

MÔNICA SANTANA MOREIRA

IMPREGNAÇÃO A VÁCUO DE β -CAROTENO E LUTEÍNA EM SALADA DE FRUTAS
MINIMAMENTE PROCESSADA

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

VIÇOSA
MINAS GERAIS – BRASIL
2015

**Ficha catalográfica preparada pela Biblioteca Central da Universidade
Federal de Viçosa - Câmpus Viçosa**

T

M838i
2015
Moreira, Mônica Santana, 1990-
Impregnação a vácuo de B-caroteno e luteína em salada
de frutas minimamente processada / Mônica Santana Moreira.
– Viçosa, MG, 2015.
xvi, 99f. : il. (algumas color.) ; 29 cm.

Inclui anexos.

Orientador: Afonso Mota Ramos.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.

Referências bibliográficas: f.80-95.

1. Frutas - Processamento. 2. Corantes naturais.
3. Carotenoides. 4. Luteína. 5. Antioxidantes. I. Universidade
Federal de Viçosa. Departamento de Tecnologia de Alimentos.
Programa de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia de
Alimentos. II. Título.

CDD 22. ed. 664.804

MÔNICA SANTANA MOREIRA


IMPREGNAÇÃO A VÁCUO DE β -CAROTENO E LUTEÍNA EM SALADA DE
FRUTAS MINIMAMENTE PROCESSADA

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

APROVADA: 24 de junho de 2015.



Érica Nascif Rufino Vieira



Paulo Cesar Stringheta
(Coorientador)



Afonso Mota Ramos
(Orientador)

AGRADECIMENTOS

Só Deus sabe o que eu passei para chegar até aqui. As lágrimas, os sorrisos, as amizades, as alegrias, as decepções, as tristezas, os desesperos. E a cada desespero eu sentia as mãos Dele segurando as minhas e dizendo baixinho: “Tudo vai dar certo, acredite!”, Eu acreditei e, primeiramente, agradeço a Ele por nunca me abandonar, por sempre me fazer acreditar que tudo daria certo, por me guiar para o melhor caminho e por ser meu apoio sempre que eu precisei. Obrigada Deus! Não posso te ver, mas sinto Você em minha vida o tempo todo.

Gostaria de agradecer também meus pais, Luiz Carlos e Sandra, muito obrigada pelo amor, pela educação, pelos conselhos, pela paciência e pelo apoio. Se hoje sou quem eu sou, é graças a vocês. Mãe, você que sempre foi meu maior exemplo de garra e perseverança, agradeço por todo o ensinamento e força. Não seria nada sem você! Pai, sei que este sempre foi um sonho seu, que aos poucos se tornou um sonho para mim também. Dedico esta vitória à você! Amo muito vocês dois e só tenho a agradecer imensamente por tudo.

Às minhas irmãs, Michelle e Paula, agradeço a paciência nos meus momentos de estresse; a compreensão em entender que seria preciso abrir mão de algumas coisas para conseguir outras; o amor fraterno e o apoio que sempre me fizeram levantar a cada queda, sendo com aquele sorriso ou aquele abraço apertado nas despedidas. Amo muito vocês irmãs.

Ao Felipe, não há palavras suficientes que demonstram minha gratidão por tudo o que fez para me ajudar. Sem você, sem dúvidas, eu não teria chegado até aqui. Você, que nunca deixou eu desistir, que sempre me incentivou e me fez erguer a cabeça, seguir em frente e ir até o fim deste desafio. Você, que me ensinou tanta coisa durante esses anos, que aprendeu a ter paciência comigo e me fez enxergar tudo de uma maneira bem mais agradável. Muito obrigada Preto, pelos valiosos conselhos, pelos olhares sinceros, pela motivação, pelos elogios quando eu me sentia derrotada, pelos sorrisos a cada dia inteiro no laboratório, pelo carinho que me acalmava mesmo com a distância, pela preocupação de sempre e até mesmo pelas vezes em que você ficou em silêncio ouvindo os meus raros desabafos. Obrigada, de coração. Essa vitória é nossa! Te amo.

Ao meu orientador, professor Afonso Mota Ramos, pela orientação e ajuda na escolha do tema, pelos ensinamentos e pela oportunidade de compartilhar de seu

conhecimento. Professor Afonso, obrigada principalmente pelo apoio, pela paciência e pela amizade.

À professora Eliane Maurício Furtado Martins, que além de coorientadora no mestrado e orientadora durante a graduação, tenho como uma segunda mãe a qual tenho imensa admiração e gratidão. Muito obrigada por todos os conselhos, pelos ensinamentos, por todas as sugestões e pela disponibilidade em sempre ajudar, contribuindo para minha formação. Espero poder retribuir um pouco do que você fez e ainda faz por mim.

Ao professor Paulo Cesar Stringheta por me coorientar, me socorrendo todas as vezes em que tive dúvidas, sempre me recebendo em sua sala com bom humor e ideias brilhantes às quais eu jamais pensaria, por todas as dicas e ensinamentos únicos que contribuíram de forma importantíssima para o desenvolvimento desta pesquisa, além da disponibilidade e boa vontade em ajudar.

À professora Érica por aceitar participar da minha banca, mas principalmente, por sempre estar disposta a ajudar com a maior boa vontade do mundo, por contribuir com opiniões e ideias brilhantes para o desenvolvimento deste trabalho, pelo carinho que sempre teve por mim e por todos do laboratório, criando verdadeiros laços de amizade.

Aos meus colegas do laboratório, impossível deixar de agradecer-los, já que todos contribuíram de alguma forma para o desenvolvimento deste trabalho, colocando a mão na massa junto comigo, pensando em alternativas para solucionar os problemas, contribuindo com ideias valiosíssimas e até mesmo pelos momentos de descontração que faziam meus dias mais alegres. Muito obrigada Aline, Anna Lidya, Ariana, Bianca, Bruna, Carolina, Daniele, Érik, Évelyn, Marcela, Marcos, Mariana, Patrícia e Tereza, vocês foram essenciais para mim durante esses 2 anos, jamais esquecerei de vocês.

Às minhas amigas Ana Carolina e Janaína, que trago comigo desde a graduação e me acompanharam também durante o mestrado, participando de todos os meus dramas e alegrias. Agradeço o apoio, as palavras de incentivo, o carinho, a amizade incondicional, por estarem sempre prontas para me ouvir e com os ombros a postos para me acolher.

Às amigas Cínthia e Thamiris, que mesmo com a distância ouviam meus desabafos e tinham as palavras certas a dizer, me fazendo sentir melhor. Vocês fazem parte da minha vida, obrigada.

Às amigas Jéssica e Elza, que desde 2005 participam de todos os momentos de minha vida e que sempre torceram por mim. Obrigada por sempre compreenderem minha ausência e por serem amigas tão queridas, daquelas que eu sei que posso contar a qualquer momento. Amo vocês.

À amiga Vanessa, que desde o início do mestrado fez-se presente, compartilhando dos momentos felizes e tristes que passei em Viçosa, sem nunca deixar o sorriso no rosto desaparecer. Obrigada Nessa, por sempre me ajudar, me aconselhar, me fazer sorrir, me acalmar e cuidar de mim quando eu mais precisei.

Aos demais familiares, amigos e colegas, que foram indispensáveis para a conclusão de mais esta etapa da minha vida e que sempre estiveram presentes mesmo que ausentes fisicamente, torcendo sempre por mim.

À Universidade Federal de Viçosa pela oportunidade da realização do curso de Mestrado e ao CNPq pela concessão da bolsa.

A todos os funcionários do Departamento de Tecnologia de Alimentos da Universidade Federal de Viçosa, em especial aos funcionários da planta piloto: Helvécio, José Geraldo e Simeão por cada “bom dia” que alegrava minhas manhãs.

Agradeço também a todos do Laboratório de Análises de Vitaminas do Departamento de Nutrição e Saúde, em especial à Professora Helena, Bárbara, Ghéssica, Jéssika, Natália, Pamela, Taís e à técnica de laboratório Solange, pela disposição em me ajudar na análise de carotenoides, pela excelente convivência e pela oportunidade de desenvolver parte desse trabalho.

À Christiane Mileib, que com muita paciência me ajudou fazendo a análise estatística do meu projeto, contribuindo imensamente para a conclusão deste. Sou muito grata a você Christiane, principalmente pela boa vontade, disposição e por despender de um tempo que você nem tinha para me ajudar.

Às empresas Christian Hansen e DSM pela doação das amostras de β -caroteno e luteína.

À todas as pessoas que, de alguma forma, contribuíram para a realização deste trabalho e para o meu crescimento pessoal e profissional. Muito obrigada!

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	viii
LISTA DE TABELAS	xi
RESUMO	xiii
ABSTRACT	xv
1. INTRODUÇÃO	1
2. OBJETIVOS	3
2.1. Objetivo geral.....	3
2.2. Objetivos específicos	3
3. REVISÃO DE LITERATURA	4
3.1. Alimentos funcionais: definição e benefícios	4
3.2. Frutas e hortaliças minimamente processadas: definição, mercado e processamento	4
3.2.1. Salada de Frutas	6
3.2.1.1. Banana.....	7
3.2.1.2. Mamão	8
3.2.1.3. Manga.....	9
3.2.1.4. Pêssego.....	9
3.3. Corantes	10
3.3.1. Carotenoides.....	11
3.3.1.1. β -caroteno.....	13
3.3.1.2. Luteína.....	13
3.4. Impregnação a vácuo.....	14
4. MATERIAL E MÉTODOS	17
4.1. Matéria-prima.....	17
4.2. Processamento mínimo das frutas e elaboração da salada	18
4.3. Determinação da concentração dos corantes.....	18
4.4. Delineamento experimental	18

4.5. Preparo da solução de β -caroteno e luteína.....	20
4.6. Determinação do tempo de pressão de vácuo da impregnação.....	21
4.7. Tratamento da salada de frutas com ácido ascórbico.....	21
4.8. Impregnação a vácuo.....	21
4.9. Análises físico-químicas	22
4.9.1. Determinação da pH, acidez total titulável e teor de sólidos solúveis totais ...	22
4.9.2. Determinação de cor	23
4.9.3. Determinação de vitamina C.....	24
4.9.4. Determinação de firmeza e perda de massa	24
4.9.5. Avaliação da incorporação da solução corante após a impregnação e porosidade das frutas presentes nas saladas.....	25
4.9.6. Determinação de carotenoides totais.....	26
4.9.7. Extração e determinação de β -caroteno e luteína.....	26
4.10. Determinação das características microbiológicas.....	27
4.11. Avaliação sensorial	28
4.12. Análise estatística.....	28
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	29
5.1. Determinação do tempo de pressão de vácuo da impregnação de β -caroteno em salada de frutas minimamente processada	29
5.2. Determinação das características físico-químicas.....	37
5.2.1. Determinação de pH, acidez total titulável e sólidos solúveis totais em salada de frutas minimamente processada adicionada de corante natural	37
5.2.2. Determinação de cor	41
5.2.3. Determinação de vitamina C.....	54
5.2.4. Determinação de firmeza e perda de massa	56
5.2.5. Avaliação da incorporação da solução corante após a impregnação e porosidade das frutas presentes nas saladas.....	59
5.2.6. Extração e determinação de β -caroteno e luteína por CLAE.....	62

5.3. Determinação das características microbiológicas.....	67
5.4. Avaliação sensorial	71
6. CONCLUSÕES	79
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	80

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Esquema dos carotenoides (PALACE et al., 1999).....	12
Figura 2. Esquema do processo de impregnação a vácuo (FITO, 1994)	16
Figura 3. " <i>Debonding</i> " (desligamento) e ruptura da parede celular que podem ocorrer em tecidos vegetais (CHIRALT et al., 2001).....	17
Figura 4. Esquema do experimento.....	20
Figura 5. Equipamento utilizado para realizar a impregnação a vácuo	22
Figura 6. Modelo de equação de regressão das coordenadas L*, b* e C* para a interação entre banana minimamente processada em função da luminosidade (L*), da coordenada b (b*), do índice Chroma (C*), seus respectivos coeficientes de determinação (R ²) e níveis de probabilidade (p).....	48
Figura 7. Modelo de equação de regressão das coordenadas L*, b* e C* para a interação entre manga minimamente processada em função da luminosidade (L*), da coordenada b (b*), do índice Chroma (C*), seus respectivos coeficientes de determinação (R ²) e níveis de probabilidade (p).....	49
Figura 8. Modelo de equação de regressão das coordenadas L*, b* e C* para a interação entre pêsego minimamente processada em função da luminosidade (L*), da coordenada b (b*), do índice Chroma (C*), seus respectivos coeficientes de determinação (R ²) e níveis de probabilidade (p).....	49
Figura 9. Variação do teor de vitamina C de salada de frutas minimamente processada contendo β-caroteno e luteína e dos tratamentos controle e <i>in natura</i> armazenada a 8 dias a 5 °C.....	55
Figura 10. Variação da firmeza das frutas utilizadas na salada minimamente processada adicionada de β-caroteno e luteína por impregnação a vácuo para o período de armazenamento de 8 dias a 5 °C.....	57
Figura 11. Perda de massa (%) de salada de frutas minimamente processada contendo de β-caroteno e luteína e dos tratamentos controle e <i>in natura</i> para o período de armazenamento de 8 dias a 5 °C.....	58
Figura 12. Superfície de resposta da incorporação de componentes em relação a concentração de β-caroteno e luteína para a salada de frutas minimamente processadas adicionada de corantes naturais por impregnação a vácuo.	60

Figura 13. Curvas de nível da incorporação de componentes em relação a concentração de β -caroteno e luteína para a salada de frutas minimamente processadas adicionada de corantes naturais por impregnação a vácuo.....	60
Figura 14. Cromatograma da salada de frutas minimamente processada <i>in natura</i> ..	96
Figura 15. Cromatograma da salada de frutas minimamente processada controle....	96
Figura 16. Cromatograma do tratamento adicionado com 50% de β -caroteno e 50% de luteína por impregnação a vácuo.....	97
Figura 17. Cromatograma do tratamento adicionado com 100% de β -caroteno e 0% de luteína por impregnação a vácuo.....	97
Figura 18. Cromatograma do tratamento adicionado com 0% de β -caroteno e 100% de luteína por impregnação a vácuo.....	98
Figura 19. Cromatograma do tratamento adicionado com 75% de β -caroteno e 25% de luteína por impregnação a vácuo.....	98
Figura 20. Cromatograma do tratamento adicionado com 25% de β -caroteno e 75% de luteína por impregnação a vácuo.....	99
Figura 21. Contagem de micro-organismos psicotróficos em salada de frutas minimamente processada adicionada de β -caroteno e luteína por impregnação a vácuo após 0, 4 e 8 dias de armazenamento a 5 °C..	69
Figura 22. Contagem de fungos filamentosos e leveduras em salada de frutas minimamente processada adicionada de β -caroteno e luteína por impregnação a vácuo após 0, 4 e 8 dias de armazenamento..	70
Figura 23. Salada de frutas minimamente processada adicionada de 0 % de β -caroteno e 100% de luteína e 100 % de β -caroteno e 0% de luteína por impregnação a vácuo e tratamento controle logo após o processamento, após 4 dias de armazenamento e após 8 dias de armazenamento..	72
Figura 24. Aceitação sensorial para o atributo cor de salada de frutas minimamente processada controle e adicionada de 0% β -caroteno e 100% luteína por impregnação a vácuo logo após o processamento e após 4 dias de armazenamento.	73
Figura 25. Aceitação sensorial para o atributo sabor de salada de frutas minimamente processada controle e adicionada de 0% β -caroteno e 100% luteína por impregnação a vácuo logo após o processamento e após 4 dias de armazenamento.	75
Figura 26. Aceitação sensorial para o atributo textura de salada de frutas minimamente processada controle e adicionada de 0% β -caroteno e 100% luteína por impregnação a vácuo logo após o processamento e após 4 dias de armazenamento.	76

Figura 27. Aceitação sensorial para o atributo impressão global de salada de frutas minimamente processada controle e adicionada de 0% β -caroteno e 100% luteína por impregnação a vácuo logo após o processamento e após 4 dias de armazenamento. 77

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Delineamento experimental de mistura binária para β -caroteno e Luteína.	19
Tabela 2. Cor de banana minimamente processada adicionada de β -caroteno em diferentes tempos de impregnação a vácuo.....	31
Tabela 3. Cor de mamão minimamente processado adicionado de β -caroteno em diferentes tempos de impregnação a vácuo.....	31
Tabela 4. Cor de manga minimamente processada adicionada de β -caroteno em diferentes tempos de impregnação a vácuo.....	32
Tabela 5. Cor de pêsego minimamente processado adicionado de β -caroteno em diferentes tempos de impregnação a vácuo.....	32
Tabela 6. Firmeza de banana, mamão, manga e pêsego minimamente processados adicionados de β -caroteno em diferentes tempos de impregnação a vácuo.....	34
Tabela 7. Carotenoides totais em salada de frutas minimamente processada adicionada de β -caroteno em diferentes tempos de impregnação a vácuo.....	36
Tabela 8. Valores médios de pH das saladas de frutas minimamente processadas controle, in natura e adicionadas de β -caroteno e luteína em diferentes proporções por impregnação a vácuo.....	38
Tabela 9. Valores médios de acidez total titulável das saladas de frutas minimamente processadas controle, in natura e adicionadas de β -caroteno e luteína em diferentes proporções por impregnação a vácuo.....	39
Tabela 10. Valores médios de sólidos solúveis das saladas de frutas minimamente processadas controle, in natura e adicionadas de β -caroteno e luteína em diferentes proporções por impregnação a vácuo.....	40
Tabela 11. Variação das coordenadas L^* , a^* , b^* , ângulo Hue (H°) e índice Chroma (C^*) de banana, mamão, manga e pêsego minimamente processados adicionados de diferentes proporções de β -caroteno e luteína por impregnação a vácuo..	42
Tabela 12. Valores médios das coordenadas L^* , a^* , b^* , ângulo Hue (H°) e índice Chroma (C^*) de banana minimamente processada adicionada de diferentes proporções de β -caroteno e luteína por impregnação a vácuo	44
Tabela 13. Valores médios das coordenadas L^* , a^* , b^* , ângulo Hue (H°) e índice Chroma (C^*) de mamão minimamente processada adicionada de diferentes proporções de β -caroteno e luteína por impregnação a vácuo	45

Tabela 14. Valores médios das coordenadas L*, a*, b*, ângulo Hue (H°) e índice Chroma (C*) de manga minimamente processada adicionada de diferentes proporções de β-caroteno e luteína por impregnação a vácuo.....	46
Tabela 15. Valores médios das coordenadas L*, a*, b*, ângulo Hue (H°) e índice Chroma (C*) de pêsego minimamente processada adicionada de diferentes proporções de β-caroteno e luteína por impregnação a vácuo.	47
Tabela 16. Modelo de equação de regressão, coeficiente de determinação (R ²) e nível de probabilidade (p) das coordenadas L*, a*, b*, ângulo Hue (H°) e índice Chroma (C*) para a interação entre as concentrações de β-caroteno e luteína e o tempo 0 de armazenamento a 5 °C para as saladas de frutas minimamente processadas.....	51
Tabela 17. Modelo de equação de regressão, coeficiente de determinação (R ²) e nível de probabilidade (p) das coordenadas L*, a*, b*, ângulo Hue (H°) e índice Chroma (C*) para a interação entre as concentrações de β-caroteno e luteína e o tempo 8 dias de armazenamento.....	51
Tabela 18. Diferença de cor (ΔE) de banana, mamão, manga e pêsego minimamente processados adicionados de β-caroteno e luteína por impregnação a vácuo e dos tratamentos controle e in natura nos tempos 0 e 8 dias de armazenamento a 5 °C....	53
Tabela 19. Valores médios de porosidade das frutas utilizadas para a elaboração das saladas de frutas minimamente processadas controle, in natura e adicionadas de β-caroteno e luteína por impregnação a vácuo.	61
Tabela 20. Valores médios de β-caroteno (mg/100 g) para salada de frutas minimamente processadas adicionadas de diferentes proporções de β-caroteno e luteína por impregnação a vácuo.....	63
Tabela 21. Valores médios de luteína (mg/100 g) para salada de frutas minimamente processadas adicionadas de diferentes proporções de β-caroteno e luteína por impregnação a vácuo.....	64
Tabela 22. Modelo de equação de regressão de mistura da variação do tempo de armazenamento das saladas de frutas minimamente processadas adicionadas de β-caroteno e luteína por impregnação a vácuo em função da concentração de luteína (L), seu coeficiente de determinação (R ²) e nível de probabilidade (p).....	65
Tabela 23. Número Mais Provável (NMP/g) de coliformes a 30 °C e coliformes a 45 °C em salada de frutas minimamente processadas adicionadas de diferentes proporções de β-caroteno e luteína por impregnação a vácuo.....	67

RESUMO

MOREIRA, Mônica Santana, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, junho de 2015. **Impregnação a vácuo de β -caroteno e luteína em salada de frutas minimamente processada.** Orientador: Afonso Mota Ramos. Coorientadores: Eliane Maurício Furtado Martins e Paulo Cesar Stringheta.

O presente trabalho objetivou adicionar corantes naturais com função antioxidante em salada de frutas minimamente processada pelo método de impregnação a vácuo. O tempo de impregnação a vácuo foi determinado por meio de análises físico-químicas de cor, firmeza e carotenoides totais nos tempos 0 e 8 dias de armazenamento a 5 °C. Posteriormente, as saladas de frutas minimamente processadas foram submetidas à impregnação a vácuo pelo tempo determinado, sendo adicionadas de diferentes proporções de β -caroteno e luteína no produto e solução 1% de ácido ascórbico. O tratamento controle foi submetido ao mesmo procedimento sem a presença dos corantes naturais, já o tratamento *in natura* não foi submetido a impregnação a vácuo, ficando imerso em solução contendo 1% de ácido ascórbico pelo tempo determinado. As saladas foram armazenadas a 5 °C por 8 dias e submetidas as análises de pH, acidez, sólidos solúveis totais (SST), vitamina C, cor, incorporação de componentes, firmeza, perda de massa, carotenoides, porosidade, coliformes a 30 e 45 °C, contagem de psicotróficos, contagem de fungos filamentosos e leveduras e análise sensorial. Constatou-se que o tempo de aplicação de vácuo e restauração da pressão atmosférica de 7 minutos esteve dentre os que apresentaram as maiores médias tanto para cor, quanto para firmeza e carotenoides totais, sendo este o tempo estabelecido neste experimento. Verificou-se que os valores de pH, acidez total titulável e teor de sólidos solúveis das saladas mantiveram-se estáveis ao longo do período de estocagem. A impregnação a vácuo promoveu a diminuição das características de cor nas saladas de frutas minimamente processadas ao longo do tempo de armazenamento a 5 °C. A diminuição dos valores de vitamina C ao longo do tempo de armazenamento podem estar atribuídos ao tempo de exposição das amostras ao oxigênio. A técnica de impregnação a vácuo promoveu ruptura nas junções da parede celular, facilitando a liberação da água e contribuindo para que houvesse maior perda de massa e firmeza durante o período de estocagem das saladas. Porém, esta técnica foi eficiente para incorporar componentes na salada de frutas minimamente processada contendo banana, mamão, manga e pêsego. Observou-se que o teor de carotenoides diminuiu ao longo do tempo de armazenamento, provavelmente devido a exposição das saladas

de frutas à luz, oxigênio e meio ácido. Constatou-se que as saladas se encontraram dentro dos padrões legais vigentes apenas para coliforme a 45 °C, apresentando contagem elevada de micro-organismos psicotróficos e fungos e leveduras a partir do 4º dia de armazenamento. Com relação a análise sensorial, observou-se que as amostras consumidas logo após o processamento obtiveram escores médios maiores do que as amostras que ficaram armazenadas durante 4 dias a 5 °C. Portanto, foi possível concluir que a impregnação a vácuo é uma técnica que permite a máxima retenção de carotenoides em frutas, apesar de favorecer a ocorrência de danos com relação a cor e firmeza de todas as frutas utilizadas para elaborar o produto ao longo do período de armazenamento a 5 °C. Além disso, a ingestão diária de 25 g de salada logo após o processamento é capaz de suprir a quantidade diária recomendada para carotenoides e metade da quantidade diária recomendada para vitamina C.

ABSTRACT

MOREIRA, Mônica Santana, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, June, 2015. **Impregnation vacuum β -carotene and lutein in minimally processed fruit salad.** Adviser: Afonso Mota Ramos. Co-advisers: Eliane Maurício Furtado Martins and Paulo Cesar Stringheta.

The purpose of this study is to added natural pigments with antioxidant function in fruit salad minimally processed by vacuum impregnation method. The vacuum impregnation time was determined by analysis of physical-chemical color, firmness and total carotenoids into 0 and 8 days of time storage at 5 °C. Subsequently, the minimally processed fruit salads were subjected to vacuum impregnation by a determined vacuum impregnation time, being added in different proportions of β -carotene and lutein in the product and 1% of ascorbic acid solution. The control treatment was subjected to the same procedure without the presence of natural colorings, on the other hand the treatment *in natura* was not subjected to vacuum impregnation, being immersed in a solution containing 1% of ascorbic acid by a determined time. The salads were stored at 5 ° C for 8 days and submitted to pH, acidity, total soluble solids (TSS), vitamin C, color, components incorporation, firmness, mass loss, carotenoids, porosity, coliforms at 30 and 45 ° C, psychrotrophic count, filamentous fungi and yeast counts and sensory analysis. It was found that the vacuum application and restoration of the atmospheric pressure time of 7 minutes has always been among those who had the highest average for both color, and for firmness and total carotenoids, which is the time used in this experiment. It was found that pH values, titratable acidity and soluble solids content of the salads were stable over the storage period. The vacuum impregnation has promoted the reduction of color characteristics in minimally processed fruit salads over the storage time at 5 ° C. The decrease in vitamin C values over the storage time may be assigned to the exposure time of the samples to oxygen. The vacuum impregnation technique promoted rupture in the cell wall junctions, facilitating the release of the water and contributing to the mass loss were higher and firmness during the storage period of the salads. However, this technique was efficient in incorporating components for fruit salad minimally processed containing banana, papaya, mango and peach. It was observed that the carotenoid content decreased during the storage time, probably due to exposure of the fruit salads to light, oxygen and acidic. It was found that the salads are within the current legal standards only for coliforms at 45 ° C, with a high count of psychrotrophic

microorganisms, fungi and yeasts from the 4th day of storage. In relation of sensory analysis, it was observed that the samples immediately consumed after processing had higher mean scores than the samples that were stored for 4 days at 5 ° C. Therefore, it was concluded that the vacuum impregnation is a technique that allows for maximum retention of carotenoids in fruits, despite favoring the occurrence of damages in relation of a color and firmness of all fruits used to produce the product over the period of storage at 5 ° C. Furthermore, the daily intake of 25 g of salad after the processing is able to supply the daily recommended amount of carotenoids and half the daily recommended amount of vitamin C.

1. INTRODUÇÃO

O Brasil é o terceiro maior produtor de frutas do mundo, com uma produção de aproximadamente 776 mil toneladas de frutas tropicais, ficando atrás apenas da Índia, que ficou com a primeira posição produzindo cerca de 4,3 milhões de toneladas, e da China, que produziu aproximadamente 2,8 milhões de toneladas em 2012 (FAO, 2015).

Diante disso, tem se notado um aumento significativo no consumo de frutas e hortaliças frescas no país devido às mudanças do estilo de vida da população e pela preferência em se alimentar de forma mais saudável, optando por alimentos ricos em nutrientes como fibras, minerais e vitaminas. Estudos epidemiológicos têm mostrado a relação entre o aumento da ingestão de frutas e hortaliças e a redução do risco de doenças crônicas não transmissíveis como osteoporose, câncer, doenças cardiovasculares e obesidade.

A procura dos consumidores por alimentos práticos, rápidos, saudáveis e de qualidade tem sido cada vez maior, contribuindo para que haja um aumento no consumo de frutas e hortaliças minimamente processadas, sendo que esses produtos, apesar de sofrerem alterações físicas, apresentam características semelhantes às dos produtos *in natura*. Muitas frutas cultivadas no Brasil apresentam características desejáveis ao processamento mínimo, como maçã, banana, melão, mamão, goiaba e manga, sendo a elaboração de salada de frutas uma alternativa viável e saudável, considerando a praticidade oferecida ao consumidor que adquire uma diversidade de frutas prontas para o consumo.

Além do valor nutricional, os consumidores também exigem segurança alimentar e atributos sensoriais de qualidade. Assim, a aceitação do alimento pelo consumidor está diretamente relacionada com a aparência dos produtos, sendo a cor a característica sensorial inicialmente avaliada. A cor pode ser transmitida por corantes naturais ou artificiais, sendo que os corantes naturais, além de atribuir cor aos alimentos, também fornecem benefícios a saúde do consumidor.

Os carotenoides são um grupo de corantes naturais responsáveis por fornecerem as cores amarelo, laranja e vermelho para muitas frutas e hortaliças. Além de fornecer cor, os carotenoides apresentam alguns benefícios a saúde dos consumidores, como por exemplo o fornecimento de vitamina A para o corpo, redução

de danos na retina do olho e até redução do risco de câncer de próstata. Porém os carotenoides são facilmente degradados quando expostos a luz, calor ou pH durante processamento e armazenamento de alimentos, sendo necessário explorar técnicas que permitam a máxima absorção desses compostos para a manutenção das características nutricionais e de qualidade.

Desta forma, a impregnação a vácuo tem surgido como uma técnica alternativa com o intuito de acelerar o processo de transporte de massa que consiste na imersão de um produto poroso na solução impregnante aplicando-se vácuo por um dado período de tempo, proporcionando a saída de parte dos gases oclusos nos poros. Após o período de vácuo, a pressão atmosférica é restabelecida no sistema e a amostra permanece imersa na solução por um período de tempo, resultando na entrada da solução externa pela ação do mecanismo hidrodinâmico (HDM) (ANINO; SALVATORI; ALZAMORA, 2006; FITO, 1994; FITO; PASTOR, 1994; FITO et al., 1996).

Diante do exposto, o objetivo desse trabalho é adicionar corantes naturais com função antioxidante em salada de frutas minimamente processada pelo método de impregnação a vácuo a fim de preparar um alimento funcional à base de frutas e, ao mesmo tempo, agregar valor ao produto e contribuir para o aumento do consumo de frutas.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo geral

Elaborar salada de frutas minimamente processada adicionada de β -caroteno e luteína por impregnação a vácuo.

2.2. Objetivos específicos

- ✓ Determinar o tempo de pressão de vácuo para impregnar β -caroteno em salada de frutas minimamente processada;
- ✓ Quantificar a concentração de β -caroteno e luteína presente na salada de frutas minimamente processada após a impregnação a vácuo;
- ✓ Determinar as características físico-químicas (pH, acidez total titulável, sólidos solúveis totais, textura, cor, vitamina C, porosidade, incorporação de componentes e perda de massa) da salada de frutas minimamente processada adicionada de β -caroteno e luteína por impregnação a vácuo ao longo do período de armazenamento;
- ✓ Avaliar a qualidade microbiológica (coliformes a 30 e 45 °C, contagem de fungos filamentosos e leveduras e contagem de micro-organismos psicrotóxicos) da salada de frutas minimamente processada adicionada de β -caroteno e luteína por impregnação a vácuo ao longo do período de armazenamento;
- ✓ Avaliar a aceitação sensorial das amostras de salada de frutas minimamente processadas do tratamento controle e impregnado a vácuo com a solução corante selecionada como a melhor mistura;

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1. Alimentos funcionais: definição e benefícios

Os consumidores têm procurado cada vez mais dietas que contribuem para a saúde e o bem-estar e entre os alimentos que atendem essa demanda, aqueles com propriedades funcionais têm atraído a atenção da população (MARTINS et al., 2013).

O termo "alimentos funcionais" foi introduzido pelo governo japonês, em meados da década de 1980 (CHONAN, 2011). Segundo a legislação brasileira, alimento funcional é definido considerando a alegação de propriedade funcional sendo “aquela relativa ao papel metabólico ou fisiológico que o nutriente ou não nutriente tem no crescimento, desenvolvimento, manutenção e outras funções normais do organismo” (BRASIL, 1999).

Os benefícios dos alimentos funcionais são decorrentes de vários efeitos metabólicos e fisiológicos que contribuem para um melhor desempenho do organismo do indivíduo que os ingere. Ferrari; Torres (2010) explicam que isto acontece devido ao mecanismo de ação que pode ser definido como “[...] as vias bioquímicas e fisiológicas ou farmacológicas pelas quais uma determinada substância interage com os componentes celulares e/ou teciduais para realizar um consequente efeito biológico”.

Os efeitos dos alimentos funcionais vêm sendo estudados, principalmente, nas patologias, como o câncer, diabetes, hipertensão, mal de Alzheimer, doenças ósseas, cardiovasculares, inflamatórias e intestinais. Para que esses alimentos sejam eficazes é preciso que seu uso seja regular e também esteja associado ao aumento da ingestão de frutas, hortaliças, cereais integrais, carne, leite de soja e alimentos ricos em ômega-3 (VIDAL et al., 2012).

3.2. Frutas e hortaliças minimamente processadas: definição, mercado e processamento

Segundo a Associação Internacional de Produtos Minimamente Processados, esses produtos são definidos como qualquer fruta ou hortaliça, ou ainda qualquer combinação delas, que foi alterada fisicamente a partir de sua forma original, embora mantenha o seu estado fresco. Independente do tipo, ele é selecionado, lavado, descascado e cortado, resultando em um produto 100% aproveitável que,

posteriormente, é embalado ou pré-embalado com o intuito de oferecer aos consumidores frescor, conveniência e qualidade nutricional (IFPA, 2015).

No Brasil, o mercado desses produtos aponta para um futuro promissor em virtude da melhoria da qualidade dos produtos ofertados, da necessidade de hábitos de vida mais saudáveis, do maior número de pessoas morando sozinhas, do aumento da renda e da maior facilidade para adquirir produtos já prontos para o consumo (CARNELOSSI, 2011).

Para Alves et al. (2010), o processamento mínimo de frutas e hortaliças pode contribuir para a redução de desperdícios, além de possibilitar maior praticidade e economia de tempo no preparo diário de alimentos, cada vez mais necessários ao agitado mundo moderno. Porém, estes produtos apresentam uma vida útil limitada devido ao processamento, o que acelera as reações bioquímicas e aumenta a susceptibilidade à contaminação microbiana (BOTELHO et al., 2010).

Nos produtos minimamente processados, o escurecimento é desencadeado principalmente durante as etapas de descascamento e corte, já que nestas etapas os substratos fenólicos localizados nos vacúolos entram em contato com as enzimas catalizadoras das reações de oxidações dos polifenóis que estão associadas às estruturas de membranas dos plastídios (SILVA et al., 2007), levando à perda de vitaminas, ao escurecimento e à perda de sabor (SOUZA; DURIGAN, 2007). Além disso, as reações de escurecimento são favorecidas pela presença do oxigênio e condições ideais de pH, temperatura e atividade de água.

