodrigues Minim.

Este trabalho teve como objetivo estudar a cinética de degradação do suco integral manga comercial por testes acelerados e estimar sua vida-de-prateleira nas condições normais de armazenamento. O experimento foi realizado com amostras de suco integral de manga cv. Ubá, acondicionadas em garrafas PET de 500 mL. Os produtos foram armazenados em estufas a 25 °C (controle), 35 °C e 45 °C (condições aceleradas), providas de iluminação (650 lux) 24 horas por dia. Durante o armazenamento, foram analisadas as características físico-químicas, microbiológicas e sensoriais. A análise descritiva quantitativa (ADQ) foi realizada para a obtenção do perfil sensorial. A aceitabilidade por provadores não treinados ao longo do tempo também foi avaliada. Os produtos mantiveram-se microbiologicamente estáveis durante todo o período de armazenamento. Por meio da ADQ, verificou-se que os atributos sabor, aroma e cor foram alterados significativamente ($p < 0,05$) durante o armazenamento a 35 °C e 45 °C. Observou-se que o atributo cor foi o menos dependente da temperatura ($E_a = 17,70 \text{ Kcal.mol}^{-1}$; $Q_{10} = 2,71$). Não foram observadas diferenças significativas ($p < 0,05$) quanto à aceitação dos produtos pelos consumidores ao final das avaliações. As características físico-químicas que mais influenciaram na qualidade do produto foram as coordenadas de cor (L^* e ΔE^*) e a concentração de vitamina C. Verificou-se que o modelo cinético de ordem zero foi o que melhor se ajustou às variações nos valores de L^* e ΔE^* , que indicaram escurecimento dos produtos mantidos

nas condições aceleradas. Por outro lado, a degradação da vitamina C foi mais bem explicada pelo modelo de primeira ordem. Foram observadas correlações significativas ($p < 0,01$) entre a variação na concentração de vitamina C e as alterações nos valores de L^* e ΔE^* , sugerindo que a degradação desta vitamina contribuiu para o escurecimento do produto. Uma vida-de-prateleira de 190 dias foi estimada para o suco integral de manga, a 25 °C, utilizando a concentração de vitamina C como parâmetro.

ABSTRACT

OLIVEIRA, Anderson do Nascimento, M. Sc., Universidade Federal de Viçosa, February of 2010. **Kinetic of whole mango juice degradation and shelf-life estimative using accelerated assays.** Advisor: Afonso Mota Ramos. Co-advisors: José Benício Paes Chaves and Valéria Paula Rodrigues Minim.

This work aimed to study the kinetic of industrialized whole mango juice degradation using accelerated assays and estimate its shelf-life under normal storage conditions. The experiment was performed with samples of whole mango juice cv. Ubá, packed in PET 500 mL bottles. The products were stored in BOD incubator at 25 °C (control), 35 °C and 45 °C (accelerated conditions), provided with 24 hours a day 650 lux lighting. During storage, we analyzed physical-chemical, microbiological and sensory characteristics. Quantitative descriptive analysis (QDA) was performed to obtain mango juice sensory profile. The acceptability by consumers over time was also evaluated. The products remained microbiologically stable throughout the storage period. QDA showed that the flavor, aroma and color were changed significantly ($p < 0.05$) during storage at 35 °C and 45 °C. It was observed that color attribute was less dependent on temperature ($E_a = 17.70 \text{ Kcal.mol}^{-1}$; $Q_{10} = 2.71$). There were no significant differences in juice acceptance by consumers at the end of experimental storage. Physico-chemical properties that most influenced the quality of the product were the color coordinates (L^* and ΔE^*) and the vitamin C content. It was found that zero order kinetic model was the best fit to variations in the values of L^* and ΔE^* , which showed browning of products stored under higher temperatures. Furthermore, degradation of vitamin C was best explained by first order model. There were significant correlations between changes in vitamin C content and changes in values of L^* and ΔE^* , suggesting that the degradation of this vitamin contributed to darkening of the product.

Shelf-life of 190 days was estimated for whole mango juice stored at 25 °C, using vitamin C content as the limiting quality.

INTRODUÇÃO GERAL

Originária do Sul da Ásia, a manga (*Mangifera indica* L.) é uma das mais importantes frutas tropicais cultivadas no mundo em termos de produção, comercialização e consumo, ficando somente atrás da banana, do abacaxi e do abacate (FARAONI et al., 2009; RIBEIRO et al., 2007).

Além de ser uma relevante fonte de vitamina C e pró-vitamina A, a manga é muito apreciada pelo seu sabor, aroma e coloração característicos, sendo consumida tanto “in natura” como também na forma de polpas, geléias, sucos, néctares, doces e frutas desidratadas (BERNARDI et al., 2009; NEVES et al., 2008).

A manga pode ser considerada uma boa fonte de antioxidantes dietéticos como vitamina C, carotenóides e compostos fenólicos (RIBEIRO et al., 2007; BERNARDI et al., 2009). O β -caroteno é o carotenóide mais abundante em quase todas as cultivares, atuando como precursor da vitamina A e como agente antioxidante, apresentando efeitos protetores contra doenças degenerativas como alguns tipos de câncer e doenças cardíacas (CHEN et al., 2007; ORNELAS-PAZ et al., 2008). A vitamina C, por sua vez, também possui atividade antioxidante, além de apresentar funções biológicas importantes como na formação do colágeno, absorção de ferro, fortalecimento do sistema imunológico, dentre outras (RIBEIRO et al., 2007).

A conservação da qualidade da manga e de seus derivados, tais como a polpa e o suco, está diretamente relacionada com a manutenção do seu valor nutritivo, principalmente a retenção de vitamina C e carotenóides, como também na manutenção das suas características sensoriais como cor, sabor e aroma (CHIUMARELLI, 2008). Por exemplo, a degradação oxidativa da vitamina C conduz à formação de pigmentos escuros, alterando a cor e o sabor

natural dos produtos, podendo ocasionar a inaceitabilidade sensorial dos mesmos (VÁSQUEZ-CAICEDO et al., 2007).

A definição da vida-de-prateleira de um determinado produto depende da natureza das reações que mais irão influenciar a sua qualidade. Para alimentos microbiologicamente estáveis, sem reivindicação nutricional específica, a avaliação sensorial é o principal critério para se determinar o fim da vida-de-prateleira (MANZOCCO e LAGAZIO, 2009). Nesses casos, ela pode ser considerada o resultado da interação do alimento com o consumidor.

O conhecimento dos mecanismos cinéticos das principais reações de deterioração que conduzem à perda de qualidade e ao fim da vida-de-prateleira do produto é de fundamental importância, pois, com isso, pode-se gerenciar melhor a distribuição do produto e informar, de forma mais adequada, suas condições de armazenamento aos consumidores (MOURA et al., 2007). No entanto, muitos produtos apresentam vida-de-prateleira consideravelmente longa, o que dificulta a realização de estudos. Nestes casos, podem-se utilizar Testes Acelerados de Vida-de-Prateleira (TAVP), que permitem estimá-la, em menos tempo, em diferentes condições de armazenamento (GRIZOTTO et al. 2006).

A manga Ubá tem sido amplamente utilizada no estado de Minas Gerais para a produção de polpas e sucos, dadas as suas características físico-químicas e também o seu sabor agradável (BENEVIDES et al., 2008). Trata-se de uma variedade que apresenta polpa macia, firme, doce e fibras curtas e macias, adequada tanto para o consumo “in natura”, quanto para a industrialização (FARAONI et al., 2009).

O suco de manga Ubá é um produto amplamente produzido em escala industrial e consumido no Estado de Minas Gerais. Assim, diante da carência de dados físico-químicos e sensoriais desse produto, o presente trabalho teve como objetivo estudar a cinética de degradação do suco integral comercial de manga pela aplicação do TAVP, de modo a verificar os principais mecanismos responsáveis pela perda da sua qualidade e estimar sua vida-de-prateleira nas condições normais de armazenamento.

Objetivos específicos são:

Aplicar a Análise Descritiva Quantitativa (ADQ) para identificar, descrever e quantificar as principais características sensoriais do suco de manga, bem como selecionar e treinar uma equipe de julgadores na habilidade em detectar o surgimento de alterações no suco durante o armazenamento.

Estudar a cinética de degradação dos principais atributos sensoriais do suco integral de manga, assim como dos principais nutrientes (vitamina C e carotenóides) e das coordenadas de cor (L^* e ΔE^*).

Avaliar a influência da temperatura sobre as velocidades das reações de degradação estudadas a partir da determinação do fator de aceleração da temperatura (Q_{10}) e da energia de ativação (E_a).

Avaliar a influência simultânea da temperatura e do tempo de armazenamento sobre as principais características sensoriais e físico-químicas do suco por meio da metodologia superfície de respostas.

Estudar as correlações entre as características físico-químicas, nutricionais e sensoriais.

Estimar a vida-de-prateleira do suco a 25 °C por meio da realização de Testes Acelerados de Vida-de-Prateleira.

REVISÃO GERAL

1 Manga

A manga (*Mangifera indica* L.) é considerada uma das frutas tropicais mais importantes do mundo em termos de produção, comercialização e consumo, ficando atrás somente da banana, do abacaxi e do abacate (FARAONI et al., 2009). É uma fruta muito apreciada pelo seu sabor, aroma e coloração característicos (RIBEIRO et al., 2007; NEVES et al., 2008).

A produção mundial da fruta é de 30,5 milhões de toneladas, tendo como principais produtores a Índia, China, Tailândia e México, sendo este último o maior exportador. O Brasil apresenta-se entre os 9 principais produtores mundiais e o terceiro em exportação (CHIUMARELLI, 2008).

Em termos de áreas comerciais, as principais variedades cultivadas no Brasil são a Tommy Atkins, Haden, Keitt, Van, Dyke, Rosa e Ubá. Esta última é cultivada no Estado de Minas Gerais, sendo considerada adequada tanto para o consumo “in natura” quanto para a industrialização (FARAONI et al., 2009). O Estado de Minas Gerais apresenta-se como o quarto maior produtor do Brasil de manga, e os frutos são frequentemente destinados à produção de sucos, néctares, conservas de fruta, geléias e doces em massa (BENEVIDES et al., 2008).

A manga é considerada uma boa fonte de antioxidantes dietéticos, tais como ácido ascórbico, carotenóides e compostos fenólicos, sendo que o β -caroteno é o carotenóide mais abundante em todas as cultivares (RIBEIRO et al., 2007). Quando verdes, os frutos são adstringentes, ácidos e com elevado teor de vitamina C, enquanto que os maduros são doces, ricos em β -caroteno, moderados em vitamina C e altamente aromáticos (SANTOS, 2003).

RIBEIRO et al. (2007) avaliaram a concentração de compostos antioxidantes em polpas de quatro variedades de manga, Haden, Tommy Atkins, Palmer e Ubá. Eles verificaram que o conteúdo de compostos fenólicos variou de 48,40 mg/100g (Haden) a 208,70 mg/100g (Ubá); carotenóides totais de 1,91 mg/100g (Haden) a 2,63 mg/100g (Palmer); β -caroteno de 661,27 μ g/100g (Palmer) a 2.220 μ g/100g (Ubá) e ácido ascórbico de 9,79 (Tommy Atkins) a 77,71 mg/100g (Ubá).

ITO (2007) relatou teores de carotenóides totais em manga cv. Tommy Atkins de 32,73 μ g/g, enquanto que CHIUMARELLI (2008) verificou teor de β -caroteno de 21,76 μ g/g em mangas da mesma variedade. O β -caroteno é o carotenóide dominante em manga, compreendendo 48 a 84% do conteúdo total (CHEN et al., 2007).

Em trabalho realizado com mangas das variedades Tommy Atkins e Haden, NEVES et al. (2008) observaram teores de vitamina C em frutos “in natura” e em polpa de 56,8 e 54,3 g/100g, respectivamente. Já RIBEIRO et al. (2007) encontraram concentrações de vitamina C que variaram de 9,79 (Tommy Atkins) a 77,71 mg/100g (Ubá).

A vida-de-prateleira da manga e de seus derivados está diretamente relacionada com a concentração dos seus principais nutrientes, tais como ácido ascórbico e carotenóides, bem como das propriedades sensoriais características desses produtos, especialmente sabor e aroma agradáveis e coloração amarela brilhante (KIM et al., 2009).

2 Vitamina C e carotenóides

O consumo frequente de frutas, principalmente aquelas de climas tropicais e subtropicais, tem sido associado à baixa incidência de doenças degenerativas, tais como câncer e doenças cardíacas. Tal efeito está provavelmente relacionado com a presença de compostos antioxidantes presentes nesses alimentos (RIBEIRO et al., 2007). A vitamina C e os carotenóides são exemplos de antioxidantes dietéticos de importância nutricional.

A vitamina C (ácido L-ascórbico) é um dos mais importantes ácidos orgânicos encontrados em frutas e hortaliças, tendo uma importante contribuição no valor nutricional desses alimentos. Sua concentração não é somente utilizada como índice nutricional, mas também como um importante parâmetro de avaliação dos efeitos do processamento sobre os produtos, por ser facilmente oxidado (MELÉNDEZ-MARTÍNEZ et al., 2007).

A vitamina C apresenta funções importantes nos processos bioquímicos, atuando como cofator na biosíntese enzimática do colágeno, carnitina, catecolinas e hormônios neuropeptídeos e ácidos biliares, bem como no metabolismo da fenilalanina e da tirosina (QUEIROZ et al., 2008). A vitamina C atua também na absorção de minerais (ferro, zinco e cobre) e a excreção (chumbo, mercúrio, vanádio, cádmio e níquel) e como agente antioxidante, protegendo os tecidos e células das espécies ativas de oxigênio, além de prevenir ou até mesmo curar o escorbuto (TEIXEIRA et al., 2006).

As frutas e hortaliças são responsáveis por 90 a 95% das fontes de vitamina C na alimentação humana, caracterizando-se como um dos nutrientes mais importantes da dieta (ARGANDOÑA, 2005). Trata-se, no entanto, de um composto termolábil e muito sensível às condições adversas de manipulação, processamento e armazenamento (TIWARI et al., 2009).

O nível de degradação da vitamina C pode ser utilizado como indicador de avaliação das condições de manuseio, estocagem e processamento de alimentos, visto que a sua oxidação conduz à formação de diversas substâncias que, além de diminuir ou eliminar a atividade vitamínica, gera sabores indesejáveis (TEIXEIRA et al., 2006). Por exemplo, em sucos de fruta, a formação de compostos intermediários instáveis como o furfural diminui a qualidade do produto e limita sua vida-de-prateleira (MAZIN et al., 2007).

Outros antioxidantes amplamente distribuídos em frutas e hortaliças são os carotenóides. Os carotenóides são antioxidantes lipossolúveis produzidos pelas plantas, que contribuem nas reações de fotossíntese, atuando como coletores de luz e foto-protetores (ORNELAS-PAZ et al., 2008).

Além de atuar como corantes naturais nos alimentos, os carotenóides são muito importantes do ponto de vista nutricional, pois muitos deles atuam como precursores da vitamina A, que é essencial para a visão, reprodução e funções imunológicas, além de representar outras importantes funções

fisiológicas, tais como a desativação de espécies reativas do oxigênio (RIBEIRO et al., 2007).

Evidências epidemiológicas demonstram que os carotenóides apresentam atividade antioxidante (ORNELAS-PAZ et al., 2008). Esses compostos seqüestram o oxigênio singlete, removem os radicais peróxido, modulam o metabolismo carcinogênico, inibem a proliferação celular e estimulam a comunicação entre células (FERNANDES et al., 2007). Além da atividade anti-câncer, outros benefícios dos carotenóides incluem proteção contra doenças cardiovasculares, prevenção de catarata e fortalecimento do sistema imunológico (KOCA et al., 2007).

Por serem altamente insaturados, os carotenóides são propensos à isomerização *trans* → *cis* (as formas *cis* são menos coloridas) e à reações de oxidação (enzimática ou não-enzimática), sendo estas últimas as principais causas da descoloração de alimentos de origem vegetal ricos em carotenóides (TSIMIDOU e BILIADERIS, 1997; LOPES et al., 2005). A oxidação dos carotenóides reduz o valor nutricional do alimento (perda de vitamina A) e gera sabores desagradáveis (*off-flavors*), podendo acarretar na inaceitabilidade do produto (KOCA et al., 2007; TSIMIDOU e BILIADERIS, 1997).

O grau de degradação do conteúdo total de carotenóides em suco de manga tem sido associado à redução dos escores de cor em testes sensoriais, assim como com alterações nas coordenadas de cor (L^* , a^* , b^*) por meio de avaliações instrumentais (AHMED et al., 2002; KOCA et al., 2007).

3 Análise Descritiva Quantitativa

A Análise Descritiva Quantitativa (ADQ), desenvolvida nos Estados Unidos por STONE et al. (1974), é uma das ferramentas mais abrangentes e informativas utilizada na análise sensorial, pois possibilita a completa identificação, descrição e quantificação das propriedades sensoriais de um produto, tais como aparência, textura, aroma, sabor, gosto residual, dentre outras (SILVA et al., 2007; SANTANA et al., 2006).

A análise descritiva quantitativa baseia-se na habilidade de provadores treinados em medir atributos específicos de maneira reprodutível para produzir uma ampla descrição quantitativa do produto, passível de análise estatística (VILANOVA et al., 2009).

As principais etapas da ADQ são as seguintes (SILVA et al., 2007): pré-seleção dos provadores – levantamento da terminologia descritiva – treinamento e seleção dos provadores – avaliações finais das amostras e análise estatística dos resultados. Normalmente, selecionam-se 10 a 12 provadores, que são treinados e expostos a tantas variações do produto em estudo quanto forem possíveis e, por consenso, uma terminologia é desenvolvida para descrever as diferenças entre as amostras, incluindo os padrões de referência para cada atributo (BANNWART et al., 2008). Para as avaliações das amostras, utiliza-se geralmente uma escala não-estruturada de 9 centímetros, ancorada em seus extremos com termos que indicam a intensidade máxima e mínima do atributo avaliado (UMBELINO, 2005). Os resultados obtidos podem ser analisados estatisticamente por meio de análise de variância (ANOVA) e técnicas estatísticas multivariadas como, por exemplo, análise de componentes principais (VILANOVA et al., 2009).

O levantamento dos termos descritivos que qualifiquem as diferenças entre as amostras, é uma técnica muito positiva, pois permite o destaque de atributos que poderiam ficar despercebidos se as amostras fossem avaliadas isoladamente (MELLO, 2005). Uma das principais metodologias utilizadas para este fim é o método da lista prévia. Neste método, as amostras são apresentadas aos julgadores juntamente com uma lista de termos descritivos para o produto em questão, elaborada em estudos anteriores, com o objetivo de se obter outra mais reduzida e de mais fácil manuseio (MOSKOWITZ, 1983). Os julgadores são então orientados a marcar, para cada termo descritivo, a classificação como “crítico” ou “não-crítico”, de acordo com a sua percepção. Além disso, os julgadores podem fazer sugestões de possíveis atributos que não estejam na lista prévia. Por fim, apenas os termos classificados como “críticos” por uma porcentagem de provadores, previamente estabelecida, passarão a fazer parte da lista definitiva (ARAÚJO et al., 2003).

A ADQ possui diversas aplicações, sendo frequentemente utilizada em pesquisas e em indústrias para o controle de qualidade, desenvolvimento de

novos produtos, comparação com produtos concorrentes para entender a resposta do consumidor em relação aos seus atributos sensoriais (REIS, 2007; LABOISSIÈRE et al., 2007). Também pode ser aplicada para monitorar mudanças no produto ao longo do tempo de armazenamento, para a determinação da vida-de-prateleira e verificar os efeitos da adição de ingredientes, embalagens e variações no processamento sobre a qualidade sensorial final de um produto (LABOISSIÈRE et al., 2007).

4 Vida-de-prateleira

A definição da vida-de-prateleira de um determinado produto depende da sua natureza e, conseqüentemente, das reações que terão maior influência na sua qualidade (MANZOCCO e LAGAZIO, 2009).

De maneira geral, a vida-de-prateleira pode ser definida como o período de tempo decorrido entre a produção e o consumo de um produto alimentício, no qual sua aceitabilidade pelo consumidor é mantida, verificando-se a manutenção de um nível satisfatório de qualidade, avaliada por características sensoriais, tais como cor, aroma, sabor e textura, aparência, carga microbiana e pelo valor nutricional (FREITAS et al., 2006).

A qualidade dos produtos alimentícios depende da vida-de-prateleira declarada pelos seus fabricantes, os quais devem identificar os parâmetros intrínsecos e extrínsecos que limitam esse período para cada produto (QUEIROZ, 2006). No primeiro caso, têm-se como exemplos os parâmetros fisiológicos, valores nutricionais e atributos sensoriais. Com relação aos fatores extrínsecos, destacam-se a temperatura, umidade relativa, concentração de oxigênio, exposição à luz e embalagem (MATTIETTO et al., 2007; MOURA et al., 2007).

Dependendo do tipo de produto, vários são os critérios e as técnicas adotadas para se determinar o fim da sua vida-de-prateleira. Pode ser um critério microbiológico, como, por exemplo, alta contagem bacteriana ou a presença de microrganismos patogênicos. Outros critérios utilizados são algumas alterações físico-químicas que podem ocorrer no alimento em estudo,

as quais podem acarretar perdas nutricionais ou mudanças de coloração. Avaliações sensoriais também são muito utilizadas para este fim (MATTIETTO et al., 2007).

A determinação da vida-de-prateleira de um produto não é uma tarefa fácil e de resultado exato (MOURA et al., 2007). Além disso, não há um procedimento que seja ao mesmo tempo suficientemente generalizado e específico para a determinação da vida-de-prateleira de alimentos de diferentes categorias (VITALI e QUAST, 2004).

Para previsões corretas de vida-de-prateleira é necessário conhecer os mecanismos e a cinética das reações que conduzem à perda da qualidade e do valor nutricional como uma função de fatores como temperatura e concentração de oxigênio, dentre outros (MOURA et al., 2007; LABUZA, 1979). Com isso, torna-se possível definir modelos de deterioração dos alimentos.

Com relação aos fatores ambientais que influenciam na vida-de-prateleira dos alimentos, a temperatura é, sem dúvida, o mais importante na maioria dos casos, visto que seu aumento conduz à elevação nas taxas de deterioração (PALAZÓN et al., 2009; VITALI e QUAST, 2004).

5 Cinética de reações em alimentos

As alterações indesejáveis que normalmente ocorrem em sucos e polpas de frutas estão relacionadas à ocorrência de reações de natureza enzimática e química, geralmente envolvendo processos oxidativos, aspectos microbiológicos e também alterações físicas, as quais alteram suas características sensoriais (LOPES, 2005).

Matematicamente, a taxa de degradação da maioria dos produtos alimentícios é expressa pela seguinte equação (PEDRO e FERREIRA, 2006):

$$-v_p = -\frac{dC_p}{dt} = K \times C_p^n \quad (1)$$

Em que v_p é a velocidade da reação, C_p é a concentração do componente P, n determina a ordem da reação, K é a constante de velocidade da reação e t é o tempo.

Em se tratando de alimentos, a maioria das reações responsáveis pela perda da qualidade obedece a leis de cinéticas bem estabelecidas, geralmente sendo de zero ou primeira ordem (LABUZA, 1982; MOURA et al., 2001; TORALLES et al., 2008; VIKRAM et al., 2005).

As reações de ordem zero são aquelas em que a velocidade de conversão é independente da concentração do reagente (TEIXEIRA NETO et al., 2004). Isto implica que, mantendo-se as demais variedades constantes, a velocidade de degradação de um dado produto não varia com o tempo. Para reações de ordem zero, tem-se:

$$-v_p = \frac{-dC_p}{dt} = K \quad (2)$$

Exemplos de reações de ordem zero são: escurecimento enzimático em frutas, hortaliças e alimentos congelados, oxidação de lipídeos em alimentos desidratados e congelados e escurecimento não-enzimático em cereais e produtos desidratados (TEIXEIRA NETO et al., 2004; LOPES, 2005).

Nas reações que seguem o modelo cinético de primeira ordem, cuja velocidade depende da concentração do reagente, a taxa de perda da qualidade do alimento diminui de forma exponencial durante o período de armazenamento (PALAZÓN et al., 2009; LABUZA, 1982).

Algebricamente, a taxa da perda de qualidade para reações de primeira ordem é dada pela seguinte equação (LABUZA, 1982):

$$-v_p = -\frac{dC_p}{dt} = K \times C_p \quad (3)$$

A destruição térmica dos microorganismos, reações de oxidação de lipídeos e inativação de enzimas são exemplos de reações de primeira ordem (LABUZA, 1982).

É necessário salientar que os modelos matemáticos utilizados para descrever a cinética das reações de deterioração dos alimentos não

representam o mecanismo real destas reações. Por isso, a ordem da reação é muitas vezes denominada de ordem aparente (LOPES, 2005).

Em trabalho realizado com mangas cv. Tommy Atkins embaladas em filmes de PVC e armazenadas sob refrigeração, YAMASHITA et al. (2001) observaram um perfil sugestivo de uma reação de primeira ordem para a degradação de vitamina C, tanto para as mangas embaladas como para as não embaladas, sendo que os frutos embalados apresentaram taxa de degradação em torno de 1,25 vezes maior que os não embalados.

TORALLES et al. (2008) estudaram a degradação do ácido ascórbico em purê pêssego com diferentes concentrações (12, 22 e 32 °Brix), em condições anaeróbicas e temperaturas compreendidas entre 70 e 90°C, e observaram que tanto o modelo de primeira ordem quanto o de ordem zero foram adequados para descrever a degradação. Por outro lado, OZKAN et al. (2004) verificaram que o modelo de ordem zero ajustou-se melhor do que o de primeira ordem para degradação do ácido ascórbico em suco de laranja e néctar de cereja durante o armazenamento.

