

**Estudo da estabilidade da farinha de palma (*Opuntia ficus-indica* (L.)
Miller) armazenada em sachês de alumínio**

**Stability study of palm flour (*Opuntia ficus-indica* (L.) Miller) stored in
aluminum sachets**

DOI:10.34117/bjdv7n11-205

Recebimento dos originais: 12/10/2021

Aceitação para publicação: 12/11/2021

Iara Rocha Xavier

Graduanda em Nutrição pela Universidade Federal da Bahia

Instituição: Universidade Federal da Bahia – Instituto Multidisciplinar em Saúde

Endereço: Rua Hormindo Barros, 58 - Candeias, Vitória da Conquista - BA, 45029-094.

Universidade Federal da Bahia (UFBA) - Campus Anísio Teixeira.

E-mail: iararx@hotmail.com

Luana Leal de Freitas

Graduanda em Nutrição pela Universidade Federal da Bahia

Instituição: Universidade Federal da Bahia – Instituto Multidisciplinar em Saúde

Endereço: Rua Hormindo Barros, 58 - Candeias, Vitória da Conquista - BA, 45029-094.

Universidade Federal da Bahia (UFBA) - Campus Anísio Teixeira.

E-mail: luanaleal.nutri@gmail.com

Anderson Santos Souza

Doutor em Química pela Universidade Federal da Bahia

Instituição: Universidade Federal da Bahia – Instituto Multidisciplinar em Saúde

Endereço: Rua Hormindo Barros, 58 - Candeias, Vitória da Conquista - BA, 45029-094.

Universidade Federal da Bahia (UFBA) - Campus Anísio Teixeira

E-mail: andsouza@ufba.br

Cassara Camelo Eloi de Souza

Doutora em Ciência e Tecnologia de Alimentos pela Universidade Federal da Paraíba

Instituição: Universidade Federal da Bahia – Instituto Multidisciplinar em Saúde

Endereço: Rua Hormindo Barros, 58 - Candeias, Vitória da Conquista - BA, 45029-094.

Universidade Federal da Bahia (UFBA) - Campus Anísio Teixeira

E-mail: cassiara@ufba.br

Márcia Elena Zanuto

Doutora em Ciência dos Alimentos pela Universidade de São Paulo

Instituição: Universidade Federal da Bahia – Instituto Multidisciplinar em Saúde

Endereço: Rua Hormindo Barros, 58 - Candeias, Vitória da Conquista - BA, 45029-094.

Universidade Federal da Bahia (UFBA) - Campus Anísio Teixeira

E-mail: mzanutto@hotmail.com

RESUMO

Objetivo: avaliar a estabilidade química, microbiológica e teor de bioativos de farinhas de cladódios da palma, acondicionadas em sachês de alumínio e armazenadas em temperatura ambiente. Métodos: cladódios jovens de palma foram cortados e secos em estufa a $60^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}/72\text{h}$ para a produção da farinha F0 (não armazenada) e farinhas F1 e F2 (acondicionadas em sachês de alumínio e armazenadas em temperatura ambiente, durante 15 e 30 dias, respectivamente). Realizou-se análises químicas, microbiológicas (*Bacillus cereus*, *Escherichia coli* e *Salmonella sp*) e determinação de bioativos nos cladódios e nas farinhas. Resultados: Os parâmetros avaliados mostraram que as farinhas em sua maioria apresentaram maiores valores ($p < 0,05$) quando comparados aos cladódios *in natura*. Quanto à estabilidade no armazenamento, observou-se que os sachês de alumínio promoveram pouca variação nos parâmetros das farinhas F1 e F2, chegando a umidade e acidez não diferirem ($p > 0,05$) de F0 e carotenoides totais e vitamina C da F2 apresentarem maiores ($p < 0,05$) teores que a F0. Destacam-se também os teores (mg/100g) de flavonoides amarelos (292,42, 145,21 e 98,39) e clorofila total (97,37, 71,61 e 68,69). Os resultados das análises microbiológicas cumpriram com a qualidade sanitária. Conclusão: O armazenamento em sachês de alumínio da farinha de palma mostrou-se um processo eficaz, mantendo compostos nutricionais e funcionais, sendo uma ferramenta importante a ser utilizada na promoção da saúde.

Palavras-chave: Cladódios; *Opuntia*; Estabilidade; Caracterização química; Compostos bioativos; Qualidade microbiológica.

ABSTRACT

Objective: to evaluate the chemical and microbiological stability and bioactive content of palm cladode flours, packed in aluminum sachets and stored at room temperature. Methods: young palm cladodes were cut and oven dried at $60^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}/72\text{h}$ to produce F0 flour (not stored) and F1 and F2 flours (packaged in aluminum sachets and stored at room temperature for 15 and 30 days, respectively). Chemical and microbiological analyzes (*Bacillus cereus*, *Escherichia coli* and *Salmonella sp*) and determination of bioactives in cladodes and flours were carried out. Results: The parameters evaluated showed that most flours had higher values ($p < 0.05$) when compared to *in natura* cladodes. As for storage stability, it was observed that the aluminum sachets promoted little variation in the parameters of the F1 and F2 flours, with moisture and acidity not differing ($p > 0.05$) from F0 and F2 total carotenoids and vitamin C showed higher ($p < 0.05$) contents than F0. Also noteworthy are the contents (mg/100g) of yellow flavonoids (292.42, 145.21 and 98.39) and total chlorophyll (97.37, 71.61 and 68.69). The results of microbiological analyzes complied with the sanitary quality. Conclusion: The storage of palm flour in aluminum sachets proved to be an effective process, maintaining nutritional and functional compounds, being an important tool to be used in health promotion.