A qualidade e a segurança dos alimentos minimamente processados estão intimamente relacionadas à metodologia de processamento, qualidade da matéria-prima, uso de embalagens apropriadas e às condições adequadas de armazenamento (CANTWELL; SUSLOW, 2002). O manuseio excessivo durante o descascamento, o fracionamento, a lavagem e embalagem aumentam os riscos da presença de microorganismos patogênicos transmissores de doenças ao consumidor (FANTUSI; PUSCHMANN; VANETTI, 2004).

A sanitização dos produtos minimamente processados também tem importante papel na manutenção da qualidade e no aumento da vida útil, além da diminuição da deterioração (LIMA, 2005). Sandhya (2010) aponta que o controle adequado da temperatura durante o preparo dos produtos, a refrigeração durante a distribuição e a comercialização são essenciais para a manutenção da qualidade.

A escolha da embalagem não é importante apenas para manter o equilíbrio das concentrações de O₂ e de CO₂, mas também para minimizar o crescimento dos micro-organismos e como consequência, aumentar a vida útil do produto (WILEY, 1994; WATADA; QI, 1999). Assim, a embalagem vai auxiliar na redução da perda de água, do crescimento de micro-organismos e outras reações (WATADA; KO; MINOTT, 1996; WATADA e QI, 1999).

Porém, existem algumas maneiras de contornar as alterações nos minimamente processados, tais como adição de agentes que evitam o escurecimento enzimático como ácido cítrico e ácido ascórbico; adição de sorbato de potássio para evitar a multiplicação de fungos; adição de cloreto de cálcio para diminuir a perda de peso; utilização de filmes plásticos que modificam a atmosfera a que as frutas estarão submetidas e o armazenamento das frutas em temperaturas baixas (LIMA et al., 2005).

O controle da resposta fisiológica durante os processos de preparação é o fator chave para obter um produto minimamente processado de boa qualidade (SAAVEDRA DEL AGUILA et al., 2008).

3.2.1. Salada de Frutas

Frutas e hortaliças são componentes essenciais de uma dieta saudável. Há uma crescente demanda por estes produtos, causando uma expansão do mercado de frutas e hortaliças minimamente processadas (OLAIMAT; HOLLEY, 2012).

Rosado; Pires; Perez (2008) realizaram uma pesquisa com consumidores que se encontravam nos supermercados locais da cidade de Viçosa sobre suas preferências e implicações no mercado de salada de frutas minimamente processadas, e constataram que aproximadamente 80% dos entrevistados consomem salada de frutas caseira e apenas 20% não possuem esse hábito. Dos 20% que não consomem esse tipo de produto, os principais motivos são: não gostam de preparar (61,5%) e não gostam desse tipo de alimento (38,5%). Porém, o consumo da salada de frutas, em sua maioria, ocorre uma vez por mês (28,1%), sendo que apenas 5,9% dos entrevistados consomem salada de frutas diariamente. Essa pouca ocorrência no consumo pode estar associada ao tempo de preparo do produto, o que implicaria na pouca disposição das pessoas em realizar tal tarefa.

As saladas de frutas são consideradas um bom substrato para o crescimento de micro-organismos devido ao seu elevado teor de água que favorece o crescimento de leveduras e bactérias; a intensa manipulação durante o preparo que pode levar a

contaminação por micro-organismos indicadores; além de condições inadequadas de temperatura durante o armazenamento (FRANCO; LANDGRAF, 2005).

Devido a esses problemas, pesquisadores tem buscado constantemente tecnologias que auxiliem no aumento da vida útil das frutas minimamente processadas como o uso de revestimento comestível (FONTES et al., 2008), antioxidantes (MELO; VILAS BOAS, 2006), utilização de bactérias lácticas (BETORET et al., 2011; MARTINS, 2012; RODRIGUES, 2013; OLIVEIRA, 2014), dentre outros.

3.2.1.1. Banana

A banana (*Musa spp.*, grupo AAA, cv. "Brasil") é uma das frutas mais populares do mundo, sendo tradicionalmente considerada como fruto funcional, devido a sua composição nutricional, presença de compostos bioativos e sabor agradável (MOHAPATRA et al., 2010). Além disso, esta fruta é rica em carboidratos, ácido ascórbico, β -caroteno, açúcares solúveis, fenóis e minerais como potássio e cálcio. Particularmente, esta fruta pode prevenir doenças crônicas como a disfunção cardiovascular e degeneração muscular devido suas propriedades antimicrobianas e terapêuticas (AGOPIAN et al., 2008; PRASANNA; PRABHA; THARANATHAN, 2007; SUNDARAM et al., 2011).

A casca da banana constitui-se em uma “embalagem” individual, de fácil remoção, higiênica e, portanto, prática e conveniente. A ausência de suco na polpa e a ausência de sementes duras, além de sua disponibilidade durante todo o ano, também contribuem para a sua aceitação (FASOLIN et al., 2007).

Em 2014, o Brasil foi considerado o quinto maior produtor de banana do mundo, com produção de cerca de $6,83 \times 10^6$ toneladas numa área de 520 mil hectares (IBGE, 2014). Como consequência, a banana é considerada como o alimento básico de mais de 400 milhões de pessoas nos países em desenvolvimento, não apenas como uma fruta popular, mas também como uma fonte de carboidrato vital.

Por amadurecer rapidamente, a banana pode apresentar mudanças significativas de atributos físico-químicos e bioquímicos, como a transformação do amido em sacarose, redução mineral e formação de sabor, já que ao amadurecer a fruta verde torna-se amarela e ao longo desse processo se tornará perecível (MOHAPATRA et al., 2010; ALKARKHI et al., 2011).

Portanto, esforços são necessários para desenvolver tecnologias pós-colheita para manter a qualidade e prolongar a vida de prateleira desta fruta durante o armazenamento e transporte (HUANGA et al., 2014).

3.2.1.2. Mamão

O mamão (*Carica papaya*) é nativo da América tropical e é amplamente conhecido na Índia, Sri Lanka, Arquipélago Malaio, América Central, Havái e Antilhas. Sua maior produção está no Brasil, Peru, Venezuela e Filipinas, estando disponível para o consumo ao longo de todo o ano e apresentando boa aceitabilidade entre crianças e adultos (SENTANIN; RODRIGUEZ-AMAYA, 2007).

Segundo a Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (FAO), no ano de 2012 a produção de mamão diminuiu aproximadamente 16% quando comparada com a de 2011. Além disso, a Índia liderou o ranking mundial de produção desta fruta, com 5,1 milhões de toneladas produzidas em 2012, seguido do Brasil, que obteve uma produção equivalente a 1,5 milhões de toneladas. Os principais países produtores de mamão são a Índia, Brasil, Nigéria, Indonésia e México (FAO, 2015).

Esta fruta apresenta polpa delicada e saborosa, cujas características de textura, cor e aroma, além da baixa acidez e o bom equilíbrio entre açúcares e ácidos orgânicos, tornam esta fruta um alimento ideal e saudável para pessoas de todas as idades (MEDINA et al., 1980; FABI; PERONI; GOMEZ, 2010).

O mamão (*Carica papaya L.*) é uma fruta tropical que apresenta elevada demanda nos mercados internacionais (OLIVEIRA; VITÓRIA, 2011). Contém alto teor de antioxidantes, tanto de variedades hidrossolúveis e lipossolúveis, incluindo as vitaminas C, E e A, trazendo inúmeros benefícios à saúde, que vão desde redução dos riscos de desenvolver doenças cardiovasculares, degeneração macular à proteção contra o câncer de cólon e de próstata (ALI; ONGA; FORNEY, 2014). Além disso, o mamão maduro é uma excelente fonte de carotenoides, vitaminas, proteínas e polissacarídeos (WAGHMARE; ANNAPURE, 2013).

Por ser um fruto climatérico, ele amadurece rapidamente após a colheita, o que ocorre devido a produção de etileno e aumento da taxa respiratória (FONTES et al., 2008), apresentando distúrbios fisiológicos, sendo suscetível a estresses bióticos ou abióticos (PASCHOLATI, 2003). Esses problemas geralmente resultam em uma alta porcentagem de perda do produto (CHEN et al., 2003; SHIGA et al., 2009;

OLIVEIRA; VITÓRIA, 2011), caracterizando um fruto bastante perecível na fase pós-colheita (FONTES et al., 2008).

3.2.1.3. Manga

A manga (*Mangifera indica* L.) é uma fruta polposa, de tamanho variável, aroma e cor atrativos, que faz parte do grupo das frutas tropicais de importância econômica (BALLY, 2011), não só pela aparência exótica, mas também por ser rica em nutrientes.

Esta fruta constitui importante fonte de compostos bioativos, dentre os quais se destacam os carotenoides e a vitamina C (MELO; ARAÚJO, 2011). Estes compostos bioativos, por exibirem propriedade antioxidante, atuam retardando a velocidade da reação de oxidação, protegendo o organismo humano contra espécies reativas de oxigênio e contra a peroxidação lipídica nas membranas celulares e, por isso, contribuem para a prevenção de doenças cardiovasculares e cânceres (PADILHA; PINHEIRO, 2004; SILVA; CALLOU DE SÁ, 2012).

A Índia se destaca como o maior produtor de manga do mundo com 15,2 milhões de toneladas produzidas, seguida da China (4,5 milhões de toneladas), Paquistão (1,9 milhões de toneladas), México (1,7 milhões de toneladas) e Brasil (1,1 milhões de toneladas) (FAO, 2015).

No entanto, ocorre grande perda de manga durante o período pós-colheita ocorre devido à falta de tratamento pós-colheita e processamento adequado. Assim, é necessário desenvolver novos produtos utilizando as novas tecnologias de processamento para aumentar o valor desta fruta e satisfazer a crescente demanda dos consumidores por alimentos processados (ZOU et al., 2013).

3.2.1.4. Pêssego

O pêssego (*Prunus persica* L. Batsch) é nativo da China, onde tem sido cultivado há pelo menos 3000 anos (ZHANG et al., 2008). Em 2012, este país se destacou por apresentar a maior produção de pêssego do mundo, com um aumento de aproximadamente 5% em relação ao ano anterior (FAO, 2015). Esta fruta também tem sido largamente cultivada na Europa e nas Américas e sua produção destina-se ao consumo *in natura* e processado, suprindo o mercado de agosto-setembro a fevereiro-março (SENTANIN; RODRIGUEZ-AMAYA, 2007).

Por ser uma das frutas mais apreciadas no mundo, o pêssego destaca-se pelo seu sabor, valor nutritivo e cor atraente, sendo ricas em ácido ascórbico, carotenoides (provitamina A), compostos fenólicos e são consideradas ótimas fontes de antioxidantes (TOMAS-BARBERAN et al., 2001; BYRNE, 2002).

O pêssego é um fruto climatérico, que continua amadurecendo depois de ser colhido da planta mãe, podendo haver produção de sabor desagradável caso não seja devidamente armazenado ou seja contaminado por micro-organismos. Seu amadurecimento envolve uma série de alterações fisiológicas e bioquímicas que induzem a alteração de cor (degradação da clorofila e biossíntese de carotenoides), textura (rompimento da parede celular) e sabor (formação de açúcar e biossíntese de compostos voláteis) (GIOVANNONI, 2001).

Desta forma, há a necessidade de desenvolver técnicas pós-colheita que contribuam para melhorar a qualidade dos pêssegos durante o armazenamento e transporte (GUOHUA et al., 2012).

3.3. Corantes

Segundo a Resolução nº 44 de 1997, considera-se corante a substância ou mistura de substâncias que possuem a propriedade de conferir ou intensificar a coloração do alimento (BRASIL, 1977).

Os corantes ocupam lugar importante na produção de alimentos, pois entre os atributos sensoriais, a cor desempenha um papel preponderante na escolha e seleção de alimentos, levando o consumidor a comprar ou rejeitar um produto (ARAÚJO, 2011).

Geralmente alimentos processados requerem o uso de corantes para melhorar sua aparência, já que alguns produtos durante o processamento perdem a sua cor natural (HOUGHTON; HENDRY, 1995). Desta forma, os corantes são usados para restaurar possíveis perdas de coloração que ocorrem durante a produção e armazenamento, para manter a uniformidade do produto e atender as expectativas dos consumidores, além de tornar os produtos mais atrativos (CUNHA, 2008).

Diferentes tipos de pigmentos têm sido utilizados como aditivos e/ou suplementos na indústria de alimentos, cosméticos, produtos farmacêuticos, alimentos para animais e outras aplicações (BOO et al., 2011). No entanto, devido aos problemas que a ingestão de corantes artificiais pode causar ao corpo humano (toxicidade e carcinogenicidade), a substituição desses corantes por corantes naturais tem sido

bastante pesquisada e tem tido boa aceitação pelo mercado consumidor (ALVES, 2011).

Além de conferir cor aos alimentos, muitos corantes naturais têm propriedades benéficas à saúde humana, auxiliando na redução do risco de doenças crônicas não transmissíveis (DCNT). Com isso, sua utilização, além de melhorar a aparência dos alimentos, pode auxiliar a promover a saúde de quem se alimenta destes produtos. Dentre as substâncias bioativas encontradas em alimentos que estão relacionadas à nutrição e saúde estão as clorofilas, carotenoides, antocianinas, betalaínas, entre outros (DECKER et al., 2005; VOLP; RENHE; STRINGHETA, 2009).

3.3.1. Carotenoides

Os carotenoides são um grupo de pigmentos naturais responsáveis pelas cores amarelo, laranja e vermelho em muitas frutas e hortaliças. Além do atributo de cor, são precursores de vitamina A para o corpo, atuam na redução de danos a retina do olho e reduzem o risco de câncer de próstata (RODRIGUEZ-AMAYA, 2010). Os carotenoides também são considerados fortes antioxidantes devido à sua capacidade para capturar oxigênio singlete e eliminar o radical peroxil (AL-DUAIS, 2009).

No entanto, estes compostos não são estáveis e são facilmente degradados quando expostos à luz, calor ou pH durante o armazenamento e processamento de alimentos (KOPEC et al., 2012). A degradação faz com que haja não só a diminuição da intensidade de sua cor original, mas também a perda do valor nutritivo (SHEN et al., 2014).

Os carotenoides são classificados de acordo com sua estrutura química, em carotenos (por exemplo, β -caroteno e licopeno) e xantofilas (por exemplo, luteína e zeaxantina), sendo o β -caroteno o mais estudado, dada à sua função precursora da vitamina A (RODRIGUEZ-AMAYA; KIMURA, 2004). Carotenoides que possuem pelo menos um anel β -ionona não substituído ligado a uma cadeia poliênica pode ser convertido em vitamina A, sendo que uma das vantagens deste tipo de carotenoide é ser bioconvertido pelo organismo apenas quando houver carência, evitando a hipervitaminose (JÚNIOR et al., 2012).

Os carotenoides têm a estrutura básica de tetraterpeno de quarenta carbonos, formado por oito unidades isoprenoides de cinco carbonos, ligados de tal forma que a molécula seja linear e simétrica, com a ordem invertida no centro. Este esqueleto básico pode ser modificado através de várias maneiras, como reações de hidrogenação,

desidrogenação, ciclização, migração de dupla ligação, encurtamento ou extensão da cadeia, rearranjo, isomerização, introdução de substituintes e oxidação. Os carotenoides hidrocarbonetos (contendo apenas carbono e hidrogênio) são chamados de carotenos, representados pelos α , β e γ -caroteno, licopeno e bixina; e os derivados oxigenados, de xantofilas, representados pela capsorubina, capsantina, criptoxantina, zeaxantina, xantofila e luteína. O sistema de duplas ligações conjugadas serve como cromóforo, ou seja, confere a habilidade de absorver luz na região do visível. São necessárias, aproximadamente, sete ligações duplas conjugadas para que o carotenoide apresente coloração. O sistema de duplas ligações conjugadas também confere a estes pigmentos alta reatividade química, podendo ser facilmente isomerizados e oxidados. A Figura 1 apresenta a estrutura dos principais carotenoides (VALDUGA, 2005; GOMES, 2012).

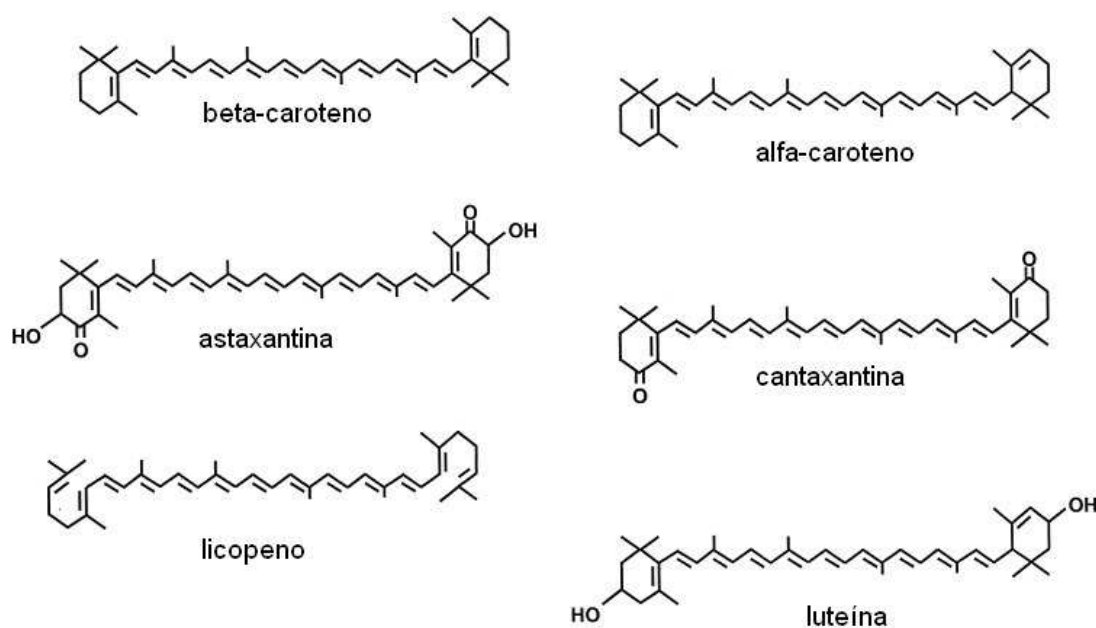


Figura 1. Esquema dos carotenoides (PALACE et al., 1999).

Os carotenoides estão presentes em todos os organismos fotossintetizantes, sendo que as frutas e hortaliças constituem a maior fonte na dieta humana, presentes como microcomponentes, desempenhando função no mecanismo fotossintético nas plantas (BOBBIO; BOBBIO, 2003; VALDUGA, 2005; AISSA, 2010).

3.3.1.1. β -caroteno

O β -caroteno é o carotenoide mais abundante na alimentação humana, e umas das suas principais atividades é a de ser precursor de vitamina A. Exerce função antioxidante e protetora ao DNA, e por se depositar em maior quantidade na pele humana, desempenha importante função fotoprotetora (FAGUNDES, 2012).

No entanto, a utilização industrial do β -caroteno torna-se difícil devido à sua instabilidade sob calor, luz e oxigênio, sendo sua degradação muito rápida em condições ambientes apresentando, assim, baixa estabilidade quando comparado aos antioxidantes sintéticos (MATTEA et al., 2009; HOU et al., 2012).

Por ser um potente antioxidante, o betacaroteno apresenta ação protetora contra doenças cardiovasculares (KRIS-ETHERTON et al., 2002), e tanto os carotenos precursores de vitamina A, quanto os não precursores parecem apresentar ação preventiva contra o câncer, agindo, principalmente, como sequestrante de radicais livres (GRAJEK; OLEJNIK; SIP, 2005; MORAES; COLLA, 2006; DELLA LUCIA et al., 2008).

Por não possuir uma legislação que estabeleça o valor da ingestão diária recomendada, o teor de β -caroteno foi baseado na ingestão diária de vitamina A. A RDC N°. 269 de 22 de setembro de 2005 recomenda a ingestão de 600 μ g de retinol para adultos, equivalente a aproximadamente 3,6 mg de β -caroteno (BRASIL, 2005).

3.3.1.2. Luteína

A luteína é um carotenoide encontrado principalmente em frutas, hortaliças (MURILLO; MELÉNDEZ-MARTÍNEZ; PORTUGAL, 2010) e flores (PICCAGLIA; MAROTTI; GRANDI, 1998), sendo conhecido como um pigmento amarelo, que é utilizado para melhorar a aparência de alimentos e bebidas. É o segundo carotenoide mais prevalente no plasma humano, porém instável ao calor, luz e oxigênio, devido à sua estrutura de oito ligações duplas conjugadas (SUBAGIO; WAKAKI; MORITA, 1999), e por possuir baixa solubilidade em água (MITRI et al., 2011).

Uma das funções mais estudadas da luteína é o papel essencial que esta desempenha sobre a saúde dos olhos. A luteína atua juntamente com seu isômero zeaxantina, e está concentrada na mancha amarela da retina do olho também chamada de mácula lútea. Atua como um filtro de luz azul, e, portanto, pode contribuir para a prevenção da degeneração macular relacionada a doenças oculares como a catarata (ROBERTS; GREEN; LEWIS, 2009).

A luteína pode ser encontrada naturalmente em vegetais folhosos verde escuro como espinafre, couve, brócolis como também em abóbora, frutas e na gema do ovo. Quando a ingestão dietética de luteína não é suficiente, pode ser complementada por suplementos dietéticos ou pelo consumo de alimentos que são enriquecidos com tal composto (RODÍC et al., 2012).

Não existe recomendação diária oficial de luteína, porém um estudo realizado na Universidade de Harvard demonstrou a existência de uma forte correlação positiva entre a prevenção da degeneração macular e a ingestão diária de 6 mg de luteína por dia (HAMMOND; WOOTEN; SNODDERLY, 1996).

3.4. Impregnação a vácuo

Durante os últimos anos um grupo de tecnologias emergentes têm crescido significativamente em popularidade por causa do interesse na formação de uma estrutura que impeça a deterioração de compostos bioativos. Entre estas tecnologias pode-se citar microencapsulação, uso de filmes e revestimentos comestíveis e impregnação a vácuo (BETORET et al., 2011; SUÁREZ-JACOBO et al., 2011).

Considerando a estrutura porosa de alguns alimentos e a existência de gás no interior destes poros, Fito; Pastor (1994) propuseram uma teoria para explicar a impregnação a vácuo de alimentos, denominada Mecanismo Hidrodinâmico (HDM) (FITO, 1994). Esse mecanismo (Figura 2) consiste em promover variações de pressão no sistema, fazendo com que ocorra impregnação de solução na matriz através da geração de gradientes de pressão macroscópicos e dos mecanismos de capilaridade e difusão, reduzindo o tempo do processo de transferência de massa. Ao submeter o produto que está imerso em uma solução a pressões sub-atmosféricas, primeiramente o gás sofre uma expansão para atingir um equilíbrio com a pressão imposta ao sistema promovendo uma desgaseificação da estrutura porosa do alimento e na sequência ocorre uma penetração do líquido nos poros do meio, visando restaurar este equilíbrio de pressões do sistema. Com a restauração da pressão atmosférica, irá ocorrer um novo gradiente de pressão que tende a atuar como a força motriz que promoverá o preenchimento dos espaços intercelulares com a solução em questão. A quantidade de líquido impregnado na estrutura porosa dependerá do nível de desgaseificação e da pressão de trabalho (ANDRÉS; FITO; CHIRALT, 1995).

A impregnação a vácuo (IV) tem sido usada com sucesso para incorporar vitaminas (CORTÉS; OSORIO; GARCÍA, 2007), minerais (BARRERA; BETORET;

FITO, 2004) e micro-organismos probióticos (BETORET et al., 2011; RODRIGUES, 2013; OLIVEIRA, 2014) em frutas e hortaliças. O estudo de Watanabe et al. (2011), avaliou o potencial de IV para proteger compostos ativos dentro de alimentos, com resultados bem-sucedidos.

Este método implica em uma rápida mudança na composição dos alimentos e caminhos mais curtos difusivos modificando as condições que controlam a transferência de massa. A impregnação a vácuo pode ser útil para introduzir substâncias dissolvidas ou dispersas diretamente na estrutura porosa da matriz dos alimentos, em processos em que as operações de sólido-líquido estão presentes: salga, desidratação osmótica, extração de óleo de solventes líquidos, incorporação de aditivos em alimentos, e outros (MUJICA-PAZ et al., 2003a; SCHMIDT; CARCIOFI; LAURINDO, 2008; MARTÍNEZ-VALENCIA et al., 2011).

A melhoria da qualidade de alimentos com estrutura porosa por impregnação a vácuo é principalmente devido à utilização de um tratamento suave, a uma temperatura relativamente baixa de processamento que minimiza os danos do calor para os tecidos do produto, e preserva a cor, o aroma natural e quaisquer nutrientes termo-lábeis (ESCRICHE et al., 2000; MORAGA et al., 2009). Assim, a impregnação a vácuo também é vantajosa na prevenção da descoloração de pedaços de fruta contra escurecimento enzimático e oxidativo sem o uso de antioxidantes devido à remoção do oxigênio dos poros (ALZAMORA et al., 2000).

O esquema do processo de impregnação a vácuo está demonstrado na Figura 2.

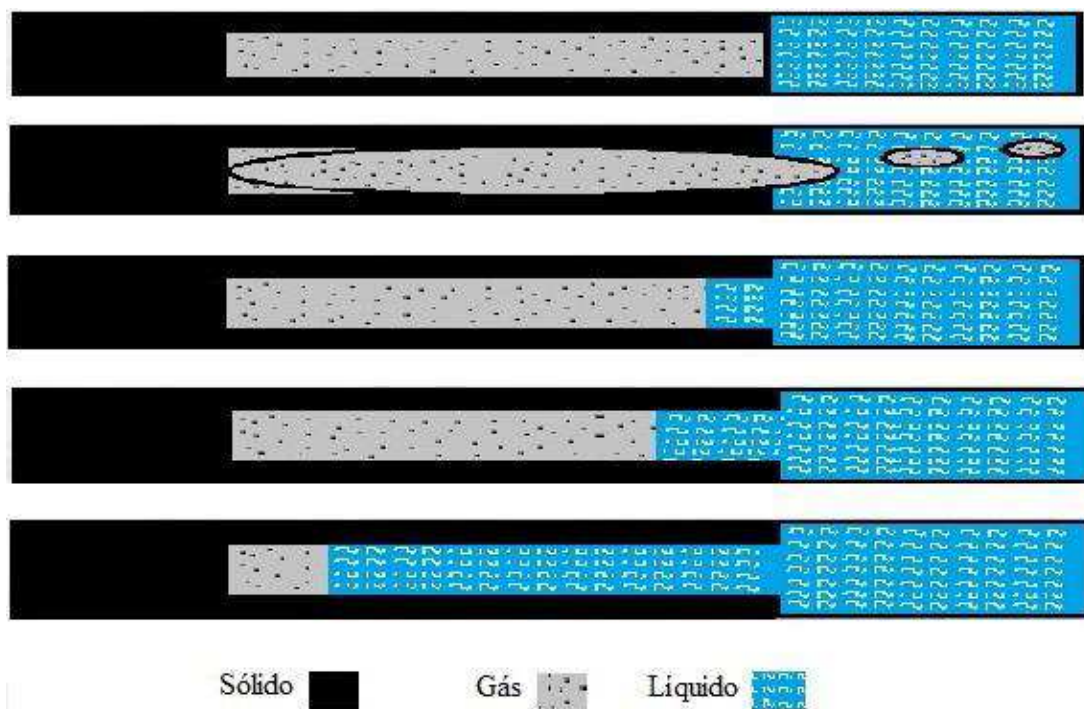


Figura 2. Esquema do processo de impregnação a vácuo (FITO, 1994).

Para alcançar uma maior e mais eficiente impregnação, esta técnica depende principalmente das características da matéria-prima como a morfologia celular, forças intercelulares e diâmetros dos poros, a fim de prever o volume máximo de solução que pode ser impregnado (SCHULZE et al., 2012). Em alimentos sólidos porosos como algumas frutas e hortaliças, os mecanismos de transferência de massa são difíceis de serem identificados devido à complexa morfologia dos tecidos (KEURENTJES et al., 1992).

No entanto, a impregnação a vácuo pode provocar danos na estrutura das células de vegetais. Esses danos estão relacionados com o fenômeno de deformação-relaxação e se deve a expansão e saída do gás e líquido nativo, na etapa de vácuo. Este líquido que é arrastado para fora do poro pelo gás que se expande pode induzir efeitos irreversíveis. A intensidade com que estas deformações ocorrem vai depender principalmente das propriedades mecânicas da amostra e do tempo e pressão de vácuo aplicado (SAUREL, 2004). Esses efeitos geralmente levam a perda da rigidez da estrutura pelo “*debonding*” (desligamento) ou ruptura da parede celular (Figura 3) (MERLIN, 2007).

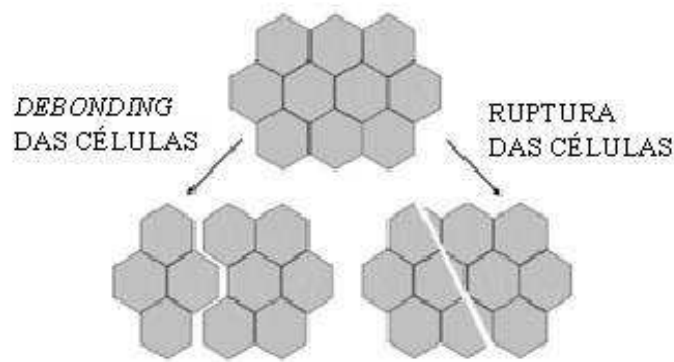


Figura 3. "*Debonding*" (desligamento) e ruptura da parede celular que podem ocorrer em tecidos vegetais (CHIRALT et al., 2001).

A intensidade com que estas deformações ocorrem no tecido vai depender da porosidade, propriedades mecânicas, tamanho e forma do alimento. Além disso, a viscosidade da solução de impregnação ou solução externa, as propriedades físicas e químicas dos compostos fisiologicamente ativos, a pressão de vácuo e os tempos de aplicação do vácuo e restauração da pressão atmosférica também influenciam na ocorrência das deformações (FITO et al., 1996; ZHAO; XIE, 2004; SAUREL, 2004; LAURINDO et al., 2007).

4. MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram realizados na Planta Piloto de Processamento de Frutas e Hortaliças, no Laboratório de Ciência de Produtos de Frutas e Hortaliças, no Laboratório de Análise Sensorial, no Laboratório de Microbiologia do Departamento de Tecnologia de Alimentos (DTA) e no Laboratório de Análise de Vitaminas do Departamento de Nutrição e Saúde da Universidade Federal de Viçosa (UFV), *campus* Viçosa, Minas Gerais.

4.1. Matéria-prima

Para elaborar a salada de frutas, foram utilizadas as seguintes frutas: banana Prata, mamão Papaya, manga Adem e pêssego Nacional. As frutas foram adquiridas no comércio de Viçosa – MG e selecionadas em estágio de maturação comercial.

O corante natural utilizado na determinação do tempo de impregnação a vácuo foi β -caroteno BC-200-WSS, líquido e para fins alimentícios, doado pela Christian Hansen (Horsholm, Dinamarca). A formulação de β -caroteno continha entre 1,9 e 2,1% de β -caroteno e coloração alaranjada.

Já para a elaboração da salada de frutas minimamente processada adicionada de β -caroteno e luteína por impregnação a vácuo, utilizou-se os corantes naturais β -carotene 10% CWS e FloraGLO® Lutein 5% CWS/S-TG, doados pela DSM Nutritional Products Ltd (Basel, Switzerland), ambos em pó e para fins alimentícios. O β -caroteno possui coloração vermelha-acastanhada e a luteína possui coloração que vai do avermelhado ao vermelho.

4.2. Processamento mínimo das frutas e elaboração da salada

Após aquisição, as frutas foram encaminhadas para a Planta Piloto de Processamento de Frutas e Hortaliças do Departamento de Ciência e Tecnologia de Alimentos, onde foram lavadas em água potável para eliminação de impurezas e sujidades e imersas em água potável a 5 °C, com adição de Sumaveg®, Dicloroisocianurato de sódio (Diversey Lever), na concentração de 200 mg.L⁻¹ de cloro residual ativo por um período de 20 minutos. O enxágue foi realizado imergindo as frutas em solução clorada na concentração de 20 mg.L⁻¹ durante 5 minutos, sendo que após esta etapa as frutas foram descascadas e cortadas manualmente em cubos de, aproximadamente, 2 cm² com auxílio de facas de aço inoxidável. Após o corte de cada fruta, foi elaborada a salada contendo a mesma proporção de todas as frutas.

4.3. Determinação da concentração dos corantes

Por não existir recomendação diária para carotenoides, foi necessário padronizar as concentrações dos corantes naturais que foram adicionados nas saladas de frutas por impregnação a vácuo, optando-se por utilizar a concentração de 6 mg para cada corante.

4.4. Delineamento experimental

O delineamento empregado para estudar o efeito combinado das variáveis β -caroteno e luteína foi o de mistura binária com variações proporcionais às concentrações e a realização de três repetições no ponto central, totalizando 7 ensaios. As concentrações dos ensaios estão apresentadas na Tabela 1.

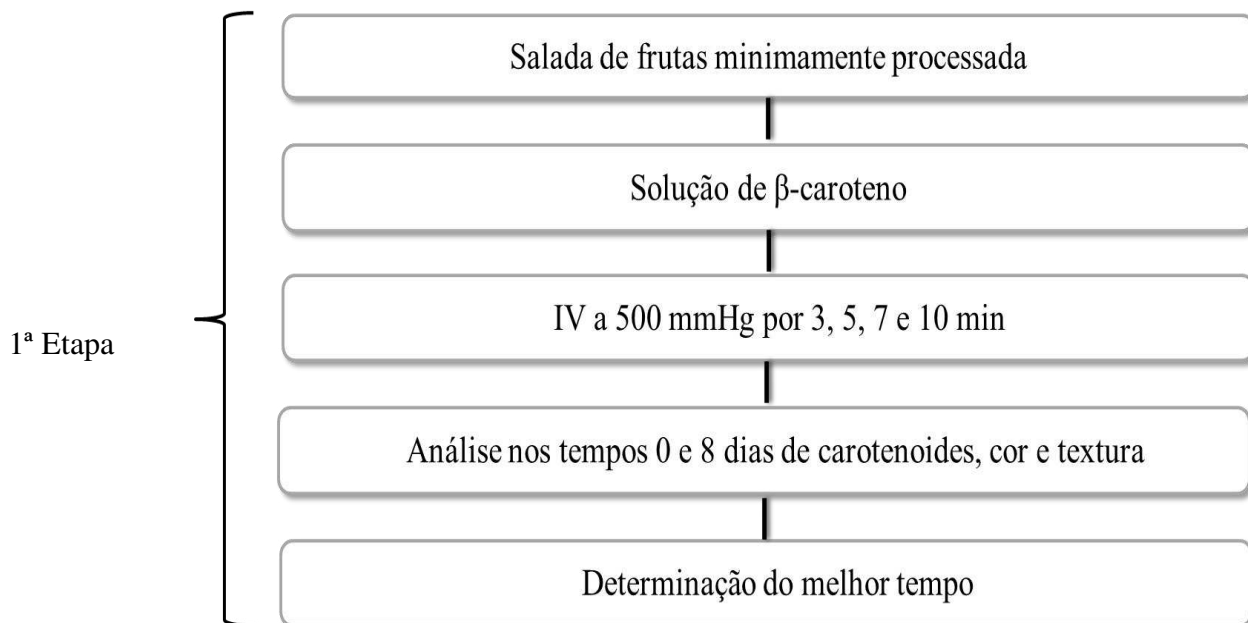
Tabela 1. Delineamento experimental de mistura binária para β -caroteno e Luteína.

