



INSTITUTO DE TECNOLOGIA DE ALIMENTOS

CENTRO DE TECNOLOGIA DE EMBALAGEM

LUÍS MARANGONI JÚNIOR

**CHIPS DE BATATA-DOCE BIOFORTIFICADA: DESENVOLVIMENTO DO
PRODUTO E ESTUDO DE ESTABILIDADE EM DIFERENTES SISTEMAS DE
EMBALAGEM**

Campinas – SP

2017

LUÍS MARANGONI JÚNIOR

CHIPS DE BATATA-DOCE BIOFORTIFICADA: DESENVOLVIMENTO DO
PRODUTO E ESTUDO DE ESTABILIDADE EM DIFERENTES SISTEMAS DE
EMBALAGEM

*Dissertação apresentada ao Instituto de
Tecnologia de Alimentos para obtenção do título
de Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos.*

Aluno: Luís Marangoni Júnior

Orientador: Prof.^a Dr.^a. Rosa Maria Vercelino Alves

Este exemplar corresponde à versão final da Dissertação defendida pelo aluno Luís Marangoni Júnior e orientado pela Prof(a). Dr(a). Rosa Maria Vercelino Alves.

CAMPINAS

2017

FICHA CATALOGRÁFICA
ELABORADA PELA BIBLIOTECÁRIA ADRIANA GOMES DO NASCIMENTO CRB/8
8853 – BIBLIOTECA CENTRAL DO ITAL- INSTITUTO DE TECNOLOGIA DE
ALIMENTOS.

M311c Marangoni Júnior, Luís. Chips de batata-doce biofortificada: desenvolvimento do produto e estudo de estabilidade em diferentes sistemas de embalagem. Luís Marangoni Júnior / Dissertação de mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos. Campinas, SP: ITAL - Instituto de Tecnologia de Alimentos, 2017. 00f.

Prof.^a Dr.^a. Rosa Maria Vercelino Alves

1. Snack. 2. Batata-doce de polpa laranja. 3. Carotenoides. 4. Embalagens flexíveis 5. Vida de prateleira. Instituto de Tecnologia de Alimentos, CETEA – Centro de Tecnologia de embalagem I. Instituto de Tecnologia de Alimentos. II. Luís Marangoni Júnior. III. Título.

Título em inglês: Chips of sweet potato biofortified: product development and stability study in different packaging systems

Key-words: Snack, orange fleshed sweet potato, carotenoids, flexible packaging, shelf life.

Titulação: Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos

Banca Examinadora:

Dr.^a. Rosa Maria Vercelino Alves

Dr. Flávio Luís Schmidt

Dr.^a. Regina Kitagawa Grizotto

Dr.^a Silvia Pimentel Marconi Germer

Data da Defesa: 14 de fevereiro de 2017

Programa de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos

BANCA EXAMINADORA

Este exemplar corresponde à redação final da Dissertação de Mestrado defendida pelo aluno Luís Marangoni Júnior, aprovada pela Comissão Julgadora em 14 de fevereiro de 2017.



Prof.^a Dr.^a. Rosa Maria Vercelino Alves
Instituto de Tecnologia de Alimentos
(Orientadora)



Prof. Dr. Flávio Luís Schmidt
Faculdade de Engenharia de Alimentos
UNICAMP
(Membro Titular)



Dr.^a. Regina Kitagawa Grizotto
Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios
APTA

(Membro Titular)

Prof.^a Dr.^a. Silvia Pimentel Marconi Germer
Instituto de Tecnologia de Alimentos
(Membro Suplente)

AGRADECIMENTOS

No transcorrer da minha formação tive a oportunidade de receber orientações e apoio de inumeráveis pessoas, instituições e empresas. Quero manifestar meus sinceros agradecimentos a todos, com a certeza de que cada pessoa e cada instituição fizeram o possível para alcançar este objetivo.

Aos meus pais, Luiz e Robsania e à minha família.

Ao Instituto de Tecnologia de Alimentos – ITAL, pela oportunidade de realização do mestrado em ciência e tecnologia de alimentos.

À Prof^a. Dr^a. Rosa Maria Vercelino Alves, pela dedicação, paciência, conhecimentos transmitidos, confiança e orientação no transcorrer deste trabalho contribuindo para o meu crescimento profissional e pessoal.

Ao CETEA pelo apoio financeiro para desenvolver esse projeto, por disponibilizar equipamentos e funcionários para desenvolver e auxiliar grande parte das análises.

Ao FRUTHOTEC pela disponibilização dos equipamentos para desenvolver o produto e a técnica Elaine pela disponibilidade em agendar as análises de cor.

Ao CCQA por auxiliar nas análises químicas desse projeto, em especial a Marta, por todo seu conhecimento na área de vitaminas e pigmentos, a Vera pelas análises de composição centesimal e a Beatriz pelas análises microbiológicas.

À Daniele por todo apoio técnico que me passou durante o desenvolvimento desse projeto.

À Sophia, por me auxiliar em todo o projeto.

À Marisa por esclarecer todas as minhas dúvidas referentes a carotenoides.

À Sylvia, Maiara, Daniele, Reberte, Christiane, Taynara, Ana Paula, Daniela e os demais já mencionados por me auxiliar no desenvolvimento, acondicionamento e acompanhamento das análises deste projeto.

Aos professores membros da banca examinadora pela disponibilidade, tempo dedicado e por suas valiosas contribuições à dissertação.

À Daisy por toda paciência em me ajudar nas análises estatísticas desse projeto.

À Ana Candida pela padronização das referências.

À todos os provadores, que tiveram disponibilidade de tempo em participar da análise sensorial deste trabalho.

Ao José Luiz e a Julie Dutilh por fornecer a matéria-prima para o desenvolvimento da dissertação.

As empresas, Multisorb, Diadema e Converplast por ter fornecido o material de embalagem necessário para o acondicionamento dos chips.

À Coordenadoria de Aperfeiçoamento do Pessoal de Ensino Superior (CAPES) pela bolsa de mestrado concedida.

Aos colegas de mestrado: Esther, Thaís, Diogo, Luana, Izabela, Karen, Beatriz, Adriana, Aline, Tainá, Kamile, Raquel, Sylvia, Maria Paula e Fabiola, que sempre me apoiaram.

Aos meus amigos Natani, Rafaela, Fernanda, Ana Cláudia, Juliana, Gabriela, Débora, Juliana, Luiz e outros que sempre me incentivaram.

À todas as pessoas que de alguma forma contribuíram para o desenvolvimento deste trabalho

RESUMO

A deficiência de micronutrientes afeta bilhões de pessoas mundialmente, causando problemas na saúde. O consumo de alimentos biofortificados como a batata-doce de polpa alaranjada com alto teor de carotenoides pró-vitamina A pode reduzir essa carência, principalmente em países em desenvolvimento. O desenvolvimento de chips de batata-doce oferece uma opção de consumo com maior vida de prateleira que o produto in natura. O objetivo desse estudo foi desenvolver chips de batata-doce biofortificada desidratado em secador com circulação de ar, minimizando a perda dos carotenoides e avaliar a influência dos sistemas de embalagem na estabilidade dos chips de forma a promover uma melhor preservação da qualidade química e sensorial ao longo da estocagem. Os chips foram embalados com nitrogênio em PET/Al/PEBD (poliéster / alumínio / polietileno de baixa densidade), PETmet/PEBD (poliéster metalizado / polietileno de baixa densidade), BOPP/metBOPP (polipropileno biorientado / polipropileno biorientado metalizado) e BOPP/metBOPP com absorvedor de oxigênio, e sem nitrogênio em BOPP/metBOPP, armazenados a 25 °C e 75% UR (umidade relativa) durante 212 dias. A taxa de permeabilidade ao oxigênio dos filmes de PET/Al/PEBD, PETmet/PEBD e BOPP/metBOPP a 23 °C / 1 atm foram de <0,05, 0,45 e 18,69 mL (CNTP) m⁻².dia⁻¹, respectivamente e a taxa de permeabilidade ao vapor de água dos filmes a 38 °C / 90% UR foram de <0,01, 1,09 e 0,31 g de água m⁻².dia⁻¹, respectivamente. O processamento apresentou uma retenção de 97,30% dos carotenoides totais e 97,68% do β-caroteno, resultando em um produto com 3801 µg 100 g⁻¹ de atividade de equivalentes de retinol, mostrando ser um alimento com grande potencial para o combate à desnutrição deste micronutriente. Durante a estocagem, os chips em BOPP/metBOPP sem nitrogênio obtiveram menor retenção de carotenoides totais e β-caroteno, 59,22% e 71,80% respectivamente. Essas perdas resultaram em alterações sensoriais de sabor, odor e perda de coloração, que definiram a vida útil em 153 dias. Os chips empacotados em PETmet/PEBD com nitrogênio apresentaram retenção de carotenoides totais e β-caroteno, 78,07% e 89,90%, respectivamente, a vida útil foi definida em 184 dias por alterações sensoriais de perda de crocância. O prazo de validade dos chips embalados com

nitrogênio em PET/Al/PEBD, BOPP/metBOPP e BOPP/metBOPP com absorvedor de oxigênio foi até 207 dias, em função dos resultados sensoriais que não apresentaram alterações significativas durante o período estudado, a retenção de carotenoides totais foram de 80,44%, 75,48% e 75,45% e β -caroteno, 89,86%, 82,80% e 79,94% respectivamente. Esses resultados mostraram que os sistemas de embalagem utilizados resultaram em uma vida útil superior a praticada pelo mercado de chips, que é em torno de 90 dias.

Palavras chave: Snack, batata-doce de polpa laranja, carotenoides, embalagens flexíveis, vida de prateleira.

ABSTRACT

Micronutrient insufficiency affects billions of people globally, causing health problems. Consumption of biofortified foods such as a high-carotenoid orange-sweet potato with a high vitamin A content may reduce this deficiency, especially in developing countries. The development of sweet potato chips, offers a choice of consumption, with great shelf life than the product in nature. The aim of the study was to elaborate biofortified dehydrated sweet potato chips in a dryer with air circulation, minimizing the loss of the carotenoids and evaluate the influence of the packaging systems on the stability of the chips in order to achieve a better chemical and sensory quality preservation and long-term storage. The chips were packed with nitrogen in PET/Al/LDPE (polyester / aluminum / low density polyethylene), PETmet/LDPE (polyester / metallized / low density polyethylene), BOPP/metBOPP (biaxially oriented polypropylene) and BOPP/metBOPP with oxygen absorber, and without nitrogen in BOPP/metBOPP, stored at 25 °C and 75% RH (relative humidity) during a period of 212 days. The oxygen permeability rate of the PET / Al / LDPE, PETmet / LDPE and BOPP / metBOPP films at 23 ° C / 1 atm were <0.05, 0.45 and 18.69 mL (STP) m⁻².day⁻¹ respectively, and the water vapor permeability rates of films at 38 °C / 90% RH were <0.01, 1.09 and 0.31 g of water m⁻².day⁻¹, respectively. The processing showed a retention of 97.30% of total carotenoids and 97.68% of β-carotene, resulting in a product with 3801 μg 100 g⁻¹ of retinol equivalent activity, presenting a great potential food to reduce the micronutrient malnutrition. The chips packed in BOPP/metBOPP without nitrogen presented lower retention of total carotenoids and β-carotene, 59.22% and 71.80% respectively. These losses resulted in sensory changes of taste, odor and color loss, which defined 153 days of shelf life. The chips in PETmet/LDPE with nitrogen reached 184 days of shelf life marked by the loss of crispness and showed 78.07% and 89.90% of retention for total carotenoids and β-carotene, respectively. The chips in PET/Al/LDPE, BOPP/metBOPP and BOPP/metBOPP with oxygen absorber packed with nitrogen did not present significant sensorial changes up to 207 days of storage; the retention of total carotenoids was 80.44%, 75.48% and 75.45% and β-carotene, 89.86%, 82.80% and 79.94%, respectively. These results showed that the current packaging

systems resulted in a longer shelf life compared to the practiced by the chips market, which is around 90 days.

Key-words: Snack, orange fleshed sweet potato, carotenoids, flexible packaging, shelf life.

ÍNDICES

RESUMO	VIII
ABSTRACT	IX
1. INTRODUÇÃO	1
2. OBJETIVOS	3
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	4
3.1 Batata-doce	4
3.2 Biofortificação	5
3.3 Batata-doce <i>Beauregard</i>	7
3.4 Carotenoides	8
3.5 Chips	12
3.6 Embalagens	14
3.6.1 Poliéster (PET) / Alumínio (Al) / Polietileno de baixa densidade (PEBD) ...	16
3.6.2 Poliéster (PET) metalizado/ Polietileno de baixa densidade (PEBD)	17
3.6.3 BOPP (polipropileno biorientado) / metalizado BOPP	18
3.7 Atmosfera Modificada.....	19
3.8 Embalagem Ativa	20
4. MATERIAL E MÉTODOS	22
4.1 Caracterização da matéria-prima	22
4.1.1 Umidade	22
4.1.2 Matéria seca.....	23
4.1.3 Proteínas	23
4.1.4 Cinzas	24
4.1.5 Lipídios	24
4.1.6 Fibra alimentar	24
4.1.7 Carboidratos.....	25
4.1.8 Calorias	26
4.1.9 Atividade de água.....	26
4.1.10 Teor de carotenoides.....	26
4.1.10.1 Extração dos carotenoides	27
4.1.10.2 Carotenoides totais.....	27

4.1.10.3 β -caroteno.....	28
4.1.10.4 Equivalentes de atividade de retinol	29
4.1.11 Cor instrumental.....	29
4.2 Ensaio de caracterização das embalagens.....	29
4.2.1 Espessura.....	30
4.2.2 Taxa de permeabilidade ao oxigênio	30
4.2.3 Taxa de permeabilidade ao vapor d'água	30
4.3 Processamento dos chips de batata-doce biofortificada assado	31
4.3.1 Atividade da peroxidase.....	34
4.3.2 Sistemas de embalagens utilizados no acondicionamento dos chips.....	34
4.4 Caracterização dos chips de batata-doce biofortificada.....	35
4.4.1 Composição centesimal.....	36
4.4.2 Atividade de água	36
4.4.3 Umidade	36
4.4.4 Teor de carotenoides	36
4.4.4.1 Cálculo de retenção de carotenoides.....	37
4.4.5 Cor instrumental.....	37
4.4.6 Avaliação microbiológica	37
4.4.6.1 Coliformes 45°C/g.....	37
4.4.6.2 <i>Bacillus cereus</i>	38
4.4.6.3 <i>Salmonella sp</i> 25 g	38
4.5 Estudo de estabilidade dos chips de batata-doce biofortificada.	39
4.5.1 Integridade do sistema de fechamento.....	39
4.5.2 Atividade de água	40
4.5.3 Umidade	40
4.5.4 Teor de oxigênio do espaço-livre.....	40
4.5.5 Teor de carotenoides	40
4.5.5.1 Cálculo de retenção de carotenoides.....	40
4.5.6 Cor instrumental.....	41
4.5.7 Avaliação sensorial	41
4.5.8 Análises estatísticas	42
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	43
5.1 Caracterização da matéria-prima.....	43
5.1.1 Teor de carotenoides da matéria-prima.....	44

5.1.2 Cor instrumental da matéria-prima	46
5.2 Caracterização do material de embalagem	47
5.3 Rendimento do processo:.....	49
5.3.1 Atividade da peroxidase:	51
5.4 Caracterização do chips de batata-doce:	51
5.4.1 Teor de carotenoides dos chips de batata-doce.....	52
5.4.2 Cor instrumental dos chips de batata-doce	54
5.4.3 Avaliação microbiológica:	55
5.5 Estudo de estabilidade dos chips	56
5.5.1 Integridade do sistema de fechamento	56
5.5.2 Atividade de Água e Umidade	56
5.5.3 Composição gasosa.....	60
5.5.4 Teor de carotenoides.....	63
5.5.5 Cor Instrumental.....	69
5.5.6 Avaliação sensorial	74
6. CONCLUSÕES.....	77
7. REFERÊNCIAS	79
8. ANEXOS	91

1. INTRODUÇÃO

Estima-se que mais de 2 bilhões de pessoas são afetadas mundialmente pela deficiência de micronutrientes ou “fome oculta”, em especial pela falta de vitamina A, iodo, ferro e zinco, entre outros. A deficiência de vitamina A é um problema de saúde pública que afeta principalmente crianças e mulheres em idade reprodutiva em mais de 100 países, podendo afetar o crescimento, funções imunológicas e reprodutivas, produtividade e desenvolvimento mental.

Uma solução para minimizar a deficiência de vitamina A, é a melhoria da dieta, através do consumo de alimentos ricos neste micronutriente. Com o intuito de oferecer alimentos mais nutritivos, aplica-se o conceito de biofortificação, baseado no melhoramento de culturas como batata-doce, abóbora e mandioca, que já estão presentes no cotidiano de populações carentes.

A biofortificação no Brasil ocorre através da seleção e cruzamento de genes chave e é desenvolvida pela Embrapa no âmbito do programa BioFORT: Biofortificação no Brasil, realizando melhoramento da batata-doce de polpa alaranjada *Beauregard* e outros vegetais com teores elevados de carotenoides pró-vitamina A que melhor se adaptem as condições climáticas do país.

Segundo Rodriguez-Amaya, Nutti e Carvalho (2011) a batata-doce *Beauregard* apresenta em média $185 \mu\text{g.g}^{-1}$ de raiz fresca de carotenoides totais, sendo que destes $115 \mu\text{g.g}^{-1}$ na raiz fresca corresponde ao β -caroteno. Enquanto que as batatas-doces de polpa branca apresentam em média $10 \mu\text{g.g}^{-1}$ na raiz fresca de β -caroteno, que são teores não significativos de vitaminas (RODRIGUEZ-AMAYA et al., 2011).

Sendo assim, uma vez desenvolvidas variedades biofortificadas, os desafios tecnológicos passam a ser desenvolver produtos com esta matéria-prima para ampliar a oferta de alimentos mais nutritivos, desenvolvendo soluções tecnológicas para a preservação dos micronutrientes. Além disso, é necessário reduzir as perdas desta matéria-prima nas fases de pós colheita ao consumo.

Uma das alternativas de processamento de batata-doce é a secagem com circulação de ar, que pode resultar em chips de batata-doce biofortificada

desidratado, tornando uma opção atrativa para crianças e adultos de snacks saudáveis rico em carotenoides.

Contudo, por se tratar de um alimento rico em carotenoides, o processamento requer alguns cuidados, pois os carotenoides são suscetíveis a degradação, que é influenciada pelo tempo, temperatura, disponibilidade de oxigênio, atividade enzimática e atividade de água.

Após o processamento da batata-doce rica em carotenoides, outra preocupação é manter os níveis de carotenoides durante a estocagem, pois os mesmos podem ser oxidados durante a estocagem. A oxidação dos carotenoides durante a estocagem pode ser influenciada pela transmissão de luz e permeabilidade ao oxigênio da embalagem, teor de oxigênio no espaço-livre, teor de oxigênio dissolvido no produto, falha na hermeticidade do fechamento, tempo e temperatura de estocagem.

Diversos estudos de retenção de carotenoides no processamento e estocagem de alimentos biofortificados foram realizados, no entanto, muitas vezes o método de processamento e as condições de estocagem são parcialmente informados ou não são descritos, acarretando falta de informações em relação a retenção de carotenoides pró-vitamina A e das condições de processamento e estocagem.

Sendo assim, é necessário avaliar o efeito do processamento e a influência de diferentes sistemas de embalagem na retenção de carotenoides do produto desenvolvido, mantendo os atributos sensoriais em níveis aceitáveis de qualidade, por um maior período de vida de prateleira.

O presente estudo teve por objetivo desenvolver chips de batata-doce biofortificada desidratado em secador com circulação de ar, e avaliar o efeito do processamento na retenção de carotenoides pró-vitamina A, assim como avaliar a influência do material de embalagem e da atmosfera no espaço livre na estabilidade dos chips.

2. OBJETIVOS

O objetivo desse estudo foi desenvolver chips de batata-doce biofortificada desidratado e definir o sistema de embalagem de forma a promover uma melhor preservação da qualidade química e sensorial ao longo da estocagem.

Para tanto deverão ser atendidos os objetivos específicos, tais como:

Avaliar os efeitos das características de barreira das embalagens (oxigênio e vapor d'água) e do tipo de acondicionamento (com a presença de oxigênio no espaço-livre da embalagem e/ou inertizado) na preservação da qualidade sensorial e físico-química dos chips biofortificados ao longo da estocagem;

Definir qual o melhor sistema de embalagem (material e acondicionamento) que propicie um período de vida de prateleira compatível ou superior ao praticado atualmente pelo mercado de chips em geral, e que preserve as características sensoriais e que propicie maior retenção de carotenoides.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Batata-doce

A batata-doce (*Ipomoea batatas* (L.) Lam.) é uma planta de constituição herbácea, rastejante, com folhas verdes ou arroxeadas, de fácil cultivo, possui ampla adaptação, resiste à seca e tem baixo custo de produção. O seu crescimento é mais satisfatório em áreas tropicais, subtropicais e temperadas (MIRANDA et al., 1989; MELO et al., 2009; BURRI, 2011). O ciclo de produção das raízes de batata-doce é curto (120 a 150 dias), resultando em grande volume de produção durante todo o ano (SILVA, LOPES, MAGALHÃES, 2002; MOSTA, MODI, MABHAUDHI, 2015). As cultivares de polpa alaranjada são facilmente encontradas nos Estados Unidos. As variedades que dominam a África, Ásia e América do Sul são de polpa branca (BURRI, 2013). A batata-doce é uma fonte de alimento básico para diversas populações em países em desenvolvimento (BOVELL-BENJAMIN, 2007).

A China é o principal produtor de batata doce no mundo, com produção de 77.375.000 toneladas no ano de 2012 (FAO, 2012). É utilizada principalmente para a produção de amido e biocombustível (MOSTA et al., 2015).

Em 2014, no Brasil foram produzidas 525.814 toneladas de batata-doce, com destaque para a produção da região Sul, com 233.515 toneladas. O estado de São Paulo é o segundo maior produtor do país, produzindo 74.988 toneladas (IBGE, 2014).

No Brasil é predominante a comercialização de batatas-doces de polpa na coloração branca, amarela e creme, dificilmente são encontradas batatas-doces de polpa alaranjada, apesar do seu consumo ser mais interessante do ponto de vista nutricional, pois são ricas em carotenoides (MELO et al., 2011).

A batata-doce é um alimento energético, que apresenta em média cerca de 30% de matéria seca ao ser colhida, contém em média 85% de carboidratos em relação a massa seca, quantidade muito superior a de outras culturas ricas em amido, como o arroz, milho e sorgo, seu teor de proteína e gordura é baixo, possui antioxidantes, como as antocianinas e os carotenoides, assim como fibras, zinco, potássio, sódio, manganês, cálcio, magnésio, ferro e vitamina C. (SILVA et al., 2002; BURRI, 2013; JI et al., 2015; MOSTA et al., 2015).

A batata-doce também é popular em dietas de baixo teor de gordura e é recomendada como um alimento de baixo índice glicêmico (IG) (DUTTA, 2015; MOSTA et al., 2015). Mas, de acordo com Bahado-Singh et al. (2011) & Allen et al. (2012), a batata-doce possui índice glicêmico de moderado a baixo, e seus valores de IG vão variar de acordo com a variedade e o modo de preparo.

As raízes de batata-doce são colhidas e consumidas durante o curto período da estação de plantio, mantendo boas propriedades sensoriais por até 4 semanas de armazenamento (OIRSCHOT, REES, AKED, 2003; OIRSCHOT et al., 2007).

A comercialização da raiz de batata-doce não permite manchas e cicatrizes na casca, e requer uniformidade no tamanho. O tamanho da raiz é caracterizado pelo peso médio das unidades na caixa, sendo que a diferença entre o peso da maior e o peso da menor raiz em relação ao peso médio das raízes na caixa pode variar no máximo 25%. Cerca de 20% da produção de raízes de batata-doce não são comercializadas por não atender a esses padrões, acarretando em grande perda de alimentos. No entanto, estas raízes com cicatrizes e manchas na casca, e com tamanhos irregulares podem ser utilizadas como matéria-prima pela indústria de alimentos na produção de produtos prontos para consumo e/ou como ingredientes (LEONEL, OLIVEIRA, FILHO, 2005; BATATA-DOCE, 2014).

A industrialização da batata-doce acarreta na obtenção de produtos com maior tempo de vida útil e maior valor agregado, a exemplo de quando se utiliza o processo de desidratação. Produtos desidratados de boa aceitação na maioria dos países são: *chips*, flocos de batata-doce, batata-doce desidratada e farinha de batata-doce (VIEIRA, MORAES, 1992; BECHOFF et al., 2011a; HUANG, ZHANG, 2012).

3.2 Biofortificação

Apesar dos esforços ao longo dos últimos anos de combate à desnutrição, estima-se que a desnutrição crônica afeta, 161 milhões de crianças menores de cinco anos de idade no mundo. Além disso, mais de 2 bilhões de pessoas são afetadas mundialmente pela deficiência de micronutrientes ou “fome oculta”, em especial pela falta de vitamina A, iodo, ferro e zinco, entre outros (MUTHAYYA et al., 2013; CONFERENCE..., 2014). As consequências negativas da “fome oculta” são muitas e afetam o crescimento, funções imunológicas e reprodutivas, produtividade

e desenvolvimento mental. As deficiências de micronutrientes afetam todas as faixas etárias, mas crianças e mulheres em idade reprodutiva são mais vulneráveis (PICCOLI et al., 2012).

Desta forma, diversas ações estão sendo adotadas para minimizar esses problemas, como controle do crescimento e desenvolvimento das crianças, melhorar o acesso da população aos centros de saúde, educação alimentar, entre outros. Um fator de grande importância na mudança dessa condição de desnutrição para uma qualidade de vida melhor é o oferecimento de alimentos com qualidade nutricional mais elevada, de baixo custo e acessíveis (MARQUES, MANOS, AVILA, 2011). Cerca de 30% da população brasileira é atingida pela deficiência de vitamina A, sendo a maior parte localizada no Nordeste do País (NUTTI, CARVALHO, 2015).

Existem diferentes formas que visam aumentar o nível de micronutrientes em uma dieta, alguns adicionando nutrientes artificiais, conhecido como processo de fortificação e outros com a utilização de cultivares com um nível maior de nutrientes comparando com uma cultivar convencional, processo conhecido como biofortificação (MELLO et al., 2015; NUTTI, CARVALHO, 2015).

Os produtos biofortificados tem por objetivo fortalecer os alimentos que são largamente produzidos e já fazem parte da dieta da população, proporcionando o acesso a produtos mais nutritivos sem alterar os hábitos de consumo (NUTTI, 2011; NUTTI, CARVALHO, 2015).

No Brasil o desenvolvimento de alimentos biofortificados ocorre através do melhoramento de culturas via seleção e cruzamento de genes chaves, de forma a obter biofortificação no campo. A biofortificação consiste no processo de cruzamento de plantas de uma mesma espécie, este processo, também é definido como melhoramento genético convencional, que tem como objetivo gerar cultivares mais nutritivas (WELCH, 2002; NUTTI, CARVALHO, WATANABE, 2006).

A Embrapa no âmbito do programa BioFORT: Biofortificação no Brasil realiza seleção de clones de cultivares de batata-doce com teores de β -caroteno mais elevados e que melhor se adaptem as condições climáticas do país (MELO et al., 2011).

Em relação ao suprimento de carotenoides pró-vitamina A, no Brasil está sendo realizado o melhoramento da batata-doce *Beauregard*, mandioca, milho e

abóbora, que são alimentos consumidos por grande parte da população carente (NUTTI et al., 2006).

Por ser amplamente produzida no Brasil, principalmente nas regiões Norte e Nordeste do país, a batata-doce é uma das matérias-primas estudadas. As variedades de polpa alaranjada são uma das opções mais baratas e abundantes de pró-vitamina A disponível durante o ano todo para as populações carentes (CORNEJO et al., 2011).

3.3 Batata-doce *Beauregard*

A batata-doce cultivar *Beauregard* é de origem americana, desenvolvida pela *Louisiana Agricultural Experiment Station* (programa de melhoramento State University) em 1981 (ROLSTON et al., 1987; FERNANDES et al., 2014). Segundo Rolston et al. (1987) a *Beauregard* possui um maior rendimento entre as raízes produzidas e comercializadas nos EUA, como a *Centennial* e *Jewel*.

No Brasil a introdução da cultivar *Beauregard* ocorreu pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), por intermédio do Centro Internacional de La Papa (CIP) do Peru, juntamente com outros 45 acessos de batata-doce, como parte das atividades do programa AgroSalud (FERNANDES et al., 2014).

Em 2010 a cultivar foi recomendada para as condições brasileiras como cultivar testada e indicada, sendo implantado um campo de plantas matrizes na Embrapa Hortaliças, Brasília – DF, para a produção e distribuição aos agricultores de mudas certificadas (MELO, 2011).

Devido a precocidade da cultivar *Beauregard*, o seu período de colheita é variável, apresentando ciclo entre 90 e 120 dias após o plantio, em função das condições de solo e clima. Dependendo das condições de adubação, irrigação, manejo e controle de pragas a sua produtividade varia de 20 a 50 toneladas / hectare por safra (FERNANDES et al., 2014).

A cultivar *Beauregard* possui grande potencial produtivo. Silva et al. (2015) avaliou o rendimento e produtividade de 6 cultivares de batata-doce (*Princesa*, *BRS Amélia*, *BRS Cuia*, *Braz. Roxa*, *Beauregard* e *BRS Rubissol*) e constatou que a variedade *Beauregard* se destaca quanto ao número total de raízes, massa total das raízes com média de 390 g por raiz e rendimento de 38,12 toneladas por hectare.

A batata-doce *Beauregard* (Figura 1) possui raízes alongadas, uniformes, do tipo elíptico, com casca arroxeada e superfície lisa. A polpa de cor alaranjado-intenso, é indicativa de alto teor de beta-caroteno (pró-vitamina A), substância encontrada principalmente em vegetais de coloração, amarelo-intenso e alaranjada (FERNANDES et al., 2014).



Figura 1: Aspecto visual da batata-doce biofortificada *Beauregard* (Fonte: Autor).

Segundo Fernandes et al. (2014) o consumo de 25 a 50 g de batata-doce *Beauregard* supre as necessidades diárias de pró-vitamina A, pois a cultivar possui alto teor de beta-caroteno, em média 115 mg/Kg de raiz.

Uma vez desenvolvidas variedades ricas em carotenoides pró-vitamina A, os desafios tecnológicos passam a ser desenvolver produtos com a possibilidade de ampliar a oferta de alimentos mais nutritivos, desenvolvendo soluções tecnológicas para a preservação dos micronutrientes e com maior valor agregado (NUTTI, CARVALHO, 2015).

3.4 Carotenoides

Os carotenoides compõem um dos grupos de pigmentos mais abundantes da natureza, são responsáveis pela coloração que vai do amarelo ao vermelho de diversos alimentos, sendo de suma importância tecnológica, pois a aceitação dos alimentos está diretamente relacionada com sua cor. Essa coloração é devido a

uma cadeia de ligações duplas conjugadas, onde a coloração se intensifica à medida que o número de ligações duplas conjugadas aumenta. Os carotenoides em alimentos geralmente são constituídos por 40 carbonos, formados por oito unidades isoprenoides (RODRIGUEZ-AMAYA, 2001; COULTATE, 2004; RODRIGUEZ-AMAYA, KIMURA, AMAYA-FARFAN, 2008; DAMODARAM, PARKIN, FENNEMA, 2010; STRINGHETA, VOLP, OLIVEIRA, 2010; AZEREDO, BRITO, GARRUTI, 2012).

Os carotenoides presentes em alimentos são passíveis de degradação e a sua estabilidade, depende de diversos fatores, como disponibilidade de oxigênio, temperatura, exposição à luz e atividade de água. Por possuir um alto teor de insaturações, os carotenoides são suscetíveis à isomerização e à oxidação (AZEREDO et al., 2012).

A importância dos carotenoides vai além de conferir cor aos alimentos, pois apresentam diversas atividades biológicas, como o efeito antioxidante pela remoção do oxigênio singlete, remoção dos radicais peroxila, proteção do ácido desoxirribonucleico (DNA) contra a oxidação, atividade pró-vitáminica A, entre outras (STRINGHETA et al., 2010).