TELIS-ROMERO et al. (2003) estudaram a degradação do ácido ascórbico em ameixas desidratadas, mantidas a diferentes temperaturas, e também verificaram que o modelo cinético de primeira ordem ajustou-se bem aos dados experimentais. Além disso, a utilização de temperatura mais baixa promoveu menor taxa de degradação da vitamina C.

VIKRAM et al. (2005) estudaram a degradação de vitamina C e dos parâmetros de cor em suco de laranja aquecido por diferentes métodos (ôhmico, infravermelho, microondas e convencional) e verificaram que, para todos os métodos utilizados, a degradação do ácido ascórbico ocorreu por um mecanismo de primeira ordem. Da mesma forma, a degradação da cor, expressa pela combinação dos valores ($a \times b$), seguiu uma cinética de primeira ordem. Tanto para a degradação do ácido ascórbico como para a cor, os valores de K aumentaram com a elevação da temperatura, confirmando o efeito desta sobre a degradação.

LOPES et al. (2005) avaliaram a estabilidade da polpa de pitanga sob congelamento e verificaram que a degradação da coordenada de cor a^* ajustou-se melhor ao modelo cinético de primeira ordem, enquanto que a

degradação da diferença total de cor (ΔE^*) ajustou-se melhor ao modelo de ordem zero. Resultados semelhantes foram obtidos por MOURA et al. (2007) para maçãs-passa acondicionadas em embalagens de polietileno. AHMED et al. (2002) verificaram que a perda da coloração amarela (b) e da cor total (L x a x b) em purê de manga seguiu o modelo de primeira ordem.

A cinética de degradação dos carotenóides é mais complexa, pois é fortemente influenciada pela natureza do pigmento, condições experimentais usadas, e conteúdo de umidade no produto. Assim, em meio aquoso, por exemplo, a estabilidade dos carotenóides é aumentada, e segue uma cinética de primeira ordem. Já em alimentos desidratados, a degradação normalmente ajusta-se melhor ao modelo de ordem zero (TSIMIDOU e BILIADERIS, 1997).

VÁSQUEZ-CAICEDO et al. (2007) estudaram a degradação de carotenóides em purê de manga pasteurizado, envasado por enchimento a quente, e armazenado sob exposição à luz a temperatura ambiente. Eles observaram uma retenção de β -caroteno de 90,9% após 168 dias de armazenamento e que a taxa de degradação não se ajustou aos modelos cinéticos de zero ou primeira ordem. Em trabalho realizado com suco cítrico a base de laranja, DHUIQUE-MAYER et al. (2007) verificaram que a degradação do β -caroteno seguiu um modelo de primeira ordem durante aquecimento em temperaturas de 55 a 100 °C.

6 Efeito da temperatura sobre as reações

A temperatura é, sem dúvida, o fator que mais influencia a velocidade das reações químicas. Assim, quantificar seu efeito sobre a velocidade de deterioração nos alimentos é de fundamental importância, pois possibilita entender como a vida-de-prateleira de um determinado produto será alterada em função da temperatura de armazenamento.

O efeito térmico sobre a maioria das reações de importância na tecnologia de alimentos é muito bem explicado pelo modelo de Arrhenius (LABUZA, 1980), cuja relação é dada pela Equação (4):

$$\frac{d(\ln K)}{dT} = \frac{E_a}{R \times T^2} \quad (4)$$

Em que K é a constante de velocidade da reação, E_a é a energia de ativação em cal.mol^{-1} , R é a constante universal dos gases ($1,987 \text{ cal.mol}^{-1}.\text{K}^{-1}$) e T é a temperatura em escala absoluta (K).

Sempre que uma reação segue o modelo de Arrhenius, ao se plotar um gráfico de escala linear, o logaritmo da constante da velocidade versus o inverso da temperatura absoluta, obtém-se uma linha reta, cuja inclinação é igual a E_a/R (Figura 1). Esse é o principal método utilizado para se determinar a energia de ativação das reações de degradação em alimentos (PEDRO e FERREIRA, 2006; TEIXEIRA NETO et al., 2004; LABUZA, 1982; LABUZA, 1980).

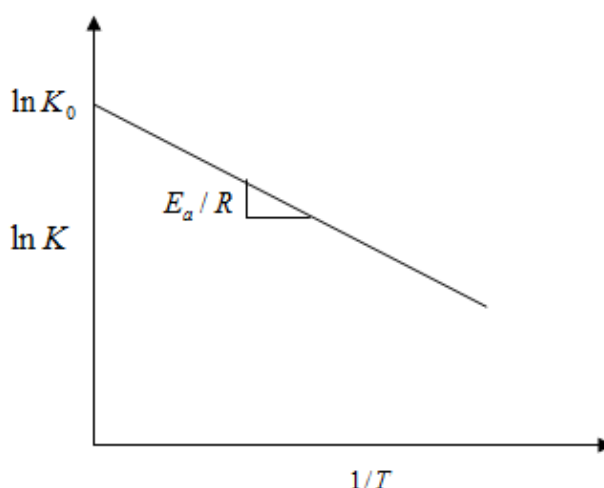


Figura 1: Representação esquemática do gráfico de Arrhenius. Adaptado de TEIXEIRA NETO et al. (2004).

O efeito da temperatura sobre a velocidade das reações pode ser quantificado pela determinação do fator de aceleração da temperatura, também conhecido como Q_{10} (LABUZA, 1985; TEIXEIRA NETO et al., 2004). Este fator pode ser determinado pelo quociente entre as constantes de velocidade da reação a uma determinada temperatura e a outra 10°C mais baixa ou a partir da energia de ativação (Equação 5). O valor de Q_{10} também pode ser calculado a partir do quociente entre as vidas-de-prateleira do produto a uma determinada temperatura e a outra 10°C mais alta.

$$Q_{10} = 10^{\frac{E_a}{0,46 \times T^2}} \quad (5)$$

Em que T é a temperatura absoluta.

Assim, conhecendo-se o valor de Q_{10} , ele pode ser utilizado para estimar a vida-de-prateleira do produto para outras temperaturas de armazenamento, desde que estas se encontrem dentro da faixa de temperatura utilizada na sua determinação. Este é o princípio dos testes acelerados de vida-de-prateleira (LABUZA, 1985).

Em trabalho realizado com polpas de morango, com e sem açúcar, armazenadas assepticamente em diferentes temperaturas (5, 25 e 35 °C), MOURA et al. (2001) aplicaram o modelo de Arrhenius para a degradação da diferença total de cor, baseada nas coordenadas de cor L, a e b de Hunter, e observaram que a energia de ativação (E_a) determinada foi de 8,0 Kcal.mol⁻¹ e um valor de Q_{10} de 1,55 para a polpa de morango sem açúcar. ÁVILA e SILVA (1999) encontraram uma energia de 25,8 Kcal.mol⁻¹ para a degradação da cor durante o processamento térmico de purê de pêssego.

TORALLES et al. (2008) estudaram o efeito da temperatura (70, 80 e 90 °C) e da concentração de ácido ascórbico na cinética de degradação dessa vitamina em purês de pêssego. Eles verificaram que a energia de ativação média foi de 10,76 Kcal.mol⁻¹. Os valores de Q_{10} (70-80 °C e 80-90 °C) variam de 1,45 a 1,61.

YAMASHITA et al. (2003) avaliaram a cinética de degradação do ácido ascórbico em frutos de acerola *in natura* armazenados nas temperaturas de -12 e -18 °C e verificaram um fator de aceleração da temperatura (Q_{10}) de 4,2 e energia de ativação de 18,85 Kcal.mol⁻¹. Resultados semelhantes foram obtidos por YAMASHITA et al. (1999), os quais verificaram que a degradação do ácido ascórbico em mangas armazenadas em embalagens de atmosfera modificada apresentou uma energia de ativação de 17,24 Kcal.mol⁻¹.

PALAZÓN et al. (2009) estudaram a degradação da variação total de cor (ΔE^*), da vitamina C e a produção do 5-hidroximetil-furfural, resultante das reações de escurecimento não-enzimático, em compotas de maçã e obtiveram valores de energia de ativação de 15,5, 18,6 e 32,8 Kcal.mol⁻¹.

DHUIQUE-MAYER et al. (2007) estudaram a degradação térmica do β -caroteno e da vitamina C em um suco cítrico, elaborado pela mistura de sucos de quatro frutas cítricas, e observaram que esses compostos apresentaram, respectivamente, valores de energia de ativação 26,32 e 8,59 Kcal.mol⁻¹.

AHMED et al. (2002) investigaram a cinética de degradação de carotenóides e da cor em purê de mamão e obtiveram valores de energia de ativação para a degradação de carotenóides e da cor de 4,92 e 7,80 Kcal.mol⁻¹, respectivamente. Em outro trabalho, AHMED et al. (2002) observaram que as degradações de b na escala Hunter, que representa a perda da cor amarela, e da cor total, expressa pela combinação L x a x b, em purê de manga apresentaram valores de E_a iguais a 8,67 e 8,80 Kcal.mol⁻¹, respectivamente.

7 Testes acelerados de vida-de-prateleira

A determinação da vida-de-prateleira constitui uma etapa de grande relevância durante o desenvolvimento de novos produtos (MOURA et al., 2007). No entanto, alguns produtos têm vida-de-prateleira bastante longa e realizar um teste completo da vida-de-prateleira ao longo de toda a validade estimada de um produto industrializado pode ser muito demorado e dispendioso, além de atrasar significativamente o seu lançamento no mercado (PEDRO e FERREIRA, 2006).

Os Testes Acelerados de Vida-de-Prateleira (TAVP) são frequentemente empregados para contornar esses problemas. O TAVP consiste em submeter o produto a condições de armazenamento relativamente severas, bem definidas e controladas, de forma a acelerar as taxas de transformação (MOURA et al., 2007; PEDRO e FERREIRA, 2006).

Os testes acelerados baseiam-se no fato de que a constante de velocidade da reação (K) é dependente da temperatura. Assim, as condições mais severas a que os produtos são submetidos nesses tipos de testes referem-se, normalmente, a temperaturas mais elevadas de armazenamento. Portanto, como a maioria das reações de degradação em alimentos seguem o modelo de Arrhenius, as temperaturas mais elevadas ocasionam o aumento na

velocidade de degradação, fazendo com que a vida-de-prateleira do produto seja alcançada mais rapidamente (PEDRO e FERREIRA, 2006; LABUZA, 1985).

Nos testes acelerados, os dados são coletados para várias temperaturas de armazenamento, em diferentes tempos, e os gráficos cinéticos são construídos. Ao avaliar o perfil de velocidade da reação, através da aplicação de modelos cinéticos bem estabelecidos, é possível determinar a ordem da reação e as constantes de velocidade, para as temperaturas utilizadas nos testes (PEDRO e FERREIRA, 2006). Assim, conhecendo-se as constantes de velocidade da reação (K) pode-se calcular o fator de aceleração da temperatura (Q_{10}), o qual pode ser utilizado para estimar a vida-de-prateleira do produto na temperatura normal de armazenamento.

O processo básico dos testes acelerados envolve as seguintes etapas (GARCÍA-GARCÍA et al., 2008): (i) seleção dos parâmetros cinéticos a serem utilizados; (ii) execução do estudo cinético em níveis tais que a taxa de deterioração seja suficientemente rápida; (iii) extrapolação dos parâmetros cinéticos para as condições normais de armazenamento; e (iv) utilização dos dados cinéticos extrapolados para o cálculo da vida-de-prateleira nas condições reais de armazenamento.

GRIZOTTO et al. (2006) estudaram a cinética de degradação da fruta estruturada e desidratada obtida da polpa concentrada de mamão. Para acompanhar a perda de qualidade durante o armazenamento do produto, foram utilizadas temperaturas de 0 °C (controle), 25 °C (ambiente) e 35 °C (acelerada), durante um período de 120 dias. Observou-se que a firmeza objetiva e as avaliações subjetivas de textura e qualidade global foram as que mais influenciaram na vida-de-prateleira do produto. A vida-de-prateleira a 35 °C foi de 56 dias de armazenamento. Além disso, os dados cinéticos de energia de ativação (E_a) (19,89 Kcal.mol⁻¹) e Q_{10} igual a 3 permitiram estimar a vida-de-prateleira em 168 dias para o produto armazenado a 25 °C.

MOURA et al. (2001) estudaram a cinética de degradação de polpas de morango utilizando as temperaturas de armazenamento de 5 °C (controle), 25 °C (ambiente) e 35 °C (acelerada). A vida-de-prateleira foi avaliada em termos de medidas objetivas de cor (L, a e b Hunter) e subjetivas. Verificou-se

que a cinética de degradação da cor para a polpa sem açúcar ajustou-se ao modelo de primeira ordem. Os parâmetros cinéticos E_a e Q_{10} , para a degradação da cor total na polpa de morango sem açúcar, foram iguais a $8,0 \text{ Kcal.mol}^{-1}$ e 1,55, respectivamente.

MOURA et al. (2007) estudaram a cinética de degradação de maçã-passa armazenadas em filmes de polietileno de $140 \mu\text{m}$, utilizando as temperaturas de $5 \text{ }^\circ\text{C}$ (controle), $25 \text{ }^\circ\text{C}$ (ambiente) e $35 \text{ }^\circ\text{C}$ (acelerada). Leituras objetivas de cor (L, a e b Hunter) foram usadas como parâmetros de avaliação. A degradação da cor relativa ao parâmetro L apresentou uma energia de ativação de $7,6 \text{ Kcal.mol}^{-1}$ e um valor de $Q_{10} = 2,0$. A vida-de-prateleira na temperatura de $35 \text{ }^\circ\text{C}$ foi de 100 dias, e com o valor de Q_{10} determinado, foi possível estimar a vida-útil do produto em 200 dias a $25 \text{ }^\circ\text{C}$.

PALAZÓN et al. (2009) fizeram uso de ensaios acelerados para estimar a vida-de-prateleira de compotas de maçã armazenadas nas temperaturas de 23 , 30 e $37 \text{ }^\circ\text{C}$ durante 420 dias. Considerando o fim da vida-de-prateleira quando 50 % dos provadores rejeitassem o produto, observou-se que a vida-de-prateleira na condição acelerada ($37 \text{ }^\circ\text{C}$) foi de 346 dias, sendo estimada em 1243 dias (3,4 anos) a $23 \text{ }^\circ\text{C}$.

CAPÍTULO 1

AValiação DA ESTABILIDADE SENSORIAL DE SUCO INTEGRAL DE MANGA POR ANÁLISE DESCRITIVA QUANTITATIVA E TESTE DE ACEITAÇÃO: INFLUÊNCIA DA TEMPERATURA E DO TEMPO DE ARMAZENAMENTO

Resumo

O presente trabalho objetivou estudar a cinética de degradação do suco integral de manga “Ubá”, com base nas suas características sensoriais, e avaliar também sua aceitabilidade durante o armazenamento. Amostras do produto foram armazenadas em estufas a 25, 35 e 45 °C, providas de iluminação (650 lux) 24 h por dia. A análise descritiva quantitativa (ADQ) foi realizada para a obtenção do perfil sensorial. A aceitabilidade pelos consumidores ao longo do tempo também foi avaliada. Por meio da ADQ, verificou-se que os atributos sabor, aroma e cor foram alterados significativamente ($p < 0,05$) durante o armazenamento a 35 °C e 45 °C. Observou-se que a cor foi o atributo menos dependente da temperatura ($E_a = 17,70 \text{ kcal.mol}^{-1}$ e $Q_{10} = 2,71$). Apesar do sabor estranho detectado pela equipe treinada, os consumidores não perceberam diferenças significativas ($p > 0,05$) nos produtos.

Palavras-chave: manga, testes acelerados, análise descritiva quantitativa.

Abstract

This work aimed to study the Kinetic of whole Ubá mango juice degradation, based on its sensory characteristics, and also assess its acceptability during storage. Samples were stored in BOD incubator at 25 °C (control), 35 °C and 45 °C (accelerated conditions), provided with 650 lux

lighting 24 hours a day. Quantitative descriptive analysis (QDA) was performed to obtain mango juice sensory profile. Consumer acceptance over time was also evaluated. QDA showed that the flavor, aroma and color were changed significantly ($p < 0.05$) during storage at 35 ° C and 45 ° C. It was observed that the color attribute was less dependent on temperature ($E_a = 17.70 \text{ kcal.mol}^{-1}$ and $Q_{10} = 2.71$). Despite of off flavor detected by trained judges, consumers did not perceive differences among products ($p > 0.05$), in the acceptance test.

Key-words: mango, accelerated assays, quantitative descriptive analysis.

1.1 Introdução

A qualidade dos produtos alimentícios é influenciada por diversos aspectos, tais como os microbiológicos, nutritivos e sensoriais. No entanto, as alterações sensoriais muitas vezes são consideradas as mais indesejáveis, pois, mesmo que o produto ainda apresente boas características nutritivas e microbiológicas, ele pode vir a ser rejeitado pelos consumidores antes que os demais fatores alcancem níveis inaceitáveis.

De fato, mesmo quando se estuda a estabilidade ou a vida-de-prateleira de alimentos perecíveis ou que possuam alguma alegação nutricional específica, as avaliações sensoriais são muitas vezes realizadas e levadas em consideração (MANZOCCO e LAGAZIO, 2009).

A análise sensorial utiliza os órgãos dos sentidos humanos como “instrumentos”, apresentando importantes vantagens sobre os métodos analíticos, visto que muitas vezes alterações químicas, difíceis de serem detectadas por métodos instrumentais, são perceptíveis sensorialmente (MATTIETTO et al., 2007). Além disso, para fabricantes de alimentos, o uso de métodos sensoriais pode ser mais conveniente na detecção de alterações no produto durante o armazenamento do que a realização de análises químicas (LARSEN et al., 2005).

Uma das principais técnicas utilizadas para o treinamento de provadores na habilidade em identificar e quantificar as propriedades sensoriais de um produto é a Análise Descritiva Quantitativa (ADQ). A ADQ é baseada na habilidade de uma equipe sensorial treinada em identificar, descrever e quantificar os atributos sensoriais de um produto, tais como aparência, sabor, aroma e textura (VILANOVA et al., 2009). Os provadores, devidamente treinados, quantificam a intensidade dos atributos, normalmente, por meio de uma escala não-estruturada de 9 cm ancorada em seus extremos com termos que indicam intensidade (SILVA et al., 2007).

A análise descritiva quantitativa compreende basicamente as seguintes etapas: i) pré-seleção dos candidatos; ii) desenvolvimento da terminologia descritiva; iii) treinamento e seleção dos provadores; iv) avaliação das amostras; e v) análise estatística dos resultados. Trata-se, portanto, de um dos

métodos mais completos e sofisticados para a caracterização sensorial de um produto (ARAÚJO et al., 2003; MARTINS, 2008). Dentre as várias aplicações da ADQ, podem-se citar estudos de vida-de-prateleira, acompanhamento de produtos concorrentes, controle de qualidade de produtos industrializados e realização de correlação entre medidas sensoriais e instrumentais (PALAZZO, 2008).

Em um mercado consumidor cada vez mais competitivo, o conceito de qualidade baseia-se na completa satisfação das expectativas do consumidor (BEHRENS et al., 2000). Por isso, outro teste de grande relevância na análise sensorial é o de aceitação, o qual permite avaliar o quanto consumidores gostam ou desgostam de um determinado produto (MINIM, 2006). O teste de aceitação pode também ser utilizado para se obter informações complementares às respostas obtidas pela análise descritiva quantitativa (SANTANA et al., 2006).

Esse trabalho teve como objetivo aplicar a análise descritiva quantitativa para estudar a cinética de degradação do suco integral de manga “Ubá”, com base nos seus atributos sensoriais, e avaliar a influência da temperatura e do tempo de armazenamento sobre estas características. Objetivou-se também a avaliação da aceitabilidade sensorial do produto durante o período de armazenamento.

1.2 Materiais e métodos

O trabalho foi desenvolvido no Departamento de Tecnologia de Alimentos da Universidade Federal de Viçosa-MG, Brasil.

1.2.1 Aquisição das amostras e delineamento experimental

O experimento foi realizado com 216 amostras de suco integral de manga cv. Ubá, de uma marca comercial de grande circulação no Estado de Minas Gerais, acondicionadas em garrafas PET de 500 mL, divididas em dois lotes de produção. O produto continha em sua formulação, além da polpa integral de manga, os conservantes benzoato de sódio e metabissulfito de sódio e o ácido cítrico como acidulante.

As amostras foram adquiridas diretamente da indústria, localizada nas proximidades de Viçosa-MG, e conduzidas imediatamente ao laboratório para serem armazenadas em estufas, tipo B.O.D, a 25 °C (controle), 35 °C e 45 °C (condições aceleradas), providas de iluminação 24 horas por dia, de modo a simular as condições reais de armazenamento. A incidência média de luz no interior das estufas foi de 650 lux, medida com luxímetro digital Chauvin Arnoux, modelo CA 810 (Paris, França), sendo que cada estufa armazenava 72 amostras.

O experimento foi conduzido segundo o delineamento em parcelas subdivididas, com a temperatura de armazenamento nas parcelas, inteiramente ao acaso, em três níveis (25, 35 e 45 °C), os provadores como blocos, e o tempo de estocagem nas subparcelas, em sete níveis (0, 20, 40, 60, 80, 100, 120 dias), para as amostras mantidas a 25 °C e 35 °C, e quatro níveis (0, 20, 40 e 60 dias), para as amostras armazenadas a 45 °C.

1.2.2 Análises microbiológicas

Com o objetivo de avaliar a inocuidade do suco integral de manga, foram realizadas avaliações microbiológicas dos produtos quanto a coliformes a 45 °C e *Salmonella sp.*, conforme o Regulamento Técnico sobre Padrões Microbiológicos para Alimentos (BRASIL, 2001). As análises de coliformes termotolerantes foram realizadas de acordo com o método 986.33, segundo a *Association of Official Analytical Chemistry* (AOAC, 2002). Para as análises de *Salmonella sp.*, empregou-se a metodologia descrita por SILVA et al. (2007).

1.2.3 Avaliações sensoriais

As avaliações foram realizadas no Laboratório de Análise Sensorial do Departamento de Tecnologia de Alimentos da Universidade Federal de Viçosa e em cabines individuais, de modo a promover o devido conforto e isolamento aos julgadores.

1.2.3.1 Análise Descritiva Quantitativa

A Análise Descritiva Quantitativa (ADQ) foi realizada de acordo com as seguintes etapas:

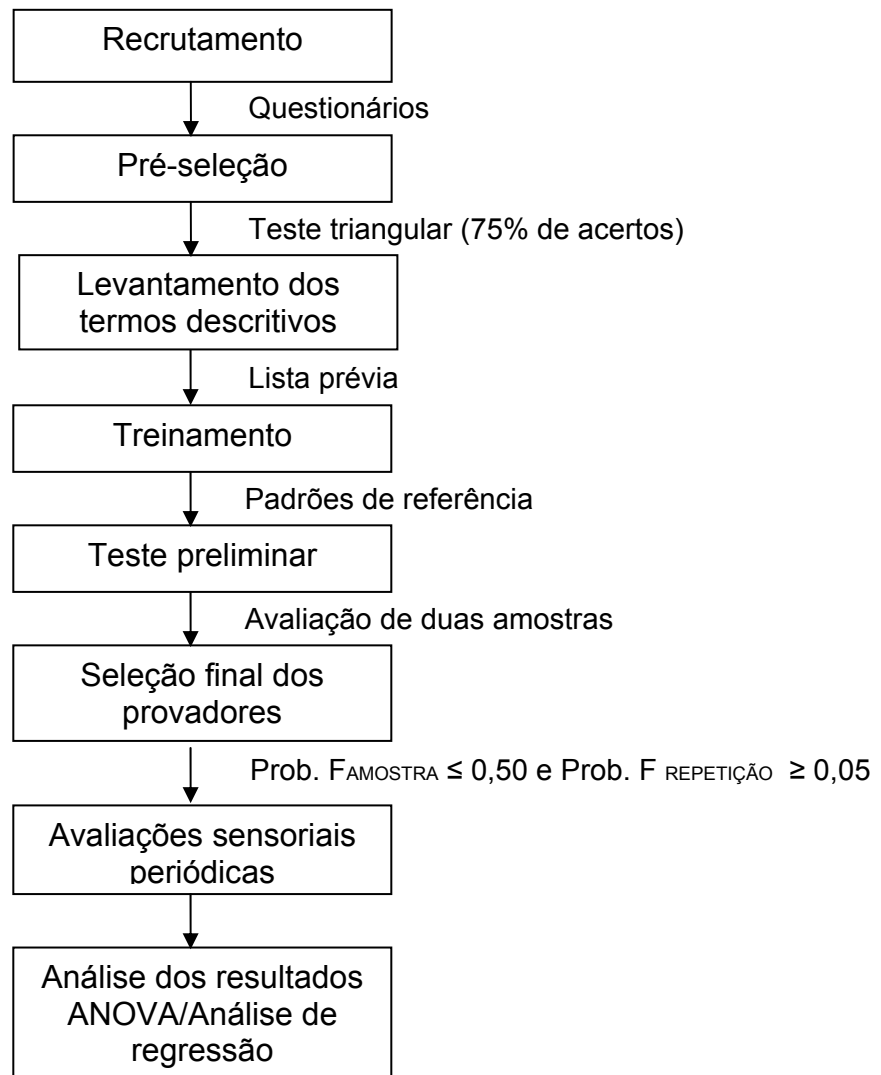


Figura 2: Etapas da Análise Descritiva Quantitativa.