Ensaio	Codificados		Concentração	
	β -caroteno	Luteína	β -caroteno	Luteína
1	1	0	6 mg	0 mg
2	0	1	0 mg	6 mg
3	0,75	0,25	4,5 mg	1,5 mg
4	0,25	0,75	1,5 mg	4,5 mg
5	0,5	0,5	3 mg	3 mg

As saladas de frutas minimamente processadas foram avaliadas sensorial, microbiológica e físico-quimicamente. As avaliações físico-químicas foram realizadas nos tempos 0, 2, 4, 6 e 8 dias de armazenamento e as determinações microbiológicas nos tempos 0, 4 e 8 dias de armazenamento. Os resultados foram submetidos à análise de variância (ANOVA), segundo modelo experimental de mistura binária com 3 repetições no ponto central.

Após definir a melhor proporção da mistura dos corantes naturais baseada nos resultados obtidos das análises físico-químicas e microbiológicas, foi utilizado o delineamento em blocos casualizados com três repetições, referente ao tratamento escolhido como o melhor, para a obtenção dos resultados da análise sensorial que foi realizada nos tempos 0 e 4 dias de armazenamento.

Na Figura 4 estão apresentadas as 2 etapas do experimento.



IV: Impregnação a vácuo

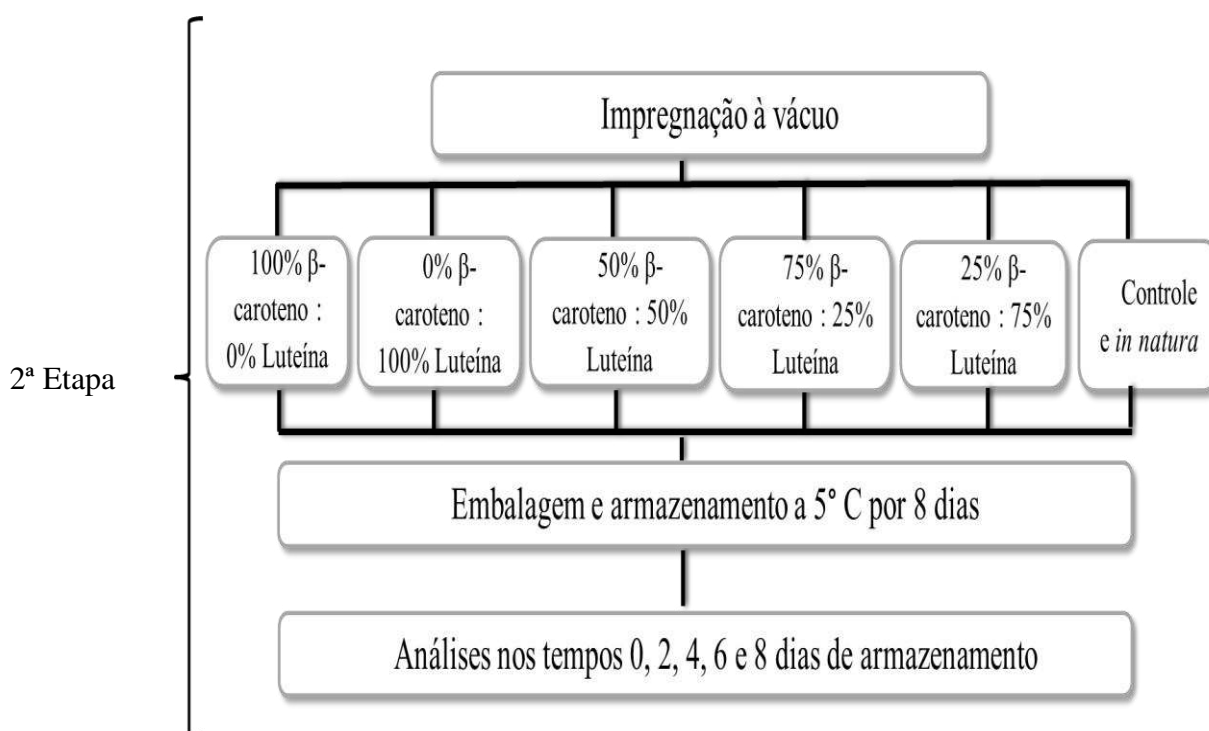


Figura 4. Esquema do experimento constituído de 2 etapas.

4.5. Preparo da solução de β-caroteno e luteína

Os corantes naturais foram pesados e diluídos em água, na proporção de 1:1, ou seja, para cada grama de salada de frutas foram adicionados 1 mL de solução corante, a fim de se obter 6 mg de β-caroteno, de luteína e da mistura em diferentes

proporções de ambos os corantes na solução impregnante em uma porção de 25 g de salada.

4.6. Determinação do tempo de pressão de vácuo da impregnação

A salada de frutas minimamente processada foi imersa em soluções contendo 6 mg de β -caroteno. Essa solução, com as frutas imersas, foi submetida a uma pressão de vácuo de 500 mmHg por 3 min, 5 min, 7 min e 10 min, e, em seguida, a pressão atmosférica foi restabelecida pelo mesmo tempo aplicado na etapa de pressão de vácuo (BETORET et al., 2010).

Após este tratamento, foram realizadas, nos tempos 0 e 8 dias de armazenamento, análises de textura, cor e carotenoides totais na salada de frutas minimamente processada impregnada com corante natural β -caroteno. Foram determinadas as quantidades dos compostos impregnados nas saladas e o menor tempo de impregnação que permitiu maior teor de β -caroteno, além de características favoráveis de cor e textura instrumental, foi definido como tempo de impregnação a ser utilizado no experimento.

4.7. Tratamento da salada de frutas com ácido ascórbico

As saladas adicionadas de β -caroteno, luteína e a mistura em diferentes proporções de ambos os corantes por impregnação a vácuo foram tratadas com ácido ascórbico impregnando uma solução de ácido ascórbico 1 %, juntamente com o corante, no tempo determinado no item 4.6, a fim de inibir ou retardar o escurecimento enzimático, conforme Martins (2012), por apresentar menor custo e contribuir no enriquecimento do conteúdo de vitamina C, além de ser um produto inócuo e natural.

4.8. Impregnação a vácuo

Após o processamento mínimo, as saladas de frutas foram imersas em uma solução contendo diferentes proporções de corantes naturais, dependendo do tratamento, e solução de ácido ascórbico 1%. As soluções impregnantes com as frutas imersas foram submetidas a uma pressão de vácuo de 500 mmHg pelo período determinado no item 4.6, e, em seguida, a pressão atmosférica foi restabelecida pelo mesmo tempo utilizado na etapa de pressão de vácuo (BETORET et al., 2010).

A Figura 5 mostra o equipamento que foi utilizado para a realização da IV de corantes naturais em salada de frutas minimamente processada.



Figura 5. Equipamento utilizado para realizar a impregnação a vácuo.

No tratamento controle, as frutas presentes na salada de frutas minimamente processada foram imersas em uma solução contendo 1% de ácido ascórbico sem adição de corantes naturais e foram submetidas ao mesmo processo de impregnação a vácuo. Já o tratamento *in natura* foi imerso em solução contendo 1% de ácido ascórbico, não sendo submetido à impregnação a vácuo, ficando apenas imerso pelo tempo determinado no item 4.6.

Após a impregnação a vácuo, a salada de fruta foi drenada para a retirada do excesso de solução, acondicionada em bandejas de polietileno tereftalato (PET) com tampa do mesmo material e armazenadas a 5 °C por 8 dias.

4.9. Análises físico-químicas

As análises físico-químicas foram realizadas nos tratamentos adicionados de β -caroteno, luteína e a mistura de ambos os corantes (em proporção 0,5 : 0,5; 0,25 : 0,75; 0,75 : 0,25) por impregnação a vácuo e nos tratamentos controle e *in natura* nos tempos 0, 2, 4, 6, e 8 dias para acompanhar a vida de prateleira.

4.9.1. Determinação de pH, acidez total titulável e teor de sólidos solúveis totais

As análises de pH, acidez total titulável e sólidos solúveis totais foram realizadas nos tempos 0, 2, 4, 6 e 8 dias de armazenamento do produto a 5 °C, conforme metodologia da AOAC (2000).

Para a realização dessas análises, todas as frutas utilizadas para compor a salada de frutas foram juntamente trituradas e, então, foram pesados 10 g de amostra triturada para a determinação do pH, diluídos em 100 mL de água destilada, sendo esta mistura homogeneizada e analisada utilizando potenciômetro (TecnoPON). Para determinar a acidez, em percentual de ácido cítrico, foram adicionadas 3-4 gotas de indicador fenolftaleína sobre o homogenato que foi titulado com uma solução 0,1 mol·L⁻¹ de NaOH até mudança de cor para rósea.

A determinação do teor de sólidos solúveis totais foi realizada diretamente em refratômetro de bancada modelo ABBÉ, a temperatura de 25 °C, sendo os resultados expressos em °Brix.

4.9.2. Determinação de cor

A cor superficial das saladas de frutas adicionadas de β-caroteno, luteína e da mistura dos dois corantes naturais em diferentes proporções por impregnação a vácuo e dos tratamentos controle e *in natura* foi avaliada utilizando-se o equipamento Color Reader CR-10 (Konica) nos tempos 0, 2, 4, 6 e 8 dias de armazenamento do produto a 5 °C,. A determinação de cor foi realizada pela leitura direta de reflectância das coordenadas L*, a*, b* empregando a escala CIELAB L*, por ser adotada como padrão pela Comissão Internacional de Iluminação. Para cada amostra foram realizadas três leituras em diferentes pontos do produto a fim de se obter o resultado médio.

Além das coordenadas base, foram medidas as seguintes coordenadas:

- Ângulo Hue (H°), que corresponde à tonalidade:

$$H^{\circ} = \arctg (b^{*} / a^{*}), \text{ onde } a^{*} > 0; b^{*} > 0$$

$$H^{\circ} = 180^{\circ} + \arctg (b^{*} / a^{*}), \text{ onde } a^{*} < 0; b^{*} > 0$$

$$H^{\circ} = 270^{\circ} + \arctg (b^{*} / a^{*}), \text{ onde } a^{*} < 0; b^{*} < 0$$

$$H^{\circ} = 360^{\circ} + \arctg (b^{*} / a^{*}), \text{ onde } a^{*} > 0; b^{*} < 0$$

- Índice Chroma (C*), que expressa a saturação ou intensidade da cor:

$$C^{*} = [(a^{*})^2 + (b^{*})^2]^{1/2}$$

- Diferença de cor total (ΔE):

$$\sqrt{((\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2)}$$

Em virtude das propriedades intrínsecas de cada fruta, a cor foi avaliada sempre individualmente, ou seja, em diferentes pontos de cada cubo de fruta minimamente processada.

4.9.3. Determinação de vitamina C

O teor de vitamina C foi determinado pelo método de Tillmans de acordo com Zenebon; Pascuet (2004) nos tempos 0, 2, 4, 6 e 8 dias de armazenamento a 5 °C. Este método se baseia na redução do corante 2,6 diclorofenol indofenol por uma solução ácida de vitamina C.

O resultado foi expresso em miligramas de ácido ascórbico por 100 g de salada de fruta de acordo com a equação 1:

$$AA = \frac{V \times F \times 100}{A} \quad (1)$$

Em que:

AA: ácido ascórbico por 100 g de salada de frutas (mg);

V: volume da solução de Tillmans gasto na titulação (mL);

F: fator da solução de Tillmans;

A: peso da amostra (g).

4.9.4. Determinação de firmeza e perda de massa

A firmeza das frutas presentes nas saladas de frutas minimamente processadas adicionadas de corantes naturais (β -caroteno e luteína) e dos tratamentos controle e *in natura* mantidos a 5 °C foram determinadas em texturômetro TA-TX2 (Texture Technologies Corp./Stable Micro systems), com sonda cilíndrica de 5 mm de diâmetro (Aluminum Cylinder Probe SMS, P/25) e célula de carga de 5 Kg. As amostras foram comprimidas, na região do exocarpo da fruta, em 30 % da altura original, em um ciclo de compressão, com velocidade de pré-teste de 2 mm.s⁻¹, teste de 1 mm.s⁻¹ e pós-teste de 2 mm.s⁻¹. Os índices de firmeza foram calculados a partir das curvas características

do perfil de textura gerada no programa Texture Expert Stable Micro Systems, sendo os resultados expressos em Newton (N), conforme Rodrigues (2013).

Além disso, foi determinada a perda de massa das saladas de frutas minimamente processadas adicionadas de β -caroteno e luteína por impregnação a vácuo por meio de pesagem em balança analítica, estabelecendo-se a relação entre o peso inicial das frutas minimamente processadas e durante o período de armazenamento a 5 °C. A perda de massa foi expressa em porcentagem.

4.9.5. Avaliação da incorporação da solução corante após a impregnação e porosidade das frutas presentes nas saladas

A incorporação da solução corante após a impregnação foi determinada por meio de pesagem em balança analítica, estabelecendo-se a relação entre o peso das frutas que compunham a salada de frutas minimamente processadas antes e após a etapa de impregnação. Os resultados foram expressos em porcentagem e foram determinados a partir da equação 2:

$$IC = \frac{m - m_i}{m} \times 100 \quad (2)$$

Em que:

IC: índice de incorporação (%);

m_i : peso das frutas minimamente processadas antes da impregnação (g);

m : peso das frutas minimamente processadas após a impregnação (g).

Já a porosidade foi determinada segundo Mújica-Paz et al. (2003b), sendo obtida a partir da determinação da densidade real e aparente, sendo calculada pela equação 3:

$$\varepsilon = 1 - \frac{\rho_{ap}}{\rho_r} \quad (3)$$

Em que:

ε : porosidade das frutas que compuseram a salada de frutas;

ρ_{ap} : densidade aparente das frutas minimamente processadas (g/mL);

ρ_r : densidade real das frutas minimamente processadas (g/mL).

4.9.6. Determinação de carotenoides totais

O teor de carotenoides foi determinado por análise espectrofotométrica, conforme metodologia descrita por Rodriguez-Amaya (2001) com modificações. As amostras de salada de frutas foram trituradas e foi pesado 1 g para realização da análise. Em cada amostra foram adicionados 50 mL de acetona refrigerada. Em seguida, as amostras foram filtradas e transferidas para um funil de separação onde adicionou-se 40 mL de éter de petróleo. Os pigmentos ficaram retidos na parte superior do funil de separação, descartando-se a fase inferior. O resíduo foi lavado por mais quatro vezes ou até que a acetona fosse totalmente removida. O extrato em éter foi concentrado utilizando evaporador rotativo (IKA®, Modelo RV 10 BASIC) em temperatura de $35 \pm 1^\circ\text{C}$, sendo transferido para um balão volumétrico completando-se o volume para 50 mL com éter de petróleo. A leitura foi realizada em espectrofotômetro digital (modelo SP-200, BIOSPECTRO) no comprimento de onda de 450 nm. Para o cálculo do teor de carotenoides totais foi utilizada a equação 4:

$$C_t = \frac{V \times A \times 10}{P \times E_{1\text{cm}1\%}} \quad (4)$$

Em que:

C_t: carotenoides totais (mg/g);

V: volume do extrato (mL);

A: absorvância;

P: peso da amostra (g);

E_{1cm1%}: coeficiente de absorvidade molar = 2592 a 450 nm.

4.9.7. Extração e determinação de β -caroteno e luteína

Os carotenoides foram extraídos segundo por Rodriguez-Amaya et al. (1976), com modificações. Cerca de 1 g de amostra foi pesada e reconstituída com 4 mL de água e, então, adicionada de 60 mL de acetona resfriada (dividida em três volumes de 20 mL), homogeneizada em microtritador, por aproximadamente 5 minutos após cada adição, e filtrada a vácuo em funil de “Büchner” utilizando-se papel de filtro. Em seguida, o filtrado foi transferido, em três frações, para um funil de separação contendo

50 mL de éter de petróleo resfriado, sendo cada fração lavada com água destilada para retirada total da acetona. Foi acrescentado sulfato de sódio anidro ao extrato em éter de petróleo para retirar qualquer resíduo de água que, porventura, tivesse restado e que pudesse prejudicar a evaporação do material. Posteriormente, o extrato em éter foi concentrado utilizando evaporador rotativo (IKA®, Modelo RV 10 BASIC) em temperatura de $35 \pm 1^\circ\text{C}$, transferido para balão volumétrico de 25 mL, sendo o volume completado com éter de petróleo.

Para análise, alíquotas de 10,0 mL do extrato foram evaporadas sob fluxo de nitrogênio gás, sendo o resíduo seco redissolvido em 2,0 mL de acetona. Os extratos foram filtrados em unidades filtrantes com porosidade de $0,45 \mu\text{m}$, sendo injetados 50 μL no cromatógrafo.

A determinação dos carotenoides das saladas de frutas adicionadas de β -caroteno e luteína por impregnação a vácuo e dos tratamentos controle e *in natura* foi realizada por Cromatografia Líquida de Alta Eficiência (CLAE), sendo utilizadas as condições cromatográficas descritas por Pinheiro-Sant'Ana et al. (1998), as quais incluem: sistema CLAE com detector de arranjo de diodos (DAD); coluna cromatográfica RP-18 Phenomenex Gemini (250 x 4,6 mm, 5 μm), munida de coluna de guarda Phenomenex ODS (C18) (4 mm x 3 mm). Foi utilizada fase móvel composta de metanol: acetato de etila: acetonitrila (80:10:10, v/v/v) com fluxo de $1,7 \text{ mL}\cdot\text{min}^{-1}$ e tempo de corrida de 15 minutos. Os cromatogramas foram obtidos a 450 nm. A identificação de β -caroteno e luteína nas amostras foi realizada comparando-se os tempos de retenção obtidos para os respectivos padrões e para as amostras analisadas sob as mesmas condições. Além disso, foram comparados os espectros de absorção do padrão e do pico de interesse nas amostras, utilizando-se o detector de arranjos de diodos.

4.10. Determinação das características microbiológicas

As análises microbiológicas de coliformes a 30°C e coliformes a 45°C foi realizada pela técnica do Número Mais Provável (NMP) de acordo com Kornacki; Johnson (2001), utilizando-se caldo Lauril Sulfato Triptose para o teste presuntivo, Caldo Bile Verde Brilhante para confirmar coliformes a 30°C e Caldo EC para confirmar coliformes que fermentam a 45°C . O resultado foi expresso em NMP por grama de salada de frutas.

A contagem de micro-organismos psicrotróficos foi determinada segundo Cousin; Jay; Vasavada (2001) utilizando-se Ágar Padrão para Contagem (PCA) e incubação a 7 °C por 10 dias. Para a contagem das colônias de psicrotróficos, foram selecionadas as placas contendo de 25 a 250 colônias e os resultados foram expressos em número de UFC (unidades formadoras de colônias) por grama do produto.

Bolores e leveduras foram quantificados por contagem de unidades formadoras de colônia (UFC) em placas de Petri contendo Agar Batata Dextrose. Foram inoculados 0,1 mL da amostra diluída à concentração 10^{-1} , 10^{-2} e 10^{-3} , procedendo ao espalhamento com alça de Drigalski. As placas foram incubadas em estufa B.O.D. a 25 °C por 5 dias. Os ensaios foram realizados em duplicata (MATOS et al., 2011).

As amostras dos tratamentos controle, *in natura* e impregnados em solução contendo diferentes proporções de β -caroteno e luteína foram analisadas nos tempos 0, 4 e 8 dias de armazenamento a 5 °C, a fim de avaliar as condições microbiológicas do produto no início, no meio e no fim da sua vida de prateleira.

4.11. Avaliação sensorial

A aceitação sensorial das amostras de salada de frutas minimamente processadas do tratamento controle e impregnado a vácuo com a melhor mistura foi realizada nos tempos 0 e 4 dias de armazenamento a 5 °C, por 50 provadores não treinados, em cabines individuais e sob luz branca, usando escala hedônica estruturada de nove pontos, variando de “desgostei extremamente” (1) a “gostei extremamente” (9) (MINIM, 2013), para os atributos cor, sabor, textura e impressão global.

4.12. Análise estatística

Para as análises físico-químicas e microbiológicas foram verificadas as variáveis Ensaio, Tempo e a interação Ensaio*Tempo. Para os resultados significativamente diferentes ($p < 0,05$) foi utilizada a Metodologia de Superfície de Resposta (MSR) para analisar os efeitos das variáveis independentes (x_1 , x_2) do processo nas respostas (y_i). As curvas de nível de superfície de resposta foram elaboradas conforme níveis estudados, utilizando-se as equações de regressão múltipla. A resposta foi escrita como sendo função (f) de x: $y_i = f(x_1, x_2)$.

Os dados coletados na aceitação sensorial foram avaliados por meio da ANOVA com duas fontes de variação (ensaio e tempo) e interação Ensaio*Tempo para cada atributo sensorial. Os atributos sensoriais que demonstrarem diferença significativa

($p < 0,05$) foram avaliados utilizando a Metodologia de Superfície de Resposta (MSR) juntamente a elaboração das curvas de nível conforme condições estudadas, utilizando-se equações de regressão múltipla.

As análises estatísticas foram realizadas no programa estatístico SAS (Statistical Analysis System – SAS Institute Inc., North Carolina, USA, 1989) versão 9.2 licenciado para a Universidade Federal de Viçosa.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. Determinação do tempo de pressão de vácuo da impregnação de β -caroteno em salada de frutas minimamente processada

A determinação do tempo de impregnação a vácuo é uma etapa importante a fim de garantir que o tempo determinado permita a máxima retenção da solução impregnante dentro da matéria sólida. Diante disso, para avaliar a determinação do tempo de impregnação a vácuo foram realizadas análises de cor, firmeza e carotenoides na salada de frutas minimamente processada adicionada de β -caroteno nos tempos 3, 5, 7 e 10 minutos de impregnação a vácuo e restauração da pressão atmosférica.

Os resultados de cor de banana, mamão, manga e pêsego minimamente processados adicionados de β -caroteno em diferentes tempos de impregnação a vácuo estão apresentados nas Tabelas 2 a 5.

Para as frutas banana e manga pode-se observar que no tempo 0 de armazenamento não houve diferença significativa ($p > 0,05$) entre todos os tempos de aplicação do vácuo e restauração da pressão atmosférica para as coordenadas L^* e a^* .

Com relação a coordenada b^* para banana, a coordenada a^* para mamão e a coordenada L^* para pêsego, os tempos 3, 5 e 7 minutos não apresentaram diferença significativa ($p > 0,05$) entre si e apenas o tempo 7 minutos apresentou diferença significativa ($p < 0,05$) com relação ao tempo 10 minutos de aplicação do vácuo.

Para manga e pêsego observa-se que o tempo 7 minutos de aplicação de vácuo e restauração da pressão atmosférica apresentou a maior média para a coordenada b^* , apresentando diferença significativa ($p < 0,05$) com relação aos demais tempos.

Ainda com relação ao tempo 0 de armazenamento, pode-se observar que os tempos 3, 5 e 7 minutos não diferiram significativamente ($p > 0,05$) entre si para a coordenada a^* do mamão, diferindo apenas com relação ao tempo 10 minutos de aplicação de vácuo ao nível de 5% de probabilidade. Para a coordenada b^* , é possível

verificar que os tempos de aplicação de vácuo de 7 e 10 minutos não diferiram significativamente ($p>0,05$) entre si, apresentando diferença significativa ($p<0,05$) em relação aos tempos 3 e 5 minutos.

Além disso, pode-se observar também para a coordenada a^* de pêssego que os tempos 5, 7 e 10 minutos de aplicação de vácuo não diferiram ($p>0,05$) entre si, havendo diferença significativa ($p<0,05$) apenas entre o tempo 3 minutos e os tempos 7 e 10 minutos.

Ao analisar os resultados de cor obtidos no 8º dia de armazenamento pode-se constatar que as coordenadas a^* e b^* da banana, a coordenada L^* do mamão, a coordenada b^* da manga e a coordenada a^* do pêssego, não diferiram significativamente ($p>0,05$) entre os tempos 3, 5, 7, e 10 minutos de aplicação de vácuo e restauração da pressão atmosférica.

Com relação a coordenada L^* da banana observou-se que os tempos 3, 7 e 10 minutos não apresentaram diferença significativa ($p>0,05$) entre si ao nível de 5% de probabilidade, sendo que apenas o tempo 7 minutos diferiu significativamente ($p<0,05$) do tempo 5 minutos de aplicação de vácuo.

Para o mamão verificou-se que não houve diferença significativa ($p>0,05$) entre todos os tempos de aplicação de vácuo em relação a coordenada a^* . Já para a coordenada b^* , apenas os tempos 7 e 10 minutos não apresentaram diferença significativa ($p>0,05$) entre si, diferindo significativamente ($p<0,05$) com relação aos tempos 3 e 5 minutos.

De acordo com os resultados obtidos para manga, pode-se constatar que os tempos 3 e 7 minutos não apresentaram diferença significativa ($p>0,05$) para a coordenada L^* , porém ambos os tempos apresentaram diferença em relação aos tempos 5 e 10 minutos. Já em relação a coordenada a^* observa-se que o tempo de aplicação de vácuo de 7 minutos foi o que apresentou a maior média, diferindo significativamente ($p<0,05$) dos demais tempos.

Ainda sobre o 8º dia de armazenamento, para o pêssego foi possível verificar que os tempos 7 e 10 minutos de aplicação de vácuo e restauração da pressão atmosférica não apresentaram diferença significativa ($p>0,05$) entre si com relação a coordenada L^* , sendo que apenas o tempo 10 minutos interferiu significativamente ($p<0,05$) em relação aos tempos 3 e 5 minutos. Para a coordenada b^* observa-se que o tempo 7 minutos apresentou a maior média e diferiu ($p<0,05$) dos demais tempos de aplicação de vácuo.

Tabela 2. Cor de banana minimamente processada adicionada de β -caroteno em diferentes tempos de impregnação a vácuo.

Banana		Cor					
Tempo (min)	L*		a*		b*		
	0 dias	8 dias	0 dias	8 dias	0 dias	8 dias	
3	53,68 ± 3,69 ^{Aa}	43,98 ± 1,49 ^{ABb}	24,61 ± 3,86 ^{Aa}	17,51 ± 1,40 ^{Ab}	64,46 ± 2,74 ^{ABa}	54,85 ± 1,82 ^{Ab}	
5	54,75 ± 2,01 ^{Aa}	35,48 ± 0,78 ^{Bb}	27,48 ± 1,38 ^{Aa}	19,58 ± 2,62 ^{Ab}	68,22 ± 1,53 ^{ABa}	49,70 ± 2,13 ^{Ab}	
7	53,35 ± 0,56 ^{Aa}	47,00 ± 2,14 ^{Ab}	21,20 ± 1,53 ^{Aa}	18,76 ± 0,97 ^{Ab}	71,06 ± 0,04 ^{Aa}	47,35 ± 1,52 ^{Ab}	
10	50,25 ± 2,58 ^{Aa}	42,41 ± 1,68 ^{ABb}	22,33 ± 2,22 ^{Aa}	18,01 ± 2,55 ^{Ab}	63,15 ± 3,42 ^{Ba}	51,96 ± 2,28 ^{Ab}	

Médias seguidas de letras minúsculas iguais na coluna e letras maiúsculas na linha não diferem entre si ao nível de 5 % de probabilidade pelo teste de Tukey.

Tabela 3. Cor de mamão minimamente processado adicionado de β -caroteno em diferentes tempos de impregnação a vácuo.

Mamão		Cor					
Tempo (min)	L*		a*		b*		
	0 dias	8 dias	0 dias	8 dias	0 dias	8 dias	
3	34,38 ± 2,71 ^{ABa}	34,00 ± 2,93 ^{Ab}	19,03 ± 1,67 ^{Aa}	18,38 ± 3,25 ^{Ab}	37,78 ± 1,89 ^{Ba}	31,08 ± 1,11 ^{Bb}	
5	33,86 ± 1,72 ^{Ba}	29,13 ± 2,58 ^{Ab}	18,05 ± 2,45 ^{Aa}	16,41 ± 1,45 ^{ABb}	34,83 ± 0,28 ^{Ca}	33,85 ± 2,41 ^{Cb}	
7	37,70 ± 3,27 ^{Aa}	33,90 ± 2,83 ^{Ab}	18,00 ± 0,84 ^{Aa}	16,10 ± 2,96 ^{ABb}	40,60 ± 3,75 ^{Aa}	33,37 ± 1,14 ^{Ab}	
10	34,15 ± 0,97 ^{Ba}	27,72 ± 2,67 ^{Ab}	14,93 ± 2,27 ^{Ba}	14,95 ± 2,20 ^{Ab}	40,75 ± 1,69 ^{Aa}	32,62 ± 1,83 ^{ABb}	

Médias seguidas de letras minúsculas iguais na coluna e letras maiúsculas na linha não diferem entre si ao nível de 5 % de probabilidade pelo teste de Tukey.

Tabela 4. Cor de manga minimamente processada adicionada de β -caroteno em diferentes tempos de impregnação a vácuo.

Manga		Cor					
Tempo (min)	L*		a*		b*		
	0 dias	8 dias	0 dias	8 dias	0 dias	8 dias	
3	48,80 ± 2,00 ^{Aa}	41,75 ± 2,08 ^{Ab}	14,53 ± 2,51 ^{Aa}	14,68 ± 2,72 ^{Bb}	61,90 ± 3,00 ^{Ba}	50,71 ± 1,42 ^{Ab}	
5	46,01 ± 1,36 ^{Aa}	37,66 ± 1,92 ^{Bb}	14,83 ± 3,02 ^{Aa}	13,03 ± 0,67 ^{Cb}	60,10 ± 2,76 ^{Ca}	50,20 ± 1,74 ^{Ab}	
7	48,50 ± 0,09 ^{Aa}	41,76 ± 2,95 ^{Ab}	16,85 ± 1,36 ^{Aa}	16,56 ± 3,77 ^{Ab}	63,23 ± 2,21 ^{Aa}	50,50 ± 2,17 ^{Ab}	
10	47,30 ± 1,74 ^{Aa}	38,98 ± 3,56 ^{Bb}	16,70 ± 1,66 ^{Aa}	11,08 ± 1,29 ^{Db}	56,76 ± 0,97 ^{Da}	50,08 ± 2,99 ^{Ab}	

Médias seguidas de letras minúsculas iguais na coluna e letras maiúsculas na linha não diferem entre si ao nível de 5 % de probabilidade pelo teste de Tukey.

Tabela 5. Cor de pêssego minimamente processado adicionado de β -caroteno em diferentes tempos de impregnação a vácuo.

Pêssego		Cor					
Tempo (min)	L*		a*		b*		
	0 dias	8 dias	0 dias	8 dias	0 dias	8 dias	
3	41,31 ± 1,54 ^{ABa}	33,23 ± 1,48 ^{Bb}	15,97 ± 0,31 ^{Ba}	13,35 ± 1,47 ^{Ab}	48,53 ± 0,71 ^{Ca}	41,58 ± 1,75 ^{Bb}	
5	41,38 ± 1,60 ^{ABa}	34,21 ± 0,14 ^{Bb}	17,83 ± 1,30 ^{ABa}	12,78 ± 1,66 ^{Ab}	53,05 ± 1,19 ^{Ba}	39,61 ± 3,17 ^{Bb}	
7	43,91 ± 1,22 ^{Aa}	35,80 ± 3,15 ^{ABb}	18,81 ± 3,49 ^{Aa}	14,18 ± 4,01 ^{Ab}	56,78 ± 3,83 ^{Aa}	51,88 ± 2,86 ^{Ab}	
10	39,10 ± 3,43 ^{Ba}	38,95 ± 1,74 ^{Ab}	18,43 ± 2,94 ^{Aa}	13,85 ± 1,19 ^{Ab}	44,71 ± 2,30 ^{Da}	43,41 ± 3,31 ^{Bb}	

Médias seguidas de letras minúsculas iguais na coluna e letras maiúsculas na linha não diferem entre si ao nível de 5 % de probabilidade pelo teste de Tukey.

De acordo com os resultados obtidos nas Tabelas 2 a 5 para todas as frutas pode-se observar que os parâmetros de cor não contribuíram para a determinação do melhor tempo de impregnação a vácuo e restauração da pressão atmosférica, já que os resultados obtidos não foram conclusivos. Além disso, é possível constatar que o tempo de armazenamento e o tempo de pressão de vácuo não afetaram na escolha do melhor tempo de impregnação a vácuo e restauração da pressão atmosférica com relação a caracterização da cor das frutas.

A partir dos resultados é possível afirmar que todas as frutas utilizadas para a elaboração da salada de frutas escureceram quando comparados os tempos 0 e 8 dias de armazenamento. Isto pode ser explicado devido a diminuição da coordenada L^* , que indica a luminosidade, sendo que quanto mais próximo de 100 mais claro é o produto, e quanto mais próximo de 0 mais escuro é o produto.

Martins (2012) avaliou a cor de salada de frutas contendo *L. acidophilus* e compostos inibidores do escurecimento demonstrando que a cor das frutas presentes na salada foi afetada pelo processamento e pelo período de armazenamento, concluindo que as saladas de frutas escureceram ao longo do tempo a 8 °C, o que foi constatado pela redução dos valores de L^* .

A coordenada a^* está relacionada com a tonalidade e varia de verde (-60) a vermelho (+60). Já a coordenada b^* representa a saturação e varia do azul (-60) ao amarelo (+60). Pode-se observar que todas as frutas analisadas mostraram uma tendência ao vermelho no que diz respeito a coordenada a^* , porém quando comparados os tempos 0 e 8 dias de armazenamento, observa-se uma diminuição dos valores. Em relação a coordenada b^* , as cores de todas as frutas tenderam ao amarelo, podendo-se observar também a diminuição dos valores da coordenada b^* após 8 dias de armazenamento.

Essa tendência ao amarelo pode ser explicada devido a coloração natural das frutas utilizadas na salada de frutas e a tendência ao vermelho se deve a colocação laranja-avermelhada do corante natural β -caroteno.

A Tabela 6 demonstra os resultados da firmeza para banana, mamão, manga e pêsego minimamente processados impregnados a vácuo com β -caroteno. Pode-se observar que no tempo 0 de armazenamento apenas manga e pêsego não apresentaram diferença significativa ($p>0,05$) entre os tempos de aplicação de vácuo.

Para a firmeza da banana foi possível constatar que não houve diferença significativa ($p>0,05$) entre os tempos 3, 5 e 7 minutos de aplicação de vácuo, havendo diferença ($p<0,05$) apenas em relação aos tempos 3 e 7 minutos e o tempo 10 minutos. Já para o mamão, observa-se que no tempo 0 de armazenamento não houve diferença significativa ($p>0,05$) entre os tempos 5, 7 e 10 minutos, havendo diferença ($p<0,05$) apenas entre os tempos 3 e 7 minutos de aplicação de vácuo e restauração da pressão atmosférica.