A função primordial dos carotenoides na dieta humana é a sua capacidade de atuar como precursor da vitamina A. O carotenoide que apresenta maior atividade vitamínica A é o β -caroteno (Figura 2) uma vez que apresenta dois anéis de β -ionona, apresentando assim 100% de atividade de vitamina A. A estrutura da vitamina A consiste basicamente na metade da molécula do β -caroteno adicionado de uma molécula de água no final da cadeia poliênica. Estes carotenoides são convertidos pelas enzimas da mucosa do intestino delgado a retinol. A absorção dos carotenoides e a conversão em retinol não ocorre completamente, tornando a estimativa de atividade da vitamina A em alimentos bastante complexa, estima-se que 12 μg de β -caroteno forneça 1 μg de equivalentes de retinol (RODRIGUEZ-AMAYA, 2001; COULTATE, 2004; RODRIGUEZ-AMAYA et al., 2008; DAMODARAM et al., 2010; CHARRONDIÉRE, STADLMAYR, HAYTOWITZ, 2012).

O β -caroteno é comumente encontrado nas frutas vermelhas, amarelas e laranjas, nas raízes e nos vegetais, a exemplo das mangas, cenouras, batatas-doces e abóboras (DAMODARAM et al., 2010).

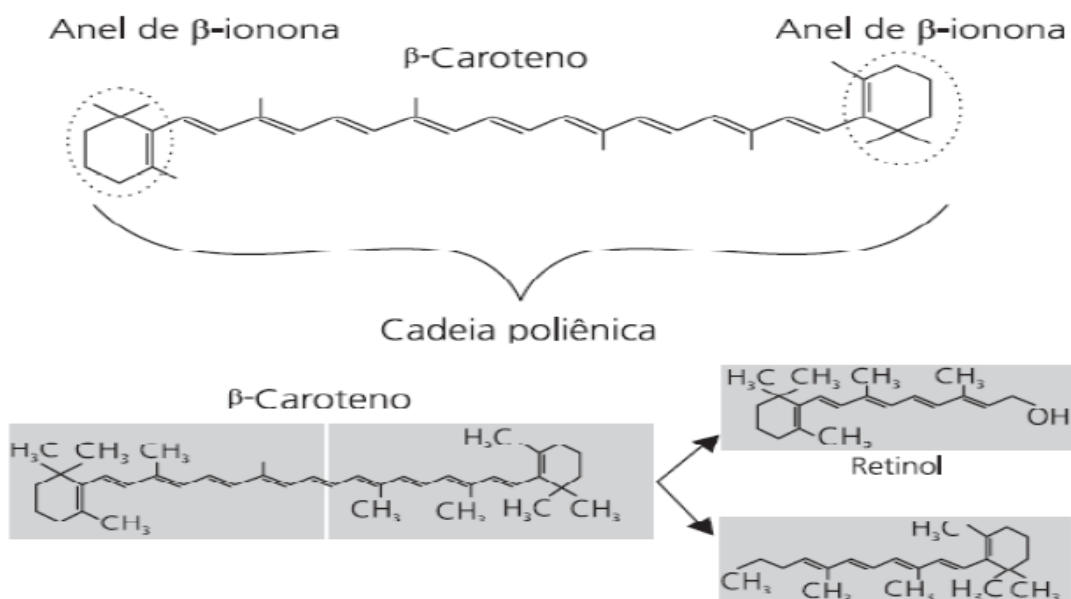


Figura 2: Estrutura química do β -caroteno (AMBRÓSIO, CAMPOS, FARO, 2006).

Conhecido por diversas funções benéficas a saúde, o β -caroteno desperta interesse da comunidade científica mundial, pois está relacionado à melhoria na atividade e mudança no número de células imunes, diminuição da ocorrência de doenças degenerativas como o câncer, reforço ao sistema imunológico, redução da formação de catarata e doenças cardiovasculares. (RODRIGUEZ-AMAYA et al., 2008; DAMODARAM et al., 2010).

A forma predominante na natureza é o *trans*- β -caroteno, geralmente este composto é estável no seu ambiente natural, porém quando produtos ricos nesse composto são submetidos ao processamento térmico, exposição a luz e contato com ácidos são isomerizados para a forma *cis*- β -caroteno. Essa isomerização *trans/cis* afeta a atividade de pró-vitamina A, mas não afeta a coloração dos carotenoides. Entretanto, a maior causa de perda de carotenoides é por oxidação enzimática ou não enzimática, o que depende da quantidade de oxigênio disponível e da estrutura do carotenoide e é acelerada por luz, calor, presença de metais, enzimas e peróxidos e inibido por antioxidantes (RODRIGUEZ-AMAYA, 1993; RODRIGUEZ-AMAYA, 1997; COULTATE, 2004; DAMODARAM et al., 2010; RODRIGUEZ-AMAYA et al., 2011).

A oxidação enzimática ocorre em grande extensão antes do tratamento térmico e a não enzimática em alimentos processados formando compostos carbonílicos e epóxidos. Em geral os epóxidos formam-se dentro do anel final,

resultando em perda de coloração e de atividade de pró-vitamina A (RODRIGUEZ-AMAYA, 1997; COULTATE, 2004; DAMODARAM et al., 2010; RODRIGUEZ-AMAYA et al., 2011).

As enzimas presentes nos alimentos são responsáveis por catalisar indiretamente a decomposição dos carotenoides e aumentar a exposição dos carotenoides ao oxigênio. O branqueamento tem a finalidade de inativar enzimas, sendo uma alternativa para diminuir as perdas de carotenoides, influenciando diretamente no seu conteúdo. Muitas vezes, os produtos de origem vegetal quando são submetidos ao branqueamento, acarretam em menor perda dos carotenoides durante o tempo de espera entre o preparo da matéria-prima e o processamento térmico lento, isso ocorre devido a inativação enzimática (RODRIGUEZ-AMAYA et al., 2008; DAMODARAM et al., 2010).

A secagem com circulação de ar, expõem os carotenoides ao oxigênio e ao calor, podendo acarretar em uma grande degradação destes compostos. Produtos desidratados de batata-doce, são suscetíveis à decomposição oxidativa durante o processamento e o armazenamento sob ar, em contrapartida apresentam baixa atividade de água, resultando em maior estabilidade dos carotenoides durante a estocagem. (RODRIGUEZ-AMAYA et al., 2008; DAMODARAM et al., 2010; AZEREDO et al., 2012).

A maior retenção de carotenoides durante o processamento pode ocorrer utilizando um tempo menor na etapa de descasque, corte e homogeneização, na redução do tempo e temperatura dos tratamentos térmicos, ou o emprego de temperaturas mais elevadas por tempos mais curtos (RODRIGUEZ-AMAYA et al., 2008).

Alterações no teor de carotenoides durante a estocagem basicamente são influenciadas pelo tempo e temperatura de estocagem, transmissão de luz e permeabilidade ao oxigênio da embalagem, teor de oxigênio do espaço-livre, falha na hermeticidade do fechamento da embalagem e também, na quantidade de oxigênio dissolvido no alimento. Estes fatores podem ser minimizados pelo acondicionamento sob vácuo ou com atmosferas inertes, utilização de embalagem com alta barreira ao oxigênio e barreira a luz (RODRIGUEZ-AMAYA, 1993; BRODY, STRUPINSKY, KLINE, 2001; VERMEIREN et al., 2003; LESKOVÁ et al., 2006; RODRIGUEZ-AMAYA et al., 2008; ROBERTSON, 2013).

3.5 Chips

O mercado de chips e snacks vem crescendo cada vez mais, principalmente nos centros urbanos. Em 2014 as vendas mundiais de snacks totalizaram US\$374 bilhões. Na região metropolitana de São Paulo, 46% do consumo de snacks é feito fora do lar, sendo 22% desse consumo realizado no intervalo entre almoço e jantar. (NEGÓCIOS, 2016).

O termo chips é originalmente americano e se refere a fatias finas de batata ou de outras matérias primas ricas em amido, fritas em óleos e gorduras (TFOUNI, et al., 2003; GRIZOTTO, 2005).

Segundo Min, Kin e Han (2010) um snack pode ser definido como tipo de alimento que não se destina a ser ingerido como refeição principal do dia, mas para ser consumido visando obter um breve fornecimento de energia para o corpo entre as refeições. Além disso o crescimento de produtos para refeições leves é esperado devido às seguintes razões:

a) materiais para snacks são fontes relativamente baratas de energia alimentar e nutricional;

b) snacks e produtos de cereais são refeições que apresentam conveniência, pois podem ser consumidos em muitos lugares, complementando as refeições;

c) mudanças nas fórmulas, reduzindo sal e adição de nutrientes e compostos funcionais podem ser realizadas.

Produtos com apelo de saudabilidade, são uma opção para os consumidores que possuem um estilo de vida mais saudável (BARBOSA et al., 2010).

Vegetais secos são uma opção de snacks saudáveis. De acordo com Huang & Zhang (2012) snacks de vegetais são feitos por diferentes métodos de secagem, resultando em diferentes texturas, sabores e odores, aumentando muitas vezes a sua aceitabilidade. Os vegetais secos mais populares usados para lanches são as batatas, cenouras e abóboras e são cortados em fatias (MIN et al., 2010; HUANG, ZHANG, 2012).

Chips de batata-doce são amplamente comercializados nos Estados Unidos, Japão e China, apresentando sabor doce e agradável, podendo ser bem aceito pelos consumidores brasileiros (VILPOUX, 2003; HUANG, ZHANG, 2012).

Produtos de vegetais são os produtos obtidos a partir de partes comestíveis de espécies vegetais tradicionalmente consumidas como alimentos, submetidos a processos de secagem e ou desidratação, ou laminação e ou outros processos tecnológicos considerados seguros para a produção de alimentos (BRASIL, 2005).

A operação de secagem consiste na remoção de boa parte da água do alimento, por evaporação, sendo um processo combinado de transferência de calor e massa. Este processo tem a finalidade de aumentar a vida útil dos alimentos por meio da redução da atividade de água, levando à inibição do crescimento microbiano, redução das reações de degradação de alimentos, e conseqüentemente uma maior estabilidade a temperatura ambiente, além de acarretar em redução de peso e volume facilitando o transporte, armazenamento, comercialização e manuseio (ORDÓÑEZ, 2005; FELLOWS, 2006).

O processamento de chips por secagem com ar quente é de fácil operação e de baixo custo, contudo a água do alimento é removida por alta temperatura e longo tempo de secagem, podendo causar reduções severas de nutrientes e modificar a qualidade sensorial. A utilização de pré-tratamentos como o branqueamento melhora a qualidade de produtos, e facilita a secagem em temperaturas mais baixas (HUANG, ZHANG, 2012).

O processo de secagem é tradicionalmente conhecido na preservação de batata-doce, resultando em chips desidratados, mas se tratando de uma matéria-prima rica em carotenoides, ocorre perdas durante a secagem e estocagem, sendo necessário reduzir essas perdas durante processamento e estocagem (BECHOFF et al., 2011a).

Snacks de vegetais desidratados, não apresentam crescimento microbiano devido à sua baixa atividade de água ($a_w < 0,6$), mas são sujeitos a apresentar reações químicas e enzimáticas que resultam na deterioração do produto (MIN et al., 2010).

A perda de crocância devido a absorção de umidade é uma das principais causas de rejeição dos snacks por parte dos consumidores (MIN et al., 2010).

Uma perda substancial de vitaminas em snacks enriquecidos é observada durante a vida prateleira. A maior influência na perda de vitaminas em snacks embalados é a temperatura de armazenamento, o oxigênio disponível e a luz. A

perda de aroma e sabor pode ser um problema determinados em produtos (MIN et al., 2010).

A maioria dos snacks estão suscetíveis a quebra física, em especial os chips de batatas, devido a sua fragilidade. Esse dano mecânico não é desejável para a maioria dos consumidores (MIN et al., 2010).

De acordo Min et al. (2010) e Robertson (2013) as reações de degradação de vitaminas, perda de crocância e o dano físico nos snacks podem ser minimizadas durante a vida útil, desde que se acondicione o produto em um material de embalagem e sistema de acondicionamento corretos, de forma a se atingir a vida útil pretendida.

3.6 Embalagens

A embalagem possui diversas funções sendo uma delas a de proteger o produto de contaminações externas, preservando-o durante toda a sua vida útil (PADULA, ITO, BORGHETTI, 2008). Alimentos e bebidas necessitam de proteção contra a ação de fatores ambientais como gases, luz, vapor d'água, odores estranhos, perda de aroma característico, poeira e micro-organismos, assim a embalagem deve possuir uma barreira que impeça ou dificulte o contato entre o ambiente externo e o produto em seu interior acondicionado (FELLOWS, 2006; SARANTÓPOULOS et al., 2008; ROBERTSON, 2013).

Segundo Sarantópoulos et al. (2008) e Robertson (2013) as propriedades de barreira dos polímeros indicam a capacidade de uma embalagem resistir à passagem de gases e vapores, resistir à permeação de lípidos e aromas e à passagem de luz.

As características de barreira de uma embalagem estão associadas ao próprio polímero ou, então, pelos coeficientes de difusibilidade e solubilidade, característicos do sistema permeante-polímero. As principais variáveis do material de embalagem relacionadas a taxa de permeabilidade são a espessura e área do material e algumas características moleculares, como: densidade, grau de compactação das cadeias e forças de ligação no polímero (MASSEY, 2003; SARANTÓPOULOS et al., 2008; BISHOP, MOUNT III, 2010).

As propriedades de barreira de uma embalagem devem ser definidas para cada alimento ou bebida, levando em consideração a composição do produto e suas reações de degradação intrínsecas, a sua forma de apresentação, o sistema de acondicionamento, o canal de distribuição e a durabilidade desejada (SARANTÓPOULOS et al., 2008).

A determinação das propriedades de barreira a gases, vapor d'água e luz são baseadas em medições padronizadas. A barreira a gases e ao vapor d'água é quantificada em termos de taxa de permeabilidade a gases e taxa de permeabilidade ao vapor d'água respectivamente, ou seja, pela quantidade de gás e vapor d'água que passa através da superfície da embalagem por unidade de tempo, a determinada temperatura e umidade relativa. A barreira a luz é medida em termos de transmissão de luz ultravioleta ou visível e é expressa como porcentagem de transmissão em uma faixa de comprimento de onda (SARANTÓPOULOS et al., 2008).

A estabilidade dos alimentos, pode ser influenciada pelas características de barreira do material de embalagem utilizado no acondicionamento dos alimentos. Chips apresentam vida de prateleira limitada principalmente por reações de oxidação de lipídeos e perda de crocância (BISHOP, MOUNT III, 2010; ROBERTSON, 2013). No caso dos chips ser feito de batata-doce biofortificada, por ter carotenoides pró-vitamina A, a vida útil também pode ser limitada pela perda do β -caroteno e isômeros por reação de oxidação. Dessa forma a embalagem deve oferecer barreira a luz, ao oxigênio e ao vapor d'água, para que não ocorram reações de oxidação dos carotenoides e perda de crocância (PADULA, SARANTÓPOULOS, OLIVEIRA, 2006; ROBERTSON, 2013).

Snacks são normalmente acondicionados em estruturas multicamadas flexíveis, latas compostas de cartão com folha de alumínio, oferecendo proteção contra a oxidação e ganho de umidade, seladas em atmosfera inerte conferindo também a proteção mecânica (MIN et al., 2010). No Brasil segundo Sarantópulos, Oliveira e Canavesi (2002) os chips de batata são normalmente acondicionados em embalagens flexíveis de BOPP/BOPPmet (polipropileno bi-orientado/ polipropileno bi-orientado metalizado) com espessura total entre 40 e 55 μ m. Produtos com vida útil mais curtas são acondicionados em materiais transparentes como o PP (polipropileno).

O consumo de embalagens flexíveis de salgadinhos no ano de 2011 foi de 13,1 mil toneladas, tendo um aumento de 1,6 mil toneladas no ano de 2015 (14,7 mil toneladas) (NEGÓCIOS, 2016).

Embalagens plásticas flexíveis apresentam como vantagem o menor impacto ambiental pelo menor consumo de recursos para a fabricação e transporte da embalagem (TUNG, BRITT, YADA, 2000; FELLOWS, 2006).

De maneira geral os filmes flexíveis são muito versáteis, podendo ser produzidos com diferentes propriedades de barreira, mecânicas e óticas, que vão depender da natureza de cada tipo de polímero presente na sua composição, podendo ser alteradas pela variação de espessura do filme, pela orientação das moléculas dos polímeros, pela quantidade e tipo de aditivos e pelo tipo e espessura de revestimentos (FELLOWS, 2006).

Os filmes flexíveis são divididos em diversas categorias, como estruturas monocamadas podendo ser revestidas com polímeros ou alumínio ou estruturas multicamadas que são as embalagens com combinações de materiais pelo processo de laminação ou co-extrusão. (HERNANDEZ, SELKE, CULTER, 2000; FELLOWS, 2006; ROBERTSON, 2013).

A escolha dos materiais de embalagem deve estar relacionada aos requisitos de proteção dos chips, assim minimizando e/ou retardando as reações físicas e químicas de deterioração, entre as estruturas utilizadas para snacks desidratados pode-se utilizar PET/Al/PEBD, PETmet/PEBD e BOPP/metBOPP (SARANTÓPULOS et al., 2002; MIN et al., 2010; ROBERTSON, 2013).

3.6.1 Poliéster (PET) / Alumínio (Al) / Polietileno de baixa densidade (PEBD)

O PET-poli (tereftalato de etileno), conhecido popularmente como poliéster, é uma resina muito utilizada como material de embalagem, tanto para embalagens rígidas quanto para filmes flexíveis. O mercado de filmes PET biorientado tornou-se disponível nos anos 60, com grande aceitação no acondicionamento de alimentos (GARCIA, SARANTÓPOULOS, COLTRO, 2008; ROBERTSON, 2013).

Os filmes de PET são bastante utilizados no acondicionamento de alimentos por possuir excelentes propriedades, a exemplo da aparência nobre (brilho e transparência), barreira a gases, boa resistência química e a óleos e gorduras, boa

resistência à tração, rigidez, estabilidade térmica, boa planicidade e características de deslizamento e resistência a perfuração. Sua barreira ao vapor d'água é média, porém pode ser melhorada pelo processo de laminação com folha de alumínio ou pelo processo de metalização (GARCIA et al., 2008; MIRANDA, 2011; ROBERTSON, 2013).

Em função das suas excelentes propriedades, o filme de PET é utilizado em diversas aplicações pela indústria de alimentos. Estruturas laminadas contendo PET e alumínio visam proteger o produto alimentício, contra perda de aroma, oxidação, ganho ou perda de umidade, aumentando a vida útil do produto. Essas embalagens são aplicadas no acondicionamento de café a vácuo, sopas desidratadas, sucos em pó, leite em pó, frutas e hortaliças desidratadas (FELLOWS, 2006; MIRANDA, 2011). Isto porque o alumínio oferece barreira absoluta a gases, umidade, aromas, gordura e luz, desde que não apresente microfuros, melhorando as propriedades requeridas para produtos desidratados. Este material é empregado na forma de folhas, com espessura variando de 8 a 12 μm para a fabricação de embalagens flexíveis, apresentando excelente apelo de marketing pelo aspecto visual metálico, que confere brilho (ABAL, 2011; MIRANDA, 2011; ROBERTSON, 2013).

O filme flexível de PET laminado com alumínio é utilizado associado a outros materiais a exemplo do PEBD (polietileno de baixa densidade), para permitir a termoselagem (ROBERTSON, 2013).

O PE (polietileno) é utilizado especialmente devido à sua propriedade de selagem, o bom equilíbrio em propriedades mecânicas e o seu baixo custo. (HERNANDEZ et al., 2000; GARCIA et al., 2008). Contudo, a função mais importante do PE na estrutura flexível de PET/Al/PE é a selagem. Quando as embalagens estão bem seladas vão assegurar a proteção e integridade do produto contido (COLES, KIRWAN, 2011).

3.6.2 Poliéster (PET) metalizado/ Polietileno de baixa densidade (PEBD)

Filmes flexíveis metalizados possuem uma gama de aplicações em embalagens de alimentos, sendo que inicialmente sua função era apenas decorativa, fornecendo uma aparência metálica brilhante. Com o passar dos anos,

se tornou um importante material com propriedades de barreira (HERNANDEZ et al., 2000; BISHOP, MOUNT III, 2010; ROBERTSON, 2013).

O processo de metalização ocorre por batelada e consiste na deposição de uma camada de metal (alumínio) sobre o polímero, essa deposição é feita por meio do vapor de alumínio sob vácuo dentro de uma câmara (HERNANDEZ et al., 2000; SARANTÓPULOS et al., 2002; PAULA, 2011). O desempenho de barreira de polímeros revestidos com metalização depende da espessura e uniformidade do revestimento, da rugosidade do substrato, da densidade de revestimento aplicado e do pré-tratamento aplicado para melhorar a adesão entre a camada de metalização e o substrato (ROBERTSON, 2013).

Uma variedade de plásticos podem ser metalizados, a exemplo dos filmes flexíveis de PET. Estruturas compostas de poliéster metalizado possuem barreira inferior quando comparada a estruturas laminadas com folha de alumínio, porém filmes metalizados apresentam balanço de custo-benefício e distribuição de alguns tipos de produtos, como: café almofada, leite em pó, achocolatados, chips de batata e frutas e hortaliças desidratadas (HERNANDEZ et al., 2000; FELLOWS, 2006; WAGNER JR, 2010; ROBERTSON, 2013).

Segundo Robertson (2013) a metalização de filmes flexíveis de PET reduz 98,5% a taxa de permeabilidade ao vapor d'água e 99,0% a taxa de permeabilidade ao oxigênio, quando comparados aos filmes de PET não metalizados.

Produtos embalados em estruturas metalizadas laminadas, oferecem maior tempo de vida útil, quando comparado ao filme de PET monocamada sem metalização, por melhorar as propriedades de barreira a gases, umidade e luz (ROBERTSON, 2013).

3.6.3 BOPP (polipropileno biorientado) / metalizado BOPP

O PP (polipropileno) é uma poliolefina obtida pela polimerização do propileno, é um polímero linear com quase nenhuma insaturação. Filmes de PP encontram-se no mercado em uma ampla variedade de mono e multi camadas, pois possuem uma excelente processabilidade, e uma das suas principais aplicações no mercado de embalagens flexíveis é na forma de filmes de BOPP - polipropileno biaxialmente orientados (HERNANDEZ et al., 2000; GARCIA et al., 2008; WAGNER JR, 2010).

A orientação biaxial de filmes de PP consiste em realizar o processo de realinhamento molecular, através do estiramento na direção longitudinal e na direção transversal. Este processo tende a aumentar a cristalinidade e melhorar as propriedades de barreira (HERNANDEZ et al., 2000).

Filmes de BOPP em virtude da orientação das cadeias de polipropileno possui melhor propriedade de barreira ao vapor d'água quando comparado com filmes de PP, a orientação biaxial melhora também as propriedades de resistência a tração em cada direção, podendo ser aproximadamente quatro vezes maior que as do filme de PP (MORTARA, 2011; ROBERTSON, 2013).

Com a finalidade de melhorar as barreiras ao vapor d'água e à gases, assim como incorporar barreira a luz, utiliza-se o processo de metalização. Os filmes de BOPP metalizados de alta barreira agregam excelentes resultados de proteção para aplicação em embalagens de alimentos. Assim a camada externa de BOPP, permite juntamente com o processo de metalização, maximizar as propriedades de barreira promovida pela camada de metal depositada (WAGNER JR, 2010; MORTARA, 2011).

De acordo com Robertson (2013) a metalização de filmes de BOPP pode reduzir 75% a sua taxa de permeabilidade ao vapor d'água e 98,7% a taxa de permeabilidade ao oxigênio, quando comparados a filmes de BOPP não metalizados.

As estruturas com BOPP impresso laminado com filme de BOPP metalizado são excelentes opções para acondicionar snacks, biscoitos, bolos e confeitos, sorvetes em palito, favorecendo o apelo visual da embalagem, por ter uma excelente propriedade superficial, além de oferecer maior barreira a materiais laminados com espessura total reduzida, uma vez que permitem aliar as vantagens do processo de biorientação ao significativo efeito de melhoria de barreira pelo revestimento por metalização (SARANTÓPULOS et al., 2002; MIRANDA, 2011).

3.7 Atmosfera Modificada

Com o intuito de oferecer ao consumidor produtos de maior valor agregado, as tecnologias visam aumentar a vida útil dos produtos mantendo sua qualidade, a exemplo das embalagens com atmosfera modificada, que possuem uma

considerável importância no mercado de embalagens (SARANTÓPULOS, ANTONIO, 2006; ROBERTSON, 2013).

A retirada do ar atmosférico (21% oxigênio) do interior da embalagem e substituição por uma mistura de gases, contribui para o aumento da vida útil de produtos que são suscetíveis à oxidação, crescimento de fungos, bactérias e insetos, à ação enzimática e a senescência pode ser retardada (SARANTÓPULOS, ANTONIO, 2006; GIL, BUGATTI, 2011).

O acondicionamento de alimentos em embalagens com atmosfera modificada é utilizado comercialmente para a preservação de produtos de carnes e derivados, aves, pescados, produtos de panificação, de confeitaria, produtos secos, frutas e hortaliças (SARANTÓPULOS, ANTONIO, 2006).

Diversos gases têm potencial para aumentar a vida útil de alimentos, inibindo e/ou retardando reações químicas, reações bioquímicas e deterioração microbiológica. O gás carbônico (CO₂), nitrogênio (N₂) e oxigênio (O₂), são os gases de maior interesse para sistemas de embalagem com atmosfera modificada (SARANTÓPULOS, ANTONIO, 2006).

O processo de aplicação de nitrogênio no espaço livre da embalagem é denominado inertização, consiste em substituir o oxigênio do ar atmosférico pelo nitrogênio, podendo conter um residual de oxigênio de até 3%. O nitrogênio é um gás quimicamente inerte, que tem por função principal substituir gases ativos como oxigênio, este gás não interage diretamente com o alimento. Quando o nitrogênio substitui quase completamente o oxigênio, reações de oxidação de gordura, pigmentos, aromas e nutrientes são minimizadas (SARANTÓPULOS, ANTONIO, 2006; COLES, KIRWAN, 2011; ROBERTSON, 2013).

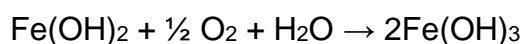
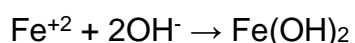
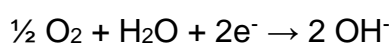
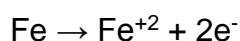
3.8 Embalagem Ativa

A determinação da vida útil de produtos embalados incluem vários aspectos, como as reações fisiológicas (respiração de frutas e vegetais), reações químicas (oxidação lipídica e oxidação de carotenoides), reações físicas (desidratação), aspectos microbiológicos (deterioração por micro-organismos) e infestação de insetos (AHVENAINEN, 2003).

Utilizar um sistema apropriado de embalagem ativa, pode acarretar em uma redução significativa dessas reações. Embalagens ativas refere-se a diversas tecnologias, nas quais a embalagem interage com o produto diretamente ou por meio do espaço livre da embalagem, a fim de assegurar a qualidade, a segurança ou aumentar a vida útil dos alimentos. Essas embalagens podem ser divididas em duas categorias, sistemas absorvedores e/ou sistemas de liberação. Os sistemas absorvedores visam remover compostos indesejáveis, a exemplo do oxigênio (AHVENAINEN, 2003; SARANTÓPOULOS, DANTAS, 2012).

O uso de atmosfera modificada nem sempre remove completamente o oxigênio do espaço livre da embalagem, geralmente deixando um residual de até 3%, o que pode aumentar durante a estocagem e acarretar em reações de oxidação. Absorvedores de oxigênio podem reduzir essa concentração de oxigênio a menos de 0,01% (VERMEIREN et al., 2003; DAY, POTTER, 2011; ROBERTSON, 2013).

Os absorvedores de oxigênio mais utilizados são pequenos sachês contendo partículas metálicas redutoras como o óxido de ferro em pó, carbonato ferroso e platina metálica ou ácido ascórbico (DAY, POTTER, 2011; ROBERTSON, 2013). De maneira geral, o ferro é usado para proporcionar uma grande área superficial de reação, ocorrendo da seguinte forma:



Segundo Sarantópoulos & Cofcewicz (2016), os absorvedores que utilizam compostos à base de ferro necessitam de umidade (presente no alimento ou no espaço livre da embalagem) para reagir com o oxigênio absorvendo-o do ambiente ao redor do produto.

Absorvedores de oxigênio podem ser caracterizados por duas propriedades: capacidade de absorção e constante de velocidade de absorção. Embora a capacidade de absorção dos sachês comerciais é bem documentada, poucos estudos foram feitos para avaliar a taxa de absorção que muitas vezes é o

parâmetro de primordial importância para a qualidade dos alimentos (ROBERTSON, 2013).

No geral 1 g de ferro pode reagir com 0,0136 mol de O₂, que equivale a aproximadamente 300 mL, diversos sachês absorvedores de oxigênio estão disponíveis comercialmente, com capacidade de consumir 20-2000 mL de O₂ (ROBERTSON, 2013).

Os absorvedores de oxigênio são desenvolvidos e comercializados por grandes empresas como a divisão da Cryovac da empresa Sealed Air, Multisorb Technologies, Mitsubishi Gas Chemical, entre outras (KERRY, BUTLER, 2008; SARANTÓPOULOS, DANTAS, 2012).

Segundo Min et al., (2010) & Robertson (2013) o acondicionamento de alimentos em embalagens flexíveis com alta barreira ao oxigênio, com redução de O₂ no espaço livre da embalagem através da inertização, assim como um fechamento hermético, aliado ao uso de absorvedores de O₂, pode garantir uma maior vida útil a produtos sensíveis ao oxigênio.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Caracterização da matéria-prima

A batata-doce de polpa alaranjada da variedade *Beauregard*, foi cultivada na fazenda Pau D'alho no município de Campinas-SP. O lote utilizado neste estudo foi colhido após um período de crescimento de 4 meses entre novembro de 2015 a fevereiro de 2016 e transportados até o Instituto de Tecnologia de Alimentos – ITAL, localizado no município de Campinas-SP. O lote foi armazenado em câmara de estocagem à 25±2 °C e 75±5% UR durante 11 dias. Posteriormente foram avaliados quanto ao teor de umidade, matéria seca, proteínas, cinzas, lipídios, fibra alimentar, carboidratos, calorias, atividade de água, carotenoides totais, beta-caroteno e cor instrumental e processados na forma de chips.

4.1.1 Umidade

A umidade foi determinada em quadruplicata de acordo com o método nº 964.22 (AOAC, 2012), em estufa a vácuo (Gallenkamp, Leicestershire, Reino Unido) por 2 horas à 70 °C até peso constante, em balança analítica (Sartorius analytic – A200S, Goettingen, Alemanha) com 0,0001 de precisão. A determinação de umidade é dada pela fórmula:

$$g \frac{\textit{umidade}}{100g} = \frac{M1}{M2} \times 100$$

Onde: m1 = massa de água (g); m2 = massa da amostra úmida (g).

4.1.2 Matéria seca

A matéria seca foi calculada por diferença entre o numeral 100 e a umidade de acordo com a seguinte fórmula:

$$g \frac{\textit{matéria seca}}{100g} = 100 - \textit{umidade}$$

4.1.3 Proteínas

A quantificação de proteínas foi realizada em duplicata, baseada no método nº 920.152 (AOAC, 2012).

A amostra foi digerida com ácido sulfúrico concentrado sob aquecimento, na presença de catalisadores, transformando todo o nitrogênio presente na amostra em sulfato de amônia. Em um sistema fechado, o sulfato de amônia é convertido em amônia gasosa após a alcalinização do meio com solução de hidróxido de sódio concentrada. A amônia foi destilada e recolhida em solução de ácido bórico contendo indicador ácido-base.

O teor de nitrogênio foi calculado a partir do volume e da concentração de uma solução de ácido clorídrico padronizada, utilizada para a titulação do ácido bórico.

O teor de proteína da amostra é calculado pela multiplicação do teor de nitrogênio total por um fator específico do produto (5,75), de acordo com a fórmula a seguir, este método também é conhecido como método de Kjeldahl.

$$g \frac{\text{proteína}}{100g} = \frac{(\text{HCL Am. mL} - \text{HCL B. mL}) \times [\text{HCL}](\text{N}) \times F(\text{HCL}) \times 14 \times 100 \times F^*}{\text{massa da amostra g} \times 1000}$$

Onde: HCl Am. mL = volume de ácido clorídrico na amostra; HCl B. mL = volume de ácido clorídrico branco; [HCl] (N) = concentração de ácido clorídrico; F(HCl) = fator do ácido clorídrico e F* = 5,75 fator específico do produto batata-doce.

