



10º Congresso Interinstitucional de Iniciação Científica – CIIC 2016
02 a 04 de agosto de 2016 – Campinas, São Paulo
ISBN 978-85-7029-135-6

EMBALAGEM PARA PRODUTOS BIOFORTIFICADOS

Sophia Moysés Lamônica **Ribeiro**¹; Danielle **Ito**²; José Luíz Viana de **Carvalho**³; Cristiane Quartaroli **Moreira**⁴; Rosa Maria Vercelino **Alves**⁵

Nº 16204

RESUMO – *Devido a carência de micronutrientes que são essenciais para a saúde, vem sendo desenvolvido no Brasil produtos biofortificados. Uma vez obtida uma variedade com alto teor de carotenoides, o desenvolvimento de produtos processados que apresentam maior vida de prateleira que o produto in natura, possibilitam ampliar as formas de consumo, como é o caso do flocão de milho que pode ser incorporado em tortas, cuscuz, farofas e bolos, além de possibilitar a distribuição para várias regiões do país. O objetivo desse estudo foi levantar informações sobre os efeitos de quatro tipos de embalagem e do tipo de acondicionamento (com e sem vácuo), na perda do teor de carotenoides no flocão de milho biofortificado. Os quatro tipos de embalagens avaliadas foram: Polipropileno/Polietileno de Baixa Densidade sem vácuo, Poliéster/Polietileno de Baixa Densidade sem vácuo, Polietileno de Baixa Densidade/Poliamida/Polietileno de Baixa Densidade com vácuo e Poliéster metalizado/Polietileno de Baixa Densidade com vácuo. As embalagens foram caracterizadas quanto a espessura e permeabilidade ao oxigênio e ao vapor d'água. O flocão de milho foi caracterizado quanto a umidade inicial e isoterma de sorção de umidade. Posteriormente foi feito o acompanhamento do produto nas diferentes estruturas de embalagem através das análises de atividade de água, teor de oxigênio no espaço livre, cor instrumental e teor de carotenoides. Os resultados mostraram que em todas as embalagens avaliadas houve preservação dos carotenoides, tendo um destaque para o PETmet/PEBD com vácuo que teve uma maior retenção do teor de carotenoides pró-vitamina A e maior preservação da cor.*

Palavras-chaves: Biofortificado, Carotenoides, Embalagem, Flocão de Milho

1 Autora, Bolsista CNPq (PIBIC): Graduação em Engenharia de Alimentos, FEA, Unicamp, Campinas-SP; sophia_lamonica@yahoo.com.br.

2 Co-orientadora: Pesquisadora do ITAL-CETEA, Campinas-SP

3 Pesquisador da EMBRAPA Agroindústria de Alimentos, Rio de Janeiro-RJ

4 Pesquisadora do ITAL-CETEA, Campinas-SP

5 Orientadora: Pesquisadora do ITAL-CETEA, Campinas-SP; rosa@ital.sp.gov.br.



ABSTRACT – Biofortified products are being developed in Brazil because of deficiencies of micronutrients that are essential for health. Once a variety with high carotenoid content was achieved, processed products were developed with longer shelf life compared to the in natura product. The developed corn processed product allows other forms of consumption as it can be added in pies, “cuscuz”, cakes and cornflour, besides facilitating the distribution to several regions of the country. The goal of this study was to better understand the effects of four types of packaging, and two types of storage (with or without vacuum) on the loss of carotenoid content in biofortified corn product. The four types of packaging analyzed are: Polypropylene/Low Density Polyethylene without vacuum, Polyester/Low Density Polyethylene without vacuum, Low Density Polyethylene/Polyamide/Low Density Polyethylene with vacuum, Polyester metallized/Low Density Polyethylene with vacuum. The packages were characterized according to their thickness, and permeability to oxygen and water vapor. The initial humidity and moisture sorption isotherm was determined for the corn product. The product was monitored in different packaging structures through analysis of water activity, oxygen content in headspace, instrumental color and carotenoid content. The results showed the preservation of carotenoids in all evaluated packages, among them the PETmet/LDPE with vacuum that had the greater retention of provitamin A and higher color preservation.

