

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE
ALIMENTOS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DOS
ALIMENTOS**

João Gustavo Provesi

**ESTABILIDADE E EFEITOS DO PROCESSAMENTO E
ESTOCAGEM SOBRE OS CAROTENÓIDES EM PURÊS DE
ABÓBORA**

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Ciência dos Alimentos do Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Santa Catarina, como requisito parcial para a obtenção do grau de Mestre em Ciência dos Alimentos.

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Edna Regina Amante

Florianópolis

2010

Catálogo na fonte elaborada pela biblioteca da
Universidade Federal de Santa Catarina

P969e Provesi, João Gustavo

Estabilidade e efeitos do processamento e estocagem sobre os carotenóides em purês de abóbora [dissertação] / João Gustavo Provesi ; orientadora, Edna Regina Amante. - Florianópolis, SC, 2010.

123 p.: il., grafs., tabs.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências Agrárias. Curso de Pós-Graduação em Ciência dos Alimentos.

Inclui referências

1. Tecnologia de alimentos. 2. Abóbora - Processamento. 3. Carotenóides. I. Amante, Edna Regina. II. Universidade Federal de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em Ciência dos Alimentos. III. Título.

CDU 663

João Gustavo Provesi

**ESTABILIDADE E EFEITOS DO PROCESSAMENTO E
ESTOCAGEM SOBRE OS CAROTENÓIDES EM PURÊS DE
ABÓBORA**

Esta Dissertação foi julgada adequada para obtenção do Título de “Mestre em Ciência dos Alimentos”, e aprovado em sua forma final pelo Programa Pós-Graduação em Ciência dos Alimentos do Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Santa Catarina.

Florianópolis, 21 de Dezembro de 2010.

Banca Examinadora:



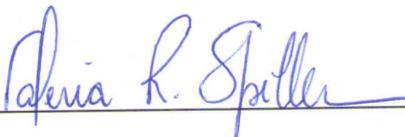
Prof^ª. Dr^ª. Edna Regina Amante
Orientadora
CAL/CCA/UFSC



Prof^ª. Dr^ª. Elane Schwinden Prudêncio
CAL/CCA/UFSC



Prof^ª. Dr^ª. Renata Dias de Mello Castanho Amboni
CAL/CCA/UFSC



Prof^ª. Dr^ª. Valéria Reginatto Spiller
FFCLRP/USP

AGRADECIMENTOS

Francis Galton, primo-irmão de Charles Darwin, foi um dos pioneiros na defesa da *eugenia*, do grego *eu* (bom) e *genos* (nascimento), interpretando e descrevendo em suas várias obras o sucesso como resultado da expressão de uma capacidade excepcional herdada geneticamente. Obviamente muitas de suas suposições foram sendo desmentidas ao longo dos anos, pois a ligação entre habilidade e realização, na maioria das vezes, não é tão direta quanto ele imaginava, principalmente por conta dos inúmeros obstáculos que precisamos superar para completar uma tarefa de qualquer complexidade. Estudos publicados na área de psicologia demonstram que a capacidade de persistir perante adversidades é um fator ao menos tão importante quanto o talento na busca do sucesso. Perseverar é mais fácil quando há inúmeras pessoas a sua volta, fornecendo apoio e incentivo, das maneiras mais diversas, nos mais variados momentos. Por conta disso, gostaria de prestar a minha sincera gratidão a todas as pessoas que, de uma forma ou de outra, me auxiliaram na realização do curso e desta dissertação.

Ao meus pais, Salesio e Vergina, por todo o apoio e por me ensinarem a nunca desistir do que acredito.

À minha namorada Bruna, por todos esses anos ao meu lado, dando apoio e conforto tanto nos bons momentos, como nos mais difíceis.

À minha orientadora, professora Dra. Edna Regina Amante, não só pelos ensinamentos na parte técnica do trabalho, mas também pelo exemplo de como um profissional, mesmo atingido um *status* elevado em sua área de conhecimento, pode manter sua simplicidade e humildade, tratando todas as pessoas da mesma maneira, como gostaria de ser tratada. Com certeza, me esforçarei para levar esse comportamento comigo durante toda a minha vida profissional.

A todos os professores do Departamento de Ciência e Tecnologia de Alimentos (CAL/UFSC) pelo auxílio durante a realização do trabalho, especialmente as professoras Dra. Elane Schwinden Prudêncio, Dra. Renata Dias de Mello Castanho Amboni e Dra. Valéria Reginatto Spiller (FFCLRP/USP), pela participação na banca de avaliação, contribuindo com suas sugestões.

Ao professor Dr. Ernani Sebastião Sant'anna e aos funcionários do Laboratório de Físico-Química do CAL, Patrícia Taha e Rafael Burin, pela confiança ao me permitir amplo acesso ao cromatógrafo.

Ao professor Dr. Maurício Sedrez dos Reis, do Programa de Pós-Graduação em Recursos Genéticos Vegetais, pelas sugestões no projeto e por, através de suas aulas e questionamentos, ter me despertado um grande interesse pela estatística e pela forma como olhamos os dados obtidos em um experimento, me levando a colecionar leituras sobre o assunto desde o término da disciplina.

A todos os amigos que estão ou passaram pelo Laboratório de Frutas e Hortaliças, pelo excelente ambiente de trabalho, e em especial a Carolinne O. Dias, “braço direito” na execução dos experimentos.

A todos os meus amigos e colegas do Programa de Pós-Graduação em Ciência dos Alimentos, pela prazerosa convivência neste período.

A todos os funcionários do Departamento de Ciência e Tecnologia de Alimentos, pela colaboração, em especial ao funcionário da Pós-Graduação Sergio de Souza, pelas horas trabalhadas em nome do curso, e a “Dona” Sônia e sua família, pela mão estendida.

Ao CNPq, pela bolsa durante o curso.

E a Deus, porque há coisas que acontecem que não consigo atribuir simplesmente a ação do acaso.

A todos vocês, o meu sincero Muito Obrigado!

RESUMO

PROVESI, João Gustavo. **Estabilidade e efeitos do processamento e estocagem sobre os carotenóides em purês de abóbora**. 2010. 106 p. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) – Programa de Pós-Graduação em Ciência dos Alimentos, UFSC, Florianópolis, SC.

Embora sua polpa e sementes sejam consumidas há séculos na alimentação humana, a abóbora apresenta um baixo grau de industrialização, sobretudo em países ocidentais, sendo ofertados ao consumidor poucos produtos desta matéria-prima. Na sua polpa são descritas as presenças de polissacarídeos de interesse biológico e altas concentrações de carotenóides, pigmentos que além da importância para coloração da fruta, têm sido relacionados a reduções do risco de doenças degenerativas e cardiovasculares, afora a atividade de pró-vitamina A de alguns compostos deste grupo. Os principais objetivos deste trabalho foram obter purês de abóbora das espécies *Cucurbita moschata* variedade ‘Menina Brasileira’ e *Cucurbita maxima* variedade ‘Exposição’, submetidos a esterilização comercial, avaliando suas composições químicas e a estabilidade de parâmetros de qualidade e carotenóides durante o processamento e armazenamento dos produtos por 180 dias. A combinação de tempo e temperatura adotada (121°C/20 min) foi suficiente para obter a esterilização comercial nos purês. Os purês apresentaram baixos teores de proteínas e lipídeos. As concentrações de carboidratos ($6,52 \pm 0,75$ e $6,00 \pm 0,45$ g/100g) e fibras ($1,71 \pm 0,08$ e $1,85 \pm 0,10$ g/100g), embora não sejam elevadas, podem ser interessantes devido a propriedades funcionais. A abóbora ‘Menina Brasileira’ apresentou concentrações de α -caroteno e β -caroteno da ordem de $12,60 \pm 1,56$ e $19,45 \pm 2,55$ $\mu\text{g}/100\text{g}$, respectivamente, com menores quantidades de ζ -caroteno, violaxantina e luteína. Na abóbora ‘Exposição’ o carotenóide majoritário foi o β -caroteno com $13,38 \pm 2,25$ $\mu\text{g}/100\text{g}$, seguido pelas xantofilas, violaxantina e luteína. Durante o processamento, as perdas ou desaparecimento de carotenóides ocorreram principalmente na etapa de cozimento. De um modo geral, os carotenos apresentaram retenções superiores a 75% e apenas um ligeiro grau de isomerização do β -caroteno; com altas concentrações de carotenos pró-vitâmicos nos purês, α -caroteno e β -caroteno ($11,47 \pm 1,76$ e $17,81 \pm 0,56$ $\mu\text{g}/\text{g}$) nos purês de abóbora ‘Menina Brasileira’ e β -caroteno ($11,62 \pm 2,39$ $\mu\text{g}/\text{g}$) nos purês de abóbora ‘Exposição’. As xantofilas, devido a sua estrutura,

foram mais afetadas, reduzindo consideravelmente suas concentrações ou desaparecendo durante o processamento. Esta degradação também foi observada ao longo do armazenamento, enquanto as concentrações dos carotenóides majoritários não sofreram alterações significativas. Também não foram observadas alterações significativas nos valores de pH, acidez titulável e sólidos solúveis totais. Em relação a cor, os valores de ΔE (alteração total de cor) se mantiveram abaixo de 6, valor considerado por alguns autores como mínimo para uma diferença perceptível de cor, e não sofreram alterações significativas durante o armazenamento. Também não foram observadas alterações nos valores de a^* e b^* . Ligeiras reduções nos valores de L^* e WI (índice de esbranquiçamento) foram detectadas pelo colorímetro em ambos os purês após 30 – 60 dias. Ambos os purês apresentaram alta aceitabilidade inicial da cor, após a análise sensorial, superiores a 7 em uma escala de 9 pontos, e não sofrendo alterações significativas durante o período de armazenamento. Os resultados demonstraram a qualidade nutricional, através das concentrações de carotenóides pró-vitamínicos, e a estabilidade dos purês de abóbora durante os 180 dias de armazenamento nas condições propostas.

Palavras-chave: purê de abóbora; processamento; estocagem; carotenóides; cor; estabilidade.

ABSTRACT

PROVESI, João Gustavo. **Stability and effects of processing and storage on the carotenoids in pumpkin puree.** 2010. 106 p. Dissertation (Master on Food Science) – Food Science Postgraduate Program, UFSC, Florianópolis, SC.

Although their pulp and seeds have been consumed for centuries in human nutrition, there is very little industrialization of pumpkins, especially in western countries, where only a few products made of this fruit are commercially offered to consumers. Some studies have described the presence of polysaccharides of biological interest and high concentrations of carotenoids in pumpkin pulp. Carotenoids are pigments that, besides being important for the coloration of the fruit, have also been associated with reduction of risk of degenerative and cardiovascular diseases, besides the pro-vitamin A activity of some of the compounds in this group. The main object of this work was to produce purees of *C. moschata* pumpkins of the variety 'Menina Brasileira' and *C. maxima* pumpkins of the variety 'through commercial sterilization to investigate their chemical compositions as well as the stability of quality parameters and of carotenoids during processing and storage of these products for 180 days. The combination of the time and temperature used (121°C/20 min) was enough to obtain commercial sterilization of the purees. The purees showed low protein and lipid contents. Although the concentrations of carbohydrates (6.52 ± 0.75 and 6.00 ± 0.45 g/100g) and fibres (1.71 ± 0.08 and 1.85 ± 0.10 g/100g) are not high, they can still be interesting because of the functional properties of these nutrients. The 'Menina Brasileira' pumpkins showed concentrations of α -carotene and β -carotene was 12.60 ± 1.56 and 19.45 ± 2.55 $\mu\text{g}/100\text{g}$, respectively, with lower amounts of ζ -carotene, violaxanthin and lutein. In the 'Exposição' pumpkins, the main carotenoid was the β -carotene, 13.38 ± 2.25 $\mu\text{g}/100\text{g}$, followed by xanthophylls, as violaxanthin and lutein. During the processing, the loss or disappearance of carotenoids occurred mainly during the cooking stage. In a general way, the carotenes showed retention rates higher than 75% and only one slight degree of isomerization of β -carotene, with high concentrations of pro-vitamin carotenes in the purees, α -carotene and β -carotene (11.47 ± 1.76 and 17.81 ± 0.56 $\mu\text{g}/\text{g}$) in the 'Menina Brasileira' puree and β -carotene (11.62 ± 2.39 $\mu\text{g}/\text{g}$) in the 'Exposição' puree. Because of their structure, xanthophylls were more affected,

either considerably reducing their concentrations or totally disappearing during the processing. The degradation of these carotenoids was also noted throughout storage time, while the concentrations of the major carotenoids did not suffer any significant alterations. No significant alterations in the values of pH, titratable acidity or total soluble solids were observed. In relation to the colour, the values of ΔE (total alteration of colour) continued below 6, a value considered by some authors as the minimum for a perceptible difference, and there was no significant changes in these values during storage, neither were there any alterations in the values of a^* or b^* . Slight reductions in the values of L^* and WI (whiteness index) were detected through a colorimeter in both purees after 30 - 60 days. After the sensory evaluation, both purees showed high initial acceptability of colour; above 7 in a scale of 9 points, and they showed no significant alterations during storage. The results demonstrated the nutritional quality, through the concentrations of pro-vitamin carotenoids, and the stability of the pumpkin purees during the 180 days of storage in the conditions proposed.

Keywords: pumpkin puree; processing; storage; carotenoids; colour; stability.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Abóbora da espécie <i>Cucurbita moschata</i> Duch variedade ‘Menina Brasileira’	24
Figura 2 Abóbora da espécie <i>Cucurbita maxima</i> Duch variedade ‘Exposição’ (moranga)	24
Figura 3 Estrutura dos principais carotenóides presentes na dieta.....	31
Figura 4 Metabolismo de conversão do β -caroteno em retinol..	33
Figura 5 Ações biológicas dos carotenóides e possíveis contribuições na prevenção de doenças	36
Figura 6 Indicativo da estrutura fina espectral (% III/II), obtido através do cálculo de III/II x 100	46
Figura 7 Fluxograma para a produção dos purês de abóbora.....	54
Figura 8 Escala de cor CIELAB	59
Figura 9 Purês de abóbora <i>C. moschata</i> ‘Menina Brasileira’ e <i>C. maxima</i> ‘Exposição’	63
Figura 10 Cromatogramas obtidos por CLAE para amostras de abóbora ‘Menina Brasileira’ crua (a), cozida (b) e purê (c), segundo condições descritas por Kimura e Rodriguez-Amaya (2002).....	69
Figura 11 Cromatogramas obtidos por CLAE para amostras de abóbora ‘Exposição’ crua (a), cozida (b) e purê (c), segundo condições descritas por Kimura e Rodriguez-Amaya (2002)	70
Figura 12 Estrutura dos principais carotenóides encontrados nas amostras das abóboras ‘Menina Brasileira’ e ‘Exposição’ cruas, cozidas e purês.....	71

Figura 13 Concentração de carotenóides ($\mu\text{g/g}$), com base na massa do alimento cru, e retenção real de carotenóides (RR%) das amostras cruas, cozidas e purês de abóbora ‘Menina Brasileira’	76
Figura 14 Concentração de carotenóides ($\mu\text{g/g}$), com base na massa do alimento cru, e retenção real de carotenóides (RR%) das amostras cruas, cozidas e purês de abóbora ‘Exposição’	77
Figura 15 Valores de acidez titulável (% NaOH 1N) dos purês de abóbora ‘Menina Brasileira’ (a) e ‘Exposição’ (b) durante o armazenamento (dias)	82
Figura 16 Valores de pH dos purês de abóbora ‘Menina Brasileira’ (a) e ‘Exposição’ (b) durante o armazenamento (dias).....	83
Figura 17 Valores de sólidos solúveis totais ($^{\circ}\text{Brix}$) dos purês de abóbora ‘Menina Brasileira’ (a) e ‘Exposição’ (b) durante o armazenamento (dias)	84
Figura 18 Cromatogramas de carotenóides obtidos por CLAE para os purês de abóbora ‘Menina Brasileira’ (a) e ‘Exposição’ (b), após 180 dias de armazenamento	86
Figura 19 Valores de L^* e WI dos purês de abóbora ‘Menina Brasileira’ e ‘Exposição’ durante o armazenamento (dias).....	93

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 Composição centesimal média (g/100g) da polpa de abóbora.....	25
Tabela 2 Concentrações de β -caroteno ($\mu\text{g/g}$) em diferentes espécies de abóbora.....	40
Tabela 3 Teores de umidade (g/100 g) em amostras de abóbora em diferentes pontos do processamento.....	64
Tabela 4 Composição centesimal média (g/100g) dos purês de abóbora ‘Menina Brasileira’ e ‘Exposição’	66
Tabela 5 Parâmetros de identificação dos carotenóides nas amostras de abóboras ‘Menina brasileira’ e ‘Exposição’ cruas, cozidas e purês	68
Tabela 6 Carotenóides totais ($\mu\text{g/g}$) e concentrações dos carotenóides ($\mu\text{g/g}$) identificados por CLAE nas amostras de abóbora ‘Menina Brasileira’ e ‘Exposição’	72
Tabela 7 Carotenóides totais ($\mu\text{g/g}$) e concentrações dos carotenóides ($\mu\text{g/g}$) identificados por CLAE nos purês de abóbora ‘Menina Brasileira’ durante 180 dias de armazenamento	85
Tabela 8 Carotenóides totais ($\mu\text{g/g}$) e concentrações dos carotenóides ($\mu\text{g/g}$) identificados por CLAE nos purês de abóbora ‘Exposição’ durante 180 dias de armazenamento	86
Tabela 9 Valores de L^* , a^* e b^* nos purês de abóbora ‘Menina Brasileira’ e ‘Exposição’ durante 180 dias de armazenamento .	91
Tabela 10 Valores de ΔE e WI nos purês de abóbora ‘Menina Brasileira’ e ‘Exposição’ durante 180 dias de armazenamento .	92
Tabela 11 Pontuação obtida pelos purês de abóbora ‘Menina Brasileira’ e ‘Exposição’ nas análises sensoriais de cor durante 180 dias de armazenamento (escala de 9 pontos)	95

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	19
2 OBJETIVOS.....	21
2.1 OBJETIVO GERAL	21
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	21
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	23
3.1 ABÓBORA	23
3.1.1 Química da abóbora	25
3.1.2 Potencial tecnológico	27
3.2 CAROTENÓIDES	29
3.2.1 Metabolismo e ações biológicas	31
3.2.2 Estabilidade dos carotenóides no processamento e estocagem de alimentos	36
3.2.3 Carotenóides em abóbora	39
3.2.4 Determinação de carotenóides.....	42
3.3 ESTABILIDADE DE ALIMENTOS	47
4 MATERIAL E MÉTODOS.....	53
4.1 MATERIAL.....	53
4.2 PREPARAÇÃO DOS PURÊS	53
4.3 ANÁLISE MICROBIOLÓGICA.....	55
4.4 COMPOSIÇÃO QUÍMICA	55
4.5 COMPOSIÇÃO DE CAROTENÓIDES.....	55
4.5.1 Isolamento de padrões.....	57
4.5.2 Estabilidade dos carotenóides durante o processamento	58
4.6 ESTABILIDADE DOS PURÊS DE ABÓBORA DURANTE O ARMAZENAMENTO.....	58
4.6.1 Análise de carotenóides	58
4.6.2 Análises físico-químicas.....	59
4.6.3 Análise instrumental da cor	59
4.6.4 Aceitabilidade da cor.....	60
4.7 ANÁLISE ESTATÍSTICA	60
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	63
5.1 OBTENÇÃO DOS PURÊS	63
5.2 ANÁLISE MICROBIOLÓGICA.....	65
5.3 COMPOSIÇÃO QUÍMICA	65
5.4 COMPOSIÇÃO DE CAROTENÓIDES.....	67

5.5 ESTABILIDADE DOS PURÊS DE ABÓBORA DURANTE O ARMAZENAMENTO	81
5.5.1 Parâmetros físico-químicos	82
5.5.2 Análise de carotenóides	84
5.5.3 Análise instrumental da cor	89
5.5.4 Aceitabilidade da cor	94
6 CONCLUSÕES	99
7 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	101
REFERÊNCIAS	103
ANEXO A – Ficha de avaliação da aceitabilidade da cor de purês de abóbora ‘Menina Brasileira’ e ‘Exposição’	123

1 INTRODUÇÃO

Fruto de diferentes espécies do gênero *Cucurbita*, a abóbora é mundialmente cultivada, fornecendo sua polpa e sementes para o uso na alimentação humana. Sua semente é consumida em muitos países, sendo excelente fonte de proteínas, ácidos graxos insaturados, fibras e minerais. Na polpa de abóbora é possível destacar a pectina, utilizada como agente gelificante na indústria de alimentos, e polissacarídeos de interesse biológico, que apresentaram propriedades hipoglicêmicas em estudos recentes. Além disso, é preciso ressaltar as altas concentrações de carotenóides. Esses compostos têm contribuição vital na exuberante coloração alaranjada da polpa e apresentam possíveis benefícios ao ser humano, que vem sendo crescentemente estudados nos últimos anos. Devido à sua atividade antioxidante, tem sido a eles atribuídas ações na redução do risco de doenças cardiovasculares, degenerativas, cataratas e degeneração macular (FRASER; BRAMLEY, 2004; RAO; RAO, 2007). Além disso, alguns integrantes deste grupo são precursores da vitamina A, uma vitamina importante principalmente na visão e na integridade das membranas biológicas, sendo considerada essencial para o crescimento e desenvolvimento normal de um indivíduo (AMBRÓSIO; CAMPOS; FARO, 2006).

Apesar de seus aspectos nutritivos, baixo custo e de ser cultivada em muitos países, a abóbora apresenta pouca industrialização, sobretudo em países ocidentais. No Brasil, o consumo é realizado quase que exclusivamente na forma *in natura* e na fabricação de doces, havendo um grande potencial tecnológico ainda inexplorado. São poucos os estudos sobre o desenvolvimento de novos produtos a partir da abóbora, além de uma grande proporção destes serem realizados em países do Oriente, como China e Japão, com difícil acesso amplo a essas publicações. O aumento na oferta de produtos pode agregar valor a essa matéria-prima, incentivando seu cultivo, que no Brasil é oriundo principalmente da agricultura familiar, e com a tecnologia empregada atendendo a pequenas e médias cooperativas e agroindústrias, e a valorização da abóbora como alimento pode resultar em benefícios econômicos ao pequeno produtor.

O purê de abóbora, obtido através da industrialização da sua polpa, tal como já ocorre com outros vegetais, como o tomate, é um produto com valor agregado e praticidade de uso, pois pode ser facilmente incorporado no preparo de pães, massas, doces e sobremesas, atendendo ao mercado institucional e ao varejo. Além da conveniência de uso, o produto é interessante sob aspecto nutricional, uma vez que apresenta boas quantidades de carotenóides.

Porém, se faz necessário atentar para a estabilidade dos carotenóides durante o processamento e estocagem do produto, principalmente o β -caroteno, que é precursor da vitamina A e o principal carotenóide pró-vitamínico em muitas espécies de abóboras (AZEVEDO-MELEIRO; RODRIGUEZ-AMAYA, 2007). O tratamento térmico, como o empregado na esterilização comercial, pode ocasionar degradação ou isomerização acentuada destes compostos no processamento. Durante o armazenamento, devido a ação da luz, oxigênio, entre outros fatores, também pode ocorrer perdas desses pigmentos, afetando o produto no aspecto nutricional e sensorial, em decorrência da alteração na cor (RODRIGUEZ-AMAYA, 1999; VASQUEZ-CAICEDO et al., 2007a). Além disso, também é importante considerar a estabilidade de outros parâmetros de qualidade, como a cor, quando o produto é armazenado durante um período mais prolongado.

Considerando o cenário da produção agrícola e também da disponibilidade de tecnologia acessível para a produção de purê de abóbora para a pequena e média agroindústria, a proposta deste trabalho foi investigar a obtenção de purês de abóbora, das espécies *Cucurbita moschata* Duchesne variedade 'Menina Brasileira' e *Cucurbita maxima* Duchesne variedade 'Exposição', também conhecida como moranga, submetidos a esterilização comercial, avaliando a composição química, estabilidade de parâmetros de qualidade e alterações nos principais carotenóides durante o processamento e armazenamento dos produtos.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Caracterizar quimicamente os purês de abóbora das espécies *Cucurbita moschata* ‘Menina Brasileira’ e *Cucurbita maxima* ‘Exposição’, obtidos pelo processamento de esterilização comercial, avaliando o comportamento dos carotenóides e de outros parâmetros de qualidade durante o processamento e armazenamento do produto.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Obter purês da polpa de abóbora, das espécies *Cucurbita moschata* ‘Menina Brasileira’ e *Cucurbita maxima* ‘Exposição’, empregando no processamento o tratamento de esterilização comercial;
- Verificar a eficácia do tratamento térmico empregado através de análise microbiológica;
- Caracterizar quimicamente os purês obtidos quanto ao teor de umidade, carboidratos, proteínas, lipídeos, resíduo mineral fixo, fibras totais, solúveis e insolúveis;
- Determinar as concentrações de carotenóides totais e dos principais carotenóides em diferentes etapas do processo de produção do purê, avaliando a estabilidade destes parâmetros durante o processamento;
- Acompanhar as alterações nas concentrações de carotenóides totais e dos principais carotenóides durante o armazenamento dos purês por 180 dias, avaliando a estabilidade destes parâmetros durante a estocagem;
- Investigar a estabilidade de parâmetros físico-químicos e colorimétricos durante o armazenamento dos purês de abóbora por 180 dias.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 ABÓBORA

O termo *abóbora* é utilizado para frutos de diferentes espécies do gênero *Cucurbita*: *C. pepo* L., *C. maxima* Duchesne, *C. moschata* Duchesne, *C. argyrosperma* Huber e *C. ficifolia* Bouché, apesar de alguns autores incluírem também frutos da espécie *Telfairia occidentalis* Hook. Além de diferentes espécies, existem mais de cem variedades, diversificando na forma, tamanho e cor do fruto (CAILI; HUAN; QUANHONG, 2006; FERRIOL; PICÓ, 2008).

Membro da família Cucurbitaceae, que também inclui pepinos, melões e melancias, a abóbora é originária das Américas, onde muito antes da chegada dos europeus já era consumida pelos nativos, sendo encontradas sementes de abóboras em sepulturas indígenas na costa do Peru que datam de 2000 a.C. (FERRIOL; PICÓ, 2008).

Normalmente a sementeira é realizada na primavera ou verão, porém em regiões de baixa altitude, com inversos menos intensos, é comum o plantio durante todo o ano. Seu caule é herbáceo e rastejante, com gavinhas que auxiliam a fixação da planta. As folhas são grandes, tendo a coloração verde escura. É uma planta monóica, com flores grandes e amarelas, sendo as femininas com ovário bem destacado e formato que antecipa aquele do futuro fruto. Os frutos têm formatos e tamanhos variados, podendo ser colhidos maduros, em processo de amadurecimento ou imaturos, mesmo antes de atingir o tamanho definitivo. A semente é oval-oblonga, achatada e mais afilada em uma de suas extremidades, com coloração branca ou amarelada e reflexos esverdeados em ambas as faces (CARAMEZ, 2000; ULMANN; MAZURANA, 2001; BORIN, 2006).

Segundo estimativas da Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação (FAO), a produção mundial de abóboras em 2008 superou 20 milhões de toneladas. Só a China foi responsável por mais de 30 % da produção, destacando também Índia, Rússia, Estados Unidos e Egito (FAOSTAT, 2010). Dentre as espécies produzidas, *C. pepo*, *C. maxima* e *C. moschata* possuem maior importância econômica (FERRIOL; PICÓ, 2008). A produção nacional, no ano de 2006, foi superior a 350 mil toneladas, sendo que esse valor pode estar subestimado em virtude da maior parte da produção ser oriunda da agricultura familiar, com difícil levantamento de dados. Em Santa Catarina, a produção anual é superior a 20 mil toneladas, com destaque para os municípios de Ponte Alta, Campo Belo do Sul e Curitibanos, principalmente as espécies *Cucurbita moschata* variedade 'Menina

Brasileira' (Figura 1), principalmente pelo seu elevado teor de polpa, e *Cucurbita maxima* variedade 'Exposição', denominada popularmente como moranga (Figura 2) (CARAMEZ, 2000; SIDRA, 2010).



Figura 1 Abóbora da espécie *Cucurbita moschata* Duch variedade 'Menina Brasileira'. Fonte: Acervo do autor (2009).



Figura 2 Abóbora da espécie *Cucurbita maxima* Duch variedade 'Exposição' (moranga). Fonte: Acervo do autor (2010).

3.1.1 Química da abóbora

A composição centesimal média da polpa de abóbora é incluída na Tabela Brasileira de Composição de Alimentos (TACO, 2006), e é apresentada na Tabela 1. Lembrando que a composição química da abóbora, bem como a de outros vegetais, possui uma grande variabilidade, inclusive dentro de uma mesma espécie, dependendo de uma série de fatores como variedade, clima, solo, época de colheita e outros (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

Tabela 1 Composição centesimal média (g/100g) da polpa de abóbora

Componentes	Abóbora 'Menina Brasileira' crua	Abóbora 'Exposição' crua
Umidade	95,7	95,9
Proteínas	0,6	1,0
Carboidratos	3,3	2,7
Lipídeos	< 0,1	0,1
Fibra Alimentar	1,2	1,7
Cinzas	0,4	0,4

Fonte: TACO (2006).

Devido a composição de sua polpa e semente, a abóbora tem despertado nos últimos anos, sobretudo no oriente, o interesse das indústrias de alimentos, química e farmacêutica, pelo seu aspecto nutricional e possíveis benefícios para a saúde (CAILI; HUAN; QUANHONG, 2006; CAILI et al., 2007).

Da polpa pode ser extraída pectina, composto muito utilizado na indústria de alimentos como gelificante. Quando extraída por hidrólise ácida, a pectina de abóbora forma gel com concentrações significativamente menores do que a pectina cítrica comercial (PTITCHKINA et al., 1994; SHKODINA et al., 1998; FISSORE et al., 2009). Na extração via enzimática, há um maior rendimento, onde são obtidas moléculas de menor massa molar e viscosidade, não formando géis. Em países do leste europeu, como a Rússia, a abóbora é utilizada como uma importante fonte de pectina para a indústria (EVANGELIOU; PTITCHKINA; MORRIS, 2005).

A polpa da abóbora madura é rica em carotenóides. Estudos recentes têm atribuído ao consumo destes compostos a redução no risco de doenças degenerativas, cardiovasculares, cataratas, degeneração

macular, além da atividade de pró-vitamina A de alguns integrantes deste grupo (AZEVEDO-MELEIRO; RODRIGUEZ-AMAYA, 2007).