Tabela 6. Firmeza de banana, mamão, manga e pêsego minimamente processados adicionados de β -caroteno em diferentes tempos de impregnação a vácuo.

Firmeza (N)												
		Banana		Mamão		Manga		Pêssego				
Tempo (dias)												
Tempo (min)	0		8		0		8		0		8	
	3	2,57 ± 0,33 ^{Aa}	0,57 ± 0,06 ^{Bb}	0,57 ± 0,06 ^{Ba}	0,43 ± 0,12 ^{Bb}	2,53 ± 0,31 ^{Aa}	1,26 ± 0,01 ^{Bb}	2,60 ± 0,15 ^{Aa}	2,05 ± 0,03 ^{Bb}			
5	2,34 ± 0,30 ^{ABa}	0,76 ± 0,13 ^{ABb}	0,76 ± 0,13 ^{ABa}	0,42 ± 0,16 ^{Bb}	2,38 ± 0,12 ^{Aa}	1,23 ± 0,06 ^{Bb}	1,68 ± 0,95 ^{Aa}	1,40 ± 0,10 ^{Cb}				
7	2,67 ± 0,31 ^{Aa}	1,20 ± 0,45 ^{Ab}	1,20 ± 0,45 ^{Aa}	0,90 ± 0,15 ^{Ab}	2,02 ± 0,15 ^{Aa}	1,75 ± 0,22 ^{Ab}	3,03 ± 0,19 ^{Aa}	2,77 ± 0,07 ^{Ab}				
10	1,71 ± 0,20 ^{Ba}	1,08 ± 0,12 ^{ABb}	1,08 ± 0,12 ^{ABa}	0,30 ± 0,10 ^{Bb}	2,12 ± 0,21 ^{Aa}	1,81 ± 0,01 ^{Ab}	3,16 ± 0,18 ^{Aa}	2,94 ± 0,03 ^{Ab}				

Médias seguidas de letras minúsculas iguais na coluna e letras maiúsculas na linha não diferem entre si ao nível de 5 % de probabilidade pelo teste de Tukey.

No 8º dia de armazenamento foi possível verificar que para a banana os tempos 5, 7 e 10 minutos não diferiram ($p>0,05$) entre si, apresentando diferença significativa apenas entre os tratamentos 3 e 7 minutos de impregnação. Para o mamão, observa-se que o tempo de impregnação 7 minutos apresentou diferença significativa ($p<0,05$) entre os demais tempos ao nível de 5% de significância.

Com relação a manga e ao pêssego, pode-se afirmar que não houve diferença significativa ($p>0,05$) entre os tempos 7 e 10 minutos, sendo que estes diferiram significativamente ($p<0,05$) quando comparados com os demais tempos de impregnação a vácuo.

Além disso, é importante considerar que quando comparada a firmeza das frutas nos tempos 0 e 8 de armazenamento observa-se uma diminuição ao longo do tempo de estocagem. A diminuição da firmeza da banana e do mamão se deve principalmente por estas frutas apresentarem naturalmente uma textura tenra, ficando ainda mais prejudicada quando há a aplicação da impregnação a vácuo.

Oliveira (2014), ao determinar o tempo de impregnação a vácuo de micro-organismos probióticos em melão minimamente processado, observou que não houve diferença significativa ($p>0,05$) da firmeza entre os tempos 2, 4 e 6 minutos no tempo 0 dia de armazenamento. Esse resultado também pode ser observado para manga e pêssego minimamente processados adicionados de corantes naturais no tempo 0 de armazenamento, sendo que no 8º dia de estocagem os tempos 7 e 10 minutos não diferiram entre si e apresentaram diferença significativa ($p<0,05$) em relação aos tempos 3 e 5 minutos de impregnação a vácuo e restauração da pressão atmosférica.

Para carotenoides totais pode-se afirmar que no tempo 0 de armazenamento não foi observada diferença significativa ($p>0,05$) entre os tempos de impregnação a vácuo, porém no 8º dia de armazenamento é possível verificar que os tempos 3 e 7 minutos não apresentam diferença significativa ($p>0,05$) entre si, diferindo significativamente ($p<0,05$) dos demais tempos de aplicação de vácuo e restauração da pressão atmosférica (Tabela 7).

Tabela 7. Carotenoides totais em salada de frutas minimamente processada adicionada de β -caroteno em diferentes tempos de impregnação a vácuo.

Salada de Frutas	Carotenoides (mg/g)	
	0 dias	8 dias
Tempo (min)		
3	0,11 ± 0,08 ^{Aa}	0,11 ± 0,05 ^{Aa}
5	0,13 ± 0,04 ^{Aa}	0,09 ± 0,03 ^{Bb}
7	0,13 ± 0,06 ^{Aa}	0,11 ± 0,01 ^{Ab}
10	0,13 ± 0,04 ^{Aa}	0,08 ± 0,009 ^{Cb}

Médias seguidas de letras minúsculas iguais na coluna e letras maiúsculas na linha não diferem entre si ao nível de 5 % de probabilidade pelo teste de Tukey.

Segundo De-Ancos et al. (2011) não existe recomendação para consumo diário de carotenoides, porém alguns estudos sugerem a ingestão de 6 mg deste composto diariamente. Com isso, afirma-se que a salada de frutas minimamente processada consumida logo após o processamento fornece metade da quantidade sugerida para ingestão diária deste composto em uma porção de 30 g de produto quando submetida a uma pressão de 500 mmHg durante 3, 5, 7 e 10 minutos. Já no 8º dia de armazenamento, apenas as saladas de frutas submetidas a pressão de vácuo por 3 e 7 minutos são capazes de fornecer a mesma quantidade de carotenoides consumindo a mesma quantidade de produto quando comparadas com as saladas de frutas no tempo 0 de armazenamento.

Diante da análise de todos os resultados obtidos para determinar o melhor tempo de impregnação a vácuo e restauração da pressão atmosférica, é válido considerar que o tempo 7 minutos esteve sempre dentre os que apresentaram as maiores médias tanto para cor, quanto para firmeza e carotenoides, sendo este o tempo estabelecido neste experimento para o período de vácuo a uma pressão de 500 mmHg, sendo utilizado o mesmo tempo no período de restauração da pressão atmosférica.

5.2. Determinação das características físico-químicas

5.2.1. Determinação de pH, acidez total titulável e sólidos solúveis totais em salada de frutas minimamente processada adicionada de corante natural

Verificou-se que não houve diferença significativa ($p>0,05$) de pH, acidez total titulável e sólidos solúveis totais entre os tratamentos controle, *in natura* e as diferentes proporções de corantes naturais nas saladas de frutas minimamente processadas. Com relação ao tempo de armazenamento, observou-se que também não houve diferença significativa ($p>0,05$) para todos os tratamentos avaliados, evidenciando que a impregnação a vácuo não afetou significativamente as características físico-químicas (Tabelas 8, 9 e 10).

O valor médio de pH das saladas de frutas controle, *in natura* e com diferentes proporções de β -caroteno e luteína nos tempos 0, 2, 4, 6 e 8 dias de armazenamento foi $4,28 \pm 0,35$, sendo este um valor desejável visto que alimentos com baixos valores de pH inibem a ação de micro-organismos (SOUZA; CÓL, 2014).

Fabbri (2014), ao avaliar as propriedades físico-químicas em saladas de frutas submetidas a diferentes doses de radiação gama, encontrou valor médio de pH de 4,3 para a salada de frutas controle, ou seja, sem aplicação de radiação gama, sendo este valor próximo ao encontrado no presente trabalho.

Tabela 8. Valores médios de pH das saladas de frutas minimamente processadas controle, *in natura* e adicionadas de β -caroteno e luteína em diferentes proporções por impregnação a vácuo.

pH							
Tempo (dias)	Controle	<i>In natura</i>	50 β : 50 L	100 β : 0 L	0 β : 100 L	75 β : 25 L	25 β : 75 L
0	4,43 \pm 0,04 ^{Aa}	4,48 \pm 0,12 ^{Aa}	4,46 \pm 0,23 ^{Aa}	4,54 \pm 0,20 ^{Aa}	4,44 \pm 0,25 ^{Aa}	4,58 \pm 0,12 ^{Aa}	4,47 \pm 0,27 ^{Aa}
2	4,54 \pm 0,05 ^{Aa}	4,56 \pm 0,08 ^{Aa}	4,58 \pm 0,19 ^{Aa}	4,60 \pm 0,11 ^{Aa}	4,59 \pm 0,21 ^{Aa}	4,62 \pm 0,13 ^{Aa}	4,57 \pm 0,22 ^{Aa}
4	4,60 \pm 0,09 ^{Aa}	4,63 \pm 0,10 ^{Aa}	4,62 \pm 0,16 ^{Aa}	4,57 \pm 0,24 ^{Aa}	4,63 \pm 0,20 ^{Aa}	4,58 \pm 0,19 ^{Aa}	4,59 \pm 0,17 ^{Aa}
6	4,57 \pm 0,07 ^{Aa}	4,56 \pm 0,15 ^{Aa}	4,61 \pm 0,18 ^{Aa}	4,60 \pm 0,14 ^{Aa}	4,61 \pm 0,21 ^{Aa}	4,58 \pm 0,21 ^{Aa}	4,57 \pm 0,20 ^{Aa}
8	4,59 \pm 0,07 ^{Aa}	4,63 \pm 0,09 ^{Aa}	4,53 \pm 0,19 ^{Aa}	4,53 \pm 0,09 ^{Aa}	4,61 \pm 0,24 ^{Aa}	4,52 \pm 0,18 ^{Aa}	4,57 \pm 0,17 ^{Aa}

Médias seguidas de letras minúsculas iguais na coluna e letras maiúsculas na linha não diferem entre si ao nível de 5 % de probabilidade pelo teste de Tukey.
 β : β -caroteno; L: luteína.

A acidez total titulável expressa em porcentagem de ácido cítrico para todos os tratamentos e em todos os tempos apresentou valor médio de $0,32 \pm 0,11$ mg de ácido cítrico por 100 g de amostra. Os ácidos orgânicos normalmente diminuem ao longo do tempo de armazenamento devido a sua utilização durante a respiração ou conversão em açúcares. Porém pode haver um aumento da acidez titulável durante o armazenamento em

decorrência do baixo metabolismo respiratório que pode acumular ácidos nos vacúolos à medida que os teores de sólidos solúveis aumentam (ALVES et al., 2010).

Tabela 9. Valores médios de acidez total titulável das saladas de frutas minimamente processadas controle, *in natura* e adicionadas de β -caroteno e luteína em diferentes proporções por impregnação a vácuo.

Acidez Total Titulável (mg de ácido cítrico / 100 g de amostra)							
Tempo (dias)	Controle	<i>In natura</i>	50 β : 50 L	100 β : 0 L	0 β : 100 L	75 β : 25 L	25 β : 75 L
0	0,41 \pm 0,02 ^{Aa}	0,42 \pm 0,12 ^{Aa}	0,40 \pm 0,08 ^{Aa}	0,45 \pm 0,06 ^{Aa}	0,46 \pm 0,07 ^{Aa}	0,41 \pm 0,02 ^{Aa}	0,43 \pm 0,04 ^{Aa}
2	0,34 \pm 0,01 ^{Aa}	0,35 \pm 0,10 ^{Aa}	0,37 \pm 0,05 ^{Aa}	0,40 \pm 0,02 ^{Aa}	0,39 \pm 0,09 ^{Aa}	0,33 \pm 0,03 ^{Aa}	0,34 \pm 0,05 ^{Aa}
4	0,35 \pm 0,10 ^{Aa}	0,36 \pm 0,07 ^{Aa}	0,39 \pm 0,03 ^{Aa}	0,39 \pm 0,03 ^{Aa}	0,38 \pm 0,09 ^{Aa}	0,40 \pm 0,03 ^{Aa}	0,39 \pm 0,10 ^{Aa}
6	0,43 \pm 0,05 ^{Aa}	0,41 \pm 0,02 ^{Aa}	0,43 \pm 0,04 ^{Aa}	0,40 \pm 0,01 ^{Aa}	0,39 \pm 0,08 ^{Aa}	0,45 \pm 0,02 ^{Aa}	0,37 \pm 0,07 ^{Aa}
8	0,39 \pm 0,09 ^{Aa}	0,41 \pm 0,03 ^{Aa}	0,37 \pm 0,03 ^{Aa}	0,39 \pm 0,10 ^{Aa}	0,42 \pm 0,07 ^{Aa}	0,36 \pm 0,01 ^{Aa}	0,42 \pm 0,12 ^{Aa}

Médias seguidas de letras minúsculas iguais na coluna e letras maiúsculas na linha não diferem entre si ao nível de 5 % de probabilidade pelo teste de Tukey.

β : β -caroteno; L: luteína.

Ao observar os resultados de pH e acidez das saladas de frutas minimamente processadas adicionadas de corantes naturais por impregnação a vácuo é possível constatar que estes mantiveram-se estáveis ao longo do período de estocagem sob a temperatura de 5 °C. Este fato ocorreu, provavelmente, devido a diminuição do metabolismo respiratório das frutas causado pelo armazenamento sob refrigeração, dificultando o processo de maturação e contribuindo para que houvesse pouca formação de exsudado das frutas utilizadas para compor as saladas de frutas.

Tabela 10. Valores médios de sólidos solúveis totais das saladas de frutas minimamente processadas controle, *in natura* e adicionadas de β -caroteno e luteína em diferentes proporções por impregnação a vácuo.

Teor de Sólidos Solúveis (°Brix)							
Tempo (dias)	Controle	<i>In natura</i>	50 β : 50 L	100 β : 0 L	0 β : 100 L	75 β : 25 L	25 β : 75 L
0	11,0 \pm 0,30 ^{Aa}	11,6 \pm 0,27 ^{Aa}	11,8 \pm 0,26 ^{Aa}	11,7 \pm 0,21 ^{Aa}	11,2 \pm 0,20 ^{Aa}	11,8 \pm 0,29 ^{Aa}	11,7 \pm 0,20 ^{Aa}
2	11,1 \pm 0,27 ^{Aa}	11,5 \pm 0,28 ^{Aa}	11,8 \pm 0,32 ^{Aa}	11,5 \pm 0,24 ^{Aa}	11,3 \pm 0,28 ^{Aa}	11,9 \pm 0,28 ^{Aa}	11,6 \pm 0,21 ^{Aa}
4	11,5 \pm 0,22 ^{Aa}	11,5 \pm 0,30 ^{Aa}	11,5 \pm 0,27 ^{Aa}	11,6 \pm 0,20 ^{Aa}	11,3 \pm 0,27 ^{Aa}	11,3 \pm 0,22 ^{Aa}	12,0 \pm 0,31 ^{Aa}
6	11,4 \pm 0,27 ^{Aa}	11,5 \pm 0,31 ^{Aa}	11,7 \pm 0,29 ^{Aa}	11,9 \pm 0,21 ^{Aa}	11,7 \pm 0,27 ^{Aa}	11,9 \pm 0,21 ^{Aa}	11,3 \pm 0,29 ^{Aa}
8	11,2 \pm 0,26 ^{Aa}	11,5 \pm 0,29 ^{Aa}	11,5 \pm 0,30 ^{Aa}	12,1 \pm 0,30 ^{Aa}	12,1 \pm 0,26 ^{Aa}	11,8 \pm 0,30 ^{Aa}	11,0 \pm 0,28 ^{Aa}

Médias seguidas de letras minúsculas iguais na coluna e letras maiúsculas na linha não diferem entre si ao nível de 5 % de probabilidade pelo teste de Tukey.
 β : β -caroteno; L: luteína.

Para o teor de sólidos solúveis, o valor médio de todos os tratamentos em todos os tempos de armazenamento foi de $11,84 \pm 0,91$ °Brix. Em geral, o conteúdo de sólidos solúveis tende a aumentar com o amadurecimento devido ao aumento do teor de açúcares simples do fruto, seja por biossíntese, pela degradação de polissacarídeos ou pela perda de água dos frutos resultando em maior concentração dos mesmos (CHITARRA; CHITARRA, 2005; BENÍTEZ et al., 2013), o que não ocorreu nos tratamentos deste experimento, uma vez que as frutas que compunham a salada de frutas já estavam maduras desde o início da vida de prateleira.

Lamikanra; Chen; Banks (2000), relataram que a estabilidade dos sólidos solúveis totais ao longo da vida de prateleira está associada à baixas temperaturas de conservação, o que pode estar associado ao presente experimento, visto que as saladas foram armazenadas a temperatura de 5 °C e não apresentaram diferença significativa ($p>0,05$) entre os tratamentos e ao longo do tempo de estocagem.

Martins (2012) também não verificou influência do tempo ($p>0,05$) em relação ao pH, acidez e teor de sólidos solúveis de salada de frutas contendo abacaxi, banana, goiaba, maçã, mamão e manga. A autora obteve valor de pH de 4,15, 0,319% de acidez total titulável e 11,84 °Brix para a salada controle estando próximos aos valores médios encontrados neste experimento.

A estabilidade das características físico-químicas encontradas neste experimento é favorável, visto que a variação destas características poderia causar prejuízos para a qualidade sensorial do produto ao longo do período de armazenamento.

5.2.2. Determinação de cor

Para todas as características de cor analisadas houve diferença significativa ($p<0,05$) com relação a cada fruta utilizada na salada, sendo necessário fazer um teste de comparação de médias a fim de avaliar a variação das coordenadas L^* , a^* , b^* , ângulo Hue (H°) e índice Chroma (C^*) de banana, mamão, manga e pêssego minimamente processados adicionados de diferentes proporções de β -caroteno e luteína por impregnação a vácuo (Tabela 9).

Pode-se observar para a coordenada L^* que a manga e a banana não apresentaram diferença significativa ($p>0,05$) entre si, apresentando as maiores médias e diferindo significativamente ($p<0,05$) tanto do mamão quanto do pêssego. Com

isso, pode-se dizer que o mamão e o pêssego apresentam coloração mais escura quando comparados com a manga e a banana.

Para a coordenada a^* , é possível verificar que apenas o pêssego apresentou diferença significativa ($p < 0,05$) em relação as demais frutas, sendo a fruta que apresentou a menor média.

Com relação a coordenada b^* e ao índice Chroma, a manga foi a fruta que apresentou a maior média diferindo significativamente ($p < 0,05$) em relação a todas as frutas, ou seja, a manga foi a fruta que apresentou coloração mais intensa em relação as demais.

Já para o ângulo Hue verifica-se que não houve diferença significativa ($p > 0,05$) em relação a manga e ao pêssego, porém ambas as frutas apresentaram diferença significativa ($p < 0,05$) quando comparadas com as demais ao nível de 5% de significância. O ângulo Hue (H°) é expresso em graus e pode ser definido iniciando no eixo $+a$, sendo que 0° corresponde a $+a$ (vermelho), 90° corresponde a $+b$ (amarelo), 180° corresponde a $-a$ (verde) e 270° corresponde a $-b$ (azul). Esta variável é usada para definir a tonalidade da cor, sendo válido observar que todas as frutas apresentaram valores mais próximos de 90° , correspondendo a tonalidade amarela, o que era esperado, visto que as frutas utilizadas para compor a salada de frutas foram escolhidas baseadas na coloração dos corantes β -caroteno e luteína utilizados durante a impregnação a vácuo.

Tabela 11. Variação das coordenadas L*, a*, b*, ângulo Hue (H°) e índice Chroma (C*) de banana, mamão, manga e pêsego minimamente processados adicionados de diferentes proporções de β-caroteno e luteína por impregnação a vácuo.

Frutas	L*	a*	b*	H°	C*
Banana	39,95 ± 0,31 ^A	25,80 ± 0,05 ^A	49,70 ± 0,30 ^B	62,87 ± 0,90 ^B	56,10 ± 0,28 ^B
Mamão	26,49 ± 0,22 ^B	23,63 ± 0,07 ^A	39,22 ± 0,25 ^C	58,82 ± 0,31 ^C	45,97 ± 0,34 ^C
Manga	40,12 ± 0,53 ^A	24,15 ± 0,14 ^A	59,26 ± 0,21 ^A	67,82 ± 0,06 ^A	64,20 ± 0,10 ^A
Pêssego	30,37 ± 0,28 ^B	19,52 ± 0,01 ^B	41,85 ± 0,70 ^C	65,54 ± 0,60 ^A	46,56 ± 1,70 ^C

Médias seguidas de letras minúsculas iguais na coluna não diferem entre si ao nível de 5 % de probabilidade pelo teste de Tukey.

Segundo Oliveira (2014), o maior volume de solução impregnante no tecido vegetal e o menor número de poros ou bolhas de ar no tecido resultou em uma maior refletância de feixes de luz promovendo a redução da luminosidade do produto, comprometendo as características sensoriais e a intenção de compra do produto, visto que a aparência é um dos principais parâmetros utilizados pelos consumidores no momento da compra.

Em um estudo sobre a evolução do conteúdo probiótico e cor de maçãs impregnadas com bactérias de ácido láctico, Puente; Betoret; Cortés (2009) verificaram que após a impregnação a vácuo as fatias de maçã se tornaram mais escuras, confirmando o fato de a impregnação a vácuo reduzir a luminosidade das frutas devido à remoção do oxigênio dos poros com o aumento da reflectância.

As frutas utilizadas na salada de frutas minimamente processada são excelentes fontes de carotenoides, pigmentos naturais que fornecem coloração vermelha, laranja e amarela aos alimentos e apresentam instabilidade ao calor, luz e ao pH durante o processamento e o armazenamento, podendo degradar-se facilmente causando a diminuição da cor original e a perda do valor das frutas.

Ao avaliar a interação entre os diferentes tratamentos e cada fruta utilizada para compor a salada de frutas para as coordenadas L*, a*, b*, H° e C* verificou-se que não houve diferença significativa (p>0,05) entre os tratamentos, ou seja, as coordenadas de cor não foram influenciadas pelos diferentes tratamentos aplicados (Tabelas 12, 13, 14 e 15).

Tabela 12. Valores médios das coordenadas L*, a*, b*, ângulo Hue (H°) e índice Chroma (C*) de banana minimamente processada adicionada de diferentes proporções de β -caroteno e luteína por impregnação a vácuo.

Banana	L*	a*	b*	H°	C*
Controle	37,19 ± 0,26 ^A	25,63 ± 0,60 ^A	47,82 ± 0,05 ^A	67,47 ± 1,67 ^A	60,96 ± 0,39 ^A
<i>In natura</i>	32,33 ± 0,90 ^A	26,45 ± 0,24 ^A	50,93 ± 0,33 ^A	68,09 ± 0,23 ^A	64,13 ± 0,93 ^A
50 β : 50 L	30,60 ± 0,13 ^A	28,64 ± 0,52 ^A	52,52 ± 0,69 ^A	61,28 ± 0,45 ^A	59,83 ± 0,29 ^A
100 β : 0 L	34,14 ± 0,56 ^A	30,75 ± 0,16 ^A	51,24 ± 0,22 ^A	58,74 ± 0,82 ^A	59,81 ± 0,84 ^A
0 β : 100 L	35,39 ± 0,78 ^A	24,03 ± 0,94 ^A	54,16 ± 0,01 ^A	66,15 ± 0,59 ^A	59,26 ± 0,17 ^A
75 β : 25 L	33,12 ± 0,32 ^A	30,35 ± 1,78 ^A	52,63 ± 0,92 ^A	60,23 ± 0,27 ^A	60,78 ± 0,20 ^A
25 β : 75 L	35,61 ± 0,03 ^A	29,06 ± 0,83 ^A	52,97 ± 0,23 ^A	61,34 ± 0,04 ^A	60,50 ± 0,10 ^A

Médias seguidas de letras minúsculas iguais na coluna não diferem entre si ao nível de 5 % de probabilidade pelo teste de Tukey. β : β -caroteno; L: luteína.

Tabela 13. Valores médios das coordenadas L*, a*, b*, ângulo Hue (H°) e índice Chroma (C*) de mamão minimamente processado adicionado de diferentes proporções de β-caroteno e luteína por impregnação a vácuo.

Mamão	L*	a*	b*	H°	C*
Controle	23,29 ± 0,04 ^A	26,64 ± 0,19 ^A	45,10 ± 0,28 ^A	56,82 ± 0,53 ^A	50,25 ± 0,17 ^A
<i>In natura</i>	24,73 ± 0,48 ^A	22,03 ± 0,74 ^A	40,82 ± 0,94 ^A	54,95 ± 0,47 ^A	47,99 ± 0,51 ^A
50 β : 50 L	27,18 ± 0,26 ^A	24,46 ± 0,28 ^A	40,28 ± 1,02 ^A	58,65 ± 0,51 ^A	47,37 ± 0,26 ^A
100 β : 0 L	30,65 ± 0,15 ^A	27,63 ± 0,01 ^A	48,15 ± 0,39 ^A	60,14 ± 0,06 ^A	55,63 ± 1,75 ^A
0 β : 100 L	25,16 ± 0,83 ^A	23,25 ± 0,03 ^A	49,74 ± 0,93 ^A	59,91 ± 0,58 ^A	46,09 ± 1,02 ^A
75 β : 25 L	26,29 ± 0,28 ^A	24,81 ± 0,59 ^A	43,93 ± 0,84 ^A	60,77 ± 0,61 ^A	50,52 ± 0,10 ^A
25 β : 75 L	26,75 ± 0,29 ^A	24,93 ± 0,96 ^A	44,55 ± 0,72 ^A	60,83 ± 0,79 ^A	51,12 ± 0,54 ^A

Médias seguidas de letras minúsculas iguais na coluna não diferem entre si ao nível de 5 % de probabilidade pelo teste de Tukey.
β: β-caroteno; L: luteína.

Tabela 14. Valores médios das coordenadas L*, a*, b*, ângulo Hue (H°) e índice Chroma (C*) de manga minimamente processada adicionada de diferentes proporções de β-caroteno e luteína por impregnação a vácuo.

Manga	L*	a*	b*	H°	C*
Controle	30,01 ± 0,84 ^A	27,27 ± 0,85 ^A	58,19 ± 0,27 ^A	73,48 ± 0,14 ^A	60,75 ± 0,39 ^A
<i>In natura</i>	32,25 ± 1,41 ^A	28,71 ± 0,02 ^A	63,56 ± 0,71 ^A	73,60 ± 0,36 ^A	66,28 ± 0,92 ^A
50 β : 50 L	30,24 ± 0,94 ^A	25,31 ± 0,91 ^A	62,74 ± 0,19 ^A	68,07 ± 0,18 ^A	67,68 ± 0,12 ^A
100 β : 0 L	34,04 ± 0,68 ^A	29,49 ± 0,19 ^A	54,46 ± 0,81 ^A	61,50 ± 0,42 ^A	62,04 ± 0,10 ^A
0 β : 100 L	35,03 ± 0,17 ^A	22,27 ± 0,06 ^A	59,59 ± 0,29 ^A	69,72 ± 0,96 ^A	63,66 ± 0,01 ^A
75 β : 25 L	35,01 ± 0,85 ^A	29,17 ± 0,92 ^A	54,07 ± 0,18 ^A	61,74 ± 0,19 ^A	61,50 ± 0,02 ^A
25 β : 75 L	34,07 ± 0,16 ^A	24,52 ± 0,19 ^A	55,26 ± 0,28 ^A	66,16 ± 0,59 ^A	60,51 ± 0,30 ^A

Médias seguidas de letras minúsculas iguais na coluna não diferem entre si ao nível de 5 % de probabilidade pelo teste de Tukey.
β: β-caroteno; L: luteína.

Tabela 15. Valores médios das coordenadas L*, a*, b*, ângulo Hue (H°) e índice Chroma (C*) de pêsego minimamente processado adicionado de diferentes proporções de β-caroteno e luteína por impregnação a vácuo.

Pêssego	L*	a*	b*	H°	C*
Controle	28,99 ± 0,05 ^A	20,95 ± 0,17 ^A	41,18 ± 0,39 ^A	60,79 ± 0,16 ^A	53,10 ± 0,63 ^A
<i>In natura</i>	27,41 ± 0,19 ^A	21,72 ± 0,95 ^A	46,77 ± 0,19 ^A	62,53 ± 0,18 ^A	48,62 ± 0,69 ^A
50 β : 50 L	32,83 ± 0,52 ^A	20,17 ± 0,19 ^A	45,07 ± 0,52 ^A	66,05 ± 0,23 ^A	50,18 ± 0,15 ^A
100 β : 0 L	29,59 ± 0,17 ^A	25,56 ± 0,14 ^A	47,35 ± 0,91 ^A	61,71 ± 0,74 ^A	53,86 ± 0,14 ^A
0 β : 100 L	24,39 ± 0,49 ^A	18,79 ± 0,17 ^A	37,35 ± 0,16 ^A	63,37 ± 0,77 ^A	41,85 ± 0,36 ^A
75 β : 25 L	28,14 ± 0,17 ^A	25,40 ± 0,48 ^A	47,11 ± 0,64 ^A	61,87 ± 0,51 ^A	53,60 ± 0,74 ^A
25 β : 75 L	26,35 ± 0,96 ^A	22,73 ± 0,35 ^A	41,64 ± 0,16 ^A	61,46 ± 0,87 ^A	47,48 ± 0,52 ^A

Médias seguidas de letras minúsculas iguais na coluna não diferem entre si ao nível de 5 % de probabilidade pelo teste de Tukey.
β: β-caroteno; L: luteína.

Observando-se a interação entre as frutas e o tempo de armazenamento, verificou que houve diferença ($p < 0,05$) para as coordenadas L^* , b^* e C^* com relação a banana, manga e pêssigo, sendo necessário ajustar equações de regressão para estas variáveis. As coordenadas a^* e ângulo Hue não apresentaram diferença significativa ($p > 0,05$) com relação a interação entre as frutas e o tempo de armazenamento e a única fruta que não apresentou diferença significativa ($p > 0,05$) em função do tempo de 8 dias de armazenamento foi o mamão, não sendo necessário ajustar uma equação de regressão.

Foi possível ajustar equações de regressão lineares para a banana, a manga e o pêssigo, já que o tempo influenciou significativamente ($p < 0,05$) as coordenadas L^* , b^* e C^* para essas frutas e a falta de ajuste não apresentou diferença significativa ($p > 0,05$). O modelo de equação de regressão das coordenadas L^* , b^* e C^* para a interação entre banana, manga e pêssigo minimamente processados e o tempo de armazenamento estão representados nas figuras 6, 7 e 8.

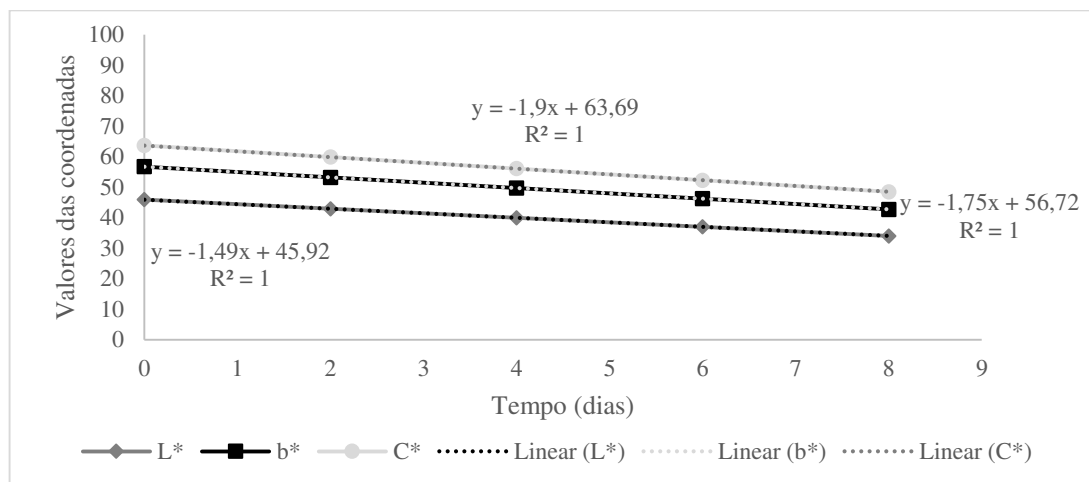


Figura 6. Modelo de equação de regressão das coordenadas L^* , b^* e C^* para a interação entre banana minimamente processada em função da luminosidade (L^*), da coordenada b (b^*), do índice Chroma (C^*), seus respectivos coeficientes de determinação (R^2) e níveis de probabilidade (p).

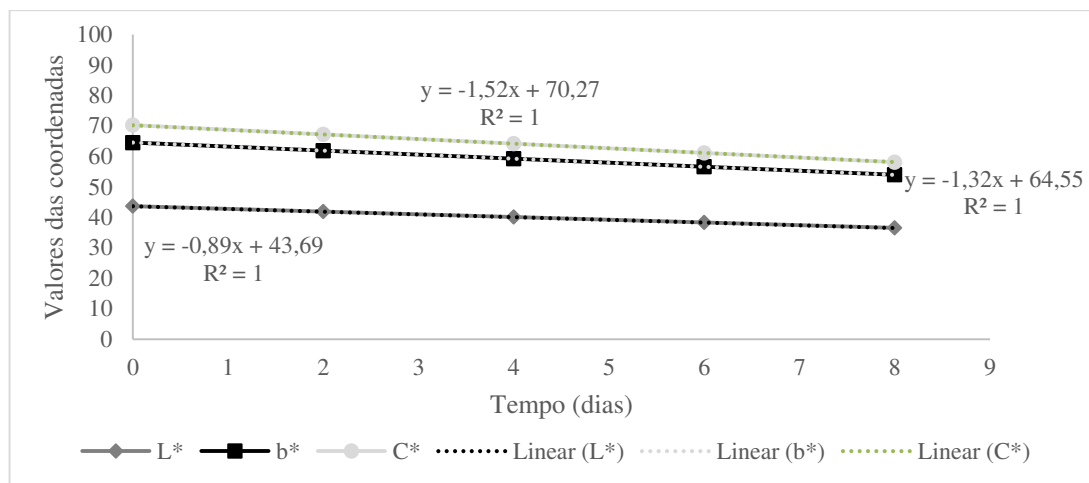


Figura 7. Modelo de equação de regressão das coordenadas L*, b* e C* para a interação entre manga minimamente processada e o tempo de armazenamento em função da luminosidade (L*), da coordenada b (b*), do índice Chroma (C*), seus respectivos coeficientes de determinação (R²) e níveis de probabilidade (p).