Keywords: Biofortified, Carotenoids, Packaging, Corn Product

1 INTRODUÇÃO

A biofortificação tem como objetivo o desenvolvimento de cultivares mais nutritivas com boas qualidades agronômicas, para auxiliar no combate da deficiência de micronutrientes nos países em desenvolvimento. A introdução desses cultivos colaborará de maneira sustentável e de baixo custo no combate à desnutrição. O desenvolvimento de soluções tecnológicas para a preservação de micronutrientes é mais um passo igualmente importante, requerendo o desenvolvimento de produtos com maior valor agregado, boa avaliação sensorial e desenvolvimento de embalagem para a preservação de micronutrientes (NUTTI & CARVALHO, 2015).

A vitamina A executa um papel essencial na saúde humana, como a conservação de uma boa visão, a integridade da pele, o bom funcionamento dos sistemas imunológicos e reprodutor, além da prevenção de doenças como o câncer. A deficiência dessa vitamina no organismo,



chamada de hipovitaminose A, é a principal causa de cegueira em crianças menores de cinco anos e está também associada à menor resistência de crianças às doenças (EMBRAPA MILHO E SORGO, 2013).

A Embrapa Milho e Sorgo desenvolveu o milho pró-vitamina A BRS 4104, que possui maiores concentrações de carotenoides precursores da vitamina A nos grãos, ou seja, que se transformam em vitamina A no corpo humano a partir de reações químicas. Nessa variedade mais nutritiva do milho, a concentração média de pró-vitamina A é 2,5 a 3,2 vezes maior que os valores encontrados no milho comum, e o aumento dessas substâncias no milho traz benefícios a todos que consomem esse cereal e seus derivados (EMBRAPA MILHO E SORGO, 2013).

Na região do Nordeste do Brasil, o consumo de flocos de milho em forma de cuscuz tornou-se um hábito alimentar no café da manhã de famílias de todas as camadas sociais. Estimativas da ABIMILHO indicam que 90% da produção de flocos de milho são consumidos na região do Nordeste do País. Nesse sentido, em decorrência do seu alto consumo, o flocão de milho biofortificado com alto teor de carotenoides é um excelente veículo para suprir as deficiências de vitamina A da população da região nordeste do Brasil (ASCHERI, 2000).

No entanto, é importante avaliar a retenção de carotenoides na vida de prateleira do produto, tornando a embalagem um fator importante para minimizar sua perda, dependendo das características de barreira ao oxigênio, teor de oxigênio do espaço-livre da embalagem e proteção contra a luz que contribuem na diminuição da decomposição dos carotenoides (DUTTA *et al*, 2005).

Assim, foi conduzido este estudo de estabilidade de flocão de milho biofortificado em quatro sistemas de embalagem para avaliar em qual sistema ocorre maior retenção dos carotenoides pró-vitamina A.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Cerca de 200g de flocão de milho biofortificado, produzido com milho da variedade BRS 4104 desenvolvido pela Embrapa, foi acondicionado em embalagens flexíveis confeccionadas com os seguintes materiais:

- Polipropileno (PP)/Polietileno de Baixa Densidade(PEBD) - sem vácuo;
- Poliéster (PET)/PEBD - sem vácuo;
- PEBD/Poliamida (PA)/PEBD - com vácuo;
- PET metalizado (met)/PEBD - com vácuo.



10º Congresso Interinstitucional de Iniciação Científica – CIIC 2016
02 a 04 de agosto de 2016 – Campinas, São Paulo
ISBN 978-85-7029-135-6

As embalagens sem vácuo foram formadas e fechadas em termoseladora Haramura, e as embalagens à vácuo em Seladora com câmara de vácuo marca Selovac.

Os materiais das embalagens foram caracterizados quanto a espessura pelo método descrito por SARANTÓPOULOS *et al*, 2002, quanto a taxa de permeabilidade ao oxigênio (TPO₂) determinadas por método coulométrico segundo procedimento descrito na norma ASTM D 3985-05 e quanto a taxa de permeabilidade ao vapor d'água (TPVA) dos laminados segundo procedimento descrito na norma ASTM F1249-13.