A composição qualitativa e quantitativa de carotenóides em abóboras varia dependendo da espécie, cultivar, estágio de maturação e das condições de cultivo. A luteína geralmente é o principal carotenóide na fruta imatura, enquanto α - e β -caroteno predominam na fruta madura. Em *C. moschata* ‘Menina Brasileira’, por exemplo, o conteúdo total de carotenóides aumentou de 5,4 $\mu\text{g/g}$ para 79,6 $\mu\text{g/g}$ durante a maturação da fruta (ARIMA; RODRIGUEZ-AMAYA, 1988). Azevedo-Meleiro e Rodriguez-Amaya (2007) analisaram a concentração de carotenóides em diferentes espécies e cultivares de abóboras comercializadas em supermercados da região de Campinas. Os principais carotenóides da *C. moschata* foram β -caroteno e α -caroteno. As variedades ‘Menina Brasileira’ e ‘Goianinha’ apresentaram concentrações de 66,7 $\mu\text{g/g}$ e 56,7 $\mu\text{g/g}$ de β -caroteno, e 26,8 $\mu\text{g/g}$ e 23,8 $\mu\text{g/g}$ de α -caroteno, respectivamente. Na espécie *C. maxima* ‘Exposição’ os carotenóides em maiores concentrações foram violaxantina, com 20,6 $\mu\text{g/g}$, e β -caroteno, com 15,4 $\mu\text{g/g}$; enquanto *C. maxima* x *C. moschata* híbrido ‘Tetsukabuto’ e *C. pepo* ‘Mogango’ tiveram predominância de luteína, com 56,6 $\mu\text{g/g}$ e 9,8 $\mu\text{g/g}$, respectivamente.

Outros compostos importantes presente na polpa de abóbora são os polissacarídeos simples e ligados a proteínas, descritos por vários estudos como compostos bioativos desta fruta (CAILI; HUAN; QUANHONG, 2006). Esse interesse iniciou-se após estudos preliminares demonstrarem que o consumo frequente de abóbora na dieta levava a menores níveis de glicose sanguínea, e que essa atividade hipoglicêmica estaria relacionada aos polissacarídeos da polpa de abóbora. Também foi reportado que polissacarídeos ligados a proteínas aumentaram os níveis de insulina sérica, reduziram a glicose sanguínea e aumentaram a tolerância a glicose em ratos normais e diabéticos induzidos com aloxano (QUANHONG et al., 2005; CAILI et al., 2007). Em um estudo clínico, o suco de abóbora consumido na dieta provocou uma redução na glicose sanguínea de jejum em pacientes diabéticos (YAN, 1997 apud CAILI; HUAN; QUANHONG, 2006). Apesar dos inúmeros trabalhos envolvendo esses compostos, a relação entre a sua estrutura e composição e a atividade hipoglicêmica ainda não está totalmente clara (CAILI et al., 2007). Esses compostos ainda são relacionados com um possível efeito redutor de colesterol sérico e de triglicerídeos (CHOI et al., 2007).

A semente de abóbora é uma excelente fonte de proteínas (25 – 40 %) e lipídeos (35 – 50 %), além de fibras e minerais, como fósforo,

potássio, magnésio e cálcio (LAZOS, 1986; EL-ADAWY; TAHA, 2001).

O óleo da semente de abóbora é comumente usado em países como Eslovênia, Hungria e Áustria, contendo 70 – 80 % de ácidos graxos insaturados, sendo principais os ácidos linoleico (C_{18:2}) e oleico (C_{18:1}). Entre os ácidos graxos saturados, predominam o ácido palmítico (C_{16:0}) e o esteárico (C_{18:0}). Também é relatada grande quantidade de tocoferóis na semente (EL-ADAWY; TAHA, 2001; STEVENSON et al., 2007).

As proteínas da semente possuem um alto grau de digestibilidade *in vitro* (90 %) e, apesar de ser descrita a presença de compostos antinutricionais, como ácido fítico e inibidor da tripsina, o próprio processamento, como cozimento ou tostagem, leva a redução destes compostos (DEL-VECHIO et al., 2005). A farinha da semente de abóbora apresentou maior propriedade emulsificante, absorção de água e gordura e formação de espuma que outras proteínas vegetais, sugerindo seu uso em produtos cárneos e de panificação, não somente como suplementação nutricional, mas também com função tecnológica (EL-ADAWY; TAHA, 2001).

Além do seu aspecto nutritivo e tecnológico, a semente também tem sido relacionada a possíveis efeitos benéficos para a saúde, como prevenção e redução do tamanho de hiperplasias da próstata, redução de hipertensão, hiperglicemia, hipercolesterolemia e artrite (FAHIM et al., 1995; AL ZUHAIR, EL-FATTAH; EL-SAYED, 2000; CAILI; HUAN; QUANHONG, 2006; GOSSELL-WILLIAMS; DAVIS; O'CONNOR, 2006; CERQUEIRA et al., 2008). Dietas ricas em sementes de abóbora estão associadas a menores ocorrências de câncer de estômago, mama, pulmão e colorretal (HUANG et al., 2004). Também foram isoladas de sementes de abóbora proteínas com ação antifúngicas, como α - e β -mosquins e outros peptídeos (VASSILIOU et al., 1998; WANG; NG, 2003).

Da abóbora também podem ser aproveitadas a casca, também rica em pectina, e as folhas, cujo extrato aquoso tem alta atividade antioxidante, sendo utilizadas tradicionalmente por algumas populações africanas (CAILI; HUAN; QUANHONG, 2006; JUN et al., 2006).

3.1.2 Potencial tecnológico

Afora seu uso na culinária, em molhos e sobremesas, há vários outros potenciais que podem ser explorados a partir da abóbora. Visando aumentar a demanda pela fruta, uma alternativa seria oferecer ao consumidor produtos prontos para o consumo, como a abóbora

minimamente processada ou sua polpa industrializada, aumentando a praticidade de uso.

A farinha da polpa de abóbora também é de fácil armazenamento e uso, podendo ser adicionada em formulações como massas, *cookies* e pães, aumentando a quantidade de nutrientes e modificando o aspecto sensorial do produto (LEE et al., 2002; QUE et al., 2008). Ptitchkina et al. (1998) relataram que a adição de pequenas quantidades de farinha de abóbora aumentou significativamente o volume de pães de trigo, provavelmente devido a ação de pectina com alto grau de acetilação, que atuaria como um agente estabilizante na interface óleo - água e ar - água.

Konopacka et al. (2010) estudaram o desenvolvimento de *snacks* de abóboras de vários cultivares, obtendo produtos com boas características sensoriais e ricos no conteúdo de carotenóides.

Através da desidratação também são obtidos flocos, uma fonte de carotenóides de baixo custo, que podem ser utilizados no combate a hipovitaminose A (FARO, 2001; AMBRÓSIO; CAMPOS; FARO, 2006). Faro (2001) desenvolveu uma bebida com flocos de abóbora, leite em pó integral, açúcar e água, obtendo um produto com boa aceitação e alto teor de carotenóides. Silveira et al. (2008) acrescentaram inulina a esta formulação observando efeitos prebióticos *in vitro*, sem afetar a aceitabilidade do produto. O próprio suco, extraído da polpa, já é comercializado em países orientais.

De Escalada Pla et al. (2009) estudaram o enriquecimento do tecido mesocárpico da abóbora com ferro, e verificaram que a adição não afetou a aceitabilidade do produto, com praticamente todo ferro adicionado apresentando disponibilidade biológica na digestão *in vitro* com pepsina e sais biliares. Estes autores sugerem a abóbora como uma promissora matriz para o desenvolvimento de produtos enriquecidos.

As sementes, antes resíduos do processamento da polpa de abóbora, já são amplamente utilizadas em muitos países devido ao seu óleo, rico em ácidos graxos insaturados, e sua fração protéica, interessante sob o aspecto nutricional e tecnológico. Em países escandinavos, o óleo é muito apreciado para tempero de saladas (EL-ADAWY; TAHA, 2001). Nos Estados Unidos, este óleo também é vendido em cápsulas (STEVENSON et al., 2007). Na Grécia, a semente é consumida em quantidades consideráveis na forma torrada e salgada. Carames et al. (2008) trataram sementes de abóbora com maceração alcalina, e obtiveram sementes expandidas e mais macias, aumentando a aceitabilidade do produto. El-Soukkary (2001) utilizou a farinha da semente de abóbora na fortificação de pães, relatando um aumento no

conteúdo de lisina, aminoácidos sulfurados, aminoácidos essenciais totais e minerais no produto final.

Também há aplicações em setores não alimentícios, como cosméticos que incluem compostos da abóbora na sua formulação, divulgados na internet e já comercializados no mercado internacional.

3.2 CAROTENÓIDES

Os carotenóides são um dos mais importantes grupos de pigmentos naturais devido a sua ampla distribuição, diversidade estrutural e numerosas funções para as plantas e seres humanos. Embora as plantas sejam as fontes clássicas de carotenóides, que conferem a coloração do amarelo ao vermelho de flores, folhas e frutas, eles também são encontrados em animais, como pássaros, peixes e crustáceos, e em micro-organismos (OLIVER; PALOU, 2000; MALDONADE; RODRIGUEZ-AMAYA; SCAMPARINI, 2008). Em vegetais normalmente são encontrados nos cloroplastos, onde sua coloração pode ser mascarada pela clorofila, e nos cromoplastos de tecidos não fotossintéticos. Nos cloroplastos, os carotenóides estão associados com proteínas e atuam como pigmentos acessórios na fotossíntese, conferem fotoproteção e auxiliam na estabilização de membranas. Nos cromoplastos, eles depositam na forma cristalina ou como gotículas de óleo. Também estão envolvidos na formação de determinados compostos do aroma do vegetal. Os animais não sintetizam esses pigmentos, adquirindo através da dieta, e acumulando sem ou com modificações estruturais (BOBBIO; BOBBIO, 2003; UENOJO; MARÓSTICA JUNIOR; PASTORE, 2007). Comercialmente, os carotenóides são usados como suplementos nutricionais e corantes em alimentos, com um mercado estimado em quase 1 bilhão de dólares (FRASER; BRAMLEY, 2004).

Em relação a estrutura química, os carotenóides são tetraterpenos (C_{40}), compostos por oito unidades isoprenóides (C_5H_8), formando uma cadeia carbônica longa com duplas ligações conjugadas. Nas extremidades da cadeia, há grupos lineares ou cíclicos, podendo ter a inclusão de grupos com oxigênio, como hidróxi, ceto ou epóxi. Ao grupo de carotenóides que contém oxigênio na sua estrutura se dá o nome de *xantofilas*. Os que possuem somente a cadeia hidrocarbônica denominam-se *carotenos* (OLIVER; PALOU, 2000; RAO; RAO, 2007).

A estrutura geral pode ser modificada por várias maneiras através de hidrogenação, dehidrogenação, ciclização, migração da dupla ligação, encurtamento ou extensão da cadeia, rearranjo, introdução de substituintes ou combinações de processos, resultando em mais de 600

carotenóides naturais já isolados e identificados (LAGO, 2007; RAO; RAO, 2007).

As diversas colorações são decorrentes da estrutura com duplas ligações conjugadas, um sistema de elétrons π que se desloca sobre toda a cadeia, fornecendo um espectro de absorção visível de 400 a 500 nm, que serve como base para sua identificação e quantificação. A medida que o cromóforo é estendido, maior é a ressonância da molécula, diminuindo a energia orbital molecular do composto, aumentando o comprimento de onda no qual a molécula irá absorver energia. A ciclização coloca as duplas ligações conjugadas, que se encontram dentro dos anéis, fora do plano com aquelas da cadeia poliênica, causando um deslocamento hipsocrômico, ou seja, um deslocamento do comprimento de onda de máxima absorção para um comprimento menor, além de efeito hipocrômico, reduzindo a absorbância. Assim, O ζ -caroteno com sete duplas ligações tem coloração amarela, o licopeno com onze duplas ligações conjugadas tem coloração vermelha, e o β -caroteno, com ciclização em ambas as extremidades, apresenta a coloração laranja, embora tenha as mesmas onze duplas ligações conjugadas (BRITTON, 1995; LAGO, 2007).

Também, devido a presença das duplas ligações, há possibilidade de isomerização *cis* - *trans*. Os isômeros *trans* são mais comuns e estáveis em alimentos, enquanto isômeros *cis* são normalmente formados durante o processamento do alimento (OLIVER; PALOU, 2000; RAO; RAO, 2007). Minguez-Mosquera, Hornero-Mendez e Perez-Galvez (2002) relataram menores atividades de pró-vitamina A para isômeros *cis* do β -caroteno, porém muito pouco se sabe sobre o significado biológico da isomerização de carotenóides na saúde humana. Uma revisão sobre esse assunto pode ser encontrada no trabalho de Schieber e Carle (2005).

Apesar da grande variedade de carotenóides já identificados, na maior parte dos casos apenas 40 estão presentes na dieta humana. Os carotenóides β -caroteno, α -caroteno, licopeno, luteína e criptoxantina compreendem a maior parte da ingestão destes compostos na dieta (Figura 3) (RAO; RAO, 2007).

A ingestão de carotenóides pelo homem geralmente é feita através do consumo de diferentes partes dos vegetais, como frutas, sementes, caules, folhas, flores e raízes. Em uma menor proporção, também há ingestão de carotenóides no consumo de ovos, aves e peixes. As diferentes fontes também apresentam perfis variados de carotenóides. Por exemplo, enquanto a cenoura e abóbora são ricas em β -caroteno e possuem somente traços de licopeno, no tomate e produtos

derivados ocorre o inverso, sendo considerado o principal fornecedor de licopeno da dieta (FRASER; BRAMLEY, 2004).

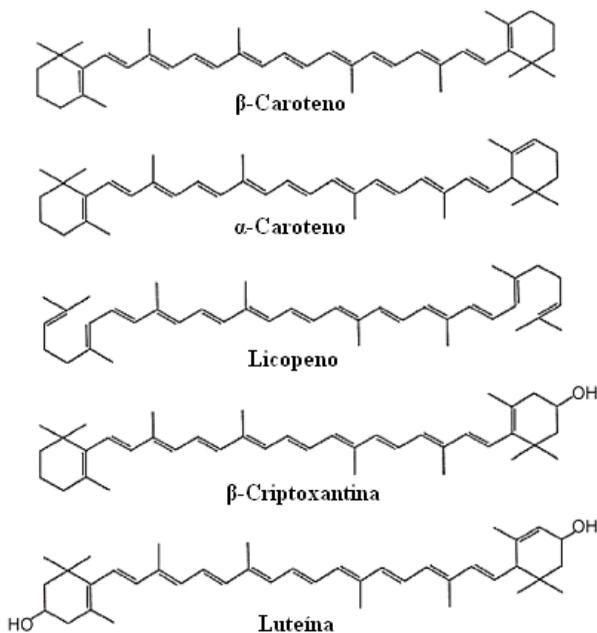


Figura 3 Estrutura dos principais carotenóides presentes na dieta.
Fonte: Rao e Rao (2007).

3.2.1 Metabolismo e ações biológicas

Além da quantidade de carotenóides ingerida na dieta, é importante atentar para a biodisponibilidade destes compostos. Biodisponibilidade é a fração do nutriente ingerido que se torna disponível no corpo para utilização em funções fisiológicas ou estocagem. Há vários fatores que afetam a biodisponibilidade dos carotenóides, quais sejam tipo e forma encontrada, quantidade ingerida, matriz alimentar, efeitos na absorção e bioconversão, fatores genéticos, interações com outros componentes, entre outros (FRASER; BRAMLEY, 2004). No intestino, os carotenóides são absorvidos por difusão passiva após serem incorporados em micelas formadas por lipídeos e ácidos biliares. O processamento e cozimento do alimento podem melhorar a liberação dos carotenóides a partir dos tecidos,

umentando sua absorção. As micelas contendo carotenóides são incorporadas nos quilomicrons e distribuídas pelo sistema linfático. Eles são então incorporados a lipoproteínas no fígado e distribuídos pela corrente sanguínea, podendo ser utilizados ou ainda estocados, principalmente no tecido adiposo (RAO; RAO, 2007).

Alguns carotenóides podem sofrer uma bioconversão nas células do lúmen intestinal, na sua ação biológica mais conhecida, a atividade pró-vitamina A. A vitamina A é uma vitamina lipossolúvel que ocorre na sua forma livre ou esterificada em alimentos de origem animal, e é encontrada na forma de precursores em vegetais, através dos carotenóides. Porém, menos de 10 % dos carotenóides são de fato precursores de vitamina A. Esta atividade está restrita aos compostos como β -caroteno, α -caroteno, β -criptoxantina e outros, que possuem um anel β não substituído em pelo menos uma das extremidades e uma cadeia poliênica com um mínimo de 11 carbonos. Carotenóides acíclicos ou xantofilas não são pró-vitamínicos (RODRIGUEZ-AMAYA, 1999; FRASER; BRAMLEY, 2004). Desse grupo, o β -caroteno é o que possui maior atividade biológica e uma maior quantidade de estudos sobre sua absorção e metabolismo. Este carotenóide sofre uma hidrólise no centro de sua molécula, em uma reação catalisada pela enzima 15,15'-dioxigenase, que está presente nos enterócitos, fígado e corpo lúteo. Neste caso, o oxigênio molecular reage com os átomos de carbono centrais da molécula de β -caroteno, produzindo duas moléculas de retinal. Essas são reduzidas a retinol (vitamina A) pela enzima retinal redutase, ou oxidadas a ácido retinóico. Há também a possibilidade da clivagem em outros pontos da cadeia, resultando em diferentes compostos, que também podem ser convertidos a retinal ou oxidados a ácidos β -apo-carotenóicos (Figura 4) (AMBRÓSIO; CAMPOS; FARO, 2006). Em humanos, a maior parte do β -caroteno absorvido é convertido para retinol nos enterócitos. Entretanto, aproximadamente 15 % podem ser encontrados no sistema linfático na forma intacta, podendo sofrer a conversão no fígado ou ser acumulado (SILVEIRA; MORENO, 1998).

A vitamina A é tão essencial para a saúde humana, que foi a primeira vitamina a ser descoberta. Ela exerce papel importante no crescimento e desenvolvimento normal do indivíduo, integridade de membranas, manutenção de tecidos epiteliais, reprodução, sistema imunológico e na visão, para o funcionamento do ciclo visual na regeneração de fotorreceptores (ROSS; TERNUS, 1993; AMBRÓSIO; CAMPOS; FARO, 2006). A ingestão diária mínima de vitamina A para garantir um nível sérico adequado em indivíduos adultos é de 500 a 600 μ g, crianças 200 a 300 μ g, gestantes 550 μ g e lactantes 900 μ g (NAS,

2001 apud AMBRÓSIO; CAMPOS; FARO, 2006). A ingestão insuficiente de vitamina A ou de seus precursores, durante um período expressivo, pode levar a cegueira, além de resultar em altas taxas de mortalidade, principalmente em crianças (RODRIGUEZ-AMAYA, 2004).

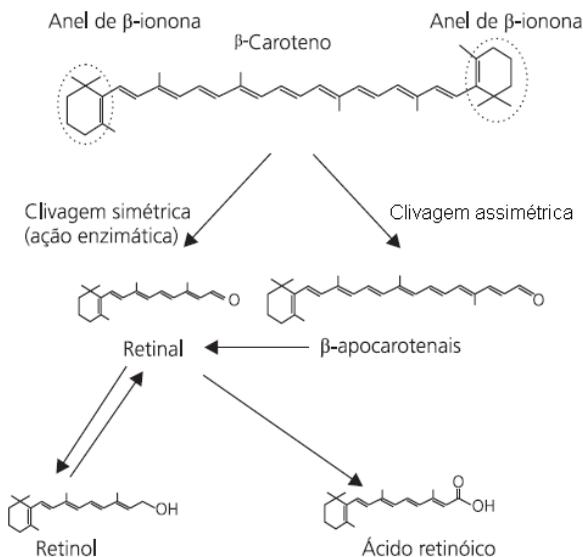


Figura 4 Metabolismo de conversão do β -caroteno em retinol.

Fonte: Adaptado de Ambrósio, Campos e Faro (2006).

A hipovitaminose A ocorre em vários países e envolve campanhas para diminuir sua incidência e efeitos. Como medida de curto prazo, alguns locais adotaram a suplementação periódica com vitamina A. Porém, se a causa principal da deficiência é a falta de ingestão na dieta, a medida mais racional para prevenção desta deficiência é encorajar o consumo diário de alimentos ricos em vitamina A ou em precursores (KANDLAKUNTA; RAJENDRAN; THINGGANING, 2008).

Há algum tempo, supunha-se que 1/6 do β -caroteno ingerido na dieta de um ser humano saudável seria convertido a vitamina A no organismo, ou seja, 6 μg de β -caroteno teria a mesma atividade de vitamina A que 1 μg de retinol. Para outros carotenóides pró-vitamínicos essa taxa seria de 1/12. Porém, as novas recomendações do *Institute of Medicine* sugerem que os atuais fatores de conversão da

vitamina A são atividade equivalente de retinol, do inglês, *Retinol Activity Equivalent* (RAE), onde 1 µg RAE é igual a 1 RE de retinol (vitamina A), ou 2 µg de β-caroteno em óleo, ou 12 µg de β-caroteno em mistura de alimentos, ou ainda, 24 µg de outros carotenóides precursores de vitamina A em mistura de alimentos (IOM, 2001). Os atuais fatores de conversão, superiores aos antigos, colocam em questionamento a utilização de carotenóides no combate a hipovitaminose A, porém ele é controverso entre alguns autores. Ambrósio, Campos e Faro (2006) dizem que tais fatores se baseiam em populações sadias e, ao que se sabe, a bioconversão seria maior em indivíduos com carência de vitamina A. Para Campos e Rosado (2005), os novos fatores de conversão dificultam a proposta de atingir as recomendações de vitamina A com o consumo de vegetais ricos em carotenóides pró-vitamínicos, o que pode ter sérias implicações nas estratégias de combate à hipovitaminose A. Para esses autores, deixar de lado esta estratégia não é a melhor opção, especialmente em países em desenvolvimento, e propõem prudência ao utilizar o valor de vitamina A de alimentos de origem vegetal.

Além disso, as taxas de conversão de carotenóides em vitamina A dependem de uma série de fatores, como atividade da tireóide, presença de estresse, a presença tanto alta como baixa de determinados componentes da dieta como nitratos, proteínas e lipídeos, e especialmente a concentração de carotenóides presente no alimento (SILVEIRA; MORENO, 1998; FRASER; BRAMLEY, 2004). O mecanismo de regulação dessa conversão de carotenóides em vitamina A não é totalmente conhecido (SCOTT; RODRIGUEZ-AMAYA, 2000).

Em uma revisão sobre esse tema, Scott e Rodriguez-Amaya (2000) sugerem que, devido a variáveis discutidas, como há grande variabilidade de absorção de carotenóides entre os diversos alimentos, que o uso de equivalentes em retinol seja abandonado, e as tabelas de composições de alimentos incluam somente os valores de retinol e carotenóides individuais.

Afora sua atividade como pró-vitamina A, atualmente é muito estudada a propriedade antioxidante dos carotenóides, incluindo os não precursores da vitamina A, como luteína e licopeno. O mecanismo proposto varia dependendo do composto, mas de um modo geral, se dá pela capacidade de reagir com radicais livres, neutralizando-os, e de quelar oxigênio singlete, fazendo com que este retorne ao estado triplete, menos reativo (EDGE; MCGARVEY; TRUSCOTT, 1997). A atividade antioxidante é maior em carotenóides que possuem um maior número de

duplas ligações conjugadas, grupos cetonas e presença de anéis ciclopentano em sua estrutura. Embora o β -caroteno também possa agir como um pró-oxidante, se acredita que isso só ocorra em altas pressões de oxigênio e altas concentrações do carotenóide, não usais na dieta, mas sim em alguns casos de suplementação (UENOJO; MARÓSTICA JUNIOR; PASTORE, 2007).

Devido à atividade antioxidante, vários carotenóides, como o licopeno e o β -caroteno, são relacionados à redução do risco de aterosclerose e outras doenças do sistema cardiovascular por prevenir a oxidação de LDL. Outro possível benefício resultante dessa atividade é a ação protetora contra degeneração macular e catarata, já descrita principalmente para luteína e zeaxantina, amplamente encontradas em vegetais verdes escuros (SNODDERLY, 1995; EDGE; MCGARVEY; TRUSCOTT, 1997; BASU et al., 2001; AMBROSIO; CAMPOS; FARO, 2006).

Também é relatada em vários trabalhos uma possível ação dos carotenóides na prevenção de cânceres, como de pele, pulmão, próstata e colorretal, através do sequestro de radicais livres, modulação e inibição da proliferação celular, aumento da diferenciação celular via retinóides, estímulo da comunicação entre as células e aumento da resposta imune. Além do β -caroteno e licopeno, muito estudados neste aspecto, a β -criptoxantina, fucoxantina, astaxantina e capsantina também são carotenóides promissores na prevenção do câncer, mas ainda são pouco explorados (FRASER; BRAMLEY, 2004; AMBROSIO; CAMPOS; FARO, 2006; NISHINO et al., 2009). Gomes (2007) apresenta uma revisão sobre a relação entre carotenóides e câncer, reunindo resultados de vários estudos *in vitro* e *in vivo*, com animais e seres humanos, em estudos epidemiológicos, e na sua conclusão sugere que uma alimentação rica em carotenóides, provenientes de frutas, legumes e verduras, representa um possível fator de proteção contra o desenvolvimento de câncer, mas a ingestão suplementar não reproduziria essa proteção.

Um resumo das ações biológicas dos carotenóides e suas contribuições na prevenção de certas doenças pode ser visualizado na Figura 5 (RAO; RAO, 2007).



Figura 5 Ações biológicas dos carotenóides e possíveis contribuições na prevenção de doenças. Fonte: Adaptado de Rao e Rao (2007).

Essas ações biológicas relatadas para os carotenóides justificam o crescente desenvolvimento de alimentos com altas concentrações desses pigmentos, e que sejam de fácil consumo, para assim serem incorporados rotineiramente na dieta da população.

3.2.2 Estabilidade dos carotenóides no processamento e estocagem de alimentos

Devido à presença de muitas duplas ligações na sua estrutura, os carotenóides são suscetíveis a várias reações de degradação durante o processamento e estocagem do alimento. A ocorrência destas reações depende diretamente da concentração de oxigênio, metais, enzimas, lipídeos insaturados, pró-oxidantes ou antioxidantes, exposição à luz, tipo e estado físico do carotenóide presente no alimento, severidade do tratamento térmico, material de embalagem e condições de estocagem. Acredita-se que essa degradação possa levar a perda de cor do alimento, além da redução da atividade biológica dos carotenóides presentes (RODRIGUEZ-AMAYA, 1999; VASQUEZ-CAICEDO et al., 2007a; ZEPKA; MERCADANTE, 2009). Também pode haver formação de compostos do aroma, que podem ser desejáveis ou não no produto (LEWINSOHN et al., 2005; MENDES-PINTO, 2009).

A oxidação pode ocorrer por auto-oxidação, via radicais livres, ou por foto-oxidação, envolvendo o oxigênio singlete (ODRIOZOLA-SERRANO et al., 2009). A presença de calor, luz e oxigênio também pode levar a isomerização das moléculas. No caso do β -caroteno, por exemplo, podem ser encontradas em alimentos as formas 9-*cis* e 13-*cis*,

e com menos frequência 15-*cis* e 13,15-di-*cis*. A formação de isômeros *cis* do β -caroteno pode levar a uma diminuição da atividade de vitamina A e decréscimo na intensidade da cor (CHENG; HUANG, 1998; QIU; CHEN; LI, 2009). Porém, em algumas condições, também é possível a isomerização da forma *cis* para a forma *trans*, conforme observado por Qiu, Chen e Li (2009).

Em decorrência da instabilidade, na maioria das vezes, o processamento do alimento causa um percentual de degradação dos carotenóides. Dependendo da severidade do tratamento térmico utilizado podem ser induzidas isomerização, degradação oxidativa, entre outras reações (GAMA; SYLOS, 2007).

Pinheiro Sant'ana et al. (1998) estudaram o comportamento de carotenóides, especialmente α - e β -caroteno, em cenouras preparadas por diferentes métodos em um restaurante. O cozimento em água, por 21 minutos, sem aumento da pressão, apresentou os melhores resultados em relação à retenção dos carotenóides quando comparado com outros tratamentos que utilizam temperaturas maiores. Além disso, o cozimento em água também apresentou maior retenção de carotenóides que amostras de cenouras cruas raladas que foram expostas a luz e oxigênio por 3 horas. O estudo realizado por Qiu, Chen e Li (2009) também sugere que a concentração de oxigênio exerce maior influência na estabilidade do β -caroteno do que as temperaturas de aquecimento utilizadas. Bengtsson et al. (2008) demonstraram reduções, entre 20 – 30 %, nos níveis de carotenóides em batatas-doce em função dos tratamentos como cozimento em água, cozimento no vapor, fritura em óleo, desidratação em estufa e ao sol

Gama e Sylos (2007) investigaram o efeito da pasteurização e da concentração na composição de carotenóides em sucos de laranja 'Valencia', produzidos no Brasil. Durante a pasteurização a perda de carotenóides totais foi de 13 %, aumentando para 18 % após a concentração. Houve também perdas de violaxantina (38 %) e luteína (20 %) no suco pasteurizado. Zepka e Mercadante (2009) investigaram o efeito do aquecimento sobre carotenóides de suco de caju, demonstrando o aparecimento de isômeros *cis* e epóxidos, além do desaparecimento de algumas xantofilas durante o tratamento térmico, agravado ainda pelos ácidos presentes no suco. A utilização de temperaturas elevadas com tempos mais curtos melhorou a retenção de carotenóides, como demonstrado por Lin e Chen (2005a) que obtiveram melhor retenção de licopeno em sucos de tomate tratados por HTST (*High-Temperature-Short-Time*) a 121°C por 40 segundos. O uso de novas tecnologias no processamento de sucos, como o tratamento em campo elétrico, em

substituição aos tratamentos térmicos convencionais, poderá auxiliar na manutenção das propriedades sensoriais e nutricionais do produto, inclusive no teor de carotenóides, como demonstrado por Odriozola-Serrano et al. (2009) em sucos de tomate e por Cortes et al. (2006) em sucos de laranja. O tratamento de sucos de laranja em coluna de pressão hidrostática também obteve resultados satisfatórios em relação à inativação enzimática, redução microbiana e retenção de carotenóides em estudo realizado por Sanchez-Moreno et al. (2003).

A desidratação é outra operação muito comum para frutas em geral, que também pode acarretar em perdas de carotenóides. Pinheiro Sant'Ana et al. (1998) relataram perdas de 35 e 38 % nos teores de β -caroteno e carotenóides totais, respectivamente, durante a secagem de cubos de cenoura em estufa com circulação de ar a 65°C. Alguns autores propõem tratamentos prévios a secagem a fim de reduzir a degradação de carotenóides. Chen, Tai e Chen (2007) demonstraram que amostras de manga embebidas previamente por 30 minutos em soluções de ácido ascórbico 1 % e sulfito de sódio 1 % e depois desidratadas por ar quente ou liofilização, tiveram menores perdas de carotenóides quando comparadas com amostras sem tratamento prévio.

As condições de estocagem do produto e sua embalagem são outros pontos importantes para a estabilidade dos carotenóides nos alimentos. Lin e Chen (2005b) investigaram a estabilidade de carotenóides em suco de tomate armazenado em frascos de vidro, com e sem iluminação, e em latas, a temperaturas de 4°C, 25°C e 35°C. Os três compostos analisados - luteína, licopeno e β -caroteno - apresentaram perdas em todas as amostras, mas essas foram maiores nos sucos armazenados em temperaturas mais elevadas, com exposição à luz e contato com oxigênio. Chen, Peng e Chen (1996) também já tinham relatado aumento nas perdas de luteína, α -caroteno e β -caroteno durante o armazenamento de sucos de cenoura pasteurizados, com o aumento da temperatura de estocagem e exposição à luz.