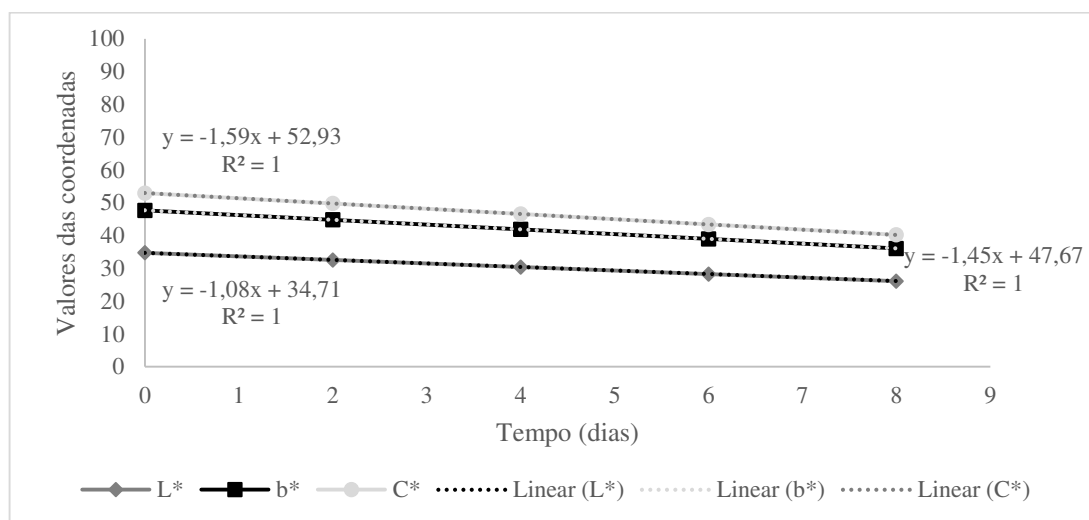


Figura 8. Modelo de equação de regressão das coordenadas L*, b* e C* para a interação entre pêsego minimamente processado e o tempo de armazenamento em função da luminosidade (L*), da coordenada b (b*), do índice Chroma (C*), seus respectivos coeficientes de determinação (R²) e níveis de probabilidade (p).

Ao analisar as Figuras 6, 7 e 8, pode-se concluir que houve escurecimento ao longo dos 8 dias de armazenamento a 5 °C para banana, manga e pêsego, já que a coordenada L* diminuiu ao longo do tempo. Além disso, foi possível verificar também que ao longo do período de estocagem, a coloração das frutas apresentou-se menos intensa, devido a diminuição do índice Chroma.

Estas variações que indicam alteração na coloração ao longo do tempo, possivelmente se deve a reações de escurecimento não enzimático proporcionada pela oxidação da vitamina C, ocasionando a formação de pigmentos escuros no produto (AL-ZUBAIDY; KHALIL, 2007; TEIXEIRA et al., 2006), aceleradas pela presença de luz.

Geralmente, o escurecimento oxidativo é causado pela enzima polifenoloxidase (PPO) que converte os compostos fenólicos de frutas e hortaliças em pigmentos de cor escura (AMODIO et al. de 2011).

Outro fator que causa o escurecimento dos tecidos é o rompimento da membrana celular dos vegetais, que vai promover a liberação de enzimas entrando em contato com os compostos fenólicos, resultando na oxidação desses compostos com a utilização do oxigênio molecular (JESUS et al., 2008).

Martins et al. (2013) avaliaram estádios de maturação de pêssegos ‘Aurora-1’ para o processamento mínimo e verificaram que apesar do armazenamento a baixa temperatura (3 °C) e da proteção oferecida pela embalagem, houve escurecimento do produto ao longo do período de armazenamento, tanto para as frutas que estavam no estágio de maturação “de vez” quanto para as frutas que estavam maduras.

Em um trabalho sobre a inibição do escurecimento enzimático de banana maçã minimamente processada, Melo; Vilas Boas (2006) observaram que ao longo do período de armazenamento das frutas houve uma redução das coordenadas L* e b*, assim como observado no presente trabalho para a banana prata minimamente processada.

De acordo com Alves et al. (2010), a redução do valor b* indica diminuição da coloração amarela da polpa, decorrente dos cortes sofridos, podendo ocorrer oxidação enzimática, por meio da interação entre substratos e enzimas e, também, por degradação de vitaminas, principalmente os carotenoides.

Com relação a interação entre os diferentes tratamentos e o tempo de armazenamento, pode-se observar que houve diferença significativa ($p < 0,05$) para todas as variáveis de cor analisadas nas saladas de frutas. Deste modo, pode-se afirmar que a concentração de β -caroteno e luteína influenciaram os valores das coordenadas L*, a*, b*, ângulo Hue e índice Chroma durante o período de 8 dias de armazenamento a 5 °C, obtendo-se equações de regressão lineares em função da concentração de β -caroteno e luteína mostradas nas Tabelas 13 e 14.

Tabela 16. Modelo de equação de regressão, coeficiente de determinação (R^2) e nível de probabilidade (p) das coordenadas L^* , a^* , b^* , ângulo Hue (H°) e índice Chroma (C^*) para a interação entre as concentrações de β -caroteno e luteína e o tempo 0 de armazenamento a 5 °C para as saladas de frutas minimamente processadas.

Tempo 0 dias	Modelo de Regressão	R²	p (F)
L*	$L = 0,3768*\beta + 0,3694*L$	0,684	<0,0001
a*	$a = 0,2993*\beta + 0,2456*L$	0,845	<0,0001
b*	$b = 0,5503*\beta + 0,5515*L$	0,844	<0,0001
H°	$H = 0,6144*\beta + 0,6540*L$	0,774	<0,0001
C*	$C = 0,6300*\beta + 0,6060*L$	0,844	<0,0001

β : β -caroteno; L: luteína.

Tabela 17. Modelo de equação de regressão, coeficiente de determinação (R^2) e nível de probabilidade (p) das coordenadas L^* , a^* , b^* , ângulo Hue (H°) e índice Chroma (C^*) para a interação entre as concentrações de β -caroteno e luteína e o tempo 8 dias de armazenamento a 5 °C para as saladas de frutas minimamente processadas.

Tempo 8 dias	Modelo de Regressão	R²	p (F)
L*	$L = 0,3027*\beta + 0,2822*L$	0,685	<0,0001
a*	$a = 0,2410*\beta + 0,2024*L$	0,877	<0,0001
b*	$b = 0,4244*\beta + 0,4400*L$	0,811	<0,0001
H°	$H = 0,6012*\beta + 0,6528*L$	0,744	<0,0001
C*	$C = 0,4894*\beta + 0,4865*L$	0,823	<0,0001

β : β -caroteno; L: luteína.

Segundo os modelos de regressão lineares para os tempos 0 e 8 dias de armazenamento, pode-se observar que quanto maior a concentração de β -caroteno e luteína adicionada na salada de frutas, maiores serão os valores de L^* , a^* , b^* , H° e C^* , apresentando um comportamento diretamente proporcional para todas as variáveis.

Além disso, pode-se verificar que a luminosidade diminuiu ao longo do tempo de armazenamento, visto que houve redução dos coeficientes de β -caroteno e luteína com o aumento da vida de prateleira. O mesmo comportamento também pode ser observado para as demais variáveis.

Deste modo, pode-se afirmar que a impregnação a vácuo promoveu diminuição das características de cor nas saladas de frutas minimamente processadas, visto que o elevado nível de vácuo aumenta a porosidade do tecido vegetal, como resultado de uma maior expansão e liberação do gás do interior dos poros dos vegetais, permitindo que haja melhor remoção do ar e do líquido nativo presente no tecido vegetal. Após a restauração da pressão atmosférica, um maior volume de líquido penetrará nos poros do vegetal causada pelos fenômenos proporcionados pela impregnação a vácuo (DEROSSI; DE PILLI; SEVERINI, 2010).

As Tabelas 18 a 21 apresentam os resultados de diferença de cor (ΔE) para banana, mamão, manga e pêssigo minimamente processados adicionados de diferentes proporções dos corantes naturais β -caroteno e luteína e tratamentos controle e *in natura*, respectivamente.

O ΔE mede a diferença de cor entre a fruta fresca e a processada, sendo que quanto maior o valor de ΔE^* , maior a diferença total de cor do produto processado em relação ao produto original (MARTINS, 2012).

Como o objetivo deste trabalho é obter características do produto impregnado com corantes naturais o mais próximo possível do tratamento controle, quanto menor o ΔE , melhor o resultado.

Tabela 18. Diferença de cor (ΔE) de banana, mamão, manga e pêsego minimamente processados adicionados de β -caroteno e luteína por impregnação a vácuo e dos tratamentos controle e in natura nos tempos 0 e 8 dias de armazenamento a 5 °C.

Diferenças de cor (ΔE)									
	Banana		Mamão		Manga		Pêssego		
	0	8	0	8	0	8	0	8	
Controle	-	12,87 \pm 0,53	-	12,14 \pm 0,83	-	10,67 \pm 0,80	-	12,62 \pm 0,24	
In natura	3,33 \pm 0,37	1,64 \pm 0,21	7,52 \pm 0,32	2,40 \pm 1,80	8,41 \pm 0,80	1,77 \pm 0,29	7,83 \pm 0,98	2,12 \pm 0,27	
50 β : 50 L	12,63 \pm 0,01	8,52 \pm 0,67	11,59 \pm 1,10	6,09 \pm 0,68	14,36 \pm 0,23	12,30 \pm 0,69	10,13 \pm 0,71	3,93 \pm 0,49	
100 β : 0 L	11,65 \pm 2,30	9,85 \pm 1,00	15,93 \pm 1,26	10,11 \pm 1,57	18,06 \pm 0,59	16,79 \pm 1,11	11,74 \pm 0,18	8,72 \pm 0,57	
0 β : 100 L	9,03 \pm 0,71	2,95 \pm 0,32	8,16 \pm 1,28	5,33 \pm 1,20	9,17 \pm 1,49	6,82 \pm 3,05	9,40 \pm 0,91	2,38 \pm 0,54	
75 β : 25 L	11,28 \pm 0,68	8,18 \pm 0,59	9,40 \pm 0,37	7,65 \pm 0,64	19,81 \pm 2,68	22,39 \pm 5,64	16,33 \pm 0,13	3,18 \pm 0,24	
25 β : 75 L	9,44 \pm 2,59	6,02 \pm 3,36	14,34 \pm 0,47	7,21 \pm 1,00	11,40 \pm 2,05	20,51 \pm 0,82	14,44 \pm 0,32	11,30 \pm 0,41	

β : β -caroteno; L: luteína.

Diante dos resultados expressos na Tabela 18 é possível perceber que tanto no tempo 0 quanto no tempo 8 dias de armazenamento os tratamentos que apresentaram menor diferença de cor com relação ao tratamento controle foram o *in natura* e o tratamento adicionado com 0% de β -caroteno e 100% de luteína para todas as frutas.

Adekunt et al. (2010) classificaram as diferenças de cor como muito distinta ($\Delta E > 3,0$), distinta ($1,5 < \Delta E < 3,0$) e pouco distinta ($\Delta E < 1,5$). De acordo com estes autores, as saladas de frutas minimamente processadas avaliadas logo após o processamento foram classificadas como muito distintas, mostrando que houve uma grande diferença de cor entre o tratamento controle e os demais tratamentos. Porém, após 8 dias de armazenamento, os tratamentos *in natura* e 0 β : 100 L para banana e pêssigo foram classificadas como distinta em relação ao índice de escurecimento (ΔE).

5.2.3. Determinação de vitamina C

Para o conteúdo de vitamina C observou-se que não houve diferença significativa ($p > 0,05$) entre os tratamentos controle, *in natura* e as diferentes proporções de corantes naturais adicionados por impregnação a vácuo. Porém houve um decréscimo no teor de vitamina C ($p < 0,05$) ao longo da vida de prateleira do produto, o que era esperado já que as frutas foram armazenadas em embalagens com atmosfera não controlada, na presença de oxigênio.

Desta forma, não foi possível ajustar um modelo de regressão, já que para isso é necessário que a falta de ajuste e os coeficientes da equação sejam não significativos ($p > 0,05$). Neste caso, foi feita a média de todos os tratamentos, em cada tempo de armazenamento, a fim de demonstrar a cinética de vitamina C nas saladas de frutas (Figura 9).

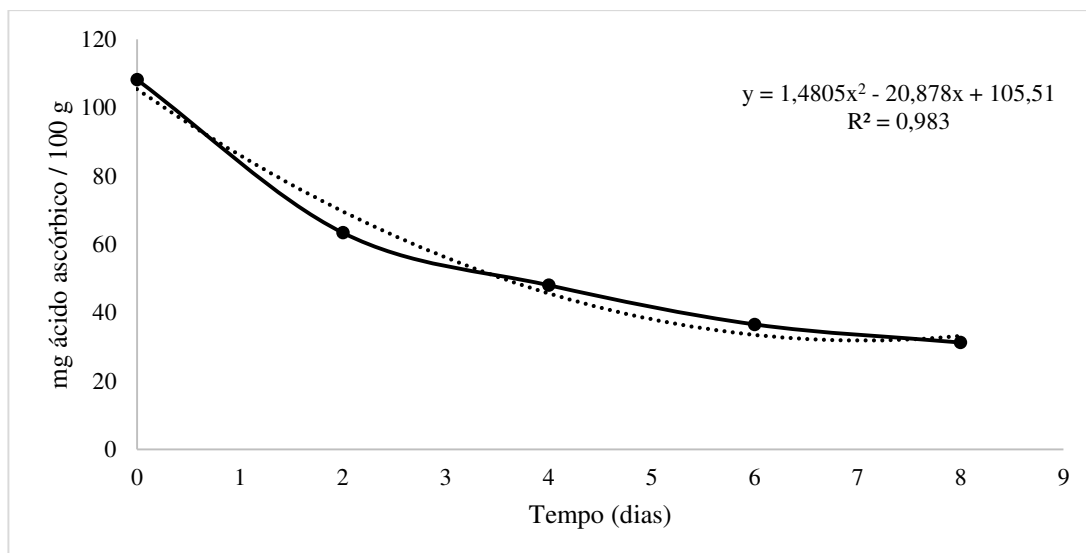


Figura 9. Variação do teor de vitamina C de salada de frutas minimamente processada contendo β -caroteno e luteína e dos tratamentos controle e *in natura* armazenada a 8 dias a 5 °C.

O elevado teor de vitamina C se deve ao fato de que as saladas de frutas foram tratadas com 1% de ácido ascórbico para minimizar o escurecimento enzimático, o que promoveu o enriquecimento do produto, como verificado também por Martins (2012).

Nascimento (2013), ao avaliar a vida de prateleira de goiaba minimamente processada, percebeu que o teor de ácido ascórbico presente naturalmente na fruta reduziu durante o período de armazenamento das amostras avaliadas, assim como ocorreu no presente trabalho para salada de frutas minimamente processadas adicionadas de β -caroteno e luteína por impregnação a vácuo.

A diminuição dos valores de vitamina C ao longo do tempo de armazenamento podem ser atribuídos ao tempo de exposição das amostras ao oxigênio, que acarretou na oxidação do ácido ascórbico, que é muito sensível a presença de luz e oxigênio (PINHEIRO et al., 2011). A perda da vitamina C pode ocorrer também junto ao exsudado da salada de frutas minimamente processada, uma vez que este micronutriente é hidrossolúvel (OLIVEIRA, 2014). Além disso, os danos mecânicos causados pelo processamento mínimo nos tecidos vegetais promovem a desorganização celular ocasionando a oxidação do ácido ascórbico, devido a atuação da enzima ácido ascórbico oxidase ou pela ação de enzimas oxidantes como a peroxidase, contribuindo para a redução no teor de vitamina C após o processamento e ao longo do período de estocagem do produto (BEAULIEU, 2011).

Segundo a RDC n° 269 de 22 de setembro de 2005 da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) a ingestão diária recomendada de vitamina C varia de 25 a 70 mg/dia, dependendo da idade do consumidor. Para adultos, a recomendação é de 45 mg/dia de vitamina C (BRASIL, 2005), o que significa que para adquirir a quantidade diária recomendada pode-se consumir 50 g da salada de frutas minimamente processadas adicionada de β -caroteno e luteína por impregnação a vácuo logo após o processamento e 150 g no 8° dia de armazenamento a 5 °C.

5.2.4. Determinação de firmeza e perda de massa

A firmeza das frutas da salada minimamente processada adicionada de β -caroteno e luteína por impregnação a vácuo foi afetada significativamente ($p < 0,05$) pelo tempo, sendo que o tipo de fruta e os diferentes tratamentos aplicados não influenciaram ($p > 0,05$) na diminuição da firmeza durante os 8 dias de armazenamento.

Desta forma, fez-se necessário ajustar um modelo de regressão linear, pois a falta de ajuste foi não significativa ($p > 0,05$) e o coeficiente de regressão em relação ao tempo foi significativo ($p < 0,05$).

Observa-se que na Figura 10 a diminuição de firmeza durante o período de armazenamento para as frutas utilizadas na salada. Foi possível observar um maior amolecimento da superfície das fatias das frutas minimamente processadas, devido a liberação de água e exsudado, como observado também por Martins (2012) para mamão, manga e banana. Estas frutas, segundo a autora, por serem climatéricas apresentam curta vida de prateleira, sendo o mamão uma fruta de elevada perecibilidade.

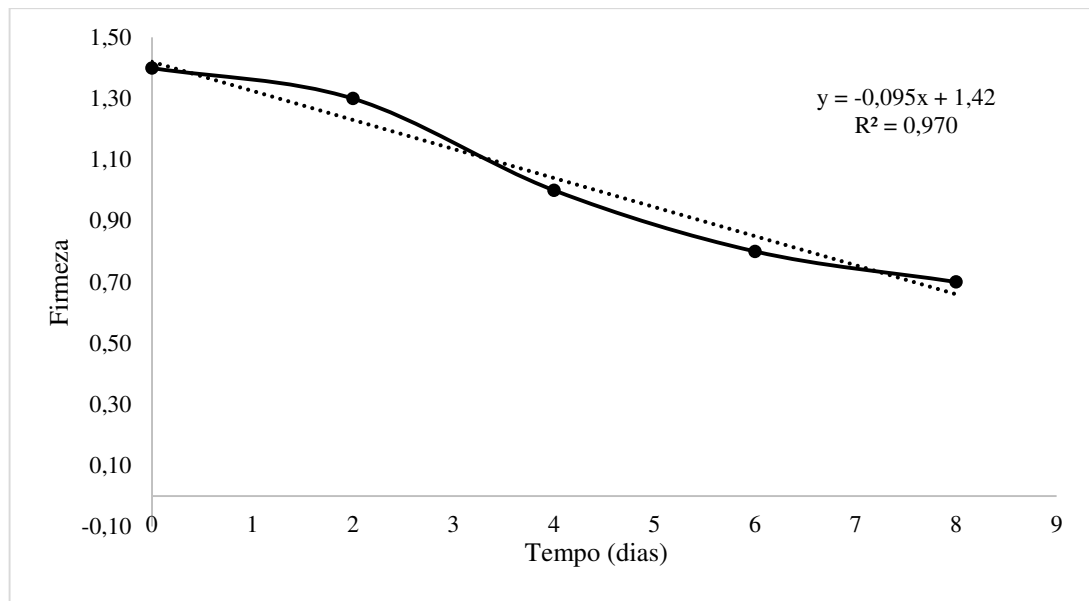


Figura 10. Variação da firmeza das frutas utilizadas na salada minimamente processada adicionada de β -caroteno e luteína por impregnação a vácuo para o período de armazenamento de 8 dias a 5 °C.

Essa diminuição da firmeza ao longo da vida de prateleira pode ter ocorrido pela aplicação de vácuo que pode provocar danos na estrutura das células dos vegetais devido a expansão do gás contido no interior do tecido vegetal. A técnica de impregnação pode causar efeitos irreversíveis na textura devido à força mecânica, levando a perda de rigidez da estrutura provocada pelo desligamento ou ruptura nas junções da parede celular, denominado “debonding” (MERLIN, 2007).

Segundo Vilas Boas (2002) as alterações na pressão de turgor das células, nos teores de carboidratos de reserva e modificações dos constituintes da parede celular levam a alterações na textura possivelmente detectada pelo tato e até mesmo pela audição, no momento da mordida. Em alguns casos, como as maçãs, a crocância é desejada, enquanto que em outras frutas como pêssegos e morangos, é preferível uma textura mais macia (AZEREDO, 2012).

Fabbri (2014) analisou a textura de várias frutas, dentre elas banana, mamão e manga. No presente trabalho com salada de frutas observou-se valores de textura maior do que o encontrado por Fabbri para todas as frutas no tempo 0 de armazenamento e valores similares com os encontrados para banana e mamão no tempo de armazenamento de 8 dias.

Martins (2012), ao avaliar a textura de mamão e manga contendo *L. rhamnosus*, verificou que apenas o tempo influenciou na redução desta característica, que não foi

afetada pelos tratamentos e nem pela interação tempo e tratamento. O mesmo resultado foi encontrado por este autor para banana e mamão contendo *L. plantarum*. Este resultado condiz com o encontrado neste trabalho, no qual apenas o tempo influenciou na diminuição da firmeza das frutas.

Neste trabalho com salada de frutas, pode-se observar que os diferentes tratamentos não apresentaram diferença significativa entre si ($p > 0,05$) para perda de massa, diferindo ($p < 0,05$) apenas ao longo do tempo de armazenamento de 8 dias à 5 °C. Por isso foi necessário ajustar um modelo de regressão em função do tempo com a média de todos os tratamentos (Figura 11).

Em alguns produtos, a desidratação superficial é a principal responsável pela alteração de cor e pela perda de solutos. Esse fenômeno se traduz na perda de massa, que geralmente ocorre pela saída de água na forma de vapor para o meio circundante (ASSIS; BRITTO, 2014).

Quanto maior o tempo de armazenamento, maior a porcentagem de perda de massa (Figura 11), demonstrando que a técnica de impregnação a vácuo pode ter promovido uma ruptura nas junções da parede celular, facilitando a liberação da água (OLIVEIRA, 2014).

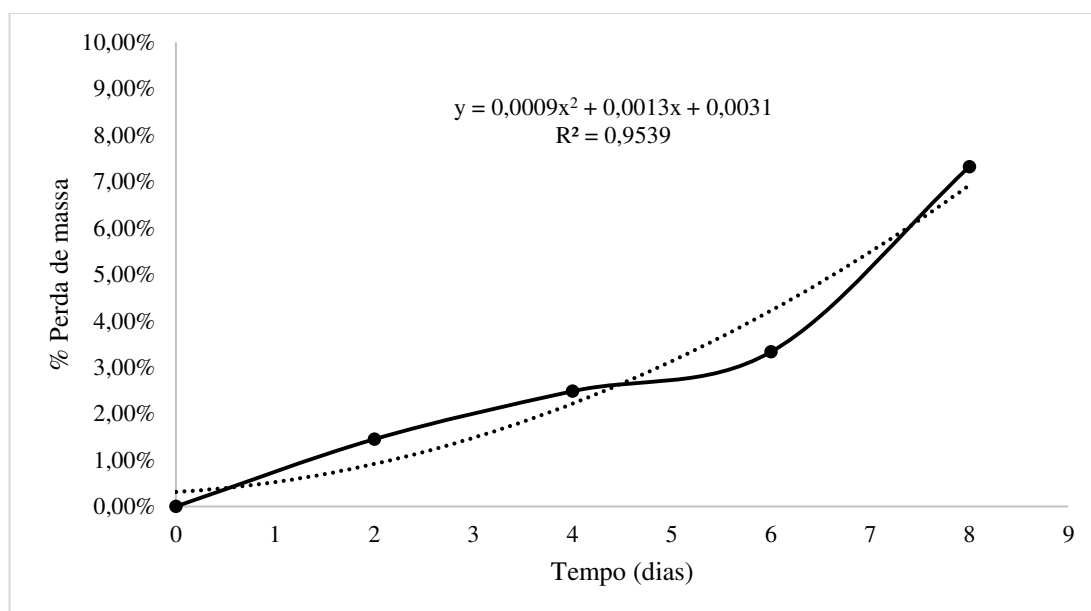


Figura 11. Perda de massa (%) de salada de frutas minimamente processada contendo de β -caroteno e luteína e dos tratamentos controle e *in natura* para o período de armazenamento de 8 dias a 5 °C.

A perda de massa é comum durante o armazenamento de frutas e hortaliças, que ocorre pelo consumo de nutrientes no próprio metabolismo do produto e principalmente pela perda de água ocasionada pelos processos transpiratórios e devido à diferença de pressão de vapor entre o produto e o ambiente (SARMENTO et al., 2015), causando a formação de exsudado.

Durante o processamento, o corte pode liberar o conteúdo das células nos locais do ferimento. Desta forma, a compartimentalização subcelular é interrompida nas superfícies cortadas, ocorrendo o aumento das taxas de respiração e contato de substratos e enzimas fazendo com que iniciem reações que normalmente não ocorrem, causando escurecimento, mudança na textura, etc (BARBAGALLO; CHISARI; CAPUTA, 2012; MISHRA; GAUTAM; SHARMA, 2012).

No presente trabalho a perda de massa foi superior a 2% a partir do 2º dia de armazenamento, chegando a 7% no 8º dia. Chitarra; Chitarra (2005) relataram que perdas de 3 a 6% são suficientes para causar um marcante declínio na qualidade, porém alguns produtos são comercializáveis com até 10% de perda de água.

Martins et al. (2013) também não verificou diferença significativa ($p>0,05$) na perda de massa de pêsego minimamente processado, porém os autores verificaram que esta perda ao longo do período de armazenamento foi constante e inferior a 2%.

Segundo Mariano et al. (2011) goiabas minimamente processadas armazenadas em embalagem PET obtêm menor perda de massa fresca quando comparado com goiabas armazenadas em bandeja com filme plástico. A perda de massa das saladas de frutas foi menor do que seria se estivessem armazenadas em bandejas com filme plástico, justificando o uso de embalagem PET neste estudo.

A perda de massa também pode estar relacionada ao amadurecimento das frutas, sendo ocasionada pela degradação da parede celular, perda de umidade e, em frutas como banana e manga, pela degradação do amido.

5.2.5. Avaliação da incorporação da solução corante após a impregnação e porosidade das frutas presentes nas saladas

Ao avaliar a incorporação da solução corante na salada de frutas minimamente processada adicionada de corantes naturais por impregnação a vácuo observou-se que as diferentes concentrações de β -caroteno e luteína adicionadas influenciaram a incorporação de componentes significativamente ($p<0,05$).

A variação da incorporação de componentes em função das concentrações de β -caroteno e luteína em salada de frutas minimamente processada adicionada de corantes naturais por impregnação a vácuo podem ser visualizadas por meio das superfícies de resposta e das curvas de nível nas Figuras 12 e 13.

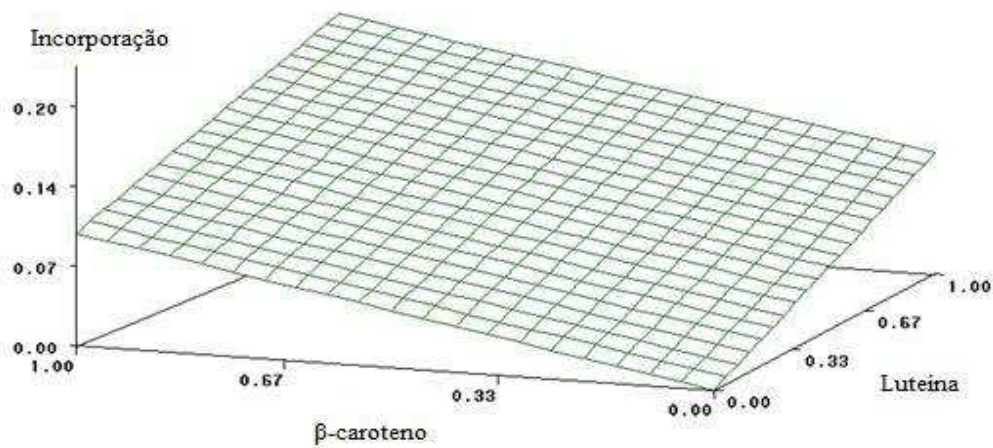


Figura 12. Superfície de resposta da incorporação de componentes em relação a concentração de β -caroteno e luteína para a salada de frutas minimamente processadas adicionada de corantes naturais por impregnação a vácuo.

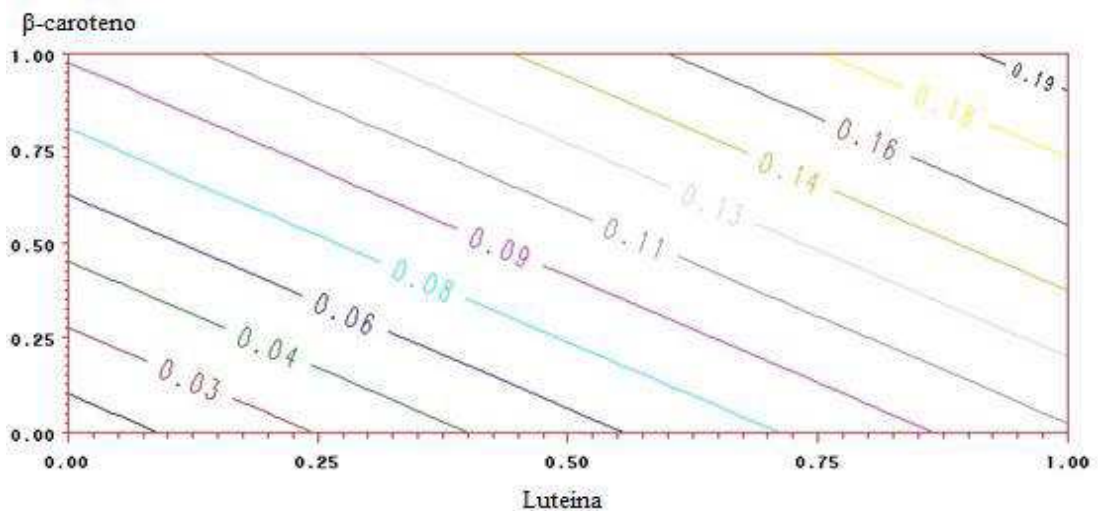


Figura 13. Curvas de nível da incorporação de componentes em relação a concentração de β -caroteno e luteína para a salada de frutas minimamente processadas adicionada de corantes naturais por impregnação a vácuo.

Pode-se perceber em relação a incorporação de componentes que tanto o β -caroteno quanto a luteína apresentam o mesmo comportamento, havendo uma relação diretamente proporcional, ou seja, quanto maior a concentração de corantes adicionados na salada de frutas, maior a incorporação de solução corante e vice-versa. Além disso, pode-se constatar que a técnica de impregnação a vácuo é eficiente na incorporação de componentes para salada de frutas minimamente processada contendo banana, mamão, manga e pêssego.

Segundo Reno; Resende; Prado (2009), é importante que a viscosidade da solução impregnante seja adequada para promover melhor difusão e incorporação dos solutos nos espaços intracelulares, com a retirada do ar pelo equipamento de vácuo.

Marcussi (2005) comparou o valor da porosidade realizada através de densidade real e aparente com o valor obtido pelo modelo hidrodinâmico sugerido por Fito e Pastor (1994), verificando que ambos os valores são similares. No presente trabalho também foi utilizada a porosidade medida pelas densidades das frutas.

Pode-se perceber que a fruta que apresentou o maior valor de porosidade foi o pêssego (11,0), a qual apresentou diferença significativa ($p < 0,05$) quando comparada com as demais frutas. Já a porosidade da banana, do mamão e da manga não diferiram significativamente entre si ($p > 0,05$) ao nível de 5% de probabilidade.

Tabela 19. Valores médios de porosidade das frutas utilizadas para a elaboração das saladas de frutas minimamente processadas controle, *in natura* e adicionadas de β -caroteno e luteína por impregnação a vácuo.

Frutas	Porosidade (%)
Banana	7,0 \pm 1,0 ^B
Mamão	5,0 \pm 0,9 ^B
Manga	5,0 \pm 1,7 ^B
Pêssego	11,0 \pm 1,3 ^A

Médias seguidas de letras iguais na coluna não diferem entre si ao nível de 5 % de probabilidade pelo teste de Tukey.

A porosidade da matriz sólida é uma das características fundamentais para a realização da operação de impregnação a vácuo, sendo que alimentos com poros interligados apresentam uma maior incorporação de componentes durante a aplicação de vácuo. No entanto, a maior incorporação de componentes contribui para que haja

maior perda de massa e, conseqüentemente, danos a textura das frutas, decorrente da ruptura dos tecidos da parede celular ocasionada pela impregnação a vácuo.

Desta forma, pode-se dizer que provavelmente os poros do pêssego possuem uma maior interligação entre si quando comparado com outras frutas, como banana, mamão e manga. Além disso, os poros das demais frutas podem apresentar mais resistência a passagem do soluto através da membrana do vegetal devido as características específicas de suas células.

Boeira; Stringari; Laurindo (2007) realizaram um estudo da desidratação de pêssego por tratamento osmótico e secagem e constataram que a porosidade do pêssego foi de 0,052 (aproximadamente 5%). Esse resultado foi diferente do encontrado no presente experimento em que o pêssego utilizado apresentou o dobro da porosidade, aproximadamente 10%. Essa diferença de porosidade provavelmente se deve às diferentes variedades de fruta utilizadas.

Quando comparada com Monteiro (2014), a banana utilizada neste trabalho apresentou baixa porosidade (aproximadamente 5%), já que este autor constatou que a porosidade da banana *in natura* foi de $11,6 \pm 1,19\%$.

5.2.6. Extração e determinação de β -caroteno e luteína por CLAE

Verificou-se que a concentração de β -caroteno impregnado a vácuo não influenciou significativamente ($p>0,05$) o teor de carotenoides em relação aos tratamentos controle, *in natura* e adicionados com diferentes proporções de corantes naturais, não diferindo ($p>0,05$) também ao longo do tempo de estocagem, apresentando valor médio de 11,97 mg/100g de salada de frutas (Tabela 20).

Tabela 20. Valores médios de β -caroteno em mg por 100 g de amostra para salada de frutas minimamente processadas adicionadas de diferentes proporções de β -caroteno e luteína por impregnação a vácuo.

Tempo (dias)	β -caroteno (mg/100 g)						
	Controle	<i>In natura</i>	50 β : 50 L	100 β : 0 L	0 β : 100 L	75 β : 25 L	25 β : 75 L
0	0,51 \pm 0,02 ^{Aa}	0,43 \pm 0,02 ^{Aa}	22,38 \pm 0,30 ^{Aa}	57,95 \pm 0,51 ^{Aa}	0,37 \pm 0,15 ^{Aa}	34,52 \pm 0,15 ^{Aa}	14,43 \pm 0,56 ^{Aa}
2	0,37 \pm 0,01 ^{Aa}	0,41 \pm 0,01 ^{Aa}	17,49 \pm 0,50 ^{Aa}	37,60 \pm 0,05 ^{Aa}	0,29 \pm 0,37 ^{Aa}	23,66 \pm 0,96 ^{Aa}	10,56 \pm 0,39 ^{Aa}
4	0,36 \pm 0,03 ^{Aa}	0,31 \pm 0,11 ^{Aa}	11,78 \pm 0,09 ^{Aa}	24,34 \pm 0,81 ^{Aa}	0,30 \pm 0,16 ^{Aa}	17,14 \pm 0,10 ^{Aa}	8,83 \pm 0,16 ^{Aa}
6	0,24 \pm 0,02 ^{Aa}	0,32 \pm 0,02 ^{Aa}	7,12 \pm 0,18 ^{Aa}	19,72 \pm 0,73 ^{Aa}	0,22 \pm 0,48 ^{Aa}	14,24 \pm 0,17 ^{Aa}	6,48 \pm 0,60 ^{Aa}
8	0,18 \pm 0,01 ^{Aa}	0,19 \pm 0,03 ^{Aa}	6,06 \pm 0,02 ^{Aa}	12,38 \pm 0,34 ^{Aa}	0,32 \pm 0,74 ^{Aa}	10,38 \pm 0,85 ^{Aa}	3,02 \pm 0,48 ^{Aa}

Médias seguidas de letras minúsculas iguais na coluna e letras maiúsculas na linha não diferem entre si ao nível de 5 % de probabilidade pelo teste de Tukey.
 β : β -caroteno; L: luteína.