O produto foi caracterizado quanto a umidade inicial e isoterma de sorção de umidade. As umidades iniciais (U, % b.s.) foram determinadas pelo método de secagem até peso constante em estufa à vácuo a 70°C, baseando-se no método estabelecido em Métodos Físico-químicos para Análises de Alimentos (ZENEBO & PASCUET, 2008). Já a isoterma de sorção de umidade foi determinada utilizando-se dessecadores contendo soluções saturadas de sais, com faixa relativa entre 11 e 90%, mantidos em câmaras com controle de temperatura de 25,0±2,0°C, por um tempo suficiente para a estabilização do peso da amostra (28 dias).

Foi conduzido um estudo de estabilidade do produto acondicionado nas embalagens a 25±3°C e 75%± 5%UR. Ao longo da estocagem, as embalagens foram caracterizadas quanto ao teor de oxigênio do espaço livre em cromatográfico a gás Agilent, modelo 7890, operando com detector de condutividade térmica. A coleta dos gases nas embalagens sem vácuo foi efetuada diretamente com seringa hermética, através de um septo colocado na embalagem. Para as embalagens a vácuo, o gás foi coletado através da abertura da embalagem sob um sistema imerso em água para posterior quantificação, conforme descrito em SARANTÓPOULOS *et al*, 2002.

O flocão de milho foi avaliado quanto à atividade de água determinada em um higrômetro baseado em psicrometria de marca Decagon – Aqualab, com resolução de 0,0001A_a, sob uma temperatura de 25,0±1,0°C (DECAGON, s.d.), cor instrumental, segundo manual do equipamento, medido diretamente em colorímetro Konica Minolta, modelo CR410. A quantificação de carotenoides foi feita pela EMBRAPA-RJ em cromatógrafo líquido de alta eficiência Waters, modelo W600, com coluna C30 (YMC Carotenoid S-3 250x4,6mm, 3µm) fluxo 0,8mL min⁻¹, detector arranjo de fotodiodos com varredura de 300 a 550nm, temperatura da coluna 33°C e padronização externa (RODRIGUEZ-AMAYA, 2001).

As análises estatísticas foram realizadas com auxílio da ferramenta Planejamento e experimento, Design Fatorial Multinível com 2 fatores, 2 replicatas, com 7 níveis no fator tempo e 4 níveis no fator embalagem, totalizando 56 rodadas utilizando o software Minitab® 16.1.0.



3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A caracterização das embalagens está apresentada na Tabela 1.

Atualmente a embalagem de PP/PEBD é a estrutura padrão utilizada no mercado para flocão de milho, suas características de barreira a vapor d'água e ao oxigênio são fornecidas pelas espessuras de PE e PP, sendo a estrutura com a maior permeabilidade ao vapor d'água e oxigênio entre as quatro estruturas avaliadas. No PET/PEBD e no PEBD/PA/PEBD a barreira ao vapor d'água é devida a espessura do PEBD das estruturas. A barreira ao oxigênio da estrutura PET/PEBD é definida pela espessura de PET e em estruturas com PA (PEBD/PA/PEBD) a barreira ao oxigênio depende da espessura e do tipo de *nylon* utilizado em sua fabricação.

Tabela 1. Caracterização das embalagens utilizadas para o flocão de milho biofortificado.

Material	Espessura (μm)		TPO ₂ ¹	TPVA ²	
	Total	Parciais			
PP/PEBD	Média	66,5	20,7/45,8	1312,11	3,57
	Desvio Padrão	0,4	0,6/0,5	3,86	0,70
	Coeficiente de variação (%)	0,7	2,7/1,2	0,30	19,50
PET/PEBD	Média	92,0	15,0/77,0	96,49	2,91
	Desvio Padrão	3,0	2,0/4,0	1,35	0,12
	Coeficiente de variação (%)	1,1	3,8/3,7	1,00	1,70
PETmet/PEBD	Média	72,0	14,0/58,0	0,47	1,09
	Desvio Padrão	11,0	2,0/5,0	0,09	0,18
	Coeficiente de variação (%)	2,0	3,2/2,4	19,60	16,40
PEBD/PA/PEBD	Média	91,6	38,3/11,2/42,1	69,75	3,30
	Desvio Padrão	2,9	2,3/1,0/1,5	2,24	0,20
	Coeficiente de variação (%)	0,9	2,4/5,6/5,9	2,30	4,40

¹expressos em ml (CNTP).m⁻².dia⁻¹ a 23°C, a seco e 1atm de gradiente de pressão parcial de oxigênio;

²expressos em g água.m⁻².dia⁻¹ a 38°C /90%UR.