Keywords: Cladodes; *Opuntia*; Stability; Chemical characterization; Bioactive compounds; Microbiological quality.

1 INTRODUÇÃO

A palma *Opuntia ficus-indica* (L.) Miller é uma cactácea amplamente distribuída nas regiões semiáridas do mundo. ¹ Considerada rica em vitaminas A, C e do complexo

B, em fibras alimentares e minerais como cálcio, magnésio, sódio e potássio. ^{1,2} Além de ser fonte de bioativos, como clorofilas, carotenoides, flavonoides, polifenóis extraíveis e ácido ascórbico. ³ Muitos dos componentes estruturais da palma são apenas vagamente conhecidos e ainda não foram integralmente determinados. ¹

A palma é considerada um alimento funcional, muitos estudos demonstram sua importância na promoção da saúde. ⁴ Antunes-Ricardo et al. ⁵ mostraram o envolvimento do isohamnetina-3-O-glucosil pentosídeo (IGP), flavonoide mais abundante da *Opuntia ficus-indica* (L.) Miller, na apoptose de células cancerígenas do cólon humano metastático (HT-29). Bakour et al. ⁶ relataram o efeito diurético e hipotensor em coelhos normotensos que receberam extrato liofilizado de cladódios de *Opuntia ficus-indica*, sem ocorrência de prejuízos na função renal. Ressaissi et al. ⁷ observaram que a presença de polifenóis obtidos da decocção de cladódios de *Opuntia ficus-indica* (L.) Miller reduziram a concentração de proteínas transportadoras de colesterol em células hepáticas humanas (HepG2) *in vitro*, levando a modificações na transcrição de RNA (ácido ribonucleico), o que poderia explicar uma melhora no quadro de hipercolesterolemia em indivíduos que consomem alimentos ou bebidas que contenham cladódios como matéria-prima.

Um estudo clínico mostrou o efeito de 300g de cladódios de palma sobre uma refeição com alto teor de carboidratos, que resultou em ações anti-hiperglicêmicos e anti-hiperinsulinêmicos, preveniu picos de glicose no sangue pós-prandial tanto em indivíduos saudáveis, quanto em pacientes com Diabetes tipo 2. ⁸ Neste sentido, Manzano et al. ⁹ utilizando extrato de cladódios de *Opuntia ficus* em um modelo animal (ratos) de hiperglicemia aguda, observou uma potente capacidade de redução da glicemia, mantendo o estado normoglicêmico nos animais estudados. Hegazy et al. ¹⁰ ao realizarem um estudo comparativo entre pó e nanopartículas de cacto seco (*Opuntia ficus-indica* L. Miller) em ratos diabéticos induzidos por estreptozotocina, também observaram que ambos foram capazes de reduzir significativamente os níveis de glicose, aumentando a expressão de genes e receptores de insulina em ratos diabéticos. O mecanismo hipoglicêmico pode ocorrer em decorrência da presença de fibras alimentares, como pectina e mucilagem, presentes na palma que retardam a absorção da glicose tornando os alimentos mais viscosos no intestino, outra hipótese seria que a palma, através de uma ação direta nas células beta pancreáticas, estimularia a secreção de insulina. ¹¹

Adicionalmente, existem estudos acadêmicos promissores que apontam que o consumo de cladódios pode ser utilizado como um possível tratamento para gastrite,

aterosclerose, obesidade e hipertrofia prostática, além de, auxiliar no tratamento de doenças coronárias, asma e apresentar ação anti-inflamatória.⁴

Desta forma, a palma que está presente no Semiárido nordestino brasileiro, dentre outros locais, caracterizada como um alimento barato e subutilizado na alimentação humana, apresenta grande potencial nutritivo e principalmente funcional para a obtenção de produtos alimentícios.^{3,12} A produção de farinha mostra-se uma ótima alternativa de processamento, pois a secagem pode conservar os alimentos através da diminuição da atividade de água, acrescentando qualidade ao produto e agregando valor nutricional.¹³ Além disso, o processo de armazenamento quando realizado corretamente, proporciona uma longa segurança e estabilidade dos alimentos, pois preserva os alimentos quanto ao seu valor e qualidade nutricional.¹⁴ Principalmente, quando se faz uso de estratégias que promovam um armazenamento prolongado do produto, como a embalagem a vácuo.¹⁵

Diante deste contexto, o presente trabalho elaborou e analisou a farinha de palma *Opuntia ficus-indica* (L.) Miller quanto a sua estabilidade química, microbiológica e teor de bioativos quando embalada e armazenada em sachê de alumínio em temperatura ambiente por 15 e 30 dias.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho foi realizado no Instituto Multidisciplinar em Saúde, Campus Anísio Teixeira, da Universidade Federal da Bahia, no município de Vitória da Conquista, Bahia.