1.2.3.1.1 Recrutamento e pré-seleção dos provadores

Os provadores foram recrutados para a realização da pré-seleção em função do interesse, disponibilidade de tempo, afinidade pelo produto, habilidade em trabalhar com escala não-estruturada, conhecimento sobre os termos descritivos e condições de saúde que não comprometessem as análises. Para isso foram distribuídos 50 questionários às pessoas que demonstraram interesse em participar do estudo.

Para pré-selecionar aqueles candidatos com maior habilidade em diferenciar sensorialmente as amostras, eles foram submetidos a uma

seqüência de quatro testes triangulares com duas amostras de suco de manga comprovadamente diferentes ao nível de 5% de probabilidade. Para isso, amostras de suco de manga foram formuladas conforme recomendações do fabricante: duas partes de suco integral e oito partes de água filtrada, com concentração de açúcar igual a 8% (p/v) - concentração ideal de sacarose em suco de manga determinada por UMBELINO (2005). Uma das duas amostras de suco foi formulada com uma concentração conhecida de ácido cítrico, a qual foi contrastada com a outra, sem adição de ácido, mediante teste triangular com 20 provadores. Verificou-se pelo teste que houve diferença significativa entre essas amostras ao nível de 5% de probabilidade, as quais foram então utilizadas na etapa de pré-seleção dos provadores.

Os candidatos a provadores participaram de quatro sessões de testes triangulares, sendo que em cada sessão foram apresentadas três amostras, duas iguais e uma diferente. Foi solicitado aos candidatos que identificassem a amostra diferente. Foram pré-selecionados para compor a equipe aqueles que obtiveram, no mínimo, três respostas corretas (75% de acertos).

1.2.3.1.2 Levantamento dos termos descritivos e definição dos padrões de referência

Para obter uma lista de termos descritivos mais reduzida e de mais fácil manuseio, optou-se por utilizar o método da lista prévia (“check list method”). Para isso, os provadores pré-selecionados avaliaram com o auxílio de uma lista de termos descritivos para suco de manga, desenvolvida por CAVALLINI e BOLINI (2005), duas amostras do suco de manga formuladas conforme recomendações do fabricante.

As duas amostras de suco integral de manga utilizadas nesta etapa consistiram de uma fresca (recém processada) e outra previamente submetida à degradação a 55 °C durante 24 dias (suco alterado). Foi solicitada aos provadores, para cada termo descritor, a classificação como “crítico” ou “não-crítico”. Considera-se como crítico o atributo presente e como não-crítico o atributo ausente, conforme a percepção de cada julgador. Os provadores também foram avisados da possibilidade de identificação de novos atributos,

que não estivessem presentes na lista prévia. Após as avaliações, elaborou-se uma lista de todos os atributos classificados como críticos. Somente permaneceram na lista definitiva de avaliação, os atributos classificados como crítico pela maioria dos provadores. Em seguida, foi realizada uma reunião para a definição dos materiais de referência (padrões) e dos pontos extremos que ancoraram a escala não-estruturada de nove centímetros utilizada no treinamento dos julgadores e na avaliação das amostras. A lista com os termos descritivos, as respectivas definições e os padrões de referência utilizados no treinamento dos julgadores está mostrada na Tabela 1.

1.2.3.1.3 Treinamento dos provadores

Foram realizadas três a cinco sessões de treinamento, conforme a necessidade de cada provador, até que todos eles se mostrassem aptos a perceberem os atributos que descrevem o produto. Em todas as sessões, os provadores foram orientados a ler a definição de cada atributo e, em seguida, provar e memorizar os padrões (Tabela 1).

1.2.3.1.4 Teste preliminar e seleção dos provadores

A seleção final dos provadores foi realizada a partir de um teste preliminar em que foram analisados a repetibilidade nos resultados e a capacidade de discriminar as amostras. Para isso, foi realizada a análise de variância (ANOVA) com duas fontes de variação (amostra e repetição) para cada provador e para cada atributo. Os provadores que apresentaram valores de probabilidade de $F_{\text{AMOSTRA}} \leq 0,50$ e probabilidade de $F_{\text{REPETIÇÃO}} \geq 0,05$ para todos os termos descritivos foram selecionados para compor a equipe que iria avaliar o produto durante o armazenamento. Em outras palavras, foram selecionados aqueles julgadores que apresentaram melhor poder de discriminação e reprodutibilidade nos resultados.

Tabela 1: Atributos, definições e padrões de referência para o suco integral de manga.

Atributos	Definições	Padrões
Cor amarela	Sensação produzida pela estimulação da retina pelos raios luminosos de comprimentos de onda variáveis, dentro do espectro visível. Cor amarela característica do suco de manga.	Escura: Suco integral de manga diluído em água na concentração de 40% (v/v), adicionado de 0,6% (p/v) de corante caramelo. Clara: Suco integral de manga diluído em água na concentração de 5% (v/v).
Aroma de suco de manga	Aroma característico de substâncias voláteis da fruta manga.	Não-característico: Suco integral de manga, armazenado à temperatura de 55 °C durante 24 dias, e não diluído. Característico: Suco integral de manga, fresco e não diluído.
Sabor de suco de manga	Sabor característico produzido por substâncias voláteis da fruta manga.	Não-característico: Suco integral de manga, armazenado à temperatura de 55 °C durante 24 dias, diluído em água na concentração de 40% (v/v). Característico: Suco integral de manga, fresco, diluído em água na concentração de 40% (v/v).
Consistência	Representa a espessura do alimento na boca depois do mesmo ter sido comprimido para cima e para baixo por movimento da língua contra o palato.	Pouca: Suco integral de manga diluído em água na concentração de 20% (v/v). Muita: Suco integral de manga diluído em água na concentração de 60% (v/v).

1.2.3.1.5 Avaliações sensoriais periódicas e análise dos resultados

Para as avaliações sensoriais periódicas, amostras de suco integral de manga de cada lote, armazenadas a uma mesma temperatura, foram misturadas em partes iguais, e diluídas com água filtrada (filtro marca Europa, modelo Acqua Júnior Plus) na concentração de 40% (v/v) de suco integral (melhor concentração de suco integral definida em conjunto pelos julgadores para as avaliações sensoriais) e sem a adição de açúcar, para evitar o “mascaramento” de possíveis alterações. As avaliações ocorreram com periodicidade de 20 dias, em três repetições da mesma amostra, de acordo com o delineamento em blocos completos casualizados, sendo que cada provador avaliava todas as amostras, constituindo, assim, quatorze blocos (provadores selecionados) por amostra.

Para a avaliação das amostras utilizou-se a ficha de avaliação definitiva da ADQ (Figura 3), a qual consistiu de uma escala não-estruturada de nove centímetros, ancoradas em seus extremos com os termos que indicavam as intensidades dos atributos.

Como critério para o término das avaliações sensoriais, foi estabelecido o valor médio de 4,5 (valor central da escala não-estruturada) para as notas referentes ao atributo sabor.

Os dados obtidos foram analisados, estatisticamente, por análise de variância (ANOVA), com os provadores como blocos, a temperatura como fonte de variação nas parcelas e o tempo nas subparcelas, e análise de regressão linear em função do tempo, utilizando-se o programa estatístico SAS (*Statistical Analysis System – SAS Institute Inc., Cary, NC, USA*), versão 9.1, licenciado para a Universidade Federal de Viçosa.

1.2.3.2 Determinação dos parâmetros cinéticos

Os dados obtidos da análise descritiva quantitativa foram submetidos à análise de regressão linear em função do tempo para o ajustamento do modelo e determinação dos parâmetros cinéticos. A adequabilidade dos modelos foi avaliada pela análise da falta de ajuste e pelos coeficientes de determinação.

O fator de aceleração da temperatura (Q_{10}) foi determinado a partir do quociente entre as constantes de velocidade de degradação nas temperaturas de 45 °C e 35 °C (Equação 6), conforme descrito por LABUZA (1985).

$$Q_{10} = \frac{K_{45^{\circ}\text{C}}}{K_{35^{\circ}\text{C}}} \quad (\text{Equação 6})$$

Em que K é a constante de velocidade de degradação.

Para a determinação da energia de ativação (E_a), utilizou-se a Equação 7, conforme descrito por TEIXEIRA NETO et al. (2004).

$$E_a = 0,46 \times T^2 \times \log Q_{10} \quad (\text{Equação 7})$$

Em que T é a temperatura em K, absoluta.

Os valores de E_a (energia de ativação) e Q_{10} (fator de aceleração da temperatura) foram determinados após o término das avaliações do produto nas temperaturas de 35 °C e 45 °C.

1.2.3.3 Avaliação do efeito do tempo e da temperatura sobre as características sensoriais por metodologia de superfície de respostas

O efeito simultâneo da temperatura e do tempo de armazenamento sobre as percepções sensoriais dos provadores foi analisado por metodologia de superfície de respostas.

Por meio da análise de regressão, os dados experimentais foram ajustados ao modelo polinomial de segunda ordem:

$$R_i = \beta_0 + \beta_1 t + \beta_2 T + \beta_{11} t^2 + \beta_{22} T^2 + \beta_{12} tT + E_i \quad (\text{Equação 8})$$

Em que: R_i - função resposta ou variável dependente; t e T - tempo e temperatura de armazenamento; β_0 - constante de regressão; β_1 e β_2 - coeficientes lineares das variáveis independentes; β_{11} e β_{22} - coeficientes dos quadrados das variáveis independentes; β_{12} - coeficientes de interação entre as variáveis independentes e E_i - erro experimental.

Nos modelos completos (segunda ordem), foram considerados somente os coeficientes significativos ($p < 0,05$) na análise de regressão múltipla, obtendo-se os modelos ajustados. Finalmente, a partir das equações obtidas, foram elaborados os gráficos e os contornos de superfície de respostas para cada um dos atributos estudados. Para isso, utilizou-se o programa estatístico SAS Institute[®], versão 9.1.

1.2.3.4 Avaliação da aceitabilidade sensorial

As avaliações foram realizadas com periodicidade de 20 dias, sendo que em cada sessão foram recrutados 50 provadores, consumidores de suco de manga, e que apresentaram disponibilidade em participar do teste. Para as análises de aceitação, as amostras foram preparadas conforme as recomendações do fabricante: 2 partes de suco integral de manga para 8 partes de água filtrada. A concentração de açúcar utilizada para o preparo do suco foi de 8%, conforme determinado por UMBELINO (2005) como a ideal para suco de manga.

As amostras foram servidas de forma monádica, em copos plásticos codificados com números de três dígitos, à temperatura de refrigeração (10 °C), e avaliadas quanto à qualidade global. Para a limpeza do palato entre as avaliações, foi servido juntamente com as amostras um copo de água filtrada a temperatura ambiente. As avaliações foram realizadas utilizando uma ficha, na qual foi solicitado ao provador sua aceitação na escala hedônica de 9 pontos, que variou de 1 (desgostei extremamente) a 9 (gostei extremamente). Os dados obtidos foram analisados por análise de variância, tendo como fontes de variação a temperatura (parcelas) e o tempo (subparcelas), e análise de regressão linear em função do tempo, utilizando-se o programa estatístico SAS

(*Statistical Analysis System – SAS Institute Inc.*, Cary, NC, USA), versão 9.1, licenciado para a Universidade Federal de Viçosa.

1.3 Resultados e discussão

1.3.1 Análises microbiológicas

Durante todo o período estudado, observou-se que o suco integral de manga apresentou boa estabilidade microbiológica nas três temperaturas de armazenamento utilizadas, não sendo observadas as presenças de coliformes termotolerantes e *Salmonella sp.*, estando em conformidade com o Regulamento Técnico sobre Padrões Microbiológicos para Alimentos (BRASIL, 2001).

1.3.2 Análise Descritiva Quantitativa

Por meio da aplicação dos questionários, foram recrutados 48 provadores candidatos a compor a equipe sensorial, dos quais 33 obtiveram pelo menos 75% de acertos na série de quatro testes triangulares, sendo 20 mulheres e 13 homens.

A partir da lista de termos descritivos para suco de manga, desenvolvida por CAVALLINI e BOLINI (2005), os provadores pré-selecionados consideraram como críticos os seguintes atributos: cor amarela, aroma característico, sabor e consistência. Os padrões de referência para cada atributo utilizados nos treinamentos e a ficha de avaliação utilizada na seleção dos provadores e nas avaliações sensoriais periódicas estão apresentados na Tabela 1 e Figura 3, respectivamente.

Com relação à seleção dos provadores, foram dispensados aqueles que apresentam probabilidade de $F_{AMOSTRA} \geq 0,50$ (baixo poder discriminativo) e probabilidade de $F_{REPETIÇÃO} \leq 0,05$ (baixa repetibilidade) em pelo menos um

dos atributos (Tabela 2). Dos 33 provadores pré-selecionados na série de testes triangulares, apenas 22 participaram da seleção final.

Nenhum provador apresentou baixa repetibilidade nos resultados, entretanto, os provadores P14, P15, P21 e P22 não apresentaram poder de discriminação das amostras e foram dispensados. Os provadores P7, P9, P11 e P13 não apresentaram disponibilidade de tempo e não compareceram nas avaliações sensoriais. Com isso, a equipe que avaliou o suco de manga durante o período de armazenamento foi composta por 14 provadores selecionados (provadores 1, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 10, 12, 16, 17, 18, 19 e 20), com exceção da avaliação das amostras aos 120 dias de armazenamento, em que quatro provadores não puderam comparecer nas avaliações.

Tabela 2: Níveis de probabilidade (valor p) de $F_{AMOSTRA}$ e $F_{REPETIÇÃO}$ dos provadores para os atributos sensoriais do suco integral de manga.

Provador		Cor	Aroma	Sabor	Consistência
		Amarela	Característico	Característico	
P1	p F_a	0,0010	0,0436	0,0129	0,0128
	p F_r	0,1842	0,9281	0,5615	0,2127
P2	p F_a	0,0225	0,0164	0,0022	0,0023
	p F_r	0,5962	0,7372	0,7500	0,0652
P3	p F_a	0,1279	0,4358	0,1508	0,4685
	p F_r	0,9641	0,7817	0,5401	0,6673
P4	p F_a	0,0044	0,0061	0,0647	0,0061
	p F_r	0,3305	0,6706	0,3959	0,3350
P5	p F_a	0,0591	0,1223	0,0267	0,1847
	p F_r	0,8448	0,6185	0,6548	0,4262
P6	p F_a	0,0002	<,0001	0,0025	<,0001
	p F_r	0,7000	0,2500	0,5987	0,5000
P7 ^d	p F_a	0,0083	0,0454	0,0089	0,0158
	p F_r	0,5671	0,3971	0,6847	0,7156
P8	p F_a	0,0206	0,0333	0,1729	0,0030
	p F_r	0,9387	0,9826	0,5000	0,6786
P9 ^d	p F_a	0,0123	0,0214	0,2116	0,0986
	p F_r	0,8832	0,1211	0,3514	0,0845
P10	p F_a	0,0055	0,1295	0,0050	0,0234
	p F_r	0,0777	0,7388	0,8273	0,3944
P11 ^d	p F_a	0,0523	0,0725	0,4040	0,1732
	p F_r	0,5452	0,9724	0,9737	0,3214
P12	p F_a	0,1508	0,0274	0,0301	0,1333
	p F_r	0,6665	0,3045	0,8101	0,6338
P13 ^d	p F_a	0,0904	0,0105	0,1606	0,4474
	p F_r	0,9521	0,6246	0,4352	0,7944
P14*	p F_a	0,0032	0,2607	0,0566	0,7607
	p F_r	0,3250	0,6481	0,9594	0,6353
P15*	p F_a	0,7814	0,6586	0,6019	0,6366
	p F_r	0,9392	0,9430	0,9772	0,5441
P16	p F_a	0,0141	0,4947	0,2792	0,1402
	p F_r	0,1803	0,9824	0,7570	0,0686
P17	p F_a	0,1893	0,2640	0,0753	0,4264
	p F_r	0,7016	0,4689	0,4873	0,2104
P18	p F_a	0,1335	0,0298	0,0777	0,0788
	p F_r	0,3793	0,8524	0,1072	0,2289
P19	p F_a	0,0104	<,0001	<,0001	0,0526
	p F_r	0,2047	0,2500	0,3000	0,2423
P20	p F_a	0,0604	0,1710	0,0232	0,1588
	p F_r	0,1340	0,7000	0,8409	0,2099
P21*	p F_a	0,0323	0,1198	0,4319	0,7508
	p F_r	0,3960	0,3231	0,5496	0,2562
P22*	p F_a	0,0021	0,0188	0,0089	0,5394
	p F_r	0,5937	0,1419	0,1584	0,6149

* Provadores que não foram aprovados no teste de seleção.

p F_a = probabilidade de $F_{AMOSTRA}$; p F_r = probabilidade de $F_{REPETIÇÃO}$.

^d Provadores que não compareceram nas avaliações sensoriais.

1.3.2.1 Avaliações sensoriais periódicas

Analisando-se os dados da análise de variância, mostrados na Tabela 3, verificou-se efeito significativo de interação entre temperatura (25, 35 e 45 °C) e o tempo de armazenamento ($p < 0,05$) para os atributos cor, aroma e sabor. Assim, para esses atributos, realizou-se o ajustamento dos modelos de regressão linear para cada tratamento separadamente.

Tabela 3: Análise de variância (ANOVA) de cor, aroma, sabor e consistência dos tratamentos de suco integral de manga.

FV	GL	Quadrado médio			
		Cor	Aroma	Sabor	Consistência
Temperatura (A)	2	5,6243 ^{ns}	43,2936*	87,0435*	0,1765 ^{ns}
Erro (a)	39	6,1301	5,8516	4,9801	11,4686
Tempo (B)	6	4,5897*	5,7729*	12,1685*	1,7975 ^{ns}
A x B	9	1,5119*	9,2283*	13,2674*	0,3874 ^{ns}
Erro (b)	187	0,7600	1,0934	1,3635	0,8988

* Significativo ao nível de 5% de probabilidade; ^{ns} Não significativo ao nível de 5% de probabilidade.

O comportamento referente à percepção dos provadores quanto ao atributo sabor ao longo do armazenamento do suco de manga encontra-se apresentado na Figura 4.

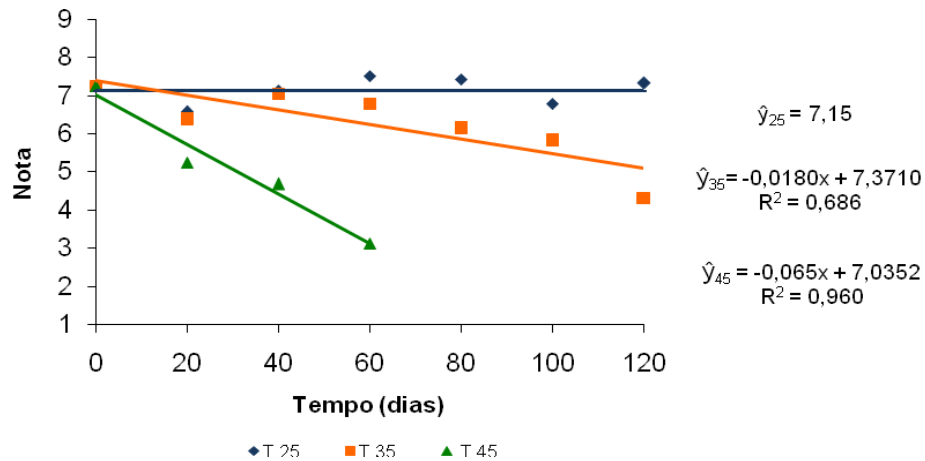


Figura 4: Comportamento das notas de sabor para o suco integral de manga armazenado nas temperaturas de 25, 35 e 45 °C.

A partir da análise de regressão, observou-se efeito significativo ($p < 0,05$) do tempo de armazenamento no sabor dos sucos armazenados nas temperaturas de 35 °C e 45 °C. Inicialmente, a nota média atribuída pelos provadores treinados para o suco no tempo zero foi de 7,27. No decorrer da armazenagem, as notas médias do sabor apresentaram diminuição significativa, alcançando valores de 4,32 para o suco armazenado a 35 °C e 3,12 para suco armazenado a 45 °C. Alguns provadores relataram o surgimento de sabor de cozido e oxidado. Não houve variação significativa ($p > 0,05$) no sabor do produto mantido a 25 °C no período avaliado.

Com relação ao ajustamento dos modelos cinéticos para o atributo sabor, observou-se pelo teste F que as equações lineares obtidas apresentaram bom ajustamento com os dados experimentais de sabor com o tempo, com falta não-significativa ($p > 0,05$) e coeficiente de determinação (R^2) de 0,686 (35 °C) e 0,960 (45 °C). Os valores das constantes de velocidade de degradação do sabor (K), determinadas a partir das equações de regressão lineares (Figura 4), foram de 0,0180 e 0,065 dias⁻¹ para as temperaturas de 35 e 45 °C, respectivamente. Esses valores são compatíveis com aqueles encontrados em alimentos de origem vegetal, tais como os obtidos por GRIZOTTO et al., (2006) para fruta estruturada e desidratada de mamão, que determinaram, para a qualidade global, constante igual a 0,0398 dias⁻¹ para a temperatura 35 °C.

A ausência de variação significativa para a temperatura de 25 °C revela que o produto avaliado neste trabalho apresenta boa estabilidade sensorial nas condições normais de armazenamento. A manutenção do sabor em polpas e sucos de fruta depende, principalmente, da destruição de certas enzimas durante o tratamento térmico. Assim, o fato do produto estudado neste trabalho ser industrializado e submetido à pasteurização, provavelmente, contribuiu na manutenção do sabor característico na temperatura ambiente.

Por outro lado, as maiores temperaturas de armazenamento empregadas nos demais tratamentos, provavelmente, ocasionaram um aumento das taxas de degradação dos nutrientes termosensíveis presentes no suco de manga, tal como a vitamina C, que quando oxidada, resulta no aparecimento de sabor estranho (*off-flavour*) (MAZIN et al., 2007), levando à diminuição os escores de sabor ao longo do tempo.

Com relação ao atributo cor (Figura 5), verificou-se que o tempo de armazenamento afetou de forma significativa ($p < 0,05$) as notas dos provadores para os tratamentos armazenados nas temperaturas de 35 °C e 45 °C, enquanto para o suco mantido a 25 °C não foi observada variação significativa ao longo do tempo ($p > 0,05$). A falta de ajuste do modelo linear foi não-significativa ($p > 0,05$) para as temperaturas de 35 °C e 45 °C, com coeficientes de determinação de 0,664 e 0,888, respectivamente, o que demonstra que os modelos obtidos ajustaram-se bem aos dados experimentais.

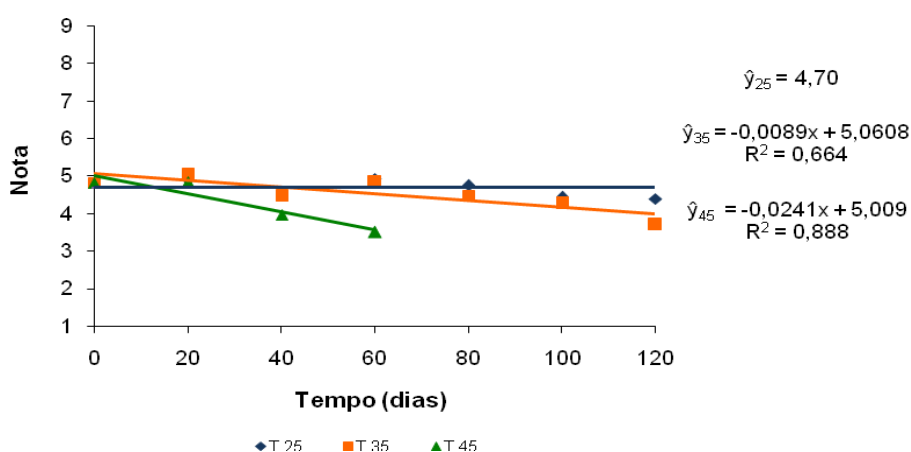


Figura 5: Comportamento das notas de cor para o suco integral de manga armazenado nas temperaturas de 25, 35 e 45 °C.

A alteração na cor foi relatada pelos provadores como uma perda da coloração amarela característica do suco de manga, que se tornou mais escura ao final do período de armazenamento, para os produtos armazenados nas condições aceleradas. Os valores das constantes de velocidade para a redução do escore da cor do suco integral de manga nas condições aceleradas de armazenamento foram iguais a $0,0089 \text{ dias}^{-1}$ ($35 \text{ }^\circ\text{C}$) e $0,0241 \text{ dias}^{-1}$ ($45 \text{ }^\circ\text{C}$). Notam-se, pelos valores das constantes, que as alterações na cor foram aceleradas com o aumento da temperatura, sendo mais intensa para o suco de manga armazenado a $45 \text{ }^\circ\text{C}$, que apresentou uma variação nas notas de cor de 4,82 a 3,51 aos 60 dias de armazenamento. Resultados semelhantes foram obtidos por MOURA et al. (2001) para polpa de morango armazenada em diferentes temperaturas.

Esta perda da coloração característica pode ter sido resultado da degradação oxidativa não enzimática de nutrientes, tais como a carotenóides, vitamina C e outros compostos fenólicos, que ocasiona a formação de pigmentos escuros no produto, afetando a sua qualidade e limitando a sua vida-de-prateleira (MAZIN et al., 2007; TEIXEIRA et al., 2006). A alteração na cor pode ter sido favorecida pela embalagem transparente do suco, que permite a passagem da luz, permitindo sua ação catalizadora sobre a oxidação desses nutrientes (MATTIETTO et al., 2007).