Na embalagem laminada metalizada – PETmet/PEBD, as características de barreira ao oxigênio e ao vapor d'água dependem da qualidade da metalização, que é função do tipo de substrato (PET) e do tratamento superficial recebido (superfície mais ou menos adequada para metalização, sendo que a estrutura avaliada apresentou boas características de barreira porque a metalização foi aplicada diretamente sobre o filme de PET). Também são fatores decisivos a tecnologia da metalizadora utilizada, nível de vácuo, a quantidade e homogeneidade do alumínio

depositado e também da tecnologia do convertedor para evitar danos mecânicos à camada de alumínio quando da impressão externa (no caso da estrutura com PET) e/ou posterior laminação final da estrutura.

Observa-se na representação gráfica da isoterma de sorção de umidade a 25°C do flocão de milho biofortificado (Figura 1) que houve um ganho de umidade com o aumento da umidade relativa. O produto contendo até 14% de umidade (%b.s.) não apresentou alterações em suas características iniciais, porém acima de 15% o flocão começou a apresentar perda na coloração amarela e logo após os 21% observou-se o aparecimento de pontos brancos e pontos pretos (Figura 2).

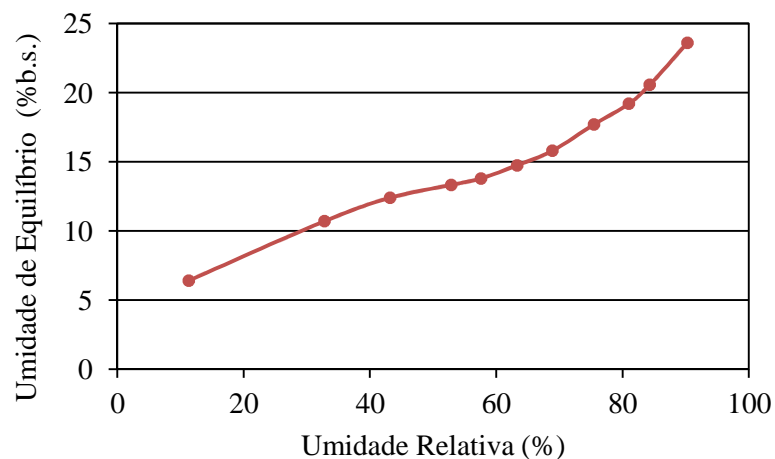


Figura 1. Representação gráfica da isoterma de sorção de umidade do flocão de milho biofortificado após 28 dias.



Figura 2. Foto do produto característico e após o aparecimento de pontos brancos e pretos.

Esses pontos observados na Figura 2 levaram à formação de teias no produto após 150 dias de estocagem nos quatro tipos de embalagem, indicando a presença de insetos da Ordem *Lepidoptera*, Família *Pyralidae*, que tecem fios sedosos quando em fase de lagarta. Esses danos



observados são decorrentes da penetração e alimentação das larvas no interior dos grãos, que possivelmente contaminaram o produto no processamento, acarretando redução do valor nutritivo e falta de higiene do produto, pela presença de excrementos, ovos e insetos (ATHIÉ & PAULA, 2002). Entretanto, esses insetos indicam que houveram falhas de higiene durante o processamento/armazenamento dos grãos.

Os resultados do teor de oxigênio do espaço livre e atividade de água do flocão de milho

biofortificado do

—○— PP/PEBD sem vácuo —◇— PET/PEBD sem vácuo —▲— PETmet/PEBD vácuo —■— PEBD/PA/PEBD vácuo

ao longo da estocagem a 25°C/75%UR estão apresentados na Figura 3 (a e b).