Já a concentração de luteína influenciou significativamente ($p < 0,05$) o teor de carotenoides ao longo do tempo de estocagem, não diferindo ($p > 0,05$) quanto aos tratamentos. Pode-se observar ainda que o teor de carotenoides aumenta de forma linear com o aumento da concentração de luteína das misturas, independente da concentração de β -caroteno (Tabela 21).

Tabela 21. Valores médios de luteína em mg por 100 g de amostra para salada de frutas minimamente processadas adicionadas de diferentes proporções de β -caroteno e luteína por impregnação a vácuo.

Tempo (dias)	Luteína (mg/100 g)						
	Controle	<i>In natura</i>	50 β : 50 L	100 β : 0 L	0 β : 100 L	75 β : 25 L	25 β : 75 L
0	1,31 \pm 0,02 ^{Aa}	1,12 \pm 0,07 ^{Aa}	23,58 \pm 0,30 ^{Aa}	2,97 \pm 0,17 ^{Aa}	57,56 \pm 0,93 ^{Aa}	15,80 \pm 0,13 ^{Aa}	39,87 \pm 0,17 ^{Aa}
2	0,97 \pm 0,01 ^{Ba}	1,03 \pm 0,03 ^{Aa}	10,31 \pm 0,05 ^{ABa}	0,99 \pm 0,07 ^{Ba}	28,44 \pm 0,19 ^{Ba}	5,51 \pm 0,17 ^{Ba}	19,96 \pm 0,82 ^{Ba}
4	0,82 \pm 0,09 ^{Ba}	0,86 \pm 0,04 ^{Ba}	9,21 \pm 0,38 ^{ABa}	0,64 \pm 0,05 ^{BCa}	29,09 \pm 0,48 ^{Ba}	5,30 \pm 0,84 ^{Ba}	17,58 \pm 0,71 ^{Ba}
6	0,79 \pm 0,01 ^{Ba}	0,81 \pm 0,01 ^{Ba}	7,91 \pm 0,39 ^{Ba}	0,41 \pm 0,06 ^{Ca}	16,89 \pm 0,39 ^{Ca}	4,43 \pm 0,73 ^{Ba}	11,19 \pm 0,28 ^{Ba}
8	0,72 \pm 0,08 ^{Ba}	0,81 \pm 0,02 ^{Ba}	6,47 \pm 0,59 ^{Ba}	0,30 \pm 0,02 ^{Ca}	12,49 \pm 0,18 ^{Ca}	3,37 \pm 0,92 ^{Ba}	9,56 \pm 0,81 ^{Ba}

Médias seguidas de letras minúsculas iguais na coluna e letras maiúsculas na linha não diferem entre si ao nível de 5 % de probabilidade pelo teste de Tukey.
 β : β -caroteno; L: luteína.

Nas Figuras 14, 15, 16, 17, 18, 19 e 20 em anexo estão apresentados os cromatogramas das amostras de salada de frutas *in natura*, controle, impregnada com 50% de β -caroteno e 50% de luteína, impregnada com 100% de β -caroteno e 0% de luteína, impregnada com 0% de β -caroteno e 100% de luteína, impregnada com 75% de β -caroteno e 25% de luteína e impregnada com 25% de β -caroteno e 75% de luteína, respectivamente.

Pinheiro et al. (2011) avaliou amostras de salada de frutas tropicais e encontrou valores de carotenoides entre 0,53 e 1,50 mg/100g, sendo esses valores considerados elevados quando comparados com frutos ricos em carotenoides como o caju, manga e mamão. Neste trabalho, as saladas de frutas minimamente processadas adicionadas de β -caroteno e luteína por impregnação a vácuo apresentam-se como uma excelente fonte deste composto para o consumidor.

Assim como neste trabalho, Santacruz-Vázquez et al. (2008) aplicaram impregnação a vácuo de β -caroteno em maçã, a fim de desenvolver um produto funcional. Estes autores impregnaram 10 mg do carotenoide, obtendo no produto após 120 minutos de impregnação entre 2,0 e 2,8 mg de β -caroteno por grama de fruta. Essa redução na quantidade de β -caroteno impregnada no produto se deve a um colapso celular que pode ter ocorrido devido a desidratação da maçã, havendo a formação de poros na superfície da fruta, afetando a incorporação de β -caroteno.

O teor de β -caroteno presente nas saladas de frutas minimamente processadas adicionadas de β -caroteno e luteína por impregnação a vácuo poderia ser maior, visto que a quantidade deste carotenoide pode estar relacionada às diferenças nas condições edafoclimáticas do local de cultivo, forma de cultivo, bem como às condições de transporte, armazenamento e comercialização das frutas (AMORIM; CARDOSO; PINHEIRO-SANT'ANA, 2012).

A análise estatística de um delineamento de mistura deve ser pontual, ou seja, em um tempo definido, sendo necessário verificar a variação do teor de luteína em relação às concentrações de luteína e β -caroteno em cada tempo de análise. Desta forma, foram obtidos os modelos de regressão apresentados na Tabela 22 para cada tempo de análise.

Tabela 22. Modelo de equação de regressão de mistura da variação do tempo de armazenamento das saladas de frutas minimamente processadas adicionadas de β -caroteno e luteína por impregnação a vácuo em função da concentração de luteína (L), seu coeficiente de determinação (R^2) e nível de probabilidade (p).

Tempo	Modelo de Regressão	R^2	p (F)
0	$C = 0,3654 * L$	0,7909	0,0007
2	$C = 0,2674 * L$	0,8672	0,0002
4	$C = 0,2102 * L$	0,8747	0,0001
6	$C = 0,1242 * L$	0,9128	< 0,0001
8	$C = 0,0956 * L$	0,8688	0,0002

C = concentração; L = luteína.

Ao observar os modelos de regressão na Tabela 23, pode-se constatar que o teor de carotenoides diminuiu ao longo do tempo de armazenamento, provavelmente

devido a exposição das saladas de frutas à luz, como ocorre nas gôndolas de supermercados, além da disponibilidade de oxigênio e acidez, sendo esses fatores que influenciam na estabilidade dos carotenoides.

O elevado número de duplas ligações é a principal causa da sua instabilidade, além de sua predisposição para a ocorrência de oxidação e isomerização geométrica, sendo os mecanismos responsáveis pela perda de cor e do teor de vitamina A presente nos alimentos. O calor, a radiação e os ácidos promovem a isomerização dos carotenoides que se encontram na forma all-trans para a configuração cis. Já a oxidação é estimulada pela ação da luz, calor, metais, enzimas e do oxigênio. Essas condições que promovem a isomerização e oxidação dos carotenoides são facilmente encontradas na preparação dos alimentos na própria casa dos consumidores, processamento industrial e armazenamento dos alimentos (RODRIGUEZ-AMAYA, 1997).

No estudo realizado por Mantovani et al. (2011), foi adicionado carotenoides em produto lácteo fermentado e avaliado a vida de prateleira do produto. Os autores observaram que as condições de estocagem as quais o produto foi submetido, não favoreceu a estabilidade dos compostos analisados durante o estudo da vida de prateleira proposto, havendo perdas de carotenoides.

Aryana et al. (2006) também verificaram um pequeno decréscimo nestes teores ao final do estudo, devido ao período de armazenamento em que os produtos foram submetidos, resultado este também encontrado para as saladas de frutas minimamente processadas adicionadas de β -caroteno e luteína por impregnação a vácuo durante 8 dias de armazenamento a 5 °C.

A ausência de quaisquer efeitos adversos evidentes a partir de dados publicados de ensaios clínicos em humanos e animais apresenta a luteína como um ingrediente com elevado grau de confiança para utilização nos alimentos, mas recomenda-se que não seja extrapolado o valor determinado como seguro (SHAO; HATHCOCK, 2006).

Sendo assim, é necessária a ingestão de apenas 25 g da salada de frutas minimamente processada adicionada de β -caroteno e luteína por impregnação a vácuo diariamente para suprir à quantidade diária recomendada de 6 mg destes carotenoides, visto que as frutas presentes na salada já possuem esses carotenoides naturalmente em sua composição.

5.3. Determinação das características microbiológicas

De acordo com a Resolução nº 12 de 02 de janeiro de 2001 da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), o limite máximo para coliformes termotolerantes é de 5×10^2 NMP.g⁻¹ para “frutas frescas, *in natura*, preparadas, (descascadas ou selecionadas ou fracionadas), sanificadas, refrigeradas ou congeladas, para consumo direto” (BRASIL, 2001).

Observa-se que as saladas de frutas minimamente processadas impregnadas com diferentes proporções dos corantes naturais e os tratamentos controle e *in natura* encontram-se dentro dos padrões legais vigentes para coliformes termotolerantes, estando aptas ao consumo até o tempo de 8 dias de armazenamento a 5 °C (Tabela 23).

Entretanto, algumas amostras apresentaram contagens de coliformes totais (não previsto na legislação) igual ou maior que 1.100 NMP.g⁻¹ no 4º dia de armazenamento. A contaminação por coliformes pode indicar que houve contaminação antes, durante ou após o preparo das saladas, necessitando de maior atenção dos manipuladores com relação à higiene, com o intuito de evitar a multiplicação destes micro-organismos, pois quando contaminado o alimento poderá causar risco a saúde do consumidor (SANTOS et al., 2015).

Tabela 23. Número Mais Provável (NMP/g) de coliformes a 30 °C e coliformes a 45 °C em salada de frutas minimamente processadas adicionadas de diferentes proporções de β -caroteno e luteína por impregnação a vácuo.

	Coliformes a 30 °C			Coliformes a 45 °C		
	0 dias	4 dias	8 dias	0 dias	4 dias	8 dias
Controle	2	240	1100	<3,0	<3,0	15
<i>In natura</i>	3,6	1100	>1100	<3,0	<3,0	23
50 β : 50 L	3,6	>1100	>1100	<3,0	<3,0	3,6
100 β : 0 L	75	150	>1100	<3,0	3,6	75
0 β:100 L	93	>1100	>1100	<3,0	3,6	3,6
75 β : 25 L	9,2	15	>1100	<3,0	3,6	15
25 β : 75 L	<3,0	9,2	>1100	<3,0	<3,0	7,4

β : β -caroteno; L: luteína.

Smanioto et al. (2009) avaliaram as características microbiológicas de frutas e hortaliças minimamente processadas e encontraram elevados níveis de coliformes totais para as saladas de frutas, evidenciando que o manuseio e o processamento foram os principais fatores para a maior contaminação desses produtos.

A contagem de micro-organismos psicrotróficos em salada de frutas adicionada de β -caroteno e luteína por impregnação a vácuo em diferentes proporções e dos tratamentos controle e *in natura* apresentou-se baixa logo após o processamento, aumentando ao longo do período de armazenamento (Figura 21), para todos os tratamentos.

No tempo 0 de armazenamento, a contagem dos tratamentos com diferentes proporções dos corantes, exceto o tratamento com 50% de cada corante, foi 1 ciclo log menor do que a contagem do tratamento controle e *in natura*. Porém, ao longo do tempo houve o aumento de 2 ciclos log para os tratamentos controle, *in natura* e adicionado com 50% de β -caroteno e 50% de luteína e para as demais proporções de corantes houve um aumento de 4 a 5 ciclos log.

Após verificar que as amostras adicionadas de corantes estavam mais contaminadas que os tratamentos controle e *in natura*, realizou-se análise microbiológica dos corantes naturais β -caroteno e luteína para fungos filamentosos e leveduras e micro-organismos psicrotróficos e os resultados mostraram que os corantes obtiveram contagem < 25 UFC/g estimado de fungos filamentosos e leveduras e micro-organismos psicrotróficos, concluindo que tanto a luteína, quanto o β -caroteno não estavam contaminados.

De acordo com Gava et al. (2008) a atividade de água é o fator que mais influencia na alteração dos alimentos, por estar relacionada com o crescimento e a atividade metabólica dos microrganismos e com as reações hidrolíticas. Diante disso, pode-se dizer que esse aumento na contagem de micro-organismos pode ter ocorrido em decorrência da elevada atividade de água das frutas, da disponibilidade de nutrientes e oxigênio e ausência da adição de antimicrobianos na salada de frutas minimamente processada adicionada de β -caroteno e luteína por impregnação a vácuo.

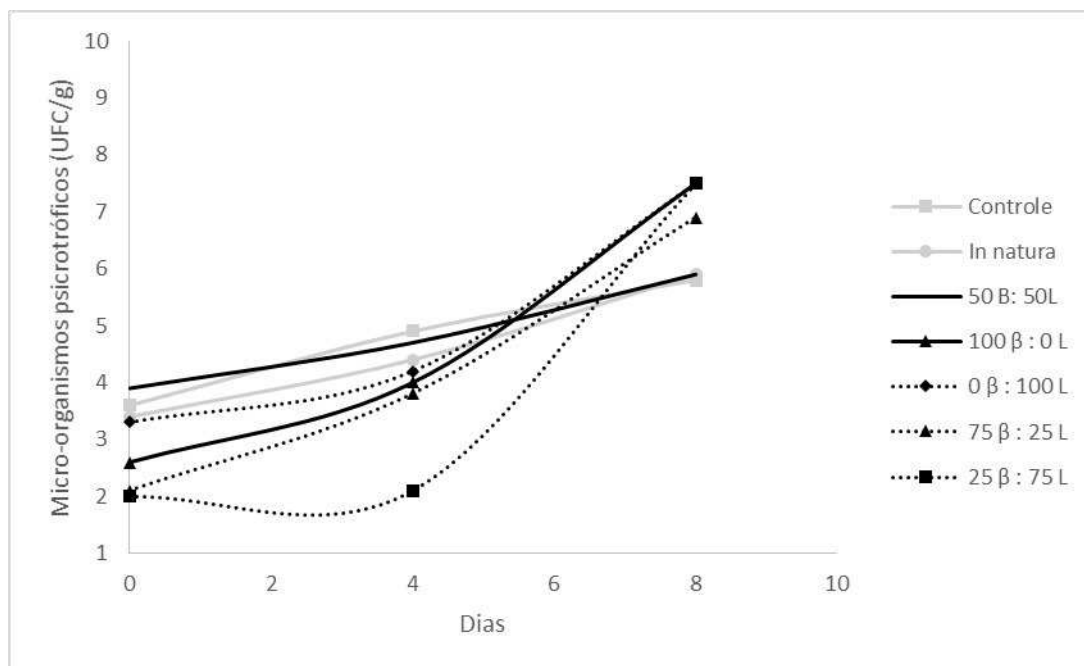


Figura 21. Contagem de micro-organismos psicotróficos em salada de frutas minimamente processada adicionada de β -caroteno e luteína por impregnação a vácuo após 0, 4 e 8 dias de armazenamento a 5 °C.

Lima et al. (2011) observaram em seu experimento que ao longo do período de armazenamento houve um aumento na carga microbiana do tratamento controle e redução da contaminação nos tratamentos com a aplicação de ácido ascórbico, verificando que quanto maior a concentração de ácido ascórbico aplicado, maior a eficiência na redução da contaminação. Esses resultados são diferentes do encontrado no presente estudo, visto que concentração de ácido ascórbico utilizada não apresentou efeito positivo no controle do crescimento de micro-organismos.

A Resolução n° 12 (BRASIL, 2001) não estabelece limites para fungos filamentosos e leveduras em frutas e vegetais frescos ou preparados, porém essa microbiota pode deteriorar frutas e hortaliças, principalmente quando estas passam pelo processamento mínimo, visto que se tornam mais perecíveis do que as matérias-primas devido a presença de tecidos lesados e em razão do maior teor de umidade nas embalagens fechadas (SANTOS et al., 2010).

Assim, apesar de não existir uma especificação na legislação para contagem de fungos filamentosos e leveduras, foi adotada a contagem de $< 10^4$ UFC/g para garantir a proteção à saúde do consumidor uma vez que contagens superiores possam ser perigosas em razão da possível formação de micotoxinas (FERREIRA et al., 2010).

A contagem de fungos filamentosos e leveduras das saladas de frutas minimamente processadas adicionadas de corantes naturais e os tratamentos controle e *in natura* apresentaram-se dentro do limite apenas no tempo 0 de armazenamento, visto que com 4 dias de armazenamento a contagem já era de 5 log UFC/g, chegando ao oitavo dia entre 7 e 8 log UFC/g (Figura 22).

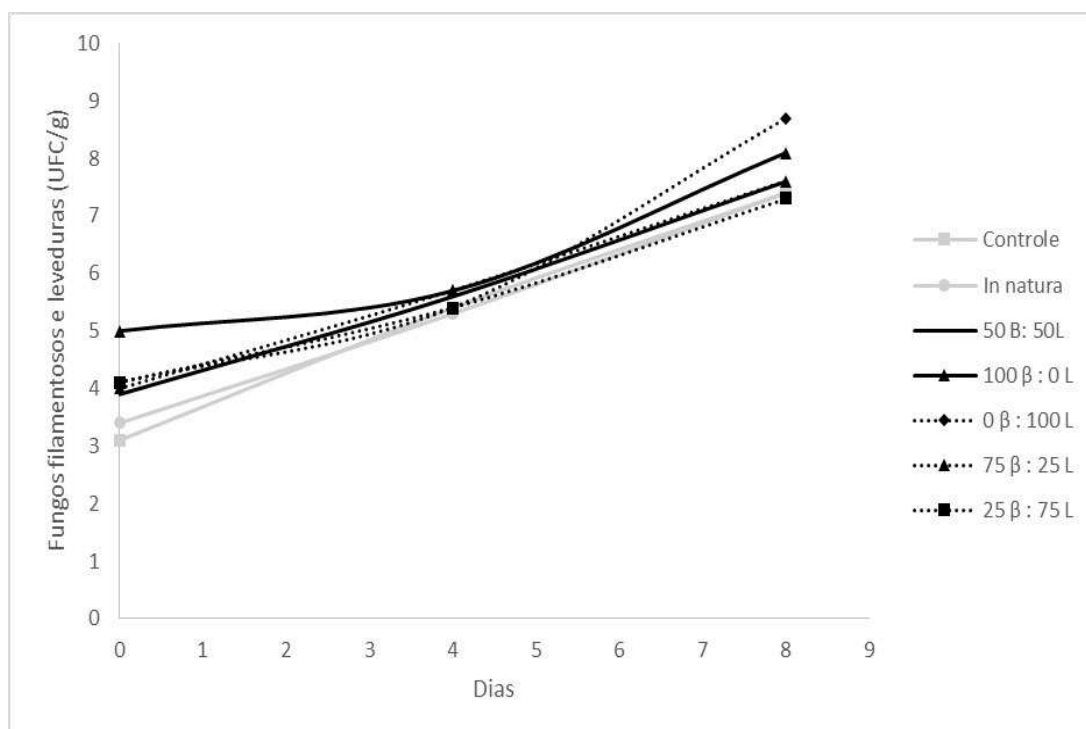


Figura 22. Contagem de fungos filamentosos e leveduras em salada de frutas minimamente processada adicionada de β -caroteno e luteína por impregnação a vácuo após 0, 4 e 8 dias de armazenamento.

As principais causas da elevada contaminação das saladas de frutas minimamente processadas podem estar relacionadas principalmente com a não realização da sanitização das frutas minimamente processadas. A grande dificuldade em realizar esta etapa envolve a textura das frutas, que ficariam ainda mais prejudicadas quando submetidas a essa sanitização. Outro fator observado durante o experimento que pode ter contribuído para a contaminação das saladas de frutas é que o tratamento de sanitização aplicado nas frutas ainda com casca não foi eficiente.

Tournas; Heeres; Burgess (2006) verificaram que os micro-organismos mais abundantes nas saladas de frutas foram as leveduras, indicando que as boas práticas de

fabricação não foram adotadas ou foi ineficiente, podendo ter crescido também ao longo do período de comercialização. Os autores ainda afirmam que o alto crescimento de leveduras em frutas frescas contribui para a redução da qualidade sensorial devido a odores indesejáveis e descoloração do produto.

A maioria das frutas e hortaliças em seu estado natural é susceptível à esporulação de micro-organismos a uma taxa que depende de vários fatores intrínsecos ou extrínsecos. Tais produtos se enquadram no grupo de alimentos ácidos (pH 4,0 – 4,5) ou alimentos muito ácidos (pH < 4,0), restringindo o crescimento de patogênicos (BASTOS, 2007). Geralmente, fungos filamentosos e leveduras são mais tolerantes em ambientes de baixo pH quando comparados às bactérias, sendo os primeiros micro-organismos associados à deterioração de produtos de elevada acidez (AZEREDO, 2012).

Um dos maiores problemas dos produtos minimamente processados é sua rápida deterioração. Os danos mecânicos provocados pelo descascamento, corte e fatiamento propiciam elevação da atividade respiratória e da produção de etileno, especialmente nas primeiras horas após o processamento. A presença de células injuriadas e a perda de componentes celulares durante as operações de processamento favorecem o desenvolvimento de micro-organismos (ARTÉS; GOMÉZ; ARTÉS-HERNÁNDEZ, 2007).

As intoxicações alimentares ocorrem quando as toxinas das bactérias ou fungos estão presentes no alimento ingerido, podendo estar presentes naturalmente no alimento, como no caso de alguns fungos (OPAS, 2001). Desta forma, caso o consumidor ingerisse a salada de frutas a partir do 4º dia de armazenamento, este estaria sujeito a intoxicação alimentar, visto que alimentos com contagens microbiológicas muito elevadas estão favoráveis a formação de micotoxinas.

5.4. Avaliação sensorial

Foi realizada análise sensorial para os atributos cor, sabor, textura e impressão global, para a salada de frutas minimamente processada controle e o tratamento que apresentou as melhores características físico-químicas e microbiológicas logo após o processamento e após 4 dias de estocagem sob a temperatura de 5 °C com o intuito de verificar diferença com relação a aceitação dos consumidores para os produtos no início e após o armazenamento.

Na Figura 23 apresentam-se as saladas de frutas minimamente processadas controle, adicionada de 0% de β -caroteno e 100% de luteína e adicionada de 100 % de β -caroteno e 0% de luteína por impregnação a vácuo com 0, 4 e 8 dias de armazenamento a temperatura de 5 °C.



Figura 23. Salada de frutas minimamente processada adicionada de 0 % de β -caroteno e 100% de luteína e 100 % de β -caroteno e 0% de luteína por impregnação a vácuo e tratamento controle logo após o processamento, após 4 dias de armazenamento e após 8 dias de armazenamento.

De acordo com a Figura 23 observa-se que a salada de frutas adicionada de 100% de β -caroteno e 0% de luteína escureceu quando comparados os diferentes tempos de estocagem. Além disso, pode-se perceber que a adição do corante β -caroteno descaracterizou a coloração das frutas utilizadas para compor a salada de

frutas, deixando-as alaranjadas. Isto mostra que, apesar do elevado teor de carotenoides, o β -caroteno não seria o corante ideal para ser impregnado nas frutas utilizadas no presente trabalho, visto que este comprometeu a qualidade sensorial da salada de frutas. Para a salada de frutas minimamente processada adicionada de 0% de β -caroteno e 100% de luteína pode-se notar que a coloração ficou mais próxima do controle, não alterando muito com 4 dias de armazenamento, sendo notada uma maior alteração no 8º dia de armazenamento. Observou-se ainda que, para todos os tratamentos, as frutas que apresentaram maiores variações da coloração ao longo do tempo foram a banana e o pêssego.

Com isso, foi escolhido como melhor tratamento para realizar a análise sensorial a salada de frutas minimamente processada adicionada de 0% de β -caroteno e 100% de luteína, uma vez que a salada de frutas que continha luteína apresentou-se com características físico-químicas melhores e mais próximas ao controle.

É válido considerar que a amostra 593 corresponde ao tratamento controle logo após o processamento, a amostra 685 é o tratamento controle após 4 dias de armazenamento, a amostra 702 equivale ao tratamento contendo 0% de β -caroteno e 100% de luteína adicionado por impregnação a vácuo logo após o processamento e a amostra 418 é o tratamento contendo 0% de β -caroteno e 100% de luteína adicionado por impregnação a vácuo após 4 dias de armazenamento.

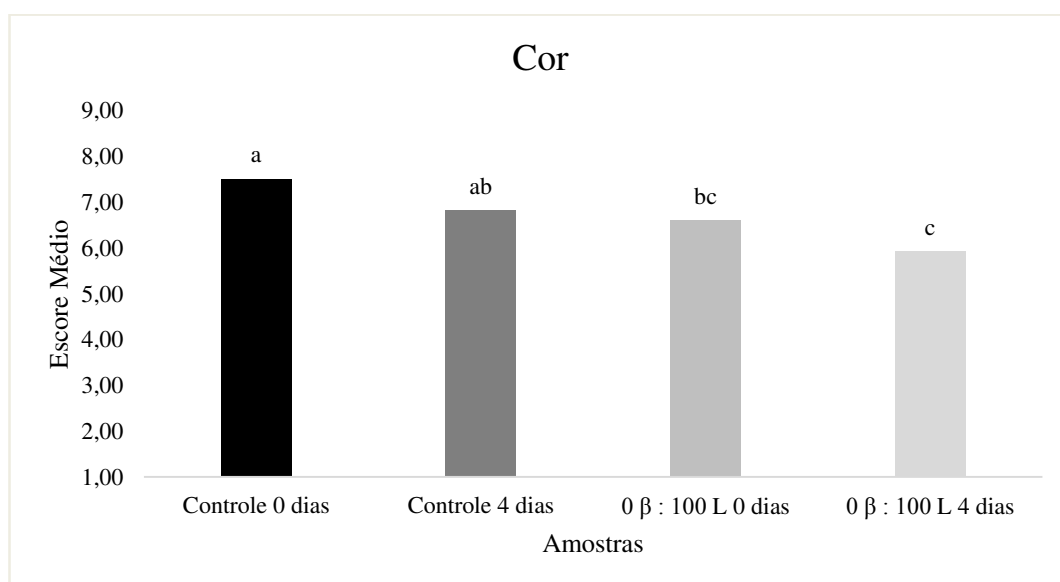


Figura 24. Aceitação sensorial para o atributo cor de salada de frutas minimamente processada controle e adicionada de 0% β -caroteno e 100% luteína por impregnação a vácuo logo após o processamento e após 4 dias de armazenamento.

Foi possível observar que não houve diferença significativa ($p>0,05$) entre o controle 0 dias e o controle 4 dias, sendo esses os tratamentos que apresentaram maiores médias. Já a amostra contendo 0 β : 100 L 0 dias diferiu significativamente ($p<0,05$) da amostra contendo 0 β : 100 L 4 dias, porém não apresentou diferença ($p>0,05$) com relação ao controle 4 dias. A amostra contendo 0 β : 100 L 4 dias diferiu significativamente ($p<0,05$) do tratamento controle logo após o processamento e com 4 dias de armazenamento, porém não apresentou diferença significativa ($p>0,05$) com relação a amostra contendo 0 β : 100 L 0 dias (Figura 24).

Este resultado mostra que a cor não variou para as amostras no início e após 4 dias de armazenamento, tanto para o tratamento controle, quanto para o tratamento adicionado de corante natural por impregnação a vácuo, não afetando a aceitação da cor do produto, o que contraria o resultado obtido para as coordenadas L^* , a^* , b^* , ângulo Hue (H°), índice Chroma (C^*) e diferença total de cor (ΔE), já que o tempo foi significativo para essas variáveis.

O processamento mínimo de produtos resulta em um aumento na atividade respiratória e na produção de etileno devido ao rompimento da membrana celular do tecido (ROBLES-SANCHEZ; GORINSTEIN; MARTINBELLOSO, 2007), contribuindo para a indução da biossíntese de enzimas associadas com várias reações bioquímicas, sendo responsável por alterações na cor, aroma, textura e valor nutricional das frutas.

Martins (2012), assim como no presente trabalho, verificou boa aceitação para a cor de salada de frutas adicionada de cultura probiótica, apresentando escore médio variando entre “gostei moderadamente” e “gostei muito” de acordo com escala hedônica de 9 pontos.

Ainda, com relação a cor, alguns julgadores disseram não gostar da coloração amarelo-alaranjada da banana minimamente processada adicionada de luteína por impregnação a vácuo, visto que o corante natural mudou as características dessa fruta que normalmente apresenta polpa esbranquiçada.

Observou-se que para o sabor houve boa aceitação para as saladas de frutas logo após o processamento, apresentando escore médio entre 6 e 7, variando de “gostei ligeiramente” a “gostei moderadamente” (Figura 25). Para as amostras com 4 dias de armazenamento o escore médio variou entre 5 e 6, ou seja, entre “indiferente” e “gostei ligeiramente”.

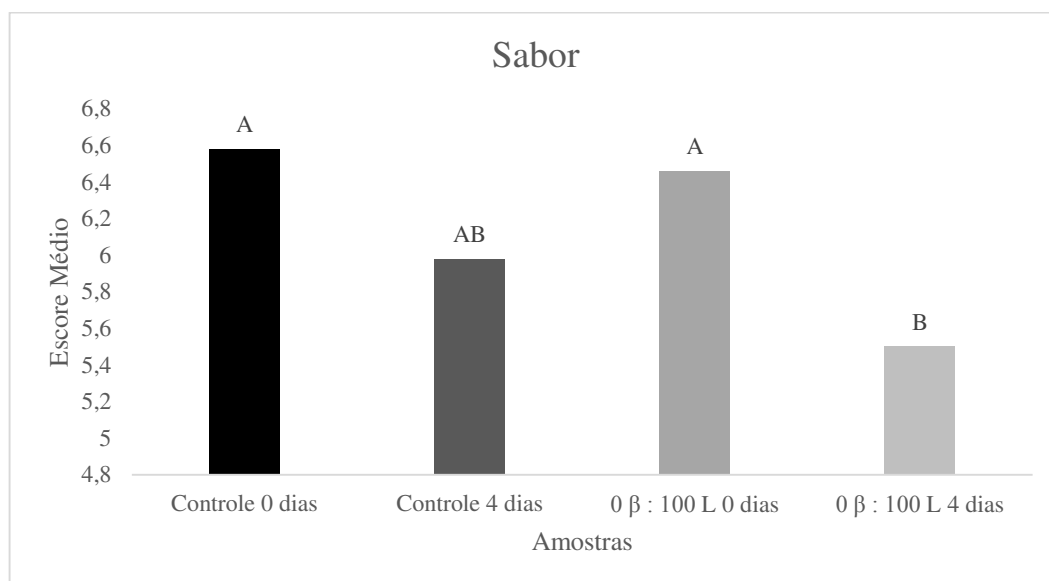


Figura 25. Aceitação sensorial para o atributo sabor de salada de frutas minimamente processada controle e adicionada de 0% β -caroteno e 100% luteína por impregnação a vácuo logo após o processamento e após 4 dias de armazenamento.

Além disso, verificou-se que o tratamento controle 0 dias, 4 dias e a amostra contendo 0 β : 100 L 0 dias não apresentaram diferença significativa ($p > 0,05$) entre si e que apenas a amostra contendo 0 β : 100 L 4 dias diferiu significativamente ($p < 0,05$) quando comparada com o controle 0 dias e 0 β : 100 L 0 dias, não diferindo apenas do controle 4 dias ($p > 0,05$). Com isso, observa-se que o sabor das frutas minimamente processadas nos tempos 0 e 4 dias de armazenamento não diferiu entre si, independente da adição do corante natural, mostrando que a luteína não comprometeu o sabor das saladas de frutas.

Souza et al. (2011) explicaram que devido a remoção de parte da água por osmose, alguns ácidos presentes na fruta podem ser removidos junto com a água, produzindo dessa forma, um fruto com sabor mais suave e mais doce, devido à incorporação de sólidos. Ao contrário do que afirmaram estes autores, alguns julgadores disseram que as saladas de frutas minimamente processadas apresentaram gosto ácido e amargo principalmente para as amostras controle e contendo 0 β : 100 L, que ficaram armazenadas durante 4 dias. Esta sensação de gosto ácido se deve a impregnação de ácido ascórbico a fim de evitar o escurecimento enzimático das frutas minimamente processadas, porém o aumento na acidez também pode ter ocorrido em

decorrência do baixo metabolismo respiratório que pode acumular ácidos nos vacúolos à medida que os teores de sólidos solúveis aumentam.

A textura das frutas presentes na salada de frutas minimamente processadas também foi avaliada sensorialmente e foi observado que o escore médio para o tratamento controle 0 dias e contendo 0 β : 100 L 0 dias variou entre 6 e 7, correspondendo a “gostei ligeiramente” e “gostei moderadamente” na escala hedônica de 9 pontos com atributos. O tratamento controle 4 dias e contendo 0 β : 100 L 4 dias apresentaram escores médios variando de 5 a 6, que vai de “indiferente” a “gostei ligeiramente”, não apresentando boa aceitação com relação a este atributo (Figura 26).

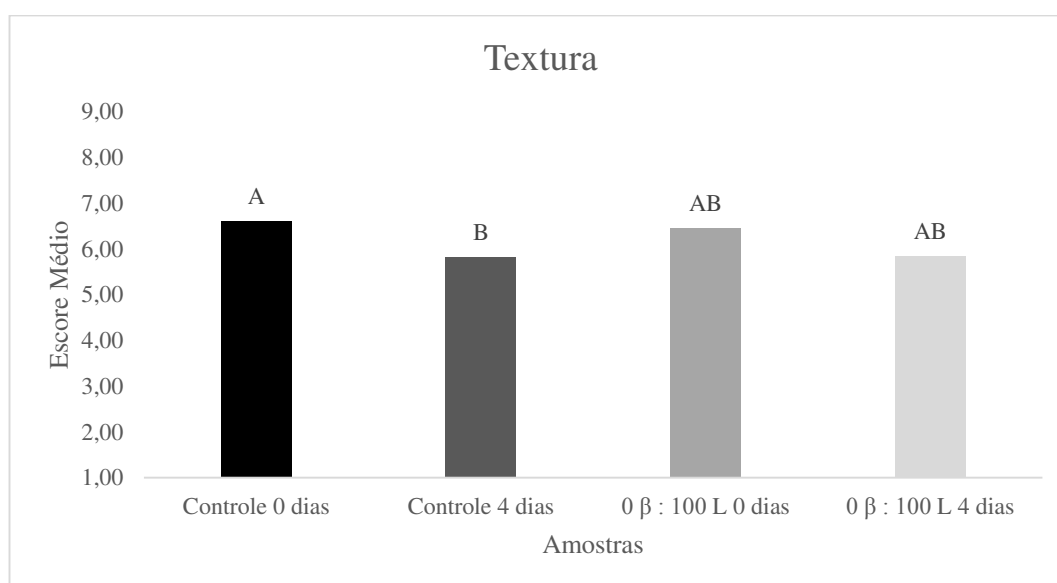


Figura 26. Aceitação sensorial para o atributo textura de salada de frutas minimamente processada controle e adicionada de 0% β -caroteno e 100% luteína por impregnação a vácuo logo após o processamento e após 4 dias de armazenamento.