As alterações no aroma (Figura 6) foram semelhantes àquelas observadas para os atributos sabor e cor. Verificou-se efeito significativo do tempo de armazenamento ($p < 0,05$) para os produtos armazenados nas temperaturas de $35 \text{ }^\circ\text{C}$ e $45 \text{ }^\circ\text{C}$, enquanto que para o suco armazenado a $25 \text{ }^\circ\text{C}$ não houve alteração significativa do aroma neste período ($p > 0,05$). Assim como o observado para o sabor e a cor, a falta de ajuste foi não-significativa ($p < 0,05$) para todos os tratamentos, relevando o bom ajustamento dos modelos obtidos aos dados experimentais. Os valores de R^2 explicaram 46,86 e 90,08% da variação total das respostas dos provadores, para as temperaturas de $35 \text{ }^\circ\text{C}$ e $45 \text{ }^\circ\text{C}$, respectivamente.

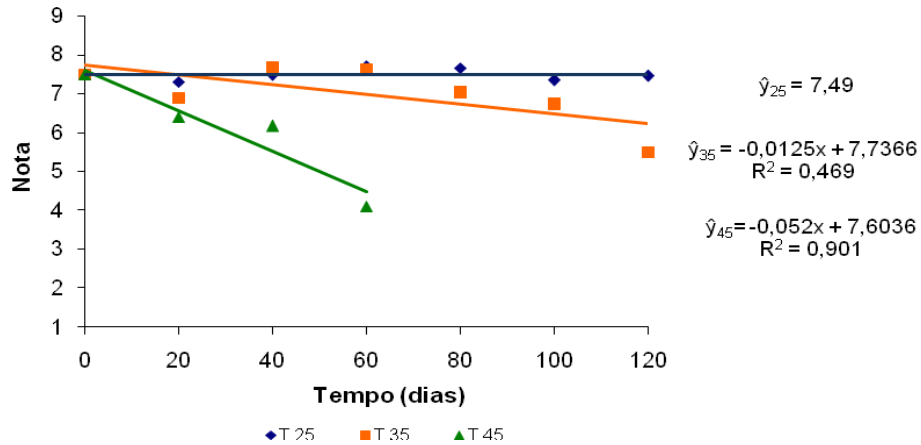


Figura 6: Comportamento das notas de aroma para o suco integral de manga armazenado nas temperaturas de 25, 35 e 45 °C.

Assim como o ocorrido com o sabor, as alterações ao longo do armazenamento foram descritas pelos provadores como o surgimento de aroma de passado, oxidado ou mesmo de cozido. Isso também foi observado por ARGAIZ et al. (1996), os quais verificaram o aparecimento de sabor e aroma de cozido em néctares e purês de manga e mamão, quando submetidos ao tratamento térmico.

Os valores obtidos das constantes de velocidade de degradação do aroma para as temperaturas de 35 °C e 45 °C foram, respectivamente, de 0,0125 e 0,052 dias⁻¹. Nota-se também que os valores das constantes de velocidade de degradação do aroma foram muito próximos em magnitude aos verificados para o sabor, para uma mesma temperatura de armazenamento, o que demonstra a influência do aroma no sabor do produto. Assim, o aroma também pode ser utilizado como parâmetro de avaliação da qualidade do suco integral de manga.

Tendo em vista que não foi observado crescimento microbiano em nenhum dos produtos durante o armazenamento, as alterações nas características sensoriais citadas anteriormente foram, provavelmente, resultantes de degradações de nutrientes presentes no suco, passíveis de oxidação, tais como carotenóides, vitamina C e outros compostos fenólicos (ARRUDA, 2003). A oxidação da vitamina C, por exemplo, ocasiona a formação de diversos compostos como o furfural, que geram sabores

indesejáveis e o escurecimento do produto, diminuindo a sua qualidade (TEIXEIRA et al., 2006; MAZIN et al., 2007).

A percepção dos provadores quanto à consistência está apresentada na Figura 7:

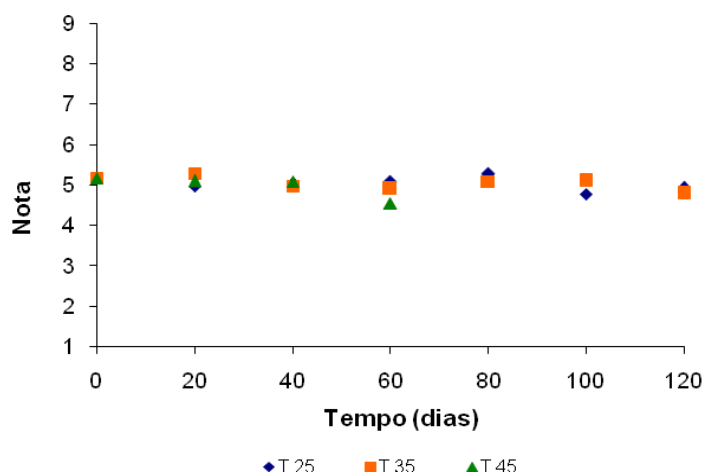


Figura 7: Comportamento das notas de consistência para o suco integral de manga armazenado nas temperaturas de 25, 35 e 45 °C.

Não foram observadas alterações significativas ($p > 0,05$) na consistência do suco durante o período de armazenamento em nenhuma das temperaturas de armazenamento. Verificou-se também que não houve efeito significativo da temperatura sobre as percepções de consistência ($p > 0,05$). As notas médias para a consistência dos sucos armazenados a 25, 35 e 45 °C foram iguais a 5,03, 5,04 e 4,97, respectivamente.

De um modo geral, a textura, aqui representada pela consistência do suco, é considerada um dos atributos mais importantes na aceitação dos consumidores (ITO, 2007). Portanto, é interessante que ela se mantenha inalterada durante o armazenamento dos produtos. Isso é importante porque os consumidores, ao adquirirem um suco, por exemplo, esperam que o produto mantenha estável sua consistência, os quais consideram esse aspecto um indicador de qualidade (VAN DEN BROECK et al., 2000).

Além disso, manutenção da consistência é um indicativo de que o processamento térmico do produto foi eficiente na inativação de certas enzimas responsáveis por alterações na consistência em sucos de fruta, tais como as

pectinesterases, que catalisam a degradação da pectina a ácido pécico e metanol (LOPES, 2005).

1.3.3 Determinação dos parâmetros cinéticos dos atributos sensoriais

Os valores dos parâmetros cinéticos Q_{10} (fator de aceleração da temperatura) e E_a (energia de ativação) para os atributos sabor, cor e aroma, calculados por meio das Equações 6 e 7, estão apresentados na Tabela 4.

Tabela 4: Parâmetros cinéticos (Q_{10} e E_a) para o sabor, cor e aroma do suco integral de manga.

Atributo	Parâmetros cinéticos	
	Q_{10}	E_a (kcal.mol ⁻¹)
Sabor	3,61	22,80
Cor	2,71	17,70
Aroma	4,16	25,31

Os valores de energia de ativação verificados neste trabalho para os atributos sabor, cor e aroma do suco de manga encontram-se dentro da faixa de 10-30 kcal.mol⁻¹ para as alterações na cor, textura e sabor em alimentos de origem vegetal (LUND, 1979).

Por meio dos parâmetros cinéticos obtidos (Tabela 4), observou-se que o sabor e aroma foram os atributos mais dependentes da temperatura de armazenamento, principalmente este último, que apresentou o maior valor de Q_{10} (4,16) e a maior energia de ativação (25,31 kcal.mol⁻¹). Em outras palavras, a degradação desses atributos apresentou uma maior aceleração com o aumento da temperatura, em relação à cor. Portanto, com exceção da consistência, a cor foi a característica menos afetada pela temperatura, apresentando uma energia de ativação de 17,7 kcal.mol⁻¹.

TANCHER (1983), estudando a cinética de degradação da cor em diferentes sucos de fruta, obteve valores de E_a na faixa de 22,1 a 25,1 kcal. mol⁻¹. Resultados semelhantes foram encontrados por FERREIRA et al. (1999), para a degradação da cor em solução hidrossolúvel de urucum (23,9 kcal.mol⁻¹), e por GRIZOTTO et al. (2006), para a qualidade

global de fruta estruturada de mamão ($19,89 \text{ kcal.mol}^{-1}$). MOURA et al. (2001) encontram valores para energia de ativação $8,0 \text{ kcal.mol}^{-1}$ e Q_{10} igual a 1,55 para cor objetiva de polpa de morango. Não foram encontrados dados na literatura referentes à cinética de degradação de atributos sensoriais de suco de manga.

1.3.4 Avaliação das características sensoriais por metodologia de superfície de respostas

Os modelos ajustados para os atributos sabor, cor e aroma, obtidos a partir das análises de regressão múltipla, estão apresentados na Tabela 5. Para a consistência, não foram observados efeitos significativas ($p>0,05$) do tempo e da temperatura de armazenamento.

Tabela 5: Modelos ajustados, significância e coeficientes de determinação para as respostas dos provadores referentes aos atributos sabor, cor e aroma.

Resposta	Modelo*	Prob > F	R ²
$Nota_{sabor}$	$-3,11 + 0,073t + 0,63T - 0,0092T^2 - 0,0027tT$	<0,0001	0,939
$Nota_{cor}$	$4,946 - 0,00024tT$	0,0079	0,603
$Nota_{aroma}$	$-1,41 + 0,054t + 0,547T - 0,0079T^2 - 0,002tT$	<0,0001	0,932

* t - tempo de armazenamento; T - Temperatura de armazenamento.

O modelo ajustado para a cor, apesar de apresentar falta de ajuste não-significativa ($p>0,05$), foi o que menos explicou a variação total das notas dos provadores (60,3%), sendo que apenas o coeficiente relativo à interação tempo-temperatura foi significativo a 5% de probabilidade. Por essa razão, este modelo pode ser considerado inadequado para prever as respostas dos provadores em relação à cor do suco de manga.

Para os atributos sabor e aroma, ambos os modelos ajustados apresentaram ausência de falta de ajuste, a 5% de significância, e explicaram em torno de 93% da variação total das respostas dos provadores. Assim, estes modelos podem ser usados para estimar as respostas dos provadores para o sabor e aroma do suco, dentro do intervalo de variação estudado.

Nas Figuras 8 e 9 estão apresentadas as superfícies de respostas e as curvas de contorno para os atributos sabor e aroma do suco integral de manga, respectivamente, em função do tempo e da temperatura de armazenamento.

Pode-se perceber que as maiores notas de sabor e aroma (mais próximas dos padrões característicos de suco de manga) foram atribuídas nas condições de menor temperatura e tempo de armazenamento (Figuras 8 e 9). Observa-se também que tanto a temperatura quanto o tempo afetaram negativamente as percepções desses atributos pela equipe sensorial ($p < 0,05$).

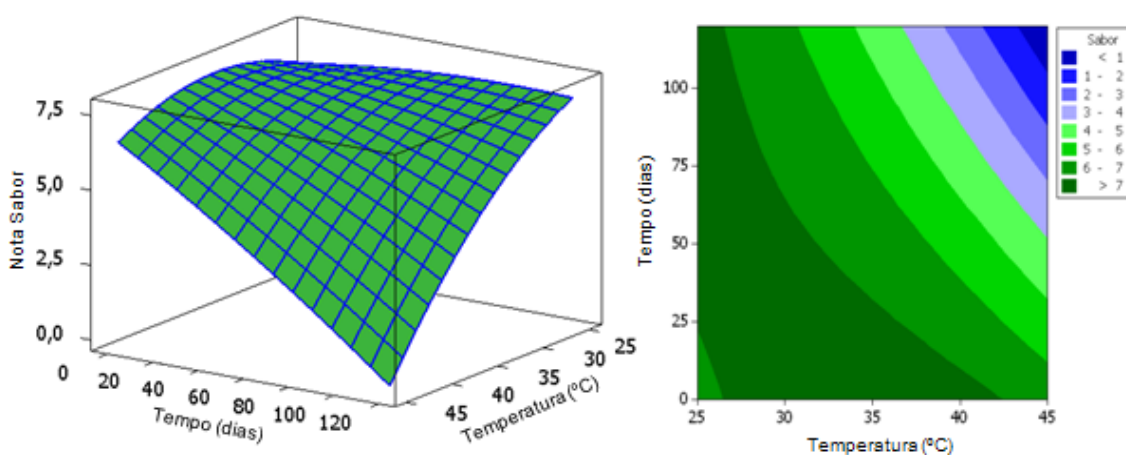


Figura 8: Efeito do tempo e da temperatura de armazenamento sobre a percepção de sabor do suco integral de manga pela equipe sensorial.

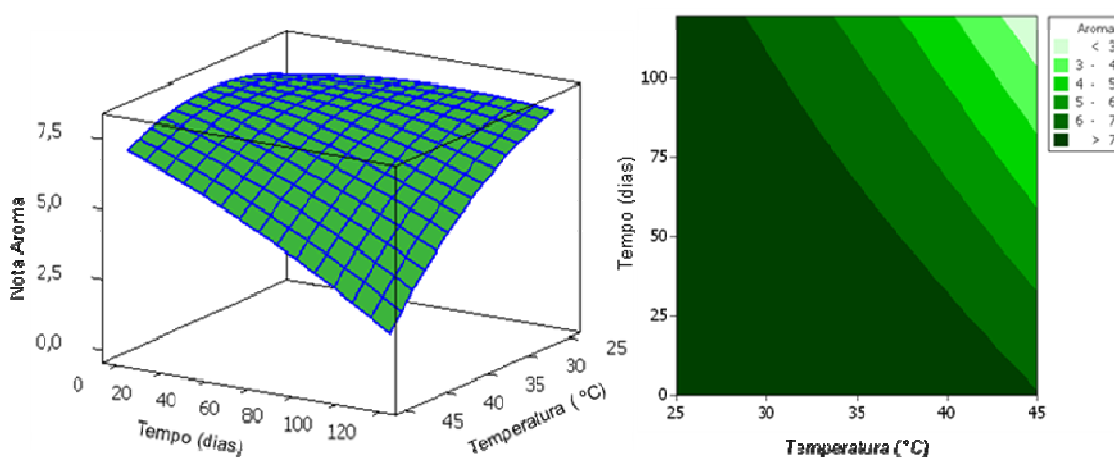


Figura 9: Efeito do tempo e da temperatura de armazenamento sobre a percepção de aroma do suco integral de manga pela equipe sensorial.

Pode-se notar também que houve um comportamento muito semelhante das respostas da equipe sensorial para aos atributos sabor e aroma. Isso demonstra a importância deste último no sabor do produto, podendo ser utilizado como indicador de qualidade para o suco de manga.

1.3.5 Avaliação da aceitabilidade sensorial

Não foram observadas alterações significativas no grau de aceitação pelos consumidores ao longo do período de armazenamento para os sucos armazenados nas diferentes temperaturas ($p > 0,05$). Os escores médios de aceitação para os sucos armazenados a 25, 35 e 45 °C foram de 6,9, 6,7 e 6,7, respectivamente, estando todos classificados entre os termos gostei ligeiramente e gostei moderadamente. Ressalta-se, no entanto, que para os testes de aceitação, os produtos foram formulados conforme as recomendações do fabricante: 2 partes de suco integral de manga para 8 partes de água, com concentração de açúcar de 8% (UMBELINO, 2005).

Os resultados das avaliações de aceitação sensorial para a qualidade global são mostrados na Figura 10.

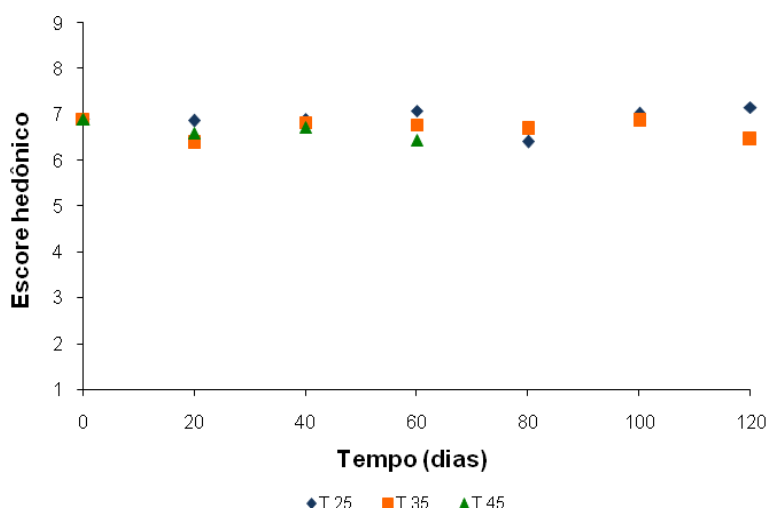


Figura 10: Resultado das avaliações de aceitação sensorial para o suco integral de manga armazenado nas temperaturas de 25, 35 e 45 °C.

Apesar dos consumidores não terem percebido diferença significativa quanto à aceitação global entre as diferentes amostras, foram observadas

diferenças ao nível de 5% de significância para os atributos sabor, aroma e cor, pela equipe sensorial treinada.

Nota-se, portanto, que quando as amostras foram avaliadas pelos consumidores e formuladas conforme as recomendações do fabricante, as diferenças existentes passaram despercebidas e os produtos mais e menos degradados obtiveram a mesma classificação hedônica. Pelo menos dois fatores podem ter contribuído para isso: a adição de açúcar ao produto, para o preparo do néctar, que pode ter “mascarado” as alterações percebidas pela equipe treinada, que utilizou apenas suco integral e água nas avaliações; e o fato dos consumidores não possuírem conhecimento das características sensoriais alteradas como, por exemplo, aroma ou sabor estranho no produto (ARAÚJO et al., 2003). Assim, o suco de manga pode estar com características como sabor levemente de passado ou oxidado, perceptíveis por provadores treinados, e os consumidores podem não conseguir detectá-las.

1.4 Conclusões

Com exceção da consistência, todas as características sensoriais do suco de manga estudadas foram alteradas com o tempo e temperatura de armazenamento, sendo o aroma e sabor os atributos mais dependentes da temperatura.

Não foram observadas diferenças quanto à aceitação dos sucos armazenados nas diferentes temperaturas pelos consumidores.

Os resultados obtidos demonstram a importância de se trabalhar com provadores devidamente treinados para quantificar perdas na qualidade dos alimentos. O método de preparo do produto e a falta de conhecimento das características sensoriais pelos consumidores podem fazer com que certas alterações não sejam perceptíveis para muitas pessoas.

1.5 Referências bibliográficas

AHMED, J.; SHIVHARE, U. S.; KAUR, M. Thermal colour degradation kinetics of mango puree. **International Journal of Food Properties**, v. 5, n. 2, p. 359-366, 2002.

AHMED, J.; SHIVHARE, U. S.; SANDHU, K. S. Thermal degradation kinetics of carotenoids and visual color of papaya puree. **Journal of Food Science**, v. 67, n. 7, p. 2692-2695, 2002.

Association of Official Analytical Chemistry. **Official methods of analysis of official analytical chemist internacional**. 18th ed. Washington (DC), 2002.

ARGANDOÑA, E. J. S. **Goiabas desidratadas osmoticamente e secas: Avaliação de um sistema osmótico semicontínuo, da secagem e da qualidade**. Campinas, 2005, 157p. Tese (Doutorado em Engenharia de Alimentos), Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas. 2005.

ARAÚJO, F. B.; SILVA, P. H. A.; MINIM, V. P. R. Perfil sensorial e composição físico-química de cervejas provenientes de dois segmentos do mercado brasileiro. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 23, n. 2, p. 121-128, 2003.

ARGAIZ, A.; LÓPEZ-MELO, A. Kinetics of first change on flavour, cooked flavour development and pectinesterase inactivation on mango and papaya nectars and purees. **Food Processing**, Mexico, v. 4, p. 145-150, 1996.

ARRUDA, A. F. P. **Estudo da estabilidade de néctar de manga (*Mangifera indica* L.) envasado em garrafas PET, comparado com envasados em embalagem cartonada e lata de alumínio**. Campinas, 2003, 112p. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos), Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, 2003.

ÁVILA, I. M. L. B.; SILVA, C. L. M. Modeling kinetics of thermal degradation of colour in peach puree. **Journal of Food Engineering**, v. 39, n. 2, p. 161-166, 1999.

BANNWART, G. C. M. C.; BOLINI, H. M. A.; TOLEDO, M. C. F.; KOHN, A. P. C.; CANTANHEDE, G. C. Evaluation of Brazilian light ketchups II: quantitative descriptive and physicochemical analysis. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 28, n. 1, p. 107-115, 2008.

BEHRENS, J. H.; SILVA, M. A. A. P. Perfil sensorial de vinhos brancos varietais brasileiros através de análise descritiva quantitativa. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 20, n. 1, p. 60-67, 2000.

BENEVIDES, S. D.; RAMOS, A. M.; STRINGHETA, P. C.; CASTRO, V. C. Qualidade da manga e polpa da manga Ubá. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 28, n. 3, p. 571-578, 2008.

BERNARDI, S.; BODINI, R. B.; MARCATTI, B.; PETRUS, R. R.; FAVARO-TRINDADE, C. S. Quality and sensorial characteristics of osmotically dehydrated mango with syrups of inverted sugar and sucrose. **Scientia Agricola**, v.66, n.1, p. 40-43, 2009.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução – RDC nº 12, de 2 de janeiro de 2001. Regulamento Técnico sobre Padrões Microbiológicos para Alimentos. **Diário Oficial da União**, Brasília, jan. 2001.

CAVALLINI, D. C. U.; BOLINI, H. M. A. Perfil sensorial de suco de manga adoçado com diferentes edulcorantes e com sacarose. **Alimentos e Nutrição**, Araraquara, v. 16, n. 4, p. 327-336, 2005.

CHEN, J. P.; TAI, C. Y.; CHEN, B. H. Effects of different drying treatments on the stability of carotenoids in Taiwanese mango (*Mangifera indica* L.). **Food Chemistry**, v. 100, n. 3, p. 1005-1010, 2007.

CHIUMARELLI, M. **Avaliação da vida-de-prateleira de manga (*Mangifera indica* cv 'Tommy Atkins') minimamente processada pré-tratada com ácido cítrico e coberturas comestíveis**. Campinas, 2008, 102p. Dissertação (Mestre em Engenharia de Alimentos), Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas. 2008.

DHUIQUE-MAYER, C.; TBATOU, M.; CARAIL, M.; CARIS-VEYRAT, C.; DORNIER, M.; AMIOT, M. J. Thermal Degradation of Antioxidant Micronutrients

in *Citrus* Juice: Kinetics and Newly Formed Compounds. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 55, n. 10, p. 4209-4216, 2007.

FARAONI, A. S.; RAMOS, A. M.; STRINGHETA, P. C. Caracterização da manga orgânica cultivar Ubá. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v.11, n.1, p. 9-14, 2009.

FERNANDES, A. G.; MAIA, G. A.; SOUSA, P. H. M.; COSTA, J. M. C.; FIGUEIREDO, R. W.; PRADO, G. M. Comparação dos teores em vitamina C, carotenóides totais, antocianinas totais e fenólicos totais do suco tropical de goiaba nas diferentes etapas de produção e influência da armazenagem. **Alimentos e Nutrição**, Araraquara, v. 18, n. 4, p. 431-438, 2007.

FERREIRA, V. L. P.; TEIXEIRA NETO, R. O.; MOURA, S. C. S. R.; SILVA, M. S. Cinética da degradação da cor de solução hidrossolúvel comercial de urucum, submetida a tratamentos térmicos. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.19, n.1, p. 37-42, 1999.

FREITAS, C. A. S.; MAIA, G. A.; COSTA, J. M. C.; FIGUEIREDO, R. W.; RODRIGUES, M. C. P.; SOUSA, P. H. M. Estabilidade do suco tropical de acerola (*Malpighia emarginata* D.C.) adoçado envasado pelos processos hot-fill e asséptico. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 26, n. 3, p. 544-549, 2006.

GARCÍA-GARCÍA, P.; LÓPEZ-LÓPEZ, A.; GARRIDO-FERNÁNDEZ, A. Study of the shelf life of ripe olives using an accelerated test approach. **Journal of Food Engineering**, v. 84, p. 569-575, 2008.

GRIZOTTO, R. K.; BERBARI, S. A. G.; MOURA, S. C. S. R.; CLAUS, M. L. Estudo da vida-de-prateleira de fruta estruturada e desidratada obtida de polpa concentrada de mamão. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 26, n. 3, p. 709-714, 2006.

ITO, A. P. **Estudo do processo de desidratação osmótica a pulso de vácuo (PVOD) para manga**. 171f. Tese (Doutorado em Engenharia de Alimentos). Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, 2007.

- KIM, Y.; LOUNDS-SINGLETON, A. J.; TALCOTT, S. T. Antioxidant phytochemical and quality changes associated with hot water immersion treatment of mangoes (*Mangifera indica* L.). **Food Chemistry**, v. 115, n. 3, p. 989-993, 2009.
- KOCA, N.; BURDURLU, H. S.; KARADENIZ, F. Kinetics of colour changes in dehydrated carrots. **Journal of Food Engineering**, v. 78, n. 2, p. 449-455, 2007.
- LABOISSIÈRE, L. H. E. S.; DELIZA, R.; BARROS-MARCELLINI, A. M.; ROSENTHAL, A.; CAMARGO, L. M. A. Q.; JUNQUEIRA, R. G. Effects of high hydrostatic pressure (HHP) on sensory characteristics of yellow passion fruit juice. **Innovative Food Science and Emerging Technologies**, v. 8, n. 4, p. 469-477, 2007.
- LABUZA, T. P. A theoretical comparison of losses in foods under fluctuating temperature sequences. **Journal of Food Science**, v. 44, n. 4, p. 1162-1168, 1979.
- LABUZA, T. P. Enthalpy / entropy compensation in foods reactions. **Food Technology**. v. 34, n. 2, p. 67-77, 1980.
- LABUZA, T. P.; SCHMIDL, M. K. Accelerated shelf life testing of foods. **Food Technology**, v. 39, n. 9, p. 57-64, 1985.
- LABUZA, T. P. **Shelf-life dating of foods**. 1. edição, USA: Food e Nutrition Press, 1982.
- LARSEN, H.; LEA, P.; RØDBOTTEN, M. Sensory changes in extruded oat stored under different packaging, light and temperature conditions. **Food Quality and Preference**, v. 16, n. 7, p. 573-584, 2005.
- LOPES, A. S.; MATTIETTO, R. A.; MENEZES, H. C. Estabilidade da polpa de pitanga sob congelamento. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 25, n. 3, p. 553-559, 2005.
- LOPES, A. S. **Pitanga e acerola: estudo de processamento, estabilidade e formulação de néctar misto**. 2005. 193p. Tese (Doutor em Tecnologia de Alimentos) - Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2005.