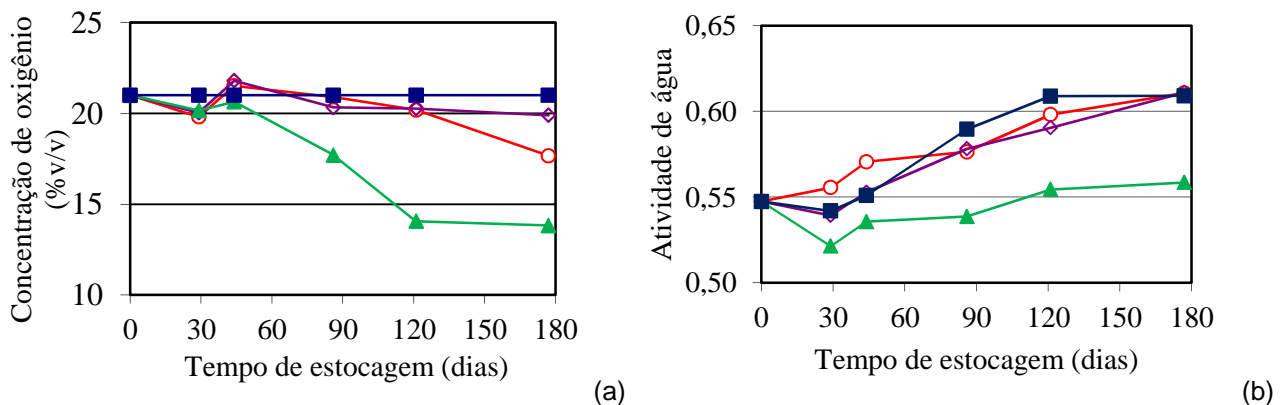


Figura 3. Representação gráfica do teor de oxigênio do espaço livre nas embalagens de flocão de milho biofortificado (a) e atividade de água do produto ao longo da estocagem a 25°C/75%UR (b).

Observa-se na Figura 3a que ao longo da estocagem, a embalagem de PETmet/PEBD apresentou uma maior redução do teor de oxigênio, pois o volume de ar dentro desta embalagem era menor devido ao vácuo, além disso o PETmet/PEBD apresentava maior barreira ao oxigênio e assim o oxigênio consumido nas reações de oxidação não foi repostado por permeação pelo material. Nas outras embalagens o teor de oxigênio não apresentou muitas alterações, mantendo praticamente a composição do ar atmosférico (21% de O_2), ao longo do período de estocagem.

Em relação a atividade de água, observa-se na Figura 3b que o produto no PETmet/PEBD com vácuo apresentou pequena alteração ao longo da estocagem mantendo-se próximo de 0,55. Entretanto, o produto nas outras embalagens apresentou aumento da atividade de água, atingindo valor próximo a 0,60 a partir de 120 dias, mantendo este teor de atividade de água até os 180 dias de estocagem.

A cor instrumental do flocão de milho biofortificado também foi acompanhada durante a estocagem e os resultados encontram-se na Figura 4.

Na análise da cor do produto ao longo da estocagem não foram observadas alterações nas medições de L* e a*. Apenas o parâmetro b* apresentou tendência de queda, o que é indicativo de perda de amarelo do produto (Figura 4). A embalagem de PETmet/PEBD foi a que mais preservou a coloração, isto porque o flocão neste material ao longo dos 180 dias de estocagem, apresentou uma Aa menor que 0,6. Na avaliação de isoterma de sorção do produto também havia sido observado que somente a partir de uma Aa maior que 0,6 ocorreu perda de coloração amarela

nes
te
pro
duto.

—○— PP/PEBD sem vácuo —◇— PET/PEBD sem vácuo —▲— PETmet/PEBD vácuo —■— PEBD/PA/PEBD vácuo

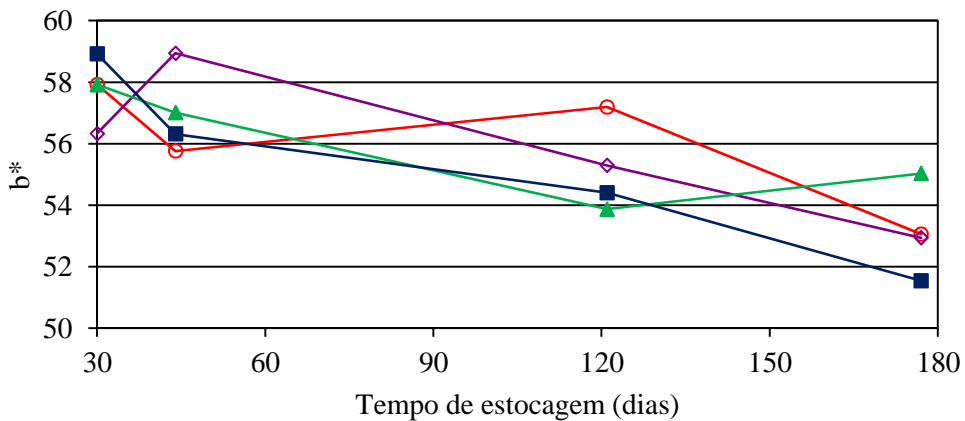


Figura 4. Representação gráfica da cor instrumental do flocão de milho biofortificado ao longo da estocagem a 25°C/75%UR.