Porém, todos esses resultados devem ser interpretados com precaução. Estudos envolvendo a retenção de carotenóides em alimentos processados e/ou armazenados enfrentam dificuldades, como a falta de informações precisas do processamento ou das condições de estocagem, diferenças no processamento entre estudos, falta de especificação do cálculo de retenção ou perda, e a não correção ou compensação das perdas de massa durante o processamento e/ou estocagem, que levam a resultados que não representam a realidade. Os cálculos de retenção não levam em consideração as alterações de peso devido à perda de água (o que leva a concentração de nutrientes) ou ganho de água e gordura (o

que diluiria os nutrientes), podendo estimar para cima ou para baixo os valores reais de retenção. O simples cálculo em base seca também pode superestimar os valores de retenção. Por isso é recomendado que se leve em consideração no cálculo o ganho ou perda de massa durante o processamento e/ou armazenamento, ou realize-se todos os cálculos com base na massa do alimento cru (RODRIGUEZ-AMAYA, 1999; DE SÁ; RODRIGUEZ-AMAYA, 2004).

Em suma, condições necessárias para degradação dos carotenóides ocorrem durante a preparação, processamento industrial ou estocagem de alimentos. Neste sentido, medidas para aumentar a retenção de carotenóides, ou ainda, a adição destes compostos em alimentos processados, são alternativas importantes no estudo do processamento de um alimento (RODRIGUEZ-AMAYA, 1999).

3.2.3 Carotenóides em abóboras

A coloração da polpa da abóbora madura se deve principalmente a presença dos carotenóides, sendo o β -caroteno o composto majoritário na maioria dos casos. Outros carotenóides também são geralmente identificados, como luteína, α -caroteno e violaxantina (AZEVEDO-MELEIRO; RODRIGUEZ-AMAYA, 2007). Arima e Rodriguez-Amaya (1988) identificaram 14 carotenóides em *C. moschata* ‘Menina Brasileira’, 15 em *C. maxima* ‘Exposição’ e 17 no híbrido ‘Tetsukaboto’. Os mesmos autores em outro estudo identificaram 19 e 11 carotenóides em *C. moschata* ‘Baianinha’ e *C. maxima* ‘Jerimum Caboclo’, respectivamente (ARIMA; RODRIGUEZ-AMAYA, 1990). Matsuno et al. (1986) isolaram e elucidaram as estruturas de dois novos carotenóides, cucurbitaxantina A e cucurbitaxantina B, empregando ressonância magnética nuclear e espectrometria de massa.

A Tabela 2 reúne os resultados de alguns estudos envolvendo as concentrações de β -caroteno presente em abóboras. As comparações entre os valores citados e outros trabalhos disponíveis na literatura devem ser feita com cautela, pois como citado por Rodriguez-Amaya (1999; 2000) a composição pode ser afetada por uma série de fatores, como cultivar ou variedade, parte da planta em questão, estágio de maturação, clima ou geografia do local de produção, colheita e pós-colheita empregada, além da própria análise em si. Por isso, é comum encontrarmos valores tão diferentes até mesmo dentro de uma mesma espécie e variedade. Causas de variações também são discutidas por outros trabalhos envolvendo carotenóides (AZEVEDO-MELEIRO; RODRIGUEZ-AMAYA, 2005; RODRIGUEZ-AMAYA, 2008).

Tabela 2 Concentrações de β -caroteno ($\mu\text{g/g}$) em diferentes espécies de abóbora

Espécie	Variedade	Origem	β-caroteno	Fonte
<i>C. maxima</i>	Bischofsmutze	Alemanha	4,7	1
<i>C. maxima</i>	Halloween	Alemanha	8,1	1
<i>C. maxima</i>	Hokkaido I	Alemanha	27,1	1
<i>C. maxima</i>	Hokkaido II	Alemanha	70,9	1
<i>C. maxima</i>	Uchiki Kuri	Áustria	25,0	2
<i>C. maxima</i>	Flat White Boer	Áustria	62,0	2
<i>C. maxima</i>	Hyvita	Áustria	25,0	2
<i>C. maxima</i>	Buen Gusto	Áustria	33,0	2
<i>C. maxima</i>	Gelber Zentner	Áustria	22,0	2
<i>C. maxima</i>	Imperial Elite	Áustria	74,0	2
<i>C. maxima</i>	Jerimum Caboclo	Brasil	21,0	3
<i>C. maxima</i>	Exposição	Brasil	15,4	4
<i>C. maxima</i>	Exposição	Brasil	17,0	5
<i>C. moschata</i>	Muscade de Provence	Alemanha	9,0	1
<i>C. moschata</i>	Butternuts	Alemanha	11,4	1
<i>C. moschata</i>	Burpee Butterbush	Áustria	31,0	2
<i>C. moschata</i>	Long Island	Áustria	7,0	2
<i>C. moschata</i>	Mousquée de Provence	Áustria	49,0	2
<i>C. moschata</i>	Menina Verde	Brasil	39,0	5
<i>C. moschata</i>	Baianinha	Brasil	235,0	3
<i>C. moschata</i>	Menina Brasileira	Brasil	66,7	4
<i>C. moschata</i>	Goianinha	Brasil	56,7	4
<i>C. pepo</i>	Sweet Lightning	Alemanha	7,0	1
<i>C. pepo</i>	Mogango	Brasil	5,4	4
<i>C. pepo</i>	Acorn Table	Áustria	21,0	2
<i>C. pepo</i>	Acorn Tay Bell	Áustria	9,4	2
<i>C. pepo</i>	Tonda Padana	Áustria	23,0	2

Fonte: 1. Kurz, Carle e Schieber (2008); 2. Murkovic, Mulleder e Neunteufl (2002); 3. Arima e Rodriguez-Amaya (1990); 4. Azevedo-Meleiro e Rodriguez-Amaya (2007); 5. Arima e Rodriguez-Amaya (1988).

A comparação com outras fontes vegetais, demonstra que a abóbora pode ser considerada uma boa fonte de carotenóides da dieta. Por exemplo, Silva e Mercadante (2002) investigaram a composição de carotenóides do maracujá-amarelo *in natura* em cinco lotes. O β -caroteno, que foi o composto majoritário em dois dos cinco lotes, apresentou valores de concentração entre 4,48 e 13,35 $\mu\text{g/g}$.

Também para o β -caroteno, a polpa de manga da variedade 'Keitt' apresentou concentrações de 13,4 – 16,2 $\mu\text{g/g}$ em estudo realizado por Mercadante, Rodriguez-Amaya e Britton (1997). Wilberg e Rodriguez-Amaya (1995) já tinham reportado o β -caroteno como principal pigmento em mangas, obtendo concentrações de 8,1 – 28,8 $\mu\text{g/g}$, dependendo da variedade e do método analítico.

Sentanin e Rodriguez-Amaya (2007) determinaram os teores de carotenóides de três cultivares de mamão ('Sunrise', 'Golden' e 'Formosa') e pêssego ('Xiripá', 'Coral' e 'Diamante'). Em todas as amostras de mamões, o licopeno foi o composto majoritário, com valores de totais de 10,6 – 36,5 $\mu\text{g/g}$. O β -caroteno representou somente 4 % dos carotenóides totais, com concentrações entre 0,5 – 1,7 $\mu\text{g/g}$. Nas amostras de pêssego, a concentração de carotenóides foi considerada baixa, com valores de β -caroteno variando de traços até 0,5 $\mu\text{g/g}$. Wilberg e Rodriguez-Amaya (1995) estudaram os carotenóides majoritários de goiaba e mamão comercializados em supermercados do Rio de Janeiro. O licopeno foi o carotenóide majoritário, com concentrações de 44,8 – 61,0 $\mu\text{g/g}$ na goiaba e 17,7 – 28,6 $\mu\text{g/g}$ no mamão. As concentrações de β -caroteno, neste mesmo estudo, ficaram entre 3,02 – 5,84 $\mu\text{g/g}$ e 0,80 a 1,76 $\mu\text{g/g}$, respectivamente.

Assim como no mamão e na goiaba, o licopeno também é predominante em tomates e derivados. Tavares e Rodriguez-Amaya (1994) encontraram teores médios de *trans*-licopeno de 31,03 $\mu\text{g/g}$ em tomates comercializados no Brasil, com concentração média de *trans*- β -caroteno de 5,1 $\mu\text{g/g}$. Lin e Chen (2003) estudaram a composição de carotenóides em sucos de tomate, um produto que tem um alto consumo em Taiwan. As concentrações de licopeno e β -caroteno encontradas foram de 71,74 – 121,66 $\mu\text{g/g}$ e 4,83 – 6,03 $\mu\text{g/g}$, respectivamente, com a variação dependente do solvente utilizado na extração. Lembrando que o licopeno, embora seja um composto importante, relacionado a possíveis reduções do risco de certos tipos de cânceres, não possui atividade de pró-vitamina A, como é o caso do β -caroteno.

Cereais como arroz, trigo, milho e sorgo também não podem ser considerados boas fontes de β -caroteno. Kandlakunta, Rajendran e Thingnganing (2008) encontraram valores de β -caroteno nos cereais

investigados que variaram desde 1,71 $\mu\text{g/g}$ no milho até a não detecção destes compostos no arroz. Porém, outros carotenóides podem estar presentes. O milho, por exemplo, é uma boa fonte de luteína e zeaxantina (SCOTT; ELDRIDGE, 2005).

Outro vegetal relativamente comum na dieta brasileira e que apresenta altos teores de carotenóides totais e β -caroteno é a cenoura. Assim como a abóbora, a quantidade de carotenóides em algumas variedades de cenouras pode não ser tão elevada, porém em outras pode atingir concentrações como 180 $\mu\text{g/g}$ de β -caroteno, podendo ser superior em alguns casos (RODRIGUEZ-AMAYA, 1997; RODRIGUEZ-AMAYA, 2008). O abricó também apresentou concentrações relativamente altas de β -caroteno, com valores próximos a 40 $\mu\text{g/g}$ na variedade 'Harogen', em estudo realizado por Kurz, Carle e Schieber (2008).

A abóbora pode ser considerada uma boa fonte de carotenóides, e seus produtos podem contribuir para uma maior incorporação de carotenóides na dieta da população, especialmente os pró-vitâmicos α - e β -caroteno, trazendo benefícios para saúde e auxiliando na prevenção da hipovitaminose A.

3.2.4 Determinação de carotenóides

Com o aumento das pesquisas acerca das atividades biológicas e estabilidade dos carotenóides, houve a necessidade de um aprimoramento nas metodologias de análise destes compostos. Até o desenvolvimento da cromatografia líquida de alta eficiência (CLAE), a determinação de carotenóides era realizada por cromatografia de camada delgada ou de coluna aberta, que permanecem úteis em algumas análises. Porém, a utilização da CLAE representou um grande avanço neste sentido, pois aumentou o poder de resolução, reprodutibilidade e rapidez na separação, com menor exposição dos carotenóides a luz e ao oxigênio, diminuindo a degradação destes compostos durante o preparo da amostra. A determinação espectrofotométrica dos carotenóides totais é também usualmente utilizada por se tratar de um método simples, rápido e barato, porém se obtém uma quantificação aproximada, podendo subestimar o conteúdo de carotenóides (LAGO, 2007; MELÉNDEZ-MARTÍNEZ; VICARIO; HEREDIA, 2007).

A análise de carotenóides geralmente envolve uma série de etapas, como tomada da amostra, extração, saponificação, análise cromatográfica, identificação e quantificação (MELÉNDEZ-MARTÍNEZ; VICARIO; HEREDIA, 2007). Contudo, devido à grande diversidade qualitativa e quantitativa de carotenóides entre as diferentes

matérias-primas, não há um método simples que possa ser aplicado em todos os casos onde se deseja identificar e quantificar esses compostos. Apesar dos principais passos serem semelhantes na maioria das vezes, cada método precisa ser adaptado em função do perfil de carotenóides e outras características da amostra em estudo (KIMURA et al., 2007). Devido aos problemas de estabilidade desses compostos, já discutidos anteriormente, também há várias medidas que devem ser adotadas em cada etapa durante a análise para reduzir a degradação e/ou isomerização dos carotenóides (RODRIGUEZ-AMAYA, 1999).

Com poucas exceções, carotenóides são compostos lipofílicos, sendo solúveis em solventes orgânicos, podendo ser extraídos com acetona, metanol, éter etílico, clorofórmio, acetato de etila, tetrahidrofurano (THF), entre outros. Para algumas matérias-primas é utilizada somente acetona. Além disso, outros solventes ou combinações podem ser utilizados, dependendo da amostra. Após a extração inicial, o extrato contém lipídeos polares contaminantes que podem ser removidos por partição, empregando um solvente apolar e água ou solução salina aquosa (RODRIGUEZ-AMAYA, 1999; OLIVER; PALOU, 2000).

Depois da extração há uma etapa de saponificação, que consiste no tratamento da amostra com uma solução alcalina, com o objetivo de liberar os carotenóides que se encontram esterificados com ácidos graxos. O grau de esterificação pode ser diferente em função do número de hidroxilas presentes nas xantofilas. Assim, carotenóides monohidróxi, como β -criptoxantina, podem ser encontrados livres ou esterificados por um ácido graxo, e diidroxicarotenóides, como luteína e zeaxantina, podem ser encontrados livres ou esterificados por um ou dois ácidos graxos. Essa complexidade de compostos dificulta a identificação dos picos no cromatograma, por isso muitos métodos empregam a saponificação. Além disso, a reação de saponificação normalmente leva a uma eliminação da clorofila que pode estar presente na amostra. A saponificação pode ser realizada *overnight* à temperatura ambiente ou sob aquecimento, com tempo reduzido de reação. Apesar da redução do tempo, o aquecimento aumenta o risco de isomerização, por isso o método à temperatura ambiente é mais utilizado, embora também cause perdas. É interessante destacar que, em alguns casos, a saponificação pode ser dispensada, como amostras ricas em carotenos e com baixas quantidades de xantofilas e clorofila, ou ainda, quando se deseja investigar a presença das formas esterificadas. Isso pode ser aplicado, por exemplo, a cenouras, tomates e algumas espécies de abóboras, onde a grande maioria dos carotenóides são carotenos e não contém grandes quantidades de clorofila e grupos esterificados. A

ausência da saponificação reduz as perdas de carotenóides durante o preparo da amostra por diminuir o tempo de análise e o contato com oxigênio e luz (OLIVER; PALOU, 2000; LARSEN; CHRISTENSEN, 2005; MELÉNDEZ-MARTÍNEZ; VICARIO; HEREDIA, 2007).

Para reduzir a oxidação durante a extração e tratamento da amostra, outra estratégia adotada é o uso de antioxidantes, especialmente quando as amostras são saponificadas. O antioxidante mais empregado é o butil hidroxi tolueno (BHT), normalmente na concentração de 0,01 % ou 0,1 % na solução de extração, mas também pode ser usado o ácido ascórbico ou seu sal sódico (OLIVER; PALOU, 2000). Além do emprego de antioxidantes, as operações devem ser realizadas com a menor intensidade de luz possível, normalmente utilizando vidro âmbar ou revestidos com folhas de alumínio (MELÉNDEZ-MARTÍNEZ; VICARIO; HEREDIA, 2007).

Após a saponificação, a amostra é concentrada em evaporador rotatório, utilizando baixas temperaturas, e a seguir seca com a utilização do nitrogênio. Uma vez secas, as amostras podem ser estocadas no escuro, a temperatura de -20°C, preferencialmente com proteção de nitrogênio ou argônio (OLIVER; PALOU, 2000).

As amostras são ressuspensas em um solvente adequado e injetadas no cromatógrafo. Em relação à fase estacionária, as colunas de fase reversa C₁₈ e C₃₀ vêm sendo amplamente utilizadas para separação de carotenóides. Poucos estudos utilizam a fase normal. Em geral, melhores separações de carotenos e seus isômeros têm sido demonstradas com C₁₈ poliméricas do que com monoméricas (SANDER; SHARPLESS; PURSCH, 2000). Sander et al. (1994) relataram que a coluna C₁₈ monomérica não possibilitou uma boa separação de isômeros geométricos de carotenóides apolares e de luteína e zeaxantina, isômeros de posição. Nunes e Mercadante (2006) obtiveram uma boa separação entre luteína e zeaxantina utilizando essa mesma coluna, porém demonstraram que a coluna C₃₀ polimérica mostrou maior poder de resolução tanto na separação dos isômeros 5-*cis*-, 9-*cis*- e 13-*cis*-licopeno, quanto de luteína e zeaxantina. Os autores recomendam essa coluna quando o objetivo é investigar esses compostos em alimentos, apesar de advertirem para o elevado custo, no Brasil, da coluna e do éter metil-terc-butílico, que normalmente é utilizado na fase móvel. Além disso, caso o objetivo seja acompanhar as mudanças quantitativas nos carotenóides, é necessário atentar para problemas com a repetibilidade das áreas dos picos separados em coluna C₃₀. Outros autores também relatam que a coluna C₃₀ exibe uma resolução superior entre os carotenóides com polaridade similar quando

comparada com a C₁₈, por isso são geralmente escolhidas quando se deseja fazer a separação de isômeros geométricos para estudo do perfil de carotenóides de uma amostra. Porém a coluna C₁₈ apresentou uma separação relativamente boa entre os isômeros em algumas ocasiões (SCHIEBER; CARLE, 2005; MELÉNDEZ-MARTÍNEZ; VICARIO; HEREDIA, 2007).

Na fase móvel, gradientes de eluição aumentam a resolução do cromatograma, embora métodos isocráticos tenham certas vantagens como melhor reprodutibilidade de tempos de retenção e dispensar o reequilíbrio do sistema entre injeções consecutivas. Métodos isocráticos são muito úteis para a análise de carotenóides com atividade de pró-vitamina A, uma vez que a separação destes compostos é relativamente fácil e o tempo de análise é curto. Os métodos com gradientes permitem a separação de um maior número de compostos, sendo a opção de escolha quando se deseja estudar o perfil dos carotenóides. A adição de modificadores, como trietilamina, na fase móvel é muito utilizada, reduzindo o efeito de grupos ácidos da coluna que interferem na estabilidade dos carotenóides (MELÉNDEZ-MARTÍNEZ; VICARIO; HEREDIA, 2007). A escolha da coluna e da fase móvel são os principais fatores para o sucesso da separação e recuperação dos carotenóides (RODRIGUEZ-AMAYA, 1999).

O detector mais aplicado na separação de carotenóides por CLAE é o sistema de detector de arranjo de díodos (DAD), utilizado na maioria das publicações envolvendo a análise de carotenóides. Esse sistema permite registrar um espectro de absorção inteiro, na região do ultravioleta (UV) e do visível, durante a análise. Assim, o espectro de absorção de qualquer pico cromatográfico pode ser observado, o que é extremamente importante para a identificação do composto (OLIVER; PALOU, 2000). Com o espectro de absorção no UV/visível, é possível comparar os comprimentos de onda de máxima absorção ($\lambda_{\text{máx}}$) e a estrutura fina do composto em questão com dados provenientes da literatura ou obtidos com padrões. Um indicativo da estrutura fina é expressa como %III/II, que é a razão da altura do pico de absorção mais longo, designado III, e o pico de absorção central, designado como II, tomando o mínimo entre os dois picos como linha base e multiplicando por 100 (Figura 6). Em algumas ocasiões, os isômeros *cis* são identificados pelo $\lambda_{\text{máx}}$ ligeiramente menor do que os obtidos para os isômeros *trans* e pela presença de picos *cis* cerca de 140 nm abaixo do $\lambda_{\text{máx}}$ mais longo da forma *trans* (BRITTON, 1995; RODRIGUEZ-AMAYA, 1999; KIMURA et al., 2007).

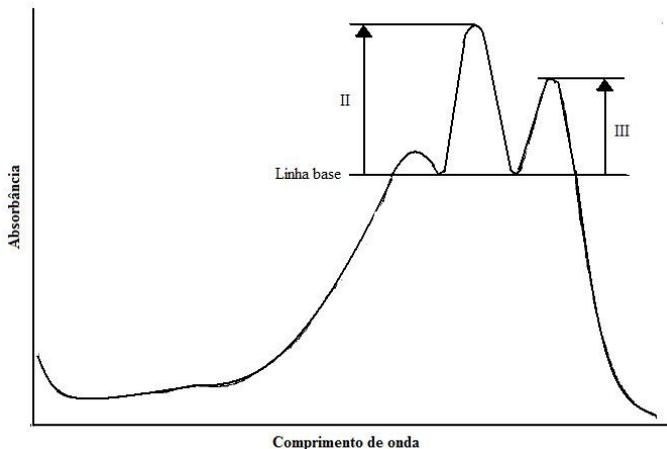


Figura 6 Indicativo da estrutura fina espectral (% III/II), obtido através do cálculo de $III/II \times 100$. Fonte: Adaptado de Rodriguez-Amaya (1999).

Juntamente com o DAD, alguns autores também utilizam a espectrometria de massa na análise. Isso permite, por exemplo, a diferenciação entre luteína e anteraxantina, dois carotenóides que possuem espectros de absorção no UV/visível idênticos (KURZ; CARLE; SCHIEBER, 2008). Porém, o emprego da espectrometria de massa não é essencial na maioria dos casos.

Ainda, para auxiliar na identificação dos compostos, pode ser feita a separação e isolamento dos carotenóides em uma coluna aberta, e a partir destes realizar reações químicas e verificar o espectro de absorção em diferentes solventes.

As reações são muito utilizadas na identificação de algumas xantofilas. São testes simples, e apesar de estarem sendo substituídos pela espectrometria de massa e ressonância magnética nuclear (RMN), ainda há várias reações que permanecem úteis e podem dar um indicativo rápido da identidade do composto (RODRIGUEZ-AMAYA, 1999; AZEVEDO-MELEIRO; RODRIGUEZ-AMAYA, 2004).

A identificação definitiva de um carotenóide geralmente envolve a combinação de comparações de tempos de retenção, dados do UV/visível e/ou espectros de massa com os obtidos nos padrões de referência, além de co-cromatografia com padrões e reações químicas para algumas xantofilas (KURZ; CARLE; SCHIEBER, 2008). Além disso, uma elucidação correta do estereoisômero do carotenóide pode ser obtida com o uso da ressonância magnética nuclear (RMN)

(AZEVEDO-MELEIRO; RODRIGUEZ-AMAYA, 2004). O detector eletroquímico é uma alternativa, se os carotenóides que se deseja determinar estiverem em baixas concentrações (MELÉNDEZ-MARTÍNEZ; VICARIO; HEREDIA, 2007).

Uma vez identificados, a quantificação de cada composto que forma o perfil de carotenóides de uma amostra normalmente é realizada com curvas de calibração, utilizando soluções de padrões com concentrações conhecidas, preparadas a partir de padrões comerciais ou isolados no próprio laboratório por cromatografia aberta (MELÉNDEZ-MARTÍNEZ; VICARIO; HEREDIA, 2007; SENTANIN; RODRIGUEZ-AMAYA, 2007).

A atenção dedicada à análise de carotenóides deve ser dobrada, pois erros podem ocorrer em qualquer etapa do processo de análise. Fontes comuns de erros na análise de carotenóides são: amostras não representativas do alimento sob investigação; extração incompleta; perdas físicas durante as diferentes etapas do processo, como a transferência incompleta de carotenóides de um solvente para o outro quando ocorre a partição, perdas de carotenóides na lavagem com água e recuperação parcial dos carotenóides aderidos às paredes dos recipientes quando a solução de carotenóides é colocada para secar; separação cromatográfica incompleta; identificação incorreta; equívocos na quantificação e nos cálculos; e isomerização e oxidação de carotenóides durante a estocagem ou análise. Um bom entendimento de cada etapa por parte do analista possibilita a minimização dos erros (RODRIGUEZ-AMAYA, 1999).

3.3 ESTABILIDADE DE ALIMENTOS

Durante o processo de desenvolvimento de um novo produto alimentício ou de uma inovação nesta área, um fator importante que necessita ser considerado é a sua estabilidade durante o armazenamento, cujo fim marca o que conhecemos como “vida de prateleira” (VAN HOUT, 2006). A definição de vida de prateleira de um alimento, sugerida pelo *Institute of Food Science and Technology* (IFST), é o tempo durante o qual o alimento irá se manter seguro, reter suas características sensoriais, químicas, físicas e microbiológicas aceitáveis e cumprir com qualquer declaração sobre nutrientes dada no seu rótulo, isso quando estocado nas condições recomendadas (IFST, 1993). Também pode ser definida como o tempo em que o alimento pode ser conservado em determinadas condições de temperatura, umidade relativa, luz, concentração de oxigênio e outras, sofrendo pequenas, mas bem estabelecidas alterações que são, até certo ponto, consideradas

aceitáveis pelo fabricante, consumidor ou legislação alimentar vigente (VITALI; QUAST, 1996).

Alimentos são sistemas diversos, complexos e ativos nos quais reações microbiológicas, enzimáticas e físico-químicas estão ocorrendo simultaneamente. Para estudar a estabilidade de um determinado alimento é necessário conhecimento sobre as principais reações que ocorrem durante seu armazenamento, além de identificar os mecanismos responsáveis pelas alterações indesejáveis. A formulação, processamento, embalagem, condições de estocagem e as relações entre eles são fatores críticos neste comportamento e variam dependendo do alimento (VITALI; QUAST, 1996; SINGH; CADWALLADER, 2004).

Os alimentos desidratados, quando em embalagens facilmente permeáveis, têm sua estabilidade reduzida se estocados em ambientes com alta umidade relativa. Em compensação, frutas e vegetais frescos não deveriam ser estocados em ambientes com umidade relativa muito baixa, uma vez que podem perder água e ter seu aspecto sensorial modificado. De um modo geral, alimentos que foram pasteurizados necessitam de um método complementar de conservação, que pode ser o emprego de baixas temperaturas, o que já não é recomendado para algumas frutas e hortaliças que podem ser injuriadas pelo frio. As embalagens são interessantes em inúmeros casos, podendo retardar a perda de qualidade, permitindo um prolongamento da vida de prateleira do alimento, por exemplo, as atmosferas modificadas e controladas no armazenamento de produtos vegetais, embalagens com baixa permeabilidade ao oxigênio e penetração de luz no armazenamento de óleos vegetais, entre outras (PADULA, 1996; VITALI; QUAST, 1996).

Há inúmeras variáveis que podem ser utilizadas para investigar a estabilidade de um alimento durante o armazenamento, determinadas através de análises físico-químicas, sensoriais e microbiológicas. Geralmente, há uma relação entre elas, por exemplo, alterações físico-químicas e microbiológicas normalmente podem ser percebidas através da avaliação sensorial, embora isso nem sempre se aplique. O crescimento microbiano é dado pela contagem total dos micro-organismos, bem como pela investigação dos micro-organismos mais frequentes naquele alimento, porém já é possível ter um indício através da observação de alterações de pH, formação de compostos tóxicos, produção de gás, entre outros (SINGH; CADWALLADER, 2004).

A análise sensorial está presente em muitos estudos de vida de prateleira e usualmente dá uma boa estimativa da qualidade geral de um alimento. Um dos objetivos dos testes sensoriais é tentar determinar, a um nível de probabilidade, quando o produto sofreu uma modificação na

sua qualidade, dando um ‘ponto final’ na sua vida útil, quando é considerado impróprio para o consumo. O critério para se estabelecer o tempo de deterioração através da análise sensorial é subjetivo e estabelecido pela equipe de julgadores treinados e pelos consumidores. Os métodos sensoriais analíticos e afetivos podem ser utilizados para determinar a vida de prateleira. Os métodos analíticos podem ser de diferença, quando a amostra é comparada com outra amostra de referência, por exemplo, a amostra armazenada por determinado período comparada com outra recém produzida; ou descritiva, onde são observadas as principais características do produto. Ambas requerem uma equipe de julgadores treinados e experientes. Os métodos afetivos podem ser realizados com os consumidores, para avaliar o produto quanto à sua aceitabilidade em diferentes períodos de armazenamento (MORI, 1996). A análise de sobrevivência também é descrita como uma boa ferramenta para avaliar as alterações no aspecto sensorial, pois apenas questiona ao julgador se o produto é aceitável, marcando o fim da vida de prateleira quando essa rejeição atinge uma percentagem determinada (SINGH; CADWALLADER, 2004).

A importância da análise sensorial na vida de prateleira deve-se a questão de que, mesmo sendo microbiologicamente seguro, caso os atributos sensoriais do alimento sejam considerados inadequados na percepção dos consumidores, o produto será rejeitado (FREITAS; BUENO NETO; BORGES, 2000).

Devido à complexidade dos alimentos, o estudo de sua estabilidade durante o armazenamento não é uma tarefa fácil e de resultado preciso. É difícil estabelecer um procedimento suficientemente generalizado para sistematizar essa investigação em alimentos diferentes. O procedimento para alcançar a definição de ‘limite aceitável’, determinando a vida de prateleira, depende da natureza das principais reações deteriorantes que limitam a qualidade do alimento em questão. Por exemplo, a estabilidade de um alimento fresco normalmente é afetada pelo aspecto microbiológico. Porém, vários alimentos frescos se encontram microbiologicamente seguros, mas alterados sensorialmente. Os alimentos estáveis sob o ponto de vista microbiológico, como produtos apertizados, podem ter sua aceitabilidade acompanhada pelo aspecto sensorial, pois as alterações sensoriais ocorrem muito antes das alterações microbiológicas. Um alimento que é destacado pela presença de nutrientes específicos, pode ter sua estabilidade avaliada também pela redução na concentração desses nutrientes (MANZOCCO; LAGAZIO, 2009). A própria

legislação pode impor um limite máximo de contaminação microbiológica ou uma concentração mínima de determinado nutriente.

Ares, Giménez e Gámbaro (2008) estimaram a vida de prateleira de alfaces minimamente processadas utilizando somente o aspecto sensorial, considerando a avaliação de uma equipe de julgadores treinados e a rejeição à compra e consumo por parte de um grupo de potenciais consumidores. Já Rizzo e Muratore (2009) estudaram o efeito da embalagem na estabilidade de aipos minimamente processados, utilizando parâmetros físicos e químicos, como a perda de peso, umidade, acidez titulável, pH, sólidos solúveis, fenólicos totais, textura e cor. Porém, é interessante destacar que, no caso de produtos minimamente processados, apesar das alterações físico-químicas serem importantes, e alterações sensoriais determinantes para a avaliação do consumidor, o aspecto microbiológico também é um item que deve ser acompanhado. Corbo, Del Nobile e Sinigaglia (2006), por exemplo, utilizaram essa abordagem para determinar a vida de prateleira de hortaliças minimamente processadas, modelando o crescimento microbiano em função do tempo de estocagem sob refrigeração.

E, naturalmente, há um risco em optar somente por um aspecto para estimar a vida de prateleira de um produto. Por exemplo, um determinado estudo que tome a aceitabilidade junto aos consumidores como único fator para determinar a vida de prateleira de uma alimento pode cometer equívocos nas suas conclusões, haja visto que, em alguns casos, o crescimento microbiano ou a degradação de nutrientes pode chegar a níveis inaceitáveis enquanto o alimento ainda está sendo julgado como organolepticamente aceitável. Como já descrito, o contrário também pode ser verdadeiro, ou seja, um produto que ainda mantém suas características microbiológicas ou nutricionais, mas com seu aspecto sensorial rejeitado pelo consumidor (FREITAS; BUENO NETO; BORGES, 2000).