2.1. COLHEITA E PREPARO DA AMOSTRA

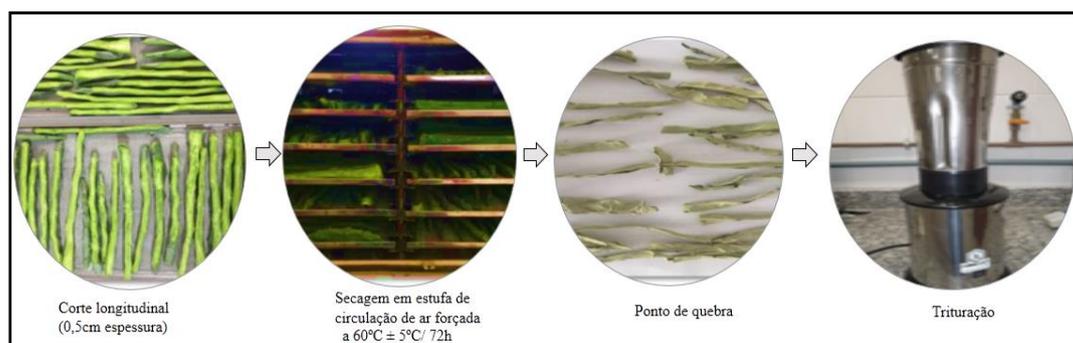
Foram utilizados cladódios jovens de palma *Opuntia ficus-indica* L. Miller, coletados pela manhã, na zona rural de Vitória da Conquista-BA. Os brotos foram selecionados visualmente quanto à ausência de injúrias, foram transportados para o Laboratório de Bromatologia, sendo retirados os espinhos, seguidamente, foram lavados e sanitizados em hipoclorito de sódio (200 ppm) por imersão durante 10 minutos. Uma porção de cladódios foi acondicionada em sacos plásticos escuros e armazenada em freezer -20°C até o momento das análises químicas e determinação do teor de antioxidante e outra parte foi processada sob forma de farinha. Este procedimento foi realizado três vezes, obtendo-se três farinhas (F0, F1 e F2) que foram armazenadas em sachês de alumínio e mantidas em temperatura ambiente. A farinha F0 não passou por

armazenamento e as F1 e F2, foram submetidas aos períodos de 15 e 30 dias de armazenamento.

2.2. OBTENÇÃO DA FARINHA DA PALMA

Os cladódios de palma foram submetidos ao corte longitudinal com espessura de 0,5cm, sendo distribuídos uniformemente em bandejas de aço inoxidável para procedimento de secagem em estufa de circulação de ar forçado a $60^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}/72\text{h}$, até ponto de quebra. Após a secagem, a amostra foi pulverizada e tamisada (mesh 18 e 10) (Figura 1). Este procedimento foi realizado três vezes, obtendo-se três farinhas (F0, F1 e F2) que foram armazenadas em sachês de alumínio e mantidas em temperatura ambiente. A farinha F0 não passou por armazenamento e as F1 e F2 foram submetidas aos períodos de 15 e 30 dias de armazenamento.

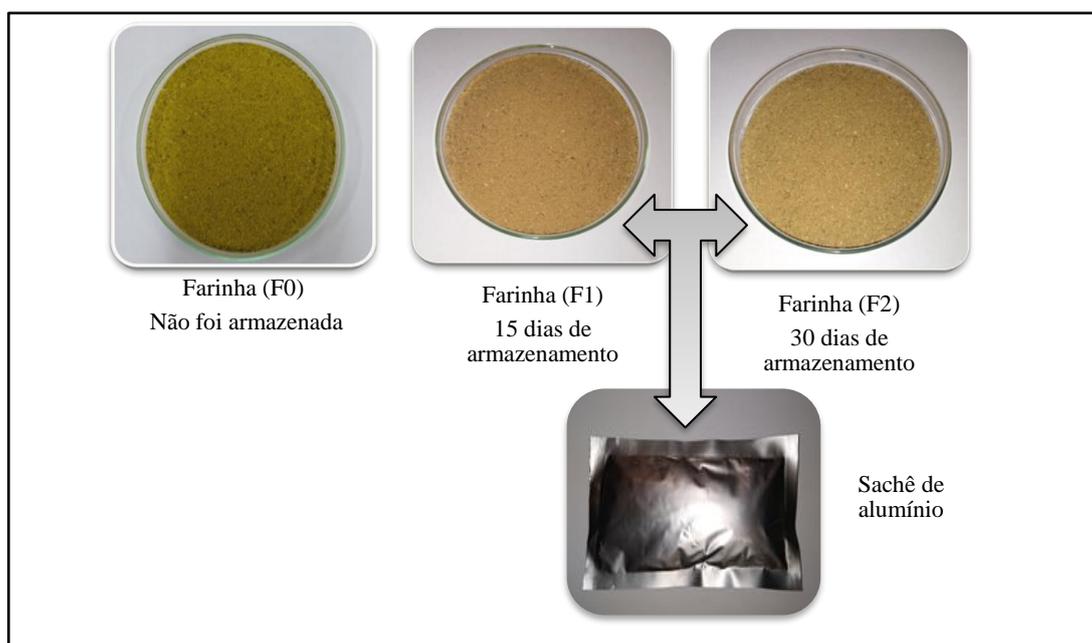
Figura 1: Processamento de cladódios de palma em farinha.