A partir da análise estatística dos dados do parâmetro b* verificou-se a influência da embalagem e do tempo, indicando que esses dois fatores influenciam na perda de coloração do flocão de milho biofortificado.

As avaliações de carotenoides totais, licopeno, β-caroteno, β-criptoxantina, 9-cis β-caroteno, 13-cis β-caroteno, luteína e zeaxantina estão apresentados nas Figuras 5, 6, 7 e 8

—○— PP/PEBD sem vácuo —◇— PET/PEBD sem vácuo —▲— PETmet/PEBD vácuo —■— PEBD/PA/PEBD vácuo

respectivamente.

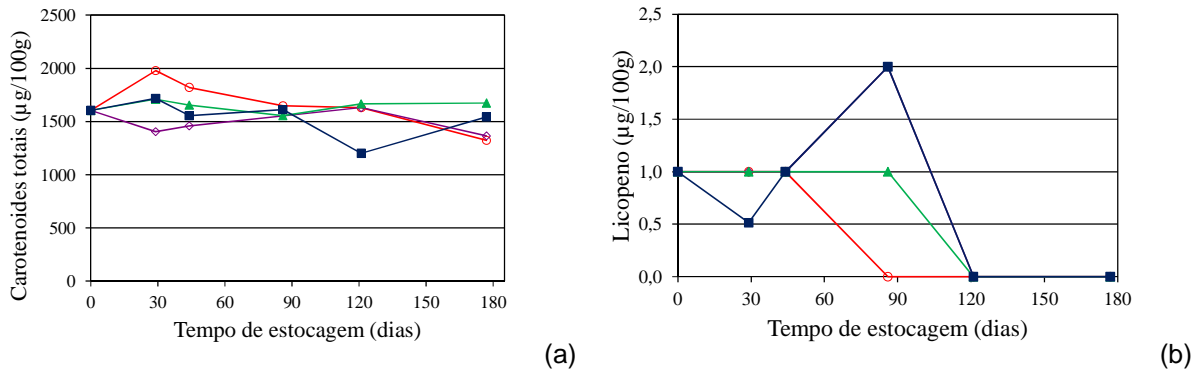


Figura 5. Representação gráfica do teor de carotenoides totais (a) e do licopeno (b) do flocão de milho

○ PP/PEBD sem vácuo
 ◇ PET/PEBD sem vácuo
 ▲ PETmet/PEBD vácuo
 ■ PEBD/PA/PEBD vácuo
 biofortificado ao longo da estocagem a 25°C/75%UR.

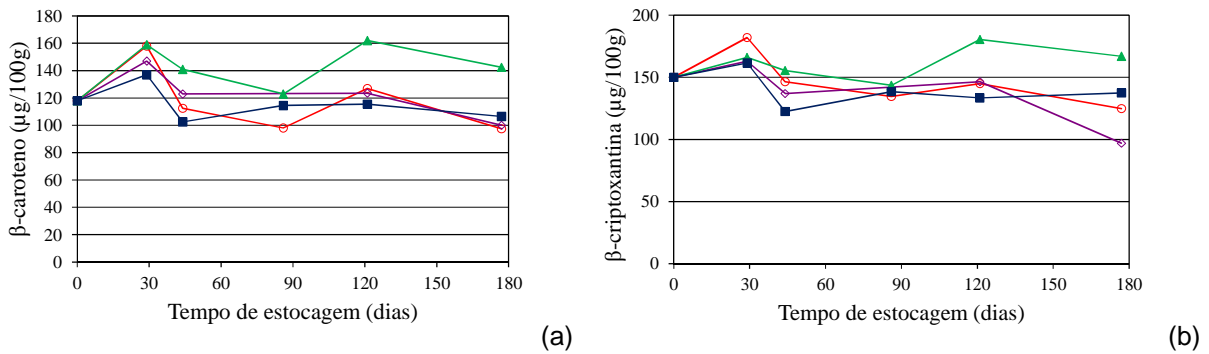


Figura 6. Representação gráfica do teor de β -caroteno (a) e da β -criptoxantina (b) do flocão de milho biofortificado ao longo da estocagem a 25°C/75%UR.