4.1.4 Cinzas

A amostra foi incinerada em mufla a 550 °C, a quantificação foi feita por gravimetria em duplicata, de acordo com o método nº 925.51 (AOAC, 2012).

O teor de cinzas é dado pela seguinte fórmula:

$$g \text{ de } \frac{\text{cinzas}}{100g} = \frac{m2 - m1}{m0} \times 100$$

Onde: m2 = massa da cápsula + cinzas (g); m1 = massa da cápsula (g); m0 = massa da amostra (g).

4.1.5 Lipídios

A quantificação dos lipídios foi determinada em duplicata baseada no método nº 935.37 (AOAC, 2012). A amostra foi submetida a hidrólise ácida, que consiste na adição de 60 mL de ácido clorídrico concentrado em ebulição por 30 minutos e resfriada até temperatura ambiente. Em seguida, a amostra foi filtrada em papel de filtro duplo e lavada com água destilada. O papel de filtro com lipídios foi acondicionado em estufa com circulação de ar a 80±5 °C por 2 horas. Os lipídios foram extraídos com 80 mL de éter de petróleo em extrator Butt sob refluxo por 6 a 8 horas.

A amostra desengordurada foi descartada, e o solvente evaporado a 50 °C. O balão foi acondicionado em estufa a 100±5 °C por 1 hora. Após resfriar, o balão foi pesado e o teor de lipídios calculado pela fórmula:

$$g \text{ de } \frac{\text{lipídios}}{100g} = \frac{m_2 - m_1}{m_0} \times 100$$

Onde: m2 = peso do balão + óleo (g); m1 = peso do balão (g); m0 = massa de amostra (g).

4.1.6 Fibra alimentar

Para a determinação de fibras utilizou-se o método enzimático-gravimétrico nº 985.29 (AOAC, 2012). Este método baseia-se na gelatinização e hidrólise parcial do amido com uma alfa-amilase termorresistente (Termamyl® 2X - LNF Latino Americana, Araucária, Brasil), seguida de hidrólise de parte das proteínas com uma protease e hidrólise do amido residual com uma amiloglicosidase (AMG 300 L - LNF Latino Americana, Araucária, Brasil). A Fibra Alimentar Total (FAT) é precipitada pela adição de etanol 95%, e o resíduo é filtrado, lavado com solventes, seco e pesado. O valor da FAT é corrigido subtraindo o branco analítico (BA) e os teores de proteína e cinzas dos resíduos após suas respectivas determinações. As determinações foram realizadas em duplicata.

O teor de fibras totais é dado pela fórmula:

$$FAT = \frac{R - P - C - B}{m} \times 100$$

Onde: R = média das massas dos resíduos (g); P = média do teor de proteína dos resíduos (g); C = teor de cinzas de um resíduo (g); m = média da massa da amostra para análise (g); B = valor do branco analítico (B = R_b - P_b - C_b).

4.1.7 Carboidratos

O teor de carboidratos foi calculado por diferença com base nos teores de umidade, proteínas, cinzas, lipídios e fibra alimentar total, de acordo com a fórmula a seguir.

$$g \text{ de } \frac{\text{carboidratos}}{100g} = 100 - (U + P + C + L + FAT)$$

Onde: U = Umidade (g); P = Proteínas (g); C = Cinzas (g); L = Lipídios (g) e FAT = Fibra alimentar total (g).

4.1.8 Calorias

As calorias foram calculadas de acordo com (KALIL, 1975 & PASSMORE et al., 1975). Os valores quantificados em g de carboidratos e proteínas foram multiplicados por 4 Kcal/g e os valores quantificados de lipídios foram multiplicados por 9 Kcal/g, de acordo com a seguinte fórmula:

$$\text{Calorias (Kcal)} = 4 \frac{\text{kcal}}{\text{g}} \times g \text{ C} + 4 \frac{\text{kcal}}{\text{g}} \times g \text{ P} + 9 \frac{\text{kcal}}{\text{g}} \times g \text{ L}$$

Onde: C = carboidratos (g); P = Proteínas (g) e L = Lipídios

4.1.9 Atividade de água

A atividade de água foi determinada em um higrômetro baseado em psicrometria (Decagon – AquaLab 4 TEV, Pullman, USA) com resolução de 0,0001A_a. Foram realizadas quatro determinações a 25,0±0,3 °C (DECAGON..., s.l.s.d).

4.1.10 Teor de carotenoides

A determinação de carotenoides totais e β-caroteno foi realizada conforme descrito por Rodriguez-Amaya (2001). A quantificação de carotenoides totais foi por meio de leitura de absorbância a 453 nm em espectrofotômetro UV-VIS e na

quantificação foi utilizado o coeficiente de absorção de 2592 (unidades de absorbância). A análise do extrato para quantificação do β -caroteno foi feita em cromatógrafo líquido de alta eficiência com detector de arranjo de diodos. Os métodos estão descritos a seguir:

4.1.10.1 Extração dos carotenoides

As batatas-doces foram previamente homogeneizadas em um moinho analítico (IKA - A11 basic, Campinas, Brasil). Posteriormente foram pesados, em triplicata, 3 g da amostra em erlenmeyer de 125 mL, adicionado hyflosupercel (Synth, Brasil) e 10 mL de água deionizada com a finalidade de homogeneizar e hidratar a amostra. Após 10 minutos de hidratação foi adicionado 50 mL de acetona para realizar a extração dos pigmentos em desintegrador (Marconi – MA 102, Piracicaba, Brasil) por 1 minuto.

O extrato foi filtrado à vácuo em um funil Buchener, o resíduo foi recolhido e transferido para o erlenmeyer para fazer nova extração com 30 mL de acetona no desintegrador, seguido de nova filtração em funil Buchener. O processo de extração foi repetido até a amostra ficar com cor amarelo palha e a acetona incolor.

Em funil de separação de 250 mL foi adicionado 50 mL de éter de petróleo, e foram transferidas alíquotas de 25 mL da amostra em acetona. Após cada alíquota, foi adicionado água destilada ao longo da parede do funil, sem agitação para evitar a formação de emulsão e aguardou-se a separação das fases. A fase aquosa com a acetona foi descartada, e o processo repetido até completa transferência do extrato de carotenoides para o éter de petróleo. Após a última transferência lavou-se a amostra por 3 vezes com água destilada para remover a acetona residual. O extrato etéreo com os carotenoides foi transferido para balão volumétrico de 50 mL e o volume ajustado com éter de petróleo. As amostras foram protegidas da luz com folha de alumínio.

4.1.10.2 Carotenoides totais

Para a determinação de carotenoides totais foi diluído 1 mL do extrato para 10 mL com éter de petróleo, e as leituras de absorbância foram a 453 nm em

espectrofotômetro (Cary 50 - Varian, Santa Clara, USA). Na quantificação foi utilizado o coeficiente de absorção de 2592 (unidades de absorbância). A diluição foi feita para uma faixa de absorbância entre 0,3 – 0,7.

O teor de carotenoides totais expressos como beta-caroteno foi calculado usando a seguinte fórmula:

$$\text{Teor total de carotenoides } \frac{\mu\text{g}}{\text{g}} = \frac{A \times V \text{ (mL)} \times 10^4}{A \frac{1\%}{1 \text{ cm}} \times MA \text{ (g)}}$$

Onde: A = absorbância; V = fator de diluição (50x10); $A \frac{1\%}{1 \text{ cm}}$ = coeficiente de absorção de beta-caroteno em éter de petróleo e MA = massa de amostra.

4.1.10.3 β -caroteno

O padrão de β -caroteno utilizado foi o *trans*- β -caroteno 95% C4582 (Sigma-Aldrich, USA). Cerca de 5 mg de *trans*- β -caroteno foram dissolvidos em 5 mL de éter de petróleo e a concentração foi corrigida por espectrofotometria a 453 nm com uso do coeficiente de absorção de 2592 (unidades de absorbância).

As amostras diluídas na fase móvel foram colocadas em vórtex por 1 min e filtradas em membrana de celulose regenerada de 0,45 μm (Millipore).

Os carotenoides foram separados em sistema de eluição isocrático, sendo a fase móvel constituída de acetonitrila:metanol:acetato de etila:triethylamina (79, 95:10:10:0,05, v/v/v/v) com vazão de 0,5 mL min^{-1} e monitoração a 452 nm. A determinação ocorreu em cromatógrafo (Agilent - Infinity 1260, Apple Valley, USA) com uso de coluna analítica Poroshell 120 EC-18, 4,6 x 50mm, 2,7 μm (Agilent, Apple Valley, USA).

O teor de β -caroteno foi calculado usando a seguinte fórmula:

$$C \left(\frac{\mu\text{g}}{\text{g}} \right) = \frac{A \times C \times V \text{ (mL)}}{A \times MA \text{ (g)}}$$

Onde: C ($\mu\text{g/g}$) = concentração de β -caroteno; A = área do pico do caroteno da amostra; C = concentração do padrão; V = volume total de extrato; A = área do pico do padrão; MA = massa de amostra.

Os reagentes metanol, acetonitrila e acetato de etila utilizados no processo cromatográfico foram de grau cromatográfico (Tedia, USA) e demais reagentes utilizados foram de grau analítico.

4.1.10.4 Equivalentes de atividade de retinol

O equivalente de atividade de retinol da matéria-prima foi calculado conforme descrito por Charrondiére, Stadlmayr & Haytowitz (2012) de acordo com a seguinte fórmula:

$$EAR \frac{\mu\text{g}}{100\text{g}} = \frac{\beta - \text{caroteno} (\mu\text{g})}{12} \times M.S.$$

Onde: EAR = equivalentes de atividade de retinol e M.S. = % matéria seca

4.1.11 Cor instrumental

A matéria-prima foi avaliada quanto a sua cor, a batata-doce foi cortada em fatias e medida diretamente em colorímetro (Konica Minolta - CR410, Reston, USA) com área de medição de 50 mm de diâmetro. O equipamento foi calibrado antes de cada medição usando uma placa de calibração. Os valores foram a média de dez leituras consecutivas. Os resultados estão descritos com base nos valores L^* , a^* e b^* , onde L^* é uma medida de luminosidade, a^* define os componentes no eixo vermelho-verde e b^* os componentes no eixo amarelo-azul.

4.2 Ensaio de caracterização das embalagens

Os materiais das embalagens utilizadas no estudo foram caracterizados quanto à espessura, taxa de permeabilidade ao oxigênio (TPO₂) e taxa de permeabilidade ao vapor d'água (TPVA).

4.2.1 Espessura

A determinação da espessura total e de cada camada das amostras foram realizadas através da análise de imagens capturadas por microscópio ótico (Leica - DM750, Buffalo Grove, USA) operando com aumento de 200 vezes, utilizando o sistema de análise de imagem Axio Vision, da empresa Zeiss. Para o preparo do corpo de prova foi utilizado um micrótomo (Leica - RM2245, Buffalo Grove, USA) com espessura de corte posicionada em 40 µm. Foram analisados cinco corpos de prova retirados ao longo da direção transversal do material e, em cada um deles, foram feitas cinco medidas, totalizando 25 determinações de espessura da amostra analisada.

4.2.2 Taxa de permeabilidade ao oxigênio

As taxas de permeabilidade ao oxigênio (TPO₂) foram determinadas em duplicata por método coulométrico, segundo procedimento descrito na norma ASTM D 3985-05 - *Standard test method for oxygen gas transmission rate through plastic film and sheeting using a coulometric sensor*, em equipamento OXTRAN, (MOCON - 2/20, Minnesota, EUA) operando com oxigênio puro como gás permeante à temperatura de 23 °C e a seco. O resultado obtido foi corrigido para 1atm de gradiente de pressão parcial de oxigênio.

4.2.3 Taxa de permeabilidade ao vapor d'água

As taxas de permeabilidade ao vapor d'água (TPVA) dos laminados foram determinadas em quadruplicata a 38°C/90%UR em um equipamento com sensor infravermelho PERMATRAN, (MOCON - W 3/31, Minnesota, EUA) segundo procedimento descrito na norma ASTM F1249-13 - *Standard test methods for water vapor transmission rate through plastic film and sheeting using a modulated infrared sensor*.

4.3 Processamento dos chips de batata-doce biofortificada assado

Com base em estudos realizados para chips em geral (AGUIRRE, 2002; GRIZOTTO, 2005) o processamento dos chips de batata-doce foi adaptado conforme as etapas descritas no fluxograma qualitativo (Figura 3).

Após o processamento foi calculado o rendimento através da seguinte equação:

$$R (\%) = \frac{PAS}{PIN} \times 100$$

Onde: R (%) = Rendimento; PAS = Peso após secagem e PIN = Peso in natura

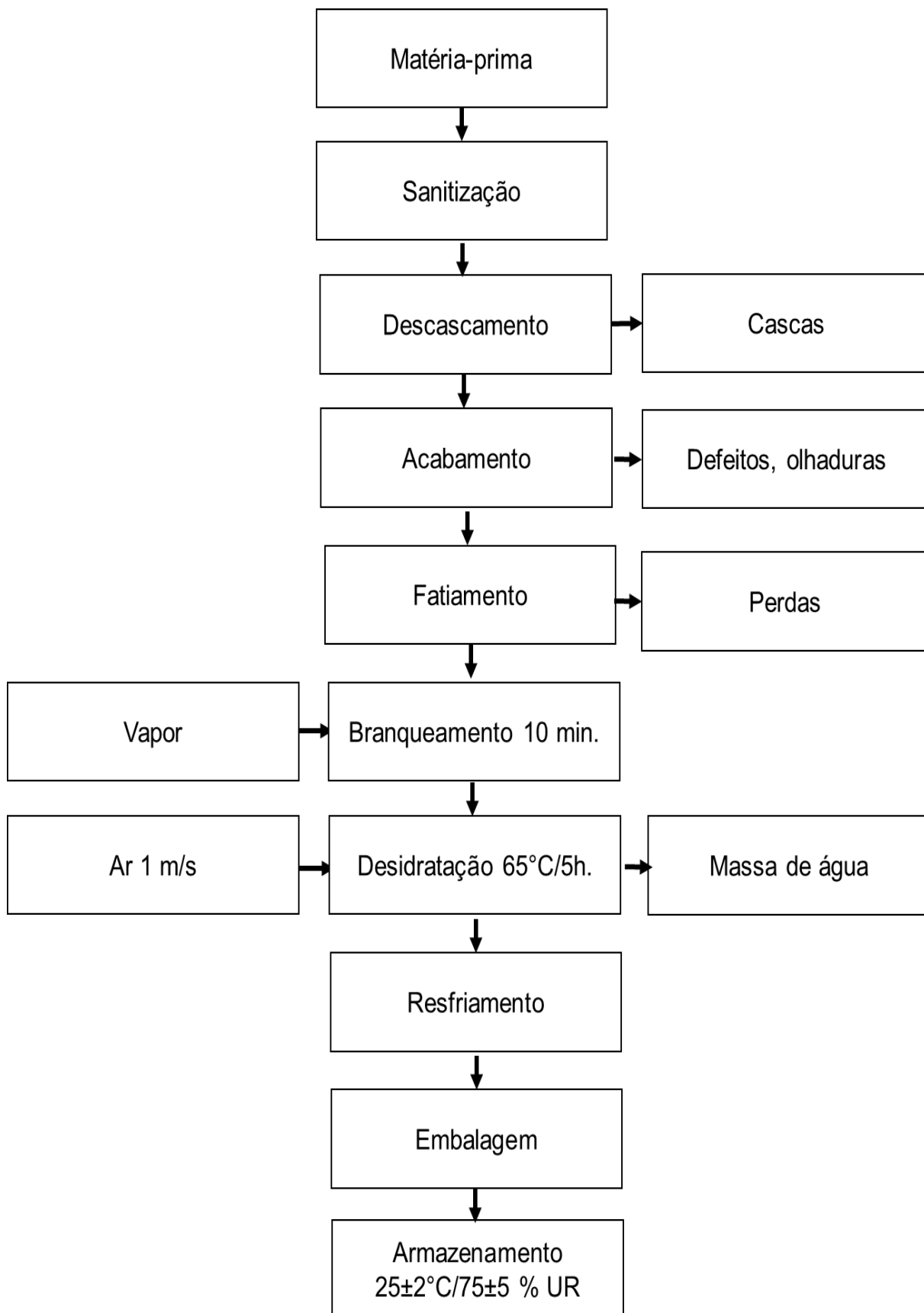


Figura 3: Fluxograma qualitativo do processo de fabricação dos chips de batata-doce biofortificada.

Matéria-prima: as batatas-doces *Beauregard* foram fornecidas pela Fazenda Pau D'alho e transportadas até o Instituto de Tecnologia de Alimentos - ITAL.

Sanitização: as batatas foram lavadas em água corrente para retirada de sujidades grosseiras, e sanitizadas em solução à 0,1% de hipoclorito de sódio (Mikro Chlor - ECOLAB®) por 15 minutos.

Descascamento: o descascamento ocorreu manualmente com descascador para batatas de aço inox (Tramontina - Easy, Rio Grande do Sul, Brasil).

Acabamento: após o descascamento as batatas passaram por uma etapa de acabamento manual, para remover olhaduras, áreas descoloridas, porções deterioradas, cascas residuais e outros possíveis defeitos.

Fatiamento: foi realizado em um fatiador automático, com espessura variando entre 1,0 a 2,0 mm. As fatias foram mantidas em água potável até a sua utilização.

Branqueamento: as fatias de batata-doce foram dispostas em bandejas perfuradas e passaram por um túnel de vapor com pressão de linha de 4 ± 1 kgf cm⁻² por 10 minutos a 100°C. O tempo de branqueamento foi definido pela análise da atividade da peroxidase realizada em triplicata conforme o método descrito no item 4.3.1.

Desidratação: As fatias de batata-doce foram desidratadas em secador de bandejas (Proctor & Schwartz - K13964, Lexington, USA) com circulação de ar com vazão de 1m/s na temperatura de 65 °C por 5 h.

Resfriamento: Os chips de batata-doce foram resfriados até a temperatura ambiente dentro do secador de bandejas, com circulação de ar ambiente.

Embalagem: Os chips foram acondicionados em diferentes sistemas de embalagens em porções de 30 g conforme item 4.3.2.

Armazenamento: As embalagens de chips de batata-doce foram armazenadas em câmara de estocagem em ausência de luz à temperatura de 25 ± 2 °C e umidade relativa de $75\pm 5\%$.

4.3.1 Atividade da peroxidase

A atividade da peroxidase foi determinada de acordo com o método descrito por (ENACHESCU-DAUTHY, 1995; AGUIRRE, 2002).

As fatias de batatas foram submetidas ao processo de branqueamento em túnel de vapor com pressão de linha de $4\pm 1 \text{ kgf cm}^{-2}$ iniciando com o tempo de 1 minuto, aumentou-se esse tempo até ocorrer a inativação da peroxidase nas fatias de batata-doce.

Verificou-se a inativação da peroxidase em solução de 1% de guaiacol G5502 (Sigma-Aldrich Brasil), preparada pela diluição a 10% de solução alcoólica com água destilada misturada em volumes iguais com uma solução de 1,5% de peróxido de hidrogênio.

As fatias de batata-doce previamente branqueadas foram dispostas em placas de petri, adicionou-se a solução a base de guaiacol até cobrir completamente a fatia, aguardando por 4 minutos.

Após o tempo de reação foi observado a coloração das fatias, sendo reação negativa, quando as fatias não apresentaram coloração escura (vermelho-castanho), resultando na inativação da peroxidase, e reação positiva quando as fatias apresentaram coloração vermelho-castanho indicaram atividade da peroxidase.

4.3.2 Sistemas de embalagens utilizados no acondicionamento dos chips

Os materiais de embalagem e atmosferas no espaço-livre das embalagens utilizados no acondicionamento dos chips estão descritos na Tabela 1. A escolha dos materiais de embalagem foram em função das suas características de barreira e da sua aplicabilidade no mercado, sendo materiais utilizados no acondicionamento de produtos desidratados que são sensíveis ao ganho de umidade e para produtos que são suscetíveis a reações de oxidação. O uso do nitrogênio no acondicionamento foi para minimizar as reações de oxidação de carotenoides ao longo da estocagem e o acondicionamento em ar atmosférico foi avaliado por ser o sistema utilizado no mercado de chips.

As embalagens foram confeccionadas manualmente com dimensões de 30 x 15 cm, utilizando seladora (Haramura – H-Soberana 40, São Paulo, Brasil) com

impulso elétrico. Para definir as condições de tempo e temperatura de selagem de cada material, foi avaliado o aspecto visual da selagem e a integridade das termossoldagens das embalagens pelo método de análise de penetração de solução colorida, baseando-se na capacidade da solução de baixa tensão superficial (eritrosina 0,15%) em penetrar em pequenas falhas e microfuros, segundo procedimento descrito por Arndt (2001).

Tabela 1. Materiais e sistemas de embalagem utilizados no acondicionamento dos chips de batata-doce.

Material	Acondicionamento
PET/Al/PEBD	Com Nitrogênio
PETmet/PEBD	Com Nitrogênio
BOPP/metBOPP	Com Nitrogênio
	Ar Atmosférico (21% Oxigênio)
	Com Nitrogênio e Absorvedor de Oxigênio

PET – poliéster - Poli (tereftalato de etileno); Al – folha de alumínio; PEBD – polietileno de baixa densidade; met – metalizado; BOPP – polipropileno biorientado.

O acondicionamento dos chips em embalagem com atmosfera inerte foi realizado em seladora à vácuo (Selovac – 200, São Paulo, Brasil), onde foi retirado o oxigênio do espaço livre através do vácuo, em seguida ocorreu a injeção de nitrogênio super seco e a selagem da embalagem, esse processo foi otimizado para obter um residual de oxigênio abaixo de 0,5%. No sistema de embalagem de BOPP/metBOPP inertizado com absorvedor de oxigênio foram adicionados previamente dois sachês absorvedores de oxigênio (Multisorb - FreshPax® S, New York, USA) e seguiu o mesmo procedimento descrito anteriormente para realizar a inertização e a selagem. No sistema de embalagem de BOPP/metBOPP com ar atmosférico 21% de oxigênio o produto foi acondicionado nas embalagens e em seguida ocorreu a selagem em seladora (Haramura – H-Soberana 40, São Paulo, Brazil) com impulso elétrico.

4.4 Caracterização dos chips de batata-doce biofortificada

Os chips de batata-doce biofortificada foram caracterizados quanto a sua composição centesimal e avaliação microbiológica. Os métodos são descritos a seguir.

4.4.1 Composição centesimal

Os *chips* foram analisados quanto ao teor de matéria seca, proteínas, cinzas, lipídeos, fibra alimentar, carboidratos totais e calorias de acordo com os métodos descritos para a batata-doce *in natura*.

4.4.2 Atividade de água

Os chips de batata-doce foram avaliados quanto à atividade de água de acordo com o método descrito para a matéria-prima.

4.4.3 Umidade

A umidade dos chips de batata-doce foi determinada em quadruplicata de acordo com o método nº 984.25 (AOAC, 2012). Em estufa com circulação de ar (Fanem – 515/4-C, Garulhos, Brasil) por 16 horas à 103±1 °C até peso constante, em balança analítica (Mettler Toledo – XP504, Barueri, Brasil) com 0,0001 de precisão. A determinação de umidade é dada pela fórmula:

$$g \frac{\text{umidade}}{100g} = \frac{m1 - m2}{m0} \times 100$$

Onde: m1 = massa da placa + amostra úmida (g); m2 = massa da placa + amostra seca (g); m0 = massa de amostra seca (g).

4.4.4 Teor de carotenoides

As determinações de carotenoides totais e β-caroteno foram realizadas de acordo com o método descrito por RODRIGUEZ-AMAYA (2001), conforme

apresentado para a batata-doce *in natura*. Os equivalentes de atividade de retinol foram calculados segundo método descrito por Charrondiére et al., (2012).

4.4.4.1 Cálculo de retenção de carotenoides

A retenção de carotenoides totais e do trans-β-caroteno no processamento foi calculada conforme descrito por Murphy, Criner, Gray (1975), baseada na equação seguinte:

$$\% \text{ Retenção} = \frac{\text{conteúdo de carotenoides por g de alimento seco (b.s.)}}{\text{conteúdo de carotenoides por g de matéria - prima (b.s.)}} \times 100$$

4.4.5 Cor instrumental

Os chips de batata-doce biofortificada foram avaliados quanto a sua cor, as amostras foram trituradas em multiprocessador (Trinto – Arno, São Paulo, Brasil) e medidas diretamente em colorímetro (Konica Minolta - CR410, Reston, USA) com área de medição de 50 mm de diâmetro. O equipamento foi calibrado antes de cada medição usando uma placa de calibração. Os resultados foram obtidos após a realização da média de dez leituras consecutivas. Os resultados estão descritos com base nos valores L*, a* e b*.

4.4.6 Avaliação microbiológica

Os chips de batata-doce biofortificada foram avaliados microbiologicamente de acordo com os padrões microbiológicos estabelecidos pela Resolução RDC Nº 12, de 02 de janeiro de 2001, publicada pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), para raízes, tubérculos e similares secos, desidratados ou liofilizados quanto a: Coliformes 45 °C/g; *Bacillus cereus* e *Salmonella sp* 25 g (BRASIL, 2001). Os métodos utilizados estão descritos a seguir.

4.4.6.1 Coliformes 45°C/g

O teste microbiológico para Coliformes 45 °C/g está descrito conforme (ISO 7251:2005).

As amostras de chips de batata-doce biofortificada foram diluídas em água peptonada e inoculadas em uma série de três tubos de Caldo Lauril Sulfato Triptose (LST) por diluição, adicionando 1 mL da diluição por tubo com 9 mL de LST. Os tubos de LST foram incubados a 37±1 °C/ 24±2 h, em seguida foi observado se houve crescimento com produção de gás. A ausência de gás indica ausência de coliformes.

4.4.6.2 *Bacillus cereus*

Seguiu-se o procedimento descrito por Salfinger & Tortorello, (2015), sendo as amostras diluídas em água peptonada em diluições seriadas, inoculou-se 0,1 mL de cada diluição em placas de Ágar Manitol Gema de Ovo Polimixina (MYP), previamente preparadas e seca (plaqueamento em superfície). Espalhou-se o inóculo com alça de Drigaslski, até que todo o líquido fosse absorvido pelo meio de cultura, aguardou-se que as placas secassem completamente e incubou-se as placas invertidas, a 30±1 °C/20-24h.

Selecionou-se para a contagem placas com 10 a 100 colônias, contendo não mais que 30 colônias típicas de *B. cereus*.

O resultado foi calculado em função do número de colônias típicas, diluição inoculada e porcentagem de colônias confirmadas e expresso em UFC.g⁻¹ ou mL conforme a seguinte fórmula:

$$\frac{UFC}{g \text{ ou mL}} = N^{\circ} \text{ de colônias} \times \text{inverso da diluição} \times \text{inverso do volume utilizado}$$

Onde: UFC = unidade formadora de colônia.

4.4.6.3 *Salmonella sp* 25 g

A análise microbiológica para detecção de *Salmonella sp* foi realizada conforme descrito por AOAC 2003.09 (2012) (Bax System).

Foi homogeneizado uma porção de 25 g da amostra em 225 mL da Água Peptonada Tamponada (BPW) e foi incubada a 37 ± 1 °C/18h. Foi preparada uma diluição 1:50 adicionando-se 10 µL da amostra pré-enriquecida em 500 µL de Infusão Cérebro Coração (BHI) em tubos. Posteriormente foram incubados por 3 horas a 37 °C.

A detecção da *Salmonella* ocorreu por reação de polimerase em cadeia (PCR), utilizando o sistema BAX[®] da Dupont/Qualicon. O ensaio consiste no pré-enriquecimento e 2º enriquecimento do microrganismo alvo na amostra, que é então aquecida em uma solução de lise, para liberação do DNA genômico. Após a lise a amostra é adicionada aos tubos de PCR, contendo os reagentes para amplificação e detecção. Os tubos são colocados no termociclador/detector, onde o DNA alvo, após 38 ciclos de amplificação (PCR), gera um sinal fluorescente, automaticamente analisado para determinação do resultado.

4.5 Estudo de estabilidade dos chips de batata-doce biofortificada.

As embalagens confeccionadas com os diferentes materiais e contendo os chips acondicionados nos diversos sistemas descritos anteriormente na Tabela 1 foram analisadas quanto ao teor de oxigênio do espaço-livre. Os chips de batata-doce biofortificada de cada tipo de material de embalagem e sistema de acondicionamento foram analisados durante o estudo de estabilidade quanto a umidade, atividade de água, cor instrumental, teor de carotenoides totais, teor de β-caroteno, retenção de carotenoides e atributos sensoriais (aparência, odor e sabor). Os métodos são descritos a seguir.

4.5.1 Integridade do sistema de fechamento

As embalagens utilizadas para realizar as análises de estabilidade dos chips de batata-doce foram avaliadas quanto a integridade das termossoldagens pelo método de análise de penetração de solução colorida, baseando-se na capacidade da solução de baixa tensão superficial (eritrosina 0,15%) em penetrar em pequenas falhas e microfuros, segundo procedimento descrito por Arndt (2001).

4.5.2 Atividade de água

Os chips de batata-doce foram avaliados quanto à atividade de água durante a vida útil de acordo com o método descrito para a caracterização dos chips.

4.5.3 Umidade

A umidade dos chips de batata-doce durante o estudo de vida útil foi determinada de acordo com o método descrito na caracterização dos chips.

4.5.4 Teor de oxigênio do espaço-livre

Ao longo da estocagem, as embalagens foram avaliadas em triplicata quanto ao teor de oxigênio no espaço livre. A técnica utilizada foi a coleta de alíquotas de gás do espaço-livre das embalagens, através de um septo produzido com borracha de silicone, com seringa hermética, e posterior identificação e quantificação do gás do espaço-livre em cromatógrafo a gás (Agilent Technologies - 7890, Wilmington, EUA), operando com detector de condutividade térmica a 150°C, coluna (Peneira Molecular 13X) a 50 °C e injetor a 70 °C, gás de arraste Argônio 99,99%, fluxo de 30 mL.min⁻¹ de acordo com método descrito por SARANTÓPOULOS et al, (2002).

4.5.5 Teor de carotenoides

As determinações de carotenoides totais e β-caroteno foram realizadas de acordo com o método descrito por RODRIGUEZ-AMAYA (2001), conforme apresentado para a batata-doce *in natura*.

4.5.5.1 Cálculo de retenção de carotenoides

A retenção de carotenoides totais e do trans-β-caroteno na estocagem foi calculada conforme descrito por Murphy et al. (1975), baseada na seguinte equação:

$$\% \text{ Retenção} = \frac{\text{conteúdo de carotenoides por g de chips tempo } x \text{ (b.s.)}}{\text{conteúdo de carotenoides por g de chips tempo 0 (b.s.)}} \times 100$$

4.5.6 Cor instrumental

Os chips de batata-doce biofortificada foram avaliados quanto a sua cor ao longo da estocagem conforme descrito na caracterização dos chips.

4.5.7 Avaliação sensorial

Para realização da análise sensorial dos chips de batata-doce biofortificada, a proposta de estudo foi previamente submetida e aprovada pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Faculdade de Jaguariúna (FAJ) (CAAE: 49863115.0.0000.5409 - Anexo 1).

O perfil sensorial foi realizado com 15 indivíduos, com idade acima de 18 anos, recrutados no Centro de Tecnologia de Embalagem (CETEA) do Instituto de Tecnologia de Alimentos (ITAL). Todos os provadores leram e assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido para Pesquisa com Seres Humanos (Anexo 2).

Os provadores foram pré-selecionados com base em sua disponibilidade, interesse, capacidade de se expressar e identificar atributos sensoriais e treinados quanto aos atributos (cor, sabor, odor e textura) que determinam a qualidade sensorial dos chips.

O perfil sensorial de cada amostra foi determinado por provadores treinados, utilizando o método ADQ (Análise Descritiva Quantitativa) descrito por Stone e Sidel (2004).

O treinamento foi realizado com amostras de chips de batata disponíveis no mercado e com chips de batata-doce biofortificada, para a formação da memória sensorial, que foi realizada em contato direto dos indivíduos com a referência máxima e mínima de cada atributo.

As fichas de avaliação foram elaboradas utilizando escala não estruturada de 9 centímetros (Anexo 3). Foi definido a nota $\geq 4,5$ para a rejeição do produto.

As amostras foram codificadas com números de três dígitos em um delineamento em blocos completos balanceados (MACFIE & BRATCHELL, 1989).