2.3 ESTUDO DE ESTABILIDADE DA FARINHA DE PALMA

O estudo da estabilidade das farinhas foi realizado em função do tempo a temperatura ambiente. Os parâmetros químicos e os teores de compostos bioativos foram analisados durante 30 dias nas farinhas F0, F1 e F2 (as duas últimas estavam acondicionadas em sachês de alumínio) (Figura 2). Já para a qualidade microbiológica, foram realizadas avaliações no tempo 0 e com 50 dias.

Figura 2: Estudo de estabilidade da farinha de palma.



2.4 ANÁLISES QUÍMICAS

As análises químicas foram realizadas em triplicatas e seguiram a metodologia do IAL¹⁶, compreendendo a determinação da acidez total titulável em ácido cítrico titulável por titulometria; potencial hidrogeniônico (pH) determinado através de potenciômetro digital; umidade por aquecimento direto a 105 °C; teor de cinzas obtido por incineração em mufla a temperatura de 550 °C e o teor de açúcares redutores foi determinado por titulometria em solução de *Fehling A*, *Fehling B* e água destilada. Já a determinação de lipídeos totais foi realizada por extração a frio de acordo ao protocolo de Folch, Lees e Stanley¹⁷.

2.5 DETERMINAÇÃO DE COMPOSTOS BIOATIVOS

A determinação de compostos bioativos foi realizada em triplicata com todas as etapas envolvidas protegidas da luz. O teor de carotenoides totais seguiu a metodologia de Rodriguez-Amaya e Kimura¹⁸. Os extratos foram preparados com 50mL de acetona absoluta, extraídos em banho ultrassônico em 3 ciclos de 15 minutos e posteriormente realizada leitura em espectrofotômetro a 450 nm. O teor de clorofila total foi determinado segundo Bruinsma¹⁹, com extração em acetona 80% e leitura em espectrofotômetro a 652 nm. O teor de ácido ascórbico foi determinado segundo metodologia de Strohecker e Henning²⁰, os extratos preparados com 50mL de ácido oxálico a 0,5% foram titulados com solução de DFI (2,6 dicloro-fenolindofenol 0,002%). O teor de flavonoides

amarelos seguiu a metodologia de Francis²¹, utilizando a solução extratora (etanol PA: HCl 1,5 M - 85:15) e leitura em espectrofotômetro a 374 nm.

2.6 ANÁLISE MICROBIOLÓGICA

As análises microbiológicas compreenderam a detecção de *Bacillus cereus*, *Escherichia coli* e *Salmonella sp.*, segundo os métodos recomendados pela *American Public Health Association*²². Os resultados das análises microbiológicas foram confrontados com a Instrução Normativa n° 60, de 23 de dezembro de 2019²³, a qual estabelece as listas de padrões microbiológicos para alimentos.

2.7 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os resultados obtidos no presente trabalho foram representados por média e desvio padrão, sendo submetidos à análise estatística utilizando o Teste de *Tukey*, com nível de significância de 5%, com o auxílio do programa estatístico *Graphpad Instat 3.0*.

3 RESULTADOS

Na Tabela 1 estão presentes os resultados dos parâmetros químicos referentes aos cladódios de palma *in natura* e farinhas F0, F1 e F2. Observa-se que a palma *in natura* diferiu estatisticamente ($p < 0,05$) das farinhas (F0, F1 e F2), com exceção dos valores de lipídeos totais que não diferiram das farinhas F1 e F2. Já no tocante aos parâmetros químicos durante o armazenamento, não foram observadas variações significativas ($p > 0,05$) para os valores obtidos de acidez titulável e umidade entre as farinhas (F0, F1 e F2), contrariamente, os teores de cinzas mostraram-se diferentes ($p < 0,05$) entre as mesmas, com F0 apresentando maior valor, seguida de F1 e F2. A farinha F0 também apresentou maior valor ($p < 0,05$) de pH e de teores de açúcares redutores em relação a F1 e F2, que não diferiram estatisticamente entre si ($p > 0,5$). Lipídeos totais, por sua vez, exibiram valores inferiores de F0 em relação a F1 e F2, que não diferiram ($p > 0,05$) entre si.

Tabela 1 - Caracterização química das farinhas e da palma *in natura* *Opuntia ficus-indica* (L.) Miller (média±DP).

Análises	<i>In natura</i>	Farinha F0	Farinha F1	Farinha F2
Acidez Total Titulável (g de ác. cítrico/100g)	0,86±0,04 ^a	4,02±0,16 ^b	4,17±0,22 ^b	3,88±0,03 ^b
pH	4,49±0,04 ^a	4,72±0,01 ^b	4,35±0,02 ^c	4,36±0,00 ^c
Umidade (%)	92,66±3,19 ^a	10,17±0,06 ^b	9,25±0,12 ^b	6,15±0,08 ^b
Cinzas (%)	0,72±0,03 ^a	10,84±0,15 ^b	8,31±0,06 ^c	7,77±0,11 ^d
Açúcares Redutores (%)	4,59±0,41 ^a	59,47±5,53 ^b	31,08±2,06 ^c	27,88±3,09 ^c
Lipídeos Totais (%)	0,79±0,09 ^a	0,26±0,05 ^b	0,79±0,06 ^a	0,77±0,03 ^a

Dados dos autores. Análise de variância (ANOVA), seguida do Teste de Tukey com 5% de significância. Letras iguais na mesma linha: $p > 0,05$; letras diferentes na mesma linha: $p < 0,05$.