Contudo, as amostras controle 0 dias, contendo 0 β : 100 L 0 dias e contendo 0 β : 100 L 4 dias não apresentaram diferença significativa ($p > 0,05$) entre si, ou seja, o tempo de armazenamento não afetou significativamente estas amostras. Diferença significativa ($p < 0,05$) foi notada apenas entre os tratamentos controle com 0 e 4 dias de armazenamento a 5 °C.

A textura é um dos mais importantes atributos que afetam a aceitabilidade de frutas e hortaliças processadas. Dependendo dos tratamentos aplicados, os alimentos processados podem tornar-se excessivamente moles. Apesar da textura estar relacionada diretamente com as propriedades mecânicas, esta relação pode modificar-

se pelo efeito de sua interação com outros atributos sensoriais como o sabor e a cor (SANJINÉZ-ARGANDOÑA, 1999).

Sobre a impressão global, pode-se verificar na Figura 27 que o escore das amostras que apresentaram maiores médias (controle 0 dias e 0 β : 100 L 0 dias, respectivamente) manteve-se entre 6 e 7, ou seja, entre “gostei ligeiramente” e “gostei moderadamente” na escala hedônica. O escore das amostras controle 4 dias e contendo 0 β : 100 L 4 dias variou entre 5 e 6, de “indiferente” a “gostei moderadamente”, não apresentando uma boa impressão global para esse produto, já que essas amostras ficaram armazenadas durante 4 dias, apresentando características piores quando comparado com as amostras consumidas logo após o processamento.

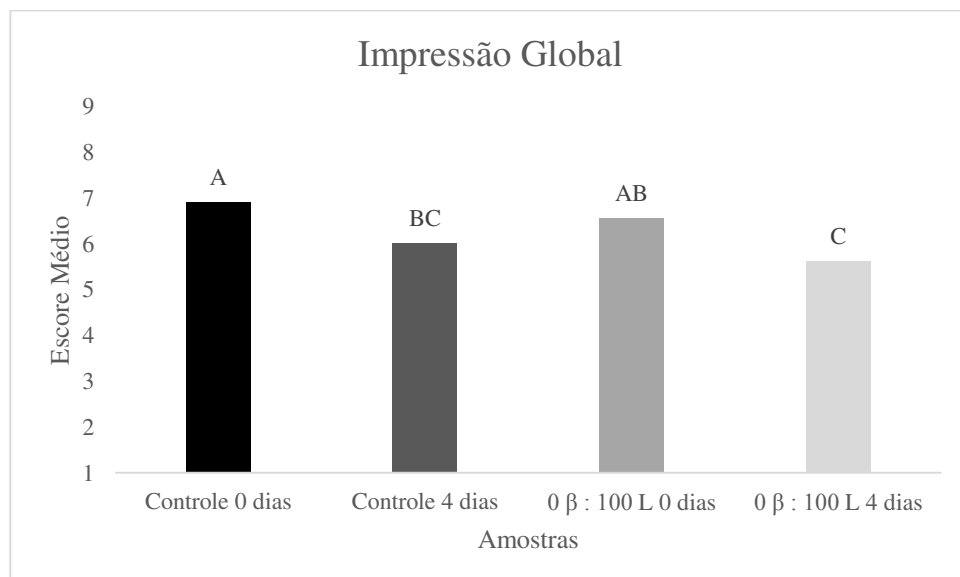


Figura 27. Aceitação sensorial para o atributo impressão global de salada de frutas minimamente processada controle e adicionada de 0% β -caroteno e 100% luteína por impregnação a vácuo logo após o processamento e após 4 dias de armazenamento.

Verificou-se ainda que as amostras controle 0 dias e contendo 0 β : 100 L 0 dias não diferiram ($p>0,05$) entre si, apresentando melhor impressão global. As amostras controle 4 dias e 0 β : 100 L 4 dias também não diferiram significativamente entre si ($p>0,05$), porém ambas diferiram significativamente com relação ao tratamento controle 0 dias. Isto prova que as amostras consumidas logo após o processamento apresentam melhor impressão global do que as amostras armazenadas durante 4 dias, resultado este compatível ao encontrado para as análises físico-

químicas e microbiológicas das saladas de frutas minimamente processadas adicionadas de β -caroteno e luteína por impregnação a vácuo.

Lima et al. (2010) observaram que as embalagens PET não foram apropriadas para acondicionar o produto, sendo que o acúmulo de condensação de água foi observado na superfície interna da tampa da embalagem, começando no segundo dia de armazenamento, comprometendo assim o aspecto geral do produto. Este fato pode ter influenciado no aspecto das saladas de frutas minimamente processadas, devido ao tipo de embalagem a qual foram armazenadas.

Para a impressão global, alguns julgadores disseram que o mamão estava sem aparência de fresco para a amostra controle 4 dias, podendo ser causada pela impregnação a vácuo da solução corante que promoveu a expansão dos poros do tecido vegetal, removendo o ar e o exsudado das frutas, prejudicando a firmeza e, conseqüentemente, a aparência da fruta.

6. CONCLUSÕES

O tempo 7 minutos de aplicação de vácuo esteve sempre dentre os que apresentaram as maiores médias tanto para cor, quanto para firmeza e carotenoides, sendo este o tempo estabelecido neste experimento como o melhor tempo de aplicação de vácuo e restauração da pressão atmosférica a uma pressão de 500 mmHg. Além disso, este tempo foi suficiente para incorporar β -caroteno na salada de frutas minimamente processada.

A impregnação a vácuo é uma técnica que permite a máxima retenção de carotenoides em frutas, mantendo as características nutricionais e de qualidade do produto. No entanto, esta técnica favoreceu a ocorrência de danos com relação a cor e firmeza de todas as frutas utilizadas para elaborar o produto ao longo do período de armazenamento a 5 °C, sendo necessário a implantação de técnicas que favoreçam a manutenção da firmeza, como por exemplo a adição de sais de cálcio, e da cor, como a aplicação de revestimentos comestíveis que vão auxiliar no retardamento da perda de coloração das frutas.

A ingestão diária de 25 g de salada de frutas minimamente processada adicionada de β -caroteno e luteína por impregnação a vácuo logo após o processamento é capaz de suprir à quantidade diária recomendada para carotenoides e metade da quantidade diária recomendada para vitamina C.

As saladas de frutas mantiveram-se viáveis para o consumo até o 8º dia de armazenamento a 5 °C apenas para coliformes fecais. Com relação a micro-organismos psicrotóxicos, fungos e leveduras, observou-se que a partir do 4º dia de estocagem o produto não estava apropriado para o consumo. Sendo assim, conclui-se que a etapa de sanitização das frutas minimamente processadas é importante para minimizar a contaminação do produto.

Sensorialmente, as amostras consumidas logo após o processamento obtiveram escores médios maiores do que as amostras que ficaram armazenadas durante 4 dias a 5 °C, tanto para os tratamentos controle quanto para os tratamentos que foram adicionados de corante natural.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADEKUNT, A. O.; TIWARI, B. K.; CULLEN, P. J.; SCANNELL, A. G. M.; O'DONNELL, C. P. Effect of sonication on colour, ascorbic acid and yeast inactivation in tomato juice. **Food Chemistry**, v. 122, p. 500-507, 2010.

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA (ANVISA). Decreto nº 55871, de 26 de março de 1965. Disponível em: <http://portal.anvisa.gov.br/wps/wcm/connect/414d248047458a7d93f3d73fbc4c6735/DECRETO+N%C2%BA+55.871%2C+DE+26+DE+MAR%C3%87O+DE+1965.pdf?MOD=AJPERES>. Acesso em: 20 de jul. de 2014.

AGOPIAN, R. G. D.; SOARES, C. A.; PURGATTO, E.; CORDENUNSI, B. R.; LAJOLO, F. M. Identification of fructooligosaccharides in different banana cultivars. **Journal Agricultural of Food Chemistry**, p. 3305–3310, 2008.

AISSA, A. F. **Avaliação da atividade antimutagênica do betacaroteno microencapsulado em células de ratos tratados com o antitumoral doxorubicina empregando os ensaios de micronúcleo e cometa**. 2010. 46 f. Dissertação (Mestrado em Toxicologia). Faculdade de Ciências Farmacêuticas de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, 2010.

AL-DUAIS, M. Contents of vitamin C, carotenoids, tocopherols, and tocotrienols in the subtropical plant species *Cyphostemma digitatum* as affected by processing. **Journal Agricultural of Food Chemistry**, v. 57, p. 5420–5427, 2009.

ALI, A.; ONGA, M. K.; FORNEY, C. F. Effect of ozone pre-conditioning on quality and antioxidant capacity of papaya fruit during ambient storage. **Food Chemistry**, v. 142, p. 19–26, 2014.

ALKARKHI, A. F. M.; RAMLI, S. b.; YONG, Y. S.; EASA, A. M. Comparing physicochemical properties of banana pulp and peel flours prepared from green and ripe fruits. **Food Chemistry**, v. 129, p. 312–318, 2011.

ALVES, A. P. de C. **Casca de jaboticaba (*Plinia jaboticaba* (Vell.) Berg): processo de secagem e uso como aditivo em iogurte**. 2011. 91 f. Dissertação (Mestrado em Agroquímica). Departamento de Agronomia, Universidade Federal de Lavras, Lavras - Minas Gerais, 2011.

ALVES, J. A.; VILAS BOAS, E. V. de B.; VILAS BOAS, B. M.; SOUZA, E. C. de. Qualidade de produto minimamente processado à base de abóbora, cenoura, chuchu e mandioquinha-salsa. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 30, n. 3, p. 625-634, jul.-set. 2010.

ALZAMORA, S. M.; TAPIA, M. S.; LUENDA, A.; GUERRERO, S. N.; ROJAS, A. M.; GERSCHENSON, L. N.; PARADA-ARIAS, E. Minimal preservation of fruits: A cited project., In: J.E. Lozano, C. Anon, E. Parada-Arias and G.V. Barbosa-Canovas, (eds.). **Trends in Food Engineering**, Technomic Publishing Co., Lancaster, PA, 2000. p. 205–225.

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

AMODIO, M. L.; CABEZAS-SERRANO, A. B.; PERI, G.; COLELLI, G. Post-cutting quality changes of fresh-cut artichokes treated with different anti-browning agents as evaluated by image analysis. **Postharvest Biology and Technology**, v. 62, p. 213–220, 2011.

AMORIM, N. M. L.; CARDOSO, L de M.; PINHEIRO-SANT'ANA, H. M. Frutas comercializadas em feira livre apresentam maior teor de β -caroteno e valor de vitamina A. **Alimentos e Nutrição**, Araraquara, v. 23, n. 1, p. 81-87, jan. /mar., 2012.

ANDRÉS, A.; FITO, P.; CHIRALT, A. **Impregnacion a vacio em alimentos porosos, aplicacion al salado de quesos**. Universidad Politecnica de Valencia, Valencia (Espanha), 1995, 187 p.

ANINO, S. V.; SALVATORI, D. M.; ALZAMORA, S. M. changes in calcium level and mechanical properties of apple tissue due to impregnation with calcium salts. **Food Research International. Meat Science**, v. 69, p. 201-208, 2006.

ARAÚJO, J. M. A. **Química de alimentos: teoria e prática**. 5 ed. Viçosa: Editora UFV, Viçosa, cap. 16, 2011, 601 p.

ARTÉS, F.; GÓMEZ, P. A.; ARTÉS-HERNÁNDEZ, F. Physical, Physiological, physiological and microbial deterioration of minimally fresh processed fruits and vegetables. **Food Science and Technology International**, v.13, p.177-188, 2007.

ARYANA, K. J.; BARNES, H. T.; EMMICK, T. K.; MCGREW, P.; MOSER, B. Lutein is stable in strawberry yogurt and does not affect its characteristics. **Journal of Food Science**, v. 71, p. 467-472, 2006.

ASSIS, O. B. G.; BRITTO, D. de. Revisão: coberturas comestíveis protetoras em frutas: fundamentos e aplicações. **Brazilian Journal Food Technology**, v. 17, n. 2, Campinas Apr./June, 2014.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS – AOAC. **Official Methods of Analysis of the AOAC**. 16. ed. Washington, DC, 2000.

AZEREDO, H. M. C. **Fundamentos da estabilidade de alimentos**. 2. ed. Brasília, DF: EMBRAPA, 2012, 326 p.

BALLY, I. S. E.; Advances in research and development of mango industry. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 33, n.1, p. 57-63, 2011.

BARBAGALLO, R. N.; CHISARI, M.; CAPUTA, G. Effects of calcium citrate and ascorbate as inhibitors of browning and softening in minimally processed 'Birgah' eggplants. **Postharvest Biology and Technology**, v. 73, p. 107-114, nov. 2012.

BARRERA, C.; BETORET, N.; FITO, P. Ca²⁺ and Fe²⁺ influence on the osmotic dehydration kinetics of apple slices (var. Granny Smith). **Journal of Food Engineering**, v. 65, p. 9–14, 2004.

BASTOS, M. S. R. **Frutas minimamente processadas: aspectos de qualidade e segurança**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2007. 59 p. Documentos, 103.

BEAULIEU, J.C. Factors Affecting Sensory Quality of Fresh-Cut Produce. In: Martín-Belloso, O.; Soliva-Fortuny, R. (Eds.). **Advances in Fresh-Cut Fruits and Vegetables Processing**. London, New York, CRC Press, 2011. p. 115-143.

BENÍTEZ, S.; ACHAERANDIO, I.; SEPULCRE, F.; PUJOLÀ, M. Aloe vera based edible coatings improve the quality of minimally processed ‘Hayward’ kiwifruit. **Postharvest Biology and Technology**, v. 81, p. 29-36, 2013.

BETORET, E.; BETORET, N.; VIDAL, D.; FITO, P. Functional foods development: Trends and Technologies. **Trends in Food Science & Technology**, v. 22, p. 498–508, 2011.

BETORET, E.; TORRES, M.; MORALES, L.; BETORET, N.; BARRERA, C. Application of Different Dehydration Techniques in the Stabilization of a Functional Food with Probiotic Effect. In: **International Conference on Food Innovation**, Universidad Politecnica de Valencia, 2010.

BOBBIO, P. A.; BOBBIO, F. A. **Introdução à química de alimentos**. 3. ed. São Paulo: Livraria Varela, 2003.

BOEIRA, J. B.; STRINGARI, G. B.; LAURINDO, J. B. Estudo da desidratação de pêssegos por tratamento osmótico e secagem. **Boletim do Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos (CEPPA)**, Curitiba, v. 25, n. 1, p. 77-90, jan. /jun., 2007.

BOO, H. O.; HWANG, S. J.; BAE, C. S.; PARK, S. H.; SONG, W. S. Antioxidant activity according to each kind of natural plant pigments. **Korean Journal of Plant Resources**, v. 24, p. 134–141, 2011.

BOTELHO, M. C.; LEME, S. C.; LIMA, L. C. O.; ABRAHÃO, S. A.; SILQUEIRA, H. H.; CHITARRA, A. B. Qualidade de palmito pupunha minimamente processado: aplicação de antioxidantes. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 34, p. 1312-1319, 2010.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). Resolução de diretoria colegiada - RDC nº. 269, de 22 de setembro de 2005. Aprova o Regulamento Técnico sobre a Ingestão Diária Recomendada (IDR) de Proteína, Vitaminas e Minerais. Disponível em: <http://portal.anvisa.gov.br/wps/wcm/connect/1884970047457811857dd53fbc4c6735/RDC_269_2005.pdf?MOD=AJPERES>. Acesso em: 30 de jun. 2014.

BRASIL. Comissão Nacional de Normas e Padrões para Alimentos, do Ministério da Saúde nº 44 de 25 de novembro de 1977. Estabelece as condições gerais de elaboração, classificação, apresentação, designação, composição e fatores essenciais de qualidade

dos corantes empregados na produção de alimentos (e bebidas). Disponível em: <http://portal.anvisa.gov.br/wps/wcm/connect/29906780474588e892cdd63fbc4c6735/RESOLUCAO_CNNPA_44_1977.pdf?MOD=AJPERES>. Acesso em: 17 de jul. 2014.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC nº 12, de 02 de janeiro de 2001. Aprova o Regulamento Técnico sobre Padrões Microbiológicos para Alimentos. **Diário Oficial da União**, Poder Executivo, Brasília, DF, 10 jan, 2001.

BRASIL. Ministério da Saúde. Resolução n. 18, de 30 de abril de 1999. Aprova o Regulamento Técnico que estabelece as diretrizes básicas para análise e comprovação de propriedades funcionais e ou de saúde alegadas em rotulagem de alimentos, constante do anexo desta portaria. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 30 de abril de 1999.

BYRNE, D. H. Peach breeding trends. **Acta Horticulturae**, v. 592, p. 49–59, 2002.

CANTWELL, M. I.; SUSLOW, T. V. Postharvest handling systems: fresh cut fruits and vegetables. In: KADER, A. A. (Ed.). **Postharvest Technology of Horticultural Crops**. 3. ed. Davis: Califórnia, cap. 36, p. 445–463, 2002.

CARNELOSSI, M. A. G. Saladas mistas minimamente processadas: desafios, tendências e perspectivas. In: **VI Encontro Nacional sobre Processamento Mínimo de Frutas e Hortaliças**. Caderno do Congressita, Nova Friburgo, RJ: Editora Tecart, 26 a 28 de outubro de 2011. p. 41-42, 2011.

CHEN, Y.; LEE, Y.; YANG, C.; WANG, Y.; YANG, S.; SHAW, J. A novel papaya ACC oxidase gene (CP-ACO2) associated with late stage fruit ripening and leaf senescence. **Plant Science**, v. 164, n. 4, p. 531–540, 2003.

CHIRALT, A.; MARTÍNEZ-NAVARRETE, J.; MARTÍNEZ-MONZÓ, J.; TALENS, P.; MORAGA, G.; AYALA, A.; FITO, P. Changes in mechanical properties throughout osmotic processes. Crioprotectant effect. **Journal of Food Engineering**, v. 49, p. 129-135, 2001.

CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutas e hortaliças: fisiologia e manuseio**. 2. ed. Lavras: UFLA/FAEPE, 2005, 783 p.

CHONAN, O. FOSHU Japanese regulations for probiotic foods. In: Y. Takeda (Ed.). **Probiotic foods in health and disease**. Science publishers, CRC Press, Enfield, USA, 2011, p. 33–40.

CORTÉS, M.; OSORIO, A.; GARCÍA, E. Air dried apple fortified with vitamin e using matrix engineering. Vitae, **Revista de La Facultad de Química Farmacéutica**, v. 14, p. 17–26, 2007.

COUSIN, M. A.; JAY, J. M.; VASAVADA, P. C. Psychrotrophic microorganisms. In: Downes, F.P; Ito, K. (Ed.). **Compendium of Methods for the Microbiological**

Examination of Foods. 4.ed. Washington: American Public Health Association – APHA, 2001, p. 159-166.

CUNHA, F. G. **Estudo da Extração Mecânica de Bixina das Sementes de Urucum em Leito de Jorro**. 2008. 92 f. Dissertação (Mestre em Engenharia Química), Faculdade de Engenharia Química, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2008.

DE-ANCOS, B.; SÁNCHEZ-MORENO, C.; PLAZA, L.; CANO, M. P. Nutritional and Health Aspects of Fresh-Cut Vegetables. In: Martín-Belloso, O.; Soliva-Fortuny, R. (Eds.). **Advances in Fresh-Cut Fruits and Vegetables Processing**. London, New York, CRC Press, p. 145-184, 2011.

DECKER, E. A.; WARNER, K.; RICHARDS, M. P.; SHAHIDI, F. Measuring antioxidant effectiveness in food. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 53, p. 4303-4310, 2005.

DELLA LUCIA, C. M.; CAMPOS, F. M.; MATA, G. M. S. C.; SANT'ANA, H. M. P. Controle de perdas de carotenóides em hortaliças preparadas em unidade de alimentação e nutrição hospitalar. **Ciência e Saúde Coletiva**, v.13, n.5, p. 1627-1636, 2008.

DEROSSI, A.; DE PILLI, T.; SEVERINI, C. Reduction in the pH of vegetables by vacuum impregnation: A study on pepper. **Journal Food Engineering**, v. 99, p. 9-15, 2010.

ESCRICHE, I.; CHIRALT, A.; MORENO, J.; SERRA, J. A. Influence of blanching-osmotic dehydration treatments on volatile fraction of strawberry. **Journal of Food Science**, v. 65, p. 1107–1111, 2000.

FABBRI, A. D. T. **Avaliação microbiológica, físico-química e sensorial de salada de frutas irradiada pronta para o consumo de imunocomprometidos**. 2014. 115 f. Tese (Doutorado em Ciências na Área de Tecnologia Nuclear - Aplicações). Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, Autarquia associada à Universidade de São Paulo, São Paulo, 2014.

FABI, J. P.; PERONI, F. H. G.; GOMEZ, M. L. P. A. Papaya, mango and guava fruit metabolism during ripening: postharvest changes affecting tropical fruit nutritional content and quality. **Fresh Produce**, v. 1, p. 56-66, 2010.

FAGUNDES, G. E. **Influência de sucos de hortaliças fonte de luteína e beta-caroteno sobre a genotoxicidade induzida por agentes alquilantes em camundongos**. 2012. 73 f. Dissertação (Mestrado em Ciências da Saúde). Departamento de Ciências da Saúde, Universidade do Extremo Sul Catarinense – UNESC, Criciúma, 2012.

FANTUSI, E.; PUSCHMANN, R.; VANETTI, M. C. D. Microbiota contaminante em repolho minimamente processado. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 24, n. 2, p. 207-211, 2004.

FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Disponível em: <<http://faostat3.fao.org/faostat-gateway/go/to/download/Q/QC/E>> Acesso em: 20 mar 2015.

FASOLIN, L. H.; ALMEIDA, G. C.; CASTANHO, P. S.; NETTO-OLIVEIRA, E. R. Biscoitos produzidos com farinha de banana: avaliações química, física e sensorial. **Revista Ciência e Tecnologia de Alimentos**. Campinas, v. 27, n. 3, p. 787-792, 2007.

FERRARI, C. K. B.; TORRES, E. A. F. S. Alimentos funcionais: melhorando a nossa saúde. **Espaço para a Saúde**, UEL. Londrina, PR, v. 3, n. 2, p. 3-4, 2010. Disponível em: <<http://www.ccs.uel.br/espacoparasaude/v3n2/doc/nut.>>. Acesso em: 7 mar. 2014.

FERREIRA, S. M. R.; QUADROS, D. A. de; KARKLE, E. N. L.; LIMA, J. J. de; TULLIO, L. T.; FREITAS, R. J. S. de. Qualidade pós-colheita do tomate de mesa convencional e orgânico. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 30, n. 4, p. 858-864, out. /dez. 2010.

FITO, P. Modelling of vacuum osmotic dehydration food. **Journal of Food Engineering**, v. 22, n. 1-4, p. 313-328, 1994.

FITO, P.; ANDRÉS, A.; CHIRALT, A.; PARDO, P. Coupling of hydrodynamic mechanism and deformation–relaxation phenomena during vacuum treatments in solid porous food-liquid systems. **Journal of Food Engineering**, v. 27, p. 229–240, 1996.

FITO, P.; PASTOR, R. Non-diffusional mechanisms occurring during vacuum osmotic dehydration. **Journal of Food Engineering**, v. 21, n. 4, p. 513-519, 1994.

FONTES, R. V.; SANTOS, M. P.; FALQUETO, A. R.; SILVA, D. M. Atividade da pectinametilesterase e sua relação com a perda de firmeza da polpa de mamão cv. *Sunrise solo e Tainung*. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 30, n. 1, p. 54-58, 2008.

FRANCO, B. D. G. M.; LANDGRAF, M. **Microbiologia dos Alimentos**. São Paulo: Atheneu, 2005.

GAVA, A. J.; SILVA, C. A. B.; FARIAS, J. R. G. Tecnologia de alimentos: princípios e aplicações. Nobel, São Paulo. 301 p., 2008.

GIOVANNONI, J. Molecular biology of fruit maturation and ripening. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, v. 52, p. 725–749, 2001.

GOMES, L. M. M. **Inclusão de carotenoides de pimentão vermelho em ciclodextrinas e avaliação da sua estabilidade, visando aplicação em alimentos**. 2012. 108p. Dissertação (Mestrado em Ciências Aplicadas). Faculdade de Farmácia, Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2012.

GRAJEK, W.; OLEJNIK, A.; SIP, A. Probiotics, prebiotics and antioxidants as functional foods. **Acta Biochimica Polonica**, Poznań, v. 52, n. 3, p. 665-671, 2005.

GUOHUA, H.; YULING, W.; DANDAN, Y.; WENWEN, D.; LINSHAN, Z.; LVYE, W. Study of peach freshness predictive method based on electronic nose. **Food Control**, v. 28, p. 25-32, 2012.

HAMMOND, B. R. J.; WOOTEN, B. R.; SNODDERLY, D. M. Cigarette smoking and retinal carotenoids: implications for age-related macular degeneration. **Vision Research**, v. 36, n. 18, p. 3003-3009, September 1996.

HOU, Z.; ZHANG, M.; LIU, B.; YAN, Q.; YUAN, F.; XU, D.; GAO, Y. Effect of chitosan molecular weight on the stability and rheological properties of β -carotene emulsions stabilized by soybean soluble polysaccharides. **Food Hydrocolloids**, v. 26, p. 205 – 211, 2012.

HOUGHTON, J. D.; HENDRY, G. A. F. **Natural Food Colorants**, 2. ed., Blackie and Son Ltd, London, cap. 2, XI, 1995, p. 348.

HUANGA, H.; JINGC, G.; WANGA, H.; DUANA, X.; QUA, H.; JIANGA, Y. The combined effects of phenylurea and gibberellins on quality maintenance and shelf life extension of banana fruit during storage. **Scientia Horticulturae**, v. 167, p. 36–42, 2014.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2012. Disponível em: http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/agropecuaria/lspa/lspa_201211.pdf. Acesso em: 10 de mar. De 2014.

IFPA. International fresh-cut produce association. Disponível em: <<http://www.creativew.com/sites/ifpa/fcf.html>>. Acesso em: 08 mar. 2015.

JESUS, M. M. S. de; CARNELOSSI, M. A. G.; SANTOS, S. F.; NARAIN, N.; CASTRO, A. A. Inibição do escurecimento enzimático de quiabo minimamente processado. **Revista Ciência Agronômica**, v. 39, n. 4, p. 524-530, out-dez, 2008.

JÚNIOR, G. A. de A.; JÚNIOR, D. S.; SILVA, E. C. G. da; ANDRADE, M. A. N.; JÚNIOR, J. G. de V.; CORDEIRO, M. D. **O profissional de zootecnia no século XXI**. Universidade Federal do Espírito Santo (UFES). Alegre – ES: CAUFES, 2012. 203 p.

KEURENTJES, J. T. F.; JANSSEN, A. E. M.; BROEK, A. P.; VAN DER PADT, A.; WESSELINGH, J. A.; VAN 'T RIET, K. Multicomponent diffusion in dialysis membranes. **Chemical Engineering Science**, v. 47, p. 1963–1971, 1992.

KOPEC, R. E.; COOPERSTONE, J. L.; CICHON, M. J.; SCHWARTZ, S. J. Analysis methods of carotenoids. In: XU, Z.; HOWARD, L. R. (Eds.). **Analysis of antioxidant-rich phytochemicals**. Hoboken: Chichester: Wiley-Blackwell, p. 105-149, 2012.

KORNACKI, J. L.; JOHNSON, J. L. Enterobacteriaceae, coliforms, and *Escherichia coli* as quality and safety indicators. In: Downes, F.P; Ito, K. (Ed.). **Compendium of methods for the microbiological examination of foods**. 4. ed. Washington: American Public Health Association – APHA, p. 69-82, 2001.

KRIS-ETHERTON, P. M.; HECKER, K. D.; BONANOME, A.; COVAL, S. M.; BINKOSKI, A. E.; HILPERT, K.; GRIEL, A. E.; ETHERTON, T. D. Bioactive compounds in foods: their role in the prevention of cardiovascular disease and cancer. **American Journal of Medicine**, v. 113, p. 71-88, 2002.

LAMIKANRA, O.; CHEN, J. C.; BANKS, D. Biochemical and microbial changes during the storage of minimally processed cantaloupe. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 48, p. 5955-5961, 2000.

LAURINDO, J.; STRINGARI, J.; PAES, S.; CARCIOFI, B. Experimental Determination of the Dynamics of Vacuum Impregnation of Apples. **Journal of Food Science**, v. 72, n. 8, p. 470-475, 2007.

LIMA, A. S.; RAMOS, A. L. D.; MARCELLINI, P. S.; BATISTA, R. A. Adição de agentes antiescurecimento, antimicrobiano e utilização de diferentes filmes plásticos, em mamão minimamente processado. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 27, n. 1, p. 149-152, 2005.

LIMA, L. C. **Qualidade do melão “Orange Flesh” minimamente processado e submetido a diferentes métodos de conservação**. 2005. 130 p. Tese (Doutorado em Agronomia). Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Botucatu, SP, 2005.

LIMA, L. C.; COSTA, S. M.; VIEITES, R. L.; DAMATTO JÚNIOR, E. R. Efeito do ácido ascórbico em melões “Orange Flesh” minimamente processados. **Alimentos e Nutrição**, Araraquara, v. 22, n. 2, p. 291-299, abr./jun. 2011.

LIMA, M. S.; PIRES, E. M. F.; MACIEL, M. I. S.; OLIVEIRA, V. A. Quality of minimally processed guava with different types of cut, sanitification and packing. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.30, n.1, p.79-87, 2010.

MANTOVANI, D.; CORAZZA, M. C.; COSTA, S. C. da; FILHO, L. C. Adição de carotenóides em produto lácteo fermentado e análise de vida de prateleira. **Revista Tecnológica**, Maringá, v. 20, p. 41-45, 2011.

MARCUSSI, B. A. **Desidratação osmótica e impregnação a vácuo de pêra (variedade buerre d’anjou)**. 2005. 116 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos), Departamento de Engenharia de Alimentos, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2005.

MARIANO, F. A. de C.; BOLIANI, A. C.; CORRÊA, L. de S.; MOREIRA, E. R. Vida-de-prateleira de goiabas, cv. Sassaoka, minimamente processadas e armazenadas em diferentes embalagens. **Revista Brasileira de Fruticultura, Jaboticabal - SP**, Volume Especial, p. 384-391, Outubro, 2011.

MARTÍNEZ-VALENCIA, B. B.; ABUD-ARCHILA, M.; RUIZ-CABRERA, M. A.; GRAJALES-LAGUNES, A.; DENDOOVEN, L.; OVANDO-CHACÓN, S. L.; GUTIÉRREZ-MICELI, F. A. Pulsed vacuum osmotic dehydration kinetics of melon (*Cucumis melo L.*) var. cantaloupe. **African Journal of Agricultural Research**, v. 6, n. 15, p. 3588–3596, 2011.

- MARTINS, E. M. F. **Viabilidade do uso de salada de frutas minimamente processada como veículo de micro-organismos probióticos**. 2012. 100 f. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia de Alimentos). Departamento de Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais, 2012.
- MARTINS, E. M. F.; RAMOS, A. M.; VANZELA, E. S. L.; STRINGHETA, P. C.; PINTO, C. L. O.; MARTINS, J. M. Products of vegetable origin: A new alternative for the consumption of probiotic bacteria. **Food Research International**, v. 51, p. 764–770, 2013.
- MARTINS, R. N.; MATTIUZ, Ben-Hur; SANTOS, L. O.; HOJO, E. T. D.; MATTIUZ, C. F. M. Estádios de maturação de pêssegos ‘aurora-1’ para o processamento mínimo. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal - SP, v. 35, n. 2, p. 391-397, Junho, 2013.
- MATOS, I. T. R. S.; NUNES, M. T.; MOTA, D. A.; LAUREANO, M. M. M.; HOSHIBA, M. A. Qualidade microbiológica do mel de *melipona sp.* produzido na Amazônia Central (Parintins – AM – Brasil). **Revista Verde**, v. 6, n. 4, p. 91 – 95, out-dez, 2011.
- MATTEA, F.; MARTÍN, Á.; MATÍAS-GAGO, A.; COCERO, M. J. Supercritical anti-solvent precipitation from an emulsion: beta-carotene nanoparticle formation. **Journal of Supercritical Fluids**, v. 51, n. 2, p. 238-247, 2009.
- MEDINA, J. C.; SALOMON, E. A. G.; VIEIRA, L. F.; RENESTO, O. V.; FIGUEIREDO, N. M. S.; CANTO, W. L. **Mamão: da cultura ao processamento e comercialização**. Campinas: ITAL, (Série Frutas Tropicais, 7), 1980, 244 p.
- MELO, A. A. M.; VILAS-BOAS, E. V. de B. Inibição do escurecimento enzimático de banana 'Maçã' minimamente processada. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 26, n. 1, p. 110-115, jan. /mar. 2006.
- MELO, E. A.; ARAÚJO, C. R. Mangas das variedades espada, rosa e Tommy Atkins: compostos bioativos e potencial antioxidante. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 32, n. 4, p. 1451-1460, 2011.
- MERLIN, K. B. **Estudo comparativo da impregnação a vácuo de maçã (var. fuji), pêra (var. d'agua e d'anjou) e manga (var. tommy atkins)**. 2007. 91f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos). Curso de Pós-Graduação em Engenharia de Alimentos, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2007.
- MINIM, V. P. R. **Análise Sensorial: Estudos com consumidores**. 3 ed. Viçosa: Editora UFV. 2013, 332p.
- MISHRA, B. B.; GAUTAM, S.; SHARMA, A. Browning of fresh-cut eggplant: impact of cutting and storage. **Postharvest Biology and Technology**, v. 67, p. 44-51, mai. 2012.

MITRI, K.; SHEGOKAR, R.; GOHLA, S.; ANSELMIB, C.; MÜLLERA, R. H. Lutein nanocrystals as antioxidant formulation for oral and dermal delivery. **International Journal of Pharmaceutics**, v. 420, p. 141–146, 2011.

MOHAPATRA, D.; MISHRA, S.; SINGH, C. B.; JAYAS, D. S. Post-harvest processing of banana: opportunities and challenges. **Food and Bioprocess Technology**, v. 4, p. 327–339, 2010.

MONTEIRO, R. L. **Secagem de banana (var. Prata) em campo de micro-ondas com vácuo contínuo ou intermitente**. 2014. 138 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos). Departamento de Engenharia de Alimentos, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2014.

MORAES, F. P.; COLLA, L. M. Functional foods. Part 2: the impact on current regulatory terminology. **Revista Eletrônica de Farmácia**, v. 3, n. 2, p. 99-112, 2006.