4.5.8 Análises estatísticas

Os resultados obtidos foram avaliados estatisticamente de acordo com os passos descritos a seguir:

Foram realizados os testes de normalidade de Shapiro-Wilk e de Anderson-Darling. Na sequência foram feitos os testes de homocedasticidade (variâncias iguais) de Levene e Bartlett. Os conjuntos de dados que seguirem a distribuição de probabilidade normal e foram homocedásticos seguiram para a ANOVA e se as médias foram diferentes, então foi feito o post-hoc teste de comparação pareada de Tukey para avaliar qual conjunto de dados diferiu de qual conjunto de dados pela média.

Os dados que seguiram a distribuição de probabilidade normal e foram heterocedásticos, seguiram para a ANOVA de Welch e se as médias foram diferentes, então foram feitos os post-hoc testes de comparação pareada de Games-Howell e T2 de Tamhane para avaliar qual conjunto de dados diferiu de qual conjunto de dados pela média.

Os dados que não seguiram a distribuição de probabilidade normal e foram homocedásticos seguiu para o teste de Kolmogorov-Smirnov para verificar se os dados provêm de uma mesma distribuição de probabilidade. Se sim, então foi feito o teste não paramétrico de Kruskal-Wallis (que corresponde a ANOVA no caso paramétrico) para verificar se há diferença entre as médias dos conjuntos de dados, se há diferença então foi feito o post-hoc teste de comparação pareada de Dunn para avaliar qual conjunto de dados diferiu de qual conjunto de dados pela média.

Os dados não seguiram a distribuição de probabilidade normal e foram heterocedásticos, então foi feito o teste não paramétrico de Mood que testou a diferença entre as medianas, que corresponde ao 2º Quartil que deixa 50% das observações abaixo e 50% das observações acima.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Caracterização da matéria-prima

A composição química das raízes de batata-doce sem as cascas está apresentada na Tabela 2. A matéria-prima apresentou alto teor de umidade 83,36%, os carboidratos estão presentes em maior quantidade 13,15% quando comparados aos demais macronutrientes avaliados.

Tabela 2: Caracterização química das raízes cruas de batata-doce *Beauregard*.

Composição	100 g Batata-doce <i>in natura</i>
Atividade de água	0,994±0,001
Matéria seca (%)	16,64±0,11
Umidade (%)	83,36±0,11
Proteínas (Nx5,75) (%)	0,82±0,01
Cinzas (%)	0,65±0,01
Lipídios (%)	ND<0,1
Fibra Alimentar (%)	2,04±0,02
Carboidratos (%)*	13,15±0,08
Calorias (Kcal)**	56

*Resultados expressos como média ± desvio padrão das análises em duplicata. *Calculados por diferença: 100 – (proteína + umidade + lipídeos totais + cinzas + Fibra alimentar total). **Calculada pela soma das porcentagens de proteína e carboidratos multiplicado pelo fator 4 (kcal/g) somado ao teor de lipídeos totais multiplicado pelo fator 9 (kcal/g). ND: Não Detectado*

A composição química da matéria-prima está próxima das faixas encontradas por Suárez et al. (2016) que avaliou quimicamente 30 diferentes cultivares de batata-doce.

Comparando os resultados obtidos nesse trabalho com os do estudo de Wartha et al. (2015) com batata-doce biofortificada fornecida pela Embrapa Tabuleiros Costeiros/SE, observa-se resultados superiores de carboidratos, lipídios, proteínas, cinzas e calorias, que eram respectivamente de: 21,8%, 0,14%, 2,2%, 1,2% e 97 Kcal. O que é justificado em parte pelo menor teor de umidade (73,5%)

quando comparados com a batata-doce biofortificada fornecida pela Fazenda Pau D'algo Campinas/SP, utilizada neste estudo.

Carmona (2015) avaliou o teor de umidade de 13 variedades de batata-doce, e encontrou resultados variando de 61,02% a 77,97%, sendo que o maior teor de umidade era da cultivar *Beauregard* (77,97%).

O alto conteúdo de umidade da matéria-prima utilizada no estudo pode ser atribuído a grande incidência de chuva no período de plantio. Segundo INPE (2016) no período de novembro de 2015 a janeiro de 2016 houve uma alta incidência de chuva no estado de São Paulo, sendo uma faixa aproximada entre 500 e 700 mm de chuva.

Vale ressaltar que conforme Rose e Vasanthakalam (2011) e Sun et al. (2014) a batata-doce assim como outros tubérculos e raízes possui um alto teor de umidade, e as diferenças na composição química das cultivares de batata-doce pode ser atribuída a diferença genética, dependendo de fatores como cultivar, grau de maturidade, localização, clima, práticas de cultivo, entre outros. Assim os resultados obtidos são importantes para caracterizar a batata-doce do estudo e avaliar as condições de tempo e temperatura que devem ser empregadas no processo de secagem para a obtenção de chips.

5.1.1 Teor de carotenoides da matéria-prima

Um cromatograma típico do β -caroteno da batata-doce *Beauregard* utilizada nesse estudo, está apresentado na Figura 4.

Os teores de carotenoides totais, β -caroteno e equivalentes de retinol da batata-doce estão apresentados na Tabela 3. A quantificação do teor de carotenoides da batata-doce *in natura* mostrou que entre os 100% dos carotenoides totais presentes na matéria-prima 79,6% corresponde ao β -caroteno, sendo o carotenoide de maior interesse, pois, segundo Moura et al., (2015) e Saini et al., (2015) esse carotenoide possui capacidade de atuar como precursor da vitamina A, apresentando 100% de atividade vitamínica.

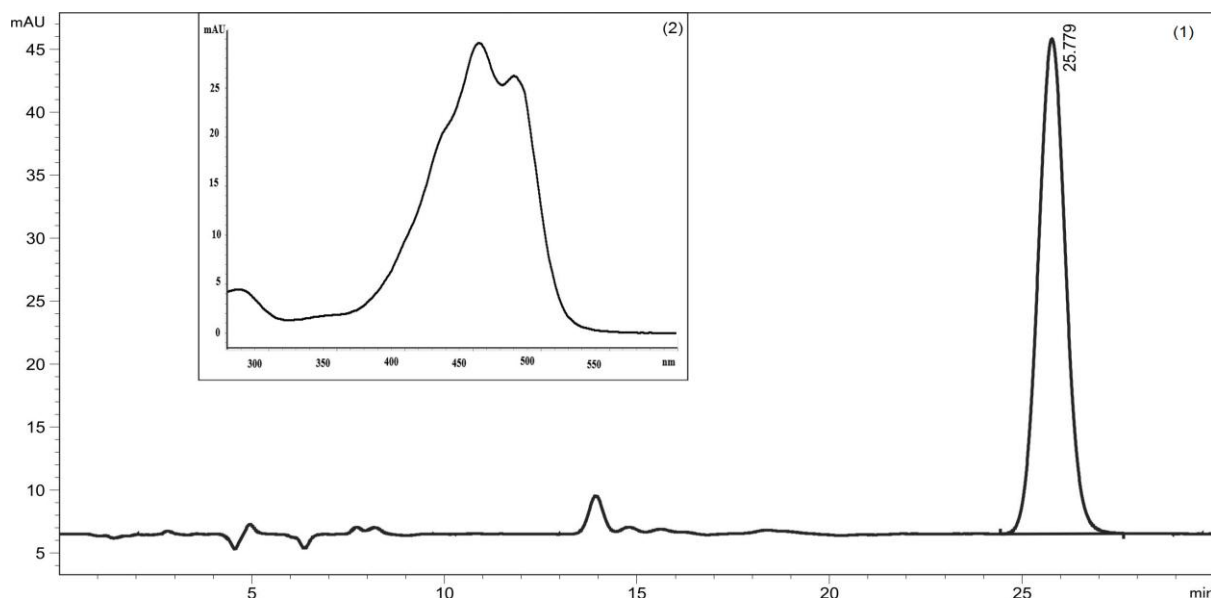


Figura 4: (1) Cromatograma dos carotenoides da batata-doce de polpa alaranjada *Beauregard* obtidos com coluna C18 Poroshell 120 EC-18, 4,6 x 50 mm, 2,7 μm . As condições analíticas encontram-se descritas na metodologia. A detecção foi a 453 nm. (2) Espectro visível de absorção de β -caroteno.

Tabela 3: Teores de carotenoides das raízes cruas de batata-doce *Beauregard*.

Carotenoides Totais $\mu\text{g/g}$ (b.s.)	β -caroteno $\mu\text{g/g}$ (b.s.)	EAR $\mu\text{g}/100\text{ g}$ (m.f.)
630,33 \pm 60,43	501,86 \pm 53,65	696

Média \pm desvio padrão; b.s. base seca; m.f. matéria fresca

Wartha et al. (2015) quantificaram carotenoides totais e β -caroteno em batata-doce de polpa alaranjada, encontrando valores de 516,3 $\mu\text{g/g}$ (b.s.) e 411,3 $\mu\text{g/g}$ (b.s.) respectivamente, onde 79,6% do total de carotenoides é composto por β -caroteno.

Os resultados de β -caroteno obtidos neste estudo são próximos aos encontrados por Laurie et al. (2012) que quantificaram um teor de β -caroteno de 487,17 $\mu\text{g/g}$ (b.s.) na cultivar *Beauregard* cultivada na África do Sul.

A batata-doce utilizada nesse estudo apresentou 696 $\mu\text{g}/100\text{ g}$ de equivalentes de atividade de retinol. De acordo com os dados de ingestão diária recomendada (IDR) estabelecidos pela FAO/WHO (2001), uma pessoa adulta

necessita de 600 µg de vitamina A ou equivalentes de atividade de retinol por dia, que pode ser suprida por uma porção de 100 g de batata-doce *Beauregard* in natura.

Bengtsson et al. (2008) avaliaram o teor de equivalentes de atividade de retinol de sete cultivares de batata-doce de polpa alaranjada, os resultados obtidos pelos autores variaram entre 311 e 804 µg EAR/100 g de raiz fresca, sendo o valor mais próximo ao da batata-doce *Beauregard* desse estudo, o quantificado na cultivar *Ejumula* que apresentou 755 µg EAR/100 g de raiz fresca.

5.1.2 Cor instrumental da matéria-prima

Os dados obtidos na medição de cor instrumental da matéria-prima estão apresentados na Tabela 4. O valor de luminosidade (L^*) foi de 71,70, os valores da intensidade de vermelho (a^*) e intensidade de amarelo (b^*) foram de 26,52 e 51,10 respectivamente, esses valores se destacam como parâmetros importantes na avaliação de cultivares de batata-doce de polpa alaranjada.

Tabela 4: Caracterização da cor da matéria-prima utilizada no estudo.

L^*	a^*	b^*
71,70±1,65	26,52±2,39	51,10±3,53

Média ± desvio padrão; L^ luminosidade; a^* intensidade de vermelho e b^* intensidade de amarelo.*

Donado-Pestana (2011), quantificou a cor instrumental de quatro cultivares de batata-doce biofortificadas, os valores de luminosidade (L^*) foram de 61,0 a 65,3, os valores de vermelho (a^*) de 30,1 a 37,5 e valores de amarelo (b^*) entre 36,8 e 38,9. Esses resultados estão coerentes com os determinados no estudo, uma vez que as cultivares do estudo de Donado-Pestana (2011) também apresentaram valores inferiores de carotenoides quando comparadas com a cultivar utilizada neste trabalho.

Bengtsson et al. (2008) correlacionaram o teor de β -caroteno com a intensidade de vermelho (cor a^*) de sete cultivares de batata-doce de polpa alaranjada, seus resultados mostram que a variedade SPK004/6 apresentou maior

intensidade de cor a^* 13,74 e maior teor de β -caroteno $314,5 \mu\text{g.g}^{-1}$ (b.s.) comparando com as demais cultivares avaliadas. Entretanto, como a batata-doce do estudo apresentava um teor de β -caroteno de $502 \mu\text{g.g}^{-1}$ (b.s.), uma leitura de cor a^* de 26,52 está coerente com os resultados destes autores.

5.2 Caracterização do material de embalagem

Os resultados de espessura e taxas de permeabilidade ao oxigênio (TPO₂) e ao vapor d'água (TPVA) dos filmes laminados utilizados no estudo de chips de batata-doce biofortificada estão apresentadas nas Tabelas 5 e 6.

Tabela 5: Espessuras totais e parciais dos materiais de embalagem.

Material	Espessura	Média (μm)	Desvio Padrão (μm)	Coefficiente de variação (%)
PET/Al/PEBD	Total	106,3	0,9	0,8
	PET	14,7	0,6	4,5
	Al	8,4	0,5	5,8
	PEBD	83,1	1,0	1,2
PETmet/PEBD	Total	72,0	11,0	2,0
	PETmet	14,0	2,0	3,2
	PEBD	58,0	5,0	2,4
BOPP/metBOPP	Total	38,7	0,7	1,7
	BOPP	19,0	0,9	4,8
	metBOPP	19,4	0,6	3,4

Valores referentes a vinte e cinco determinações.

Tabela 6: Taxa de permeabilidade ao oxigênio e ao vapor d'água dos materiais de embalagem.

Material		TPO ₂ ¹	TPVA ²
PET/Al/PEBD	Média	<0,05 ⁽³⁾	<0,01 ⁽³⁾
	Desvio Padrão	(4)	(4)
	Coeficiente de variação	(4)	(4)
PETmet/PEBD	Média	0,45	1,09
	Desvio Padrão	0,01	0,19
	Coeficiente de variação	2,22	17,4
BOPP/metBOPP	Média	18,7	0,31
	Desvio Padrão	0,64	0,04
	Coeficiente de variação	3,40	12,6

¹ Valores referentes duas determinações expressos em (mL (CNTP) m⁻².dia⁻¹)

² Valores referentes quatro determinações expressos em (g água m⁻².dia⁻¹)

TPO₂ a 23 °C e 1 atm de gradiente de pressão parcial de gás

TPVA a 38 °C/90 % UR

⁽³⁾ Correspondente ao limite de quantificação do método nas condições analíticas empregadas. ⁽⁴⁾ Valores não aplicáveis.

Os resultados obtidos no filme laminado PET/Al/PEBD confirmam a sua excelente propriedade de barreira ao oxigênio e vapor d'água, motivo pelo qual é utilizado no acondicionamento de produtos desidratados que requerem proteção contra a umidade e produtos suscetíveis a oxidação.

As propriedades de barreira ao oxigênio e ao vapor d'água dos filmes de PETmet/PEBD e BOPP/metBOPP dependem da qualidade da metalização, relacionadas com a tecnologia da metalizadora utilizada, da quantidade e homogeneidade do alumínio depositado e do tipo de PET e BOPP e do tratamento superficial recebido.

O filme de BOPP/metBOPP apresentou média barreira ao oxigênio e alta barreira ao vapor d'água e por isso este material é muito utilizado no acondicionamento de snacks. No entanto, para produtos sensíveis ao oxigênio, o uso deste tipo de estrutura pode resultar em uma vida útil mais curta, o que pode ser minimizado com o uso de um gás inerte, associado ou não ao uso de absorvedor de oxigênio.

Os valores de TPO₂ da estrutura de BOPP/metBOPP é aproximadamente 42 vezes superior ao do filme de PETmet/PEBD. Em relação à TPVA o laminado PETmet/PEBD apresentou resultados 3,5 vezes maior que BOPP/metBOPP.

5.3 Rendimento do processo:

A Figura 5 mostra o fluxograma quantitativo do processo de produção dos chips de batata-doce biofortificada assado. O rendimento do processo foi de 16%, sendo necessários 6,25 kg de batata-doce in natura com 83,36% de umidade em base úmida para produzir 1 kg de chips desidratado com 6,96% de umidade em base seca.

Esse rendimento está diretamente relacionado com o teor de umidade da matéria-prima o que foi amplamente discutido por Amagloh e Coad (2014), no caso da produção de farinha de batata-doce *Beauregard* proveniente da Nova Zelândia, com teor de umidade de 80,38%, os autores relataram também que o custo de produção de produtos à base de batata-doce pode ser elevado, devido ao grande teor de umidade da matéria-prima.

O processamento apresentou perda de 24,2% nas etapas de descascamento, acabamento e fatiamento, essas perdas são provenientes da irregularidade das batatas utilizadas no estudo, o que pode resultar em maior valor de perda em escala industrial, pois os equipamentos requerem uniformidade no tamanho.

Sendo assim, uma vez obtida uma cultivar rica em carotenoides pró-vitamina A, torna-se um desafio agrônômico melhorar a morfologia da batata-doce, para que ela seja apta ao processamento industrial.

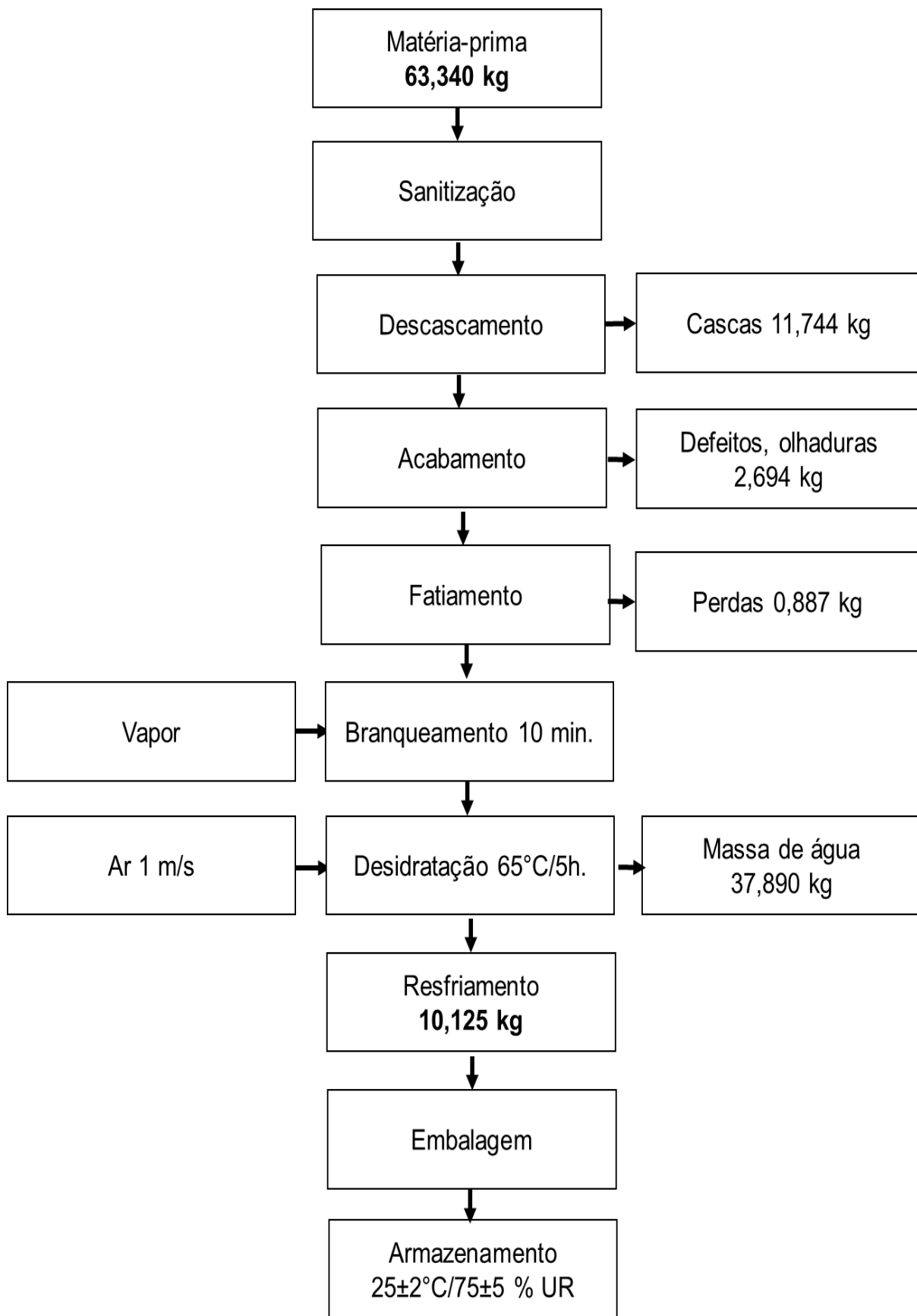


Figura 5: Fluxograma quantitativo do processo de fabricação dos chips de batata-doce biofortificada.

5.3.1 Atividade da peroxidase:

No processo de branqueamento das fatias de batata-doce biofortificadas em túnel de vapor verificou-se completa inativação enzimática pelo teste de peroxidase, após 10 minutos de tratamento.

Segundo Van Jaarsveld et al. (2006) a destruição das membranas celulares dos vegetais, através do descascamento ou corte libera enzimas oxidativas que então entram em contato com carotenoides e catalisam a degradação oxidativa dos carotenoides. A oxidação enzimática pode ocorrer nas etapas preliminares ao processamento térmico, como descascamento e cortes de alimentos crus.

De acordo com Dutta et al. (2005) e Rodriguez-Amaya et al. (2008), o efeito positivo do branqueamento sobre a estabilidade de carotenoides durante o armazenamento é geralmente atribuído à inativação das enzimas (peroxidase) que catalisam a destruição dos carotenoides, sendo benéfica sua aplicação mesmo que cause pequena perda por degradação térmica devido a temperatura de branqueamento.

As vantagens do branqueamento a vapor foram descritas por Parreño & Torres (2012), onde, o branqueamento a vapor produz de 9 a 16 vezes menos efluentes que o branqueamento convencional. Além disso, os autores também ressaltam que o processo a vapor acarreta em maior economia de energia, uma vez que o vapor gerado na caldeira entra diretamente em contato com o produto, diferente do branqueamento em água em ebulição, onde a grande maioria dos equipamentos em escala industrial utiliza vapor para aquecer a água, ocasionando em maior gasto energético. Outros benefícios do branqueamento a vapor é a maior retenção de cor e nutrientes, quando comparado ao branqueamento em imersão em água em ebulição.

5.4 Caracterização do chips de batata-doce:

A composição química dos chips desidratados de batata-doce biofortificada está apresentada na Tabela 7.

Tabela 7: Caracterização química dos chips de batata-doce biofortificada.

Composição	100 g Chips de batata-doce
Atividade de água	0,394±0,004
Matéria seca (%)	93,04±0,06
Umidade (%)	6,96±0,06
Proteínas (Nx5,75) (%)	3,73±0,01
Cinzas (%)	3,35±0,10
Lipídios (%)	1,61±0,03
Fibra Alimentar (%)	13,12±0,20
Carboidratos (%)*	71,36±0,21
Calorias (Kcal)**	315

*Resultados expressos como média ± desvio padrão das análises em duplicata. *Calculados por diferença: 100 – (proteína + umidade + lipídeos totais + cinzas + Fibra alimentar total). **Calculada pela soma das porcentagens de proteína e carboidratos multiplicado pelo fator 4 (kcal/g) somado ao teor de lipídeos totais multiplicado pelo fator 9 (kcal/g).*

Os valores de calorias dos chips desse estudo são próximos aos encontrados em chips de batata-doce liofilizados disponível no mercado local, que apresentam 300 Kcal/100 g.

As calorias dos chips de batata-doce desidratados foram em média cerca de 60% inferiores à dos chips de batata-doce frito de Rogério e Leonel (2004). O alto teor de calorias também pode ser observado nos chips comerciais de batata-doce de polpa alaranjada e batata inglesa fritos, devido a incorporação de cerca de 30% de lipídios, justificando a escolha por um processo que leva a obtenção de um produto menos calórico.

5.4.1 Teor de carotenoides dos chips de batata-doce

Os teores de carotenoides totais e β -caroteno estão apresentados na Tabela 8. A quantificação do teor de carotenoides dos chips de batata-doce, mostrou que entre os 100% de carotenoides totais presentes nos chips de batata-doce, 79,9% corresponde ao β -caroteno. A retenção de carotenoides totais e β -caroteno durante o processamento foram de 97,30% e 97,68% respectivamente em relação aos teores da matéria-prima apresentados na Tabela 3, indicando que as condições de branqueamento e secagem foram adequadas, pois resultou em uma elevada

preservação dos carotenoides. O equivalente de atividade de retinol foi de 3801 $\mu\text{g}/100\text{ g}$.

Tabela 8: Teores de carotenoides dos chips de batata-doce *Beauregard*.

Carotenoides Totais $\mu\text{g}/\text{g}$ (b.s.)	Retenção de carotenoides Totais (%)	β-caroteno $\mu\text{g}/\text{g}$ (b.s.)	Retenção de β-caroteno (%)	EAR $\mu\text{g}/100\text{ g}$ (m.f.)
613,34 \pm 6,66	97,30	490,23 \pm 30,00	97,68	3801

Média \pm desvio padrão; b.s. base seca; m.f. matéria fresca; valores de retenção calculados foram obtidos por comparação do valor do produto processado com o valor da matéria-prima; EAR: equivalentes de atividade de retinol.

Os altos valores de retenção de carotenoides desse estudo mostram que as condições de processamento empregadas foram adequadas, além disso segundo Sá & Rodriguez-Amaya (2004) e Wu et al. (2008) o processamento de alimentos ricos em carotenoides suaviza a parede celular, o que acarreta em maior facilidade de extração dos carotenoides quando comparado a matéria-prima.

Bengtsson et al. (2008) produziram chips de batata-doce de polpa alaranjada da cultivar *Ejumula*. O processo de branqueamento ocorreu em imersão em água em ebulição por 20 minutos e posteriormente as fatias foram secas em secadores solares com temperatura variando de 45 a 63 $^{\circ}\text{C}$ por 10 horas, o que resultou na retenção de 91,1% de trans- β -caroteno. Esses resultados demonstram a importância da utilização do branqueamento a vapor em menor tempo, assim como o menor tempo de secagem, resultando em uma maior retenção de carotenoides, como os obtidos neste estudo.

A retenção de carotenoides de dez cultivares de batata-doce de polpa alaranjada foi estudada por Vimala et al. (2011) que avaliaram métodos diferentes de processamento, fritura e secagem em estufa (50-60 $^{\circ}\text{C}$ durante 24-48 h). A retenção no processo de secagem em estufa foi de 90%-91% de carotenoides totais e 89%-96% de β -caroteno e na fritura (77%-85% de carotenoides totais e 72%-86% de β -caroteno). O efeito de três métodos de processamento (cozido em água em ebulição por 20 minutos, fritura a 170 $^{\circ}\text{C}$, cozido no vapor por 10 minutos) no conteúdo de carotenoides totais e β -caroteno em 9 cultivares de batata-doce, foi estudado por Kim et al. (2015) que concluíram que o processo de fritura acarretou

em maior perda de carotenoides totais e β -caroteno que os outros métodos utilizados. Esses resultados reforçam a escolha do método de secagem em secador de bandeja com circulação de ar para a obtenção de chips, que resulta em maior retenção de carotenoides e menor valor calórico, quando comparado ao método de fritura.

Os valores de IDR para cada grupo populacional, bem como a quantidade de consumo de chips de batata-doce *Beauregard* considerando os valores de IDR indicados pela FAO são apresentados na Tabela 9, onde verifica-se que 12 g de chips de batata-doce *Beauregard* pode suprir a necessidade de ingestão diária recomendada para crianças de 3 a 6 anos.

Tabela 9: Porção de chips de batata-doce *Beauregard* necessária para suprir a ingestão diária recomendada para cada grupo populacional.

Grupo Populacional	Ingestão diária recomendada (IDR) de EAR μg	Porção de chips de batata-doce g
Adultos	600	15,79
Mulheres gestantes	800	21,05
Mulheres lactantes	850	22,36
Crianças 12-36 meses	400	10,52
Crianças 3-6 anos	450	11,84
Crianças 7-10 anos	500	13,16
Adolescente 10-18 anos	600	15,79

*EAR = Equivalentes de atividade de retinol, valores de IDR (FAO / WHO, 2001).

Os resultados obtidos demonstram que os chips de batata-doce biofortificada é uma opção de alimento, que em pequenas porções é capaz de suprir as necessidades diárias de carotenoides pró-vitamina A de populações carentes, podendo ser introduzido através de programas de alimentação ou de merenda escolar.

5.4.2 Cor instrumental dos chips de batata-doce

Os dados obtidos na medição de cor instrumental dos chips de batata-doce biofortificada estão apresentados na Tabela 10. O valor de luminosidade (L^*) foi de 66,68, os valores da intensidade de vermelho (a^*) e de amarelo (b^*) foram de 27,29 e 57,63 respectivamente. Observou-se que o processamento da batata-doce *Beauregard* para obtenção de chips resultou em uma elevação na intensidade de vermelho e de amarelo, comparativamente à observada na matéria-prima, o que era esperado devido a concentração pela retirada de água.

Tabela 10: Valores médios de cor dos chips de batata-doce *Beauregard*.

L^*	a^*	b^*
66,68±0,96	27,29±1,33	57,63±2,61

Média ± desvio padrão; L^ luminosidade; a^* intensidade de vermelho e b^* intensidade de amarelo.*

Os resultados da elevação na intensidade de cor, foram discutidos por Xu et al. (2013), que avaliaram a intensidade de coloração em chips de batata-doce alaranjada desidratado e atribuíram a elevação de coloração após o processamento a maior concentração de carotenoides pós secagem.

Segundo Rodriguez-Amaya et al. (2008) os carotenoides são responsáveis pela coloração amarela, laranja e vermelha dos alimentos, e quanto maior o seu teor presente no alimento, mais intensa é a sua coloração, sendo eles os responsáveis pela coloração do produto em estudo.

5.4.3 Avaliação microbiológica:

Os resultados da avaliação microbiológica dos chips de batata-doce biofortificada apresentados na Tabela 11, indicam que os chips estavam de acordo com os padrões microbiológicos estabelecidos pela Resolução RDC nº 12, do grupo de alimentos 3 “raízes, tubérculos e similares”, item C “secas, desidratadas ou liofilizadas” (BRASIL, 2001). As boas práticas de fabricação adotadas no processo de produção dos chips de batata-doce, foram adequadas, tornando os chips aptos para o consumo nas avaliações sensoriais.

Tabela 11: Avaliação microbiológica dos chips de batata-doce biofortificada.

Determinação	Resultado	Valor estabelecido pela RDC n° 12
<i>Salmonella</i> (em 25g)	Ausente	Ausente
Coliformes totais e termotolerantes (NMP/g)	<3	10 ³
<i>Bacillus cereus</i> (UFC/g)	<10 ²	10 ³

NMP: Número mais provável; UFC: Unidades formadoras de colônias.

5.5 Estudo de estabilidade dos chips

5.5.1 Integridade do sistema de fechamento

Não foram detectadas falhas das termossoldagens das embalagens avaliadas ao longo da estocagem, exceto as embalagens de BOPP/metBOPP inertizada com absorvedor de oxigênio utilizadas no período de 207 dias de estocagem, as demais embalagens foram consideradas como fechamento hermético.

As falhas no sistema de fechamento das embalagens de BOPP/metBOPP inertizadas foram pontuais e mínimas, sendo um pequeno furo em cada embalagem analisada.

5.5.2 Atividade de Água e Umidade

Nas Tabelas 12 e 13 e Figuras 6 e 7 são apresentados os resultados de atividade de água e umidade dos chips de batata-doce biofortificada acondicionados nos diferentes sistemas de embalagem ao longo da estocagem.

Observa-se ao longo da estocagem um aumento mais acentuado na atividade de água e umidade dos chips acondicionado em PETmet/PEBD, do que nas amostras em BOPP/metBOPP. A atividade de água e umidade dos chips manteve-se estável na embalagem de PET/Al/PEBD.