LUND, D. B. Effect of commercial processing on nutrients. **Food Technology**, v. 33, n. 2, p. 28-35, 1979.

MANZOCCO, L.; LAGAZIO, C. Coffee brew shelf life modelling by integration of acceptability and quality data. **Food Quality and Preference**, v. 20, n. 1, p. 24-29, 2009.

MARTINS, V. B. **Perfil sensorial de suco tropical de cupuaçu (*Theobroma grandiflorum* Schum) com valor calórico reduzido**. 142f. Tese (Doutorado em Alimentos e Nutrição). Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, 2008.

MATTIETTO, R. A.; LOPES, A. S.; MENEZES, H. C. Estabilidade do néctar misto de cajá e umbu. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 27, n. 3, p. 456-463, 2007

MAZIN, M. I.; AL-ZUBAIDY, KHALIL, R. A. Kinetic and prediction studies of ascorbic acid degradation in normal and concentrate local lemon juice during storage. **Food Chemistry**, v. 101, n. 1, p. 254-259, 2007.

MELÉNDEZ-MARTÍNEZ, A. J.; VICARIO, I. M.; HEREDIA, F. J. Provitamin A carotenoids and ascorbic acid contents of the different types of orange juices marketed in Spain. **Food Chemistry**, v. 101, n. 1, p. 177-184, 2007.

MELLO, F. M. **Chocolate meio amargo contendo substituintes da sacarose e redução do teor de gordura: caracterização sensorial por análise descritiva quantitativa e análise tempo-intensidade**. Campinas, 2005, 95p. Dissertação (Mestrado em Alimentos e Nutrição). Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas. 2005.

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

MOSKOWITZ, H. R. Product Testing and Sensory Evaluation of Foods-Marketing and ReD Approaches. **Food and Nutrition Press**, Inc. Westport, 1983, 605p.

MOURA, S. C. S. R.; BERBARI, S. A.; GERMER, S. P. M.; ALMEIDA, M. E. M.; FEFIM, D. A. Determinação da vida-de-prateleira de maçã-passa por testes

acelerados. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 27, n. 1, p. 141-148, 2007.

MOURA, S. C. S. R.; VITALI, A. A.; ALMEIDA, M. E. M.; BERBARI, S. A. G.; SIGRIST, J. M. M. Cinética de degradação de polpas de morango. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 4, p. 115-121, 2001.

NEVES, L. C.; BENEDETTE, R. M.; SILVA, V. X.; PRILL, M. A. S.; ROBERTO, S. R.; VIEITES, R. L. Qualidade pós-colheita de mangas, não-refrigeradas, e submetidas ao controle da ação do etileno. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 30, n. 1, p. 94-100, 2008.

ORNELAS-PAZ, J. J.; YAHIA, E. M.; GARDEA, A. A. Changes in external and internal color during postharvest ripening of 'Manila' and 'Ataulfo' mango fruit and relationship with carotenoid content determined by liquid chromatography–APCl⁺-time-of-flight mass spectrometry. **Postharvest Biology and Technology**, v. 50, n. 2-3, p. 145-152, 2008.

OZKAN, M.; KIRCA, A.; CEMEROGLU, B. Effects of hydrogen peroxide on the stability of ascorbic acid during storage in various fruit juices. **Food Chemistry**, v. 88, p. 591-597, 2004.

PALAZÓN, M. A.; PÉREZ-CONESA, D.; ABELLÁN, P.; ROS, G.; ROMERO, F.; VIDAL, M. L. Determination of shelf-life of homogenized apple-based beikost storage at different temperatures using Weibull hazard model. **Food Science and Technology**, v. 42, p. 319-326, 2009.

PEDRO, A. M. K.; FERREIRA, M. M. C. Multivariate accelerated shelf-life testing: a novel approach for determining the shelf-life of foods. **Journal of Chemometrics**, v. 20, p. 76-83, 2006.

QUEIROZ, A. M. P. **Efeitos do tripolifosfato de sódio sobre as características microbiológicas, físico-químicas e vida-de-prateleira em lingüiça fresca de frango**. Porto Alegre, 2006, 85p. Dissertação (Mestre em Ciências Veterinárias). Faculdade de Veterinária, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 2006.

QUEIROZ, V. A. V.; BERBERT, P. A.; MOLINA, M. A. B.; GRAVINA, G. A.; QUEIROZ, L. R.; SILVA, J. A. Qualidade nutricional de goiabas submetidas aos

processos de desidratação por imersão-impregnação e secagem complementar por convecção. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 28, n. 2, p. 329-340, 2008.

REIS, R. C. **logurte “light” sabor morango: equivalência de doçura, caracterização sensorial e impacto da embalagem na intenção de compra do consumidor**. Viçosa, 2007, 128p. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia de Alimentos). Universidade Federal de Viçosa (UFV), 2007.

RIBEIRO, S. M. R.; QUEIROZ, J. H.; QUEIROZ, M. E. L. R.; CAMPOS, F. M.; SANT’ANA, H. M. P. Antioxidant in Mango (*Mangifera indica* L.) Pulp. **Plant Foods for Human Nutrition**, v. 62, n. 1, p. 13-17, 2007.

SANTANA, L. R. R.; SANTOS, L. C. S.; NATALICIO, M. A.; MONDRAGON-BERNAL, O. L.; ELIAS, E. M.; SILVA, C. B.; ZEPKA, L. Q.; MARTINS, I. S. L.; VERNAZA, M. G.; CASTILLO-PIZARRO, C.; BOLINI, H. M. A. Perfil Sensorial de logurte *Light*, Sabor Pêssego. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 26, n. 3, p. 619-625, 2006.

SANTOS, C. N. P. **Elaboração de um estruturado de polpa de manga (*Mangifera indica* L. cv *Tommy Atkins*) parcialmente desidratada por osmose**. Campinas, 2003, 80p. Dissertação (Mestre em Tecnologia de Alimentos), Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas. 2003.

SILVA, N.; JUNQUEIRA, V. C. A.; SILVEIRA, N. F. A.; TANIWAKI, M. H.; SANTOS, R. F. S.; GOMES, R. A. R. **Manual de métodos de análise microbiológica de alimentos**. 3. ed. São Paulo: Livraria Varela, 2007. 535p.

STONE, H. et al. Sensory evaluation by quantitative descriptive analysis. **Food Technology**, Chicago, v. 28, n. 1, p. 24, 26, 28-29, 32, 34, 1974.

TANCHER, R. **Kinetics of thermal degradation of anthocyanins**. Proc. 6th International Congress of Food Science and Technology, v. 2, p. 96, 1983.

TEIXEIRA, J.; PETRARCA, M. H.; TADIOTTI, A. C.; SYLOS, C. M. Degradação do ácido ascórbico em goiabada industrializada submetida a diferentes condições de estocagem. **Alimentos e Nutrição**, Araraquara, v. 17, n. 3, p. 281-286, 2006.

TEIXEIRA NETO, R. O.; VITALI, A. A.; MOURA, S. C. S. R. **Introdução à cinética de reação em alimentos**. In: Reações de Transformação e Vida-de-prateleira de Alimentos Processados. Moura, S. C. S. R.; Germer, S. P. M. (ed.) Campinas: ITAL. 3ª ed. p. 63-83, 2004. (Manual Técnico nº6).

TELIS-ROMERO, J.; GABAS, A. L.; MENEGALLI, F. C. Cinética de degradação de ácido ascórbico em ameixas liofilizadas. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 23, supl. p. 66-70, 2003.

TIWARI, B. K.; O' DONNELL, C.P.; MUTHUKUMARAPPAN, K.; CULLEN, P. J. Ascorbic acid degradation kinetics of sonicated orange juice during storage and comparison with thermally pasteurised juice. **Food Science and Technology**, v. 42, n. 3, p. 700-704, 2009.

TORALLES, R. P.; VENDRUSCOLO, J. L.; VENDRUSCOLO, C. T.; DEL PINO, F. A. B.; ANTUNES, P. L. Determinação das constantes cinéticas de degradação do ácido ascórbico em purê de pêssego: efeito da temperatura e concentração. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 28, n. 1, p. 18-23, 2008.

TSIMIDOU, M.; BILIADERIS, C. G. Kinetic Studies of Saffron (*Crocus sativus* L.) Quality Deterioration. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 45, n. 8, p. 2890-2898, 1997.

UMBELINO, D. C. **Caracterização sensorial por análise descritiva quantitativa e análise tempo-intensidade de suco e de polpa de manga (*Mngífera indica* L.) adoçados com diferentes edulcorantes**. Campinas, 2005, 190p. Tese (Doutorado em Alimentos e Nutrição), Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas. 2005.

VAN DEN BROECK, I.; LUDIKHUYZE, L. R.; VAN LOEY, A. M.; HENDRICKX, M. E. Inactivation of orange pectinesterase by combined high-pressure and temperature treatments: a kinetic study. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 48, p. 1960-1970, 2000.

VÁSQUEZ-CAICEDO, A. L.; SCHILLING, S.; CARLE, R.; NEIDHART, S. Impact of packaging and storage conditions on colour and β -carotene retention

of pasteurised mango purée. **European Food Research and Technology**, v. 224, n. 5, p. 581-590, 2007.

VIKRAM, V. B.; RAMESH, M. N.; PRAPULLA, S. G. Thermal degradation kinetics of nutrients in orange juice heated by electromagnetic and conventional methods. **Journal of Food Engineering**, v. 69, n. 1, p. 31–40, 2005.

VILANOVA, M.; MASA, A.; TARDAGUILA, J. Evaluation of the aroma descriptors variability in Spanish grape cultivars by a quantitative descriptive analysis. **Euphytica**, v. 165, n. 2, p. 383-389, 2009.

VITALI, A. A.; QUAST, D. G. Vida-de-prateleira de alimentos. In: MOURA, S. C. S. R, GERMER, S. P. M. In: MOURA, S. C. S. R, GERMER, S. P. M. **Reações de Transformação e Vida-de-Prateleira de Alimentos Processados** 3. edição. Campinas: ITAL, 2004. Cap. 3, p. 49-57.

VITALI, A. A.; TEIXEIRA NETO, R. O.; GERMER, S. P. M. Testes acelerados de vida-de-prateleira de alimentos. In: MOURA, S. C. S. R, GERMER, S. P. M. **Reações de Transformação e Vida-de-Prateleira de Alimentos Processados** 3. edição. Campinas: ITAL, 2004. Cap. 3, p. 75-81.

YAMASHITA, F.; BENASSI, M.T.; KIECKBUSCH, T.G. Effect of modified atmosphere packaging on kinetics of vitamin C degradation in mangos. **Brazilian Journal of Food Technology**, v.2, n.1, p.127-130, 1999.

YAMASHITA, F.; BENASSI, M. T.; TONZAR, A. C.; MORIYA, S.; FERNANDES, J. G. Produtos de acerola: estudo da estabilidade de vitamina C. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 23, n.1, p. 92-94, 2003.

YAMASHITA, F.; TONZAR, A. C.; FERNANDES, J. G.; MORIYA, S.; BENASSI, M. T. Embalagem individual de mangas cv. Tommy Atkins em filme plástico: efeito sobre a vida de prateleira. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 23, n. 2, p. 288-292, 2001.

CAPÍTULO 2

ESTABILIDADE FÍSICO-QUÍMICA DE SUCO INTEGRAL DE MANGA E ESTIMATIVA DA VIDA-DE-PRATELEIRA POR TESTES ACELERADOS

Resumo

Este trabalho objetivou estudar a cinética de degradação do suco integral manga “Ubá” por testes acelerados e estimar sua vida-de-prateleira a 25 °C. Para isso, amostras do produto foram armazenadas em estufas a 25, 35 e 45 °C, providas de iluminação (650 lux) 24 horas por dia. As características físico-químicas que mais influenciaram na qualidade do produto foram as coordenadas de cor (L^* e ΔE^*) e a concentração de vitamina C. A alteração da cor seguiu o modelo cinético de ordem zero, sendo verificado um escurecimento dos produtos mantidos a 35 °C e 45 °C, enquanto que a degradação da vitamina C foi mais bem explicada pelo modelo de primeira ordem. Houve correlação significativa entre a concentração de vitamina C e os valores de L^* e ΔE^* ($p < 0,01$), sugerindo que a degradação dessa vitamina influenciou no escurecimento do produto. Uma vida-de-prateleira de 190 dias foi estimada para o suco integral de manga, a 25 °C, utilizando a concentração de vitamina C como parâmetro de qualidade.

Palavras-chave: manga, testes acelerados, vida-de-prateleira, vitamina C.

Abstract

This work aimed to study the kinetic of whole Ubá mango juice degradation using accelerated assays and estimate its shelf-life at 25 °C. Representative samples were stored in BOD incubator at 25 °C (control), 35 °C and 45 °C (accelerated conditions), under 650 lux lighting 24 hours a day.

Physico-chemical properties that most influenced the quality of the product were the color coordinates (L^* and ΔE^*) (L^* and ΔE^*) and vitamin C content. Color degradation followed a zero order kinetic model. Darkening of juices stored at 35 °C and 45 °C was observed. Degradation of vitamin C was best explained by a first order kinetic model. There was significant correlation between vitamin C content and L^* and ΔE^* values, suggesting that degradation of this vitamin contributed to darkening of the product. Shelf-life of 190 days was estimated for the whole mango juice at 25 °C, using vitamin C content as a limiting quality.

Key-words: mango, accelerated assays, shelf-life, vitamin C.

2.1 Introdução

Dada a crescente demanda dos consumidores por produtos com melhores características nutricionais, sensoriais e higiênico-sanitárias, assim como por questões regulamentares, os produtos industrializados devem apresentar em suas embalagens informações sobre a sua vida-de-prateleira (PEDRO e FERREIRA, 2006).

A vida-de-prateleira de um alimento pode ser definida como o período de tempo durante o qual o produto permanecerá microbiologicamente estável, mantendo desejáveis suas características nutritivas e sensoriais, e atender as exigências apresentadas no rótulo da embalagem (IFST, 1993).

Para sucos de fruta, vários são os fatores capazes de influenciar a qualidade durante a vida-de-prateleira, tais como as condições de processamento, tipo de embalagem utilizada, carga microbiana inicial, tempo e temperatura de armazenamento (MATTIETTO et al., 2007). A temperatura de armazenamento é, particularmente, um fator importante, pois pode acelerar a oxidação de certos nutrientes, como a vitamina C, ocasionando a formação de compostos intermediários instáveis que geram *off-flavour*, alterando as propriedades nutritivas e sensoriais do produto (TEIXEIRA et al., 2006).

Dependendo do tipo de alimento e da finalidade a que ele se destina, vários são os critérios que podem ser utilizados para se determinar o fim da sua vida-de-prateleira. A escolha desse fator limitante depende, no entanto, da natureza das reações deterioradoras que mais limitam a qualidade do alimento (MANZOCCO e LAGAZIO, 2009). De acordo com PALAZÓN et al. (2009), esse fator limitante deve representar adequadamente a degradação do produto, variar de acordo com um modelo bem definido e ser facilmente mensurável.

Por ser um nutriente presente em altas concentrações em produtos de origem vegetal e se tratar de um composto termolábil e muito sensível a condições adversas de manipulação, processamento e armazenamento, o nível de degradação de vitamina C pode ser utilizado como indicador de qualidade e para a estimativa da vida-de-prateleira em sucos de fruta (ARGANDOÑA, 2005; TIWARI et al., 2009). A oxidação da vitamina C conduz à formação de diversas substâncias instáveis como o furfural, que além de diminuir ou eliminar a atividade vitamínica, gera sabores indesejáveis (MAZIN et al., 2007).

Para estimativas corretas de vida-de-prateleira, é necessário conhecer os mecanismos e a cinética das reações que conduzem à perda da qualidade e do valor nutricional como uma função de fatores como temperatura, concentração de oxigênio, dentre outros (MOURA et al., 2007; LABUZA, 1979). Com isso, torna-se possível definir modelos de deterioração dos alimentos.

Um problema comum encontrado pelos produtores de alimentos é o fato de alguns produtos apresentarem uma vida-de-prateleira bastante longa, e realizar um teste completo de vida-de-prateleira nas condições normais de armazenamento pode ser muito demorado e dispendioso, além de atrasar seu lançamento no mercado (PEDRO e FERREIRA, 2006).

Os Testes Acelerados de Vida-de-Prateleira (TAVP) são frequentemente empregados para contornar esses problemas. O TAVP consiste em submeter o produto a condições de armazenamento relativamente severas, bem definidas e controladas, de forma a acelerar as taxas de transformação (MOURA et al., 2007; PEDRO e FERREIRA, 2006). Por meio do TAVP, é possível obter dados cinéticos nas condições aceleradas, normalmente temperaturas elevadas, e utilizá-los para estimar a vida-de-prateleira do produto nas condições reais de armazenamento (GARCÍA-GARCÍA et al., 2008).

O suco de manga “Ubá” é um produto amplamente produzido em escala industrial e consumido em todo Estado de Minas Gerais. Assim, diante da carência de dados físico-químicos e cinéticos deste produto, o presente trabalho teve como objetivo estudar a cinética de degradação do suco integral comercial de manga “Ubá” pela aplicação do TAVP, avaliar a influência da temperatura e do tempo de armazenamento sobre as principais características físico-químicas do suco e estudar as correlações entre estas e as características sensoriais. Além disso, objetivou-se também a estimativa da vida-de-prateleira do produto a 25 °C.

2.2 Materiais e métodos

O presente trabalho foi desenvolvido no Laboratório de Processamento de Frutas e Hortaliças do Departamento de Tecnologia de Alimentos da Universidade Federal de Viçosa – MG.

O experimento foi realizado com 216 amostras de suco integral de manga cv. Ubá, de uma marca comercial de grande circulação no Estado de Minas Gerais, acondicionadas em garrafas PET de 500 mL, divididas em dois lotes de produção. O produto continha em sua formulação, além da polpa integral de manga, os conservantes benzoato de sódio e metabissulfito de sódio e o ácido cítrico como acidulante.

As amostras foram adquiridas diretamente da indústria, localizada nas proximidades de Viçosa-MG, e conduzidas imediatamente ao laboratório para serem armazenadas em estufas, tipo B.O.D, a 25 °C (controle), 35 °C e 45 °C (condições aceleradas), providas de iluminação 24 horas por dia, de modo a simular as condições reais de armazenamento. A incidência média de luz no interior das estufas foi de 650 lux, medida com luxímetro digital Chauvin Arnoux, modelo CA 810 (Paris, França), sendo que cada estufa armazenava 72 amostras.

2.2.1 Delineamento experimental

O experimento foi conduzido segundo o delineamento em parcelas subdivididas, com a temperatura de armazenamento inteiramente ao acaso nas parcelas, em três níveis (25, 35 e 45 °C), com duas repetições, e o tempo de estocagem nas subparcelas, em sete níveis (0, 20, 40, 60, 80, 100, 120 dias), para as amostras mantidas a 25 °C e 35 °C, e quatro níveis (0, 20, 40 e 60 dias), para as amostras armazenadas a 45 °C.

2.2.2 Análises físico-químicas

Todas as análises foram realizadas a cada 20 dias de armazenamento, de modo a acompanhar as possíveis alterações durante a vida-de-prateleira.

2.2.2.1 Cor instrumental

As coordenadas de cor objetiva foram determinadas diretamente em colorímetro Minolta color reader CR-10, sistema CIELAB, previamente calibrado. Esse é um sistema de coordenadas retangulares que define a cor em termos de L^* , que numa escala de 0 a 100 representa a luminosidade, variando desde o preto (0) ao branco (100); a^* , que representa a variação entre o verde, valores negativos, ao vermelho, valores positivos; e por fim o eixo b^* , que representa a variação de azul, valores negativos a amarelo, valores positivos. A diferença total de cor (ΔE^*) foi calculada de acordo com a seguinte equação (LOPES et al., 2005):

$$\Delta E^* = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2} \quad (9)$$

Em que Δ é a variação entre cada coordenada de cor da amostra inicial (tempo zero) e amostra armazenada.

2.2.2.2 pH

Para a determinação do pH das amostras foi utilizado um pHmetro digital (marca PHTEK, modelo PHS-3B), previamente calibrado com soluções padrão de pH 4,0 e 7,0, conforme as normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz (IAL, 2004).

2.2.2.3 Sólidos solúveis totais

A determinação do teor de sólidos solúveis totais (SST) foi realizada diretamente em refratômetro de bancada modelo ABBÉ, sendo os resultados expressos em °Brix, de acordo com as normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz (IAL, 2004).

2.2.2.4 Acidez titulável

A acidez titulável foi determinada por volumetria potenciométrica, conforme metodologia proposta pelo Instituto Adolfo Lutz (IAL, 2004). Foram utilizados 5 a 10g das amostras, as quais foram diluídas em 100 mL de água destilada, e tituladas com hidróxido de sódio 0,1 N, utilizando-se solução de fenolftaleína como indicador. Os resultados foram expressos em % de ácido cítrico.

2.2.2.5 Viscosidade

As medições reológicas foram realizadas em reômetro de cilindros concêntricos tipo Searle, marca Brookfield, modelo R/S plus SST 2000, equipado com o software Rheo 2000, fabricado pela Brookfield Engineering Laboratories, Inc., E.U.A, a 25 °C, mantida constante com o auxílio de um banho termostático. Utilizou-se como sistema de medição o sensor DG DIN com taxa de deformação de 10 s^{-1} . O tempo de ensaio foi de 2 min, completando um total de 30 pontos. As determinações foram realizadas em triplicata, onde para cada repetição foi utilizada uma nova amostra. Os resultados foram expressos em mPa.s.

2.2.2.6 Vitamina C

A determinação de vitamina C foi realizada pelo método oficial da AOAC (*Association of Official Analytical Chemists*), que consiste na redução do sal sódico 2,6-diclorofenol indofenol em titulação por uma solução contendo ácido ascórbico (AOAC, 1984). Os resultados foram expressos em mg de vitamina C por 100 mL do produto.

2.2.2.7 Carotenóides

O teor de carotenóides foi determinado por análise espectrofotométrica, conforme metodologia descrita por RODRIGUEZ-AMAYA (2001) e PEREIRA (2002). Foram pesados aproximadamente 5,0 g de amostra, aos quais foram adicionados 50 mL de acetona resfriada para a extração dos carotenóides, deixando-se em repouso por 24 horas. Em seguida, as amostras foram filtradas e o resíduo lavado novamente com acetona até total despigmentação. O extrato de acetona contendo os carotenóides foi então transferido, em pequenas frações, seguidas de água destilada com sal, para um funil de separação contendo aproximadamente 40 mL de éter de petróleo, descartando-se a fase aquosa inferior. As amostras foram lavadas por mais quatro a cinco vezes para a remoção da acetona residual. Posteriormente, a solução de carotenóides foi recolhida em béquer, secando-se pela adição de sulfato de sódio anidro. Essa mistura foi filtrada e a solução obtida concentrada em evaporador rotatório a 40 °C. Os carotenóides foram redissolvidos em éter de petróleo e o volume completado para 25 mL em balão volumétrico. A leitura foi realizada em espectrofotômetro digital (modelo SP-200, BIOSPECTRO) com comprimento de onda de 450 nm e o teor de carotenóides, expresso em β -caroteno, calculado pela seguinte fórmula:

$$\mu\text{g} / \text{g} = \frac{A \times V (\text{mL}) \times 10^4}{A_{1\text{cm}}^{1\%} \times \text{peso da amostra (g)}} \quad (10)$$

Em que A é absorvância da solução no comprimento de onda de 450 nm; V é volume final da solução e $A_{1cm}^{1\%}$ é o coeficiente de absorvidade molar do β -caroteno em éter de petróleo (2592) (RODRIGUEZ-AMAYA, 2001).

2.2.3 Análise dos resultados e ajustamento dos modelos cinéticos

Os dados das análises físico-químicas foram analisados, estatisticamente, por análise de variância (ANOVA), tendo como fontes de variação a temperatura (parcelas) e o tempo (subparcelas), e análise de regressão em função do tempo, utilizando-se o programa estatístico SAS (*Statistical Analysis System – SAS Institute Inc.*, Cary, NC, USA), versão 9.1, licenciado para a Universidade Federal de Viçosa.

Para a determinação do modelo cinético que melhor se ajustou aos dados experimentais e, conseqüentemente, da ordem da reação, foram plotados os dados obtidos ao longo do armazenamento, para cada temperatura, em função do tempo. Foram testados os modelos de ordem zero e primeira ordem. A escolha do modelo foi realizada a partir da análise da falta de ajuste com os dados experimentais a 5% de significância e do coeficiente de determinação (R^2).