Melhores resultados são obtidos quando fatores físico-químicos, sensoriais e microbiológicos são associados para atingir esse objetivo. Por exemplo, Dhanya et al. (2009) investigaram o efeito da radiação na estabilidade do açafraão, uma especiaria muito produzida na Índia. E para estimar a estabilidade de suas amostras, os autores avaliaram o conteúdo de umidade, textura e a contaminação microbiológica, fatores que consideraram como mais importantes para essa matéria-prima. Rocha e Morais (2003) avaliaram as mudanças físicas, químicas e sensoriais em amostras de maçãs cortadas, estocadas a 4°C por 10 dias, buscando estabelecer um parâmetro crítico na qualidade deste produto. Estes autores realizaram determinações de perda de peso, firmeza, acidez

titulável, pH, coloração, açúcares (sacarose, frutose e glicose) e sólidos solúveis totais, além de uma análise sensorial com julgadores treinados, e na conclusão sugerem que as alterações ocorridas na coloração do produto, logo nos primeiros dias de estocagem, detectadas tanto pelo uso do colorímetro como pela avaliação sensorial dos julgadores, é o parâmetro crítico na qualidade e vida de prateleira das maçãs cortadas que foram analisadas.

Em alguns casos, um teste de aceitabilidade se torna caro e complexo, e por isso, não pode ser aplicado por empresas para o estudo da vida de prateleira de seus produtos. Uma alternativa é utilizar medidas de parâmetros físico-químicos e sensoriais e tentar estabelecer uma correlação destes com a aceitabilidade do consumidor. Manzocco e Lagazio (2009) estudaram essa correlação em uma bebida preparada com café, encontrando uma forte associação entre a pontuação na escala de acidez, atribuída por julgadores treinados, e os valores de pH com o risco de rejeição do produto pelo consumidor.

De qualquer forma, não há uma regra ou instrução para seguir na escolha dos parâmetros para avaliar a estabilidade de produtos alimentícios durante o armazenamento. Até para um mesmo produto, parâmetros diferentes são utilizados. O suco de laranja industrializado, por exemplo, tem sua qualidade e vida de prateleira estreitamente correlacionadas com as alterações nas concentrações de ácido ascórbico (vitamina C), além de outras características como cor e sabor. Ros-Chumillas et al. (2007) estudaram o efeito de diferentes procedimentos de enchimento e temperaturas de estocagem na vida de prateleira de sucos de laranja em garrafas de polietileno tereftalato (PET), tomando como parâmetros de qualidade o conteúdo de ácido ascórbico, cor, oxigênio dissolvido no suco, análise microbiológica e sensorial. Walkling-Ribeiro et al. (2009) também adotaram como parâmetros para esse mesmo produto as medidas de colorimetria e análise microbiológica, porém também acompanharam alterações no pH, condutividade e sólidos solúveis, na sua pesquisa do efeito da combinação termossônica e campo elétrico na preservação de sucos de laranja.

Também é importante destacar que a vida de prateleira de um alimento não pode ser focada somente sobre ele, mas também da sua interação com o consumidor. Por exemplo, um determinado alimento avaliado na sua vida de prateleira com base no aspecto sensorial junto ao consumidor pode ser aceito por um determinado período por um grupo de consumidores, enquanto em outro grupo esse tempo pode ser significativamente superior ou inferior (VAN HOUT, 2006).

Como testes convencionais de estabilidade demandam tempo, entre 12 e 24 meses, é frequente a utilização de testes acelerados de vida de prateleira. Os fundamentos e requisitos são basicamente os mesmos dos testes convencionais, porém nesta abordagem o alimento é estocado em temperaturas superiores, e então a cinética de deterioração é modelada, podendo ser extrapolada para temperaturas inferiores, como aquelas encontradas durante a comercialização (VITALI; TEIXEIRA NETO, 1996). Um teste acelerado foi a abordagem escolhida para estimar a vida de prateleira de azeitonas maduras, levando em consideração a firmeza, cor e pH, em estudo realizado por García-García, López-López e Garrido-Fernández (2008). Porém, em várias ocasiões esta técnica pode resultar em conclusões erradas, porque conforme a faixa de temperatura estudada, os tipos ou mecanismos de transformações podem mudar completamente, ou seja, uma reação que não é importante em uma determinada faixa de temperatura, passa a ser preponderante em uma temperatura mais elevada. Por isso, apesar de ser um método mais rápido e econômico, testes acelerados de vida de prateleira só devem ser utilizados em sistemas simples ou quando os mecanismos de deterioração envolvidos nos testes de aceleração são bem conhecidos (VITALI; TEIXEIRA NETO, 1996; HOUGH, 2006).

A demanda dos consumidores por produtos frescos, seguros e de qualidade superior, com fornecimento durante o ano todo, além da crescente globalização do sistema de distribuição de alimentos, tem intensificado as pesquisas sobre métodos de aumentar estabilidade de alimentos durante o armazenamento. Não há uma fórmula única de investigação, sendo que a integração das variáveis pode ser a melhor estratégia para esse propósito. Um conhecimento mais avançado nos mecanismos de deterioração pode auxiliar no desenvolvimento de novas tecnologias, que podem, por sua vez, aumentar a segurança e qualidade de produtos alimentícios por um período mais longo de armazenamento (SINGH; CADWALLADER, 2004).

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 MATERIAL

Aproximadamente 80 kg de cada espécie de abóbora - *Curcubita moschata* ‘Menina Brasileira’ e *Cucurbita maxima* ‘Exposição’ – foram coletados nos municípios de Curitiba e São Cristóvão do Sul, no Estado de Santa Catarina, no mês de março de 2010. As frutas de uma mesma espécie foram reunidas, formando um *pool* para cada variedade de abóbora.

Para as etapas que envolvem cromatografia foram utilizadas acetona, acetato de etila, acetonitrila, metanol e trietilamina de grau cromatográfico, adquiridas da Sigma-Aldrich, Steinheim, Alemanha. Nas demais etapas da análise, os reagentes químicos utilizados foram de grau analítico (p.a.).

4.2 PREPARAÇÃO DOS PURÊS

Foram produzidos três lotes de purês para cada espécie, sendo cada análise realizada em triplicata ($n = 3$), com uma unidade amostral proveniente de cada lote.

A produção dos purês de abóbora foi realizada conforme apresentado na Figura 7, sendo o mesmo para ambas as espécies de abóbora - *Curcubita moschata* ‘Menina Brasileira’ e *Cucurbita maxima* ‘Exposição’.

Em cada lote, as abóboras foram previamente lavadas com água potável e removidas de partes com patologias, transportadas para a área de processamento, onde foi realizada a retirada das sementes e o corte em fatias (4 a 5 cm de espessura). Os pedaços foram cozidos no vapor por 20 minutos, tempo suficiente para amolecimento do tecido vegetal. Esse cozimento, além do amaciamento, também permitiu a redução da carga microbiana e inativação das enzimas endógenas que poderiam causar modificações na qualidade sensorial e nutricional durante a estocagem do produto. Em seguida, ainda quentes, as peças foram descascadas e a polpa resultante triturada em um liquidificador industrial (Metvisa, Brusque, Brasil) para obtenção do purê de abóbora.

O purê de abóbora foi envasado em frascos de vidro, com volumes aproximados de 260 mL, fechados e submetidos ao tratamento térmico em autoclave (AVM, Marte, Santa Rita do Sapucaí, Brasil) a 121°C por 20 minutos, com objetivo de atingir a esterilização comercial. Foi mantido um *headspace* para que o tratamento térmico gerasse um vácuo parcial no interior dos frascos.

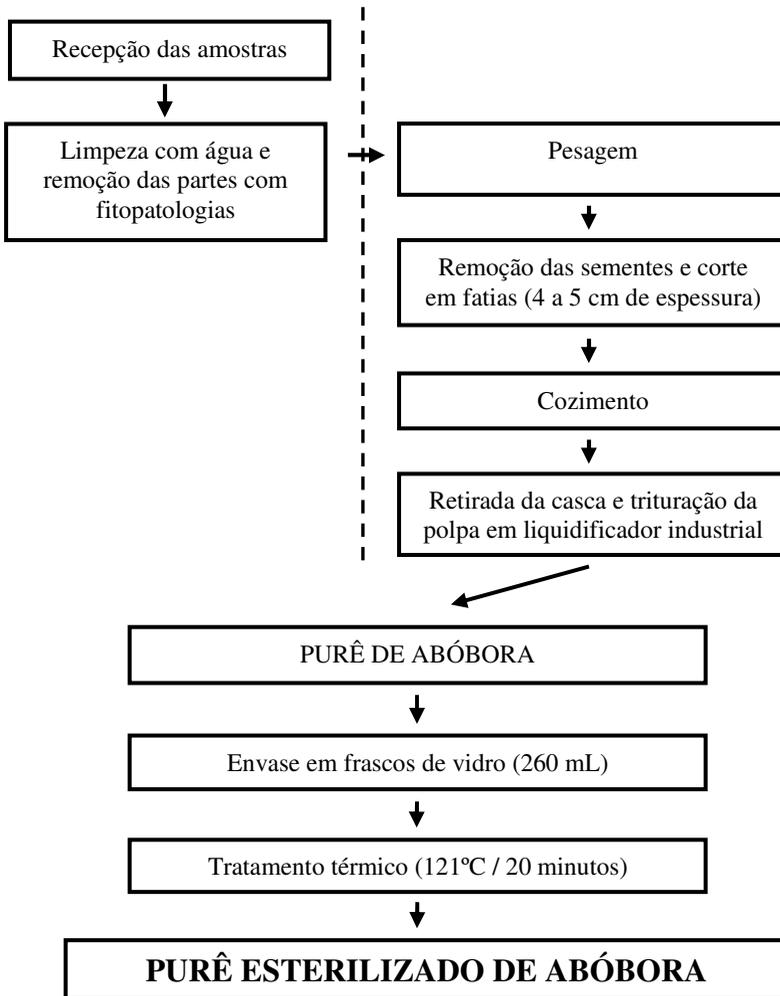


Figura 7 Fluxograma para a produção dos purês de abóbora

Além do purê final, em cada lote de processamento foram retiradas alíquotas das abóboras cruas e cozidas para análises de umidade, com objetivo de verificar o ganho/perda de água durante o processo, e análise de carotenóides, com objetivo de investigar o efeito do processamento sobre a composição de carotenóides. As alíquotas para análise de carotenóides foram embaladas e mantidas a -20°C até o momento da análise.

O rendimento do processo foi calculado através da relação gravimétrica da massa total de abóboras utilizada e a quantidade de purê obtido após o processo, para cada lote.

Após o tratamento térmico, os purês foram resfriados em banho de água, os vidros foram secos e estocados a temperatura ambiente, ao abrigo da luz. Com a utilização de um termohigrômetro, a umidade relativa e a temperatura do ambiente foram monitoradas durante todo o período de armazenamento.

4.3 ANÁLISE MICROBIOLÓGICA

Para verificar a eficácia do tratamento térmico e a segurança alimentar das amostras de purê de abóbora foi realizado o Teste de Esterilidade Comercial, conforme preconizado pela *American Public Health Association* (APHA, 2001), incluindo o Teste de incubação a 37°C, verificando se há variação de pH maior que 0,2 após 10 dias de incubação da amostra, e o Teste de incubação a 55°C, verificando alterações após 5 dias de incubação da amostra nesta temperatura.

4.4 COMPOSIÇÃO QUÍMICA

Os teores de umidade, proteínas, lipídeos e resíduo mineral fixo foram determinados de acordo com o recomendado pela *Association of Official Analytical Chemists* (AOAC, 2000). Os valores de carboidratos totais foram calculados pela diferença entre 100 e a soma dos demais componentes. Os teores de fibras totais, solúveis e insolúveis foram determinados de acordo com a AOAC (2005). O valor energético (kcal) dos purês foi calculado aplicando os fatores 4 para cada grama de proteína e carboidrato e 9 para cada grama de lipídeo (TACO, 2006).

4.5 COMPOSIÇÃO DE CAROTENÓIDES

As análises de carotenóides foram realizadas por cromatografia líquida de alta eficiência (CLAE), quantificando separadamente os principais carotenóides presentes na amostra, e os carotenóides totais foram quantificados por espectrofotometria.

O método utilizado para preparação da amostra e análise cromatográfica foi baseado no proposto por Kimura e Rodriguez-Amaya (2002), adaptado em relação a pesos e volumes de amostra e reagentes, além de outras condições cromatográficas. Todas as precauções necessárias para a análise de carotenóides foram adotadas, conforme recomendações de Rodriguez-Amaya (1999).

Os carotenóides foram extraídos exaustivamente com acetona (previamente refrigerada) até que o resíduo ficasse incolor,

particionados em éter de petróleo, lavados com água destilada, saponificados *overnight* com solução metanólica de KOH 10 % (m/v), lavados novamente com água destilada para remoção do álcali, completados no volume e então divididos em alíquotas de volumes conhecidos para a determinação de carotenóides totais e para análise cromatográfica. Para amostras relacionadas a *C. moschata* ‘Menina Brasileira’ não foi realizada a saponificação, pois testes preliminares (dados não apresentados) demonstraram que essa espécie possui apenas uma pequena quantidade de xantofilas, podendo ser dispensada a saponificação, evitando assim as perdas decorrentes desta etapa.

A análise de carotenóides totais foi realizada conforme descrito por Davies (1976) citado por Kimura et al. (2007), determinando a absorbância em 450 nm do extrato obtido, utilizando um espectrofotômetro (U-1800, Hitachi, Tóquio, Japão), e a concentração calculada empregando o coeficiente de absorção ($A^{1\%}_{1\text{cm}}$) do β -caroteno em éter de petróleo (2592), por esse ser o composto majoritário nas duas espécies de abóbora utilizadas.

Para a análise cromatográfica, as alíquotas foram secas em rotaevaporador (TE-211, Tecnal, Piracicaba, Brasil), sempre em temperaturas menores que 35°C e empregando pérolas de vidro para aumentar a recuperação na redissolução. Imediatamente antes da análise, os carotenóides foram dissolvidos em acetona grau CLAE para injeção no cromatógrafo.

O sistema de cromatografia líquida consistiu em um módulo de separação, equipado com uma bomba quaternária e um degaseificador (LC-20AT), um injetor automático (SIL-10A), um forno de coluna (CTO-20A) e um detector de arranjo de diodos (SPD-M20A), controlados por uma estação de trabalho (CBM-20A), todos fabricados pela Shimadzu Corporation (Kyoto, Japão). Para fase estacionária foi utilizada uma coluna C_{18} monomérica ODS2, 5 μm , 4,6 x 150 mm (Waters Spherisorb®, Wilmington, EUA). A fase móvel utilizada foi acetonitrila (contendo 0,05 % de trietilamina), metanol e acetato de etila, usados a uma taxa de vazão de 0,5 mL/min. Para as amostras relacionadas a *C. moschata* ‘Menina Brasileira’ foi utilizado um gradiente côncavo de 95:5:0 para 60:20:20 em 20 minutos, mantendo essa proporção até o final da corrida. Para os purês preparados a partir da *C. maxima* ‘Exposição’, com maior quantidade de xantofilas, o gradiente adotado era iniciado com 98:2:0, e também alterado para 60:20:20 em 20 minutos. O reequilíbrio em ambos os casos foi de 15 minutos.

A identificação dos principais carotenóides do cromatograma foi realizada utilizando: (a) dados cromatográficos (ordem de eluição e tempos de retenção); (b) dados do espectro de absorção no UV/visível ($\lambda_{\text{máx}}$ e %III/II) em dois solventes diferentes, comparados com padrões e valores da literatura; (c) co-cromatografia com padrões; (d) reações químicas, como acetilação do grupo hidroxila secundário com anidrido acético, metilação de grupos hidroxilas em posição alílica com metanol acidificado, isomerização catalisada pela iodina e rearranjo epóxi-furanóxido (5,6-epóxido para 5,8-epóxido) com ácido clorídrico diluído, seguindo metodologia descrita por Rodriguez-Amaya (1999).

A quantificação dos principais carotenóides nas amostras foi realizada através de curvas de calibração preparadas a partir de padrões isolados de outras espécies vegetais e os resultados expressos em $\mu\text{g/g}$ de amostra. As curvas padrões foram construídas com quatro concentrações diferentes para cada carotenóide, cada concentração em duplicata, com passagem pela origem forçada e coeficiente de correlação maior ou igual a 0,95. Devido a difícil obtenção de padrão, a violaxantina foi quantificada com a curva padrão da luteína, e os isômeros *cis* do β -caroteno pela curva padrão do isômero *trans*, conforme sugerido por Assunção e Mercadante (2003). A quantificação do ζ -caroteno também se deu através da curva padrão do isômero *trans* do β -caroteno.

4.5.1 Isolamento de padrões

Os padrões foram isolados a partir de outras espécies vegetais, como cenoura e vegetais verdes, empregando a cromatografia de coluna aberta, conforme descrito por Kimura e Rodriguez-Amaya (2002). Foi utilizada uma coluna de vidro de 2,5 cm de diâmetro interno e 30 cm de comprimento, empacotada com óxido de magnésio e celite (1:1), ativada por 2 horas a 110°C, e desenvolvida com éter de petróleo contendo quantidades variáveis de acetona e éter etílico. A pureza dos padrões foi monitorada por CLAE, e caso não atingisse o valor esperado (mínimo de 90 %), a fração do padrão era recromatografada em coluna aberta. As concentrações das soluções padrões foram determinadas espectrofotometricamente e corrigidas de acordo com a pureza obtida para cada um dos padrões. O método de cromatografia de coluna aberta também foi utilizado para a amostra, com o objetivo de separação dos carotenóides e possibilitar a realização das reações de identificação descritas anteriormente.

4.5.2 Estabilidade dos carotenóides durante o processamento

Conforme explicado na revisão deste trabalho, quando o objetivo é investigar os efeitos do processamento sobre os carotenóides, não é recomendável a comparação direta entre as concentrações em amostras cruas e processadas, pois não é levado em consideração o ganho ou perda de massa sofrida pela amostra durante o processamento (RODRIGUEZ-AMAYA, 1999).

Portanto, além dos resultados serem expressos em $\mu\text{g/g}$ da amostra, os mesmos também foram calculados e expressos com base na massa do alimento cru, multiplicando a concentração pelo quociente obtido entre a massa do alimento após o processamento e a massa do mesmo anterior ao tratamento.

A retenção real (RR%) foi calculada a partir da equação proposta por Murphy et al. (1975) (Equação 1), citado por De Sá e Rodriguez-Amaya (2004).

$$\%RR = \frac{C_c \times G_c}{C_r \times G_r} \times 100 \quad (\text{Equação 1})$$

onde, C_c é a concentração de carotenóides por grama de alimento processado, G_c é a massa do alimento após o processamento, C_r é a concentração de carotenóides por grama de alimento cru e G_r é a massa do alimento antes do processamento.

4.6 ESTABILIDADE DOS PURÊS DE ABÓBORA DURANTE O ARMAZENAMENTO

Para avaliar a estabilidade dos purês de abóbora durante o armazenamento, com 0, 15, 30, 60, 90, 120 e 180 dias de armazenamento foram retiradas, de modo casualizado, amostras de purês de abóbora ‘Menina Brasileira’ e ‘Exposição’ para análises dos parâmetros de qualidade selecionados, como concentrações de carotenóides, parâmetros físico-químicos, análise instrumental e aceitabilidade da cor.

4.6.1 Análise de carotenóides

A análise de carotenóides nos purês de abóbora durante o armazenamento foi realizada com o emprego da cromatografia líquida de alta eficiência (CLAE), com quantificação dos principais

carotenóides presentes na amostra, e quantificação de carotenóides totais, por espectrofotometria, conforme descrito no item 4.5.

4.6.2 Análises físico-químicas

Foram avaliadas durante o armazenamento as alterações na acidez titulável (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 2003), pH – determinado através de um pHmetro digital (Quimis, Diadema, Brasil) e Sólidos Solúveis Totais (°Brix) – determinado com a utilização de um refratômetro.

4.6.3 Análise instrumental da cor

As alterações na coloração foram acompanhadas com a utilização de um colorímetro (Konica Minolta, Itália). Foi utilizada a escala de cor CIE $L^* a^* b^*$ (CIELAB), com iluminação D65 e ângulo de observação de 8° . O espaço de cores desse sistema é organizado em coordenadas cartesianas, onde L^* indica luminosidade (100 para branco e 0 para preto), o eixo a^* representa uma escala do verde ($-a^*$) ao vermelho ($+a^*$), e o eixo b^* uma escala do azul ($-b^*$) ao amarelo ($+b^*$) (Figura 8). Foram realizadas 5 leituras em cada unidade amostral.

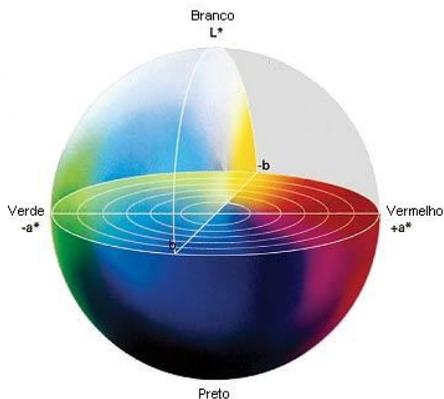


Figura 8 Escala de cor CIELAB. Fonte: Hunterlab, 1996.

Além da análise individual de cada eixo, as alterações de cor também foram acompanhadas através dos valores da diferença total de cor (ΔE) e do índice de esbranquiçamento (WI).

O ΔE (Equação 2) reúne as diferenças entre L^* , a^* e b^* de duas amostras em um único valor numérico, onde L^*_{0} , a^*_{0} e b^*_{0} representam as leituras feitas na amostra no dia 0, e L^* , a^* e b^* representam as leituras feitas durante os dias determinados de estocagem.

$$\Delta E = \sqrt{(L^*_{0} - L^*)^2 + (a^*_{0} - a^*)^2 + (b^*_{0} - b^*)^2} \quad (\text{Equação 2})$$

O WI (Equação 3) auxilia na avaliação do esbranquiçamento dos purês de abóbora durante o armazenamento (BOLIN; HUXSOLL, 1991).

$$WI = 100 - \sqrt{(100 - L^*)^2 + a^{*2} + b^{*2}} \quad (\text{Equação 3})$$

4.6.4 Aceitabilidade da cor

As alterações na aceitabilidade da cor dos purês de abóbora durante o armazenamento foram acompanhadas com a análise sensorial.

O estudo foi realizado com um grupo de 18 julgadores, entre 18 – 35 anos, não treinados, recrutados entre estudantes e funcionários da instituição, que não tiveram participação direta em outras etapas do trabalho. Grupos com números semelhantes de julgadores foram utilizados em outros estudos envolvendo a estabilidade de alimentos durante o armazenamento (ROCHA; MORAIS, 2003; ROSCHUMILLAS et al., 2007).

Nos diferentes períodos de armazenamento, os julgadores receberam a amostra de cada purê de abóbora, em uma placa de Petri, e avaliaram a cor dos purês utilizando uma escala hedônica estruturada de nove pontos, onde 1 significa ‘desgostei extremamente’ e 9 ‘gostei extremamente’ (Anexo A). O ponto 6 (‘gostei ligeiramente’) foi tomado como média mínima para um produto ser considerado aceitável (MEILGAARD; CIVILLE; CARR, 2007).

4.7 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Todas as análises foram realizadas em triplicata ($n = 3$), com uma unidade amostral proveniente de cada lote. Todo tratamento estatístico dos dados foi realizado utilizando o software Statistica 7.0 (STATSOFT, 2004).

Para avaliação do efeito do processamento na composição de carotenóides, os dados obtidos foram submetidos a análise de variância (ANOVA) e teste de separação de médias de Tukey para verificação de diferenças significativas entre as etapas de processamento.

Os resultados das análises de estabilidade dos purês de abóbora durante o armazenamento também foram submetidos a análise de variância (ANOVA) e teste de separação de médias de Tukey, para verificar alterações significativas destes valores ao longo do tempo. Também foram observadas possíveis correlações (r) entre os dados de colorimetria instrumental e concentração de carotenóides durante o armazenamento.

Em todas as análises foram observados, previamente à realização dos testes, os pressupostos da análise de variância, como independência e distribuição normal dos resíduos e homogeneidade de variâncias.

Para todos os testes estatísticos citados foi tomado como critério mínimo o nível de significância de 5 % ($p < 0,05$).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 OBTENÇÃO DOS PURÊS

Através do processamento proposto foram obtidos os purês de abóbora *Cucurbita moschata* ‘Menina Brasileira’ e *Cucurbita maxima* ‘Exposição’ (Figura 9).



Figura 9 Purês de abóbora *C. moschata* ‘Menina Brasileira’ e *C. maxima* ‘Exposição’. Fonte: Acervo do autor (2010).

Devido à baixa acidez da polpa de abóbora, e com objetivo de dispensar a refrigeração, o processamento térmico de esterilização comercial foi adotado para dar a segurança microbiológica necessária para o produto. A escolha da combinação temperatura/tempo deve objetivar a eliminação de microrganismos com alteração mínima de nutrientes e propriedades sensoriais. Não foram encontradas publicações envolvendo a determinação do binômio tempo/temperatura na esterilização de purês de abóbora, sendo a escolha dos tempos e temperaturas utilizados neste estudo realizada com base em trabalhos envolvendo produtos semelhantes, como purês de tomate (KREBBERS et al., 2003; ORDÓÑEZ-SANTOS et al., 2009), manga (VÁSQUEZ-CAICEDO et al., 2007a) e abobrinha (GUINEBRETIERE et al., 2003).

Após o corte das frutas, foi observado que a abóbora ‘Menina Brasileira’ apresentou, em média, para cada 100 g de fruta, $1,5 \pm 0,4$ g de sementes e $1,3 \pm 0,2$ g de outros resíduos, que incluem fibras que cercam as sementes, partes com patologias visíveis, entre outros. A abóbora ‘Exposição’ apresentou $3,9 \pm 0,3$ g de sementes e $2,4 \pm 0,2$ g de outros resíduos, para cada 100 g de fruta. Em ambas as espécies, houve perda de massa durante o cozimento das abóboras. Em média, cada 100 g de abóbora crua, levaram a obtenção de aproximadamente $94,1 \pm 1,0$ g de abóbora ‘Menina Brasileira’ e $92,6 \pm 1,3$ g de abóbora ‘Exposição’

cozidas. Essa perda de massa não é devida a perda de água, uma vez que foram observadas ligeiras incorporações de água durante o cozimento em ambas as espécies de abóbora (Tabela 3), tratando-se provavelmente da perda de compostos solúveis em água, como açúcares e proteínas, durante a etapa de cozimento no vapor.

Tabela 3 Teores de umidade (g/100 g) em amostras de abóbora em diferentes etapas do processamento

	Umidade (g/100 g)	
	'Menina Brasileira'	'Exposição'
Abóbora Crua	90,25 ± 0,13 ^a	91,35 ± 0,13 ^a
Abóbora Cozida	92,22 ± 0,07 ^b	92,85 ± 0,21 ^b
Purê	92,24 ± 0,08 ^b	93,01 ± 0,08 ^b

* Letras distintas na mesma coluna indicam uma diferença significativa entre dois níveis a $p < 0,05$ (Teste de Tukey).

Ainda sobre o processamento, o descasque, considerando as cascas e as perdas de polpa decorrentes desta operação, representou 13,3 ± 0,6 % (m/m) para a abóbora 'Menina Brasileira' e 23,6 ± 1,2 % (m/m) para abóbora 'Exposição', da massa total da respectiva abóbora cozida. A perda de massa observada durante o tratamento térmico em autoclave pode ser considerada insignificante (< 0,01 g/100 g).

Com os valores obtidos durante e após o processamento foi possível calcular, gravimetricamente, os rendimentos das produções dos purês, através da relação entre a massa original das abóboras e a quantidade de purê obtido após o processo. Foram obtidos rendimentos de 84,0 ± 0,6 % (m/m) e 70,1 ± 1,5 % (m/m) na produção dos purês de abóbora 'Menina Brasileira' e 'Exposição', respectivamente, ou seja, para cada 1 kg da respectiva abóbora *in natura*, foi possível obter aproximadamente 840 g de purê de abóbora 'Menina Brasileira' e 700 g de purê de abóbora 'Exposição'. Esse rendimento menor da segunda variedade de abóbora pode ser justificado pela própria anatomia vegetal da espécie *C. maxima* 'Exposição', que apresenta menor teor de polpa e maior dificuldade para o descasque após o cozimento. Apesar de representarem um ótimo rendimento de produção, é muito importante ressaltar que o rendimento citado serve apenas como uma estimativa para uma escala industrial, visto que o rendimento decorrente de um processamento é variável, e pode ser significativamente alterado dependendo das condições de trabalho, equipamentos empregados, tecnologia disponível, entre outros fatores.

5.2 ANÁLISE MICROBIOLÓGICA

Em nenhuma das amostras de purê de abóbora foram observadas variações de pH maiores do que 0,2 nas 5 unidades amostrais incubadas por 10 dias a 37°C. Também não foram verificadas alterações nas 5 unidades amostrais incubadas por 5 dias a 55°C. Em nenhum dos ensaios foi verificado vazamento, estufamento nas tampas ou modificações visíveis nas características sensoriais dos purês de abóbora após o período de incubação.

Devido às características de nutrientes e parâmetros físico-químicos, como o pH maior do que 4,5, o purê de abóbora é um alimento de risco sob o aspecto microbiológico. Além da aplicação das boas práticas de fabricação durante todo o processo, o tratamento térmico empregado deve ser eficiente neste aspecto. Algumas cepas patogênicas do gênero *Bacillus* e *Clostridium* spp., por exemplo, produzem esporos resistentes ao calor, podendo sobreviver a temperaturas acima de 100°C por alguns minutos. Esses micro-organismos são largamente distribuídos no solo, sendo potenciais contaminantes de produtos vegetais (CARLIN et al., 2000; GUINEBRETIERE et al., 2003; JAY, 2005).

Portanto, os resultados dos ensaios demonstraram que os produtos podem ser considerados comercialmente estéreis, o que segundo a WHO/FAO (1993) significa a “ausência de micro-organismos capazes de se reproduzir no produto em condições não refrigeradas existentes durante a fabricação, armazenamento e distribuição”, confirmando a eficiência do processamento térmico aplicado na produção dos purês de abóbora *C. moschata* ‘Menina Brasileira’ e *C. maxima* ‘Exposição’.

5.3 COMPOSIÇÃO QUÍMICA

As composições químicas médias dos purês de abóbora *C. moschata* ‘Menina Brasileira’ e *C. maxima* ‘Exposição’ estão apresentadas na Tabela 4.