○ PP/PEBD sem vácuo
 ◇ PET/PEBD sem vácuo
 ▲ PETmet/PEBD vácuo
 ■ PEBD/PA/PEBD vácuo

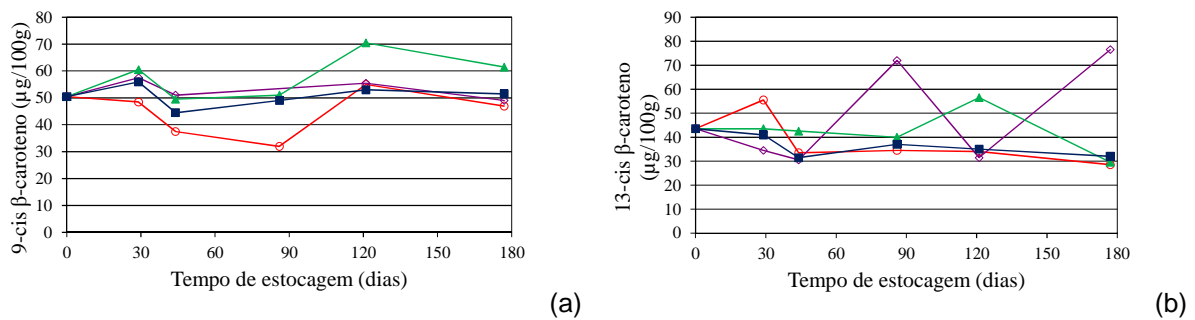


Figura 7. Representação gráfica do teor de 9-cis β -caroteno (a) e do 13-cis β -caroteno (b) do flocão de milho

○ PP/PEBD sem vácuo
 ◇ PET/PEBD sem vácuo
 ▲ PETmet/PEBD vácuo
 ■ PEBD/PA/PEBD vácuo



biofortificado ao longo da estocagem a 25°C/75%UR.

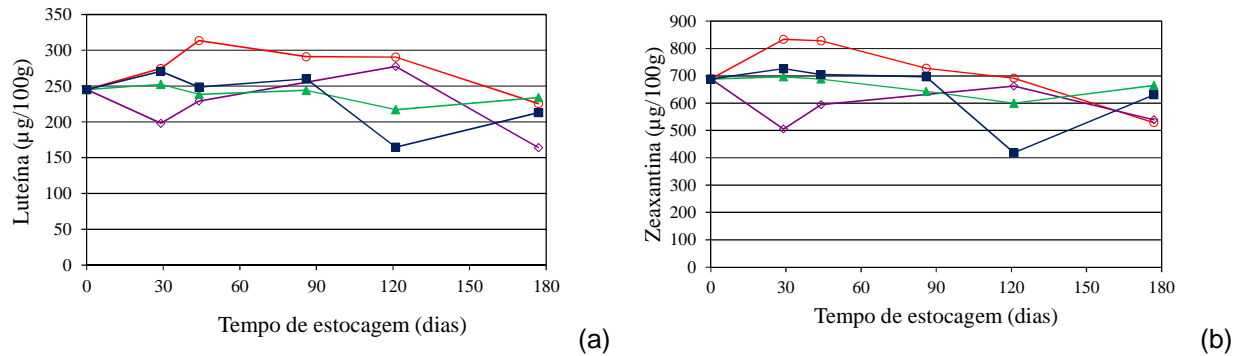


Figura 8. Representação gráfica do teor de luteína (a) e da zeaxantina (b) do flocão de milho biofortificado ao longo da estocagem a 25°C/75%UR.

Apesar dos carotenoides pró-vitamina A (β -criptoxantina, β -caroteno, 13-cis β -caroteno, 9-cis β -caroteno) não serem os predominantes no milho, a luteína e a zeaxantina que são encontrados em maior quantidade também possuem suas propriedades benéficas, reduzindo a chance de desenvolver doenças degenerativas, assim como o câncer, doenças cardiovasculares e degeneração da visão (RODRIGUEZ-AMAYA *et al*, 2011).