2.2.4 Determinação dos parâmetros cinéticos

Para a determinação da energia de ativação (E_a) para a degradação da vitamina C foi construído um gráfico em escala linear do logaritmo da constante da velocidade versus o inverso da temperatura, em escala absoluta, cuja inclinação da linha reta obtida é igual a E_a/R , em que R é a constante dos gases ideais e igual a $1,987 \text{ cal.mol}^{-1}.\text{K}^{-1}$ (TEIXEIRA NETO et al., 2004).

O fator de aceleração da temperatura (Q_{10}) para a degradação da vitamina C foi determinado por meio da Equação 11, conforme descrito por MOURA et al. (2007).

$$Q_{10} = 10^{\frac{E_a}{0,46 \times T^2}} \quad (\text{Equação 11})$$

Em que T é a temperatura em escala absoluta.

As determinações de Q_{10} e E_a para as coordenadas de cor (L^* e ΔE^*) foram realizadas a partir das Equações 6 e 7 (capítulo 1), visto que não foram observadas variações significativas a 25 °C.

2.2.5 Avaliação das características físico-químicas por metodologia de superfície de respostas

Para a avaliação simultânea do tempo e da temperatura de armazenamento sobre as características físico-químicas analisadas, foram obtidos os modelos ajustados e os gráficos de contorno e superfície de respostas, conforme descrito no item 1.2.3.3 (capítulo 1).

2.2.6 Estudo das correlações

Foram feitas tentativas de correlações dos dados das características físico-químicas, bem como entre estas últimas e os das características sensoriais (ADQ). Para isso, foram determinados os coeficientes de correlação de Pearson, com o auxílio do programa estatístico SAS Institute[®], versão 9.1.

2.2.7 Estimativa da vida-de-prateleira

Para a determinação da vida-de-prateleira do suco integral de manga utilizou-se a concentração de vitamina C como limitante da qualidade (TEIXEIRA et al., 2006; MAZIN et al., 2007). Optou-se como nível máximo aceitável a concentração equivalente a 50% do teor inicial de vitamina C no produto (meia vida). Com isso, a partir do fator de aceleração da temperatura (Q_{10}) calculado para a vitamina C e da vida-de-prateleira determinada a 35 °C foi estimada a vida-de-prateleira do suco integral de manga a 25 °C.

2.3 Resultados e discussão

2.3.1 Avaliação das características físico-químicas com o tempo

Foi realizada inicialmente a análise de variância para avaliar os efeitos da temperatura e do tempo de armazenamento, assim como da interação tempo x temperatura (Tabela 6). O efeito da interação foi significativo ($p < 0,05$) para concentração de vitamina C, luminosidade e diferença total de cor. Portanto, para estas características, foi realizada a análise de regressão em função do tempo para cada tratamento separadamente.

Para os parâmetros carotenóides, sólidos solúveis e viscosidade, não foram verificados efeitos significativos desta interação ($p > 0,05$), assim como do tempo e da temperatura de armazenamento. Para a acidez, no entanto, observou-se efeito significativo do tempo ($p < 0,05$).

Tabela 6: Análise de variância (ANOVA) para: vitamina C, carotenóides, acidez titulável, pH, sólidos solúveis totais (SST), viscosidade, luminosidade (L*) e diferença total de cor (ΔE^*).

FV	GL	Quadrado médio							
		Vitamina C	Carotenóides	Acidez	pH	SST	Viscosidade	L*	ΔE^*
Temperatura (A)	2	57,35 ^{ns}	0,19 ^{ns}	4,1x10 ^{-4ns}	0,0046 ^{ns}	0,036 ^{ns}	161,86 ^{ns}	3,44 ^{ns}	7,92*
Erro (a)	2	31,98	9,93	0,0048	0,0098	0,19	1035,88	3,21	0,60
Tempo (B)	6	115,47**	0,18 ^{ns}	0,0014*	0,024 ^{ns}	0,016 ^{ns}	425,67 ^{ns}	1,87**	5,79**
A x B	9	21,72**	0,14 ^{ns}	7,8x10 ^{-5ns}	0,0034 ^{ns}	0,014 ^{ns}	78,46 ^{ns}	1,01**	2,18*
Erro (b)	13	0,76	0,48	1,2x10 ⁻⁴	0,0098	0,031	338,21	0,091	0,50

* Significativo ao nível de 5% de probabilidade; ** Significativo ao nível de 1% de probabilidade; ^{ns} Não significativo ao nível de 5% de probabilidade.

A Figura 11 apresenta a variação da acidez titulável para o suco integral de manga armazenado nas diferentes temperaturas de armazenamento ao longo do tempo.

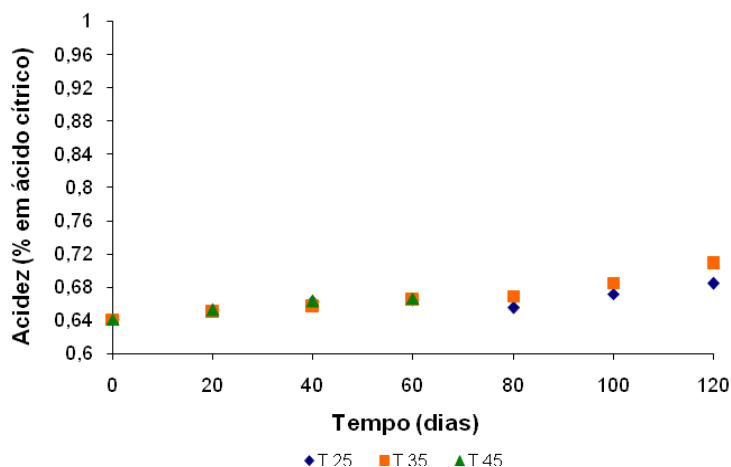


Figura 11: Variação da acidez titulável nas diferentes temperaturas durante o armazenamento do suco integral de manga.

Os valores de acidez encontrados para o suco de manga nas diferentes temperaturas estão de acordo com o estabelecido pela legislação, que estabelece um valor mínimo de 0,32% em ácido cítrico (BRASIL, 2000).

Verificou-se que para o suco armazenado a 45 °C não houve alteração significativa ao longo do tempo ($p > 0,05$). Entretanto, os valores de acidez variaram significativamente para os sucos mantidos a 25 °C e 35 °C ($p < 0,05$). Portanto, nota-se que essas variações foram influenciadas pelo tempo e não pela temperatura de armazenamento, tal como verificado pela análise de variância (Tabela 6). Ao longo dos 120 dias de armazenamento, a acidez variou de 0,64% (produto fresco, recém processado) a 0,68% e 0,71%, para os sucos armazenados a 25 °C e 35 °C, respectivamente. Essa variação, no entanto, não influenciou na aceitabilidade do produto, bem como não foi detectada pela equipe sensorial treinada (capítulo 1).

Em trabalho realizado com polpa de manga “in natura” orgânica variedade Ubá, FARAONI et al. (2009) verificaram uma acidez média de 0,40% em ácido cítrico, enquanto que GONÇALVES et al. (1998), encontraram um valor médio de 0,54%, para essa mesma variedade. No entanto, a maior acidez verificada neste trabalho, para o suco integral de manga, pode ser atribuída ao

fato do produto utilizado neste estudo ser acidificado, conforme consta no rótulo do mesmo.

A variação do pH para o suco de manga nas três temperaturas durante o armazenamento está mostrada na Figura 12.

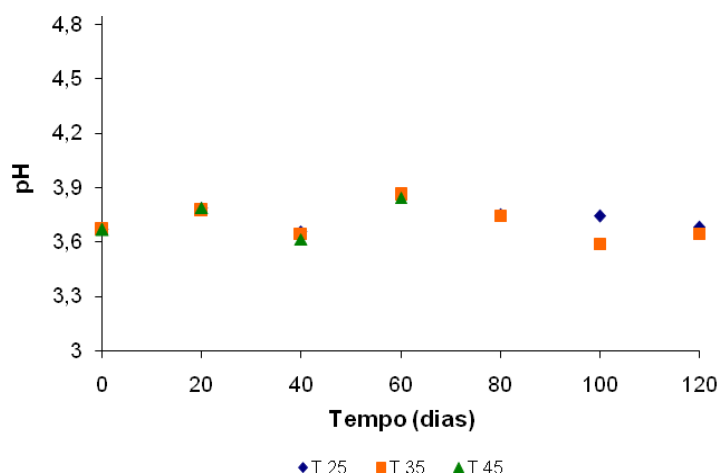


Figura 12: Variação do pH nas diferentes temperaturas durante o armazenamento do suco integral de manga.

Não foram observadas alterações significativas no pH dos sucos armazenados nas diferentes temperaturas durante o período de armazenamento ($p > 0,05$), indicando que o conteúdo total de ácidos orgânicos presentes no produto não variou significativamente, mesmo nas temperaturas mais elevadas de armazenamento. Além disso, os baixos valores de pH encontrados neste trabalho, que variaram de 3,66 (tempo zero) a 3,68 (25°C), 3,64 (35°C) e 3,84 (45°C) ao final do armazenamento, revelam a boa estabilidade microbiológica do produto durante todo o período estudado. Os valores obtidos também estão de acordo com a legislação, que estabelece a faixa de 3,3 a 4,5 para o pH (BRASIL, 2000).

A Figura 13 apresenta a variação do teor de sólidos solúveis totais ao longo do tempo para as diferentes temperaturas.

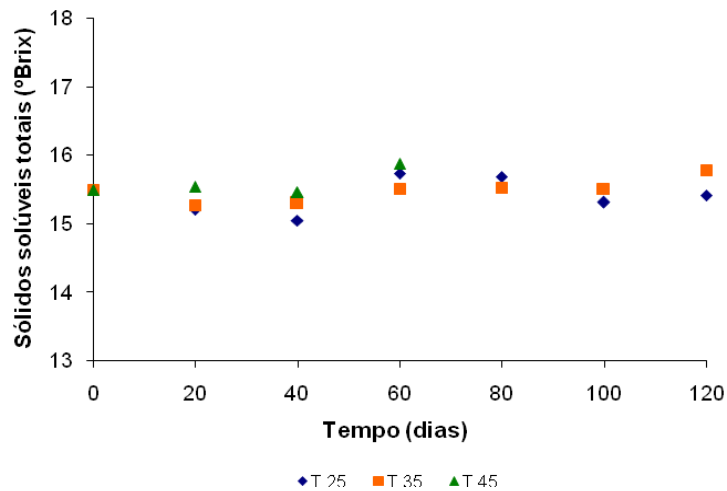


Figura 13: Variação do teor de sólidos solúveis totais nas diferentes temperaturas durante o armazenamento do suco integral de manga.

O teor de sólidos solúveis não apresentou variação significativa com o tempo ($p > 0,05$), independentemente da temperatura de armazenamento utilizada, com valores médios de 15,41, 15,48 e 15,60 °Brix, para os sucos armazenados a 25, 35 e 45 °C, respectivamente. Resultado semelhante foi verificado por FARAONI (2006), que não encontrou variação significativa ($p > 0,05$) para o teor de sólidos solúveis em polpa de manga Ubá armazenada sob refrigeração durante seis meses e em diferentes embalagens. Resultados semelhantes também foram verificados em outros estudos para purê de manga (VÁSQUEZ-CAICEDO et al., 2007), suco de maracujá (SANDI, 1999) e suco de acerola (MATSUURA, 1994).

Na Figura 14 apresenta-se a variação da viscosidade do suco de manga ao longo do armazenamento nas diferentes temperaturas.

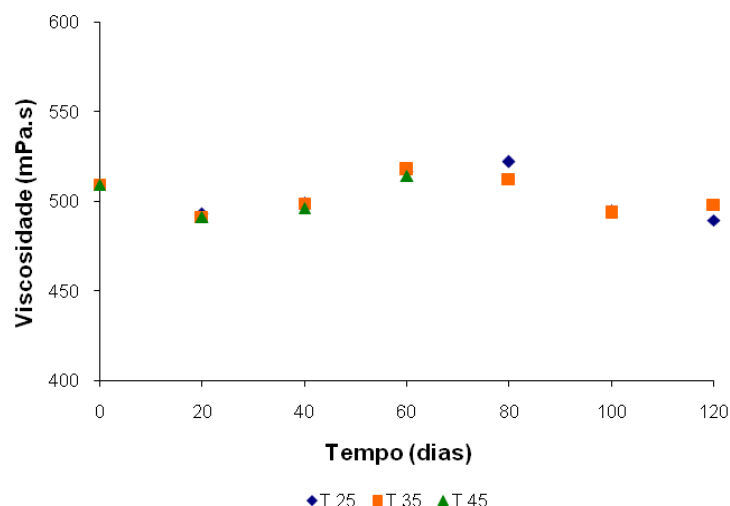


Figura 14: Variação da viscosidade nas diferentes temperaturas durante o armazenamento do suco integral de manga.

Verificou-se que os valores de viscosidade do suco integral de manga armazenado nas diferentes temperaturas não variaram significativamente ao longo do armazenamento ($p > 0,05$), com valores médios de 504,38, 503,75 e 503,12 mPa.s para os produtos armazenados a 25, 35 e 45 °C, respectivamente. Esses resultados confirmam as observações feitas pelos provadores treinados, que não perceberam alterações significativas ($p > 0,05$) na consistência do suco durante o armazenamento em nenhum dos tratamentos.

No caso da polpa e do suco integral de manga, vários autores encontraram um comportamento pseudoplástico para esses produtos, no qual a viscosidade aparente diminui com o aumento da taxa de deformação (VIDAL et al., 2004; BRANCO e GASPARETTO, 2003, PELEGRINE et al., 2002). Neste trabalho, optou-se por utilizar uma taxa de deformação pequena (10 s^{-1}) a 25°C, de modo a correlacionar possíveis alterações com a consistência, acompanhada pela equipe sensorial.

BRANCO e GASPARETTO (2003) verificaram uma viscosidade aparente para polpa de manga de 233,7 mPa.s para uma taxa de deformação de 50 s^{-1} e temperatura de 10 °C. PELEGRINE et al. (2000), estudando a viscosidade aparente para a polpa de manga (Keitt), observou uma viscosidade de aproximadamente 425 mPa.s nas condições de 50 s^{-1} e 30 °C. Por se tratar

de um fluido pseudoplástico, os resultados encontrados por esses autores estão, portanto, coerentes com os verificados neste trabalho.

A variação da luminosidade (L^*) do suco de manga nas diferentes temperaturas ao longo do armazenamento encontra-se representada na Figura 15:

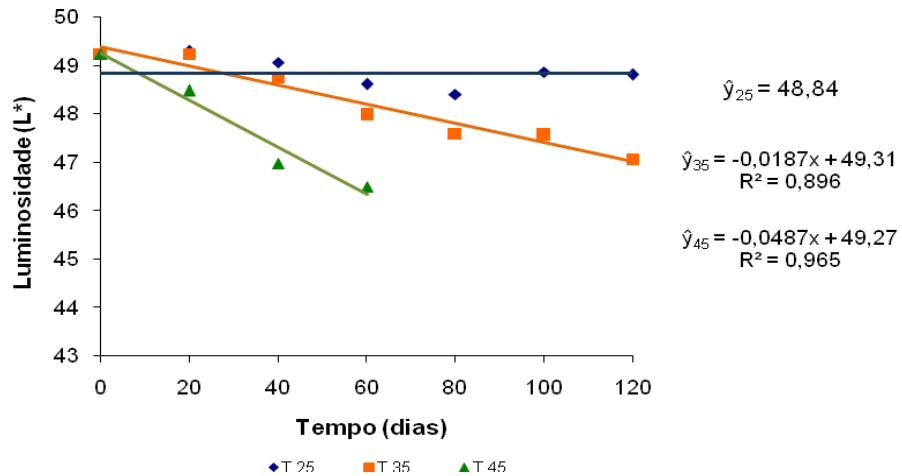


Figura 15: Variação da luminosidade (L^*) nas diferentes temperaturas durante o armazenamento do suco integral de manga.

Observou-se, pela análise de regressão, efeito significativo ($p < 0,05$) do tempo de armazenamento sobre a variação de L^* para os sucos armazenados nas temperaturas de 35 °C e 45 °C, indicando que, para estas temperaturas, ocorreu um escurecimento do produto.

De fato, a coloração do produto alterou ao longo do tempo, conforme verificado pela equipe sensorial, que relatou perda na intensidade da coloração amarela. Os valores das constantes de velocidade para a degradação de L^* foram de 0,0187 dias⁻¹ (35 °C) e 0,0487 dias⁻¹ (45 °C).

Com relação ao ajustamento dos modelos cinéticos, verificou-se que o modelo de ordem zero ajustou-se bem à variação dos dados experimentais, com coeficiente de determinação de 89,6% e 96,5% para os sucos armazenados a 35 °C e 45 °C, respectivamente. Segundo TEIXEIRA NETO et al. (2004), quando a porcentagem de degradação do parâmetro estudado for inferior a 50% do valor inicial, tanto o modelo de zero quanto o de primeira ordem pode ser utilizado para descrever a cinética da reação. Neste caso,

como a extensão da alteração máxima verificada para a luminosidade foi muito pequena (5,6%), o modelo de primeira ordem também poderia ser utilizado.

A redução na luminosidade indica perda da coloração característica do produto, aparência mais escura, e está relacionada com diversos aspectos: oxidação de pigmentos termosensíveis, escurecimento não enzimático, tais como a oxidação da vitamina C (ENDO et al., 2007) e, em menor extensão, a reação de Maillard (REMACHA et al., 1992). A perda na luminosidade foi mais intensa nos produtos armazenados nas condições aceleradas (35 °C e 45 °C), em virtude das temperaturas mais elevadas, que aceleram essas reações de oxidação.

FARAONI et al. (2008) estudaram a estabilidade de polpa de manga Ubá acondicionadas em diferentes embalagens e observaram um decréscimo significativo de L^* nas polpas pasteurizadas acondicionadas em embalagens transparentes, enquanto que naquelas acondicionadas em embalagens metalizadas, essa diminuição não foi observada. Em trabalho realizado com néctares de manga envasados em garrafas PET, embalagens cartonadas e em lata de alumínio, ARRUDA (2003) observou uma redução de L^* ao longo do tempo e atribuiu esse escurecimento a reações de oxidação e à concentração de vitamina C. Concentrações maiores de vitamina C resultaram em maiores valores de L^* (menor escurecimento). Reduções no valor de L^* também foram observadas por FONTES (2002), em néctar de manga, que atribuiu essa redução a reações sensíveis ao calor e a degradação de pigmentos termolábeis. Por outro lado, TRIBST (2008) verificou que o tratamento térmico aumentou a luminosidade e o tom amarelo em néctar de manga.

Na Figura 16 apresenta-se a variação da diferença total de cor (ΔE^*) ao longo do armazenamento para os diferentes tratamentos.

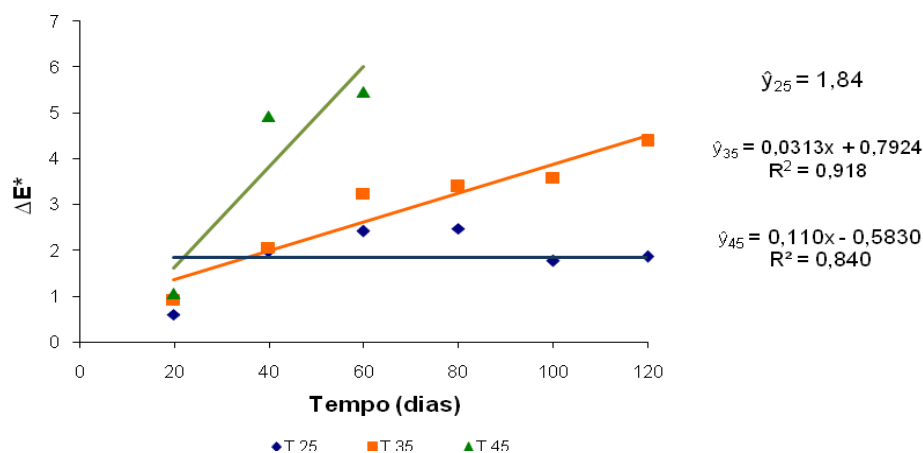


Figura 16: Variação diferença total de cor (ΔE^*) nas diferentes temperaturas durante o armazenamento do suco integral de manga.

O monitoramento da diferença total de cor durante a vida-de-prateleira é de grande importância, em virtude de sua relação linear com a formação de pigmentos escuros em reações de escurecimento não enzimático, responsáveis por alterações na coloração de diversas frutas e seus derivados (GIOVANELLI e PARADISO, 2002). Segundo MOURA et al. (2001), o aumento na diferença total de cor significa que o produto perdeu a coloração característica da amostra inicial.

Verificou-se que houve um aumento significativo no valor de ΔE^* para os produtos armazenados nas temperaturas de 35 °C e 45 °C ($p < 0,05$). Portanto, assim como observado para a luminosidade, os sucos armazenados nessas temperaturas apresentaram alterações na coloração característica ao longo do tempo, provavelmente, resultantes de reações de escurecimento não enzimático e à formação de pigmentos escuros, aceleradas pelas temperaturas mais elevadas (ENDO et al., 2007; REMACHA et al., 1992). Essas alterações na cor também foram observadas pelos provadores treinados, que detectaram um escurecimento progressivo ao longo do tempo, para os sucos armazenados nas condições aceleradas.

Para o suco armazenado a 25 °C, observou-se uma pequena variação, porém não-significativa a 5% de probabilidade. De fato, para esta temperatura, essa variação não foi perceptível pelos provadores treinados durante as avaliações sensoriais ao longo do armazenamento.

Verificou-se que o modelo cinético de ordem zero ajustou-se melhor aos dados experimentais de ΔE^* para o suco de manga, quando comparado ao de primeira ordem, com constantes de velocidade de $0,0313 \text{ dias}^{-1}$ e $0,110 \text{ dias}^{-1}$, para os sucos armazenados a $35 \text{ }^\circ\text{C}$ e $45 \text{ }^\circ\text{C}$, respectivamente. Os valores de R^2 , que explicaram 91,8% ($35 \text{ }^\circ\text{C}$) e 84% ($45 \text{ }^\circ\text{C}$) da variação dos dados experimentais e falta de ajuste não-significativa ($P < 0,05$) demonstram o bom ajustamento do modelo de ordem zero.

Tanto o modelo de primeira ordem quanto o de ordem zero tem sido sugeridos por diversos pesquisadores para representar a variação na diferença total de cor em produtos de origem vegetal.

Em trabalho com polpa de pitanga congelada, LOPES et al. (2005) observaram um melhor ajustamento do modelo de ordem zero aos valores de ΔE^* , com constante de velocidade igual a $0,049 \text{ dias}^{-1}$ e R^2 de 91,9%. PALAZÓN et al. (2009) também verificaram que o modelo de zero ordem proporcionou um melhor ajustamento à variação de ΔE^* em compotas de maçã, armazenadas em diferentes temperaturas (23 , 30 e $37 \text{ }^\circ\text{C}$) durante 420 dias. MOURA et al. (2007) verificaram que o modelo cinético de ordem zero foi o que melhor se ajustou à perda da coloração em maçãs-passa acondicionadas em embalagens de polietileno, calculada em termos de ΔE .

Em estudo realizado com purê de manga em temperaturas de 50 a $90 \text{ }^\circ\text{C}$, AHMED et al. (2002) verificaram que a perda da coloração amarela e da cor total ($L \times a \times b$) seguiram o modelo primeira ordem. Em outro trabalho, AHMED et al. (2002), que o modelo cinético de primeira ordem ajustou-se mais adequadamente à degradação da cor em purê mamão. Essas observações também foram feitas por MOURA et al. (2001) para polpa de morango, armazenada em temperaturas de 5 , 25 e $35 \text{ }^\circ\text{C}$ durante 142 dias, e por SHARMA et al. (2008) para a degradação da cor em suco de melancia aquecido a $90 \text{ }^\circ\text{C}$ por cinco horas.

Na Figura 17 apresenta-se a variação na concentração de carotenóides totais ao longo do tempo para as diferentes temperaturas.

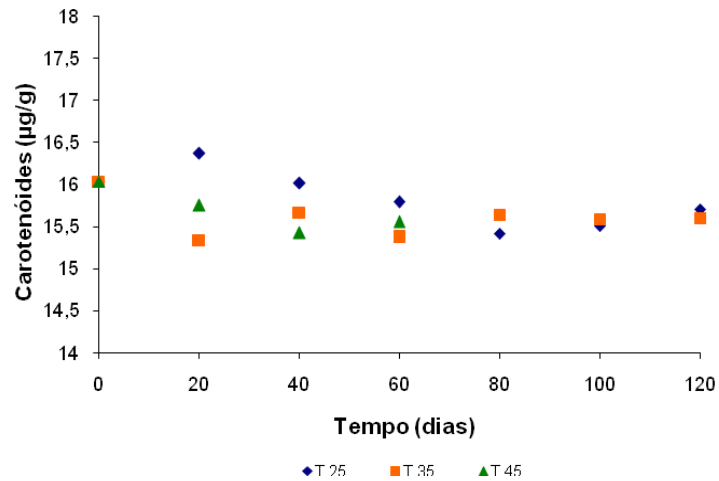


Figura 17: Variação da concentração de carotenóides nas diferentes temperaturas durante o armazenamento do suco integral de manga.

Os valores obtidos neste trabalho estão de acordo com os encontrados na literatura para polpas de manga. RIBEIRO et al. (2007), estudando polpas de diferentes variedades, encontraram concentrações de carotenóides totais de 19,1 (Haden) a 26,3 µg/g (Palmer), β-caroteno de 6,61 (Palmer) a 22,20 µg/g (Ubá). Resultados semelhantes também foram verificados por GODOY (1985) para manga “Tommy Atkins” processada (14,3 µg/g) e por GODOY e RODRIGUEZ AMAYA (1987), 15,74 µg/g, para polpa de manga “Golden”. Teor maior de carotenóides foi encontrado por FARAONI (2006), que verificou uma concentração de aproximadamente 3,7 mg/100g (37 µg/g) para polpa de manga “Ubá”.