Ambos os purês apresentaram elevados valores de umidade, baixos valores de proteínas e lipídeos, com reduzidos valores calóricos. As características observadas são peculiares das abóboras cruas, conforme apresentado na revisão deste trabalho (Tabela 1), lembrando que variações de composição em um mesmo tipo de fruto podem ocorrer por vários fatores, como espécie, cultivar, condições de cultivo, tratamento pós-colheita, condições de estocagem, entre outros (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

Tabela 4 Composição química média (g/100g) dos purês de abóbora 'Menina Brasileira' e 'Exposição'

Componente (g/100 g)	Purê de abóbora 'Menina Brasileira'	Purê de abóbora 'Exposição'
Umidade	92,24 ± 0,08	93,01 ± 0,08
Carboidratos	6,52 ± 0,75	6,00 ± 0,45
Fibra alimentar	1,71 ± 0,08	1,85 ± 0,10
Fibra solúvel	0,73 ± 0,04	1,01 ± 0,06
Fibra insolúvel	0,99 ± 0,05	0,84 ± 0,04
Proteínas	0,68 ± 0,03	0,38 ± 0,03
Cinzas	0,51 ± 0,01	0,54 ± 0,01
Lipídeos	< 0,10	< 0,10
Valor calórico (Kcal)	23,03 ± 2,49	18,40 ± 1,45

Os valores de carboidratos e fibras não são elevados se comparados com outras frutas e hortaliças (TACO, 2006).

Geralmente, o conteúdo de amido em abóboras é baixo, menor do que 3 %, embora algumas variedades possam chegar a teores maiores (STEVENSON et al., 2007). Corrigan, Irvin e Potter (2000) investigaram a composição de açúcares e a doçura de oito cultivares de *C. maxima* cultivadas na Nova Zelândia, observando uma redução do amido durante a estocagem, enquanto eram alteradas as proporções relativas de glicose, frutose e sacarose.

Estudos envolvendo polissacarídeos da abóbora, livres ou ligados a proteínas, têm demonstrado a capacidade destes compostos de aumentar os níveis séricos de insulina, reduzir glicose sanguínea e aumentar a tolerância a glicose, demonstrando um potencial para controle de diabetes (QUANHONG et al., 2005; CAILI; HUAN; QUANHONG, 2006; CAILI et al., 2007).

As fibras alimentares incluem todos os polissacarídeos da dieta que não são digeridos pelas secreções endógenas no trato gastrointestinal humano. Os componentes solúveis das fibras, que incluem polissacarídeos pécnicos, podem através do aumento da viscosidade e propriedade de formação de gel atrasar o esvaziamento gástrico e possibilitar a redução da taxa de absorção no intestino delgado, propriedade importante para casos de diabetes, por exemplo. Além disso, as fibras alimentares têm a capacidade de ligar-se a diferentes substâncias, como sais biliares e glicose, o que tem implicações no

metabolismo do colesterol e controle de diabetes, respectivamente (FENNEMMA, 1993; DE ESCALADA PLA et al., 2007). De Escala Pla et al. (2007) destacaram as propriedades de hidratação de frações de fibra extraídas da abóbora *C. moschata*, principalmente devido a concentrações de ramnoglacturonana I (RG-I). Os autores também destacam a boa capacidade de retenção de glicose destas frações.

Apesar de o exposto considerar a possibilidade de propriedades nutricionais e tecnológicas interessantes para os carboidratos e fibras dos purês de abóbora ‘Menina Brasileira’ e ‘Exposição’, é possível que ocorra variações no conteúdo de açúcares e polissacarídeos da polpa de abóbora, dependendo da cultivar, condições de armazenamento ou processamento da fruta (RATNAYAKE; MELTON; HURST, 2003), portanto somente trabalhos posteriores podem esclarecer melhor a composição e o perfil de carboidratos e fibras dos purês de abóbora, bem como suas propriedades funcionais e tecnológicas.

5.4 COMPOSIÇÃO DE CAROTENÓIDES

Os cromatogramas obtidos para a composição de carotenóides das amostras das abóboras *Cucurbita moschata* ‘Menina Brasileira’ e *Cucurbita maxima* ‘Exposição’, cruas, cozidas e purês, estão apresentados nas Figuras 10 e 11, respectivamente, enquanto os parâmetros para identificação dos picos são apresentados na Tabela 5.

Como já esperado, carotenóides mais polares, com grupos epóxi ou hidroxilas, como violaxantina e luteína, eluem primeiro na coluna de fase reversa. Depois, eluem os carotenos, como ζ -caroteno, α -caroteno, β -caroteno e *cis*- β -caroteno, nesta ordem. Todos os carotenóides foram identificados a partir de dados cromatográficos, como tempo de retenção e ordem de eluição na coluna; do espectro UV/visível ($\lambda_{m\acute{a}x}$ e estrutura fina % III/II), em pelo menos dois solventes diferentes; co-cromatografia com padrões e reações químicas, conforme recomendado por Pfander et al. (1994) e Schiedt e Liaaen-Jensen (1995), citados por Rodriguez-Amaya (1999) e Azevedo-Meleiro e Rodriguez-Amaya (2004).

O composto correspondente ao pico 3 (Figura 11) não foi identificado, pois não foram encontrados na literatura, nas mesmas condições cromatográficas empregadas, dados cromatográficos e espectro de absorção semelhante para comparação. Tampouco foi obtido seu isolamento em cromatografia de coluna aberta, impossibilitando assim sua identificação.

Tabela 5 Parâmetros de identificação dos carotenóides nas amostras de abóboras 'Menina brasileira' e 'Exposição' cruas, cozidas e purês

P_a	Tr_b (min)	Carotenóide	$\lambda_{\text{máx}}$ (nm) ^c	$\lambda_{\text{máx}}$ (nm) ^d % III/II	Resposta as reações químicas
1	8,1-8,3	Violaxantina	418, 441, 470	415, 439, 468 97	Positivo para 5,6-epóxido (2 grupos), acetilação (2 grupos OH) e <i>trans</i>
2	9,5-11,5	Luteína	424, 447, 475	417, 441, 469 55	Positivo para acetilação (2 grupos OH), metilação (1 OH alílico) e <i>trans</i>
3	10,7-12,8	Pico 3	424, 447, 475	-	-
4	13,6-13,9	Pico 4	(427), 453, 479	-	-
5	23,5-23,9	Pico 5	424, 447, 474	-	-
6	30,4-32,1	ζ -caroteno	378, 401, 426	375, 395, 420 110	Positivo para <i>trans</i>
7	31,1-32,8	α -caroteno	422, 447, 475	421, 443, 471 50	Positivo para <i>trans</i>
8	32,1-34,4	β -caroteno	(428), 454, 481	(423), 448, 475 24	Positivo para <i>trans</i>
9	33,2-35,4	<i>cis</i> - β -caroteno	(422), 447, 471	-	-

^a P = Pico. Numerado conforme as Figuras 10 e 11

^b Tr = Tempo de retenção. Faixa encontrada após 54 corridas cromatográficas.

^c $\lambda_{\text{máx}}$ (nm) na fase móvel (CLAE)

^d $\lambda_{\text{máx}}$ (nm) em éter de petróleo (espectrofotômetro)

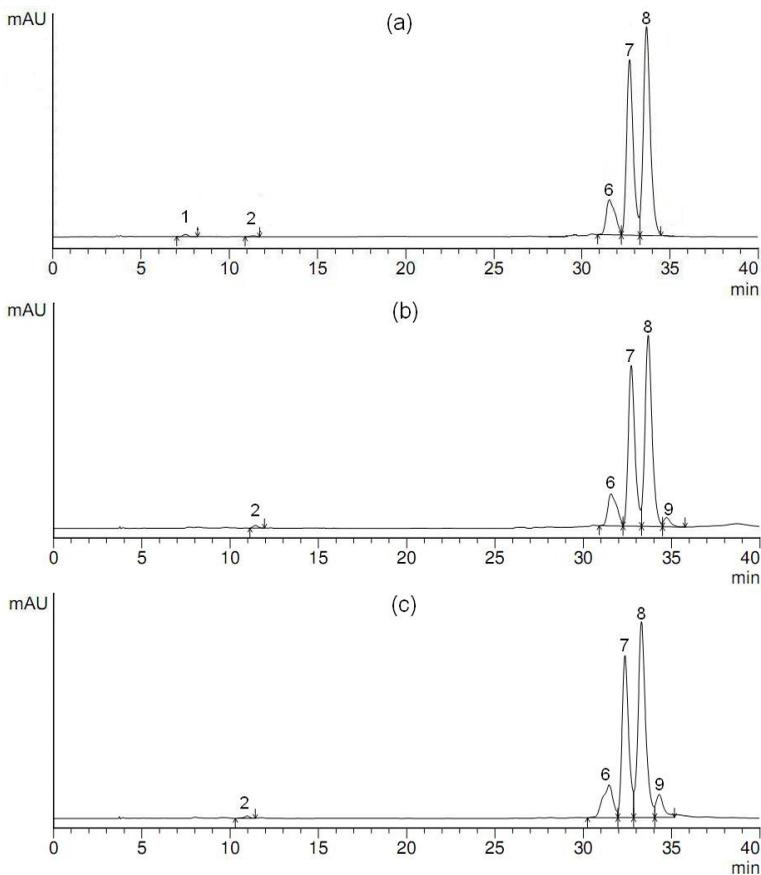


Figura 10 Cromatogramas obtidos por CLAE para amostras de abóbora ‘Menina Brasileira’ crua (a), cozida (b) e purê (c), segundo condições descritas por Kimura e Rodriguez-Amaya (2002)

Os compostos correspondentes aos picos 4 e 5 apresentam dados cromatográficos e espectro de absorção UV-visível semelhantes aos carotenóides zeaxantina e α -criptoxantina, respectivamente, observados em outro trabalho envolvendo as mesmas espécies de abóbora (AZEVEDO-MELEIRO; RODRIGUEZ-AMAYA, 2007). Porém, por estarem presentes em baixas concentrações, também não foi possível obter seu isolamento através da cromatografia de coluna aberta, logo não foram obtidos espectros em outros solventes, nem realizadas as reações químicas necessárias, podendo ser considerado apenas um

indicativo da sua identidade. Picos menores também foram desprezados. Tipicamente, de um a quatro carotenóides são os principais na espécie, com uma série de outros carotenóides em baixas concentrações ou em traços (RODRIGUEZ-AMAYA, 1999; AZEVEDO-MELEIRO; RODRIGUEZ-AMAYA, 2004).

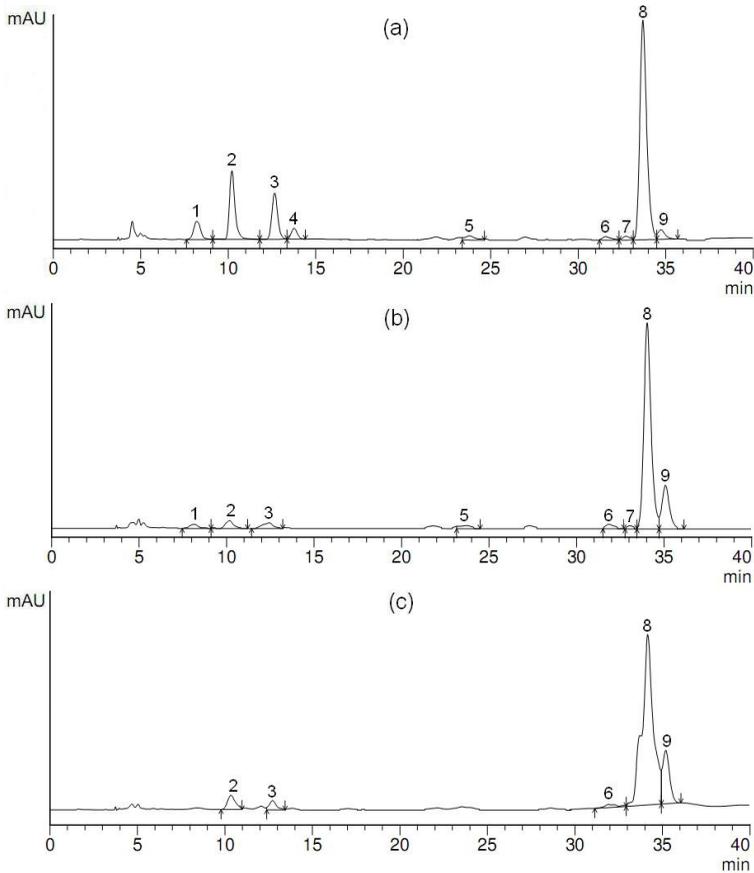


Figura 11 Cromatogramas obtidos por CLAE para amostras de abóbora 'Exposição' crua (a), cozida (b) e purê (c), segundo condições descritas por Kimura e Rodriguez-Amaya (2002).

Conforme pode ser visualizado nos cromatogramas, para amostras da espécie *C. moschata* ‘Menina Brasileira’ os principais carotenóides observados foram β -caroteno e α -caroteno, com menores quantidades de ζ -caroteno, violaxantina e luteína, além de isômeros *cis* do β -caroteno em amostras cozidas e nos purês. Em amostras da espécie *C. maxima* ‘Exposição’, o carotenóide majoritário em todos os grupos foi o β -caroteno, seguido de violaxantina e luteína na amostra crua, e aumento de isômeros *cis* do β -caroteno em amostras cozidas e nos purês (Figura 12).

As concentrações de carotenóides totais e dos carotenóides identificados por CLAE nas amostras cruas, cozidas e nos purês de abóbora estão apresentados na Tabela 6. As curvas padrões foram construídas com quatro diferentes concentrações para cada carotenóide, em duplicata, sendo lineares, com passagem forçada pela origem. As purezas dos padrões, determinadas através da CLAE, foram de 92 % para luteína e 98 % para α -caroteno e β -caroteno, com coeficientes de correlação (R^2) das curvas-padrões de 0,9928, 0,9941 e 0,9933, respectivamente.

As concentrações iniciais de carotenóides em ambas as espécies de abóbora podem ser consideradas satisfatórias quando comparadas a encontradas em outros vegetais presentes na dieta, conforme apresentado na revisão deste trabalho. Porém, os resultados diferem qualitativamente e quantitativamente dos reportados em outros trabalhos envolvendo as mesmas espécies e/ou variedades de abóbora.

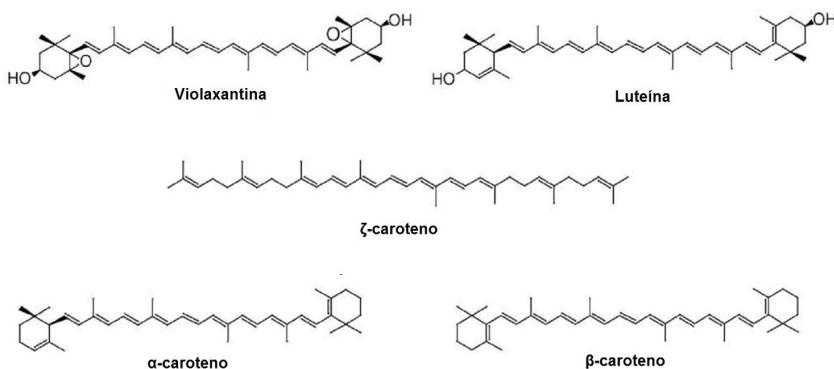


Figura 12 Estrutura dos principais carotenóides encontrados nas amostras das abóboras ‘Menina Brasileira’ e ‘Exposição’ cruas, cozidas e purês

Tabela 6 Carotenóides totais ($\mu\text{g/g}$) e concentrações dos carotenóides ($\mu\text{g/g}$) identificados por CLAE nas amostras de abóbora ‘Menina Brasileira’ e ‘Exposição’

Carotenóide	Abóbora 'Menina Brasileira'		
	Crua	Cozida	Purê
Violaxantina	1,19 \pm 0,10	ND	ND
Luteína	0,59 \pm 0,18	0,54 \pm 0,03	0,58 \pm 0,08
ζ -caroteno	4,62 \pm 0,13	3,79 \pm 0,34	4,21 \pm 0,09
α -caroteno	12,60 \pm 1,56	11,13 \pm 0,85	11,47 \pm 1,76
β -caroteno	19,45 \pm 2,55	17,39 \pm 1,27	17,81 \pm 0,56
<i>cis</i> - β -caroteno	ND	0,82 \pm 0,13	1,98 \pm 0,21
Carotenóides totais	40,75 \pm 1,12	38,60 \pm 1,45	37,72 \pm 1,72
	Abóbora 'Exposição'		
	Crua	Cozida	Purê
Violaxantina	3,08 \pm 0,56	0,91 \pm 0,08	ND
Luteína	10,43 \pm 0,13	2,03 \pm 0,49	2,38 \pm 0,49
ζ -caroteno	0,30 \pm 0,01	0,32 \pm 0,02	0,27 \pm 0,03
α -caroteno	0,43 \pm 0,05	< 0,10	ND
β -caroteno	13,38 \pm 2,25	12,07 \pm 1,16	11,62 \pm 2,39
<i>cis</i> - β -caroteno	0,55 \pm 0,15	2,75 \pm 0,08	2,38 \pm 0,52
Carotenóides totais	34,66 \pm 1,20	24,24 \pm 3,08	23,09 \pm 1,78

ND = Não detectado

Azevedo-Meleiro e Rodriguez-Amaya (2007) também observaram para *C. moschata* ‘Menina Brasileira’ um predomínio de β -caroteno e α -caroteno, porém com concentrações superiores destes carotenóides, 66,7 \pm 9,1 $\mu\text{g/g}$ vs 19,45 \pm 2,55 $\mu\text{g/g}$ para o β -caroteno e 26,8 \pm 5,1 $\mu\text{g/g}$ vs 12,60 \pm 1,56 $\mu\text{g/g}$ para α -caroteno. Também observaram quantidades muito superiores de luteína (17,4 \pm 3,5 $\mu\text{g/g}$). Para a espécie *C. maxima* ‘Exposição’, o principal carotenóide observado foi a violaxantina (20,6 \pm 3,3 $\mu\text{g/g}$), que no presente trabalho teve concentração de apenas 3,08 \pm 0,56 $\mu\text{g/g}$. O β -caroteno foi o segundo carotenóide em quantidade encontrado pelos pesquisadores, com concentração de 15,4 \pm 4,2 $\mu\text{g/g}$ vs 13,38 \pm 2,25 $\mu\text{g/g}$ deste estudo, onde esse carotenóide foi o majoritário nesta espécie.

De um modo geral, as faixas de concentrações citadas na literatura são amplas. Arima e Rodriguez-Amaya (1990), também citado por Rodriguez-Amaya et al. (2008), referem a concentrações de 14 - 79 $\mu\text{g/g}$ de β -caroteno e 8,3 - 42 $\mu\text{g/g}$ de α -caroteno para abóboras *C. moschata* 'Menina Brasileira', e 3,1 - 28 $\mu\text{g/g}$ de β -caroteno e 0 - 0,2 $\mu\text{g/g}$ de α -caroteno para abóboras *C. maxima* 'Exposição'.

Amplas faixas de concentrações também foram descritas por Murkovic, Mulleder e Neunteufl (2002) para espécies e variedades de abóboras comercializadas na Áustria. Para variedades da espécie *C. moschata* as concentrações variaram de 31 - 71 $\mu\text{g/g}$ de β -caroteno e 9,8 - 59 $\mu\text{g/g}$ de α -caroteno. Para variedades da espécie *C. maxima* foram detectadas concentrações de 14 - 74 $\mu\text{g/g}$ de β -caroteno e 0 - 75 $\mu\text{g/g}$ de α -caroteno.

Pode ser observado, que não há, entre os trabalhos publicados na literatura, homogeneidade em relação aos valores de carotenóides das diferentes espécies e variedades de abóbora, havendo grandes variações em composição e concentração.

De fato, diferenças qualitativas e quantitativas de nutrientes entre cultivares e variedades são bastante exploradas. Além disso, diferenças ambientais, como temperatura, disponibilidade de nutrientes, solo, luminosidade, intensidade de sol, pós-colheita, entre outros também podem afetar significativamente a biossíntese e metabolismo de carotenóides (RODRIGUEZ-AMAYA, 1999; CAZZONELLI; POGSON, 2010). A relação entre esses fatores e os níveis de carotenóides nem sempre é de simples explicação. Por exemplo, em vegetais folhosos que crescem em campos abertos, os níveis de carotenóides são menores no verão, provavelmente devido a fotodegradação, e a proteção com plásticos durante o cultivo pode aumentar as concentrações de carotenóides. Por outro lado, essa mesma proteção pode reduzir os níveis destes pigmentos se o cultivo ocorrer durante o inverno (AZEVEDO-MELEIRO; RODRIGUEZ-AMAYA, 2005).

Na maioria dos casos, a biossíntese de carotenóides é reduzida com a diminuição da temperatura (BRITTON, 1998). Estudos envolvendo mamões, goiabas e mangas cultivadas em duas regiões do Brasil, no Nordeste, onde as temperaturas médias são mais elevadas, e no Sudeste, que possui o clima mais moderado, demonstraram que o conteúdo de β -caroteno pode aumentar em até 4 vezes em amostras cultivadas em um clima com temperaturas mais elevadas. Isso também foi observado em cajus, onde frutas da região Nordeste apresentaram maior conteúdo de carotenóides totais e vitamina A do que as cultivadas

na região Sudeste do Brasil (ASSUNÇÃO; MERCADANTE, 2003). De Rosso e Mercadante (2005) observaram maiores concentrações de carotenóides em acerolas colhidas em 2004 em comparação a acerolas da safra de 2003, na mesma região de cultivo, relacionando esse aumento com maiores temperaturas e tempo de exposição ao sol do segundo ano de pesquisa. Podem ser observadas inclusive, em alguns casos, alterações qualitativas na composição de carotenóides do vegetal. Em frutas e suco de caju, por exemplo, a β -criptoxantina foi observada como composto majoritário em frutas da região Nordeste, mas o β -caroteno foi majoritário na Sudeste (ASSUNÇÃO; MERCADANTE, 2003). As abóboras utilizadas neste trabalho foram cultivadas na região Sul do Brasil, mais especificamente na região serrana de Santa Catarina, onde as temperaturas médias são menores, e isso pode ser um dos fatores que levaram a resultados diferentes dos publicados por outros trabalhos.

Além da questão climática, o estágio de maturação também tem um efeito importante em alguns vegetais quando se trata da composição de carotenóides (RODRIGUEZ-AMAYA, 2000). As abóboras mostram uma grande variação entre lotes de um mesmo cultivar, atribuídos a diferenças no estágio de maturação, porque essas frutas podem ser estocadas por um longo período, tendo uma vida de prateleira estendida, enquanto o metabolismo dos carotenóides continua (AZEVEDO-MELEIRO; RODRIGUEZ-AMAYA, 2007). Arima e Rodriguez-Amaya (1988) encontraram um aumento de 5,4 para 79,6 $\mu\text{g/g}$ de carotenóides totais durante a maturação de abóboras *C. moschata* 'Menina Brasileira'. O ζ -caroteno, por exemplo, que neste trabalho é encontrado em concentrações de $4,62 \pm 0,13 \mu\text{g/g}$ para abóbora 'Menina Brasileira' crua, é um composto intermediário da síntese dos demais carotenóides, como α -caroteno e β -caroteno, que por sua vez, em muitos casos são intermediários da síntese de xantofilas. Amplas revisões sobre a biossíntese de carotenóides e sua regulação podem ser encontradas nos trabalhos de Fraser e Bramley (2004), Kopsell e Kopsell (2006) e Cazzonelli e Pogson (2010).

Somados a todos os fatores descritos, há ainda possíveis variações analíticas, que envolvem a metodologia utilizada, equipamento, analista, entre outros fatores, que também podem interferir diretamente no resultado (RODRIGUEZ-AMAYA, 1999; RODRIGUEZ-AMAYA et al., 2008).

Com muitas duplas ligações ao longo de sua cadeia carbônica, os carotenóides são instáveis na presença de luz, calor, ácidos e oxigênio. Dependendo da severidade do processamento, diversas reações de

degradação podem ocorrer. O β -caroteno, por exemplo, pode sofrer reações de oxidação, formando epóxidos, compostos carbonílicos e outros fragmentos menores, ou ainda de isomerização *cis-trans*, podendo alterar a cor do alimento e atividade biológica destes pigmentos (RODRIGUEZ-AMAYA, 1999; DUTTA et al., 2006; GAMA; SYLOS, 2007). Isômeros *cis* tem demonstrado menor capacidade antioxidante e atividade de provitamina A do que os respectivos isômeros *trans* (SCHIEBER; CARLE, 2005).

As Figuras 13 e 14 apresentam as concentrações, calculadas com base na massa do alimento cru, e as retenções reais dos carotenóides (RR%) durante o processamento dos purês de abóbora 'Menina Brasileira' e 'Exposição', respectivamente.

Em quase todos os casos onde houve reduções das concentrações de carotenóides, pode ser observado que isso ocorreu principalmente devido ao cozimento. Para as amostras de abóbora 'Menina Brasileira' foram observadas, após o cozimento, reduções de 11,0 % de carotenóides totais e 23,7 % de ζ -caroteno, além da não detecção da violaxantina. Ainda após o cozimento, foram observadas reduções de 17,9 % e 16,9 %, entre os carotenóides majoritários, α -caroteno e β -caroteno, respectivamente, apesar das concentrações não serem consideradas significativamente diferentes das obtidas para abóbora crua, após a aplicação do teste de Tukey ($p < 0,05$), possivelmente devido a variabilidade dos dados, considerada normal em uma análise de carotenóides. Perdas percentuais semelhantes (~18 %) de carotenóides totais também foram encontradas por Gama e Sylos (2007), após a pasteurização e concentração de sucos de laranja, sem que as concentrações fossem consideradas significativamente diferentes.

Em todos os casos citados, não houve aumento significativo das perdas após a etapa de esterilização comercial. Um pequeno percentual de isomerização do β -caroteno foi verificada após o cozimento e esterilização comercial, porém as concentrações dos isômeros *cis*- β -caroteno nos purês não são elevadas.

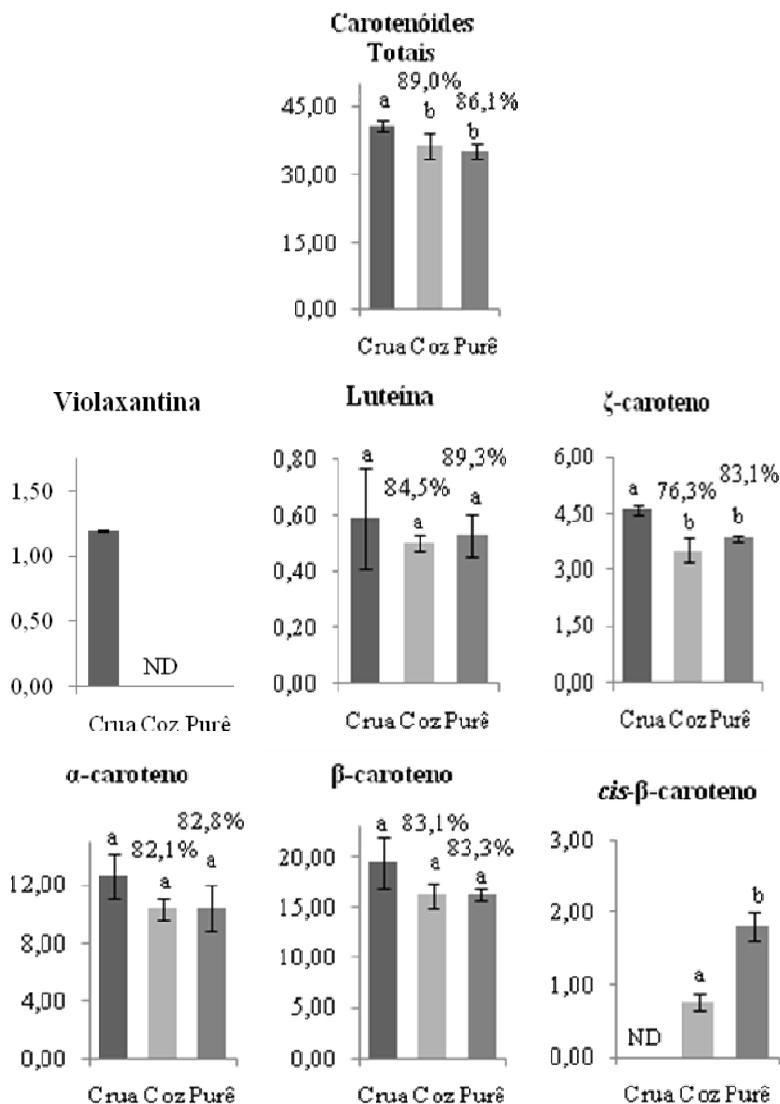


Figura 13 Concentração de carotenóides ($\mu\text{g/g}$), com base na massa do alimento cru, e retenção real de carotenóides (RR%) das amostras cruas, cozidas e purês de abóbora 'Menina Brasileira'. Coz = Cozida. * Letras distintas na mesma coluna indicam uma diferença significativa entre dois níveis a $p < 0,05$ (Teste de Tukey). ** As barras representam os respectivos desvios-padrões.

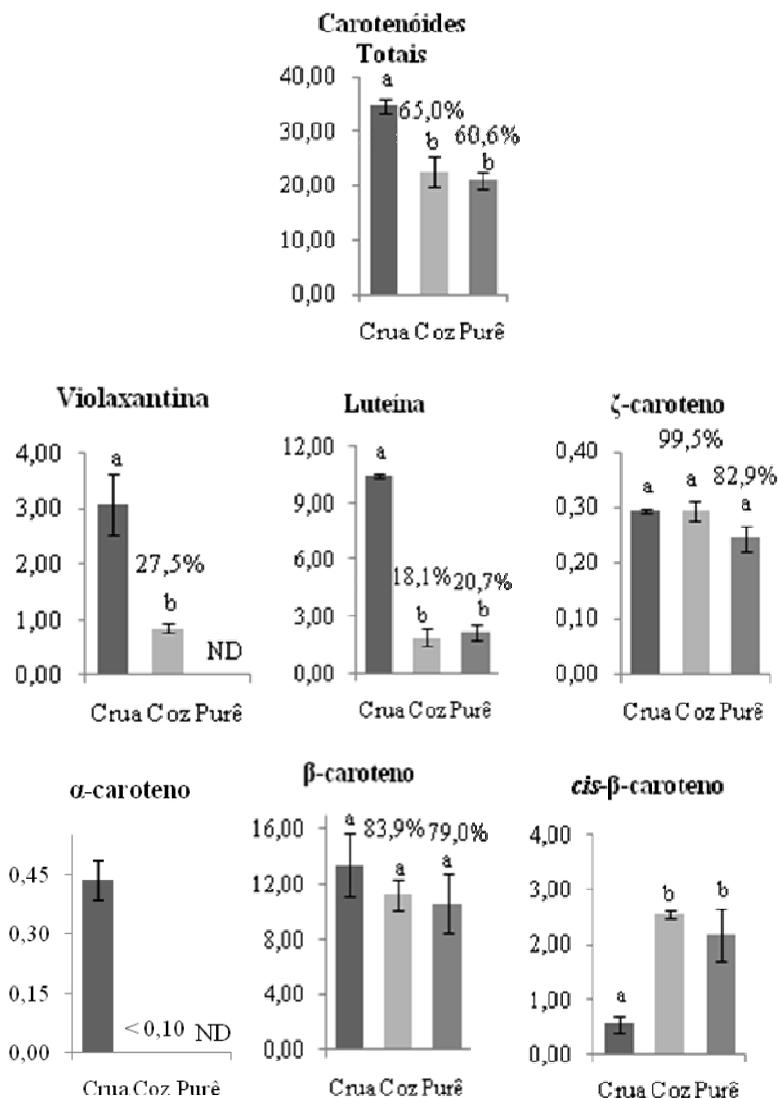


Figura 14 Concentração de carotenóides ($\mu\text{g/g}$), com base na massa do alimento cru, e retenção de carotenóides (%) das amostras cruas, cozidas e purês de abóbora 'Exposição'. Coz = cozida. * Letras distintas na mesma coluna indicam uma diferença significativa entre dois níveis a $p < 0,05$ (Teste de Tukey). ** As barras representam os respectivos desvios-padrões.