MORAGA, M.; MORAGA, G.; FITO, P.; MARTÍNEZ-NAVARRETE, N. Effect of vacuum impregnation with calcium lactate on the osmotic dehydration kinetics and quality of osmodehydrated grapefruit. **Journal Food Engineering**, v. 90, p. 372-379, 2009.

MUJICA-PAZ, H.; VÁLDEZ-FRAGOSO, A.; LÓPEZ-MALO, A.; PALOU, E.; WELTI-CHANES, J. Impregnation and osmotic dehydration of some fruits: effect of the vacuum pressure and syrup concentration. **Journal of Food Engineering**, v. 57, p. 305–314, 2003a.

MÚJICA-PAZ, H.; VALDEZ-FRAGOSO, A.; LÓPEZ-MALO, A.; PALOU, E.; WELTI-CHANES, J. Impregnation Properties of Some Fruits at Vacuum Pressure. **Journal of Food Engineering**, v. 56, p. 307-314, 2003b.

MURILLO, E.; MELÉNDEZ-MARTÍNEZ, A. J.; PORTUGAL, F. Screening of vegetables and fruits from Panama for rich sources of lutein and zeaxanthin. **Food Chemistry**, v. 122, p. 167–172, 2010.

NASCIMENTO, J. I. G. do. **Atividade antifúngica da quitosana na expansão da vida de prateleira de goiaba minimamente processada**. 2013. 75 f. Dissertação (Mestrado em Nutrição do Centro de Ciências da Saúde). Departamento de Nutrição, Universidade Federal do Pernambuco, Recife, 2013.

OLAIMAT, A. N.; HOLLEY, R. A. Factors influencing the microbial safety of fresh produce: a review. **Food Microbiology**, v. 32, p. 1–19, 2012.

OLIVEIRA, J. G.; VITÓRIA, A. P. Papaya: nutritional and pharmacological characterization, and quality loss due to physiological disorders. An overview. **Food Research International**, v. 44, p. 1306–1313, 2011.

OLIVEIRA, P. M. de. **Impregnação de bactérias probióticas em melão minimamente processado**. 2014. 76f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos). Departamento de Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais, 2014.

OPAS. Guía veta: guía para el establecimiento de sistemas de vigilancia epidemiológica de enfermedades transmitidas por alimentos y la investigación de brotes de toxi-infecciones alimentarias. Buenos Aires: OPAS, 2001.

PADILHA, P. C.; PINHEIRO, R. L. O papel dos alimentos funcionais na prevenção e controle do câncer de mama. **Revista Brasileira de Cancerologia**, Rio de Janeiro, v. 50, n.3, p.251-260, 2004.

PALACE, V. P.; KHAPER, N.; QIN, Q.; SINGAL, P. K. Antioxidant potentials of vitamin a and carotenoids and their relevance to heart disease. **Free Radical Biology & Medicine**, v. 26, n. 5/6, p. 746–761, 1999.

PASCHOLATI, S. F. Indução de resistência: opção para o controle de doenças de plantas no século XXI. **Summa Phytopathologica**, v. 29, p. 115 – 116, 2003.

PICCAGLIA, R.; MAROTTI, M.; GRANDI, S. Lutein and lutein ester content in different types of *Tagetes patula* and *T. erecta*. **Industrial Crops and Products**, v. 8, p. 45–51, 1998.

PINHEIRO, A. M.; ABREU, C. R. A. de; MAIA, G. A.; SOUSA, P. H. M. de; FIGUEIREDO, E. A. T. de; ROCHA, E. M. de F. F.; COSTA, J. M. C. da. Avaliação das características de qualidade, componentes bioativos e qualidade microbiológica de salada de frutas tropicais. **Alimentos e Nutrição**, Araraquara, v. 22, n. 3, p. 435-440, jul. /set. 2011.

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, p. 145–151, 1998.

PRASANNA, V.; PRABHA, T.; THARANATHAN, R. Fruit ripening phenomena - an overview. **Crit. Rev. Food Science & Nutrition**, v. 47, p. 1–19, 2007.

PUENTE, L. D.; BETORET, N. V.; CORTÉS, M. R. Evolution of probiotic content and color of apples impregnated with lactic acid bacteria. **Revista de la Facultad de Química Farmacéutica**, v. 16, n. 03, p. 297-303, 2009.

RENO, M. J.; RESENDE, J. V. de; PRADO, M. E. T. Avaliação do processo de impregnação a vácuo em melão, utilizando diferentes substâncias. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 34, n. 5, p. 1270-1278, set. /out., 2010.

ROBERTS, R. L.; GREEN, J.; LEWIS, B. Lutein and zeaxanthin in eye and skin health. **Clinics in Dermatology**, v. 27, p. 195-201, 2009.

ROBLES-SANCHEZ, M.; GORINSTEIN, S.; MARTINBELLOSO, O. Minimal processing of tropical fruits: antioxidant potential and its impact on human health. **Food Chemistry**, Chicago, v.32, n.4, p.227-232, 2007.

RODÍĆ, Z.; SIMONOVSKA, B.; ALBREHT A.; VOVK, I. Determination of lutein by high-performance thin-layer chromatography using densitometry and screening of

major dietary carotenoids in food supplements. **Journal of Chromatography A.**, v. 1231, p. 59-65, 2012.

RODRIGUES, M. Z. **Impregnação de micro-organismos probióticos em goiaba minimamente processada.** 2013. 85 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos). Departamento de Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais, 2013.

RODRIGUEZ-AMAYA, D. B. **A Guide to Carotenoid Analysis in Foods.** Washington, D. C., p. 41-45, 2001.

RODRIGUEZ-AMAYA, D. B. Carotenoids and Food Preparation: The Retention of Provitamin A Carotenoids in Prepared, Processed, and Stored Foods. Arlington, VA : John Snow Inc./OMNI Project, 1997.

RODRIGUEZ-AMAYA, D. B. Quantitative analysis, in vitro assessment of bioavailability and antioxidant activity of food carotenoids—A review. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 23, n. 7, p. 726–740, 2010.

RODRIGUEZ-AMAYA, D. B.; KIMURA, M. **HarvestPlus handbook for carotenoid analysis.** Washington: IFPRI; Cali: CIAT, 2004, 58 p. (HarvestPlus Technical Monograph, 2). Disponível em: <http://www.harvestplus.org/sites/default/files/tech02.pdf>. Acesso em: 21 de jul., 2014.

RODRIGUEZ-AMAYA, D. B.; RAYMUNDO, L. C.; LEE, T.; SIMPSON, K. L.; CHICHESTER, C. O. Carotenoid pigment changes in ripening Momordica charantia fruits. **Annals of Botany**, v. 40, p. 615–624, 1976.

ROSADO, P. L.; PIRES, M. M.; PEREZ, R. Frutas processadas sob a forma de salada: preferências dos consumidores e suas implicações no mercado. In: Congresso da Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural, XLVI, Rio Branco – Acre, 2008. **Anais...** Rio Branco – Acre, 20 a 23 de julho de 2008.

SAAVEDRA DEL AGUILA, J.; FUMI SASAKI, F.; SICHMANN HEIFFIG, L.; ORTEGA, E. M. M.; TREVISAN, M. J.; KLUGE, R. A. Effect of Antioxidants in Fresh Cut Radishes During the Cold Storage. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 51, p. 1217–1223, 2008.

SANDHYA. Modified atmosphere packaging of fresh produce: Current status and future needs. **LWT - Food Science and Technology**, v. 43, p. 381-392, 2010.

SANJINÉZ-ARGANDOÑA, E. J. **Desidratação de Goiaba (Psidium guajava L.) por imersão e secagem.** 1999. 102 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos). Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas – SP.

SANTACRUZ-VÁZQUEZ, V.; SANTACRUZ-VÁZQUEZ, C.; JARAMILLO-FLORES, M. E.; FARRERA-REBOLLO, R. R.; CHANONA-PÉREZ, J. J.; WELTI-CHANES, J.; GUTIÉRREZ-LOPÉZ, G. F. Usos de procesos de secado e impregnación para el desarrollo de alimentos funcionales: enriquecimiento de placas

de manzana con β -caroteno. **Revista Mexicana de Ciencias Farmacéuticas**, v. 39, n. 3, p. 12-18, 2008.

SANTOS, J. E. F. dos; TEIXEIRA, L. E. B.; MOREIRA, I. dos S.; SOUSA, F. C. de; CASTRO, D. S. de. Qualidade microbiológica de salada de frutas comercializadas por ambulantes na cidade de Juazeiro do Norte – Ceará. **Revista Verde**, v. 10, n.1, p. 01 - 03, jan-mar, 2015.

SANTOS, T. B. A.; SILVA, N. da; JUNQUEIRA, V. C. A.; PEREIRA, J. L. Microrganismos indicadores em frutas e hortaliças minimamente processadas. **Revista Brazilian Journal of Food Technology**, Campinas, v. 13, n.2 p. 141- 146, 2010.

SARMENTO, D. H. A.; SOUZA, P. A. de; SARMENTO, J. D. A.; FREITAS, R. V. da S.; FILHO, M. S. Armazenamento de banana ‘prata catarina’ sob temperatura ambiente recobertas com fécula de mandioca e PVC. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 28, n. 2, p. 235 – 241, abr. – jun., 2015.

SAUREL, R. Improving the texture of processed vegetables by vacuum infusion. **Woodhead Publishing Ltd and CRC Press LLC**, University of Lyon, France, 2004.

SCHMIDT, F. C.; CARCIOFI, B. A. M.; LAURINDO, J. B. Efeito da impregnação a vácuo na transferência de massa durante o processo de salga de cortes de peito de frango. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 28, p. 366–372, 2008.

SCHULZE, B.; PETH, S.; HUBBERMANN, E. M.; SCHWARZ, K. The influence of vacuum impregnation on the fortification of apple parenchyma with quercetin derivatives in combination with pore structures X-ray analysis. **Journal of Food Engineering**, v. 109, p. 380–387, 2012.

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

SHAO, A.; HATHCOCK, J. N. Risk assessment for the carotenoids lutein and lycopene. **Regulatory Toxicology and Pharmacology**, v. 45, p. 289-298, 2006.

SHEN, Y.; ZHANG, X.; PRINYAWIWATKUL, W.; XU, Z. Simultaneous determination of red and yellow artificial food colorants and carotenoid pigments in food products. **Food Chemistry**, v. 157, p. 553-558, 2014.

SHIGA, T. M.; FABI, J. P.; NASCIMENTO, J. R. O.; PETKOWICZ, C. L. O.; VRIESMANN, L. C.; LAJOLO et al., F. M. Changes in cell wall composition associated to the softening of ripening papaya: Evidence of extensive solubilization of large molecular mass galactouronides. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 57, n. 15, p. 7064–7071, 2009.

SILVA, I. M. C.; CALLOU DE SÁ, E. Q. Alimentos funcionais: um enfoque gerontológico. **Revista da Sociedade Brasileira de Clínica Médica**, São Paulo, v. 10, n. 1, p. 24-28, 2012.

SILVA, J. M.; FILLET SPOTO, M.H.; ONGARELLI, M.G.; FUMI SASAKI, F.; SAAVEDRA DEL AGUILA, J.; KLUGE, R.A. Uso do antioxidante 4-hexylresorcinol em abacaxi minimamente processado. **Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha**, v. 8, n. 2, p.101-107, 2007.

SMANIOTO, T. F.; PIROLO, N. J.; SIMIONATO, E. M. R. S.; ARRUDA, M. D. de. Contribuição ao estudo da qualidade microbiológica de frutas e hortaliças minimamente processadas. **Revista Instituto Adolfo Lutz**, São Paulo, v. 68, n. 1, p. 150-4 2009.

SOUZA, B. S.; DURIGAN, J. F. Processamento mínimo de abacaxi. In: MORETTI, C. L. (Ed.). **Manual de Processamento Mínimo de Frutas e Hortaliças**, Brasília: Embrapa/SEBRAE, p.195-202. 2007.

SOUZA, F. G. de; CÓL, C. D. de. Elaboração, qualidade físico-química, microbiológica e sensorial da salada de frutas em calda. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v.16, n.3, p.313-317, 2014.

SOUZA, M. S. da S. de; COSTA, R. A.; CHAVES, A. C. S. D.; NUNES, T. P.; JÚNIOR, A. M. de O. Desenvolvimento e avaliação de passas de jaca obtidas por desidratação osmótica seguida de secagem convectiva. **UNOPAR Científica Ciências Biológicas e da Saúde**, v. 13, n. 2, p. 89-94, 2011.

SUÁREZ-JACOBO, A.; RÜFER, C. E.; GERVILLA, R.; GUAMIS, B.; ROIG-SAGUÉS, A. X.; SALDO, J. Influence of ultra-high pressure homogenisation on antioxidant capacity, polyphenol and vitamin content of clear apple juice. **Food Chemistry**, v. 127, p. 447–454, 2011.

SUBAGIO, A.; WAKAKI, H.; MORITA, N. Stability of lutein and its myristate esters. **Bioscience Biotechnology and Biochemistry**, v. 63, p. 1784–1786, 1999.

SUNDARAM, S.; ANJUM, S.; DWIVEDI, P.; RAI, G. K. Antioxidant activity and protective effect of banana peel against oxidative hemolysis of human erythrocyte at different stages of ripening. **Applied Biochemistry and Biotechnology**, v. 164, p. 1192–1206, 2011.

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

TOMAS-BARBERAN, F. A.; GIL, M. I.; CREMIN, P.; WATERHOUSE, A. L.; HESS-PIERCE, B.; KADER, A. A. HPLC–DAD–ESIMS analysis of phenolic compounds in nectarines, peaches, and plums. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 49, p. 4748–4760, 2001.

TOURNAS, V. H.; HEERES, J.; BURGESS, L. Moulds and yeasts in fruit salads and fruit juices. **Food Microbiology**, v. 23, n. 7, p. 684–688, oct. 2006.

VALDUGA, E. **Bioprodução de Compostos Voláteis e Carotenóides Por *Sporidiobolus salmonicolor* CBS 2636**. 2005. 200 f. Tese (Doutorado em Engenharia Química). Departamento de Engenharia Química e Engenharia de Alimentos (EQA), Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2005.

VIDAL, A. M.; DIAS, D. O.; MARTINS, E. S. M.; OLIVEIRA, R. S.; NASCIMENTO, R. M. S.; CORREIA, M. G. S. A ingestão de alimentos funcionais e sua contribuição para a diminuição da incidência de doenças. **Cadernos de Graduação - Ciências Biológicas e da Saúde**, Aracaju, v. 1, n.15, p. 43-52, 2012. Disponível em: <
<https://periodicos.set.edu.br/index.php/cadernobiologicas/article/view/284/112>>. Acesso em: 7 de abr. 2014.

VILAS BOAS, E. V. de B. Tecnologia de processamento mínimo de banana, mamão e kiwi. In: Seminário Internacional de Pós-colheita e Processamento Mínimo de Frutas e Hortaliças, 2002, Brasília, DF. **Anais...** Brasília: EMBRAPA, 2002. p. 1-7.

VOLP, A. C. P.; RENHE, I. R. T.; STRINGUETA, P. C. Pigmentos Naturais Bioativos. **Alimentos e Nutrição**, v. 20, n. 1, p. 157-166, 2009.

WAGHMARE, R. B.; ANNAPURE, U. S. Combined effect of chemical treatment and/or modified atmosphere packaging (MAP) on quality of fresh-cut papaya. **Postharvest Biology and Technology**, v. 85, p. 147–153, 2013.

WATADA, A. E.; KO, N. P.; MINOTT, D. A. Factors affecting quality of fresh-cut horticultural products. **Postharvest Biology and Technology**, v. 9, n. 2, p. 115-125, 1996.

WATADA, A. E.; QI, L. Quality of fresh-cut produce. **Postharvest Biology and Technology**, v. 15, p. 201-205, 1999.

WATANABE, Y.; YOSHIMOTO, K.; OKADA, Y.; NOMURA, M. Effect of impregnation using sucrose solution on stability of anthocyanin in strawberry jam. **LWT - Food Science and Technology**, v. 44, p. 891–895, 2011.

WILEY, R. C. **Minimally processed refrigerated fruits and vegetables**. New York: Chapman & Hall, 1994, 368 p.

ZENEBON, O.; PASCUET, N. S. **Métodos Físico-Químicos para Análise de Alimentos**. 4. ed. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2004.

ZHANG, H. M.; CHANG, M.; WANG, X.; YE, J. S. Evaluation of peach quality indices using an electronic nose by MLR, QPST and BP network. **Sensors and Actuators B: Chemical**, v. 134, p. 332–338, 2008.

ZHAO, Y.; XIE, J. Practical applications of vacuum impregnation in fruit and vegetables processing. **Trends in Food Science & Technology**, v. 15, p. 434–451, 2004.

ZOU, K.; TENG, J.; HUANG, L.; DAI, X.; WEI, B. Effect of osmotic pretreatment on quality of mango chips by explosion puffing drying. **LWT - Food Science and Technology**, v. 51, p. 253-259, 2013.

ANEXO

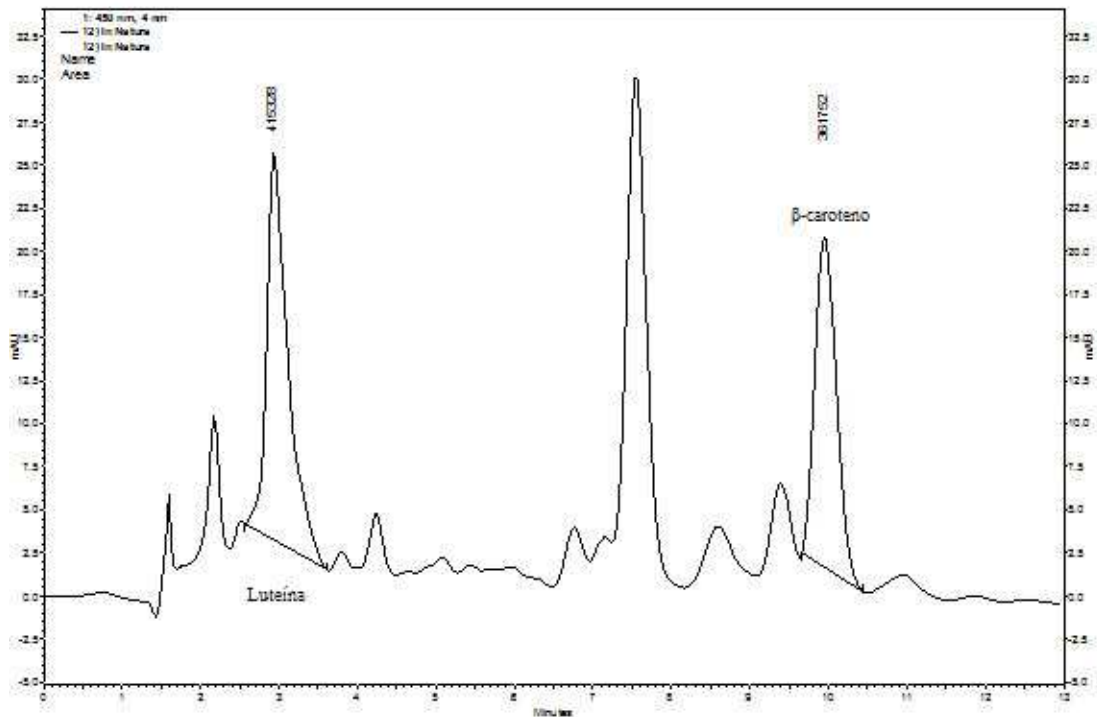


Figura 14. Cromatograma da salada de frutas minimamente processada *in natura*.

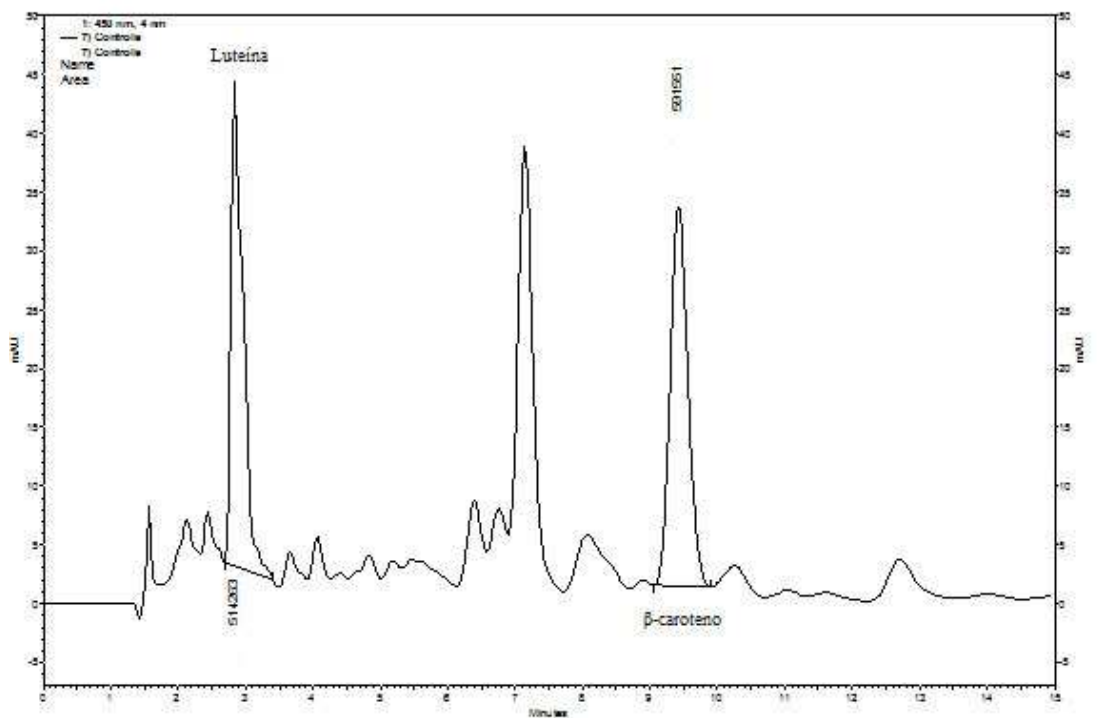


Figura 15. Cromatograma da salada de frutas minimamente processada controle.

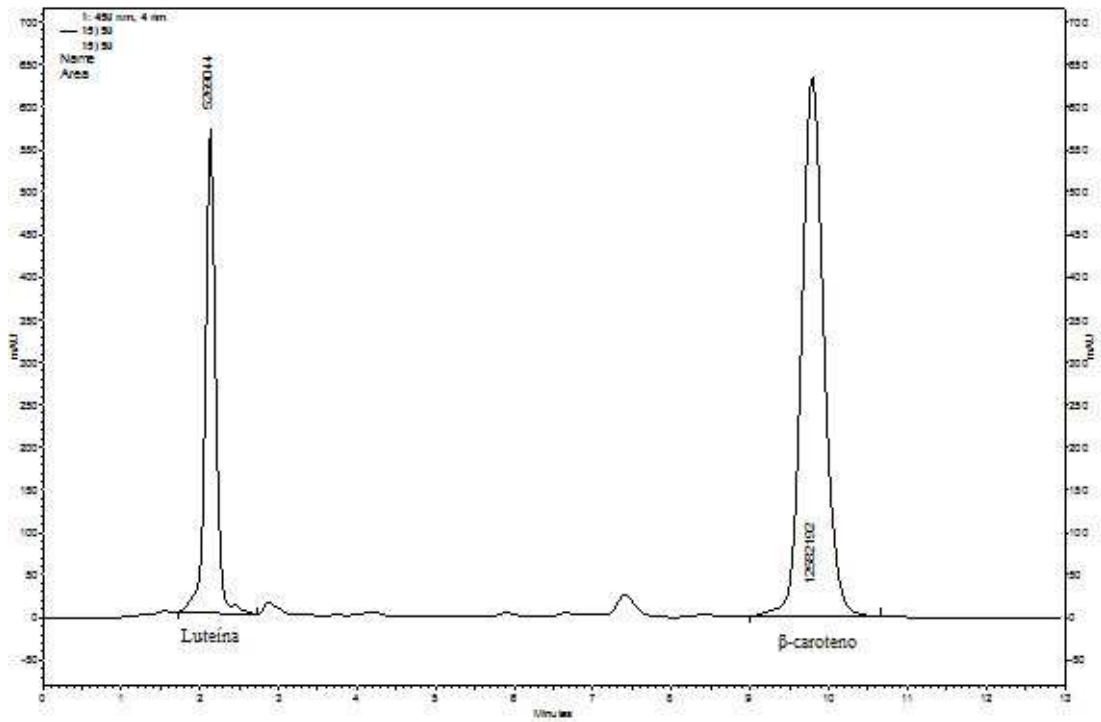


Figura 16. Cromatograma da salada adicionada de 50% de β -caroteno e 50% de luteína por impregnação a vácuo.

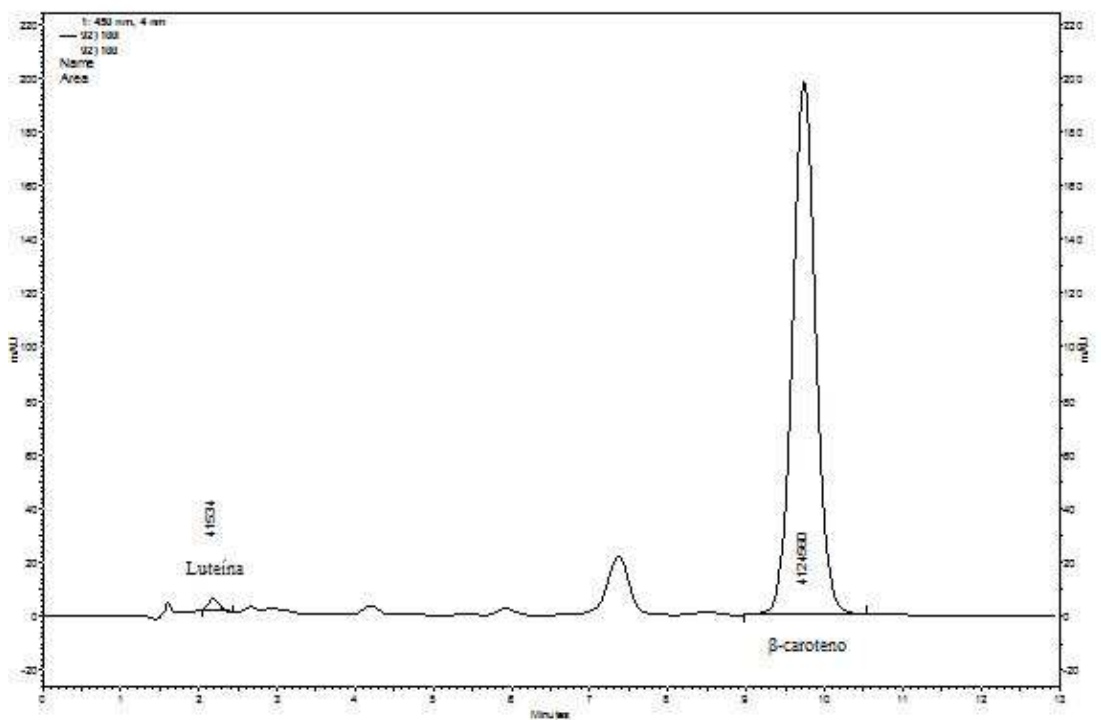


Figura 17. Cromatograma da salada adicionada de 100% de β -caroteno e 0% de luteína por impregnação a vácuo.

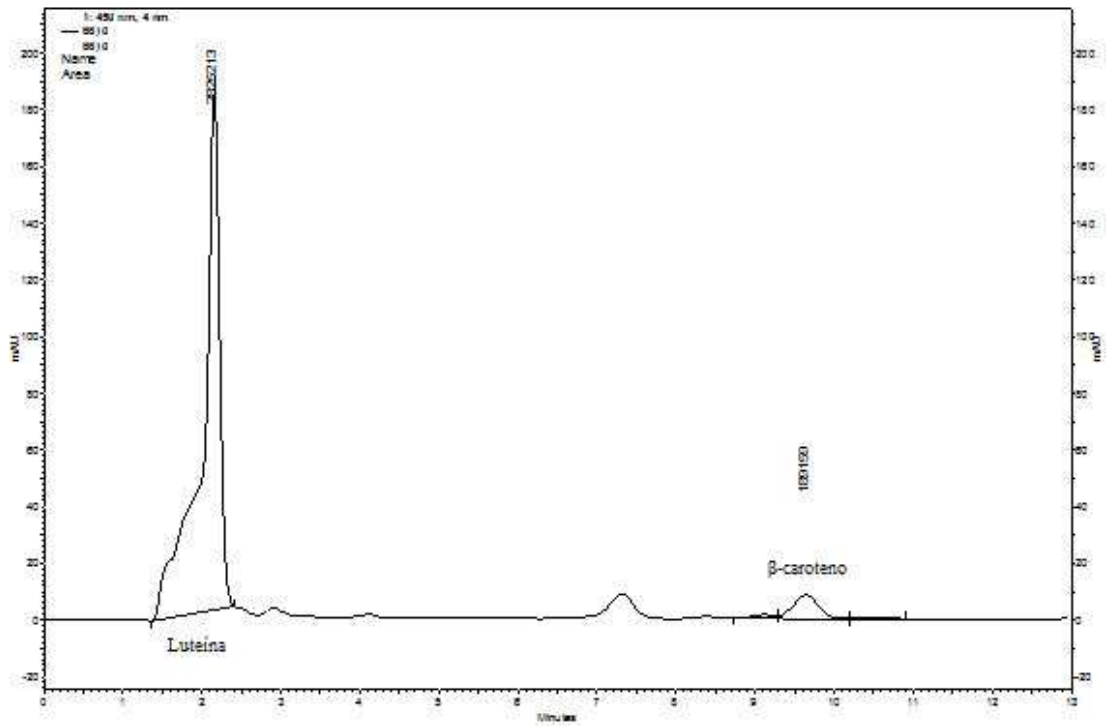


Figura 18. Cromatograma da salada adicionada de 0% de β -caroteno e 100% de luteína por impregnação a vácuo.

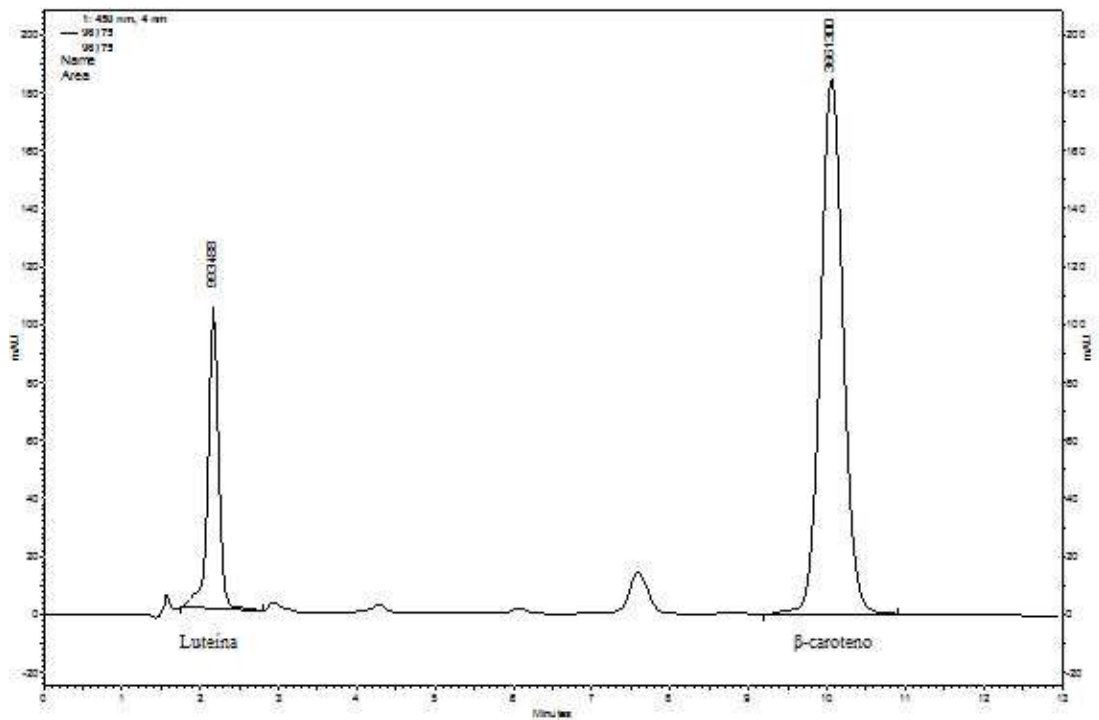


Figura 19. Cromatograma da salada adicionada de 75% de β -caroteno e 25% de luteína por impregnação a vácuo.

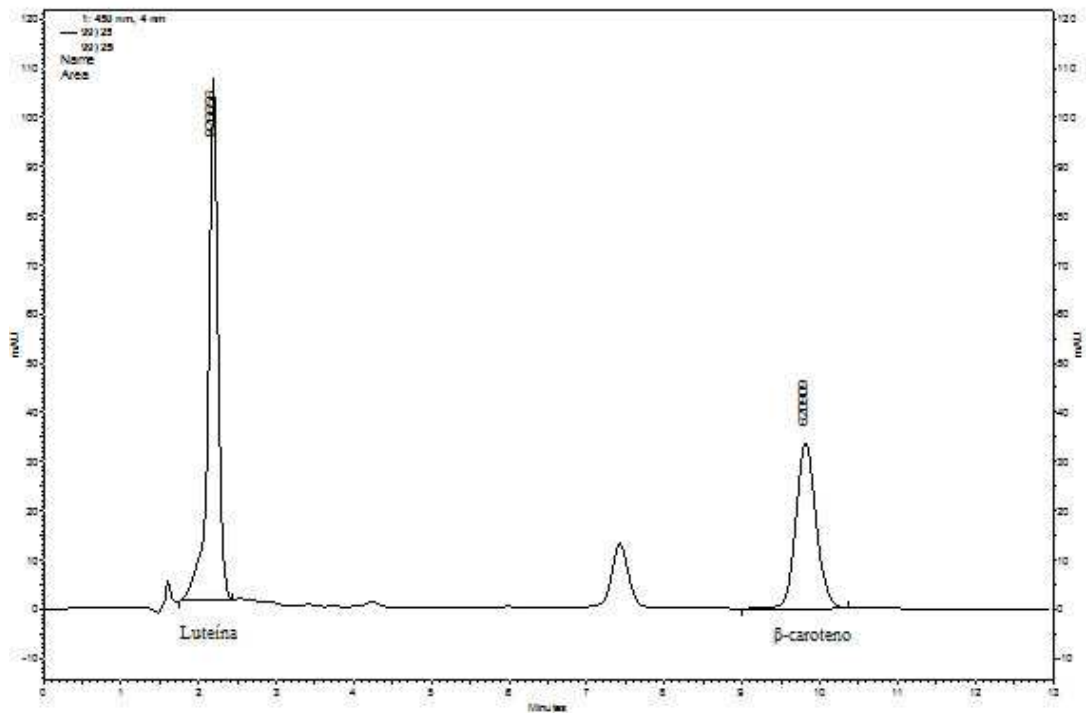


Figura 20. Cromatograma da salada adicionada de 25% de β -caroteno e 75% de luteína por impregnação a vácuo.