A concentração de carotenóides nos sucos armazenados nas diferentes temperaturas não variou significativamente ($p > 0,05$) durante a estocagem, com valores médios de 15,78, 15,53 e 15,69 µg/100g para os produtos mantidos a 25, 35 e 45 °C, respectivamente. A temperatura de armazenamento também não afetou de forma significativa ($p > 0,05$) a concentração de carotenóides no suco. Uma possível causa para esse comportamento é o fato de os carotenóides serem relativamente estáveis à temperatura e demorarem certo tempo para a ocorrência de perdas significativas, conforme observado por GODOY e RODRIGUEZ-AMAYA (1987): Esses autores verificaram uma concentração de 15,74 µg/g em polpa de manga “Golden” e após 10 meses de

armazenamento em garrafas de vidro a temperaturas ambiente, a concentração determinada foi de 13,13 $\mu\text{g/g}$, o que corresponde a uma retenção de 83,4%. Após este período, houve uma queda brusca na concentração, diminuindo para 7,51 $\mu\text{g/g}$ aos 14 meses de armazenamento. Portanto, é possível que o tempo de armazenamento do suco de manga neste estudo não tenha sido suficiente para haver perdas significativas na concentração de carotenóides, mesmo nas condições aceleradas, que foram de 60 dias (45 °C) e 120 dias (35 °C).

Além disso, a boa estabilidade dos carotenóides verificada neste trabalho para o suco integral de manga é importante, pois esses compostos apresentam funções benéficas no organismo, atuando como precursores da vitamina A, que é essencial para a visão, reprodução e funções imunológicas, além de possuírem atividade antioxidante, removendo radicais livres, e protegendo o organismo contra doenças cardiovasculares, câncer, catarata, dentre outras (RIBEIRO et al., 2007; ORNELAS-PAZ et al., 2008; KOCA et al., 2007).

Uma vez que os carotenóides constituem os principais pigmentos na manga, sendo responsáveis pela coloração amarela característica da polpa (CHEN et al., 2007), e levando em consideração que não foram observadas alterações significativas durante a armazenagem, pode-se inferir que as alterações na cor supra citadas, tanto para as coordenadas L^* e ΔE^* , como para as avaliações sensoriais, não devem estar relacionadas com a degradação desses compostos, mas sim a outros processos oxidativos que se desenvolveram durante o armazenamento, tais como oxidação de vitamina C ou mesmo reação de Maillard (ENDO et al., 2007; GIOVANELLI e PARADISO, 2002).

A variação da concentração de vitamina C ao longo do tempo está apresentada na Figura 18.

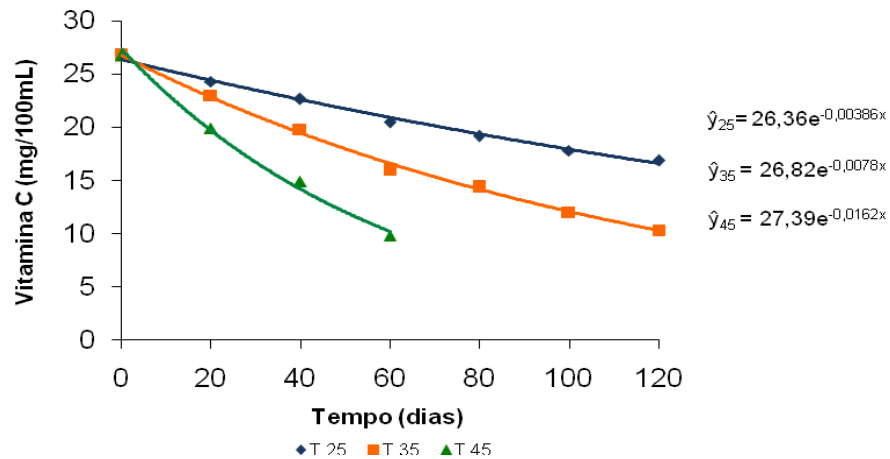


Figura 18: Variação da concentração de vitamina C nas diferentes temperaturas durante o armazenamento do suco integral de manga.

A concentração de vitamina C obtida inicialmente para o suco integral de manga “Ubá” (26,8 mg/100 mL) está de acordo com os valores encontrados por BERNIZ (1984), que verificou concentrações dessa vitamina em polpas de manga “Ubá” de 15,7 a 17,4 mg/100 mL com 10 a 16% de sólidos solúveis totais. Concentrações maiores em polpas de manga Ubá foram determinadas por RIBEIRO et al. (2007), 77,71 mg/100g, e por FARAONI (2006), para polpas pasteurizados por diferentes binômios tempo-temperatura (52 a 75 mg/100 mL). Em estudo realizado com diferentes variedades de mangas cultivadas no Estado de Minas Gerais, GONÇALVES et al. (1998) encontraram concentração de 182,55 mg/100g de vitamina C na manga “Ubá”.

Com relação à estabilidade ao longo do armazenamento, observou-se que a concentração de vitamina C diminuiu significativamente ($p < 0,05$), de 26,8 mg/100 mL (concentração inicial) a 16,89 (25 °C), 10,34 (35 °C) e 9,85 mg/100 mL (45 °C), ao final dos respectivos dias de armazenamento, o que corresponde a perdas de 37, 61,4 e 63,2%, respectivamente. Esses resultados demonstram que a vitamina C é bastante suscetível à degradação durante o armazenamento.

Ambos os modelos cinéticos testados, zero e primeira ordem, apresentaram ajustamento significativo ($p < 0,05$) aos dados experimentais em todos os tratamentos. Apesar disso, o modelo de primeira ordem (Figura 19)

mostrou-se mais adequado por representar melhor a diminuição da concentração ao longo do tempo e apresentar maiores coeficientes de determinação (98,8 a 99,6%), sendo, portanto, utilizado para o cálculo dos parâmetros cinéticos.

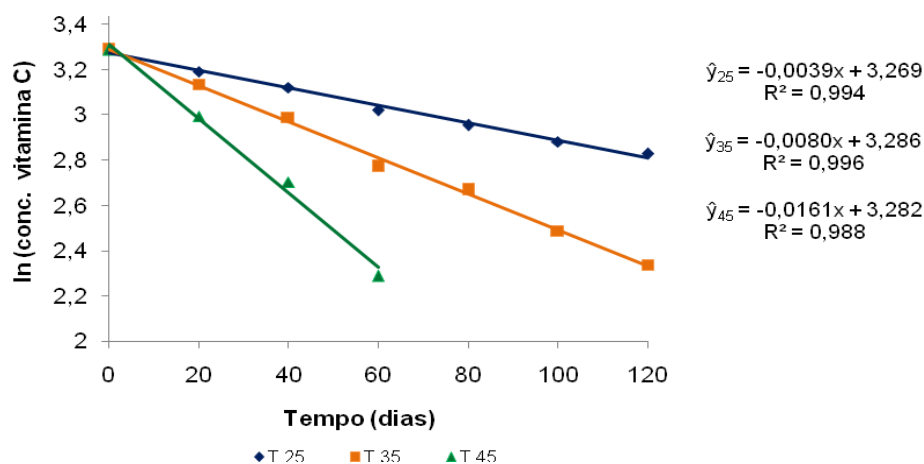


Figura 19: Modelo cinético de primeira ordem para a degradação de vitamina C do suco integral de manga para as três temperaturas.

Os valores das constantes de degradação foram de $0,0039 \text{ dias}^{-1}$ ($25 \text{ }^{\circ}\text{C}$), $0,0080 \text{ dias}^{-1}$ ($35 \text{ }^{\circ}\text{C}$) e $0,0161 \text{ dias}^{-1}$ ($45 \text{ }^{\circ}\text{C}$). As magnitudes das constantes de velocidade nas diferentes temperaturas demonstram a sensibilidade da vitamina C à temperatura de armazenamento, conforme observado por TEIXEIRA et al. (2006), para goiabas industrializadas e por MAZIN et al. (2007), para suco de limão.

Em trabalhos que envolvem a cinética de degradação de ácido ascórbico em sucos e purês de frutas, tanto a cinética de ordem zero como a de primeira ordem tem sido sugerida para explicar o processo de degradação (TORALLES et al., 2008; YAMASHITA et al., 2003, OZKAN et al., 2004; VIKRAM et al., 2005).

TORALLES et al. (2008) estudaram a cinética de degradação da vitamina C em purê de pêssego (12, 22 e 32 °Brix), em condições anaeróbicas e temperaturas entre $70 \text{ }^{\circ}\text{C}$ e $90 \text{ }^{\circ}\text{C}$, e verificaram que tanto o modelo de zero quanto o de primeira ordem ajustaram-se bem aos dados experimentais. Tal

dualidade cinética também foi observada por ROIG et al. (1999), para suco de laranja na faixa de 4 °C a 76 °C.

VIKRAM et al. (2005) estudaram a degradação de vitamina C em suco de laranja aquecido por diferentes métodos (ôhmico, infravermelho, microondas e convencional) e verificaram que, para todos os métodos utilizados, a degradação ocorreu por um mecanismo de primeira ordem.

OZKAN et al. (2004) verificaram um melhor ajustamento ao modelo de ordem zero, em suco de laranja e néctar de cereja durante o armazenamento. O modelo de ordem zero também foi indicado como o melhor para descrever a taxa de degradação da vitamina C em suco de acerola pasteurizado e engarrafado, mantido à temperatura ambiente (YAMASHITA et al., 2003).

Uma vez que a degradação da vitamina C apresentou um bom ajustamento aos modelos cinéticos em todos os tratamentos, e por ser indesejável à qualidade do produto pelos motivos já citados, optou-se, por utilizar este parâmetro na estimativa da vida-de-prateleira, discutida posteriormente no item 2.3.5.

2.3.2 Determinação dos parâmetros cinéticos

Foram calculados os parâmetros cinéticos energia ativação (E_a) e fator de aceleração da temperatura (Q_{10}) para as coordenadas de cor (L^* e ΔE^*) e concentração de vitamina C. O gráfico que representa o logaritmo da constante de velocidade de degradação da vitamina C em função do inverso da temperatura, em escala absoluta, para o cálculo de E_a , está apresentado na Figura 20. Para as coordenadas de cor, os valores de Q_{10} e E_a foram calculados levando-se em consideração somente as temperaturas de 35 °C e 45 °C, visto que não foram observadas variações significativas a 25 °C ($p > 0,05$).

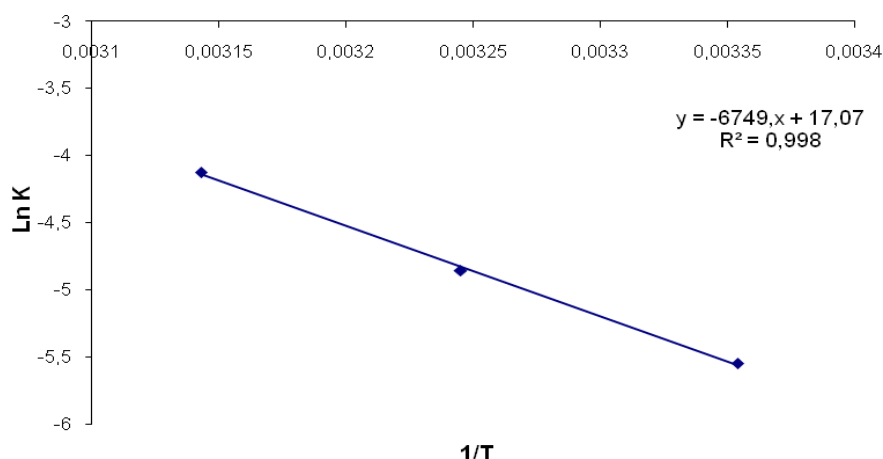


Figura 20: Efeito da temperatura sobre a constante de velocidade de degradação da vitamina C do suco integral de manga.

Por meio da análise de regressão, verificou-se que a dependência da degradação de vitamina C em relação à temperatura seguiu o modelo de Arrhenius, com coeficientes de determinação de 99,8%.

Os parâmetros cinéticos obtidos para a degradação da vitamina C e das coordenadas de cor (L^* e ΔE^*) estão mostrados na Tabela 7.

Tabela 7: Parâmetros cinéticos (Q_{10} e E_a) para a degradação da vitamina C, luminosidade, diferença total de cor (ΔE^*) do suco integral de manga.

Parâmetro	Parâmetros cinéticos	
	Q_{10}	E_a (kcal.mol ⁻¹)
Luminosidade	2,60	17,00
ΔE^*	3,51	22,30
Vitamina C	2,13	13,41

Os valores de energia de ativação e de Q_{10} das coordenadas de cor foram superiores em relação aos verificados para a vitamina C (Tabela 7). Isso significa que a cor do suco integral de manga, representada aqui pelas coordenadas L^* e ΔE^* , é mais dependente da temperatura que a concentração de vitamina C. Ou seja, com o aumento da temperatura há mais alteração na cor do suco que na concentração de vitamina C, em um mesmo tempo. Isso pode ser mais facilmente compreendido observando-se os valores de Q_{10} . Por

exemplo, um aumento de 10 °C na temperatura aumenta em 3,5 vezes a velocidade na alteração da cor (ΔE^*), enquanto que a velocidade de degradação da vitamina C aumenta pouco mais que duas vezes.

A degradação da vitamina C em sucos fruta tem sido estudada em diversos trabalhos citados na literatura. Em estudo realizado com suco de grapefruit, com teor de sólidos solúveis de 31%, submetido a temperaturas de 60 °C a 91 °C, SAGUY et al. (1978) encontraram um valor de energia de ativação de 5,26 kcal.mol⁻¹. JOHNSON et al. (1995) verificaram uma energia de ativação de 23,3 kcal.mol⁻¹ em suco de laranja com teor de sólidos de 36,7%, na faixa de 70,3 °C a 97,6 °C.

Resultados semelhantes aos obtidos neste trabalho foram verificados por MAZIN et al. (2007), que estudaram a cinética de degradação de vitamina C em suco de limão armazenado nas temperaturas de 25, 35 e 45 °C e em diferentes concentrações (9 °Brix e 50 °Brix). Eles verificaram energias de ativação de 13,8 e 15,3 kcal.mol⁻¹ e Q_{10} (25-35°C) de 1,486 e 1,489, para os sucos com concentração de 9 °Brix e 50 °Brix, respectivamente. VIEIRA et al. (2000), estudando a cinética de degradação da vitamina C em néctar de cupuaçu (18 °Brix), na faixa de 60-99 °C, encontraram uma energia de ativação de 17,7 kcal.mol⁻¹.

Para a degradação da vitamina C em purê de pêsego, na faixa de 70 °C a 90 °C, TORALLES et al. (2008) verificaram uma energia de ativação menor que a encontrada neste estudo (10,76 kcal.mol⁻¹). Os valores de Q_{10} verificados por esses autores variaram de 1,45 a 1,61. DHUIQUE-MAYER et al. (2007) estudaram a degradação térmica da vitamina C em um suco cítrico, elaborado pela mistura de sucos de quatro frutas cítricas, e observaram valores de energia de ativação de 8,59 kcal.mol⁻¹. As dependências da degradação da vitamina C em relação à temperatura verificadas nesses estudos foram, portanto, menores que a observada no presente trabalho.

Com relação às coordenadas de cor, verificou-se que os valores das energias de ativação encontrados (17,0 a 22,3 kcal.mol⁻¹) são compatíveis com as alterações na cor em produtos alimentícios, que de acordo com LUND (1979), deve estar na faixa de 10-30 kcal.mol⁻¹.

Em trabalho realizado com purê de manga tratado a temperaturas de 50 °C a 90 °C por 0 a 20 minutos, AHMED et al. (2002) encontraram energias

de ativação entorno de $36,79 \text{ kcal.mol}^{-1}$ para a degradação da cor total (L x a x b). Esses autores observaram, portanto, uma maior dependência da cor do purê de manga que a verificada neste estudo, para o suco integral. Em outro estudo, realizado com purê de mamão tratado termicamente ($70 \text{ }^{\circ}\text{C}$ a $105 \text{ }^{\circ}\text{C}$), AHMED et al. (2002) verificaram uma energia de ativação de $32,59 \text{ kcal.mol}^{-1}$ para a degradação da cor (a x b) em purê de mamão. Valor elevado de energia de ativação para a degradação da cor também foi obtido por SHARMA et al. (2008) para suco de melancia ($55,47 \text{ kcal.mol}^{-1}$).

MOURA et al. (2001) estudaram a cinética de degradação da cor em polpas de morango e encontraram valores de energia de ativação e Q_{10} menores que os determinados neste trabalho ($8,0 \text{ kcal.mol}^{-1}$ e $1,55$, respectivamente). Semelhantemente, FERREIRA et al. (1999), estudando degradação da cor em extrato hidrossolúvel de urucum, determinaram valores de E_a e Q_{10} , para as coordenadas L e ΔE , de $11,26$ e $12,03 \text{ kcal.mol}^{-1}$ e $1,47$ e $1,49$, respectivamente.

2.3.3 Avaliação das características físico-químicas por metodologia de superfície de respostas

Com o objetivo de avaliar simultaneamente os efeitos da temperatura e do tempo de armazenamento sobre as características físico-químicas, foram estabelecidos os modelos de regressão. Para a obtenção dos modelos ajustados (Tabela 8), foram eliminados os coeficientes não-significativos ($p > 0,05$).

Verificou-se que para a acidez, viscosidade, pH, sólidos solúveis totais e concentração de carotenóides, todos os coeficientes foram não-significativos ($p > 0,05$), não sendo observado efeito do tempo e da temperatura sobre os mesmos. Assim, foram ajustados modelos apenas para a concentração de vitamina C e das coordenadas de cor L^* e ΔE^* .

Tabela 8: Modelos ajustados, significância e coeficientes de determinação para as respostas de Luminosidade (L^*), diferença total de cor (ΔE^*) e concentração de vitamina C do suco integral de manga.

Resposta	Modelo*	R ²
Vitamina C	$26,89 + 0,0008t^2 - 0,0067tT$	0,990
ΔE^*	$9,59 - 0,617T - 0,00043t^2 + 0,0088T^2 + 0,0028tT$	0,937
L^*	$50,27 - 0,00083T^2 - 0,00053tT$	0,848

* t - tempo de armazenamento; T - Temperatura de armazenamento.

Observou-se que para as três características analisadas, os modelos ajustados foram significativos ao nível de 0,1% de probabilidade. A adequabilidade dos mesmos pode ser verificada pela ausência da falta de ajuste nos resíduos e pelos coeficientes de determinação, que explicaram entre 84,8 e 99,0% da variação total das respostas. Dessa forma, os modelos obtidos podem ser usados na estimativa das respostas dentro do intervalo de variação estudado.

A Figura 21 representa os gráficos de superfície de respostas e as curvas de contorno para a degradação da vitamina C do suco integral de manga, em função do tempo e da temperatura de armazenamento usada.

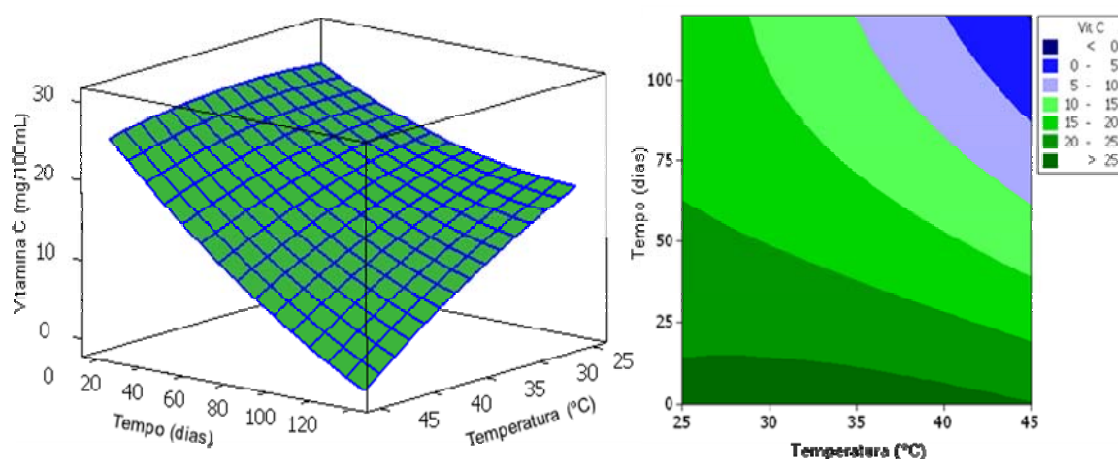


Figura 21: Efeito do tempo e da temperatura de armazenamento na concentração de vitamina C do suco integral de manga.

Observa-se que a concentração de vitamina C foi afetada tanto pelo tempo como pela temperatura de armazenamento. A oxidação da vitamina C

em alimentos é um processo natural e sofre a influência de diversos fatores, tais como pH, presença de íons metálicos, luz, teor de umidade, atividade da água, atividade enzimática e, principalmente, temperatura (TEIXEIRA et al., 2006; MAZIN et al., 2007).

Pelo fato de o produto estudado neste trabalho ser pasteurizado, a degradação da vitamina C seguiu, provavelmente, um mecanismo aeróbico de natureza não enzimática, como ocorre para a maioria dos sucos de fruta processados (KOCA et al., 2003). Essa degradação, por sua vez, é indesejável tanto do ponto de vista nutricional, pela perda da atividade vitamínica, como pelo aspecto sensorial, pois produz compostos indesejáveis como o furfural e o hidroximetilfurfural (HMF), que dão origem a pigmentos escuros responsáveis pelo escurecimento do suco, levando também à formação de sabores estranhos ao longo da estocagem (TEIXEIRA e MONTEIRO, 2006; MATTIETTO et al., 2007). Portanto, é possível que o surgimento de sabor e aroma estranhos no suco integral de manga, detectado pela equipe sensorial (capítulo 1), esteja relacionado com a degradação da vitamina C durante o armazenamento.

Nas Figuras 22 e 23, estão apresentados os gráficos de superfície de respostas e as curvas de contorno para as coordenadas de cor L^* e ΔE^* .

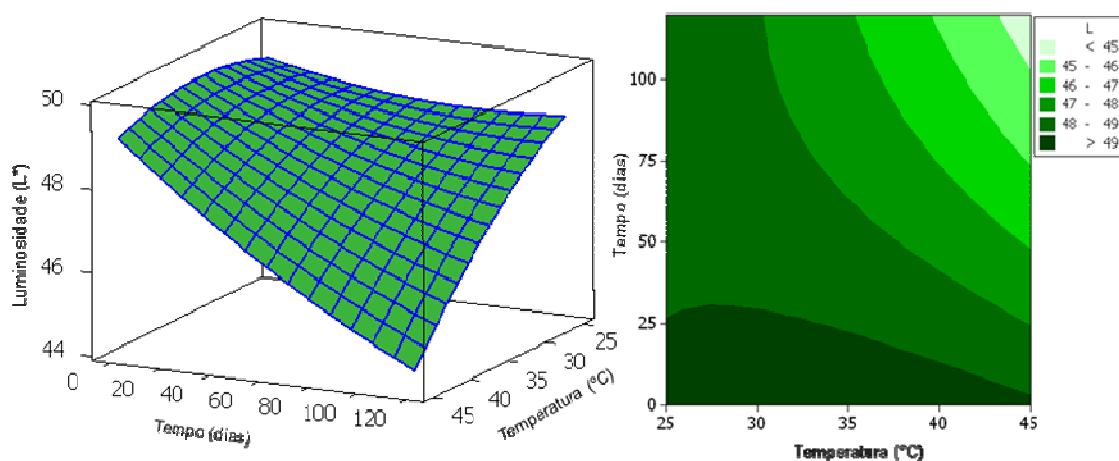


Figura 22: Efeito do tempo e da temperatura de armazenamento na luminosidade (L^*) do suco integral de manga.

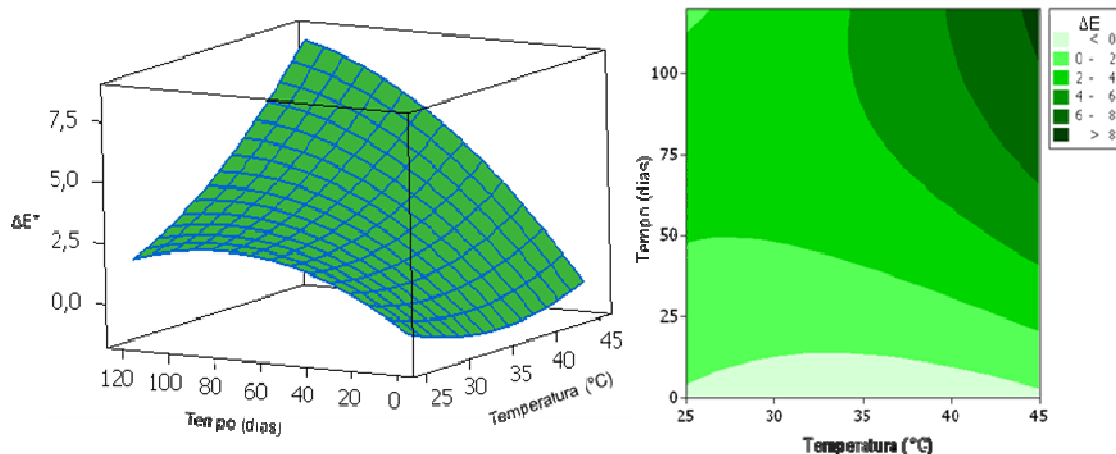


Figura 23: Efeito do tempo e da temperatura de armazenamento na diferença total de cor (ΔE^*) do suco integral de manga.