Resultados semelhantes foram observados para as amostras da abóbora ‘Exposição’, onde após o cozimento houve reduções significativas de luteína (81,9 %) e violaxantina (72,5 %), sendo que a violaxantina foi totalmente degradada após o tratamento de esterilização comercial. As altas perdas destes compostos e outras xantofilas provavelmente foram as principais responsáveis pela redução significativa de carotenóides totais (35 %). O α -caroteno e ζ -caroteno também foram afetados pelo cozimento e tratamento térmico, embora seja difícil avaliar a retenção de carotenóides que estão presentes em traços ou baixas concentrações ($< 1 \mu\text{g/g}$) (DE SÁ; RODRIGUEZ-AMAYA, 2004), por isso, suas perdas não foram consideradas importantes. Para o β -caroteno foram observadas perdas de 16,1 % e 21,0 % após o cozimento e esterilização comercial, respectivamente, porém novamente as concentrações não foram consideradas significativamente diferentes da amostra de abóbora crua ($p < 0,05$).

Isômeros *cis* do β -caroteno foram observados inclusive para amostras de abóboras ‘Exposição’ crua. De fato, algumas frutas apresentam naturalmente isômeros *cis* de carotenóides, como a manga (VASQUEZ-CAICEDO et al., 2007a). Porém, como não foi reportada sua presença em outros trabalhos envolvendo carotenóides em abóboras, é mais provável que sua presença se dê devido a etapa de saponificação empregada na análise, que pode provocar um pequeno percentual de perdas e isomerização (RODRIGUEZ-AMAYA, 1999). Assim como para as amostras *C. moschata* ‘Menina Brasileira’, o processamento também provocou um ligeiro aumento nas concentrações destes isômeros.

De um modo geral, os carotenos, como α -caroteno e β -caroteno em amostras de abóbora ‘Menina Brasileira’ e o β -caroteno em amostras de abóbora ‘Exposição’, obtiveram retenções satisfatórias após o processamento, demonstrando maior estabilidade aos tratamentos térmicos (cozimento e esterilização comercial) do que xantofilas, o que é facilmente justificado devido a estrutura deste segundo grupo, com oxigênio presente na molécula. A violaxantina, por exemplo, um epóxi-carotenóide, foi observada em ambas as amostras de abóbora cruas, mas não foi detectada nos purês, sendo degradada durante o processamento. As perdas de luteína após o cozimento das abóboras ‘Exposição’ (81,9 %) também demonstram instabilidade. Provavelmente, o mesmo só não foi observado nas amostras de abóbora ‘Menina Brasileira’ devido à quantidade presente deste carotenóide na amostra ($< 1 \mu\text{g/g}$), pois normalmente esse carotenóide não apresenta uma boa retenção após tratamento térmico (DE SÁ; RODRIGUEZ-AMAYA, 2004).

De Sá e Rodriguez-Amaya (2004) relataram altas perdas de violaxantina, em vegetais verdes após o cozimento. Zepka e Mercadante (2009) também verificaram desaparecimento de algumas xantofilas durante o tratamento térmico de sucos de caju, enquanto carotenos sofriam menores modificações. Resultados semelhantes foram descritos por Gama e Sylos (2007) no processamento de sucos de laranja.

Valores de retenção relativamente altos (> 75 %) para carotenos após tratamentos térmicos como branqueamento, cozimento e esterilização, tais como foram encontrados neste trabalho, são descritos por vários estudos na literatura (MARX et al., 2003; DE SÁ; RODRIGUEZ-AMAYA, 2004; LIN; CHEN, 2005a; DUTTA et al., 2006; VASQUEZ-CAICEDO et al., 2007a).

Entretanto, há outros inúmeros trabalhos onde as perdas de carotenóides após o processamento são altas. Krebbers et al. (2003) observaram perdas de até 40 % no conteúdo de licopeno após o tratamento térmico de esterilização (118°C por 20 min) em purês de tomate. Perdas semelhantes também foram encontradas por Takeoka et al. (2001).

De fato, as perdas dependem de vários fatores, como o tipo de carotenóide, concentração de oxigênio, presença de metais, pró ou antioxidantes, luminosidade, severidade do tratamento térmico, entre outros (RODRIGUEZ-AMAYA, 1999). Alguns tratamentos parecem exercer um maior efeito sobre esses compostos. A degradação de α -caroteno e β -caroteno foi mais pronunciada para cenouras cozidas em água durante 30 min do que sucos de cenoura aquecidos a 100°C por 60 min (JONSSON, 1991 apud MARX et al., 2003).

Ainda assim, as abóboras empregadas neste trabalho tiveram o mesmo tratamento térmico e diferentes índices de retenção para alguns compostos. Isso porque, além dos já citados, há ainda outros fatores importantes, intrínsecos à amostra, como o estado físico do carotenóide e a composição da matriz alimentar. Os carotenóides estão presentes nos alimentos na sua forma cristalina ou dissolvidos em gotículas de óleo. Enquanto na forma cristalina tendem a apresentar uma alta estabilidade, sua forma dissolvida em óleo tem maior potencial para ocorrência de isomerização (MARX et al., 2003; SCHIEBER; CARLE, 2005). Marx et al. (2003) relataram que o β -caroteno está presente principalmente na forma cristalina em sucos de cenoura, por isso sua relativa estabilidade durante o processamento. Vasquez-Caicedo et al. (2007a) sugerem que o β -caroteno é encontrado em gotículas de óleo em mesocarpo de mangas, por isso seu suco apresenta maior susceptibilidade a reações de isomerização durante o tratamento térmico do que o suco de cenoura.

Mesmo assim, os autores colocam que a matriz alimentar do suco de manga, composto por altos teores de pectina e fibras, conferem certa estabilidade aos carotenóides durante o processamento.

Normalmente esse tipo de estudo é realizado em sistemas modelos, pois em um sistema alimentar os mecanismos envolvidos na degradação de nutrientes são complexos e difíceis de avaliar (MERCADANTE, 2008 apud ZEPKA; MERCADANTE, 2009). Estudos envolvendo as formas físicas dos carotenóides e avaliação do efeito da matriz alimentar em purês de abóbora não foram encontrados, e poderiam esclarecer melhor os mecanismos de estabilidade dos carotenóides neste produto.

Ainda sobre o percentual de perda de carotenóides verificado após o processo, é preciso destacar também que certa quantidade de degradação destes pigmentos pode também ter um lado positivo. Várias evidências indicam que algumas substâncias voláteis, importantes para o aroma, são derivadas da degradação de pigmentos carotenóides (LEWINSOHN et al., 2005; MENDES-PINTO, 2009).

Em conclusão, pode-se dizer que a retenção de carotenóides, pelo menos em relação aos carotenos pró-vitamínicos, que foram observados como majoritários nas amostras de abóbora ‘Menina Brasileira’ e ‘Exposição’, foi considerada satisfatória, com o purê ainda contendo concentrações elevadas de carotenóides, quando comparado com outros vegetais. Seguindo a sugestão de Scott e Rodriguez-Amaya (2000), as quantidades de equivalentes em retinol não foram calculadas neste trabalho, pois as taxas de conversão dependem de inúmeros fatores, variando de acordo com o indivíduo, seu estado nutricional, outros componentes da dieta, entre outros, além do mecanismo de regulação deste processo não estar totalmente esclarecido (FRASER; BRAMLEY, 2004).

Ainda é preciso lembrar que os purês de abóbora podem ser intermediários para a produção de doces, molhos e pães, mas a estabilidade demonstrada pelos carotenos em um tratamento térmico como foi o empregado (121°C por 21 min), leva a crer que esses compostos também seriam mantidas em boas quantidades nas formulações onde o purê fosse empregado, embora isso dependa também da forma física do carotenóide e da matriz alimentar em questão.

As perdas de xantofilas foram elevadas e, apesar destes compostos não possuírem atividade pró-vitamínica, estão sendo cada vez mais valorizados, por sua ação na redução do risco de doenças degenerativas, cardiovasculares e certos tipos de cânceres (AZEVEDO-

MELEIRO; RODRIGUEZ-AMAYA, 2007). As novas tecnologias, alternativas ao tratamento térmico convencional, como a alta pressão e o campo elétrico pulsado, vem sendo investigadas para vários produtos alimentícios, e tem demonstrado uma maior retenção de nutrientes e atributos sensoriais (KREBBERS et al., 2003; PATRAS et al., 2009; ODRIOZOLA-SERRANO et al., 2009), podendo ser uma alternativa futura para produtos como purês de cenoura, abóbora e outros vegetais ricos em carotenóides.

5.5 ESTABILIDADE DOS PURÊS DE ABÓBORA DURANTE O ARMAZENAMENTO

A qualidade de um produto alimentício pode ser observada principalmente por dois aspectos: o primeiro diz respeito ao consumidor que busca características desejáveis, seja do ponto de vista econômico, nutricional, entre outros; o segundo se refere à legalidade, onde o produto passa por uma série de análises laboratoriais e é classificado dentro de padrões pré-estabelecidos e sua qualidade final é atestada. A qualidade e estabilidade dos purês de abóbora foram definidas através da avaliação de parâmetros físico-químicos, nutricionais, colorimétricos e sensoriais, além do teste microbiológico de esterilidade comercial.

Os purês de abóbora ‘Menina Brasileira’ e ‘Exposição’ foram armazenados durante 180 dias. A temperatura média de armazenamento foi de aproximadamente 23°C, com umidade relativa de 70 %, com valores variando entre 15,5 – 27,0°C e 51 – 82 %, respectivamente. Essa amplitude de valores já era esperada por não ter sido exercido qualquer controle sobre a temperatura ou umidade relativa de armazenamento, estocando os purês em local arejado, protegido da luz, mas com temperatura e umidade relativa do ambiente.

A umidade relativa de armazenamento é sem dúvida importante para vários produtos, porém a embalagem de vidro, utilizada no experimento, é uma ótima barreira a gases, vapor de água e gordura, portanto a temperatura de armazenamento é um fator mais importante a ser considerado. A condição não isotérmica foi adotada justamente para simular as condições encontradas pelo produto durante a manufatura, distribuição e estocagem nos estabelecimentos comerciais e na residência do consumidor (ZANONI et al., 2007). Porém, se faz então importante ressaltar que os resultados obtidos no estudo da estabilidade dos purês de abóbora se referem as condições de armazenamento empregadas, podendo sofrer variações quando se tratar de temperaturas mais elevadas ou reduzidas.

5.5.1 Parâmetros físico-químicos

As determinações de acidez podem fornecer um indicativo na apreciação do estado de conservação de um produto alimentício, auxiliando na detecção, por exemplo, de um processo de decomposição química ou microbiológica. Alterações nos valores de acidez dos purês de abóbora foram acompanhadas através da acidez titulável e do pH, pois embora possa existir uma relação entre eles, nem sempre são diretamente relacionados, seja pela propriedade do ácido, algum efeito tamponante da fruta, ou outros fatores (ROCHA; MORAIS, 2003; CHITARRA; CHITARRA, 2005).

Os valores de acidez titulável e pH durante o armazenamento dos purês de abóbora ‘Menina Brasileira’ e ‘Exposição’ estão expostos nas Figuras 15 e 16, respectivamente.

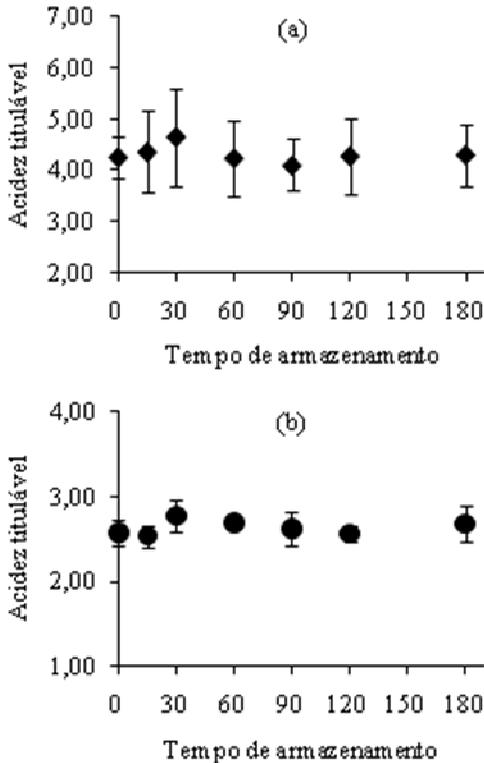


Figura 15 Valores de acidez titulável (% NaOH 1N) dos purês de abóbora ‘Menina Brasileira’ (a) e ‘Exposição’ (b) durante o armazenamento (dias)

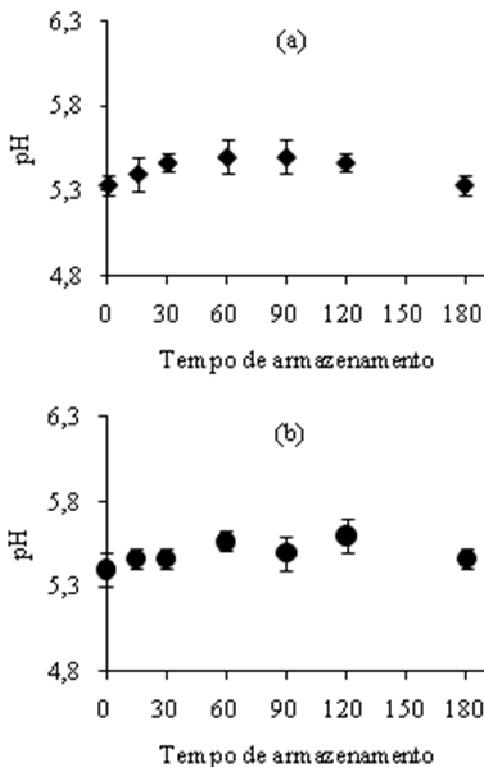


Figura 16 Valores de pH dos purês de abóbora ‘Menina Brasileira’ (a) e ‘Exposição’ (b) durante o armazenamento (dias)

Não foram observadas alterações significativas nos valores de acidez titulável e pH durante o armazenamento, com valores médios de $4,31 \pm 0,17$ % NaOH 1 N e $5,4 \pm 0,1$, para purês de abóbora ‘Menina Brasileira’, e $2,64 \pm 0,10$ % NaOH 1 N e $5,5 \pm 0,1$, para purês de abóbora ‘Exposição’.

Os valores de sólidos solúveis totais, expressos como °Brix, durante o armazenamento são apresentados na Figura 17. Também não foram observadas alterações significativas nos valores de sólidos solúveis totais durante o armazenamento, com valores médios de $6,5 \pm 0,1$ °Brix para os purês de abóbora ‘Menina Brasileira’, e $5,6 \pm 0,1$ °Brix para os purês de abóbora ‘Exposição’.

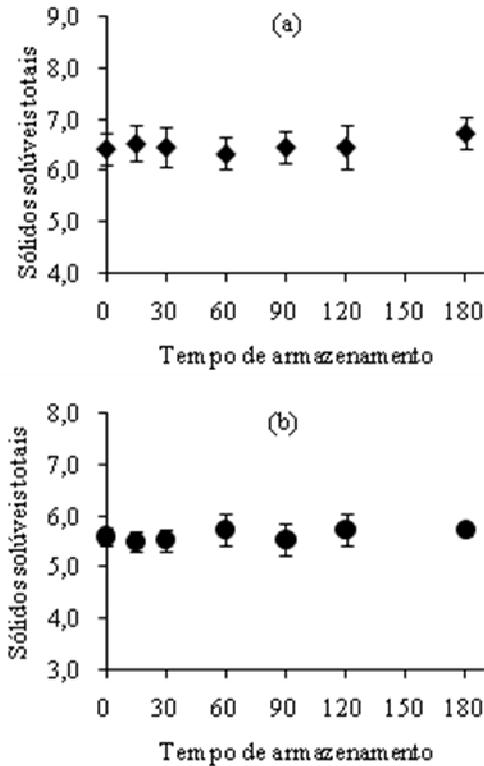


Figura 17 Valores de sólidos solúveis totais (°Brix) dos purês de abóbora ‘Menina Brasileira’ (a) e ‘Exposição’ (b) durante o armazenamento (dias)

Portanto, nenhum dos três parâmetros físico-químicos analisados sofreu alterações significativas ($p < 0,05$) durante o armazenamento dos purês de abóbora *C. moschata* ‘Menina Brasileira’ e *C. maxima* ‘Exposição’, demonstrando sua estabilidade por 180 dias.

5.5.2 Análise de carotenóides

As concentrações de carotenóides totais e dos principais carotenóides nos purês de abóbora *C. moschata* ‘Menina Brasileira’ e *C. maxima* ‘Exposição’ durante o armazenamento estão apresentadas nas Tabelas 7 e 8, respectivamente. Os cromatogramas típicos das amostras, após 180 dias de armazenamento podem ser visualizados na Figura 18.

Tabela 7 Carotenóides totais ($\mu\text{g/g}$) e concentrações dos carotenóides ($\mu\text{g/g}$) identificados por CLAE nos purês de abóbora ‘Menina Brasileira’ durante 180 dias de armazenamento

t (dias)	Luteína	ζ-caroteno	α-caroteno	β-caroteno	<i>cis</i>-β-caroteno	Carotenóides Totais
0	$0,58 \pm 0,08^a$	$4,21 \pm 0,09^a$	$11,47 \pm 1,76^a$	$17,81 \pm 0,56^a$	$1,98 \pm 0,21^a$	$37,72 \pm 1,72^a$
15	$0,37 \pm 0,06^{ab}$	$4,25 \pm 0,44^a$	$11,48 \pm 2,24^a$	$17,92 \pm 0,69^a$	$1,66 \pm 0,18^a$	$36,68 \pm 0,63^a$
30	$0,32 \pm 0,08^{ab}$	$4,01 \pm 0,44^a$	$10,93 \pm 0,77^a$	$18,03 \pm 1,52^a$	$1,51 \pm 0,49^a$	$37,07 \pm 1,44^a$
60	$0,29 \pm 0,05^b$	$4,16 \pm 0,04^a$	$11,60 \pm 1,28^a$	$17,11 \pm 1,47^a$	$1,66 \pm 0,21^a$	$36,46 \pm 0,99^a$
90	$0,20 \pm 0,09^b$	$4,13 \pm 0,36^a$	$10,78 \pm 0,68^a$	$18,43 \pm 1,10^a$	$1,57 \pm 0,28^a$	$36,59 \pm 1,26^a$
120	$0,20 \pm 0,04^b$	$4,18 \pm 0,16^a$	$10,87 \pm 0,56^a$	$18,12 \pm 0,62^a$	$2,00 \pm 0,38^a$	$35,95 \pm 0,70^a$
180	$0,24 \pm 0,11^b$	$4,23 \pm 0,13^a$	$11,90 \pm 1,91^a$	$17,85 \pm 1,12^a$	$1,55 \pm 0,21^a$	$36,20 \pm 1,58^a$

* Letras distintas na mesma coluna indicam uma diferença significativa entre dois níveis a $p < 0,05$ (Teste de Tukey).

Tabela 8 Carotenóides totais ($\mu\text{g/g}$) e concentrações dos carotenóides ($\mu\text{g/g}$) identificados por CLAE nos purês de abóbora ‘Exposição’ durante 180 dias de armazenamento

t (dias)	Luteína	β -caroteno	<i>cis</i> - β -caroteno	Carotenóides Totais
0	$2,38 \pm 0,49^a$	$11,62 \pm 2,39^a$	$2,38 \pm 0,52^a$	$23,09 \pm 1,78^a$
15	$2,26 \pm 0,29^{ab}$	$10,40 \pm 1,77^a$	$1,84 \pm 0,39^a$	$18,34 \pm 0,61^b$
30	$1,67 \pm 0,39^{ab}$	$10,99 \pm 1,19^a$	$1,97 \pm 0,42^a$	$19,03 \pm 1,00^b$
60	$1,74 \pm 0,37^{ab}$	$9,36 \pm 1,26^a$	$2,30 \pm 0,40^a$	$18,64 \pm 1,62^b$
90	$1,16 \pm 0,23^{ab}$	$10,49 \pm 0,81^a$	$2,66 \pm 0,29^a$	$19,16 \pm 0,90^b$
120	$1,06 \pm 0,32^b$	$10,58 \pm 1,56^a$	$2,60 \pm 0,25^a$	$19,06 \pm 0,99^b$
180	$1,59 \pm 0,43^{ab}$	$10,03 \pm 1,35^a$	$2,46 \pm 0,30^a$	$18,97 \pm 1,27^b$

* Letras distintas na mesma coluna indicam uma diferença significativa entre dois níveis a $p < 0,05$ (Teste de Tukey).

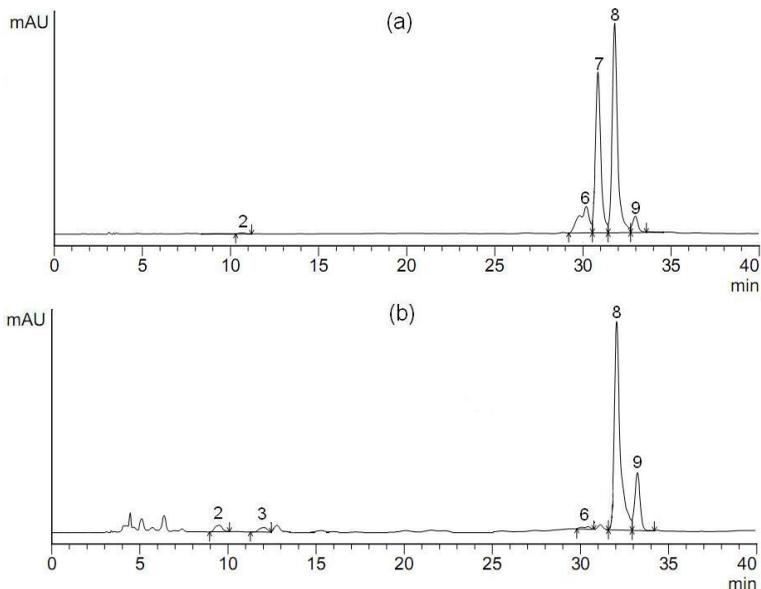


Figura 18 Cromatogramas de carotenóides obtidos por CLAE para os purês de abóbora ‘Menina Brasileira’ (a) e ‘Exposição’ (b), após 180 dias de armazenamento. *Picos identificados nas condições expostas no item 5.4 e descritos na Tabela 5.

Devido a dificuldade de avaliar as alterações quando as concentrações iniciais são muito baixas, só foram acompanhados carotenóides com pelo menos 0,50 µg/g. Então, para amostras de purês de abóbora ‘Menina Brasileira’ foram acompanhadas as concentrações de carotenóides totais, luteína, ζ-caroteno, α-caroteno, β-caroteno e seus isômeros *cis*.

Para os purês de abóbora ‘Exposição’ foram acompanhadas as concentrações de carotenóides totais, luteína, β-caroteno e seus isômeros *cis*. O ζ-caroteno, apesar de presente, está em baixas concentrações (< 0,30 µg/g). Também, curiosamente, apesar de não ter sido detectado nos purês no dia 0, o α-caroteno é detectado em algumas análises dos purês de abóbora ‘Exposição’ durante o armazenamento, sugerindo que esse carotenóide possa estar presente em traços (< 0,10 µg/g) na amostra.

Da mesma forma como observado anteriormente, foram observadas reduções nas concentrações de luteína durante o armazenamento. Como já mencionado, as xantofilas tendem mesmo a ter uma menor estabilidade do que os carotenos no processamento e armazenamento.

Não foram observadas alterações significativas das concentrações de carotenóides totais, ζ-caroteno, α-caroteno, β-caroteno e seus isômeros *cis* em amostras de purês de abóbora ‘Menina Brasileira’. Esses dois últimos também não tiveram suas concentrações significativamente alteradas durante o armazenamento dos purês de abóbora ‘Exposição’, demonstrando a estabilidade dos carotenos nas amostras. Porém, para os purês desta variedade foi observada uma redução nos valores de carotenóides totais após 15 dias de armazenamento, mantendo a estabilidade durante o restante dos 180 dias. Possivelmente, isso se deve a xantofilas e outros carotenóides minoritários destes purês, que tiveram suas concentrações reduzidas ou desapareceram após os primeiros dias de armazenamento, alterando os valores de carotenóides totais em um primeiro momento.

Essa relativa estabilidade dos carotenóides dos purês de abóbora ‘Menina Brasileira’ e ‘Exposição’ era prevista uma vez que os fatores que afetam a estabilidade destes compostos foram minimizados através do processamento e estocagem. O processamento térmico é suficiente para a inativação de enzimas que podem atuar na degradação destes compostos. Além disso, há uma situação de vácuo parcial. O armazenamento a temperaturas menores que 30°C e sem iluminação também colaboram para a estabilidade.

O número de trabalhos envolvendo o estudo da estabilidade de carotenóides durante o armazenamento é bem menor quando comparado

a investigação do efeito do processamento. Ainda assim, as retenções de carotenóides durante o armazenamento são diversas.

Vasquez-Caicedo et al. (2007b) observaram de 0 - 30 % de perdas da retenção de pró-vitamina A, após 98 dias de estocagem de purês pasteurizados de manga, dependendo da condição de oxigênio e iluminação incidente nas amostras. Os autores concluem que a remoção do oxigênio e a minimização do *headspace* é crucial para a retenção de carotenóides e atividade de pró-vitamina A.

Calvo e Santa-Maria (2008) observaram reduções no conteúdo total e na forma *trans* do licopeno, porém não houve modificação significativa no conteúdo de β -caroteno após 28 dias de estocagem, em um extrato lipídico da casca de tomate. Em amostras onde havia a presença de clorofila em concentrações consideráveis e iluminação, as perdas de β -caroteno foram próximas a 50 % do conteúdo inicial. Apesar de não ter sido realizada a determinação de clorofila nas amostras de purês de abóbora, sua concentração é conhecidamente insignificante na polpa de abóbora madura (CAILI; HUAN; QUANHONG, 2006).

Outros estudos reportam perdas mais elevadas. Chen, Peng e Chen (1996), investigando o efeito de determinadas condições de estocagem (luminosidade e temperatura) na concentração de carotenóides em sucos de cenoura, encontraram em amostras estocadas a 25°C ao abrigo da luz, perdas após 12 semanas de estocagem que chegaram a 30 % para luteína e 20 % para as formas *trans* de α - e β -caroteno. Além disso, as concentrações de 9-*cis*- β -caroteno e 13-*cis*- β -caroteno aumentaram ligeiramente de 1,21 para 1,82 $\mu\text{g/mL}$ e de 4,46 para 4,74 $\mu\text{g/mL}$, respectivamente. Essas perdas foram maiores em temperaturas mais elevadas e na presença da luz. Porém, é importante ressaltar que os autores, pela questão tecnológica, acidificaram o suco de cenoura até pH 4,0, seguindo então para a pasteurização, diferentemente do que foi realizado no presente trabalho, onde se optou por um tratamento térmico mais severo, dispensando a acidificação. A presença de ácidos é um dos fatores que pode afetar fortemente a estabilidade dos carotenóides (RODRIGUEZ-AMAIA, 1999; RODRIGUEZ-AMAYA et al., 2008). Lin e Chen (2005b) observaram perdas elevadas de todas as formas isoméricas de luteína, β -caroteno e licopeno durante as 12 semanas de armazenamento de sucos de tomate, inclusive para amostras armazenadas no escuro a 4°C, sendo maiores com aumento da temperatura e intensidade de luminosidade. Os autores citam um possível efeito do oxigênio residual no suco de tomate após o

processamento, mas também é preciso lembrar o pH ligeiramente ácido deste produto.

Conforme discutido anteriormente, essas diferenças entre estabilidade podem ser atribuídas, além dos fatores extrínsecos, como temperatura, umidade relativa, iluminação, embalagem adotada, entre outros, também ao efeito da matriz alimentar, ou seja, a composição do alimento, tamanho de partícula, oxigênio dissolvido, entre outros, e ao estado físico do carotenóide (RODRIGUEZ-AMAYA, 1999; VASQUEZ-CAICEDO et al., 2007a).

Assim como verificado para o processamento, as xantofilas foram mais afetadas durante o armazenamento dos purês de abóbora. Apesar das perdas de luteína em ambas as amostras, e a redução de carotenóides totais após 15 dias para os purês de abóbora ‘Exposição’, as concentrações dos carotenóides majoritários, as formas *trans* de α - e β -caroteno para abóbora ‘Menina Brasileira’ e β -caroteno para abóbora ‘Exposição’, se mantiveram estáveis durante os 180 dias de armazenamento dos purês, demonstrando uma relativa estabilidade destes compostos nas condições de estocagem adotadas neste trabalho.

5.5.3 Análise instrumental da cor

Os dados provenientes das análises instrumentais de cor, como L^* , a^* , b^* , WI, ΔE , entre outros, são frequentemente adaptados em modelos matemáticos. Isso é realizado quando o parâmetro é determinado em função de um fator quantitativo, por exemplo, temperatura de processo ou tempo armazenamento, por exemplo, e permite então inferências sobre toda uma faixa de valores, seja de temperatura, tempo, concentração ou outros. Zanoni et al. (2007) adequaram a um modelo cinético de pseudo ordem zero o aumento do WI durante o armazenamento de cenouras minimamente processadas. Tsironi et al. (2009) também adaptaram a um modelo de ordem zero os valores de b^* em camarões congelados. De Escalada Pla et al. (2009) utilizaram um modelo de primeira ordem para verificar alterações na coloração do tecido mesocárpico de abóboras enriquecidas com ferro durante o armazenamento. Dutta et al. (2006) avaliaram o efeito de temperaturas de 60-100°C por 0-2 horas sobre a coloração de polpas de abóbora adotando um modelo de primeira ordem para a combinação L a/b , obtendo valores de R^2 superiores a 0,95.

Gliemmo et al. (2009) investigando alterações de cor em diferentes formulações de polpa de abóbora também relataram que perdas de a^* e b^* seguiram uma cinética de primeira ordem, com R^2 variando entre 0,90 – 0,99. Por outro lado, o mesmo não ocorreu para os

valores de L^* e ΔE . Isso porque nem sempre é possível ajustar satisfatoriamente os resultados em um modelo de regressão, principalmente quando o aumento ou redução dos valores é limitado. Por isso, muitos trabalhos publicados na literatura adotam a análise de variância e um teste de comparação múltipla, como de Tukey, para verificar alterações nos parâmetros de cor em função da temperatura, tempo ou qualquer outro fator de interesse (ROCHA et al., 1995; ROCHA; MORAIS, 2003; ROS-CHUMILLAS et al., 2007; RIZZO; MURATORE, 2009; WALKLING-RIBEIRO et al., 2009).