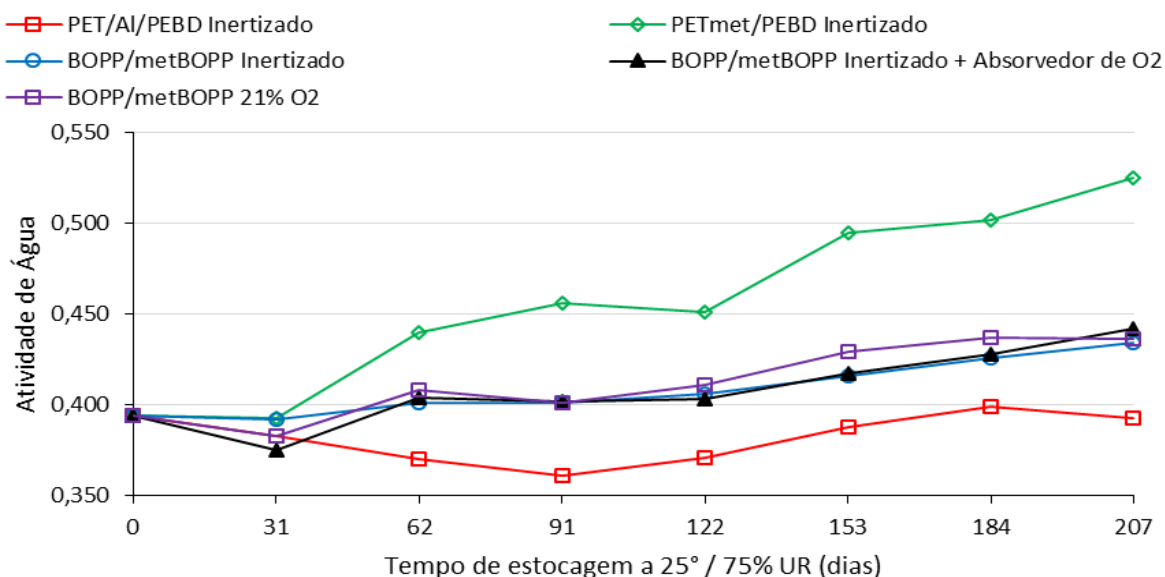


Figura 6: Atividade de água dos chips de batata-doce biofortificada ao longo da estocagem, acondicionados em diferentes sistemas de embalagem.

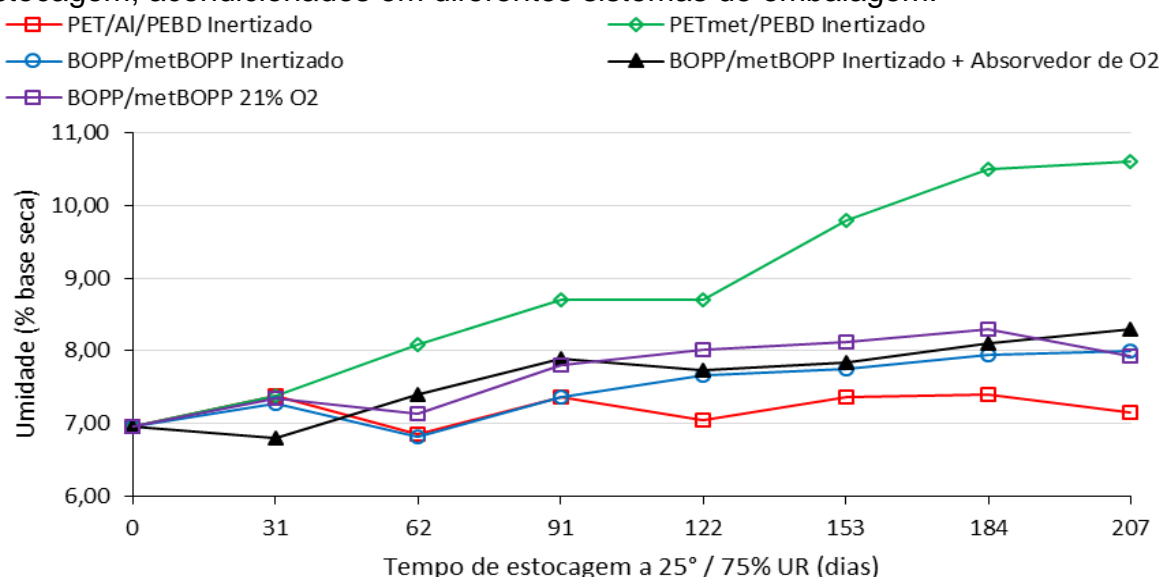


Figura 7: Umidade dos chips de batata-doce biofortificada acondicionados em diferentes sistemas de embalagem ao longo da estocagem.

Estes resultados são decorrentes da permeação de vapor d'água pelos materiais de embalagem, pois o PETmet/PEBD possui um TPVA 3,5 vezes maior que a do BOPP/metBOPP e praticamente não ocorre permeação de umidade na estrutura PET/Al/PEBD (Tabela 6). Pequenas variações nos resultados de atividade de água e umidade dos chips em PET/Al/PEBD ao longo da estocagem, provavelmente são decorrentes de variações na secagem do produto, no entanto, não houve diferença significativa ao nível de 95% de confiança ($p < 0,05$) quando comparado o tempo de estocagem 0 dia e 207 dias para A_w e umidade nos chips desse sistema.

Tabela 12: Atividade de água dos chips de batata-doce biofortificada acondicionados em diferentes sistemas de embalagem ao longo da estocagem.

Tipo de acondicionamento	Tempo de estocagem (dias)							
	0	31	62	91	122	153	184	207
PET/Al/PEBD Inertizado	0,394±0,004 ^{a/AB}	0,383±0,002 ^{b/C}	0,370±0,003 ^{d/D}	0,361±0,002 ^{c/E}	0,371±0,002 ^{d/D}	0,388±0,002 ^{d/BC}	0,399±0,001 ^{d/A}	0,393±0,005 ^{d/AB}
PETmet/PEBD Inertizado	0,394±0,004 ^{a/E}	0,393±0,001 ^{a/E}	0,440±0,003 ^{a/D}	0,456±0,006 ^{a/D}	0,451±0,002 ^{a/D}	0,495±0,001 ^{a/C}	0,502±0,001 ^{a/B}	0,525±0,001 ^{a/A}
BOPP/metBOPP Inertizado	0,394±0,004 ^{a/EF}	0,392±0,001 ^{a/F}	0,401±0,003 ^{c/DE}	0,401±0,001 ^{b/DE}	0,406±0,003 ^{c/D}	0,416±0,001 ^{c/C}	0,426±0,002 ^{c/B}	0,434±0,001 ^{c/A}
BOPP/metBOPP Inertizado + Absorvedor de O₂	0,394±0,004 ^{a/E}	0,375±0,001 ^{c/F}	0,404±0,002 ^{bc/D}	0,402±0,005 ^{b/D}	0,403±0,001 ^{c/D}	0,417±0,003 ^{c/C}	0,428±0,001 ^{c/B}	0,442±0,001 ^{b/A}
BOPP/metBOPP 21% O₂	0,394±0,004 ^{a/E}	0,383±0,002 ^{b/F}	0,408±0,002 ^{b/C}	0,401±0,002 ^{b/D}	0,411±0,002 ^{b/C}	0,429±0,004 ^{b/B}	0,437±0,001 ^{b/A}	0,436±0,002 ^{c/A}

*Valores referentes à média de quatro determinações ± desvio padrão

^{a,b,c} Comparação entre as amostras para um mesmo período de estocagem: médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si ao nível de 95% de confiança ($p < 0,05$).

^{A,B,C} Comparação entre os períodos de estocagem para uma mesma amostra: médias seguidas da mesma letra maiúscula na linha não diferem entre si ao nível de 95% de confiança ($p < 0,05$).

Tabela 13: Umidade dos chips de batata-doce biofortificada acondicionados em diferentes sistemas de embalagem ao longo da estocagem.

Tipo de acondicionamento	Tempo de estocagem (dias)							
	0	31	62	91	122	153	184	207
PET/Al/PEBD Inertizado	6,96±0,06 ^{a/AB}	7,39±0,18 ^{a/A}	6,85±0,09 ^{b/B}	7,36±0,06 ^{b/A}	7,04±0,08 ^{d/AB}	7,37±0,08 ^{d/A}	7,40±0,10 ^{d/A}	7,15±0,05 ^{d/AB}
PETmet/PEBD Inertizado	6,96±0,06 ^{a/F}	7,39±0,07 ^{a/E}	8,08±0,08 ^{a/D}	8,70±0,05 ^{a/C}	8,70±0,05 ^{a/C}	9,79±0,05 ^{a/B}	10,50±0,12 ^{a/A}	10,60±0,03 ^{a/A}
BOPP/metBOPP Inertizado	6,96±0,06 ^{a/C}	7,28±0,07 ^{a/C}	6,82±0,05 ^{b/C}	7,37±0,09 ^{b/C}	7,66±0,09 ^{c/B}	7,76±0,06 ^{cd/BC}	7,95±0,07 ^{c/A}	7,99±0,12 ^{c/A}
BOPP/metBOPP Inertizado + Absorvedor de O₂	6,96±0,06 ^{a/B}	6,80±0,11 ^{b/B}	7,40±0,19 ^{ab/B}	7,90±0,60 ^{ab/AB}	7,73±0,11 ^{c/B}	7,84±0,07 ^{c/B}	8,10±0,07 ^{c/A}	8,29±0,07 ^{b/A}
BOPP/metBOPP 21% O₂	6,96±0,06 ^{a/C}	7,34±0,36 ^{a/BC}	7,13±0,07 ^{ab/C}	7,80±0,11 ^{b/B}	8,02±0,23 ^{b/AB}	8,13±0,09 ^{b/A}	8,30±0,08 ^{b/A}	7,93±0,15 ^{c/AB}

*Valores referentes à média de quatro determinações ± desvio padrão

^{a,b,c} Comparação entre as amostras para um mesmo período de estocagem: médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si ao nível de 95% de confiança ($p < 0,05$).

^{A,B,C} Comparação entre os períodos de estocagem para uma mesma amostra: médias seguidas da mesma letra maiúscula na linha não diferem entre si ao nível de 95% de confiança ($p < 0,05$).

Os chips acondicionados em embalagem de PETmet/PEBD apresentaram aumento de atividade de água e umidade, diferindo significativamente ao nível de 95% de confiança ($p < 0,05$), ao longo da estocagem, o que resultou em alterações sensoriais de perda de crocância, acarretando em rejeição do produto aos 207 dias de estocagem a 25 °C / 75% UR, conforme será apresentado na Tabela 25.

Os chips acondicionados nos sistemas de embalagem de BOPP/metBOPP inertizado, BOPP/metBOPP inertizado com absorvedor de oxigênio e BOPP/metBOPP em ar atmosférico (21% oxigênio) apresentaram valores de atividade de água e umidade próximos quando comparados em um mesmo período, embora em alguns períodos de avaliação os resultados diferiram entre si ao nível de 95% de confiança ($p < 0,05$), provavelmente decorrentes de variações no lote do produto.

5.5.3 Composição gasosa

A Tabela 14 e Figura 8 apresentam os resultados do teor de oxigênio do espaço livre das embalagens de chips de batata-doce biofortificada ao longo da estocagem.

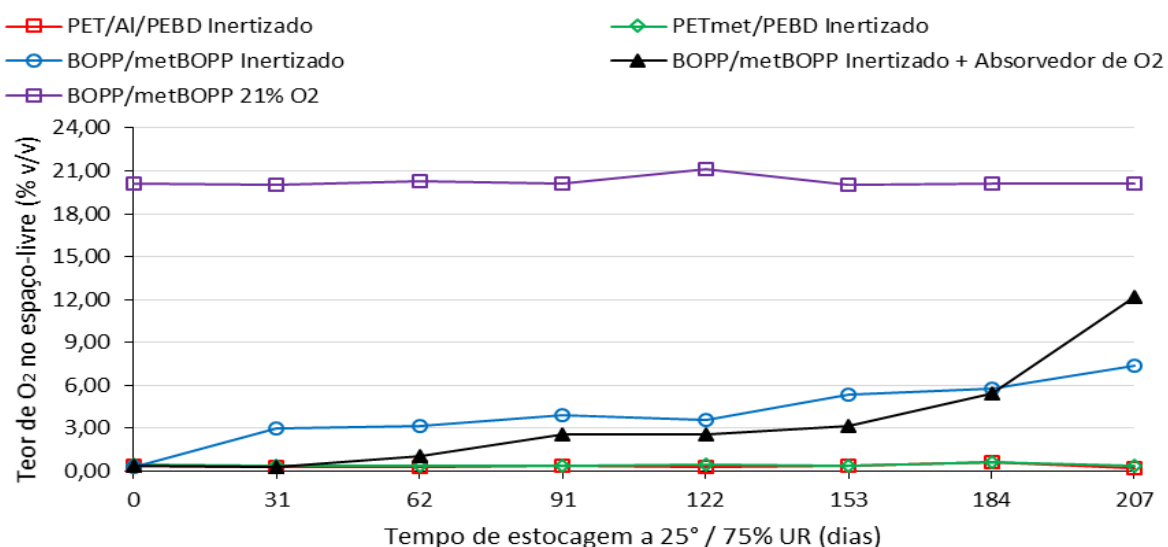


Figura 8: Teor de oxigênio do espaço-livre das embalagens dos chips de batata-doce biofortificada ao longo da estocagem.

Tabela 14: Teor de oxigênio no espaço livre das embalagens dos chips de batata-doce biofortificada ao longo da estocagem.

Tipo de acondicionamento	Tempo de estocagem (dias)							
	0	31	62	91	122	153	184	207
PET/AI/PEBD Inertizado	0,40±0,06 ^{b/AB}	0,31±0,11 ^{b/B}	0,26±0,09 ^{c/B}	0,32±0,18 ^{c/B}	0,26±0,05 ^{c/B}	0,38±0,10 ^{c/AB}	0,61±0,03 ^{c/A}	0,20±0,05 ^{c/B}
PETmet/PEBD Inertizado	0,41±0,04 ^{b/AB}	0,33±0,06 ^{b/B}	0,36±0,06 ^{c/B}	0,40±0,04 ^{c/B}	0,46±0,11 ^{c/AB}	0,38±0,10 ^{c/B}	0,61±0,10 ^{c/A}	0,38±0,02 ^{c/B}
BOPP/metBOPP Inertizado	0,27±0,09 ^{b/E}	2,94±1,13 ^{b/D}	3,14±0,54 ^{b/D}	3,91±0,46 ^{b/CD}	3,57±0,70 ^{b/D}	5,35±0,25 ^{b/BC}	5,80±0,14 ^{b/AB}	7,39±0,49 ^{b/A}
BOPP/metBOPP Inertizado + Absorvedor de O₂	0,33±0,04 ^{b/E}	0,26±0,07 ^{b/E}	1,01±0,23 ^{c/D}	2,59±0,18 ^{b/C}	2,53±0,79 ^{bc/C}	3,12±1,26 ^{bc/C}	5,44±1,21 ^{bc/B}	12,21±1,97 ^{b/A}
BOPP/metBOPP 21% O₂	20,10±0,01 ^{a/A}	20,01±0,26 ^{a/A}	20,32±0,24 ^{a/A}	20,12±0,04 ^{a/A}	21,13±1,81 ^{a/A}	19,99±0,36 ^{a/A}	20,15±0,32 ^{a/A}	20,15±0,79 ^{a/A}

*Valores referentes à média de quatro determinações ± desvio padrão

^{a,b,c} Comparação entre as amostras para um mesmo período de estocagem: médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si ao nível de 95% de confiança ($p < 0,05$).

^{A,B,C} Comparação entre os períodos de estocagem para uma mesma amostra: médias seguidas da mesma letra maiúscula na linha não diferem entre si ao nível de 95% de confiança ($p < 0,05$).

Os chips acondicionados em PET/Al/PEBD inertizado e PETmet/PEBD inertizado apresentaram teores de O₂ semelhantes durante toda a vida útil estudada, não apresentando diferença significativa ao nível de 95% de confiança ($p < 0,05$), isso comprova a excelente propriedade de barreira ao oxigênio das duas estruturas, inertização adequada e fechamento hermético.

Os sistemas de BOPP/metBOPP inertizados com e sem absorvedor de oxigênio apresentaram aumento no teor de O₂ do espaço-livre durante toda a vida útil, isso porque ocorre permeação de oxigênio através do material utilizado, que não foi consumido em reações de oxidação.

Quando comparado o acondicionamento em BOPP/metBOPP inertizado com absorvedor de oxigênio com o BOPP/metBOPP inertizado, podemos observar que os teores de oxigênio no espaço livre do sistema com absorvedor de oxigênio foram menores ao longo da estocagem até o período de 184 dias, esse resultado se inverteu no período de 207 dias, em função da pequena falha apresentada na hermeticidade do fechamento, apresentada no item 5.5.1, embora esses sistemas não apresentaram diferença estatística entre si ao nível de 95% de confiança ($p < 0,05$).

Segundo Cruz et al. (2005) e Robertson (2013) a maior efetividade dos absorvedores de oxigênio é alcançada quando se utiliza embalagens alta barreira ao oxigênio, aliada ao uso de atmosfera modificada e ao fechamento hermético. Sendo assim o uso de absorvedores de oxigênio no acondicionamento inerte em BOPP/metBOPP conseguiu manter baixos níveis de O₂ até os 62 dias de estocagem, igual estatisticamente ($p < 0,05$) aos resultados obtidos no sistema de PET/Al/PEBD inertizado. Após esse período, observou-se aumento crescente no teor de O₂, que é em função da taxa de permeabilidade ao oxigênio do filme de BOPP/metBOPP utilizado.

Observa-se ao longo da estocagem que o teor de oxigênio do espaço livre dos chips acondicionados em BOPP/metBOPP em ar atmosférico (21% O₂) manteve-se muito próximo ao ar atmosférico (21%), isto é, devido à maior TPO₂ quando comparado aos outros materiais estudados, assim, mesmo se o oxigênio for consumido nas reações de oxidação, ele pode ser compensado pelo oxigênio que permeia pelo material, não sendo observadas variações significativas no teor de oxigênio ao nível de 95% de confiança ($p < 0,05$) ao longo da estocagem.

5.5.4 Teor de carotenoides

O teor de carotenoides totais dos chips de batata-doce biofortificada acondicionado em diferentes sistemas de embalagem ao longo da estocagem, está apresentado na Tabela 15.

A Figura 9 mostra a retenção de carotenoides totais presentes nos chips de batata-doce biofortificada acondicionados em diferentes sistemas de embalagem ao longo da estocagem.

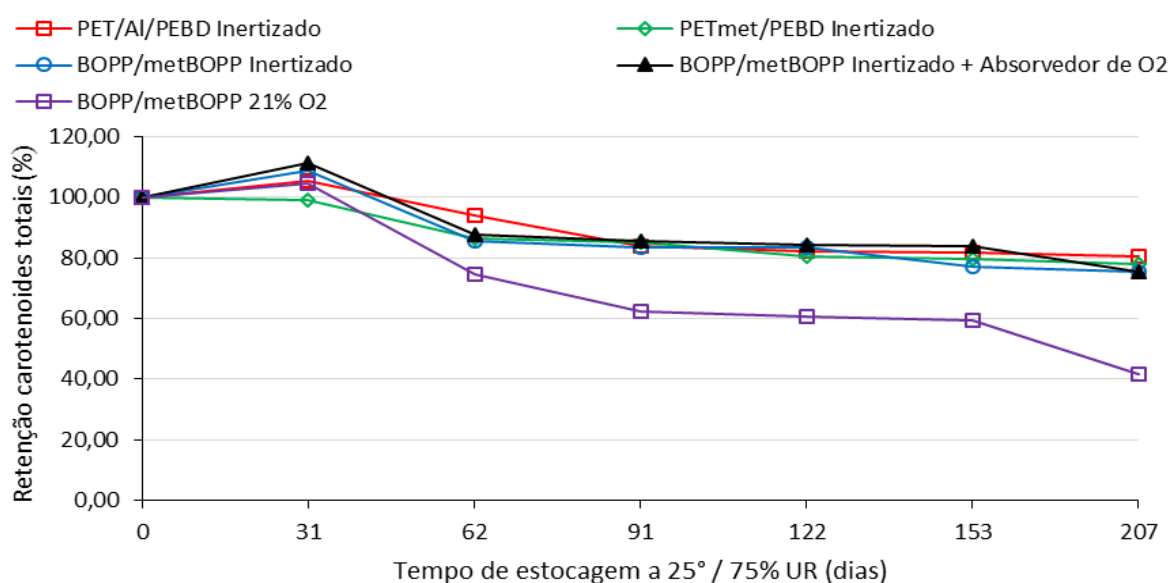


Figura 9: Retenção de carotenoides totais dos chips de batata-doce biofortificada ao longo da estocagem.

Ao longo da estocagem os teores de carotenoides totais dos chips acondicionados em PET/Al/PEBD inertizado, não apresentaram diferença estatística entre si ao nível de 95% de confiança ($p < 0,05$), retendo 80,44% de carotenoides aos 207 dias de estocagem.

As amostras acondicionadas em PETmet/PEBD inertizado não apresentaram diferença entre si ao nível de 95% de confiança ($p < 0,05$), até 122 dias de estocagem quando comparado ao teor inicial de carotenoides, após esse período os teores de carotenoides totais diminuíram apresentando diferença entre si ao nível de 95% de confiança ($p < 0,05$), retendo 78,07% de carotenoides totais aos 207 dias.

Tabela 15: Carotenoides totais $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ (% b.s.) dos chips de batata-doce biofortificada acondicionados em diferentes sistemas de embalagem ao longo da estocagem.

Tipo de acondicionamento	Tempo de estocagem (dias)						
	0	31	62	91	122	153	207
PET/Al/PEBD Inertizado	613,34±6,66 ^{a/A}	646,34±86,95 ^{a/A}	575,41±24,21 ^{a/A}	513,24±12,49 ^{a/A}	502,98±15,29 ^{a/A}	501,69±3,19 ^{ab/A}	493,38±6,94 ^{a/A}
PETmet/PEBD Inertizado	613,34±6,66 ^{a/A}	606,41±54,80 ^{a/AB}	528,98±37,20 ^{ab/AB}	520,85±27,08 ^{a/AB}	494,05±26,35 ^{a/AB}	489,29±4,76 ^{ab/B}	478,86±8,65 ^{ab/B}
BOPP/metBOPP Inertizado	613,34±6,66 ^{a/A}	667,35±92,09 ^{a/ABC}	523,40±30,67 ^{ab/ABC}	511,00±11,93 ^{a/BC}	510,35±10,87 ^{a/C}	471,87±13,91 ^{b/BC}	462,92±3,86 ^{b/B}
BOPP/metBOPP Inertizado + Absorvedor de O₂	613,34±6,66 ^{a/A}	682,05±81,38 ^{a/AB}	536,57±44,04 ^{ab/ABC}	525,68±32,53 ^{a/ABC}	516,50±3,39 ^{a/B}	514,04±10,40 ^{a/B}	462,76±8,65 ^{b/C}
BOPP/metBOPP 21% O₂	613,34±6,66 ^{a/A}	641,44±26,22 ^{a/A}	457,11±28,80 ^{b/B}	380,99±12,31 ^{b/B}	371,65±9,37 ^{b/B}	363,25±18,15 ^{c/B}	254,93±13,33 ^{c/C}

*Valores referentes à média de quatro determinações \pm desvio padrão

^{a,b,c} Comparação entre as amostras para um mesmo período de estocagem: médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si ao nível de 95% de confiança ($p < 0,05$).

^{A,B,C} Comparação entre os períodos de estocagem para uma mesma amostra: médias seguidas da mesma letra maiúscula na linha não diferem entre si ao nível de 95% de confiança ($p < 0,05$).

Os chips acondicionados em BOPP/metBOPP inertizado com e sem absorvedor de oxigênio não apresentaram diferença significativa entre si ao nível de 95% de confiança ($p < 0,05$) até os 62 dias de estocagem, podemos observar que o sistema com absorvedor de O_2 proporcionou menor perda até os 153 dias de estocagem, mostrando a efetividade dos absorvedores de oxigênio em minimizar as reações de degradação dos carotenoides ao longo da estocagem. Ao fim da estocagem esses sistemas apresentaram 75,47% e 75,45% de retenção de carotenoides totais respectivamente.

O sistema de acondicionamento em BOPP/metBOPP com 21% O_2 inicialmente, apresentou maiores perdas de carotenoides totais durante a estocagem quando comparado aos demais sistemas utilizados, esse resultado é atribuído a presença de oxigênio no espaço-livre das embalagens, acarretando em oxidação dos carotenoides, levando a uma retenção de 41,47% de carotenoides totais aos 207 dias.

De maneira geral a retenção de carotenoides totais dos chips acondicionados nos sistemas inertizados foram semelhantes, esses sistemas apresentaram retenção de carotenoides totais superiores a retenção dos chips acondicionados em BOPP/metBOPP em ar atmosférico.

Os resultados de β -caroteno dos chips de batata-doce biofortificados acondicionados em diferentes sistemas de embalagem ao longo da estocagem, estão apresentados na Tabela 16.

A retenção de β -caroteno dos chips de batata-doce biofortificada acondicionados em diferentes sistemas de embalagem, pode ser observado na Figura 10.

Tabela 16: β -caroteno $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ (% b.s.) dos chips de batata-doce biofortificada acondicionados em diferentes sistemas de embalagem ao longo da estocagem.

Tipo de acondicionamento	Tempo de estocagem (dias)						
	0	31	62	91	122	153	207
PET/Al/PEBD Inertizado	490,23 \pm 30,00 ^{a/A}	388,56 \pm 2,34 ^{a/A}	418,42 \pm 12,14 ^{a/A}	424,77 \pm 55,48 ^{a/A}	430,27 \pm 27,47 ^{bc/A}	412,58 \pm 11,61 ^{b/A}	440,52 \pm 12,11 ^{a/A}
PETmet/PEBD Inertizado	490,23 \pm 30,00 ^{a/A}	372,40 \pm 11,63 ^{a/B}	399,87 \pm 11,68 ^{a/AB}	474,38 \pm 17,50 ^{a/A}	429,21 \pm 45,17 ^{bc/AB}	468,33 \pm 25,36 ^{ab/A}	440,70 \pm 17,96 ^{a/AB}
BOPP/metBOPP Inertizado	490,23 \pm 30,00 ^{a/A}	388,74 \pm 38,52 ^{a/BC}	374,39 \pm 48,28 ^{a/C}	472,60 \pm 12,77 ^{a/AB}	436,52 \pm 9,17 ^{b/ABC}	441,47 \pm 11,44 ^{ab/ABC}	405,89 \pm 30,64 ^{a/ABC}
BOPP/metBOPP Inertizado + Absorvedor de O₂	490,23 \pm 30,00 ^{a/A}	406,25 \pm 24,99 ^{a/ABC}	328,89 \pm 64,77 ^{a/C}	472,34 \pm 23,01 ^{a/AB}	469,94 \pm 4,08 ^{a/AB}	474,31 \pm 7,27 ^{a/AB}	391 \pm 89 \pm 14,97 ^{a/BC}
BOPP/metBOPP 21% O₂	490,23 \pm 30,00 ^{a/A}	368,28 \pm 12,66 ^{a/B}	312,56 \pm 24,68 ^{a/C}	320,35 \pm 26,49 ^{b/BC}	300,19 \pm 2,60 ^{c/C}	351,97 \pm 10,10 ^{c/BC}	190,21 \pm 9,69 ^{b/D}

*Valores referentes à média de quatro determinações \pm desvio padrão

^{a,b,c} Comparação entre as amostras para um mesmo período de estocagem: médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si ao nível de 95% de confiança ($p < 0,05$).

^{A,B,C} Comparação entre os períodos de estocagem para uma mesma amostra: médias seguidas da mesma letra maiúscula na linha não diferem entre si ao nível de 95% de confiança ($p < 0,05$).

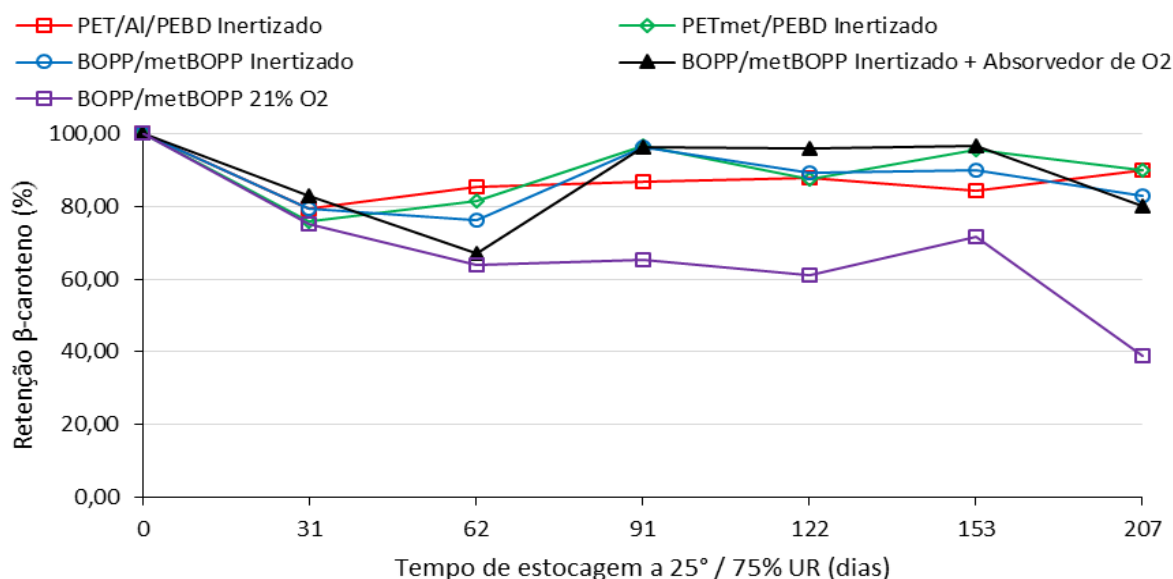


Figura 10: Retenção de β -caroteno dos chips de batata-doce biofortificada ao longo da estocagem.

Os chips acondicionados em PET/Al/PEBD inertizado, PETmet/PEBD inertizado e BOPP/metBOPP inertizado não apresentaram diferença estatística nos teores de β -caroteno entre ao nível de 95% de confiança ($p < 0,05$) quando comparados ao tempo inicial (0 dia) com tempo final do estudo (207 dias), apresentando retenção de 89,86%, 89,90% e 82,79% respectivamente, aos 207 dias de estocagem.

As amostras acondicionadas no sistema BOPP/metBOPP inertizado com absorvedor de oxigênio apresentaram valores menores de β -caroteno ao final da vida útil, diferindo estatisticamente entre ao nível de 95% de confiança ($p < 0,05$) do tempo inicial, esse resultado provavelmente é em função da pequena falha do sistema de fechamento verificada nas embalagens utilizadas no período de 207 dias de estocagem (item 5.5.1). Apesar da diminuição na concentração de β -caroteno, esse sistema apresentou uma retenção de 79,93%, ficando próximo à dos outros sistemas inertizados, representando um valor satisfatório de retenção.

Segundo Bechoff et al. (2010a) & Li et al. (2012) o armazenamento de chips de batata-doce desidratado tem demonstrado ser um problema, pois as condições de estocagem de tempo e temperatura e o tipo de material de embalagem e atmosfera ao redor do produto têm resultado em grande degradação dos carotenoides pró-vitamina A.

De acordo com Bechoff et al. (2010b) o efeito da atividade de água em chips de batata-doce de polpa alaranjada desidratados, interfere diretamente na velocidade de degradação dos carotenoides, onde em menor A_w as amostras apresentam maiores perdas de β -caroteno (A_w 0,13 a 0,30) e em valores de A_w entre 0,30 e 0,70 os carotenoides resultaram em menor velocidade de degradação. Ferreira (2011) avaliou a influência da atividade de água na velocidade de degradação do β -caroteno em polpa de pitanga microencapsulada. Foi observado que em atividade de água menor (0,23) a velocidade de degradação foi maior e em A_w maior (0,41) a velocidade de degradação foi 6,75 vezes menor. Sendo assim, a A_w dos chips desse estudo não foi um fator crítico na degradação dos carotenoides, pois os teores de atividade de água dos chips ficaram em uma faixa de 0,37 a 0,52 durante os 207 dias de estudo.

As perdas de carotenoides observadas durante a estocagem podem ser atribuídas a quantidade de oxigênio disponível no espaço-livre da embalagem. Bechoff et al. (2010b) avaliaram a taxa de degradação do β -caroteno em chips de batata-doce alaranjada acondicionados em diferentes concentrações de oxigênio (0%, 2,5%, 10% e 21%) e concluiu que quanto maior a disponibilidade de oxigênio maior é a velocidade de degradação do β -caroteno. Estes resultados estão de acordo com o observado nos chips acondicionados em BOPP/metBOPP em ar atmosférico (21% O_2), onde a retenção foi de 38,80% após 207 dias de estocagem, inferior às retenções para todos os materiais inertizados, conforme resultados apresentados na Figura 10.

Os mesmos autores enfatizaram que a disponibilidade de oxigênio é o fator que leva a uma maior velocidade de degradação do β -caroteno dos chips de batata-doce alaranjada durante a estocagem.