O estudo com as embalagens descritas nas devidas condições especificadas demonstrou que houve pequenas flutuações dos resultados ao longo da estocagem, com pouca alteração nos resultados finais de carotenoides no produto. Entretanto, foi observada uma retenção maior dos carotenoides pró-vitamina A no flocão de milho biofortificado acondicionado à vácuo em PETmet/PEBD aos 180 dias de estocagem a 25°C/75%UR.

4 CONCLUSÃO

Concluiu-se que nos quatro sistemas de embalagens avaliados ocorreu a preservação dos carotenoides no flocão de milho biofortificado, tendo um destaque para o produto acondicionado à vácuo em PETmet/PEBD. Esta embalagem apresenta boa barreira tanto a vapor d'água quanto ao oxigênio, mantendo a atividade de água do produto mais próxima da inicial, e com maior potencial para retardar as reações de oxidação dos carotenoides pró-vitamina A.



5 AGRADECIMENTOS

Ao CNPq – PIBIC pela bolsa de Iniciação Científica e apoio financeiro concedido ao desenvolvimento deste projeto, ao CETEA – ITAL pela oportunidade de estágio e à Embrapa Agroindústria de Alimentos pelo fornecimento das amostras e realização dos ensaios de quantificação de carotenoides.

6 REFERÊNCIAS

- ASCHERI, J. L. R. Enriquecimento da farinha de milho com vitamina A e ferro. In: NUTTI, M. R. **Enriquecimento e restauração de alimentos com micronutrientes: uma proposta para o Brasil**. São Paulo: ILSI Brasil, p. 79-88, 2000.
- ASTM INTERNATIONAL. **ASTM D 3985-05 (Reapproved 2010)e1**: standard test method for oxygen gas transmission rate through plastic film and sheeting using a coulometric sensor. Philadelphia, 2005. 7 p.
- ASTM INTERNATIONAL. **F 1249 – 13**: standard test methods for water vapor transmission rate through plastic film and sheeting using a modulated infrared sensor. Philadelphia, 2013. 6 p.
- ATHIÉ, I.; PAULA, D.C. Insetos de grãos armazenados: **Aspectos biológicos e identificação**. São Paulo. Livraria Varela, 2ª ed.2002. 244p.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Comissão Nacional de Normas e Padrões para Alimentos. Resolução - CNNPA nº 12, de 1978. Disponível em: http://www.anvisa.gov.br/anvisa/legis/resol/12_78.pdf. Acesso em 25/02/16.
- DECAGON DEVICES, INC. **Aqua lab** – model CX-2-Water activity meter. [s.l.:s.d.]. 73 p. (Operator's Manual Version 3.0).
- DUTTA, D.; CHAUDHURI, U. R.; CHAKRABORTY, R. Structure, health benefits, antioxidante property and processing and storage of carotenoids. **African Journal of Biotechnology**, v.4, n.13, p.1510-1520, 2005.
- EMBRAPA MILHO E SORGO. **Milho Pró-vitamina A, saúde à vista**. Núcleo de comunicação organizacional. Sete Lagoas, MG. 2013.
- NUTTI, M. R.; CARVALHO, J. L. V. O Progresso das Ações de Biofortificação no Brasil. In: **V Reunião de Biofortificação no Brasil**, 2015, São Paulo, *Anais*, p.242-245.
- RODRIGUEZ-AMAYA, D. B. **A guide to carotenoid analysis in foods**. ILSI Press, Washington D.C. 2001.
- 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: V. R. Preedy, R. R. Watson, V. B. Patel, **Flour and Breads and their fortification in health and disease prevention**. London, Burlington, San Diego: Academic Press, Elsevier, 2011, p.301-311.
- SARANTÓPOULOS, 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. 1.ed. Campinas: CETEA/ITAL, 2002. 267p.



10º Congresso Interinstitucional de Iniciação Científica – CIIC 2016
02 a 04 de agosto de 2016 – Campinas, São Paulo
ISBN 978-85-7029-135-6

ZENEON, O; PASCUET, N. S. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. 4. Ed. Brasília, DF: Ministério da Saúde / ANVISA, São Paulo, SP: Instituto Adolfo Lutz, 2008, 1018 p.