Na análise instrumental de cor dos purês de abóbora ‘Menina Brasileira’ e ‘Exposição’ não foi possível obter um ajuste adequado de nenhum dos parâmetros adotados (L^* , a^* , b^* , WI e ΔE), nem da combinação proposta por Dutta et al. (2006), $L^* a^*/b^*$, nos modelos cinéticos avaliados. A avaliação dos modelos foi realizada através da significância estatística da regressão, avaliada com a análise de variância, e do coeficiente de determinação (R^2), não sendo obtido valores de $R^2 \geq 0,80$. Por isso, a abordagem com a análise de variância e teste de Tukey foi adotada para avaliação dos resultados.

Os valores dos parâmetros L^* (luminosidade), a^* (vermelho) e b^* (amarelo) durante o armazenamento dos purês de abóbora ‘Menina Brasileira’ e ‘Exposição’ estão apresentados na Tabela 9. Embora ligeiras reduções nos valores de a^* e b^* após o primeiro período de armazenamento (15 dias) possam ser observadas, elas não foram consideradas significativas nos testes estatísticos aplicados. Por outro lado, foram observadas reduções nos valores de luminosidade (L^*) após 30-60 dias de armazenamento dos purês de abóbora ‘Menina Brasileira’ e ‘Exposição’.

Observando as equações para o cálculo de ΔE e WI, era esperado que as alterações na luminosidade refletissem diretamente nestes valores (Tabela 10). Em relação aos valores de ΔE , que representa a diferença total de cor durante o armazenamento, de acordo com Riva (2003), citado por Rizzo e Muratore (2009), quando os valores deste parâmetro estão entre $6 < \Delta E < 12$, a cor pode ser considerada diferente, normalmente relacionada a perda da qualidade. Porém, os valores de ΔE , em ambos os purês, ficaram abaixo de 6, e não apresentaram diferenças significativas entre si durante o armazenamento.

Tabela 9 Valores de L^* , a^* e b^* nos purês de abóbora ‘Menina Brasileira’ e ‘Exposição’ durante 180 dias de armazenamento

Tempo (dias)	Purê de abóbora 'Menina Brasileira'		
	L^*	a^*	b^*
0	45,20 ± 0,96 ^a	8,57 ± 0,51 ^a	29,70 ± 1,84 ^a
15	43,18 ± 1,09 ^{ab}	7,78 ± 0,99 ^a	27,30 ± 0,99 ^a
30	42,85 ± 0,93 ^{ab}	7,81 ± 1,41 ^a	27,35 ± 2,65 ^a
60	40,85 ± 1,00 ^b	7,13 ± 1,09 ^a	28,65 ± 2,27 ^a
90	41,21 ± 0,54 ^b	7,38 ± 0,22 ^a	28,17 ± 1,22 ^a
120	41,50 ± 1,06 ^b	7,61 ± 1,09 ^a	27,23 ± 1,74 ^a
180	41,22 ± 0,89 ^b	8,34 ± 1,18 ^a	28,79 ± 2,14 ^a
Tempo (dias)	Purê de abóbora 'Exposição'		
	L^*	a^*	b^*
0	42,70 ± 0,76 ^a	6,54 ± 0,50 ^a	31,87 ± 1,34 ^a
15	41,35 ± 0,99 ^a	5,88 ± 0,68 ^a	28,19 ± 1,16 ^a
30	38,90 ± 0,61 ^b	5,38 ± 0,83 ^a	29,19 ± 1,40 ^a
60	38,75 ± 0,80 ^b	4,95 ± 0,77 ^a	30,92 ± 1,52 ^a
90	39,08 ± 0,83 ^b	5,94 ± 0,53 ^a	29,63 ± 3,36 ^a
120	39,36 ± 0,52 ^b	5,91 ± 0,61 ^a	29,31 ± 1,34 ^a
180	38,42 ± 0,49 ^b	5,87 ± 0,56 ^a	30,27 ± 0,99 ^a

* Letras distintas na mesma coluna indicam uma diferença significativa entre dois níveis a $p < 0,05$ (Teste de Tukey).

O mesmo não foi observado para os valores do índice de esbranquiçamento (WI) que, como consequência da redução da luminosidade, também apresentaram reduções consideradas significativas após 30-60 dias de armazenamento dos purês de abóbora ‘Menina Brasileira’ e ‘Exposição’.

As reduções observadas para os valores de L^* e WI, sugerem um escurecimento do produto durante o período avaliado. Esse escurecimento foi detectado pelo colorímetro, podendo ou não ser perceptível ao consumidor, conforme será discutido posteriormente. É interessante observar que tanto no purê de abóbora ‘Menina Brasileira’, quanto no purê de abóbora ‘Exposição’, as alterações nos valores de L^* e WI podem ser divididas em dois períodos, o primeiro após 15 ou 30 dias de armazenamento, onde há uma redução nos valores destes parâmetros, e durante o restante o período restante, onde então esses

parâmetros se estabilizam, não sofrendo alterações final dos 180 dias (Figura 19).

Tabela 10 Valores de ΔE e WI nos purês de abóbora 'Menina Brasileira' e 'Exposição' durante 180 dias de armazenamento

Tempo (dias)	Purê de abóbora 'Menina Brasileira'		Purê de abóbora 'Exposição'	
	ΔE	WI	ΔE	WI
0	-	37,07 \pm 0,17 ^a	-	34,11 \pm 0,32 ^a
15	3,46 \pm 0,54 ^a	36,47 \pm 0,66 ^a	4,13 \pm 0,85 ^a	34,66 \pm 0,99 ^a
30	3,59 \pm 0,80 ^a	36,12 \pm 0,39 ^a	4,84 \pm 0,87 ^a	32,06 \pm 0,16 ^b
60	4,83 \pm 1,17 ^a	33,84 \pm 0,32 ^c	4,59 \pm 1,54 ^a	31,24 \pm 0,13 ^b
90	4,48 \pm 0,57 ^a	34,38 \pm 0,13 ^{bc}	4,83 \pm 1,79 ^a	31,94 \pm 1,03 ^b
120	4,65 \pm 1,77 ^a	34,99 \pm 0,34 ^b	4,32 \pm 1,23 ^a	32,39 \pm 0,58 ^b
180	4,29 \pm 0,78 ^a	33,98 \pm 0,41 ^{bc}	4,64 \pm 0,58 ^a	31,12 \pm 0,26 ^b

* Letras distintas na mesma coluna indicam uma diferença significativa entre dois níveis a $p < 0,05$ (Teste de Tukey).

Rocha e Morais (2003) estudaram alterações de cor de maçãs minimamente processadas durante o armazenamento, também encontrando dois períodos para as alterações, sendo o primeiro até o terceiro dia de estocagem, com escurecimento aumentando rapidamente, e em um segundo momento, entre o terceiro e sétimo dia, a cor ficando estável. Os autores atribuem esse fato a ação das enzimas de escurecimento, que agiriam na primeira fase, e depois teriam suas atividades reduzidas, estabilizando a coloração. Ros-Chumillas et al. (2007) também atribuem a ação enzimática, a alteração dos valores de L^* nos sucos de laranja por eles analisados.

Quando se investiga sobre os mecanismos de alterações na cor de alimentos de origem vegetal, normalmente a primeira opção para avaliação é a via enzimática. Porém, no caso dos purês de abóbora analisados, estudos publicados na literatura levam a crer que as mesmas foram inativadas durante o cozimento e tratamento térmico dos purês de abóbora. A peroxidase, que por ser uma enzima termoestável, normalmente é utilizada para monitorar a inativação enzimática durante o tratamento térmico, necessita de uma redução de 90 % em sua atividade para uma manutenção satisfatória da qualidade de vegetais durante o armazenamento. Gonçalves et al. (2007) chegaram a essa redução da atividade da peroxidase de *Cucurbita maxima* L. após 5,8

minutos a 90°C ou 3,9 minutos a 95°C. Agüero et al. (2008) relataram que, apesar da presença de duas frações de enzimas (termolábil e termoresistente), acima de 70°C a atividade de peroxidase de *Cucurbita moschata* Duch. decresce rapidamente para zero, atingindo reduções de 90 % da atividade após 0,27 minutos a 85°C e 0,13 minutos a 90°C.

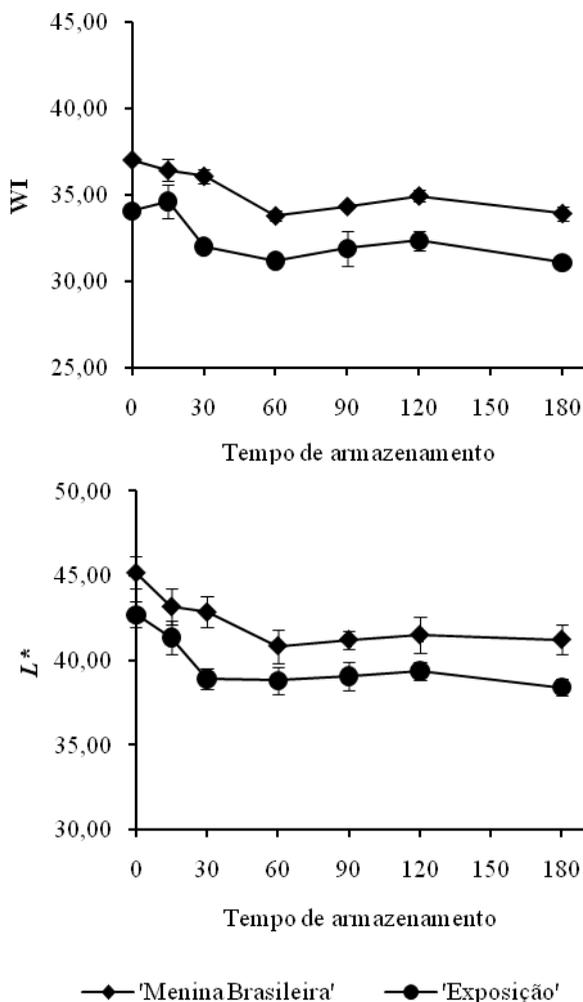


Figura 19 Valores de L^* e WI dos purês de abóbora 'Menina Brasileira' e 'Exposição' durante o armazenamento (dias)

Gliemmo et al. (2009) também investigaram as alterações de cor em purês de abóbora *C. moschata* durante o armazenamento, mas com obtenção e formas de conservação adotadas diferentes do presente trabalho. As abóboras foram cozidas, mas não sofreram tratamento térmico posterior, sendo as polpas conservadas com controle do pH e pela adição de ácido ascórbico e sorbato de potássio, envase em embalagens flexíveis com diferentes permeabilidades ao oxigênio e estocagem a 25°C. Por isso, o tempo máximo de armazenamento foi de 6 semanas. De um modo geral, L^* , a^* e b^* diminuíram em todos os purês durante a estocagem, com um consequente aumento de ΔE , sendo menor em embalagens com menor permeabilidade ao oxigênio, com uma possível proteção do ácido ascórbico e sorbato de potássio dependendo do pH e tipo de embalagem. Os autores relacionam as alterações com reações de escurecimento de via não enzimática, sugerindo uma possível oxidação e isomerização de carotenóides.

É conhecido que os carotenóides exercem forte influência sobre a coloração da polpa de abóbora. Dutta et al. (2006) relacionaram as alterações sofridas em abóbora durante os tratamentos a 60 - 100°C por 0 - 2 horas a reações de degradação de carotenóides, inclusive sugerindo uma equação que explicasse a relação entre a concentração de β -caroteno e a coloração do produto.

Entretanto, no presente trabalho não foram encontradas correlações que fossem consideradas satisfatórias ($r > 0,90$) entre os conteúdos de carotenóides totais ou das concentrações de β -caroteno, majoritário em ambas as espécies, com os parâmetros de cor adotados. Isso pode ser devido a nenhuma ou pequena faixa de alteração nos valores das variáveis citadas, o que dificulta a observação de correlações, então essa possibilidade não deve ser ignorada.

Há ainda uma série de outras reações, por mecanismos diversos, que podem ocorrer nos purês de abóbora durante o armazenamento, resultando no seu ligeiro escurecimento apontado pela análise com o colorímetro. Talcott e Howard (1999), por exemplo, relataram que a oxidação de compostos fenólicos foi a principal responsável pela alteração de cor em purês processados de cenoura.

5.5.4 Aceitabilidade da cor

Em relação aos dados da análise sensorial, há duas formas usuais de interpretação. A primeira é determinar o momento que ocorre uma alteração considerada significativa nos valores de aceitabilidade, marcando assim o fim da vida útil do produto, uma vez que é desejável que o alimento mantenha a mesma característica durante todo o período

disponível para comercialização. Outra possibilidade é decretar o fim da vida de prateleira de um produto após sua aceitabilidade ter atingido um valor limite, que normalmente é 6 em uma escala de 9 pontos (KILCAST, 2006; MEILGAARD; CIVILLE; CARR, 2007). Não raro, essas duas possibilidades geram conclusões distintas. Rocha e Morais (2003), por exemplo, encontraram alterações significativas na aceitabilidade de maçãs minimamente processadas após 3 dias de armazenamento, porém o limite mínimo foi atingido somente após 7 dias de estocagem.

Os resultados da avaliação da cor através da análise sensorial estão apresentados na Tabela 11.

Tabela 11 Pontuação obtida pelos purês de abóbora ‘Menina Brasileira’ e ‘Exposição’ nas análises sensoriais de cor durante 180 dias de armazenamento (escala de 9 pontos)

Tempo (dias)	Purê de abóbora 'Menina Brasileira'	Purê de abóbora 'Exposição'
	Média ± DP	Média ± DP
0	8,3 ± 0,8 ^a	7,7 ± 0,7 ^a
15	8,2 ± 0,7 ^a	7,8 ± 0,7 ^a
30	8,1 ± 0,7 ^a	7,6 ± 0,9 ^a
60	8,1 ± 0,7 ^a	7,7 ± 0,8 ^a
90	7,9 ± 0,7 ^a	7,5 ± 0,9 ^a
120	7,9 ± 0,8 ^a	7,6 ± 0,9 ^a
180	8,1 ± 0,8 ^a	7,6 ± 0,9 ^a

DP = Desvio Padrão

* Letras distintas na mesma coluna indicam uma diferença significativa entre dois níveis a $p < 0,05$ (Teste de Tukey).

Ambos os purês obtiveram alta aceitabilidade inicial, com pontuações médias de $8,3 \pm 0,8$ para purês de abóbora ‘Menina Brasileira’ e $7,7 \pm 0,7$ para purês de abóbora ‘Exposição’, situando-se então entre as opções “Gostei moderadamente” (ponto 7) e “Gostei muito” (ponto 8).

Em nenhum dos purês foram detectadas diferenças significativas ($p < 0,05$) em suas pontuações, e tampouco suas notas atingiram o valor limite de 6, após 180 dias de armazenamento, demonstrando que a aceitabilidade da cor junto a um grupo potencial de consumidores não

foi alterada durante o armazenamento por 180 dias nas condições propostas.

Embora tenham sido observadas ligeiras perdas de carotenóides, em relação a xantofilas, e alterações nos parâmetros L^* e WI, apontado pelo colorímetro, é possível dizer que os purês de abóbora 'Menina Brasileira' e 'Exposição' mantiveram sua qualidade durante os 180 dias de armazenamento, nas condições de estocagem propostas. Não houve alterações consideradas significativas ($p < 0,05$) nos parâmetros físico-químicos acompanhados, nas concentrações dos principais carotenóides das espécies estudadas, nos valores de a^* , b^* e ΔE , e também em relação a pontuação dada pelos julgadores para a cor do produto, uma das suas principais características.

De fato, já era esperado que o tratamento térmico aplicado na esterilização comercial conferisse relativa estabilidade ao produto ao inativar enzimas e eliminar microrganismos. Somado a isso, a minimização do oxigênio residual, gerando um vácuo parcial no produto, e seu armazenamento a temperaturas menores que 30°C , ao abrigo da luz, também colaboraram para a estabilidade durante os 6 meses. Produtos comerciais disponíveis no mercado, submetidos ao mesmo tratamento de esterilização comercial, como polpas e purês de tomate e cenoura, comumente possuem suas vidas de prateleira superiores a 18 - 24 meses, reflexo da estabilidade destes produtos.

Entretanto, é importante destacar que, apesar da estabilidade demonstrada após 180 dias de estocagem e dos exemplos de produtos semelhantes no mercado, não é possível prever qual a real vida de prateleira dos purês de abóbora. Godoy e Rodriguez-Amaya (1987) citados por Vasquez-Caicedo et al. (2007b), por exemplo, verificaram estabilidade de purês de manga durante 10 meses de estocagem, verificando perdas de apenas 3% e 17% de β -caroteno total para purês de manga em latas e garrafas, respectivamente, porém entre 10 e 14 meses foi observado um aumento acentuado de degradação, chegando a 50% de perda, independente do material utilizado. Testes acelerados também não são recomendados para esses produtos, uma vez que podem alterar o mecanismo de degradação dos carotenóides, subestimando o real período de sua estabilidade.

Portanto, novos trabalhos envolvendo tempos de estocagem mais longos e condições de armazenamento diversas, poderão estabelecer o período pelo qual os purês de abóbora irão se manter seguros e reter suas características sensoriais, químicas, físicas, nutricionais e

microbiológicas aceitáveis, determinando sua real vida de prateleira nas condições de armazenamento propostas.

6 CONCLUSÕES

Foi possível obter os purês de abóbora *Cucurbita moschata* ‘Menina Brasileira’ e *Cucurbita maxima* ‘Exposição’, a partir do tratamento térmico de esterilização comercial, com altos rendimentos, especialmente para purês de abóbora ‘Menina Brasileira’. A combinação de tempo e temperatura adotada (121°C / 20 min) foi eficaz para atingir a esterilização comercial nos purês, conforme demonstrado pelos ensaios microbiológicos.

Os purês apresentaram altos valores de umidade, baixos valores de proteínas e lipídeos, e reduzido valor calórico. Apesar dos valores de carboidratos e fibras não serem tão elevados quando comparados com outras frutas e hortaliças, há inúmeros trabalhos na literatura investigando as propriedades funcionais destes grupos na polpa de abóbora.

A abóbora *C. moschata* ‘Menina Brasileira’ apresentou altas concentrações de α -caroteno e β -caroteno, com menores quantidades de ζ -caroteno, violaxantina e luteína. A abóbora *C. maxima* ‘Exposição’ teve como carotenóide majoritário o β -caroteno, seguido de violaxantina e luteína.

A etapa de cozimento foi a principal responsável em casos onde houve uma redução da concentração ou destruição completa de carotenóides. As xantofilas foram mais afetadas pelo processamento, como a violaxantina, que foi observada em ambas as amostras de abóbora cruas, mas não foi detectada nos purês. Os carotenos, de um modo geral, obtiveram retenções relativamente altas (> 75%), com altas concentrações de α -caroteno e β -caroteno nos purês de abóbora ‘Menina Brasileira’ e β -caroteno nos purês de abóbora ‘Exposição’, quando comparado com outros vegetais presentes na dieta. Um ligeiro grau de isomerização de β -caroteno foi observado, com pequenas concentrações de *cis*- β -caroteno em ambos os purês.

A avaliação da estabilidade dos purês de abóbora durante o armazenamento por 180 dias em uma condição não isotérmica também foi um dos objetivos deste trabalho, simulando o que ocorre durante a distribuição e armazenamento de um produto alimentício na rede comercial. Não foram observadas alterações significativas nos valores de pH, acidez titulável e sólidos solúveis totais durante o armazenamento. Apesar da degradação de xantofilas continuar durante a estocagem, as concentrações dos carotenóides majoritários, com atividade de pró-vitamina A, também não foram significativamente alteradas durante o período estudado. Além das condições do produto, como vácuo parcial e estocagem em temperaturas menores que 30°C ao

abrigo da luz, a forma física do carotenóide e a matriz alimentar podem justificar a relativa estabilidade dos carotenóides nos purês de abóbora.

Em relação a cor, um dos atributos mais importante para os purês de abóbora, foram detectadas pelo colorímetro reduções nos valores de luminosidade (L^*) e índice de esbranquiçamento (WI) após 30 – 60 dias em ambos os purês, sugerindo um escurecimento dos mesmos em um primeiro período de estocagem, não sofrendo novas alterações no decorrer dos 180 dias. Não há certeza sobre os mecanismos desta alteração, podendo ser atribuída a degradação de carotenóides minoritários, que se encontravam em traços na amostra, ou a outras reações de origem não enzimática. Os valores de ΔE , que representam a alteração total de cor nas amostras ficaram abaixo de 6 durante todo o armazenamento, o que é considerado por alguns autores como mínimo para uma diferença perceptível de cor no alimento. A aceitabilidade da cor avaliada sensorialmente teve pontuações iniciais altas para ambos os purês na análise sensorial e não sofreu alterações significativas durante todo o período de armazenamento.

Os resultados demonstram a estabilidade dos purês de abóbora durante os 6 meses de acompanhamento, e juntamente com exemplos de produtos semelhantes disponíveis no mercado, sugerem que essa estabilidade se prolongue por um período mais longo, porém somente novos trabalhos, que incluam um acompanhamento mais prolongado e condições de armazenamento diversas, podem confirmar essa hipótese e determinar a vida de prateleira dos purês de abóbora.

7 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

A conclusão de um trabalho abre inúmeras ramificações para novas pesquisas, novas possibilidades, que precisam ser investigadas. Por isso, são sugestões para trabalhos futuros:

- Determinar uma combinação de tempo e temperatura ótima para o tratamento térmico de esterilização nos purês de abóbora, que seja suficiente para inativação enzimática e microbiológica, e leve a maior retenção de qualidade nutricional e sensorial, uma vez que a escolha destes parâmetros no presente estudo foi realizada com base em trabalhos realizados com outras espécies vegetais;
- Caracterizar as fibras e os polissacarídeos dos purês de abóbora, cujos estudos publicados na literatura sugerem um potencial funcional;
- Investigar a forma física do carotenóide e o efeito da matriz alimentar na estabilidade destes compostos nos purês de abóbora ‘Menina Brasileira’ e ‘Exposição’;
- Acompanhar a estabilidade dos purês de abóbora por um período de armazenamento maior, e em condições de armazenamento diversas, até que seja verificada uma alteração significativa de sua característica sensorial, química, física, nutricional ou microbiológica, que possibilitará determinar a real vida de prateleira destes produtos;
- Investigar o uso de embalagens flexíveis esterilizáveis (*retort pouch*) para produção dos purês de abóbora. Esses laminados também suportam as altas temperaturas empregadas no processo de esterilização, são excelentes barreiras a gases, vapor de água e luz, e possuem a vantagem da flexibilidade e melhor transferência de calor, possibilitando menor tempo de tratamento térmico, o que resulta em economia de energia e maior qualidade nutricional e sensorial do alimento;
- Ou ainda, investigar o efeito de novas tecnologias, alternativas ao tratamento térmico convencional, como a alta pressão e o campo elétrico pulsado, sobre a retenção da qualidade nutricional, como os carotenóides e outros nutrientes, e sensorial, como cor e aroma, de purês vegetais.

REFERÊNCIAS

AGUERO, M. V.; ANSORENA, M. R.; ROURA, S. I.; DEL VALLE, C. E. Thermal inactivation of peroxidase during blanching of butternut squash. **LWT – Food Science and Technology**, v. 41, n. 3, p. 401–407, 2008.

AL ZUHAIR, H.; EL-FATTAH, A. A.; EL-SAYED, M. I. Pumpkin seed oil modulates the effect of felodipine and captopril in spontaneously hypertensive rats. **Pharmacological Research**, v. 41, n. 5, p. 555–563, 2000.

AMBROSIO, C. L. B.; CAMPOS, F. A. C. S.; FARO, Z. P. Aceitabilidade de flocos desidratados de abóbora. **Revista de Nutrição**, v. 19, n. 1, p. 39–45, 2006.

AMBROSIO, C. L. B.; CAMPOS, F. A. C. S.; FARO, Z. P. Carotenóides como alternativa contra a hipovitaminose A. **Revista de Nutrição**, v. 19, n. 2, p. 233–243, 2006.

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION (APHA). **Compendium of Methods for the Microbiological Examination of Foods**. 4 Ed. Washington, 2001.

ARES, G.; GIMÉNEZ, A.; GÁMBARO, A. Sensory shelf life estimation of minimally processed lettuce considering two stages of consumers' decision-making process. **Appetite**, v. 50, n. 2-3, p. 529-535, 2008.

ARIMA, H. K.; RODRIGUEZ-AMAYA, D. B. Carotenoid composition and vitamin A value of a squash and a pumpkin from northeastern Brazil. **Archivos Latinoamericanos de Nutrición**, v. 40, n. 2, p. 282–292, 1990.

ARIMA, H. K.; RODRIGUEZ-AMAYA, D. B. Carotenoid composition and vitamin A value of commercial brazilian squashes and pumpkins. **Journal of Micronutrients Analysis**, v. 4, n. 3, p. 177–191, 1988.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS (AOAC).
Official Methods of Analysis of the Association Analytical Chemists. 17 Ed. Washington, 2000.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS (AOAC).
Official Methods of the AOAC International. 18 Ed. Maryland, 2005.

ASSUNÇÃO, R. B.; MERCADANTE, A. Z. Carotenoids and ascorbic acid from cashew apple (*Anacardium occidentale* L.): variety and geographic effects. **Food Chemistry**, v. 81, n. 4, p. 495-502, 2003.

AZEVEDO-MELEIRO, C. H.; RODRIGUEZ-AMAYA, D. B. Carotenoids of endive and New Zealand spinach as affected by maturity, season and minimal processing. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 18, n. 8, p. 845-855, 2005.

AZEVEDO-MELEIRO, C. H.; RODRIGUEZ-AMAYA, D. B. Confirmation of the identity of the carotenoids of tropical fruits by HPLC-DAD and HPLC-MS. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 17, n. 3 - 4, p. 385-396, 2004.

AZEVEDO-MELEIRO, C. H.; RODRIGUEZ-AMAYA, D. B. Qualitative and quantitative differences in carotenoid composition among *Cucurbita moschata*, *Cucurbita maxima*, and *Cucurbita pepo*. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 55, n. 10, p. 4027-4033, 2007.

BASU, H. N.; DEL VECCHIO, A. I.; FLIDER, F.; ORTHOEFER, F. T. Nutritional and potential disease prevention properties of carotenoids. **Journal of the American Oil Chemist' Society**, v. 78, n. 7, p. 665-675, 2001.

BENGTSSON, A.; NAMUTEBI, A.; ALMINGER, L.; SVANBERG, U. Effects of various traditional processing methods on the all-*trans*- β -carotene content of orange-fleshed sweet potato. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 21, n. 2, p. 134-143, 2008.

BOBBIO, P. A.; BOBBIO, F. O. **Química do Processamento de Alimentos**, 3 Ed., São Paulo: Varela, 2003.

BOLIN, H. R.; HUXSOLL, C. C. Control of minimally processed carrot (*Dacus carota*) surface discoloration caused by abrasion peeling. **Journal of Food Science**, v. 56, p. 416-418, 1991.

BORIN, I. **Cinética de secagem de abóboras (*Cucurbita moschata*) pré-tratadas osmoticamente em soluções contendo sacarose e NaCl**. 2006. 92 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Ciência de Alimentos) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Ciência de Alimentos, UNESP, São José do Rio Preto.

BRITTON, G. Overview of carotenoid biosynthesis. In: BRITTON, G.; LIAAEN-JENSEN, S.; PFANDER, H. **Carotenoids: biosynthesis**. Basel: Birkhauser, 1998. p. 13–147.

BRITTON, G. UV-visible Spectroscopy. In: BRITTON, G.; LIANNEN JENSEN, S.; PFANDER, H. **Carotenoids: spectroscopy**. Basel: Birkhauser, 1995. p. 13–43.

CAILI, F.; HAIJUN, T.; TONGYI, C.; YI, L.; QUANHONG, L. Some properties of an acidic protein-bound polysaccharide from the fruit of pumpkin. **Food Chemistry**, v. 100, n. 3, p. 944–947, 2007.

CAILI, F.; HUAN, S.; QUANHONG, L. A review on pharmacological activities and utilization technologies of pumpkin. **Plant Foods for Human Nutrition**, v. 61, n. 2, p. 73–80, 2006.

CALVO, M. M.; SANTA-MARÍA, G. Effect of illumination and chlorophylls on stability of tomato carotenoids. **Food Chemistry**, v. 107, n. 4, p. 1365-1370, 2008.

CAMPOS, F. M.; ROSADO, G. P. Novos fatores de conversão de carotenóides provitamínicos A. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 25, n. 3, p. 571 – 578, 2005.

CARAMEZ, S. M. B. **Caracterização físico-química, análise sensorial e microscópica das sementes de *Cucurbita moschata*, tratadas por maceração química**. 2000. 68 p. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) – Programa de Pós-Graduação em Ciência dos Alimentos, UFSC, Florianópolis.

CARAMEZ, S. M. B.; STEFANI, M.; MEDEIROS, J. D.; VIEIRA, M. A.; BRUSKE, G. R.; FRANCISCO, A.; AMANTE, E. R. Softening of pumpkin seeds (*Cucurbita moschata*) by alkaline maceration. **Journal of Food Process Engineering**, v. 31, n. 4, p. 431–442, 2008.

CARLIN, F.; GUINEBRETIERE, M. H.; CHOMA, C.; PASQUALINI, R.; BRACONNIER, A.; NGUYENTHE, C. Spore-forming bacteria in commercial cooked, pasteurized and chilled vegetable purées. **Food Microbiology**, v. 17, n. 2, p. 153-165, 2000.

CAZZONELLI, C. I.; POGSON, B. J. Source to sink: regulation of carotenoid biosynthesis in plants. **Trends in Plant Science**, v. 15, n. 5, p. 266-274, 2010.

CERQUEIRA, P. M.; FREITAS, M. C. J.; PUMAR, M.; SANTANGELO, S. B. Efeito da farinha de semente de abóbora (*Cucurbita maxima* L.) sobre o metabolismo glicídico e lipídico em ratos. **Revista da Nutrição**, v. 21, n. 2, p. 129–136, 2008.

CHEN, B. H.; HUANG, J. H. Degradation and isomerization of chlorophyll a and β -carotene as affected by various heating and illumination treatments. **Food Chemistry**, v. 62, n. 3, p. 299–307, 1998.

CHEN, H. E.; PENG, H. Y.; CHEN, B. H. Stability of carotenoids and vitamin A during storage of carrot juice. **Food Chemistry**, v. 57, n. 4, p. 497–503, 1996.

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.

CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de Frutas e Hortaliças**. 2 Ed. Lavras: UFLA, 2005.

CHOI, H.; EO, H.; PARK, K.; JIN, M.; PARK, E.; KIM, S.; PARK, J. E.; KIM, S. A water-soluble extract from *Cucurbita moschata* shows anti-obesity effects by controlling lipid metabolism in a high fat diet-induced obesity mouse model. **Biochemical and Biophysical Research Communications**, v. 359, n. 3, p. 419–425, 2007.

CORBO, M. R.; DEL NOBILE, M. A.; SINIGAGLIA, M. A novel approach for calculating shelf life of minimally processed vegetables. **International Journal of Food Microbiology**, v. 106, n. 1, p. 69–73, 2006.