Bechoff et al. (2011b) obtiveram 21,4% de retenção de β -caroteno de chips de batata-doce *Resisto* acondicionados em embalagem de polietileno durante a estocagem por 4 meses a temperatura ambiente (20 a 31 °C). E o estudo de Bechoff et al. (2010a) obteve retenção de 34,8% e 35,3% de β -caroteno em chips de batata-doce das variedades *Ejumula* e *Kakamega* respectivamente, acondicionados em polietileno transparente a temperatura ambiente (19,1 a 27,7 °C e 42,8 a 86,5% UR) estocados por 4 meses. Quando comparados os resultados de retenção de β -caroteno dos chips de batata-doce *Beauregard* com os de Bechoff et al. (2010a;

2011b), os cinco sistemas de embalagem avaliados neste estudo foram superiores aos desses autores durante um período de 207 dias de estocagem. De acordo com Robertson (2013) as embalagens de PE oferecem baixa barreira ao oxigênio. Sendo assim o material utilizado por Bechoff et al. (2010a; 2011b) favoreceu a permeação de oxigênio, acarretando na reação de degradação dos carotenoides, resultando em menor retenção durante a estocagem, mostrando o porquê se optou por usar estruturas laminadas com propriedades de barreira ao oxigênio superiores nesse estudo.

5.5.5 Cor Instrumental

Os resultados de cor instrumental dos chips de batata-doce biofortificada acompanhados durante a vida útil estão apresentados nas Tabela 17 a 19 e Figuras 11 a 13.

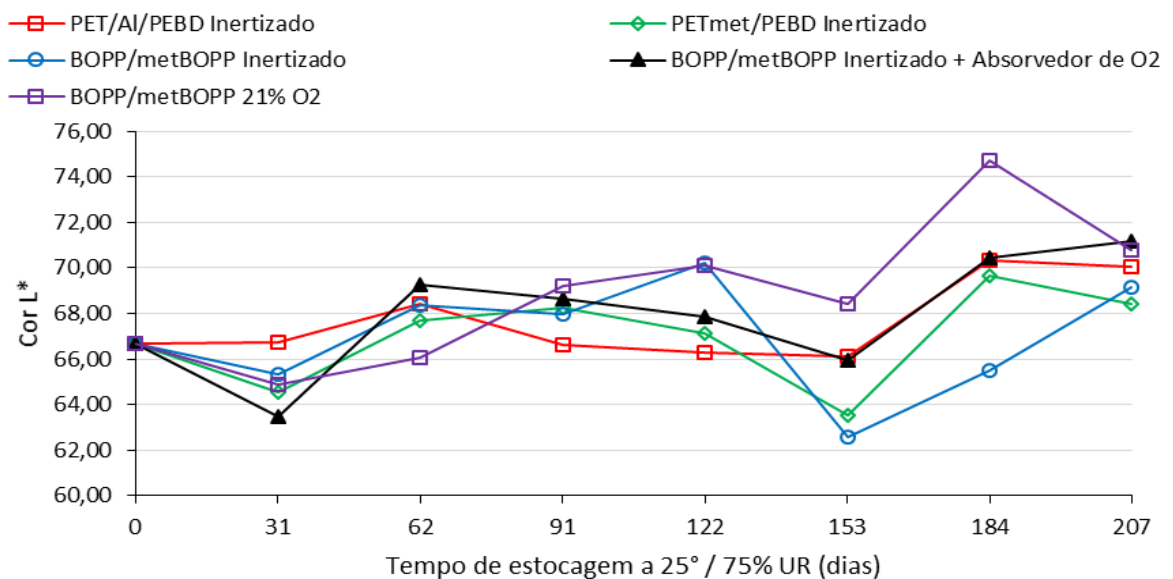


Figura 11: Cor L* dos chips de batata-doce biofortificada ao longo da estocagem.

Tabela 17: Cor L* dos chips de batata-doce biofortificada acondicionados em diferentes sistemas de embalagem ao longo da estocagem.

Tipo de acondicionamento	Tempo de estocagem (dias)							
	0	31	62	91	122	153	184	207
PET/AI/PEBD Inertizado	66,68±0,96 ^{a/BC}	66,75±1,93 ^{a/BC}	68,40±0,93 ^{abc/B}	66,60±1,56 ^{b/BC}	66,28±0,85 ^{c/BC}	66,13±1,41 ^{b/C}	70,32±0,66 ^{b/A}	70,08±1,21 ^{a/A}
PETmet/PEBD Inertizado	66,68±0,96 ^{a/C}	64,53±2,11 ^{ab/D}	67,68±0,61 ^{bc/C}	68,26±1,23 ^{b/AB}	67,14±0,50 ^{bc/C}	63,51±2,06 ^{c/D}	69,67±1,39 ^{b/A}	68,41±0,58 ^{c/B}
BOPP/metBOPP Inertizado	66,68±0,96 ^{a/CD}	65,30±2,10 ^{ab/D}	68,36±0,44 ^{ab/B}	67,96±1,29 ^{b/BC}	70,22±0,56 ^{a/A}	62,57±0,66 ^{c/E}	65,52±0,76 ^{c/D}	69,16±0,72 ^{b/B}
BOPP/metBOPP Inertizado + Absorvedor de O₂	66,68±0,96 ^{a/DE}	63,46±1,44 ^{b/F}	69,27±0,62 ^{a/BC}	68,65±1,39 ^{b/C}	67,85±1,03 ^{b/CD}	65,94±0,95 ^{b/E}	70,46±0,81 ^{b/AB}	71,18±1,20 ^{a/A}
BOPP/metBOPP 21% O₂	66,68±0,96 ^{a/D}	64,86±1,07 ^{ab/E}	66,03±1,11 ^{c/D}	69,22±1,08 ^{a/BC}	70,11±1,06 ^{a/BC}	68,41±1,11 ^{a/B}	74,74±2,69 ^{a/A}	70,77±3,38 ^{a/AC}

*Valores referentes à média de quatro determinações ± desvio padrão

^{a,b,c} Comparação entre as amostras para um mesmo período de estocagem: médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si ao nível de 95% de confiança ($p < 0,05$).

^{A,B,C} Comparação entre os períodos de estocagem para uma mesma amostra: médias seguidas da mesma letra maiúscula na linha não diferem entre si ao nível de 95% de confiança ($p < 0,05$).

Tabela 18: Cor a* dos chips de batata-doce biofortificada acondicionados em diferentes sistemas de embalagem ao longo da estocagem.

Tipo de acondicionamento	Tempo de estocagem (dias)							
	0	31	62	91	122	153	184	207
PET/Al/PEBD Inertizado	27,29±1,33 ^{a/AB}	27,41±1,93 ^{c/AB}	26,11±1,07 ^{a/B}	28,05±1,19 ^{a/A}	27,98±0,78 ^{a/A}	26,99±1,49 ^{b/AB}	23,66±0,56 ^{b/C}	20,97±1,21 ^{c/D}
PETmet/PEBD Inertizado	27,29±1,33 ^{a/BC}	28,75±0,76 ^{ab/A}	26,58±0,66 ^{a/CD}	26,90±0,86 ^{ab/C}	27,76±0,65 ^{a/ABC}	28,31±1,24 ^{ab/AB}	24,64±1,48 ^{b/E}	25,45±0,70 ^{a/DE}
BOPP/metBOPP Inertizado	27,29±1,33 ^{a/BC}	28,09±0,69 ^{bc/AB}	26,47±0,66 ^{a/CD}	26,01±1,27 ^{bc/CD}	25,60±0,43 ^{bc/D}	29,15±0,71 ^{a/A}	27,31±1,19 ^{a/BC}	23,16±0,56 ^{b/E}
BOPP/metBOPP Inertizado + Absorvedor de O₂	27,29±1,33 ^{a/BC}	29,37±0,84 ^{a/A}	26,40±0,76 ^{a/BC}	26,04±1,38 ^{bc/C}	27,49±1,00 ^{ab/B}	27,38±0,76 ^{b/BC}	24,05±0,82 ^{b/D}	21,59±0,96 ^{c/E}
BOPP/metBOPP 21% O₂	27,29±1,33 ^{a/AB}	28,33±0,77 ^{abc/A}	26,93±1,05 ^{a/B}	24,60±0,93 ^{c/C}	23,39±1,02 ^{c/CD}	22,28±1,07 ^{c/D}	17,76±0,65 ^{c/E}	17,98±0,99 ^{d/E}

*Valores referentes à média de quatro determinações ± desvio padrão

^{a,b,c} Comparação entre as amostras para um mesmo período de estocagem: médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si ao nível de 95% de confiança ($p < 0,05$).

^{A,B,C} Comparação entre os períodos de estocagem para uma mesma amostra: médias seguidas da mesma letra maiúscula na linha não diferem entre si ao nível de 95% de confiança ($p < 0,05$).

Tabela 19: Cor b* dos chips de batata-doce biofortificada acondicionados em diferentes sistemas de embalagem ao longo da estocagem.

Tipo de acondicionamento	Tempo de estocagem (dias)							
	0	31	62	91	122	153	184	207
PET/Al/PEBD Inertizado	57,63±2,61 ^{a/A}	56,20±1,05 ^{c/A}	49,59±1,03 ^{c/BC}	50,77±0,58 ^{ab/B}	49,52±0,86 ^{b/C}	47,53±0,81 ^{c/D}	45,45±0,66 ^{c/E}	46,30±0,82 ^{c/E}
PETmet/PEBD Inertizado	57,63±2,61 ^{a/A}	58,49±1,01 ^{a/A}	51,89±1,05 ^{ab/B}	51,02±0,87 ^{ab/BC}	52,53±0,69 ^{a/B}	49,15±1,84 ^{bc/C}	46,11±1,18 ^{bc/D}	52,37±1,24 ^{a/B}
BOPP/metBOPP Inertizado	57,63±2,61 ^{a/A}	56,26±0,92 ^{c/A}	50,81±0,91 ^{bc/B}	50,45±0,92 ^{b/B}	47,05±0,70 ^{c/D}	48,03±0,94 ^{c/D}	49,26±1,09 ^{a/C}	50,95±1,17 ^{b/B}
BOPP/metBOPP Inertizado + Absorvedor de O₂	57,63±2,61 ^{a/A}	56,83±0,88 ^{bc/A}	50,27±0,88 ^{bc/B}	51,91±1,42 ^{a/B}	50,13±1,16 ^{b/B}	50,36±1,17 ^{ab/B}	45,70±1,02 ^{c/C}	51,62±1,21 ^{ab/B}
BOPP/metBOPP 21% O₂	57,63±2,61 ^{a/AB}	57,95±1,23 ^{ab/A}	54,97±1,56 ^{a/B}	51,39±1,05 ^{ab/C}	49,29±1,29 ^{b/D}	51,26±1,48 ^{a/C}	48,25±1,03 ^{ab/D}	50,97±0,86 ^{b/C}

*Valores referentes à média de quatro determinações ± desvio padrão

^{a,b,c} Comparação entre as amostras para um mesmo período de estocagem: médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si ao nível de 95% de confiança ($p < 0,05$).

^{A,B,C} Comparação entre os períodos de estocagem para uma mesma amostra: médias seguidas da mesma letra maiúscula na linha não diferem entre si ao nível de 95% de confiança ($p < 0,05$).

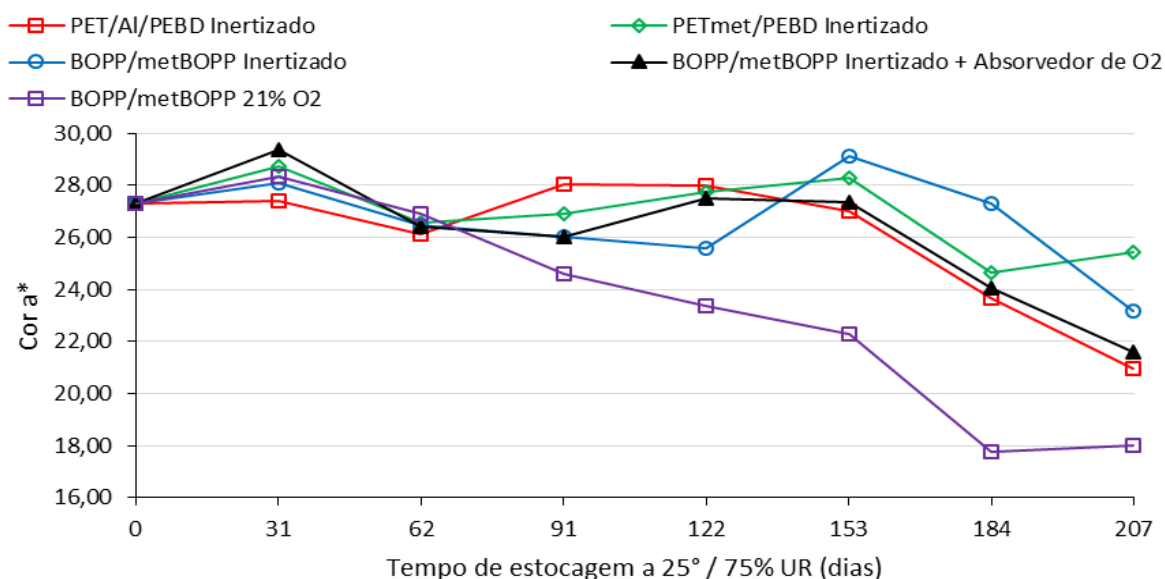


Figura 12: Cor a* dos chips de batata-doce biofortificada ao longo da estocagem.

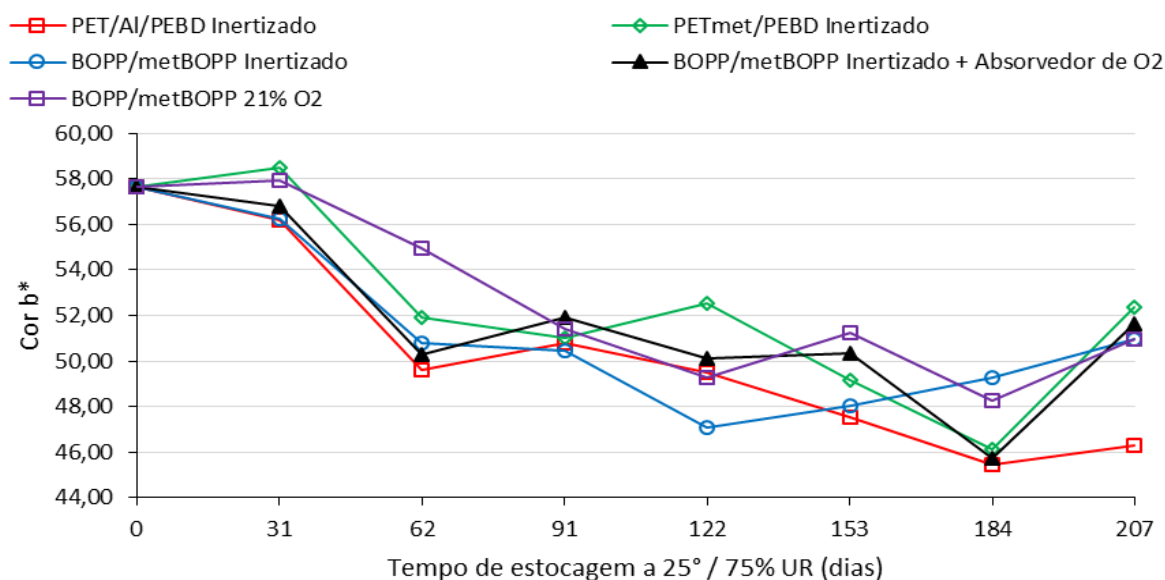


Figura 13: Cor b* dos chips de batata-doce biofortificada ao longo da estocagem.

Observou-se que ao longo da estocagem os valores de L* (luminosidade) apresentaram variações em todas as amostras, apresentando diferença estatística entre si ao nível de 95% de confiança ($p < 0,05$), sendo os chips acondicionados em BOPP/metBOPP em ar atmosférico o que apresentou maior aumento no valor de luminosidade, ou seja, se aproximou mais do valor 100 que corresponde ao branco. Essa perda de luminosidade está diretamente ligada a perda de carotenoides, que resultou em chips mais claros no fim do período estudado.

Os chips acondicionados com nitrogênio no espaço-livre em PET/Al/PEBD, PETmet/PEBD e BOPP/metBOPP com e sem absorvedor de oxigênio, apresentaram maiores perdas de intensidade de vermelho (a^*) a partir dos 184 dias de estocagem. Os chips acondicionados em BOPP/metBOPP em ar atmosférico (21% O_2), apresentaram maior perda de intensidade de vermelho após 91 dias de estocagem, perdendo 34% de cor aos 207 dias de estocagem. Essa perda de coloração corrobora com a redução no teor de carotenoides dos chips acondicionados em BOPP/metBOPP em ar atmosférico, neste período de estocagem.

A intensidade de amarelo (b^*) dos chips apresentaram perda ao longo da estocagem em todos os sistemas de acondicionamento, apresentando diferença estatística entre si ao nível de 95% de confiança ($p < 0,05$).

5.5.6 Avaliação sensorial

Os resultados dos atributos sensoriais dos chips de batata-doce biofortificada acondicionados em diferentes sistemas de embalagem, acompanhados durante a estocagem estão apresentados Figura 14 e no Anexo 4.

Os extremos das escalas de cada atributo avaliado estão descritos a seguir:

- Cor característica (0 = laranja intenso e 9 = amarelo claro);
- Odor característico (0 = característico e 9 = estranho);
- Odor oxidado (0 = ausente e 9 = forte);
- Sabor característico (0 = característico e 9 = não característico);
- Sabor oxidado (0 = ausente e 9 = forte);
- Crocância (0 = crocante e 9 = murcho);
- Qualidade global (0 = excelente e 9 = péssima).

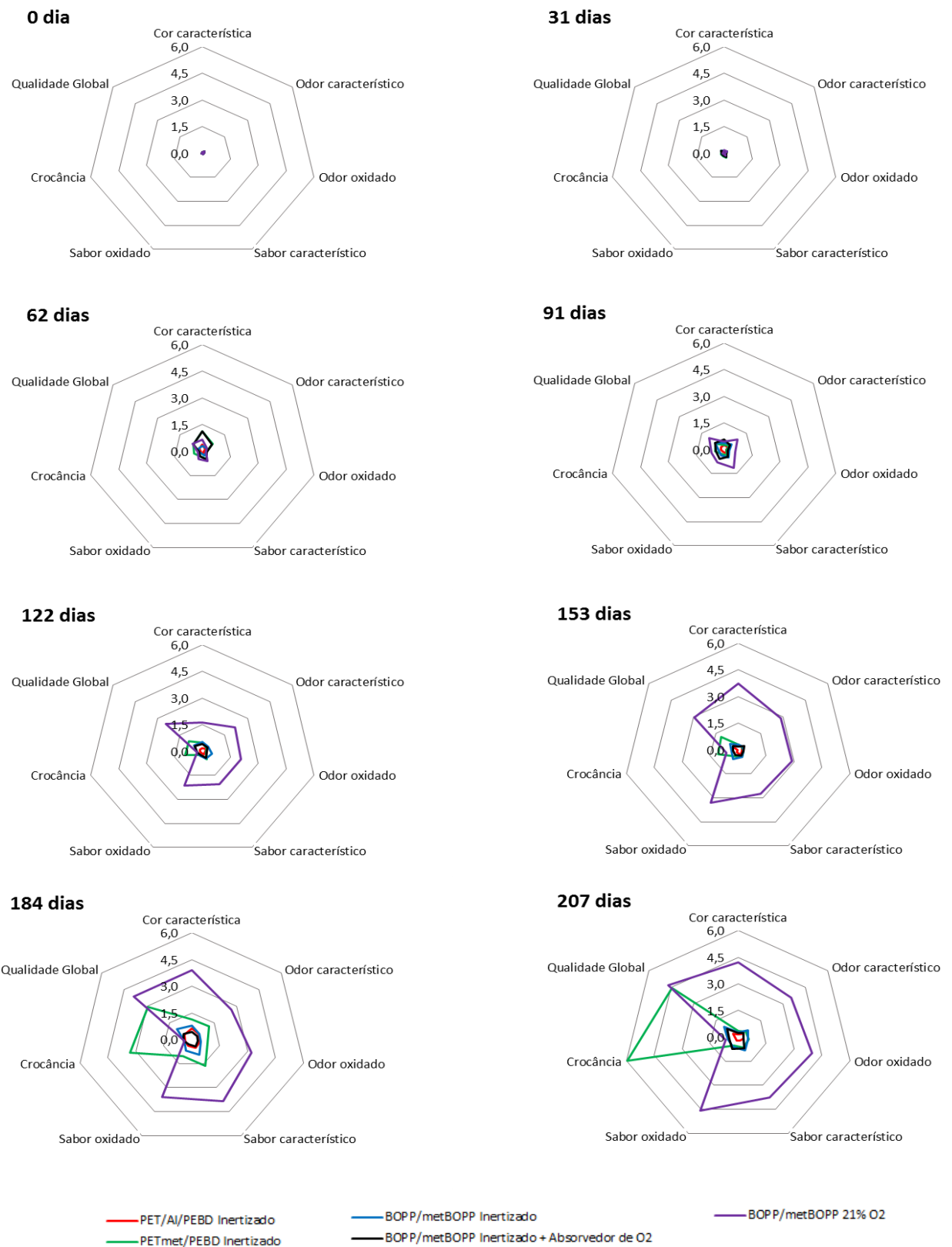


Figura 14: Perfil sensorial dos chips de batata-doce biofortificada acondicionados em diferentes sistemas de embalagem armazenados a 25°C / 75% UR ao longo da estocagem (n = 15).

Observou-se que nos períodos de avaliação de 0, 31 e 62 dias os chips acondicionados nos cinco sistemas de embalagem mantiveram os atributos sensoriais próximos a nota 0, portanto os sistemas de embalagem utilizados foram eficientes na manutenção da qualidade dos chips durante 62 dias com mínimas alterações.

No período de 91 dias os chips acondicionados em sistemas inertizados, mantiveram os atributos avaliados próximo ao 0, no entanto, para as amostras acondicionadas em BOPP/metBOPP em ar atmosférico as notas médias dos atributos cor característica, odor característico, odor oxidado, sabor característico, sabor oxidado e qualidade global os chips apresentaram um aumento. As pontuações apresentaram um crescente aumento ao longo estocagem. Aos 207 dias de estocagem o atributo sensorial cor característica, o valor médio foi de 4,20 acarretando em perda de coloração do produto. As alterações sensoriais de cor dos chips de batata-doce, foram decorrentes da presença de oxigênio no espaço-livre da embalagem, o que resultou na oxidação dos pigmentos (carotenoides) que conferem a coloração laranja intenso aos chips de batata-doce biofortificada. Esses resultados corroboram com os resultados de retenção de carotenoides totais, β -caroteno e cor instrumental a^* , apresentados anteriormente nas Figuras 9 e 10 e Tabela 18.

Para os atributos odor característico, odor oxidado, sabor característico e sabor oxidado, também foi observado um aumento com valores médios de 3,57, 3,96, 3,78 e 4,60 respectivamente aos 207 dias de estocagem. A perda de odor e sabor característico e desenvolvimento de odor e sabor oxidado foram em função da oxidação dos carotenoides que ocorreu nos chips acondicionados nesse sistema em função da alta concentração de oxigênio no espaço-livre da embalagem conforme apresentado na Figura 8. Segundo Waché et al. (2003) & Bechoff et al. 2010 a degradação de carotenoides durante a estocagem, resulta na formação de nerisoprenoides (β -ionona e β -ciclocitral) que são compostos formados pela degradação do β -caroteno, que acarretam no desenvolvimento de odor oxidado.

Não foi observado perda de crocância nos chips acondicionados em embalagens BOPP/metBOPP em ar atmosférico ao longo da estocagem, em função da alta barreira ao vapor d'água do material utilizado.

O aumento das médias de qualidade global dos chips acondicionados em BOPP/metBOPP em ar atmosférico iniciou-se no período de 91 dias, sendo que no

período de 207 dias o valor médio de qualidade global foi de 4,67 apresentaram perda de qualidade global, decorrentes das alterações de cor, sabor e odor que ocorreram durante a estocagem em função das reações de degradação dos carotenoides devido a maior concentração de O₂ no espaço-livre das embalagens (Figura 8).

No período de 122 dias de estocagem, observou-se um início do aumento das notas médias do atributo crocância dos chips acondicionados em PETmet/PEBD inertizado. O que se intensificou nos períodos de 153, 184 e 207 dias de estocagem, aos 207 dias os chips apresentaram nota média de 5,97 levando a rejeição do produto. Essa perda de crocância foi em função do aumento da atividade de água e umidade dos chips, conforme apresentados nas Figuras 6 e 7, em consequência da baixa barreira ao vapor d'água da estrutura utilizada, quando comparada aos demais materiais e da condição de umidade relativa da câmara de estocagem. Os resultados de crocância refletiram na perda de qualidade global ao longo da estocagem, com nota média de 4,67 aos 207 dias.

Os chips acondicionados em PET/Al/PEBD inertizado, BOPP/metBOPP inertizado e BOPP/metBOPP inertizado com absorvedor de oxigênio, manteve os valores médios de todos os atributos avaliados próximos ao 0 durante os 207 dias de estudo, mostrando que esses sistemas conseguiram manter a qualidade sensorial do produto. No entanto, quando comparados os resultados do atributo sensorial cor característica com os resultados de cor instrumental, observamos que as alterações de perda de cor L, a*, b* ao longo da estocagem, não foram detectadas pelos provadores nos chips acondicionados em sistemas inertizados.

6. CONCLUSÕES

As condições empregadas no processamento de chips batata-doce biofortificada desidratado foram adequadas, resultaram em 97,30% de retenção de carotenoides totais e 97,68% de β -caroteno.

Os chips de batata-doce biofortificada apresentaram alto teor de equivalentes de atividade de retinol, mostrando que o consumo de porções entre 11 g a 22 g pode suprir a necessidade de ingestão diária recomendada de todos os grupos populacionais.

Os fatores que determinaram a vida útil dos chips foram decorrentes das reações de oxidação dos carotenoides que acarretaram perda de atividade vitamínica e alterações sensoriais de cor, odor e sabor. Além disso, também ocorreu perda de crocância devido ao ganho de umidade dos chips na embalagem de PETmet/PEBD.

A principal causa da perda de qualidade dos chips acondicionados em BOPP/metBOPP em ar atmosférico foi a reação de oxidação dos carotenoides, causando perda de carotenoides e alterações sensoriais de cor, odor e sabor, resultando em uma vida útil de 5 meses a 25 °C / 75% UR. Esse sistema reteve 59,22% de carotenoides totais e 71,80% de β -caroteno aos 5 meses de estocagem.

Os chips acondicionados em PETmet/PEBD inertizado apresentaram perda de crocância, devido a taxa de permeabilidade ao vapor d'água desse material, o que determinou a vida útil dos chips em 6 meses, os resultados de retenção de carotenoides totais desse sistema foram de 78,07% e 89,90% de β -caroteno aos 7 meses de estocagem a 25 °C / 75% UR.

Os ensaios de avaliação da estabilidade dos chips de batata-doce biofortificada, acondicionados em PET/Al/PEBD inertizado demonstraram altos valores de retenção de carotenoides totais 80,44% e β -caroteno 89,86%, e as alterações sensoriais foram mínimas, propiciando uma vida útil de até 7 meses a 25 °C / 75% UR. No entanto, esse sistema pode propiciar uma vida útil superior ao período estudado em função das boas propriedades de barreira do material.

Os chips acondicionados em BOPP/metBOPP inertizado e BOPP/metBOPP inertizado com absorvedor de oxigênio praticamente não apresentaram alterações sensoriais ao longo da estocagem e altos valores de retenção de carotenoides totais (75,48% e 75,45%) respectivamente e β -caroteno (82,80% e 79,94%) respectivamente, o que propiciou uma vida útil em até 7 meses a 25 °C / 75% UR. Portanto, esses sistemas podem acarretar em uma vida de prateleira superior ao período estudado. Contudo, o uso de absorvedores de oxigênio não contribuiu para o aumento da vida útil quando utilizado comparativamente ao sistema de BOPP/metBOPP inertizado.

Para uma vida útil de até 7 meses a 25 °C / 75% UR é possível utilizar sistemas de embalagem inertizados em estruturas de PET/Al/PEBD,

BOPP/metBOPP ou BOPP/metBOPP com absorvedor de oxigênio. Sendo o sistema de embalagem BOPP/metBOPP inertizado o que apresenta melhor custo benefício, pelo menor custo do material de embalagem, além de ser o material mais utilizado no mercado de chips em geral.

Os cinco sistemas de embalagem utilizados nesse estudo propiciaram vida útil ao produto superior ao praticado hoje no mercado de chips de batata inglesa, que é de 90 dias.

7. REFERÊNCIAS

ABAL. Embalagem de alumínio. In: CAMILO, A. N. **Embalagens**: design, materiais, processos, máquinas e sustentabilidade. Barueri, SP: Instituto de Embalagens, 2011. p. 175-178.

Addinsoft - XLSTAT - Versão 2015.6.01.24494

AGUIRRE, J. M. Controle de Qualidade. In: AGUIRRE, J. M.; J. GASPARINO FILHO (Coord). **Desidratação de frutas e hortaliças**: manual técnico. Campinas: ITAL, 2002. p. 5-9.

AHVENAINEN, R. Active and intelligent packaging: an introduction. In: _____. **Novel food packaging techniques**. Boca Raton, FL: CRC Press, 2003. p. 3-21.

ALLEN, J. C.; CORBITT, A. D.; MALONEY, K. P.; BUTT, M. S.; TRUONG, V. D. Glycemic index of sweet potato as affected by cooking methods. **The Open Nutrition Journal**, v. 6, p. 1-11, 2012.

AMAGLOH, F. K.; COAD, J. Orange-fleshed sweet potato-based infant food is a better source of dietary vitamin A than a maize-legume blend as complementary food. **Food and Nutrition Bulletin**, v. 35, n. 1, p. 51-59, 2014.

AMBRÓSIO, C.L. B.; CAMPOS, F. A. C. S.; FARO, Z. P. Carotenóides como alternativa contra a hipovitaminose A. **Rev. Nutr., Campinas**, v. 19, p. 233-243, 2006.

ASTM INTERNATIONAL. **ASTM D 3985-05 (2010)e1**: standard test method for oxygen gas transmission rate through plastic film and sheeting using a coulometric sensor. Philadelphia: ASTM, 2005. 7 p.

ASTM INTERNATIONAL. **ASTM F 1249-13**: standard test methods for water vapor transmission rate through plastic film and sheeting using a modulated infrared sensor. Philadelphia: ASTM, 2013. 6 p.

AOAC Official Method 2003.09 (Salmonella PCR Bax System). In: LATIMER JR.,

G.W. (ed.). **Official Methods of Analysis of AOAC International**. 19th edition. Gaithersburg, Maryland: AOAC International, 2012. Chapter 17, p. 205-210.

AOAC Official Method 920.152. In: LATIMER JR., GEORGE W. (Ed.). **Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists**. 19th ed. Gaithersburg, Maryland: AOAC, 2012. Vol. II, Chapter 37, p.10, 2012.

AOAC Official Method 925.51. In: LATIMER JR., GEORGE W. (Ed.). **Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists**. 19th ed. Gaithersburg, Maryland: AOAC, 2012. Vol. II, Chapter 42, p. 6.

AOAC Official Method 935.37. In: LATIMER JR., GEORGE W. (Ed.). **Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists**. 19th ed. Gaithersburg, Maryland: AOAC, 2012. Vol. II, Chapter 32, p. 67.

AOAC Official Method 964.22. In: LATIMER JR., GEORGE W. (Ed.). **Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists**. 19th ed. Gaithersburg, Maryland: AOAC, 2012. Vol. II, p. 4.

AOAC Official Method 984.25. In: LATIMER JR., GEORGE W. (Ed.). **Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists**. 19th ed. Gaithersburg, Maryland: AOAC, 2012. Vol. II, Chapter 42, p.14.

AOAC Official Method 985.29. In: LATIMER JR., GEORGE W. (Ed.). **Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists**. 19th ed. Gaithersburg, Maryland: AOAC, 2012. v. II, Chapter 45, p.100-101.

ARNDT JR, G. W. Examination of flexible and semirigid containers for integrity. In: FOOD AND DRUG ADMINISTRATION. **Bacteriological analytical manual**. Silver Spring, MD: FDA, 2001. Chapter 22. Disponível em: <<http://www.fda.gov/Food/FoodScienceResearch/LaboratoryMethods/ucm072703.htm>>. Acesso em: 11 jan. 2016.

AZEREDO, H. M. C. de; BRITO, E. D.; GARRUTI, D. S. Alterações químicas em alimentos durante a estocagem. In: AZEREDO, H. M. C. de (Org). **Fundamentos de estabilidade de alimentos**. v. 2. Brasília: Embrapa, 2012. p. 39-76.