Na Tabela 2 estão apresentados os resultados referentes aos teores de compostos bioativos presentes nos cladódios da palma *in natura* e nas farinhas F0, F1 e F2. A palma *in natura* diferiu estatisticamente ($p < 0,05$) das farinhas estudadas em todos os parâmetros avaliados. No período de armazenamento, a farinha F2 apresentou maior ($p < 0,05$) concentração de carotenoides totais em relação às farinhas F0 e F1, as quais não diferiram ($p > 0,05$) entre si. Já os teores de clorofila total e flavonoides amarelos ($p < 0,05$) na farinha F0 foram maiores ($p < 0,05$) quando comparada as farinhas F1 e F2, as quais não diferiram ($p > 0,05$) entre si. Quanto a concentração de vitamina C, observou-se que esta diferiu ($p < 0,05$) entre todas as farinhas, com a farinha F2 apresentando maior teor, seguida da F1 e da F0.

Tabela 2 - Caracterização da concentração de compostos bioativos das farinhas e da palma *in natura* *Opuntia ficus-indica* (L.) Miller (média±DP).

Análises	<i>In natura</i>	Farinha F0	Farinha F1	Farinha F2
Carotenoides totais (mg/100g)	0,67±0,00 ^a	2,13±0,01 ^b	2,13±0,03 ^b	3,25±0,01 ^c
Clorofila total (mg/100g)	1,07±0,02 ^a	97,37±7,43 ^b	71,61±4,10 ^c	68,69±9,49 ^c
Ácido Ascórbico (mg/100g)	5,89±0,73 ^a	25,19±2,36 ^b	40,21±1,04 ^c	49,69±0,71 ^d
Flavonoides Amarelo (mg/100g)	4,88±0,63 ^a	292,42±44,28 ^b	145,21±20,61 ^c	98,39±2,46 ^c

Dados dos autores. Análise de variância (ANOVA), seguida do Teste de Tukey com 5% de significância. Letras iguais na mesma linha: $p > 0,05$; letras diferentes na mesma linha: $p < 0,05$.

Com relação às análises microbiológicas, a farinha de palma armazenada durante 50 dias, apresentou ausência para *Salmonella sp* e valores inferiores ao máximo estabelecido para *Escherichia coli* e *Bacillus cereus*, cumprindo os parâmetros de qualidade sanitária e segurança alimentar (Tabela 3).

Tabela 3 - Avaliação da qualidade microbiológica da farinha da palma *Opuntia ficus-indica* (L.) Miller durante o armazenamento em sachê de alumínio em temperatura ambiente.

Armazenamento (dias)	Microrganismo	Contagem (UFC/g)	Tolerância para amostra indicativa (UFC/g)
0	<i>Salmonella spp.</i>	Ausência/25g	Ausência/25g
	<i>Escherichia coli</i>	< 1x 10 ¹	10 ²
	<i>Bacillus cereus</i>	< 1x 10 ¹	10 ³
50	<i>Salmonella spp.</i>	Ausência/25g	Ausência/25g
	<i>Escherichia coli</i>	< 1x 10 ¹	10 ²
	<i>Bacillus cereus</i>	< 1x 10 ¹	10 ³

Dados dos autores. UFC: Unidades Formadoras de Colônia. Tolerância para amostra indicativa: Instrução Normativa n° 60, de 23 de dezembro de 2019.

4 DISCUSSÃO

4.1 ESTUDO DA ESTABILIDADE DOS PARÂMETROS QUÍMICOS DAS FARINHAS DE PALMA

Como já era esperado o teor de umidade das farinhas apresentou grande redução em relação à amostra *in natura* de cladódios de palma. O procedimento de secagem permite a conservação dos alimentos pelo controle de umidade, reduzindo seu volume e peso, promovendo maior controle de gastos na cadeia de comercialização do produto e maior prazo de validade, já que promove redução da atividade de água, a qual dentre os fatores que afetam o crescimento microbiano, é a principal responsável pela estabilidade dos alimentos e controle de multiplicação da grande maioria de microrganismos encontrados nestes.^{24, 25, 26}

Os dados de umidade obtidos nas farinhas foram condizentes aos encontrados na farinha de cladódios de palma *O. ficus-indica* L. Miller (cv Milpa Alta) (8,86%)²⁷, assim como, em farinhas de cladódios de palma *Opuntia ficus-indica* L. Miller secas a 60°C, 70°C e 80°C (6,85, 6,91e 6,88%)²⁸ e superiores ao encontrado em farinha do fruto da palma *Opuntia ficus-indica* (4,17%)²⁹. Resultados bastante satisfatórios visto que, níveis de umidade menores que 13% em farinhas são considerados meios de baixo potencial para o desenvolvimento de microrganismos e deterioração a curto tempo.³⁰

A estabilidade do teor de umidade das farinhas de palma durante os períodos de armazenamento (15 e 30 dias) foi mantida, provavelmente, devido ao adequado processamento e acondicionamento em sachês de alumínio. Diferentemente do observado por Gadani et al.³¹ ao estudarem farinha de caju armazenada por 225 dias em diferentes embalagens (bandejas de poliestireno com revestimento de cloreto de polivinila (PVC), pote plástico de tereftalato de polietileno (PET), embalagem plástica de polietileno (POL) e sem revestimento de bandejas de poliestireno (CON), mostrando aumento no teor de umidade em decorrência da maior permeabilidade ao vapor de água e ao oxigênio pelas embalagens utilizadas.