CORRIGAN, V. K.; IRVING, D. E.; POTTER, J. F. Sugars and sweetness in buttercup squash. **Food Quality and Preference**, v. 11, n. 4, p.313-322, 2000.

CORTES, C.; ESTEVE, M. J.; RODRIGO, D.; TORREGROSA, F.; FRÍGOLA, A. Changes of colour and carotenoids contents during high intensity pulsed electric field treatment in orange juices. **Food and Chemical Toxicology**, v. 44, n. 11, p. 1932–1939, 2006.

DHANYA, R.; MISHRA, B. B.; KHALEEL, K. M.; CHERUTH, A. J. Shelf life extension of fresh turmeric (*Curcuma longa* L.) using gamma radiation. **Radiation Physics and Chemistry**, v. 78, n. 9 , p. 791-795, 2009.

DE ESCALADA PLA, M. F.; CAMPOS, C. A.; GERSCHENSON, L. N.; ROJAS, A. M. Pumpkin (*Cucurbita moschata* Duchesne ex Poiret) mesocarp tissue as a food matrix for supplying iron in a food product. **Journal of Food Engineering**, v. 92, n. 4, p. 361–369, 2009.

DE ESCALADA PLA, M. F.; PONCE, N. M.; STORTZ, C. A.; GERSCHENSON, L. N.; ROJAS, A. M. Composition and functional properties of enriched fiber products obtained from pumpkin (*Cucurbita moschata* Duchesne ex Poiret). **LWT – Food Science and Technology**, v. 40, n. 7, p. 1176-1185, 2007.

DEL-VECHIO, G.; CORREA, A. D.; ABREU, C. M. P.; SANTOS, C. D. Efeito do tratamento térmico em sementes de abóboras (*Cucurbita* spp.) sobre os níveis de fatores antinutricionais e/ou tóxicos. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 29, n. 2, p. 369–376, 2005.

DE ROSSO, V. V.; MERCADANTE, A. Z. Carotenoid composition of two Brazilian genotypes of acerola (*Malpighia punicifolia* L.) from two harvests. **Food Research International**, v. 38, n. 8-9, p. 1073-1077, 2005.

DE SÁ, M. C.; RODRIGUEZ-AMAYA, D. B. Optimization of HPLC quantification of carotenoids in cooked green vegetables – Comparison of analytical and calculated data. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 17, n. 1, p. 37-51, 2004.

DU, Q.; JIANG, Z.; WANG, D. Excellent combination of counter-current chromatography and preparative high-performance liquid chromatography to separate galactolipid from pumpkin. **Journal of Chromatography A**, v. 1216, n. 9, p. 4176-4180, 2009.

DUTTA, D.; DUTTA, A.; RAYCHAUDHURI, U.; CHAKRABORTY, R. Rheological characteristics and thermal degradation kinetics of beta-carotene in pumpkin puree. **Journal of Food Engineering**, v. 76, n. 4, p. 538–546, 2006.

EDGE, R.; MCGARVEY, D. J.; TRUSCOTT, T. G. The carotenoids as anti-oxidants – a review. **Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology**, v. 41, n. 3, p. 189–200, 1997.

EL-ADAWY, T.; TAHA, K. M. Characteristics and composition of watermelon, pumpkin and paprika seed oils and flours. **Journal Agricultural and Food Chemistry**, v. 49, n. 3, p. 1253–1259, 2001.

EL-SOUKKARY, F. A. H. Evaluation of pumpkin seed products for bread fortification. **Plant Foods for Human Nutrition**, v. 56, n. 4, p. 365–384, 2001.

EVANGELIOU, V.; PITTCHKINA, N. M.; MORRIS, E. R. Solution viscosity and structural modification of pumpkin biopectin. **Food Hydrocolloids**, v. 6, n. 19, p. 1032–1036, 2005.

FAHIM, A. T.; ABD-EL FATTAH, A. A.; AGHA, A. M.; GAD, M. Z. Effect of pumpkin seed oil on the level of free radical scavengers induced during

adjuvant arthritis in rats. **Pharmacological Research**, v. 31, n. 1, p. 73–79, 1995.

FAOSTAT. FAO – Food and Agriculture Organization of the United Nations. Disponível em: <http://faostat.fao.org> Acesso em: 20 jul. 2010.

FARO, Z. P. **Aproveitamento industrial da polpa de abóbora como estratégia para o combate a hipovitaminose A**. 2001. 86 p. Tese (Doutorado em Nutrição) – Programa de pós-graduação em Nutrição, UFPE, Recife.

FERRIOL, M.; PICÓ, B. Pumpkin and Winter Squash. In: PROHENS, J.; NUEZ, F. **Vegetables I**. New York: Springer, 2008. p. 317 – 349.

FISSORE, E. N.; MATKOVIC, L.; WIDER, E.; ROJAS, A. M.; GERSCHENSON, L. N. Rheological properties of pectin-enriched products isolated from butternut (*Cucurbita moschata* Duch ex Poiret). **LWT – Food Science and Technology**, v. 42, n. 8, p. 1413-1421, 2009.

FRASER, P. D.; BRAMLEY, P. M. The biosynthesis and nutritional uses of carotenoids. **Progress in Lipid Research**, v. 43, n. 3, p. 228–265, 2004.

FREITAS, A. M.; BUENO NETO, P. R.; BORGES, W. Determinação do shelf life de um produto alimentício com base em avaliações sensoriais. In: Congresso Brasileiro de Desenvolvimento de Produto. **Anais do Congresso Brasileiro de Desenvolvimento de Produto**, São Carlos, 2000. p. 334 – 339.

FUGEL, R.; CARLE, R.; SCHIEBER, A. Quality and authenticity control of fruit purées, fruit preparations and jams – a review. **Trends in Food Science & Technology**, v. 6, n. 10, p. 433-441, 2005.

GAMA, J. J. T.; SYLOS, C. M. Effect of thermal pasteurization and concentration on carotenoid composition of brazilian valencia orange juice. **Food Chemistry**, v. 100, n. 4, p. 1686–1690, 2007.

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, n. 4, p. 569–575, 2008.

GLIEMMO, M. F.; LATORRE, M. E.; GERSCHENSON, L. N.; CAMPOS, C. A. Color stability of pumpkin (*Cucurbita moschata*, Duchesne ex Poiret) puree during storage at room temperature: Effect of pH, potassium sorbate, ascorbic acid and packaging material. **LWT – Food Science and Technology**, v. 42, n. 1, p. 196-201, 2009.

GOMES, F. S. Carotenóides: uma possível proteção contra o desenvolvimento de câncer. **Revista de Nutrição**, v. 20, n. 5, p. 537–548, 2007.

GONÇALVES, E. M.; PINHEIRO, J.; ABREU, M.; BRANDÃO, T. R. S.; SILVA, C. L. M. Modelling the kinetics of peroxidase inactivation, colour and texture changes of pumpkin (*Cucurbita maxima* L.) during blanching. **Journal of Food Engineering**, v. 81, n. 4, p. 693–701, 2007.

GOSSELL-WILLIAMS, M.; DAVIS, A.; O'CONNOR. Inhibition of testosterone-induced hyperplasia of the prostate of sprague-dawley rats by pumpkin seed oil. **Journal of Medicinal Food**, v. 9, n. 2, p. 284–286, 2006.

GUINEBRETIERE, M. H.; GIRARDIN, H.; DARGAIGNARATZ, C.; CARLIN, F.; NGUYEN-THE, C. Contamination flows of *Bacillus cereus* and spore-forming aerobic bacteria in a cooked, pasteurized and chilled zucchini purée processing line. **International Journal of Food Microbiology**, v. 82, n. 3, p. 223–232, 2003.

HOUGH, G. Introduction. In: Workshop summary: Sensory shelf-life testing. **Food Quality and Preference**, v. 17, n. 7-8, p. 640–645, 2006.

HUANG, X. E.; HIROSE, K.; WAKAI, K.; MATSUO, K.; ITO, H.; XIANG, J.; TAKEZAKI, T.; TAJIMA, K. Comparison of lifestyle risk factors by family historic for gastric, breast, lung and colorectal cancer. **Asian Journal Cancer Prevention**, v. 5, n. 4, p. 419–427, 2004.

HUNTERLAB. CIE L* a* b* color scale. **Applications note**, v. 8, n. 7, 1996.
Disponível em: <http://www.hunterlab.com>. Acesso em: 21 out. 2008

IFST – Institute of Food Science and Technology. **Shelf Life of Foods – Guidelines for its Determination and Prediction**. London: Institute of Food Science and Technology, 1993.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. Métodos químicos e físicos para análises de alimentos. **Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz**, v. 1, 2003.

IOM – Institute of Medicine. Dietary Reference Intakes for Vitamin A, Vitamin K, Arsenic, Boron, Chromium, Copper, Iodine, Iron, Manganese, Molybdenum, Nickel, Silicon, Vanadium and Zinc. Washington, DC: National Academy Press, 2001.

JAY, J. M. **Microbiologia de alimentos**. 6 Ed. Porto Alegre: Artmed, 2005.

JUN, H.; LEE, C. H.; SONG, G. S.; KIM, Y. S. Characterization of pectic polysaccharides from pumpkin peel. **LWT – Food Science and Technology**, v. 39, n. 5, p. 554–561, 2006.

KANDLAKUNTA, B.; RAJENDRAN, A.; THINGNGANING, L. Carotene content of some common (cereals, pulses, vegetables, spices and condiments) and unconventional sources of plant origin. **Food Chemistry**, v. 106, n. 1, p. 85–89, 2008.

KILCAST, D. What approaches does a leading consultancy firm use to estimate shelf-life when time schedules are short. In: Workshop summary: Sensory shelf-life testing. **Food Quality and Preference**, v. 17, n. 7-8, p. 640–645, 2006.

KIMURA, M.; KOBORI, C. N.; RODRIGUEZ-AMAYA, D. B.; NESTEL, P. Screening and HPLC methods for carotenoids in sweetpotato, cassava and maize for plant breeding trials. **Food Chemistry**, v. 100, n. 4, p. 1734–1746, 2007.

KIMURA, M.; RODRIGUEZ-AMAYA, D. B. A scheme for obtaining standards and HPLC quantification of leafy vegetable carotenoids. **Food Chemistry**, v. 78, n. 3, p. 389–398, 2002.

KONOPACKA, D.; SEROCZYNSKA, A.; KORZENIEWSKA, A.; JESIONKOWSKA, K.; NIEMIROWICZ-SZCZYTT, K.; PLOCHARSKI, W. Studies on the usefulness of Cucurbita maxima for the production of ready-to-eat dried vegetable snacks with a high carotenoid content. **LWT – Food Science and Technology**, v. 43, n. 2, p. 302-209, 2010.

KOPSELL, D. A.; KOPSELL, D. E. Accumulation and bioavailability of dietary carotenoids in vegetable crops. **Trends in Plant Science**, v. 11, n. 10, p. 499-507, 2006.

KREBBERS, B.; MATSER, A. M.; HOOGERWERF, S. W.; MOEZELAAR, R.; TOMASSEN, M. M. M.; VAN DEN BERG, R. W. Combined high-pressure and thermal treatments for processing of tomato puree: evaluation of microbial inactivation and quality parameters. **Innovative Food Science and Emerging Technologies**, v. 4, n. 4, p. 377–385, 2003.

KURZ, C.; CARLE, R.; SCHIEBER, A. HPLC-DAD-MS characterization of carotenoids from apricots and pumpkins for the evaluation of fruit product authenticity. **Food Chemistry**, v. 110, n. 2, p. 522–530, 2008.

LAGO, E. S. **Avaliação das condições cromatográficas de análise e efeito da aplicação de coberturas comestíveis nos carotenóides de abóboras desidratadas**. 2007. 73 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Ciência de Alimentos) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Ciência de Alimentos, UNESP, São José do Rio Preto.

LARSEN, E.; CHRISTENSEN, L. P. Simple saponification method for the quantitative determination of carotenoids in Green vegetables. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 53, n. 17, p. 6598–6602, 2005.

LAZOS, E. Nutritional, fatty acid and oil characteristics of pumpkin and melon seeds. **Journal of Food Science**, v. 51, p. 1382–1383, 1986.

LEE, C. H.; CHO, J. K.; LEE, S. J.; KOH, W.; PARK, W.; KIM, C. H. Enhancing β -carotene content in Asian noodles by adding pumpkin powder. **Cereal Chemistry**, v. 79, n. 4, p. 593–595, 2002.

LEWINSOHN, E.; SITRIT, Y.; BAR, E.; AZULAY, Y.; IBDAH, M.; MEIR, A.; YOSEF, E.; ZAMIR, D.; TADMOR, Y. Not just colors – carotenoid degradation as a link between pigmentation and aroma in tomato and watermelon fruit. **Trends in Food Science & Technology**, v. 16, n. 9, p. 407–415, 2005.

LIN, C. H.; CHEN, B. H. Determination of carotenoids in tomato juice by liquid chromatography. **Journal of Chromatography A**, v. 1012, n. 1, p. 103–109, 2003.

LIN, C. H.; CHEN, B. H. Stability of carotenoids in tomato juice during processing. **European Food Research and Technology**, v. 221, n. 3 - 4, p. 274–280, 2005a.

LIN, C. H.; CHEN, B. H. Stability of carotenoids in tomato juice during storage. **Food Chemistry**, v. 90, n. 4, p. 837–846, 2005b.

MALDONADE, I. R.; RODRIGUEZ-AMAYA, D. B.; SCAMPARINI, A. R. P. Carotenoids of yeasts isolated from the Brazilian ecosystem. **Food Chemistry**, v. 107, n. 1, p. 145–150, 2008.

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

MARX, M.; STUPARIC, M.; SCHIEBER, A.; CARLE, R. Effects of thermal processing on *trans-cis*-isomerization of β -carotene in carrot juices and carotenepcontaining preparations. **Food Chemistry**, v. 83, n. 4, p. 609–617, 2003.

MATSUNO, T.; TANI, Y.; MAOKA, T.; MATSUO, K.; KOMORI, T. Isolation and structural elucidation of cucurbitaxanthin A and B from pumpkin *Cucurbita maxima*. **Phytochemistry**, v. 25, n. 12, p. 2837–2840, 1986.

MEILGAARD, M.; CIVILLE, G. V.; CARR, B. T. **Sensory Evaluation Techniques**. 4 Ed., Boca Raton: CRC Press, 2007.

MELÉNDEZ-MARTÍNEZ, A. J.; VICARIO, I. M.; HEREDIA, F. J. Review: analysis of carotenoids in orange juice. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 20, n. 7, p. 638–649, 2007.

MENDES-PINTO, M. M. Carotenoid breakdown products the – norisoprenoids – in wine aroma. **Archives of Biochemistry and Biophysics**, v. 483, n. 2, p.236-245, 2009.

MERCADANTE, A. Z.; RODRIGUEZ-AMAYA, D. B.; BRITTON, G. HPLC and mass spectrometric analysis of carotenoids from mango. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 45, n. 1, p. 120–123, 1997.

MINGUEZ-MOSQUERA, M. I.; HORNERO-MENDEZ, D.; PEREZ-GALVEZ, A. Carotenoids and provitamin A in functional foods. In: HURST, W. J. **Methods of analysis for functional foods and nutraceuticals**. Washington: CRC Press, 2002. p. 101–157.

MORI, E. E. M. Determinação da vida de prateleira através da análise sensorial e correlações. In: TEIXEIRA NETO, R. O.; VITALI, A. A. **Reações de transformação e vida de prateleira de alimentos processados**. 2 Ed. Campinas: ITAL, 1996.

MURKOVIC, M.; MULLEDER, U.; NEUNTEUFL, H. Carotenoid content in different varieties of pumpkins. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 6, n. 15, p. 633–638, 2002.

NISHINO, H.; MURAKOSHI, M.; TOKUDA, H.; SATOMI, Y. Cancer prevention by carotenoids. **Archives of Biochemistry and Biophysics**, v. 483, n. 2, 165-168, 2009.

NUNES, I. L.; MERCADANTE, A. Z. Vantagens e desvantagens das colunas C₁₈ e C₃₀ para a separação de carotenóides por CLAE. **Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas**, v. 42, n. 4, p. 540–546, 2006.

ODRIOZOLA-SERRANO, I.; SOLIVA-FORTUNY, R.; HERNANDEZ-JOVER, T.; MARTIN-BELLOSO, O. Carotenoid and phenolic profile of tomato juices processed by high intensity pulsed electric fields compared with conventional thermal treatments. **Food Chemistry**, v. 112, n. 1, p. 258–266, 2009.

OLIVER, J.; PALOU, A. Chromatographic determination of carotenoids in foods. **Journal of Chromatography A**, v. 881, n. 1 - 2, p. 543–555, 2000.

ORDÓÑEZ-SANTOS, L. E.; VÁSQUEZ-ODÉRIZ, L.; ARBONES-MACIÑEIRA, E.; ROMERO-RODRÍGUEZ, M. A. The influence of storage time on micronutrients in bottled tomato pulp. **Food Chemistry**, v. 112, n. 1, p. 146–149, 2009.

PADULA, M. Influência da embalagem na vida de prateleira de alimentos. In: TEIXEIRA NETO, R. O.; VITALI, A. A. **Reações de transformação e vida de prateleira de alimentos processados**. 2 Ed. Campinas: ITAL, 1996.

PATRAS, A.; BRUNTON, N.; DA PIEVE, S.; BUTLER, F.; DOWNEY, G. Effect of thermal and high pressure processing on antioxidant activity and instrumental colour of tomato and carrot purées. **Innovative Food Science and Emerging Technologies**, v. 10, n. 1, p. 16-22, 2009.

PINHEIRO SANT'ANA, H. M.; STRINGHETA, P. C.; BRANDÃO, S. C. C.; AZEREDO, R. M. C. Carotenoid retention and vitamin A value in carrot (*Daucus carota* L.) prepared by food service. **Food Chemistry**, v. 61, n. 12, p. 145–151, 1998.

PTITCHKINA, N. M.; DANILOVA, I. A.; DOXASTAKIS, G.; KASAPIS, S.; MORRIS, R. Pumpkin pectin: gel formation at unusually low concentration. **Carbohydrate Polymers**, v. 23, n. 4, p. 265–273, 1994.

PTITCHKINA, N. M.; NOVOKRESCHONOVA, L. V.; PISKUNOVA, G. V.; MORRIS, E. R. Large enhancements in loaf volume and organoleptic acceptability of wheat Bread by small additions of pumpkin powder: possible

role of acetylated pectin in stabilizing gas-cell structure. **Food Hydrocolloids**, v. 12, n. 3, p. 333–337, 1998.

QIU, D.; CHEN, Z. R.; LI, H. R. Effect of heating on solid β -carotene. **Food Chemistry**, v. 112, n. 2, p. 344–349, 2009.

QUANHONG, L.; CAILI, F.; YUKUI, R.; GUANGHUI, H.; TONGYI, C. Effects of protein-bound polysaccharide isolated from pumpkin on insulin in diabetic rats. **Plant Foods for Human Nutrition**, v. 60, n. 1, p. 13–16, 2005.

QUE, F.; MAO, L.; FANG, X.; WU, T. Comparison of hot air-drying and freeze-drying on the physicochemical properties and antioxidant activities of pumpkin (*Cucurbita moschata* Duch.) flours. **International Journal of Food Science and Technology**, v. 43, n. 7, p. 1195–1201, 2008.

RAO, A. V.; RAO, L. G. Carotenoids and human health. **Pharmacological Research**, v. 55, n. 3, p. 207–216, 2007.

RATMAYAKE, R. M. S.; MELTON, L. D.; HURST, P. L. Influence of cultivar, cooking and storage on cell-wall polysaccharide composition of winter squash (*Cucurbita maxima*). **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 51, n. 7, p. 1904–1913, 2003.

RIZZO, V.; MURATORE, G. Effects of packaging on shelf life of fresh celery. **Journal of Food Engineering**, v. 90, n. 1, p. 124–128, 2009.

ROCHA, A. M. C. N.; BROCHADO, C. M.; KIRBY, R.; MORAIS, A. M. M. B. Shelf-life of chilled cut orange determined by sensory quality. **Food Control**, v. 6, n. 6, p. 317–322, 1995.

ROCHA, A. M. C. N.; MORAIS, A. M. M. B. Shelf life of minimally processed apple (cv. Jonagored) determined by colour changes. **Food Control**, v. 14, n. 1, p. 13–20, 2003.

RODRIGUEZ-AMAYA, D. B. **A Guide to Carotenoid Analysis in Foods**. Washington: International Life Sciences Institute Press, 1999. 59 p.

RODRIGUEZ-AMAYA, D. B. Avanços na pesquisa de carotenóides em alimentos: contribuições de um laboratório brasileiro. **Revista do Instituto Adolfo Lutz**, v. 63, n. 2, p. 129 – 138, 2004.

RODRIGUEZ-AMAYA, D. B. **Carotenoids and food preparation: the retention of provitamin A carotenoids in prepared, processed, and stored foods**. Arlington: John Snow (JSI) / Opportunities for Micronutrient Interventions (OMNI), 1997. 88 p.

RODRIGUEZ-AMAYA, D. B.; KIMURA, M.; GODOY, H. T.; AMAYA-FARFAN, J. Updated Brazilian database on food carotenoids: Factors affecting carotenoid composition. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 21, n. 6, p. 445-463, 2008.

RODRIGUEZ-AMAYA, D. B. Some considerations in generating carotenoid data for food composition tables. **Journal of Food Composition and analysis**, v. 13, n. 4, p. 641-647, 2000.

ROS-CHUMILLAS, M.; BELISSARIO, Y.; IGUAZ, A.; LÓPEZ, A. Quality and shelf life of orange juice aseptically packaged in PET bottles. **Journal of Food Engineering**, v. 79, n. 1, p. 234–242, 2007.

ROSS, C. A.; TERNUS, M. E. Vitamin A as a hormone: recent advances in understanding the actions of retinol, retinoic acid, and beta carotene. **Journal of the American Dietetic Association**, v. 93, n. 11, p. 1285–1290, 1993.

SANCHEZ-MORENO, C.; PLAZA, L.; ANCOS, B.; CANO, M. P. Vitamin C, provitamin A carotenoids, and other carotenoids in high-pressurized orange juice during refrigerated storage. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 51, n. 3, p. 647–653, 2003.

SANDER, L. C.; SHARPLESS, K. E.; CRAFT, N. E.; WISE, S. A. Development of engineered stationary phases for the separation of carotenoid isomers. **Analytical Chemistry**, v. 66, n. 10, p. 1667–1674, 1994.

SANDER, L. C.; SHARPLESS, K. E.; PURSCH, M. C₃₀ stationary phases for the analysis of food b liquid chromatography. **Journal of Chromatography A**, v. 880, n. 1 - 2, p. 189–202, 2000.

SCHIEBER, A.; CARLE, R. Occurrence of carotenoids *cis*-isomers in food: technological, analytical, and nutritional implications. **Trends in Food Science & Technology**, v. 16, n. 9, p. 416–422, 2005.

SCOTT, C. E.; ELDRIDGE, A. L. Comparison of carotenoid content in fresh, frozen and canned corn. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 18, n. 6, p.551-559, 2005.

SCOT, K. J.; RODRIGUEZ-AMAYA, D. Pro-vitamin A carotenoid conversion factors: retinol equivalents – fact of fiction? **Food Chemistry**, v. 69, n. 2, p. 125-127, 2000.

SENTANIN, M. A.; RODRIGUEZ-AMAYA, D. B. Teores de carotenóides em mamão e pêssego determinados por cromatografia líquida de alta eficiência. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 27, n. 1, p. 13–19, 2007.

SHKODINA, O. G.; ZELTSER, O. A.; SELIVANOV, N. Y.; IGNATOV, V. V. Enzymic extraction of pectin preparations from pumpkin. **Food Hydrocolloids**, v. 12, n. 3, p. 313–316, 1998.

SIDRA. Sistema IBGE de Recuperação Automática. Censo Agropecuário 2006. Disponível em: <http://www.sidra.ibge.gov.br> Acesso em: 10 set. 2010

SILVA, S. R.; MERCADANTE, A. Z. Composição de carotenóides de maracujá-amarelo (*Passiflora edulis* flavicarpa) *in natura*. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 22, n. 3, p. 254–258, 2002.

SILVEIRA, E. R.; MORENO, F. S. Natural retinoids and β -carotene: from food to their actions on gene expression. **Journal of Nutritional Biochemistry**, v. 9, n. 8, p. 446–456, 1998.

SILVEIRA, K. C.; BRASIL, J. A.; LIVERA, A. V. S.; SALGADO, S. M.; FARO, Z. P.; GUERRA, N. B. Bebida a base de flocos de abóbora com inulina: características prebióticas e aceitabilidade. **Revista de Nutrição**, v. 21, n. 3, p. 267–276, 2008.

SINGH, T. K.; CADWALLADER, K. R. Ways of measuring shelf-life and spoilage. In: STEELE, R. **Understanding and measuring the shelf-life of food**. Cambridge: Woodhead Publishing Ltd., 2004.

SNODDERLY, D. M. Evidence for protection against age-related macular degeneration by carotenoids and antioxidants vitamins. **American Journal of Clinical Nutrition**, v. 62, n. 6, p. 1448–1461, 1995.

STATSOFT. Statistica. Versão 7.0. Tulsa, 2004.

STEVENSON, D. G.; ELLER, F. J.; WANG, L.; JANE, J.; WANG, T.; INGLETT, G. E. Oil and tocopherol content and composition of pumpkin seed oil in 12 Cultivars. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 55, n. 10, p. 4005–4013, 2007.

TACO. **Tabela Brasileira de Composição de Alimentos / NEPA – UNICAMP**. 2ª Ed. Campinas: NEPA-UNICAMP, 2006. 113 p.

TAKEOKA, G.; DAO, L.; FLESSA, S.; GILLESPIE, D. M.; JEWELL, W. T.; HUABNER, B.; BERTOW, D.; EBELER, S. E. Processing effects on lycopene content and antioxidant activity of tomatoes. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 49, n. 8, p. 3713–3717, 2001.

TALCOTT, S. T.; HOWARD, L. R. Phenolic autoxidation is responsible for color degradation in processed carrot puree. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 47, n. 5, p. 2109–2115, 1999.

TAVARES, C. A.; RODRIGUEZ-AMAYA, D. B. Carotenoid Composition of Brazilian Tomatoes and Tomato Products. **LWT – Food Science and Technology**, v.27, n. 3, p. 219–224, 1994.

- TSIRONI, T.; DERMESONLOUOGLU, E.; GIANNAKOUROU, M.; TAOUKIS, P. Shelf life modeling of frozen shrimp at variable temperature conditions. **LWT – Food Science and Technology**, v. 42, n. 2, p. 664-671, 2009.
- VAN HOUT, D. Sensory shelf life of new products. In: Workshop summary: Sensory shelf-life testing. **Food Quality and Preference**, v. 17, n. 7-8, p. 640–645, 2006.
- VÁSQUEZ-CAICEDO, A. L.; SCHILLING, S.; CARLE, R.; NEIDHART, S. Effects of thermal processing and fruit matrix on β -carotene stability and enzyme inactivation during transformation of mangoes into purée and nectar. **Food Chemistry**, v. 102, n. 4, p. 1172–1186, 2007a.
- VASQUEZ-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 Technology**, v. 224, n. 5, p. 581-590, 2007b.
- VASSILIOU, A. G.; NEUMANN, G. M.; CONDRON, R.; POLYA, G. M. Purification and mass spectrometry-assisted sequencing of basic antifungal proteins from seeds of pumpkin (*Cucurbita maxima*). **Plant Science**, v. 134, n. 2, p. 141–162, 1998.
- VITALI, A. A.; QUAIST, D. G. Vida de prateleira de alimentos. In: TEIXEIRA NETO, R. O.; VITALI, A. A. **Reações de transformação e vida de prateleira de alimentos processados**. 2 Ed. Campinas: ITAL, 1996.
- VITALI, A. A.; TEIXEIRA NETO. Testes acelerados de vida de prateleira de alimentos. In: TEIXEIRA NETO, R. O.; VITALI, A. A. **Reações de transformação e vida de prateleira de alimentos processados**. 2 Ed. Campinas: ITAL, 1996.
- UENOJO, M.; MARÓSTICA JUNIOR, M. R.; PASTORE, G. M. Carotenóides: Propriedades, aplicações e biotransformação para formação de compostos de aroma. **Química Nova**, v. 30, n. 3, p. 616–622, 2007.

ULMANN, S; MAZURANA, J. **Abóbora**. UFRGS, 2001. Disponível em: <http://www.ufrgs.br/Alimentus/feira/mpfruta/abobora/mpcabot.htm> Acesso em: 02 mar. 2009.

WALKLING-RIBEIRO, M.; NOCI, F.; CRONIN, D. A.; LYNG, J. G.; MORGAN, D. J. Shelf life and sensory evaluation of orange juice after exposure to thermosonication and pulsed electric fields. **Food and Bioprocess Processing**, v. 87, n. 2, p. 102–107, 2009.

WANG, H. X.; NG, T. B. Isolation of cucurmoschin, a novel antifungal peptide abundant in arginine, glutamate and glycine residues from black pumpkin seed. **Peptides**, v. 24, n. 7, p. 969–972, 2003.

WHO/FAO. World Health Organization / Food and Agriculture Organization of the United Nations. Codex Alimentarius Commission, Rome, CAC/RCP 40, 1993.

WILBERG, V. C.; RODRIGUEZ-AMAYA, D. B. HPLC Quantitation of major carotenoids of fresh and processed guava, mango and papaya. **LWT – Food Science and Technology**, v.28, n. 5, p. 474–480, 1995.

ZANONI, B.; LAVELLI, V.; AMBROSOLI, R.; GARAVAGLIA, L. ; MINATI, J. ; PAGLIARINI, E. A model to predict shelf-life in air and darkness of cut, ready-to-use, fresh carrots under both isothermal and non-isothermal conditions. **Journal of Food Engineering**, v. 79, n. 2, p. 586-591, 2007.

ZEPKA, L. Q.; MERCADANTE, A. Z. Degradation compounds of carotenoids formed during heating of a simulated cashew apple juice. **Food Chemistry**, v. 117, n. 1, p.28-34, 2009.

ANEXO A – Ficha de avaliação da aceitabilidade da cor de purês de abóbora ‘Menina Brasileira’ e ‘Exposição’

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DOS ALIMENTOS**

FICHA DE IDENTIFICAÇÃO DO CONSUMIDOR

Nome: _____ **Data:** _____

Sexo: () masculino () feminino

Idade: () < 20 () 20 – 30 () 31 – 40 () 41 – 50 () acima de 50

FICHA DE APLICAÇÃO DO TESTE SENSORIAL

AMOSTRA: _____

Por favor, avalie a cor da amostra de purê de abóbora de acordo com a escala abaixo:

- 9 - Gostei muitíssimo (Adorei)
- 8 - Gostei muito
- 7 - Gostei moderadamente
- 6 - Gostei ligeiramente
- 5 - Não gostei nem desgostei
- 4 - Desgostei ligeiramente
- 3 - Desgostei moderadamente
- 2 - Desgostei muito
- 1 - Desgostei muitíssimo (Detestei)

Comentários