BAHADO-SINGH, P. S.; RILEY, C. K.; WHEATLEY, A. O.; LOWE, H. I. C. Relationship between processing method and the glycemic indices of ten sweet potato (*Ipomoea batatas*) cultivars commonly consumed in Jamaica. **Journal of Nutrition and Metabolism**. v. 2011, p.1-6, 2011.

BARBOSA, L.; MADI, L.; TOLEDO, M. A.; REGO, R. A. As tendências da alimentação. In: BRASIL Food Trends 2020. São Paulo: FIESP, 2010. p. 39-48.

BATATA-DOCE: *Ipomoea batatas* L: normas de classificação. São Paulo: PBMH, 2014. 6 p. (CEAGESP. Programa de Adesão Voluntária). Disponível em: <http://www.ceagesp.gov.br/wp-content/uploads/2015/07/batata_doce.pdf>. Acesso em: 01 set. 2016.

BECHOFF, A.; WESTBY, A.; OWORI, C.; MENYA, G.; DHUIQUE-MAYER, C.; DUFOUR, D.; TOMLINS, K. I. Effect of drying and storage on the degradation of carotenoids in orange-fleshed sweet potato. **Journal of the Science of Food Agriculture**. v. 90, p. 622-629, 2010a.

BECHOFF, A.; DHUIQUE-MAYER, C.; DORNIER, M.; TOMLINS, K. I.; BOULANGER, R.; DUFOUR, D.; WESTBY, A. Relationship between the kinetics of β -carotene degradation and formation of norisoprenoids in the storage of dried sweet potato chips. **Food Chemistry**. v. 121, p. 348-357, 2010b.

BECHOFF, A.; WESTBY, A.; MENYA, G.; TOMLINS, K. I. Effect of pretreatments for retaining total carotenoids in dried and stored orange-fleshed-sweet potato chips. **Journal of Food Quality**, v. 34, p. 259-267, 2011a.

BECHOFF, A.; TOMLINS, K.; DHUIQUE-MAYER, C.; DOVE, R.; WESTBY, A. On-farm evaluation of the impact of drying and storage on the carotenoid content of orange-fleshed sweet potato (*Ipomea batata* Lam.). **International Journal of Food Science and Technology**, v. 46, p. 52-60, 2011b.

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

BISHOP, C. A.; MOUNT III, E. M. Vacuum metallizing for flexible packaging. In: WAGNER JR., J. R. **Multilayer flexible packaging**: technology and applications for the food, personal care and over-the-counter pharmaceutical industries. Burlington, MA: Elsevier, 2010. p. 185- 202.

BOVEL-BENJAMIN, A. C. Sweet potato: a review of its past, present, and future role in human nutrition. **Food and Nutrition Research**. v. 52, p. 1-59, 2007.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução - RDC nº 12, de 2 de janeiro de 2001. Regulamento técnico sobre os padrões microbiológicos para alimentos. 2001. Disponível em: <http://portal.anvisa.gov.br/documents/33880/2568070/RDC_12_2001.pdf/15ffddf6-3767-4527-bfac-740a0400829b> Acesso em: 23/07/2015.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC nº 272, de 22 de setembro de 2005. Regulamento técnico para produtos de vegetais, produtos de frutas e cogumelos comestíveis. 2005. Disponível em: <http://portal.anvisa.gov.br/documents/33916/394219/RDC_272_2005.pdf/780ccab6-3244-4b2b-8e94-29a6233063df> Acesso em: 11 maio 2016.

BRODY, A. L.; STRUPINSKY, E. R.; KLINE, L. R. *Active packaging for food applications*. Lancaster, PA. Technomic Publishing Company, 2001, 211p.

BURRI, B. J. Evaluating sweet potato as an intervention food to prevent vitamin A deficiency. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, v. 10, p. 118-130, 2011.

BURRI, B. J. The current impact and potential of biotechnology to improve the capacity of orange-fleshed sweet potato (*ipomoea batatas*) to prevent vitamin a deficiency In: RAMAWAT, K. G.; MERILLON (Ed.). **Bulbous plants biotechnology**. Boca Raton, FL: CRC Press, 2013. p. 287-310.

CARMONA, P. A. O. **Caracterização morfoagronômica, físico-química e tolerância ao nematoide-das-galhas de genótipos de batata-doce avaliados no Distrito Federal**. 2015. 213 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 2015.

CARNEJO, F. E. P.; WILBERG, V. C.; NOGUEIRA, R. I.; DA SILVA, C. S.; PONTES, S. M.; GODOY, R. L. O.; PACHECO, S.; NUTTI, M. R.; CARVALHO, J. L. V. de. Desenvolvimento de um equipamento para a secagem de batata doce com elevada concentração de beta-caroteno. In: REUNIÃO DE BIOFORTIFICAÇÃO NO BRASIL, 4., Teresina, 2011. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/916070/desenvolvimento-de-um-equipamento-para-a-secagem-de-batata-doce-com-elevada-concentracao-de-beta-caroteno>> Acesso em: 18 jan. 2016.

CHARRONDIÈRE, U. R.; STADLMAYR, B.; HAYTOWITZ, D. **FAO/INFOODS guidelines for converting units, denominators and expressions**, version 1.0. Rome: FAO, 2012. 56 p.

COLES, R.; KIRWAN, M. **Food and beverage packaging technology**. 2. ed. West Sussex, UK: Blackwell Publishing, 2011. 326 p.

CONFERENCE outcome document: Rome declaration on nutrition. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON NUTRITION, 2., 2014, Rome. **Proceedings...** Rome: FAO/WHO, 2014. 6 p.

COULTATE, T. P. **Alimentos: a química de seus componentes**. 3 ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. 350 p.

CRUZ, R. S.; SOARES, N. F. F.; ANDRADE, N. J. Absorvedores de oxigênio na conservação de alimentos: uma revisão. **Revista Ceres**, v. 52, p. 191-206, 2005.

DAMODARAM, S; PARKIN, K. L.; FENNEMA, O, R. **Química de alimentos de Fennema**. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2010. 900 p.

DAY, B. P. F.; POTTER, L. Active Packaging. In: COLES, R.; KIRWAN, M. J. (Ed.). **Food and beverage packaging technology**. 2nd ed. Hoboken, NJ: Wiley-Blackwell, 2011. p. 251-262.

DECAGON DEVICES, INC. Aqua lab – model CX-2-Water activity meter. [S.l.: s.d.]. 73 p. (Operator's Manual Version 3.0).

DONADO-PESTANA, C. M. **Efeitos do processamento sobre a disponibilidade de carotenoides, fenólicos totais e atividade antioxidante em quatro cultivares de batata doce (*Ipomoea batatas* L.) biofortificados**. 2011. 86 f. Dissertação

(Mestre em Ciências)-Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, SP, 2011.

DUTTA, D.; CHAUDHURI, U. R.; CHAKRABORTY, R. Structure, health benefits, antioxidant property and processing and storage of carotenoids. **African Journal of Biotechnology**, v. 4, n.13, p. 1510-1520, 2005.

DUTTA, S. Sweet potatoes for diabetes mellitus: a systematic review. **Pharmacophore**, v. 6, p. 60-72, 2015.

ENACHESCU-DAUTHY, M. On-line simplified methods for enzyme activity check In fruit & vegetable processing. FAO Agricultural Services Bulletin No.119. Rome: Food & Agriculture Organization of the United Nations, 1995.
<<http://www.fao.org/docrep/v5030E/v5030E0q.htm>>. Acesso em: 14 jan. 2016.

FAO/WHO FOOD AND DRUG ADMINISTRATION. Vitamin A. In: _____. **Human vitamin and mineral requirements**. Chapter 7. Rome: FAO/WHO, 2001. p. 87-108. Disponível em: <<http://www.fao.org/docrep/004/y2809e/y2809e0d.htm>>. Acesso em: 07 nov. 2016.

FERREIRA, J. E. M. **Estabilidade de carotenoides, flavonoides e vitamina C em alimentos submetidos às tecnologias emergentes de processamento**. 2011. 153 f. Tese (Doutorado em Ciência de Alimentos)--Faculdade de Engenharia de Alimentos da Unicamp, Campinas, SP, 2011.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS - FAO. FAOSTAT: Top production: sweet potatoes. Rome: FAO, 2012. Disponível em: <<http://faostat.fao.org/site/339/default.aspx>>. Acesso em: 14 out. 2016.

FELLOWS, P. J. **Tecnologia do processamento de alimentos**: princípios e prática. 2. ed. Porto Alegre: Artmed, 2006. 602 p.

FERNANDES, F. R.; AMARO, G. B.; MADEIRA, N. R.; CAVALIERI, S. D.; DE MELO, W. F. **Biofortificação**: batata-doce Beauregard. Brasília, DF: Embrapa, 2014. 30 p.

GARCIA, E. E. C.; SARANTÓPOULOS, C. I. G. L.; COLTRO, L. Materiais plásticos para embalagens rígidas. In: OLIVEIRA, L. M.; QUEIROZ, G. C. (Ed.). **Embalagens plásticas rígidas**: principais polímeros e avaliação da qualidade. Campinas: CETEA/ITAL, 2008. cap. 1, p. 15-60.

GIL, M.; BUGATTI, A. J.; Embaladoras a vácuo e atmosfera modificada (ATM). In: CAMILO, A. N. **Embalagens**: design, materiais, processos, máquinas e sustentabilidade. Barueri, SP: Instituto de Embalagens, 2011. p. 283-285.

GRIZOTTO, R. K. **Processamento e rendimento industrial da batata chips e palha**. Campinas: ITAL, 2005. Disponível em: <<http://www.abbabatatabrasileira.com.br/minas2005/19%20-%20Processamento%20da%20batata%20chips%20e%20palha%2001.pdf>> Acesso em: 28 abr. 2015.

HERNANDEZ, R. J.; SELKE, S. E. M.; CULTER, J. D. **Plastics packaging: properties, processing, applications, and regulations**. Munich: Hanser, 2000. 409 p.

HOLLANDER, M.; WOLFE, D. A. **Nonparametric statistical methods**. Danvers, MA: John Wiley & Sons, 1973. 816 p.

HUANG, L.; ZHANG, M. Trends in development of dried vegetable products as snacks. **Drying Technology**, v. 30, p. 448-461, 2012.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Produção agrícola municipal**. Rio de Janeiro, 2014. Disponível em: <http://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/66/pam_2014_v41_br.pdf> Acesso em: 11 maio 2016.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos. **Clima monitoramento Brasil: precipitação observada (mm) – 04 out. 2016**. Disponível em: <<http://clima1.cptec.inpe.br/monitoramentobrasil/pt>>. Acesso em: 07 nov. 2016.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 7251: microbiology of food and animal stuffs: horizontal method for the detection and enumeration of presumptive Escherichia coli: most probable number technique**. Switzerland, 2005.

JI, H.; ZHANG, H.; LI, H.; LI, Y. Analysis on the nutrition composition and antioxidant activity of different types of sweet potato cultivars. **Food and Nutrition Sciences**, v. 6, p. 161-167, 2015.

KALIL, A. C. **Manual básico de nutrição**. São Paulo: Instituto de Saúde, 1975.

KERRY, J.; BUTLER, P. **Smart packaging technologies: for fast moving consumer goods**. India, 2008. 340 p.

KIM, H. J.; PARK, W. S.; BAE, J. Y.; KANG, S. Y.; YANG, M. H.; LEE, S.; KWAK, S. S.; AHN, M. J. Variations in the carotenoid and anthocyanin contents of Korean cultural varieties and home-processed sweet potatoes. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 41, p. 188–193, 2015.

LAURIE, S. M.; VAN JAARVELD, P. J.; FABER, M.; PHILPOTT, M. F.; LABUSCHAGNE, M. T. Trans- β -carotene, selected mineral content and potential nutritional contribution of 12 sweetpotato varieties. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 27, n. 2, p. 151-159, 2012.

LEONEL, M.; OLIVEIRA, M. A.; FILHO, J. D. Espécies tuberosas tropicais como matérias primas amiláceas (Tropical tubers as starchy raw materials). **Revista Raízes Amidos Tropicais (RAT)**, Botucatu, v. 1, p. 49-68, 2005.

LESKOVÁ, E.; KUBÍKOVÁ, J.; KOVÁČIKOVÁ, E.; KOSICKÁ, M.; PORUBSKÁ, J.; HOLCÍKOVÁ, K. Vitamin losses: retention during heat treatment and continual changes expressed by mathematical models. **Journal of Food Composition and**

Analysis, San Diego, v. 19, n. 4, p. 252-276, 2006. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jfca.2005.04.014>.

LI, L.; YANG, Y.; XU, Q.; OWSIANY, K.; WELSCH, R.; CHITCHUMROONCHOKCHAI, C.; LU, S.; ECK, J. V.; DENG, X. X.; FAILLA, M.; THANNHAUSER, T. W. The or gene enhances carotenoid accumulation and stability during post-harvest storage of potato tubers. **Molecular Plant.**, v. 5, p. 339-352, 2012.

MACFIE, H.; BRATCHELL, N. Designs to balance the effect of order of presentation and first-order carry-over effects in hall tests. **Journal of Sensory Studies**, v. 4, n. 2, p. 129-148, 1989.

MARQUES, D. V.; MANOS, M. G. L.; AVILA, A. F. D. Avaliação da adoção de produtos biofortificados. In: REUNIÃO DE BIOFORTIFICAÇÃO NO BRASIL, 4., 2011, Teresina. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/901067/avaliacao-da-adocao-de-produtos-biofortificados>>. Acesso em: 15 jan. 2016.

MASSEY, L. K. **Permeability properties of plastic and elastomers**: a guide to packaging and barrier materials. 2. ed. Norwich, NY: Plastic Design Library, 2003. 601 p.

MELLO, A. F. S.; NUTTI, M. R.; MOITA, A. W.; AMARO, G. B. Criteria for selection of biofortified sweet potato clones. In: REUNIÃO DE BIOFORTIFICAÇÃO NO BRASIL, 5., 2015, São Paulo. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/hortalicas/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1027778/criteria-for-selection-of-biofortified-sweet-potato-clones>> Acesso em: 19 jan. 2016.

MELO, A. S. de.; COSTA, B. C.; BRITO, E. B.; NETTO, A. O. A.; VIÉGAS, P. R. A. Custo e rentabilidade na produção de batata-doce nos perímetros irrigados de Itabaiana, Sergipe. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 39, n. 2, p. 119-123, 2009.

MELO, W. F. Biofortificação da batata-doce. In: REUNIÃO DE BIOFORTIFICAÇÃO NO BRASIL, 4., 2011, Teresina. Disponível em: <<http://biofort.com.br/downloads/resumos/>> Acesso em: 27 out. 2016.

MELO, W. F.; SILVA, J. B. C.; GOMES, L. M.; MOITA, A. W.; AMARO, G. B.; FERNANDES, F. R.; NUTTI, M. R.; DUSI, A. N. Biofortificação no Brasil (BioFORT): avaliação preliminar de clones de batata-doce ricos em betacaroteno em duas épocas de plantio. In: REUNIÃO DE BIOFORTIFICAÇÃO NO BRASIL, 4., 2011, Teresina. Disponível em: <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/54480/1/2011-131.pdf>> Acesso em: 14 mai. 2015.

MIN, S. C.; KIM, Y. T.; HAN, J. H. Packaging and the shelf life of cereals and snack foods. In: ROBERTSON, G. L. **Food packaging and shelf life**. Boca Raton: CRC Press, 2010. p. 339-352.

MIRANDA, O. Filmes de poliéster. In: CAMILO, A. N. **Embalagens: design, materiais, processos, máquinas e sustentabilidade**. Barueri, SP: Instituto de Embalagens, 2011. p. 155-156.

MIRANDA, J. E. C.; FRANÇA, F. H.; CARRIJO, O. A.; PEREIRA, W.; LOPES, C. A. **Batata-doce (*Ipomoea batatas* (L.) Lam.)**. Brasília, DF: Embrapa-CNPq, 1989. (Circular técnica, 3). Disponível em: <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/107328/1/CNPq-DOCUMENTOS-03-BATATA-DOCE-IPOMOEIA-BATATAS-L-LAM-FL-07811.pdf>>. Acesso em: 22 maio 2015.

MORTARA, A. Filmes de BOPP. In: CAMILO, A. N. **Embalagens: design, materiais, processos, máquinas e sustentabilidade**. Barueri, SP: Instituto de Embalagens, 2011. p. 150-154.

MOSTA, N. M.; MODI, A. T.; MABHAUDHI, T. Sweet potato (*Ipomoea Batatas L.*) as a drought tolerant and food security crop. **South African Journal of Science**, v. 111, n.11/12, p. 1-8, 2015.

MOURA, F. F., MILOFF, A., BOY, E. Retention of provitamin A carotenoids in staple crops targeted for biofortification in Africa: cassava, maize, and sweet potato. **Food Science and Nutrition**, v. 55, p. 1246-1269, 2015.

MURPHY, E. W., CRINER, P. E., GRAY, B. C. Comparisons of methods for calculating retentions of nutrients in cooked foods. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 23, p. 1153-1157, 1975.

MUTHAYYA, S.; RAH, J. H.; SUGIMOTO, J. D.; ROSS, F. F.; KRAEMER, K.; BLACK, R. E. The global hidden hunger indices and maps: an advocacy tool for action. **Plos One**, v. 8, n. 6, jun. 2013. 12 p. Disponível em: <<http://www.plosone.org/article/fetchObject.action?uri=info%3Adoi%2F10.1371%2Fjournal.pone.0067860&representation=PDF>>. Acesso em: 28 jul. 2015.

NEGÓCIOS: o mercado de snacks. **Embanews**, São Paulo, v. 26, n. 312, p.16, mar. 2016.

NUTTI, M. R. A história dos projetos HarvestPlus, AgroSalud e BioFOT no Brasil. In: REUNIÃO DE BIOFORTIFICAÇÃO NO BRASIL, 4., 2011, Teresina. Disponível em: <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/54482/1/2011-133.pdf>> Acesso em: 12 jan. 2016.

NUTTI, M. R.; CARVALHO, J. L. V. de. O progresso das ações de biofortificação no Brasil. In: REUNIÃO DE BIOFORTIFICAÇÃO NO BRASIL, 5., 2015, São Paulo. Disponível em: < <https://www.embrapa.br/agroindustria-de-alimentos/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1027858/o-progresso-das-acoes-de-biofortificacao-no-brasil> > Acesso em: 19 jan. 2016.

NUTTI, M.; CARVALHO, J. L. V.; WATANABE, E. **A biofortificação como ferramenta para combater a deficiências em micronutrientes**. 2006. Disponível em: <http://www.cprm.gov.br/publique/media/geo_med7.pdf> Acesso em: 13 out. 2016.

OIRSCHOT, Q. E. V.; REES, D.; AKED, J. Sensory characteristics of five sweet potato cultivars and their changes during storage under tropical conditions. **Food Quality and Preference**, v. 14, p. 673-680, 2003.

OIRSCHOT, Q. E. V.; NGENDELLO, T.; RWIZA, E.; TOMLINS, K.; REES, D.; WESTBY, A. The potential for storage of fresh sweetpotato under tropical conditions: evaluation of physiological changes and quality aspects. INTERNATIONAL SYMPOSIUM OF THE INTERNATIONAL SOCIETY FOR TROPICAL ROOT CROPS-AFRICA BRANCH (ISTRIC-AB), 13., 2007, Arusha, Tanzania. **Proceedings...** p. 423-434.

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

PADULA, M.; SARANTÓPULOS, C. I. G. L.; OLIVEIRA, L. M. de. Alterações em alimentos In: OLIVEIRA, L. M. (Ed.). **Requisitos de proteção de produtos em embalagens plásticas rígidas**. Campinas: CETEA/ITAL, 2006. p. 17-39.

PADULA, M.; ITO, D.; BORGHETTI, J. Interação embalagem / alimentos: legislação e contaminação sensorial. In: OLIVEIRA, L. M.; QUEIROZ, G. C. (Org.). **Embalagens plásticas rígidas**: principais polímeros e avaliação da qualidade. Campinas, SP: ITAL/CETEA, 2008. p. 285-320.

PARREÑO, W. C. & TORRES, M. D. Á. Quality and safety of frozen vegetables. In: SUN, D. W. **Handbook of frozen food processing and packaging**. Boca Raton: CRC Press, 2012. p. 387-434.

PASSMORE, R; NICOL, B.M.; RAO, M.N. **Manual sobre necessidade nutricionales del hombre**. Genebre: O.M.S., 1975. (Série de monografias, 61).

PAULA, A. A. de. Transformação: metalização. In: CAMILO, A. N. **Embalagens**: design, materiais, processos, máquinas e sustentabilidade. Barueri, SP: Instituto de Embalagens, 2011. p. 257.

PICCOLI, N.; GREDE, N.; DE PEE, S.; SINGHKUMARWONG, A.; ROKS, E.; MOENCHPFANNER, R.; BLOEM, M. Rice fortification: its potential for improving micronutrient intake and steps required for implementation of scale. **Food and Nutrition Bulletin**, v. 33, p. S360-S372, 2012.

PORTAL ACTION - Action - Versão 2.9.29.368.534 - Junho/2015 Version of R: 3.0.2

ROBERTSON, G. L. **Food packaging**: principles and practice. Boca Raton: CRC Press, 2013. 687 p.

RODRIGUEZ-AMAYA, D. B. Stability of carotenoids during the storage of foods. In: CHARALAMBOUS, G. **Shelf life studies of foods and beverages**: chemical, biological, physical and nutritional aspects. Amsterdam: Elsevier, 1993, p. 591-627.

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. **A guide to carotenoid analysis in foods**. Washington: ILSI - International Life Sciences Institute, 2001. 64 p.

RODRIGUEZ-AMAYA, D. B.; KIMURA, M.; AMAYA-FARFAN, J. **Fontes brasileiras de carotenoides**: tabela brasileira de composição de carotenoides em alimentos. Brasília: MMA/SBF, 2008. 100 p.

RODRIGUEZ-AMAYA, D.B.; NUTTI, M. R.; CARVALHO, J. L. V. Carotenoids of sweet potato, cassava and maize and their use in Bread and flour fortification. In: PREEDY, V. R.; WATSON, R. R.; PATEL, V. B. (Eds.). **Flour and breads and their fortification in health and disease prevention**. London: Elsevier, 2011. p. 301-311.

ROGÉRIO, W. F.; LEONEL, M. Efeitos da espessura das fatias e pré-cozimento na qualidade de salgadinhos fritos (chips) de tuberosas tropicais. **Alim. Nutr.**, Araraquara, v. 15, n. 2, p. 131-137, 2004.

ROLSTON, L. H.; CLARK, C. A.; CANNON, J. M.; RANDLE, W. M.; RILEY, E. G.; WILSON, P. W.; ROBBINS, M. L. 'Beauregard' sweet potato. **Hortscience**. v. 22, p.1338–1339, 1987.

ROSE, I.; VASANTHAKAALAM, H. Comparison of the Nutrient composition of four sweet potato varieties cultivated in Rwanda. **American Journal of Food and Nutrition**, v. 1, n. 1, p. 34–38, jan. 2011.

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

SAINI, R. K., NILE, S. H., PARK, S. W. Carotenoids from fruits and vegetables: Chemistry, analysis, occurrence, bioavailability and biological activities. **Food Research International**, v. 76, p. 735-750, 2015.

SALFINGER, Y. & TORTORELLO, M.L.(ed.), 2015. **Compendium of methods for the microbiological examination of foods**. 5th ed. Washington, D. C., American Public Health Association, 2015. Chapter 31, p. 375-390.

SARANTÓPULOS, C. I. G. L.; OLIVEIRA, L.; CANAVESI, E. **Requisitos de conservação de alimentos em embalagens flexíveis**. Campinas, SP: CETEA/ITAL, 2002. 213 p.

SARANTÓPULOS, C. I. G. L.; OLIVEIRA, L. M.; PADULA, M.; COLTRO, L.; ALVES, R. M. V.; GARCIA, E. E. C. **Embalagens plásticas flexíveis**: principais polímeros e avaliação de propriedades. Campinas, SP: CETEA/ITAL, 2002. 267 p.

SARANTÓPULOS, C. I. G. L.; ANTONIO, J. T. Alimentos em embalagem com atmosfera modificada. In: OLIVEIRA, L. M. **Requisitos de Proteção de Produtos em Embalagens Plásticas Rígidas**. Campinas, SP: CETEA/ITAL, 2006. p. 252-283.

SARANTÓPULOS, C. I. G. L.; COLTRO, L.; PADULA, M.; ALVES, R. M. V. Propriedades de barreira. In: OLIVEIRA, L. M.; QUEIROZ, G.C. (Org.) **Embalagens plásticas rígidas**: principais polímeros e avaliação de qualidade. Campinas, SP: CETEA/ITAL, 2008. p. 215-253

SARANTÓPULOS, C. I. G. L.; DANTAS, T. B. H. Qualidade e novas tecnologias. In: BRASIL pack trends 2020. Campinas: ITAL, 2012. cap. 6, p. 139-169.

SARANTÓPOULOS, C. I. L.; COFCEWICZ, L. Embalagens ativas para produtos perecíveis. **Informativo CETEA**, Campinas, v. 28, n. 3, jul/set. 2016. Disponível em: <<http://cetea.ital.sp.gov.br/informativo/v28n3/>>. Acesso em: 06 dez. 2016.

SILVA, J. B. C. da.; LOPES, C. A.; MAGALHÃES, J. S. Cultura da batata-doce. In: CEREDA, M. (Org.). **Agricultura**: tuberosas Amiláceas Latino Americano. São Paulo. Fundação Cargil, 2002. v. 2, p. 448-499.

SILVA, G. O. da.; SUINAGA, F. A.; PONIJALEKI, R.; AMARO, G. B. Desempenho de cultivares de batata-doce para caracteres relacionados com o rendimento de raiz. **Rev. Ceres**. v. 62, n.4, p. 333-341, jul./ago., 2015.

STONE, H.; SIDEL, J. L. **Sensory evaluation practices**. 3rd ed. London: Elsevier Academic Press, 2004. 377 p.

STRINGHETA, P. C.; VOLP, A. C. P.; OLIVEIRA, T. T. de. Corantes naturais: usos e aplicações como compostos bioativos. In: COSTA, N. M. B.; ROSA, C. O. B. **Alimentos funcionais**: componentes bioativos e efeitos fisiológicos. Rio de Janeiro. Editora Rubio 2010. v. 1, p. 243-264.

SUÁREZ, M. H., HERNÁNDEZ, A. I. M., GALDÓN, B. R., RODRÍGUEZ, L. H., CABRERA, C. E. M., MESA, D. R., RODRÍGUEZ-RODRÍGUEZ, L. M. & ROMERO, C. D. Application of multidimensional scaling technique to differentiate sweet potato (*Ipomoea batatas* (L.) Lam) cultivars according to their chemical composition. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 46, p. 43-49, 2016.

SUN, H.; MU, T.; XI, L.; ZHANG, M.; CHEN, J. Sweet potato (*Ipomoea batatas* L.) leaves as nutritional and functional foods. **Food Chemistry**, v. 156, p. 380-389, jan. 2014.

TFOUNI, S. A. V.; MACHADO, R. M. D.; GARCIA, L. C.; AGUIRRE, J. M.; GASPARINO FILHO, J. **Batata chips e palha**. Campinas: ITAL, 2003. 73 p. (Agronegócio, 3)

TUNG M. A.; BRITT, J. I.; YADA, S. Packaging Considerations. In: ESKIN, M.N.A, ROBINSON, D. S. **Food shelf life stability**: chemical, biochemical, and microbiological changes. CRC Press, 2000. cap. 24, p.17

VAN JAARVELD, P. J.; MARAIS, D. W.; HARMSE, E.; NESTEL, P.; RODRIGUEZ-AMAYA, D. B. Retention of β -carotene in boiled, mashed orange-fleshed sweet potato. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 19, p. 321-329, 2006.

VERMEIREN, L.; HEIRLINGS, L.; DELVIEGHERE, F.; DEBEVERE, J. Oxygen, ethylene and other scavengers. In: AHVENAINEN, R. **Novel food packaging techniques**. Boca Raton, FL: CRC Press, 2003. p. 22-49.

VIEIRA, J. A. G.; MORAES, I. O. de. Propriedades físicas e secagem de batata doce (Ipomoea batatas, L)*. **Alim. Nutri.** São Paulo, v. 4, p. 79-87, 1992.

VILPOUX, O. Processamento de raízes e tubérculos tropicais para produção de chips. In: CEREDA, M. (Org.). **Tecnologia, usos e potencialidades de tuberosas amiláceas Latino Americanas**. São Paulo. Fundação Cargil 2003. v. 3, p. 110-131.

VIMALA, B.; NAMBISAN, B.; HARIPRAKASH, B. Retention of carotenoids in orange-fleshed sweet potato during processing. **Journal of Food Science and Technology**, v. 48, p. 520-524, Jul-Aug. 2011.

XU, S.; PEGG, R. B.; KERR, W. L. Sensory and physicochemical properties of sweet potato chips made by vacuum-belt drying. **Journal of Food Process Engineering**, v. 36, p. 353-363, 2013.

WACHÉ, Y.; BOSSER-DERATULD, A.; LHUGUENOT, J. C.; BELIN, J. M. Effect of cis/trans isomerism of β -carotene on the ratios of volatile compounds produced during oxidative degradation. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 51, p. 1984-1987, 2003.

WAGNER JR. J. R. **Multilayer flexible packaging**: technology and applications for the food, personal care and over-the-counter pharmaceutical industries. Burlington, MA: Elsevier, 2010. 249 p.

WARTHA, E. R. S. A.; MARINS, M. L.; LIMA, B. N. P.; MELO, P. S. L.; COSTA, D.; CARVALHO, J. L. V.; NUNES, M. U. C.; CERVALHO, H. W. L.; SILVA, D. G.; NETTO, R. S. M. Características química, tecnológica, nutricional e sensorial de batata-doce biofortificada. In: REUNIÃO DE BIOFORTIFICAÇÃO NO BRASIL, 5., 2015, São Paulo. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/agroindustria-de-alimentos/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1027858/o-progresso-das-acoes-de-biofortificacao-no-brasil>> Acesso em: 10 ago. 2016.

WELCH, R. M. Breeding strategies for biofortified staple plant foods to reduce micronutrient malnutrition globally. **Journal of Nutrition**, v. 132, p. 495S–499S, 2002.

WU, X.; SUN, C.; YANG, L.; ZENG, G.; LIU, Z.; LI, Y. β -carotene content in sweet potato varieties from China and the effect of preparation on β -carotene retention in the Yanshu. **Innovative Food Science and Emerging Technologies**, v. 9, n. 5, p. 581-586, 2008.

8. ANEXOS

ANEXO 1. Aprovação do protocolo de pesquisa pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Faculdade de Jaguariúna (FAJ).

FACULDADE DE JAGUARIÚNA



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: CHIPS DE BATATA-DOCE BIOFORTIFICADA: DESENVOLVIMENTO DO PRODUTO E ESTUDO DE ESTABILIDADE EM DIFERENTES SISTEMAS DE EMBALAGENS.

Pesquisador: Luís Marangoni Júnior

Área Temática:

Versão: 1

CAAE: 49863115.0.0000.5409

Instituição Proponente: SECRETARIA DE AGRICULTURA E ABASTECIMENTO

Patrocinador Principal: SECRETARIA DE AGRICULTURA E ABASTECIMENTO

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 1.267.507

Apresentação do Projeto:

A desnutrição de micronutrientes “fome oculta” afeta bilhões de pessoas mundialmente, causando problemas no crescimento, em funções imunológicas e reprodutivas, produtividade e desenvolvimento mental da saúde dessas. Produtos biofortificados como a batata-doce com alto teor de -caroteno (pro-vitamina A), estão sendo desenvolvidos no Brasil com o intuito de suprir a carência desses micronutrientes. A batata-doce é a quinta hortaliça mais consumida no País, sendo comercializada na forma de raízes frescas e consumida cozida, frita ou assada. Porém, a batatadoce fresca apresenta difícil inclusão em cestas básicas e/ou programas de complementação alimentar a exemplo da merenda escolar, fazendo-se necessário o desenvolvimento de produtos como chips, facilmente consumidos em qualquer lugar e com ampla aceitação por jovens, crianças e adultos que buscam por produtos saudáveis e saciáveis. Além disso, este produto ampliará a vida de prateleira e a distribuição desses produtos pelo País. O objetivo deste estudo será desenvolver chips de batata-doce biofortificada desidratada de forma que ocorra mínima perda dos carotenoides pró-vitamina A no processamento. Também será avaliada a estabilidade do produto quando acondicionado em embalagens com diferentes características de barreira ao oxigênio e umidade, aliado ao acondicionamento com e sem inertização de forma a promover uma melhor preservação da qualidade nutricional e sensorial ao longo da estocagem. Este estudo

Endereço: Rua Amazonas, 504

Bairro: Jardim dom Bosco

CEP: 13.820-000

UF: SP

Município: JAGUARIUNA

Telefone: (19)3837-8800

Fax: (19)3837-8500

E-mail: comite.etica@faj.br

ANEXO 1. Continuação.