A acidez total titulável também se apresentou maior ($p < 0,05$) nas farinhas, aproximadamente 400% em relação à encontrada nos cladódios *in natura*. Comportamento semelhante foi observado por Velasco-Arango et al.³² em farinha do epicarpo do mamão (*Carica papaya* L) (1672%) e por Reis et al.³³ em farinha de acerola com semente desidratada a 60, 70 e 80 °C (537, 493 e 446%). A retirada da água promove a concentração dos nutrientes e compostos, como é o caso dos ácidos orgânicos.³⁴

Os valores obtidos de acidez total titulável nas farinhas foram superiores aos encontrados em pó de casca do fruto de *Opuntia* (*Opuntia spp.*) das variedades Aakria com 10% de teor de umidade (0,644g de ácido cítrico / 100 g)³⁵ e Derbana com 15% de teor de umidade (0,76g de ácido cítrico / 100 g)³⁵ e inferiores aos encontrados em pó do fruto de *Opuntia spp.* das cultivares Cuaresmeño (18,9g de ácido cítrico/100g)³⁶ e Rosa (13,6g de ácido cítrico/100 g)³⁶. O caráter ácido presente nas farinhas é um dos fatores determinantes na estabilidade destas ao longo do armazenamento, visto que propicia um ambiente desfavorável ao crescimento microbiano e a atividade enzimática.³⁷

Ao longo do armazenamento nota-se que os valores de acidez total titulável das farinhas F0, F1 e F2 não apresentaram diferenças significativas entre si ($p > 0,05$). Comportamento divergente foi relatado por Morshed et al.³⁸ ao estudarem o período de armazenamento da farinha de semente de jaca madura. Os valores de acidez total titulável foram indiretamente proporcionais ao tempo de armazenamento (336 dias), apresentando uma taxa de redução de 0,0015% a cada período de armazenamento (0, 7, 14, 21, 36, 51, 66, 96, 126, 156, 216, 276 e 336 dias).

A presença de microrganismos ao longo do armazenamento promove a metabolização dos carboidratos presentes no alimento, levando a produção de ácidos orgânicos, como o ácido cítrico.³⁹ Diferentemente do que ocorreu no presente estudo, haja vista que provavelmente não houve a produção de ácidos após acondicionamento em

sachês de alumínio, já que as diferenças não foram significativas entre as farinhas ($p > 0,05$).

Quanto aos valores de pH, a farinha F0 mostrou maior ($p < 0,05$) valor em relação a amostra *in natura*. Udoro, Anyasi e Jideani⁴⁰, por sua vez, ao relataram aumento do pH da farinha em relação a mandioca *in natura* (*Manihot esculenta* Crantz), concluíram que esta diferença poderia ser atribuída à perda de umidade.

Já quanto ao comportamento das farinhas ao longo do armazenamento, os valores de pH embora próximos, mostraram-se diferentes ($p < 0,05$), havendo maior valor para farinha F0, a qual foi processada e seguidamente analisada, e valores menores para as farinhas que foram submetidas há períodos de armazenamento em sachês de alumínio (F1 e F2), ressalta-se que estas não diferiram entre si ($p > 0,05$). As diferenças observadas podem ser atribuídas à coleta das matérias-primas terem ocorrido em períodos diferentes, o que poderia promover mudanças em sua composição.⁴¹ Além disso, a estabilidade das farinhas (F1 e F2) após acondicionamento em sachês de alumínio, pode estar relacionada a embalagem, que tem a função de não promover troca de ar e umidade entre o alimento e o ambiente.¹⁵ Corroborando com esta premissa, Reis et al.³³, ao verificarem que alterações não foram significativas no pH em farinha de acerola com semente, armazenada em embalagem de polietileno hermética por 75 dias, afirmaram que este resultado poderia ser atribuído não só a embalagem como também a temperatura do processo (60°C), que viabiliza a menor degradação dos açúcares.