Assim como verificado para a concentração de vitamina C, as coordenadas de cor L^* e ΔE^* também sofreram influências simultâneas do tempo e da temperatura de armazenamento. Pode-se observar também, pelas Figuras 21 e 22, uma grande semelhança entre as superfícies de resposta da luminosidade e da vitamina C e, o que sugere a influência da degradação desta vitamina no escurecimento do suco, pelos motivos já descritos.

O aumento da diferença total de cor é um reflexo da perda da coloração original do produto. Pela Figura 23, observa-se que o uso de temperaturas elevadas foi determinante para a mudança da coloração características ao longo do tempo de estocagem. De acordo com LEE e COATES (2003), um ΔE^* igual a 2 já pode ser considerado bastante significativo em amostras de suco tratados termicamente. Além da degradação da vitamina C, outras reações podem ter contribuído para o aumento nos valores de ΔE^* . Reações de Maillard e de caramelização, por exemplo, também podem se desencadear durante o armazenamento de sucos de fruta contribuir com a mudança na coloração original do produto (TEIXEIRA e MONTEIRO, 2006). Essas reações são ainda mais aceleradas com a elevação da temperatura, tal como observado na Figura 23.

2.3.4 Estudo das correlações

Para o estudo das correlações, foram consideradas somente aquelas características que apresentaram alguma variação significativa ($p < 0,05$) ao longo do armazenamento. A Tabela 9 mostra os coeficientes de correlação de Pearson determinados entre essas características.

Tabela 9: Coeficientes de correlação de Pearson obtidos entre as características físico-químicas e sensoriais do suco integral de manga.

	Vit C	Acidez	L*	ΔE^*	Cor	Aroma	Sabor
Vit C	1,00	-0,79**	0,91**	-0,88**	0,78**	0,67**	0,72**
Acidez	-	1,00	-0,57*	0,49	-0,61**	-0,35	-0,37
L*	-	-	1,00	-0,95**	0,82**	0,78**	0,83**
ΔE^*	-	-	-	1,00	-0,84*	-0,67**	-0,68**
Cor	-	-	-	-	1,00	0,80**	0,78**
Aroma	-	-	-	-	-	1,00	0,97**
Sabor	-	-	-	-	-	-	1,00

Vit C = Vitamina C; * Significativo a 5% de probabilidade; ** Significativo a 1% de probabilidade.

Foram observadas correlações significativas entre a concentração de vitamina C e as coordenadas de cor L* (0,91, $p < 0,01$) e ΔE^* (-0,88, $p < 0,01$), indicando que a degradação dessa vitamina ocasiona o escurecimento do suco (diminuição da luminosidade) e perda da coloração característica do produto (aumento nos valores de ΔE^*). Essa relação da degradação da vitamina C com o escurecimento se deve à formação de compostos como o furfural e o hidroximetilfurfural (HMF), que dão origem a pigmentos escuros, causando o escurecimento do produto (MAZIN et al., 2007; LOPES, 2005; TEIXEIRA et al., 2006). Isto pode ser verificado pela semelhança entre os gráficos de superfície de respostas para a concentração de vitamina C e L* (Figuras 21 e 22). Sabe-se também que esses compostos formados, além de causarem o escurecimento, também ocasionam a geração de sabores estranhos no suco ao longo da estocagem (TEIXEIRA e MONTEIRO, 2006; MATTIETTO et al., 2007). De fato, verificou-se correlação positiva significativa ($p < 0,01$) entre a

degradação de vitamina C e as alterações de cor, aroma e sabor, avaliadas pelos provadores treinados (Tabela 9). Esses resultados demonstram que o grau de degradação da vitamina C em sucos de fruta pode ser utilizado como indicador de qualidade em estudos de vida-de-prateleira (TIWARI et al., 2009; TORREGROSA et al., 2006).

Houve correlação significativa ($p < 0,01$) entre a degradação da cor sensorial com as alterações nas coordenadas de cor L^* (0,82) e ΔE^* (-0,84), indicando que a perda da coloração amarela característica está relacionada com a diminuição da luminosidade e com o aumento da diferença total de cor. De forma semelhante, foram observadas correlações significativas ($p < 0,01$) entre os valores de L^* e ΔE^* e as alterações nos atributos sabor e aroma. Portanto, a medição da cor do suco de manga por método instrumental pode ser considerada uma ferramenta útil para o monitoramento da qualidade deste produto durante o armazenamento.

Não foram observadas correlações significativas ($p > 0,05$) entre a acidez e os atributos sabor e aroma o que demonstra que a pequena alteração verificada na acidez dos produtos armazenados nas condições aceleradas não teve influência significativa nestas características. No entanto, foram observadas correlações negativas entre a variação da acidez e as alterações na cor sensorial (-0,61, $p < 0,01$) e na luminosidade (-0,57, $p < 0,05$).

Com relação aos atributos sensoriais, observou-se correlação positiva entre a cor e o sabor (0,78), cor e aroma (0,80) e entre aroma e sabor (0,97), todas significativas ($p < 0,01$). Esses resultados indicam que as reações responsáveis pela degradação do suco integral de manga provocam alterações indesejáveis nestas três características, e que a alteração em uma delas, como a cor, por exemplo, é um reflexo de que as demais também já tenham sido afetadas (aroma e sabor).

2.3.5 Estimativa da vida-de-prateleira

Para a estimativa da vida-de-prateleira do suco integral de manga na temperatura de 25 °C utilizou-se como indicador de qualidade a concentração de vitamina C.

Considerou-se como concentração mínima aceitável de vitamina C o valor equivalente a 50% do teor inicial encontrado no produto (meia vida). Com base neste critério, a vida-de-prateleira determinada para o produto armazenado na temperatura de 35 °C foi de 89 dias. Considerando também o valor de Q_{10} calculado para a vitamina C (2,13), foi possível estimar a vida-de-prateleira do suco a 25 °C em 190 dias, equivalente a aproximadamente seis meses e meio de armazenamento. Este valor encontra-se próximo ao declarado pelo fabricante, que é de oito meses.

É importante salientar que o valor encontrado nesse estudo foi estimado com base na concentração de vitamina C. Este critério foi escolhido com objetivo de que, ao final da vida-de-prateleira, o produto apresentasse uma boa característica sensorial associada a um valor nutricional aceitável. Além disso, cabe ressaltar que os produtos armazenados nas condições aceleradas, apesar de serem considerados impróprios pela equipe de provadores treinados, continuaram sendo bem aceitos pelos consumidores ao final do armazenamento, o que pode justificar a maior vida-de-prateleira declarada pelo fabricante.

Na literatura são encontrados estudos em que a concentração de vitamina C no produto foi usada como parâmetro de qualidade. POLYDERA et al. (2005) estudaram a vida-de-prateleira de suco de laranja “Navel” processados por pasteurização (80 °C/60s) ou alta pressão (600MPa/40 °C/4min), com base na degradação de vitamina C. Os autores utilizaram como critério de qualidade a concentração mínima de 50% do valor inicial (meia vida). O suco processado a alta pressão apresentou a maior vida-de-prateleira (13 dias/5 °C e 99 dias/0 °C).

TORREGROSA et al. (2006) também consideraram o tempo de meia vida para a degradação de vitamina C em suco misto de laranja e cenoura, tratado por campos elétricos pulsados em comparação com o suco pasteurizado. Com base nesse critério, os autores verificaram uma vida-de-prateleira de 50 dias para o produto processado por campos elétricos a 330 μ s (74 °C) e 11 dias para o suco pasteurizado (98 °C/21 s), para uma temperatura de armazenamento de 2 °C.

A concentração de vitamina C também foi usada por TIWARI et al. (2009) para estimar a vida-de-prateleira de suco de laranja tratado termicamente por pasteurização, comparado com o produto tratado por ultrassom, com densidade de energia acústica variando de 0,30 a 0,81 W/mL durante 2-10 min, e armazenado a 10 °C. Para a estimativa da vida-de-prateleira, os autores consideraram as orientações da União Européia e dos Estados Unidos para o teor mínimo de vitamina C no suco de laranja. A vida-de-prateleira no produto tratado por ultrassom variou de 27 a 33 dias, enquanto que para aquele processado por pasteurização foi de 19 dias.

2.4 Conclusões

As alterações nas coordenadas de cor (L^* e ΔE^*) e na concentração de vitamina C foram as que mais afetaram a qualidade do suco de manga durante o armazenamento.

O modelo cinético de ordem zero ajustou-se melhor aos dados experimentais de degradação da cor, caracterizada pelas variações de L^* e ΔE^* . Por outro lado, a degradação da vitamina C foi mais bem explicada pelo modelo de primeira ordem.

A influência da temperatura na degradação da vitamina C foi muito bem explicada pelo modelo de Arrhenius, com coeficiente de determinação superior a 99%. A partir dos parâmetros cinéticos obtidos, verificou-se que a concentração de vitamina C foi menos dependente da temperatura do que as alterações na cor.

Os modelos de regressão múltipla para L^* , ΔE^* e concentração de vitamina C apresentaram bom ajustamento aos dados experimentais.

A degradação da vitamina C influenciou no escurecimento do produto durante o armazenamento.

O TAVP permitiu estimar em 190 dias a vida-de-prateleira do suco integral de manga a 25 °C, utilizando a concentração de vitamina C como parâmetro, mostrando ser uma ferramenta bastante útil às indústrias, quando não for viável a realização de estudos nas condições normais de armazenamento.

2.5 Referências bibliográficas

AHMED, J.; SHIVHARE, U. S.; KAUR, M. Thermal colour degradation kinetics of mango puree. **International Journal of Food Properties**, v. 5, n. 2, p. 359-366, 2002.

AHMED, J.; SHIVHARE, U. S.; SANDHU, K. S. Thermal degradation kinetics of carotenoids and visual color of papaya puree. **Journal of Food Science**, v. 67, n. 7, p. 2692-2695, 2002.

ARGANDOÑA, E. J. S. **Goiabas desidratadas osmoticamente e secas: Avaliação de um sistema osmótico semicontínuo, da secagem e da qualidade**. Campinas, 2005, 157p. Tese (Doutorado em Engenharia de Alimentos), Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas. 2005.

ARRUDA, A. F. P. **Estudo da estabilidade de néctar de manga (*Mangifera indica* L.) envasado em garrafas PET, comparado com envasados em embalagem cartonada e lata de alumínio**. Campinas, 2003, 112p. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos), Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, 2003.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALITICAL CHEMISTS – AOAC. **Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists**. 14. ed. Washington, D.C.: 1984. 1141p.

BERNIZ, P. J. **Avaliação industrial de variedades de manga (*Mangifera indica* L.), para elaboração de néctar**. 57f. Dissertação - (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos), Departamento de Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal de Viçosa, 1984.

BRANCO, I. G.; GASPARETTO, C. A. Aplicação da metodologia de superfície de resposta para o estudo do efeito da temperatura sobre o comportamento reológico de misturas ternárias de polpa de manga e sucos de laranja e cenoura. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 23, supl, p. 166-171, 2003.

BRASIL. Ministério da Agricultura e do Abastecimento. Leis, Decretos, etc. Instrução Normativa Nº 1, de 7 de janeiro de 2000. Regulamento técnico geral

para fixação dos padrões de identidade e qualidade para polpa de frutas. **Diário Oficial da União**, Nº 6, Brasília, 10 de janeiro de 2000. Seção 1, p. 54-58.

CHEN, J. P.; TAI, C. Y.; CHEN, B. H. Effects of different drying treatments on the stability of carotenoids in Taiwanese mango (*Mangifera indica* L.). **Food Chemistry**, v. 100, n. 3, p. 1005-1010, 2007.

DHUIQUE-MAYER, C.; TBATOU, M.; CARAIL, M.; CARIS-VEYRAT, C.; DORNIER, M.; AMIOT, M. J. Thermal Degradation of Antioxidant Micronutrients in *Citrus* Juice: Kinetics and Newly Formed Compounds. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 55, n. 10, p. 4209-4216, 2007.

ENDO, E.; BORGES, S. V.; DAIUTO, E. R.; CEREDA, M. P.; AMORIM, E. Avaliação da vida de prateleira do suco de maracujá (*Passiflora edulis* f. flavicarpa) desidratado. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 27, n. 2, p. 382-386, 2007.

FARAONI, A. S. **Efeito do tratamento térmico, do congelamento e da embalagem sobre o armazenamento da polpa de manga orgânica (*Mangifera indica* L) cv. 'Ubá'**. 117f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos). Departamento de Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal de Viçosa, 2006.

FARAONI, A. S.; RAMOS, A. M.; STRINGHETA, P. C. Caracterização da manga orgânica cultivar Ubá. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v.11, n.1, p. 9-14, 2009.

FARAONI, A. S.; RAMOS, A. M.; STRINGHETA, P. C.; LAUREANO, J. Efeito dos métodos de conservação, tipos de embalagem e tempo de estocagem na coloração de polpa de manga "Ubá" produzida em sistema orgânico. **Revista Ceres**, v. 55, n. 6, p. 504-511, 2008.

FERREIRA, V. L. P.; TEIXEIRA NETO, R. O.; MOURA, S. C. S. R.; SILVA, M. S. Cinética da degradação da cor de solução hidrossolúvel comercial de urucum, submetida a tratamentos térmicos. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.19, n.1, p. 37-42, 1999.

FONTES E. A. F. **Cinética de alterações químicas e sensoriais em néctar de manga (*Mangifera indica* L. var. Ubá) durante tratamento Térmico**. 112p. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia de Alimentos). Departamento de Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal de Viçosa, 2002.

GARCÍA-GARCÍA, P.; LÓPEZ-LÓPEZ, A.; GARRIDO-FERNÁNDEZ, A. Study of the shelf life of ripe olives using an accelerated test approach. **Journal of Food Engineering**, v. 84, p. 569-575, 2008.

GIOVANELLI, G.; PARADISO, A. Stability of dried and intermediate moisture tomato pulp during storage. **Journal of Agriculture and Food Chemistry**, Easton, v. 50, n. 25, p. 7277-7281, 2002.

GODOY, H. T. **Mudanças na composição de carotenóides durante processamento térmico e estocagem de manga (*Mangifera indica*) e mamão (*Carica papaya*)**. 111p. Dissertação (Mestrado). Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, 1985.

GODOY, H. T.; RODRIGUES-AMAYA, D. B. Changes in individual carotenoids on processing and storage of mango (*Mangifera indica*) slices and puree. **International Journal of Food Science Technology**, v. 22, p. 451-460, 1987.

GONÇALVES, N.B.; CARVALHO, V.D.; GONÇALVES, J.R.A.; COELHO, S.R.M.; SILVA, T.G. Caracterização física e química dos frutos de cultivares de mangueira (*Mangifera indica* L.). **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.22, n.1 p.72-78, 1998.

IAL. INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz**. v. 1. Métodos físico-químicos para análise de alimentos, 4ª ed., São Paulo, 2004. 1004p.

IFST (1993). **Shelf life of foods – Guidelines for its determination and prediction**. London: Institute of Food Science and Technology.

JOHNSON, J. R.; BRADDOCK, R. J.; CHEN, C. S. Kinetics of ascorbic acid loss and nonenzymatic browning in orange juice serum: experimental rate constants. **Journal of Food Science**, v. 60, n. 3, p. 502-505, 1995.

KOCA, N.; BURDURLU, H. S.; KARADENIZ, F. Kinetics of colour changes in dehydrated carrots. **Journal of Food Engineering**, v. 78, n. 2, p. 449-455, 2007.

LABUZA, T. P. A theoretical comparison of losses in foods under fluctuating temperature sequences. **Journal of Food Science**, v. 44, n. 4, p. 1162-1168, 1979.

LEE, H. S.; COATES, G. A. Effect of thermal pasteurization on Valencia orange juice color and pigments. **Lebensmittel Wissenschaft und Technologie**, v. 36, n. 1, 2003.

LOPES, A. S.; MATTIETTO, R. A.; MENEZES, H. C. Estabilidade da polpa de pitanga sob congelamento. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 25, n. 3, p. 553-559, 2005.

LOPES, A. S. **Pitanga e acerola: estudo de processamento, estabilidade e formulação de néctar misto**. 2005. 193p. Tese (Doutor em Tecnologia de Alimentos) - Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2005.

LUND, D. B. Effect of commercial processing on nutrients. **Food Technology**, v. 33, n. 2, p. 28-35, 1979.

MANZOCCO, L.; LAGAZIO, C. Coffee brew shelf life modelling by integration of acceptability and quality data. **Food Quality and Preference**, v. 20, n. 1, p. 24-29, 2009.

MATTIETTO, R. A.; LOPES, A. S.; MENEZES, H. C. Estabilidade do néctar misto de cajá e umbu. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 27, n. 3, p. 456-463, 2007

MAZIN, M. I.; AL-ZUBAIDY, KHALIL, R. A. Kinetic and prediction studies of ascorbic acid degradation in normal and concentrate local lemon juice during storage. **Food Chemistry**, v. 101, n. 1, p. 254-259, 2007.

MOURA, S. C. S. R.; BERBARI, S. A.; GERMER, S. P. M.; ALMEIDA, M. E. M.; FEFIM, D. A. Determinação da vida-de-prateleira de maçã-passa por testes acelerados. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 27, n. 1, p. 141-148, 2007.

MOURA, S. C. S. R.; VITALI, A. A.; ALMEIDA, M. E. M.; BERBARI, S. A. G.; SIGRIST, J. M. M. Cinética de degradação de polpas de morango. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 4, p. 115-121, 2001.

ORNELAS-PAZ, J. J.; YAHIA, E. M.; GARDEA, A. A. Changes in external and internal color during postharvest ripening of 'Manila' and 'Ataulfo' mango fruit and relationship with carotenoid content determined by liquid chromatography–APCl⁺-time-of-flight mass spectrometry. **Postharvest Biology and Technology**, v. 50, n. 2-3, p. 145-152, 2008.

OZKAN, M.; KIRCA, A.; CEMEROGLU, B. Effects of hydrogen peroxide on the stability of ascorbic acid during storage in various fruit juices. **Food Chemistry**, v. 88, p. 591-597, 2004.

PALAZÓN, M. A.; PÉREZ-CONESA, D.; ABELLÁN, P.; ROS, G.; ROMERO, F.; VIDAL, M. L. Determination of shelf-life of homogenized apple-based beikost storage at different temperatures using Weibull hazard model. **Food Science and Technology**, v. 42, p. 319-326, 2009.

PEDRO, A. M. K.; FERREIRA, M. M. C. Multivariate accelerated shelf-life testing: a novel approach for determining the shelf-life of foods. **Journal of Chemometrics**, v. 20, p. 76-83, 2006.

PELEGRINE, D.H.G.; SILVA, F.C.; GASPARETTO, C.A. Rheological Behavior of Pineapple and Mango Pulps. **Lebensmittel-Wissenschaft Und-Technologie-Food Science And Technology**, v. 35, n. 8, p. 645-648, 2002.

PELEGRINE, D. H.; VIDAL, J. R. M. B.; GASPARETTO, C. A. Estudo da viscosidade aparente das polpas de manga (Keitt) e abacaxi (Pérola). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 20, n.1, 2000.

PEREIRA, A. S. **Teores de carotenóides em cenoura (*Daucus carota L.*) e sua relação com a coloração das raízes**. Viçosa, 2002, 128p. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia de Alimentos). Universidade Federal de Viçosa (UFV), 2002.

POLYDERA, A. C.; STOFOROS, N. G.; TAOUKIS, P. S. Quality degradation kinetics of pasteurized and high pressure processed fresh Navel orange juice:

nutricional parameters and shelf life. **Innovative Food Science & Emerging Technologies**, v. 6, n. 1, p. 1-9, 2005.

REMACHA, J. E.; IBARZ, A.; GINER, J. Evolución del color, por efecto de La temperatura, em pulpas de fruta. **Revista Alimentaria**, n. 4, p. 59-68, 1992.

RIBEIRO, S. M. R.; QUEIROZ, J. H.; QUEIROZ, M. E. L. R.; CAMPOS, F. M.; SANT'ANA, H. M. P. Antioxidant in Mango (*Mangifera indica* L.) Pulp. **Plant Foods for Human Nutrition**, v. 62, n. 1, p. 13-17, 2007.

RODRIGUEZ-AMAYA, D. **A Guide to Carotenoids Analysis in Food**. Washington: International Life Sciences Institute Press, 2001. 64p.

SAGUY, I.; KOPELMAN, I. J.; MIZRAH, S. Simulation of ascorbic acid stability during heat processing and concentration of grapefruit juice. **Journal of Food Process Engineering**, v. 2, n. 3, p. 213-225, 1978.

SANDI, D. **Efeito do tratamento térmico e do armazenamento sobre a qualidade sensorial do suco de maracujá-amarelo**. 153p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos). Departamento de Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal de Viçosa, 1999.

SHARMA, R.; KAUR, D.; OBEROI, D. P. S.; SOGI, D. S. Thermal degradation kinetics of pigments and visual color in watermelon juice. **International Journal of Food Properties**, v. 11, n. 2, p. 439-449, 2008.

TAOUKIS, P. S.; LABUZA, T. P.; SAGUY, I. S. Kinetics of food deterioration and shelf-life prediction. In: VALENTAS, K. J.; ROTSTEIN, E.; SINGH, R. P. **The handbook of food engineering practice**. Boca Raton: CRC Press LLC, 1997. p.361-402.

TEIXEIRA, J.; PETRARCA, M. H.; TADIOTTI, A. C.; SYLOS, C. M. Degradação do ácido ascórbico em goiabada industrializada submetida a diferentes condições de estocagem. **Alimentos e Nutrição**, Araraquara, v. 17, n. 3, p. 281-286, 2006.

TEIXEIRA, M.; MONTEIRO, M. Degradação da vitamina c em suco de fruta. **Alimentos e Nutrição**, v.17, n.2, p.219-227, 2006.

TEIXEIRA NETO, R. O.; VITALI, A. A.; MOURA, S. C. S. R. **Introdução à cinética de reação em alimentos**. In: Reações de Transformação e Vida-de-

prateleira de Alimentos Processados. Moura, S. C. S. R.; Germer, S. P. M. (ed.) Campinas: ITAL. 3ª ed. p. 63-83, 2004. (Manual Técnico nº6).

TIWARI, B. K.; O' DONNELL, C.P.; MUTHUKUMARAPPAN, K.; CULLEN, P. J. Ascorbic acid degradation kinetics of sonicated orange juice during storage and comparison with thermally pasteurised juice. **Food Science and Technology**, v. 42, n. 3, p. 700-704, 2009.

TORALLES, R. P.; VENDRUSCOLO, J. L.; VENDRUSCOLO, C. T.; DEL PINO, F. A. B.; ANTUNES, P. L. Determinação das constantes cinéticas de degradação do ácido ascórbico em purê de pêssago: efeito da temperatura e concentração. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 28, n. 1, p. 18-23, 2008.

TORREGROSA, F.; ESTEVE, M. J.; FRIGOLA, A.; CORTES, C. Ascorbic acid stability during refrigerated storage of orange–carrot juice treated by high pulsed electric field and comparison with pasteurised juice. **Journal of Food Engineering**, v. 73, n. 4, p. 339–345, 2006.

TRIBST, A. A. L. **Efeito do Processamento por Alta Pressão Dinâmica Combinado com Tratamento Térmico Brando na Inativação de *Aspergillus niger* em Néctar de Manga**. Campinas, 2008, 188p. Dissertação (Mestre em Tecnologia de Alimentos), Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas. 2008.

VÁSQUEZ-CAICEDO, A. L.; SCHILLING, S.; CARLE, R.; NEIDHART, S. Impact of packaging and storage conditions on colour and β -carotene retention of pasteurised mango purée. **European Food Research and Technology**, v. 224, n. 5, p. 581-590, 2007.

VIDAL, J. R. M. B.; PELEGRINE, D. H.; GASPARETTO, C. A. Efeito da temperatura no comportamento reológico da polpa de manga (*mangifera indica* L-Keitt). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 24, n. 1, p. 39-42, 2004.

VIEIRA, M. C.; TEIXEIRA, A. A.; SILVA, C. L. M. Mathematical modeling of the thermal degradation kinetics of vitamin C in cupuacçu (*Theobroma grandiflorum*) néctar. **Journal of Food Engineering**, v. 43, n. p. 1-7, 2000.

VIKRAM, V. B.; RAMESH, M. N.; PRAPULLA, S. G. Thermal degradation kinetics of nutrients in orange juice heated by electromagnetic and conventional methods. **Journal of Food Engineering**, v. 69, n. 1, p. 31–40, 2005.

YAMASHITA, F.; BENASSI, M. T.; TONZAR, A. C.; MORIYA, S.; FERNANDES, J. G. Produtos de acerola: estudo da estabilidade de vitamina C. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 23, n.1, p. 92-94, 2003.

CONCLUSÕES GERAIS

As características de sabor, aroma e cor, avaliadas pelos julgadores treinados, foram afetadas pelo tempo e temperatura de armazenamento, apresentando importância na qualidade do suco de manga. Os consumidores, no entanto, não perceberam diferenças quanto à aceitação dos produtos armazenados nas diferentes temperaturas ao longo do tempo, o que pode ter sido ocasionado pela falta de conhecimento das características sensoriais alteradas ou pelo método de preparo do produto.

A degradação da vitamina C influenciou nas alterações das características sensoriais e no escurecimento do produto durante o armazenamento.

O TAVP permitiu estimar em 190 dias a vida-de-prateleira do suco integral de manga a 25 °C, utilizando a concentração de vitamina C como parâmetro de qualidade.