FACULDADE DE JAGUARIÚNA



Continuação do Parecer: 1.267.507

contempla desde o uso de uma matéria-prima saudável, adequação do processo de fabricação do chips, acondicionamento do produto em distintos materiais e sistemas de embalagens e, avaliação da estabilidade do produto para definição da vida de prateleira. O perfil sensorial de cada amostra será determinado por provadores treinados, utilizando o método ADQ (Análise Descritiva Quantitativa) descrito por Stone e Sidel (2004). Os provadores serão pré-selecionados com base em sua disponibilidade, interesse, capacidade de se expressar e identificar atributos sensoriais. Os atributos serão levantados utilizando Método de Rede - Kelly's Repertory Grid Method (MURRAY et al., 2001). As fichas de avaliação serão elaboradas utilizando escala não estruturada de 9 centímetros. As amostras serão codificadas com números de três dígitos em um delineamento em blocos completos balanceados (MACFIE & BRATCHELL, 1989). Os resultados serão avaliados estatisticamente através de análise de variância ANOVA e teste de Tukey para comparação das médias das amostras.

Hipótese: Estima-se que 2 bilhões de pessoas mundialmente são afetadas pela desnutrição de micronutrientes ou "fome oculta" (MUTHAYYA et al., 2013). As consequências negativas da "fome oculta" são muitas para a saúde dessas pessoas, afetando o crescimento, funções imunológicas e reprodutivas, produtividade e desenvolvimento mental. As deficiências de micronutrientes afetam todas as faixas etárias, mas crianças e mulheres em idade reprodutiva são mais vulneráveis (PICCOLI et al., 2012). Produtos biofortificados estão sendo desenvolvidos no Brasil e em outros países visando suprir a carência de micronutrientes (vitamina A, ferro e zinco) que são essenciais para a saúde, através do melhoramento de culturas via seleção e cruzamento de genes chaves, de forma a obter biofortificação no campo. A biofortificação consiste de um processo de um cruzamento de plantas de uma mesma espécie, gerando cultivares mais nutritivas e, este processo também é conhecido como melhoramento genético convencional. Em relação ao suprimento de carotenóides pró-vitamina A, tem-se buscado o melhoramento da batata-doce, mandioca, milho e abóbora que são alimentos consumidos por grande parte da população carente. A batata-doce comercializada na forma de raízes frescas é consumida cozida, frita ou assada. Porém, a comercialização da batata-doce como raízes frescas devido a sua perecibilidade, torna difícil sua inclusão em cestas básicas e/ou programas de complementação alimentar a exemplo da merenda escolar. Desta forma, é necessário o desenvolvimento de produtos processados tais como chips, farinhas, etc., que apresentam maior vida de prateleira que o produto in natura, possibilitando ampliar as formas de consumo como é o caso das farinhas que podem ser incorporadas em sopas, bolos, pães, etc. e, do chips, por ser este um produto mais atrativo para crianças e adolescentes pela crocância, saciedade e facilidade de consumo durante

Endereço: Rua Amazonas, 504

Bairro: Jardim dom Bosco

CEP: 13.820-000

UF: SP

Município: JAGUARIUNA

Telefone: (19)3837-8800

Fax: (19)3837-8500

E-mail: comite.etica@faj.br

ANEXO 1. Continuação.

FACULDADE DE JAGUARIÚNA



Continuação do Parecer: 1.267.507

refeições (GRIZOTTO, 2005)., lanches, ou mesmo em paralelo a outras atividades de lazer, trabalho, escola, etc.. O desenvolvimento destes produtos também amplia a distribuição para várias regiões do País, sem necessidade de refrigeração. Em estudos anteriores realizados com a farinha de batata doce biofortificada desenvolvida pela EMBRAPA obteve-se estensão de cerca de seis vezes na retenção de 50% de carotenóides, substituindo o material convencional de polietileno de baixa densidade por uma estrutura metalizada aliada ao acondicionamento com vácuo, o que reforça a importância desses estudos (ALVES et al, 2012).

Objetivo da Pesquisa:

O objetivo primário desse estudo é desenvolver chips de batata-doce desidratado (assado é a denominação de mercado) e definir um sistema de embalagem de forma a promover uma melhor preservação da qualidade nutricional e sensorial ao longo da estocagem.

Como objetivo secundário o presente estudo terá como objetivo:

- Otimizar as condições de processamento de chips de batata-doce biofortificada de forma a obter um produto com qualidade sensorial e nutricional;
- Avaliar os efeitos das características de barreira da embalagem (oxigênio e umidade) e do tipo de acondicionamento (com a presença de oxigênio no espaço-livre da embalagem e/ ou inertizado) na preservação da qualidade sensorial e nutricional de chips biofortificados ao longo da estocagem.
- Definir qual o melhor tipo de embalagem / sistema de acondicionamento que propicie um período de vida de prateleira compatível com o praticado hoje pelo mercado para chips em geral, mas que preserve a crocância e o sabor/odor característicos e pelo menos 50% do teor inicial de carotenoides pró-vitamina A.

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Os chips serão processados em uma planta piloto de processamento de frutas e hortaliças, durante as etapas de processamento o mesmo será muito manuseado, nas etapas de processamento os chips devem ser produzidos utilizando boas praticas de fabricação, afim de se evitar uma contaminação microbiológica, antes de se realizar os testes sensoriais com os consumidores os chips serão avaliados quanto ao padrão microbiológico descrito na RDC 12 (ANVISA, 2001) para raízes secas. Atendendo os padrões os mesmo poderão ser testados sensorialmente com os consumidores. Não há relato de riscos aos consumidores voluntários que farão parte da testagem sensorial e degustação.

Os participantes não terão benefícios diretos com a avaliação sensorial, no entanto estarão

Endereço: Rua Amazonas, 504

Bairro: Jardim dom Bosco

CEP: 13.820-000

UF: SP

Município: JAGUARIUNA

Telefone: (19)3837-8800

Fax: (19)3837-8500

E-mail: comite.etica@faj.br

ANEXO 1. Continuação.

FACULDADE DE JAGUARIÚNA



Continuação do Parecer: 1.267.507

contribuindo com uma pesquisa acadêmica que tem como objetivo de avaliar as características que determinam a vida útil do chips de batata-doce biofortificada.

O consumo de hortaliças pode trazer benefícios à saúde, se tratando de uma matéria prima rica em carotenóides que possui atividade vitamínica "pró-vitamina A", onde grande parte da população sofre deficiência de micronutrientes que podem acarretar em problemas imunológicos e reprodutivos, produtividade e desenvolvimento mental, o desenvolvimento de um produto como chips se torna uma alternativa de consumo para suprir essa deficiência, assim como amplia a forma de consumo e distribuição, com uma vida de prateleira mais longa comparado a batata-doce in natura. O consumo do chips de batata-doce desidrato, reduzirá o consumo de snacks fritos, onde possui alto teor de gorduras, incentivando o consumidor a ter atos de alimentação mais saudáveis.

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

Quanto à abordagem metodológica, o processamento dos chips serão compostos das seguintes etapas: recepção da matéria-prima, limpeza e lavagem, descascamento, acabamento, fatiamento, branqueamento, desidratação, resfriamento e acondicionamento em diferentes tipos de embalagem. Avaliação microbiológica: Serão feitos ensaios microbiológicos nos chips para verificar atendimento aos padrões microbiológicos descrito na RDC 12 (ANVISA, 2001) para raízes, tubérculos e similares secos, desidratados ou liofilizados quanto a: Coliformes 45°C/g (ISO 7251, 2005); Bacillus cereus de acordo com método descrito por (DOWNS, 2001) e Salmonela sp 25g (ISO 6579, 2002; AOAC 2003.09, 2012). Aparência/ odor / sabor: O perfil sensorial de cada amostra será determinado por provadores treinados, utilizando o método ADQ (Análise Descritiva Quantitativa) descrito por Stone e Sidel (2004). Os provadores serão pré-selecionados com base em sua disponibilidade, interesse, capacidade de se expressar e identificar atributos sensoriais. Os atributos serão levantados utilizando Método de Rede - Kelly's Reportory Grid Method (MURRAY et al., 2001). As fichas de avaliação serão elaboradas utilizando escala não estruturada de 9 centímetros. As amostras serão codificadas com números de três dígitos em um delineamento em blocos completos balanceados (MACFIE & BRATCHELL, 1989). Os resultados serão avaliados estatisticamente através de análise de variância ANOVA e teste de Tukey para comparação das médias das amostras.

Os resultados serão avaliados estatisticamente através de análise de variância ANOVA e teste de Tukey para comparação das médias das amostras.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

Todos os documentos foram devidamente apresentados e aprovados, conforme listdos abaixo:

Endereço: Rua Amazonas, 504	
Bairro: Jardim dom Bosco	CEP: 13.820-000
UF: SP	Município: JAGUARIUNA
Telefone: (19)3837-8800	Fax: (19)3837-8500
	E-mail: comite.etica@faj.br

ANEXO 1. Continuação.

FACULDADE DE JAGUARIÚNA



Continuação do Parecer: 1.267.507

- Folha de rosto assinada
- Projeto de pesquisa detalhado
- Termo de consentimento livre e esclarecido.
- Termo de compromisso do pesquisador.
- Cronograma de execução do estudo.

Recomendações:

O participante da pesquisa tem a liberdade de recusar-se a participar ou de retirar seu consentimento em qualquer fase da pesquisa, sem penalização alguma e sem prejuízo ao seu cuidado (Res CNS 466/12 e deve receber uma cópia do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, na íntegra, por ele assinado). O pesquisador deve desenvolver a pesquisa conforme delineada no protocolo aprovado e interromper o estudo somente após análise das razões recomendadas pelo CEP (Res. CNS Item III.1.z), exceto quando perceber risco ou dano não previsto ao sujeito participante ou quando constatar a superioridade do regime oferecido a um dos grupos da pesquisa. O CEP deve ser informado de todos os efeitos adversos ou fatos relevantes que alterem o curso normal do estudo.

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

O estudo foi aprovado.

Considerações Finais a critério do CEP:

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_583340.pdf	29/09/2015 15:19:04		Aceito
Folha de Rosto	Folha_de_Rosto_Assinada.pdf	29/09/2015 15:17:55	Luís Marangoni Júnior	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLE.pdf	23/09/2015 13:18:54	Luís Marangoni Júnior	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	Projeto_detalhado.pdf	23/09/2015 12:45:56	Luís Marangoni Júnior	Aceito

Situação do Parecer:

Aprovado

Endereço: Rua Amazonas, 504

Bairro: Jardim dom Bosco

CEP: 13.820-000

UF: SP

Município: JAGUARIUNA

Telefone: (19)3837-8800

Fax: (19)3837-8500

E-mail: comite.etica@faj.br

ANEXO 1. Continuação.

FACULDADE DE JAGUARIÚNA



Continuação do Parecer: 1.267.507

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

JAGUARIUNA, 07 de Outubro de 2015

Assinado por:

**Elisandra Villela Gasparetto Sé
(Coordenador)**

Endereço: Rua Amazonas, 504

Bairro: Jardim dom Bosco

CEP: 13.820-000

UF: SP

Município: JAGUARIUNA

Telefone: (19)3837-8800

Fax: (19)3837-8500

E-mail: comite.etica@faj.br

ANEXO 2. Termo de Consentimento Livre e Esclarecido.

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO PARA PESQUISA COM SERES HUMANOS

PROJETO DE MESTRADO: Chips de Batata-doce Biofortificada: Desenvolvimento do produto e Estudo de Estabilidade em Diferentes Sistemas de Embalagem.

RESPONSÁVEL PELA PESQUISA: Luís Marangoni Júnior

JUSTIFICATIVA E OBJETIVOS: Esta pesquisa tem por objetivo avaliar a qualidade sensorial de chips de batata-doce biofortificada desidratado, quanto à atributos sensoriais que determinam a qualidade do produto. Também serão avaliados comparativamente alguns produtos similares existentes no mercado.

PROCEDIMENTO: para a avaliação dos chips de batata-doce biofortificada. Você será treinado, onde nesse treinamento, você vai se familiarizar com os atributos que serão avaliados no teste sensorial.

Após o treinamento, você iniciará o teste sensorial baseado nos atributos treinados, as amostras serão codificadas com números de três dígitos. Onde você deverá experimentar as amostras e responder ao questionário que será entregue no início do teste.

Os participantes não terão benefícios diretos com a avaliação sensorial, no entanto estarão contribuindo com uma pesquisa acadêmica que tem como objetivo de avaliar as características que determinam a vida útil do chips de batata-doce biofortificada.

Caso apresente alergia a algum dos ingredientes da formulação, você deverá informar imediatamente o responsável pela pesquisa e não poderá participar da mesma.

Você é livre para se recusar a participar, retirar seu consentimento ou interromper a participação a qualquer momento. Sua participação é voluntária e a recusa em participar não acarretará qualquer penalidade ou constrangimento. Os pesquisadores asseguram que seus dados de identidade serão tratados de forma confidencial e sigilosa. A participação no estudo não acarretará custos e não será disponível nenhuma compensação financeira.

Eu,....., declaro que li as informações contidas neste documento, fui devidamente informado(a) pelo pesquisador dos procedimentos que serão utilizados. Declaro também que recebi uma cópia deste documento e que tive oportunidade de ler e esclarecer minhas dúvidas.

_____ RG: _____ Data ____/____/____

Assinatura do Participante

Luís Marangoni Júnior – Mestrando em Ciência e Tecnologia de Alimentos - ITAL
Contato: Fone: (19) 99412-5599 e-mail: marangoni.junior@hotmail.com
Instituto de Tecnologia de Alimentos – ITAL: Fone: (19) 3743-1700 / Fax (19) 3743-1799 e-mail: ital@ital.sp.gov.br
Av. Brasil, 2880, Campinas, SP – CEP: 13070-178 Caixa Postal 139.

ANEXO 3. Ficha Análise Sensorial – Análise Descritiva Quantitativa.

Análise Sensorial de Chips de Batata-doce

Nome: _____ Data: ___/___/___ Amostra: _____

Instruções: Marque com um traço vertical, cortando a escala abaixo, a posição que identifique melhor a intensidade da característica avaliada.

Cor característica	-----
	Laranja Intenso Amarelo Claro
Odor característico	-----
	Odor Característico Odor Estranho
Odor oxidado	-----
	Ausente Forte
Sabor característico	-----
	Característico Não Característico
Sabor oxidado	-----
	Ausente Forte
Crocância	-----
	Crocante Murcho
Qualidade Global	-----
	Excelente Péssima

Comentários: _____

ANEXO 4. Parâmetros avaliados por equipe de provadores (n = 15) dos chips de batata-doce biofortificada ao longo da estocagem.

Tabela 20: Médias do atributo cor característica dos chips de batata-doce biofortificada acondicionados em diferentes sistemas de embalagem.

Tipo de acondicionamento	Tempo de estocagem (dias)							
	0	31	62	91	122	153	184	207
PET/AI/PEBD Inertizado	0,06±0,14 ^{a/B}	0,13±0,16 ^{a/AB}	0,40±0,40 ^{b/A}	0,24±0,38 ^{a/AB}	0,18±0,26 ^{b/AB}	0,29±0,35 ^{b/AB}	0,62±0,65 ^{b/A}	0,15±0,21 ^{b/AB}
PETmet/PEBD Inertizado	0,06±0,14 ^{a/D}	0,08±0,16 ^{a/CD}	1,12±0,64 ^{a/A}	0,27±0,51 ^{a/BCD}	0,48±0,57 ^{ab/BC}	0,31±0,41 ^{b/ABCD}	1,14±0,86 ^{b/A}	0,33±0,51 ^{b/ABCD}
BOPP/metBOPP Inertizado	0,06±0,14 ^{a/E}	0,16±0,24 ^{a/BDE}	0,30±0,27 ^{b/CD}	0,36±0,56 ^{a/BCE}	0,54±0,67 ^{ab/ABC}	0,30±0,48 ^{b/ABE}	0,80±0,61 ^{b/AC}	0,29±0,32 ^{b/ABC}
BOPP/metBOPP Inertizado	0,06±0,14 ^{a/E}	0,12±0,22 ^{a/DE}	1,13±0,51 ^{a/C}	0,56±0,75 ^{a/ABCE}	0,41±0,54 ^{ab/ABD}	0,19±0,31 ^{b/BDE}	0,45±0,39 ^{b/AC}	0,24±0,39 ^{b/ABDE}
+ Absorvedor de O₂								
BOPP/metBOPP 21% O₂	0,06±0,14 ^{a/C}	0,17±0,23 ^{a/C}	0,65±0,41 ^{ab/B}	0,45±0,85 ^{a/BC}	1,61±1,74 ^{a/B}	3,73±1,12 ^{a/A}	3,91±1,33 ^{a/A}	4,20±2,07 ^{a/A}

*Valores referentes à média de quinze determinações ± desvio padrão

^{a,b,c} Comparação entre as amostras para um mesmo período de estocagem: médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si ao nível de 95% de confiança ($p < 0,05$).

^{A,B,C} Comparação entre os períodos de estocagem para uma mesma amostra: médias seguidas da mesma letra maiúscula na linha não diferem entre si ao nível de 95% de confiança ($p < 0,05$).

ANEXO 4. Continuação.

Tabela 21: Médias do atributo odor característico dos chips de batata-doce biofortificada acondicionados em diferentes sistemas de embalagem.

Tipo de acondicionamento	Tempo de estocagem (dias)							
	0	31	62	91	122	153	184	207
PET/Al/PEBD Inertizado	0,15±0,23 ^{a/A}	0,16±0,19 ^{a/A}	0,18±0,26 ^{a/A}	0,22±0,37 ^{a/A}	0,22±0,25 ^{b/A}	0,25±0,30 ^{b/A}	0,48±0,62 ^{b/A}	0,34±0,50 ^{b/A}
PETmet/PEBD Inertizado	0,15±0,23 ^{a/A}	0,17±0,26 ^{a/A}	0,68±0,75 ^{a/A}	0,37±0,35 ^{a/A}	0,28±0,33 ^{b/A}	0,26±0,39 ^{b/A}	1,17±1,33 ^{ab/A}	0,50±0,78 ^{b/A}
BOPP/metBOPP Inertizado	0,15±0,23 ^{a/B}	0,18±0,23 ^{a/B}	0,27±0,30 ^{a/AB}	0,49±0,55 ^{a/AB}	0,39±0,56 ^{b/B}	0,31±0,37 ^{b/B}	0,52±0,47 ^{b/AB}	0,64±0,46 ^{b/A}
BOPP/metBOPP Inertizado + Absorvedor de O₂	0,15±0,23 ^{a/A}	0,15±0,21 ^{a/A}	0,63±0,91 ^{a/A}	0,41±0,65 ^{a/A}	0,34±0,66 ^{b/A}	0,39±0,56 ^{b/A}	0,35±0,41 ^{b/A}	0,37±0,37 ^{b/A}
BOPP/metBOPP 21% O₂	0,15±0,23 ^{a/EF}	0,18±0,23 ^{a/E}	0,29±0,31 ^{a/DE}	0,89±0,84 ^{a/CF}	2,18±1,61 ^{a/BD}	2,85±1,57 ^{a/AB}	2,68±2,68 ^{a/ABC}	3,57±2,30 ^{a/A}

*Valores referentes à média de quinze determinações ± desvio padrão

^{a,b,c} Comparação entre as amostras para um mesmo período de estocagem: médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si ao nível de 95% de confiança ($p < 0,05$).

^{A,B,C} Comparação entre os períodos de estocagem para uma mesma amostra: médias seguidas da mesma letra maiúscula na linha não diferem entre si ao nível de 95% de confiança ($p < 0,05$).

ANEXO 4. Continuação.

Tabela 22: Médias do atributo odor oxidado dos chips de batata-doce biofortificada acondicionados em diferentes sistemas de embalagem.

Tipo de acondicionamento	Tempo de estocagem (dias)							
	0	31	62	91	122	153	184	207
PET/Al/PEBD Inertizado	0,05±0,12 ^{a/A}	0,11±0,13 ^{a/A}	0,08±0,17 ^{a/A}	0,11±0,18 ^{a/A}	0,13±0,21 ^{b/A}	0,20±0,33 ^{b/A}	0,45±0,73 ^{b/A}	0,28±0,35 ^{b/A}
PETmet/PEBD Inertizado	0,05±0,12 ^{a/C}	0,12±0,20 ^{a/ABC}	0,19±0,28 ^{a/ABC}	0,11±0,19 ^{a/BC}	0,17±0,28 ^{b/ABC}	0,27±0,50 ^{b/ABC}	0,84±0,84 ^{b/A}	0,55±0,54 ^{b/AB}
BOPP/metBOPP Inertizado	0,05±0,12 ^{a/B}	0,06±0,19 ^{a/AB}	0,19±0,25 ^{a/AB}	0,27±0,45 ^{a/AB}	0,52±0,80 ^{b/A}	0,27±0,38 ^{b/AB}	0,48±0,45 ^{b/AB}	0,52±0,52 ^{b/A}
BOPP/metBOPP Inertizado + Absorvedor de O₂	0,05±0,12 ^{a/A}	0,12±0,20 ^{a/A}	0,24±0,56 ^{a/A}	0,21±0,23 ^{a/A}	0,24±0,49 ^{b/A}	0,27±0,58 ^{b/A}	0,35±0,44 ^{b/A}	0,27±0,32 ^{b/A}
BOPP/metBOPP 21% O₂	0,05±0,12 ^{a/B}	0,04±0,09 ^{a/B}	0,17±0,23 ^{a/B}	0,61±0,72 ^{a/B}	2,05±1,37 ^{a/A}	2,87±1,92 ^{a/A}	3,23±2,27 ^{a/A}	3,96±2,59 ^{a/A}

*Valores referentes à média de quinze determinações ± desvio padrão

^{a,b,c} Comparação entre as amostras para um mesmo período de estocagem: médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si ao nível de 95% de confiança ($p < 0,05$).

^{A,B,C} Comparação entre os períodos de estocagem para uma mesma amostra: médias seguidas da mesma letra maiúscula na linha não diferem entre si ao nível de 95% de confiança ($p < 0,05$).

ANEXO 4. Continuação.

Tabela 23: Médias do atributo sabor característico dos chips de batata-doce biofortificada acondicionados em diferentes sistemas de embalagem.

Tipo de acondicionamento	Tempo de estocagem (dias)							
	0	31	62	91	122	153	184	207
PET/Al/PEBD Inertizado	0,04±0,07 ^{a/A}	0,14±0,18 ^{a/A}	0,18±0,25 ^{a/A}	0,24±0,32 ^{b/A}	0,17±0,22 ^{c/A}	0,31±0,39 ^{b/A}	0,52±0,59 ^{b/A}	0,23±0,31 ^{d/A}
PETmet/PEBD Inertizado	0,04±0,07 ^{a/C}	0,27±0,33 ^{a/BC}	0,47±0,47 ^{a/AB}	0,36±0,36 ^{b/B}	0,50±0,35 ^{b/B}	0,45±0,54 ^{b/ABC}	1,62±1,06 ^{ac/A}	0,65±0,75 ^{bcd/ABC}
BOPP/metBOPP Inertizado	0,04±0,07 ^{a/D}	0,13±0,21 ^{a/CD}	0,26±0,23 ^{a/BC}	0,49±0,58 ^{b/ABC}	0,44±0,53 ^{bc/ABC}	0,42±0,44 ^{b/ABC}	0,96±1,10 ^{bc/AC}	0,81±0,57 ^{bc/A}
BOPP/metBOPP Inertizado + Absorvedor de O₂	0,04±0,07 ^{a/C}	0,23±0,30 ^{a/BC}	0,51±0,60 ^{a/AB}	0,47±0,69 ^{b/ABC}	0,41±0,68 ^{c/BC}	0,35±0,51 ^{b/ABC}	0,44±0,47 ^{b/AB}	0,70±0,51 ^{c/A}
BOPP/metBOPP 21% O₂	0,04±0,07 ^{a/E}	0,13±0,18 ^{a/E}	0,62±0,60 ^{a/D}	1,16±1,03 ^{a/CD}	2,04±1,04 ^{a/BC}	2,75±1,46 ^{a/AB}	3,85±2,20 ^{a/AB}	3,78±1,78 ^{a/A}

*Valores referentes à média de quinze determinações ± desvio padrão

^{a,b,c} Comparação entre as amostras para um mesmo período de estocagem: médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si ao nível de 95% de confiança ($p < 0,05$).

^{A,B,C} Comparação entre os períodos de estocagem para uma mesma amostra: médias seguidas da mesma letra maiúscula na linha não diferem entre si ao nível de 95% de confiança ($p < 0,05$).

ANEXO 4. Continuação.

Tabela 24: Médias do atributo sabor oxidado dos chips de batata-doce biofortificada acondicionados em diferentes sistemas de embalagem.

Tipo de acondicionamento	Tempo de estocagem (dias)							
	0	31	62	91	122	153	184	207
PET/Al/PEBD Inertizado	0,02±0,06 ^{a/B}	0,12±0,15 ^{a/A}	0,10±0,17 ^{a/AB}	0,13±0,21 ^{a/AB}	0,09±0,16 ^{b/AB}	0,14±0,31 ^{b/AB}	0,38±0,43 ^{b/AB}	0,20±0,25 ^{c/AB}
PETmet/PEBD Inertizado	0,02±0,06 ^{a/C}	0,17±0,28 ^{a/BC}	0,29±0,34 ^{a/ABC}	0,27±0,42 ^{a/B}	0,24±0,29 ^{b/B}	0,39±0,63 ^{b/ABC}	1,04±0,82 ^{ab/A}	0,53±0,76 ^{bc/AB}
BOPP/metBOPP Inertizado	0,02±0,06 ^{a/C}	0,11±0,22 ^{a/BC}	0,15±0,19 ^{a/BC}	0,35±0,56 ^{a/AB}	0,29±0,53 ^{b/ABC}	0,58±0,60 ^{b/AB}	0,69±0,81 ^{b/AB}	0,62±0,57 ^{bc/A}
BOPP/metBOPP Inertizado + Absorvedor de O₂	0,02±0,06 ^{a/C}	0,12±0,21 ^{a/BC}	0,29±0,35 ^{a/ABC}	0,57±0,67 ^{a/B}	0,24±0,43 ^{b/BC}	0,33±0,49 ^{b/BC}	0,31±0,41 ^{bABC}	0,73±0,50 ^{b/A}
BOPP/metBOPP 21% O₂	0,02±0,06 ^{a/D}	0,07±0,13 ^{a/CD}	0,47±0,65 ^{a/C}	0,80±0,96 ^{a/C}	2,15±1,36 ^{a/B}	3,11±2,09 ^{a/AB}	3,60±2,31 ^{a/AB}	4,60±2,02 ^{a/A}

*Valores referentes à média de quinze determinações ± desvio padrão

^{a,b,c} Comparação entre as amostras para um mesmo período de estocagem: médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si ao nível de 95% de confiança ($p < 0,05$).

^{A,B,C} Comparação entre os períodos de estocagem para uma mesma amostra: médias seguidas da mesma letra maiúscula na linha não diferem entre si ao nível de 95% de confiança ($p < 0,05$).

ANEXO 4. Continuação.

Tabela 25: Médias do atributo crocância dos chips de batata-doce biofortificada acondicionados em diferentes sistemas de embalagem.

Tipo de acondicionamento	Tempo de estocagem (dias)							
	0	31	62	91	122	153	184	207
PET/Al/PEBD Inertizado	0,04±0,07 ^{a/A}	0,13±0,17 ^{a/A}	0,10±0,16 ^{a/A}	0,15±0,21 ^{a/A}	0,13±0,20 ^{a/A}	0,05±0,14 ^{b/A}	0,35±0,39 ^{b/A}	0,15±0,25 ^{b/A}
PETmet/PEBD Inertizado	0,04±0,07 ^{a/D}	0,17±0,23 ^{a/CD}	0,46±0,39 ^{a/B}	0,47±0,62 ^{a/BC}	0,93±0,89 ^{a/B}	1,08±1,01 ^{a/BC}	3,32±1,78 ^{a/A}	5,97±1,95 ^{a/A}
BOPP/metBOPP Inertizado	0,04±0,07 ^{a/B}	0,11±0,22 ^{a/B}	0,18±0,22 ^{a/AB}	0,28±0,30 ^{a/AB}	0,30±0,60 ^{a/AB}	0,35±0,49 ^{ab/AB}	0,40±0,42 ^{b/AB}	0,56±0,54 ^{c/A}
BOPP/metBOPP Inertizado + Absorvedor de O₂	0,04±0,07 ^{a/C}	0,15±0,22 ^{a/ABC}	0,17±0,19 ^{a/BC}	0,46±0,64 ^{a/AB}	0,29±0,55 ^{a/ABC}	0,29±0,44 ^{ab/ABC}	0,41±0,38 ^{b/AB}	0,48±0,39 ^{c/A}
BOPP/metBOPP 21% O₂	0,04±0,07 ^{a/C}	0,08±0,17 ^{a/C}	0,25±0,37 ^{a/AC}	0,70±0,91 ^{a/AC}	0,28±0,40 ^{a/B}	0,65±0,67 ^{a/A}	0,37±0,47 ^{b/AC}	0,69±0,85 ^{bc/AC}

*Valores referentes à média de quinze determinações ± desvio padrão

^{a,b,c} Comparação entre as amostras para um mesmo período de estocagem: médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si ao nível de 95% de confiança ($p < 0,05$).

^{A,B,C} Comparação entre os períodos de estocagem para uma mesma amostra: médias seguidas da mesma letra maiúscula na linha não diferem entre si ao nível de 95% de confiança ($p < 0,05$).

ANEXO 4. Continuação.

Tabela 26: Médias do atributo qualidade global dos chips de batata-doce biofortificada acondicionados em diferentes sistemas de embalagem.

Tipo de acondicionamento	Tempo de estocagem (dias)							
	0	31	62	91	122	153	184	207
PET/Al/PEBD Inertizado	0,04±0,09 ^{a/C}	0,12±0,13 ^{a/AB}	0,23±0,29 ^{a/AB}	0,23±0,36 ^{c/AB}	0,15±0,20 ^{c/BC}	0,32±0,39 ^{bc/AB}	0,47±0,45 ^{b/AB}	0,33±0,30 ^{c/AB}
PETmet/PEBD Inertizado	0,04±0,09 ^{a/C}	0,17±0,25 ^{a/CD}	0,64±0,30 ^{a/B}	0,54±0,58 ^{abc/BD}	0,90±0,85 ^{b/B}	1,16±1,02 ^{b/B}	2,93±1,35 ^{a/A}	4,67±1,67 ^{a/A}
BOPP/metBOPP Inertizado	0,04±0,09 ^{a/D}	0,21±0,31 ^{a/BCD}	0,27±0,24 ^{a/C}	0,59±0,67 ^{ab/BC}	0,57±0,72 ^{bc/BC}	0,56±0,57 ^{bc/ABC}	0,97±1,05 ^{b/AB}	0,95±0,50 ^{b/A}
BOPP/metBOPP Inertizado	0,04±0,09 ^{a/C}	0,22±0,30 ^{a/BC}	0,64±0,55 ^{a/AB}	0,61±0,79 ^{b/B}	0,51±0,72 ^{c/B}	0,34±0,47 ^{c/ABC}	0,53±0,50 ^{b/AB}	0,75±0,45 ^{bc/A}
+ Absorvedor de O₂								
BOPP/metBOPP 21% O₂	0,04±0,09 ^{a/E}	0,08±0,12 ^{a/E}	0,67±0,72 ^{a/D}	1,03±0,95 ^{a/CD}	2,46±1,14 ^{a/B}	2,92±1,61 ^{a/AB}	3,89±2,29 ^{a/ABC}	4,67±1,67 ^{a/A}

*Valores referentes à média de quinze determinações ± desvio padrão

^{a,b,c} Comparação entre as amostras para um mesmo período de estocagem: médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si ao nível de 95% de confiança ($p < 0,05$).

^{A,B,C} Comparação entre os períodos de estocagem para uma mesma amostra: médias seguidas da mesma letra maiúscula na linha não diferem entre si ao nível de 95% de confiança ($p < 0,05$).