Em relação aos resultados obtidos para pH nas farinhas pode-se inferir que estes foram próximos aos encontrados em farinhas de cladódios de palma da mesma espécie (4,20)⁴² e sob secagem a 60°C, 70°C e 80°C (5,27, 5,38 e 5,35)²⁸, bem como, em farinhas de palma *Opuntia stricta* (Haw.) submetidas a diferentes frequências de irrigações (5,1, 4,65, 4,4 e 4,82)⁴³. Comportamento desejável, uma vez que pH ácido inibe o crescimento microbológico e aumenta o período de vida útil da farinha.⁴⁴

O teor de cinzas foi o parâmetro químico que mais variou após processamento em farinha, apresentando maior concentração em relação ao cladódio *in natura*. Este aumento observado após beneficiamento da matéria-prima também foi relatado por Silva, Silva e Silva Junior⁴⁵ em farinha (2,1%) a partir do exocarpo de mangostão (*Garcinia mangostona* L.) (1,1%), bem como, por Casarin et al.⁴⁶ em farinha (3,54%) a partir de amora-preta (*Rubus sp.*) (0,58%). O teor de cinzas, resultante do conteúdo de matéria orgânica, inorgânica e de possíveis impurezas presentes no alimento sofre concentração no processo de secagem.³⁴

Quanto ao comportamento do teor de cinzas das farinhas durante o armazenamento, nota-se que houve uma redução quando comparado às farinhas submetidas aos períodos respectivos de armazenamento (15 e 30 dias) em relação à farinha inicial (F0). Kumar e Thakur⁴⁷, concomitante ao presente estudo, ao estudarem as características da qualidade da farinha de castanha da Índia (*Aesculus indica* Colebr.) embaladas em saco laminado, saco de polietileno, frasco de vidro e frasco de HDPE (Polietileno de alta densidade), observaram que houve redução significativa dos teores de cinzas ao longo dos seis meses de armazenamento em todas as embalagens utilizadas. Os autores concluíram que a menor redução foi observada na farinha embalada em saco de alumínio laminado, provavelmente, devido à opacidade presente na embalagem, que poderia promover menor permeabilidade à luz, ao oxigênio e ao vapor de água. Por outro lado, cabe ressaltar que o presente estudo foi realizado em lotes, ou seja, cada farinha foi coletada em períodos diferentes mantendo ao máximo a padronização, isso pode ter contribuído para as diferenças observadas nos teores de cinzas. Da Silva e Farias⁴¹, por exemplo, relataram pequena variação ao comparar o teor de cinzas em diferentes farinhas de amêndoa do cupuaçu (*Theobroma grandiflorum* Schum) e afirmaram que este resultado poderia ser justificado pela matéria-prima ser coletada em períodos de tempo e safras diferentes.

Em relação aos valores de cinzas das farinhas de palma, estes corroboraram com o encontrado em farinha de cladódio de *Opuntia ficus-indica* (11,90%)⁴², ao passo que são superiores ao obtido em farinha de cladódios de palma *O. ficus-indica* L. Miller (cv Milpa Alta) (1,08%)²⁷ e inferiores ao encontrado em farinhas de cladódios de palma *Opuntia ficus-indica* L. Miller secas a 60°C, 70°C e 80°C (20,2, 20,12 e 20,68%)²⁸. A palma é conhecida pelo seu elevado teor de cinzas em virtude da alta concentração de elementos minerais em sua composição, principalmente pela elevada concentração de cálcio.⁴³

Após processamento, a concentração dos açúcares redutores na farinha (F0) foi superior ao encontrado nos cladódios *in natura*. Comportamento semelhante foi observado por Almeida et al.⁴⁸ ao compararem estes teores na farinha seca em estufa de circulação de ar (50°C) (24,48%) com a amostra *in natura* da casca de jabuticaba (8,74%). Segundo os autores, quanto maior o teor de açúcar, maior seria a higroscopicidade do produto.

Já durante o armazenamento nota-se que os valores de açúcares redutores obtidos para F1 e F2, ainda que menores ($p < 0,05$) que F0, não apresentaram diferenças

significativas entre si ($p < 0,05$). Contrariamente ao observado no presente trabalho, Dhiman Anju et al.⁴⁹ relataram aumento nos teores de açúcares redutores com o avanço do período de armazenamento em um mix instantâneo de abóbora desidratada em pó. O aumento mínimo de açúcares redutores foi observado no produto embalado em ALP (embalagem de alumínio laminado) em comparação com o PEP (embalagem de polietileno), concluindo que a segunda embalagem apresentava restrita quantidade de umidade e de oxigênio no interior da bolsa, permitindo reações de inversão de carboidratos mais rapidamente em hidrolisados de polissacarídeos.⁵⁰ Desta forma, pressupõe-se que a embalagem utilizada no presente estudo, assim como o baixo teor de umidade e a sua estabilidade ao longo do armazenamento das farinhas contribuíram positivamente para a não inversão dos carboidratos. Entretanto, é importante ressaltar que a produção das farinhas em lotes pode ser um dos possíveis fatores de interferência nos resultados, uma vez que a composição centesimal inicial da palma forrageira sofre influência de diversos fatores, como o estado de desenvolvimento, o local e região de plantio, a época de colheita, a temperatura de cultivo e o manejo.⁵¹

Os teores de açúcares redutores das farinhas no presente estudo foram semelhantes ao encontrado em farinha da casca de figo da Índia (*Opuntia ficus indica*) (43,58%)⁵² e, superiores aos encontrados em farinhas de palma *Opuntia stricta* (Haw.) (0,721, 0,731, 0,764 e 0,822%)⁴³.

Após processamento, os valores de lipídeos totais da farinha F0 apresentaram pouca redução em comparação ao *in natura*, semelhante ao observado em farinha (0,23%) obtida a partir do exocarpo do mangostão (2,22%)⁴⁵ e diferentemente do encontrado em farinha (2,30%) produzida a partir de cladódios de *Opuntia ficus-indica* L. Miller (0,00%)²⁸. Durante o processo de aquecimento na produção da farinha há a formação de um complexo entre os lipídeos e a amilose, que mesmo após a redução de temperatura não se dissociam, coexistindo dentro da farinha e tornando difícil a detecção do lipídeo de forma independente.⁵³ Podendo assim, apresentar um resultado abaixo do estimado. Já Prabakaran et al.⁵⁴ acreditam que a redução seria em decorrência de um processo de autoxidação que poderia ter ocorrido durante o tratamento térmico, já que o oxigênio triplete reage depois que os radicais são formados, propiciando a quebrar das ligações de hidrogênio nas moléculas lipídicas.

Ao longo do armazenamento das farinhas, nota-se que os valores obtidos de lipídeos totais para F1 e F2, ainda que significativamente maiores ($p < 0,05$) que F0, não apresentaram diferenças significativas entre si e com o *in natura* ($p < 0,05$). Resultado

semelhante fora relatado em um estudo sobre o armazenamento de farinhas de coco parboilizada e fermentada por oito semanas em sacos de polietileno de alta densidade (HDPE) a temperatura ambiente (25°C), a 35°C e 45°C.⁵⁵ Segundo os autores o período e a temperatura de armazenamento não foram significativos ($p < 0,05$) sobre os valores de lipídeos totais, mantendo uma média de 2,23% para farinha de coco parboilizada e 3,79% para fermentada.

Os valores de lipídeos totais das farinhas foram inferiores aos encontrados em farinhas do fruto de *Opuntia ficus-indica* (3,66%)⁵⁶, (2,12%)⁵², bem como, em farinha de cladódios de *Opuntia ficus-indica* L. Miller (2,30%)²⁸ e próximo ao encontrado em pó de cladódios de *O. ficus-indica* cv. Milpa Alta (1,10%)²⁷. Valores baixos de gordura implica inferir que a farinha pode suportar um maior período de armazenamento. Além disso, alimentos que contenham alto teor de gordura podem ter uma baixa aceitação, visto que produzem ranços e desenvolvem um sabor desagradável.⁵⁵

Os resultados dos parâmetros estudados nas farinhas foram satisfatórios, principalmente quanto ao teor de umidade, que se mostrou de acordo com o preconizado pela RDC N° 263/2005⁵⁷, que permite em farinhas, amido de cereais e farelos o máximo de 15,0 % (g /100 g) de umidade.

Além disso, o melhoramento da qualidade pós-processamento pode ser observado pela estabilidade das farinhas nos parâmetros acidez titulável, teor de umidade e lipídeos totais ao longo dos 30 dias de armazenamento, bem como, dos teores de açúcares redutores e pH após 15 dias de armazenamento.

4.2 ESTUDO DA ESTABILIDADE DOS COMPOSTOS BIOATIVOS DAS FARINHAS DE PALMA

No presente estudo, após o processamento da farinha de palma *Opuntia ficus-indica* (L.) Miller, observou-se elevado aumento no teor de fitoquímicos quando comparado com aos cladódios *in natura* (Tabela 2). Comportamento semelhante foi relatado por da Silva, Silva e Silva Junior⁴⁵ ao compararem os teores de compostos bioativos (flavonoides totais, antocianinas totais e vitamina C) do exocarpo do fruto mangostão (*Garcinia mangostona* L.) (101,64 mg, 6,08 mg e 108 mg, respectivamente) com a farinha (104,83 mg, 21,33mg e 188mg, respectivamente). No processo de secagem, os compostos bioativos tendem a concentrar-se em resposta à perda de umidade.⁵⁸

Os teores de flavonoides amarelos encontrados nas farinhas do presente estudo foram próximos aos valores obtidos em farinha de semente de palma *Opuntia ficus-indica* (102,7mg/100g)⁵⁹ e em farinha de casca de banana (231,9 mg /100g)⁵⁹ e, superiores ao de

farinha da casca de figo da Índia (*Opuntia ficus-indica*) (16,9mg/100g)⁵². Estes resultados mostram-se promissores para o uso da farinha em estudos futuros direcionados à promoção de saúde, visto que, esta classe de compostos fenólicos é considerada indispensável à saúde dos indivíduos, uma vez que está associada a maior longevidade e a ação antimicrobiana, anti-inflamatória, antitumoral, antiviral, cardioprotetora e vasodilatadora.⁶⁰ Além de ter efeito protetor nas células contra o estresse oxidativo.⁶¹

Durante o período de armazenamento, houve redução nos teores de flavonoides amarelos nas farinhas de 15 dias (F1) e de 30 dias (F2) quando comparadas a farinha F0, porém, F1 e F2 não apresentaram alterações significativas entre si. A maior concentração na farinha F0, provavelmente se deve ao processo de secagem, que promove a quebra das paredes celulares, resultando em maior capacidade de extração deste componente secundário, principalmente quando realizado em temperaturas brandas⁶², como é o caso do presente estudo. Já quanto à redução após armazenamento, segundo Mphahlele et al.⁶³ teores de flavonoides totais são mais propensos a redução com o aumento do tempo de armazenamento, bem como, temperaturas elevadas e a presença de oxigênio. Neste caso, cabe ressaltar que a presença da embalagem pode ter funcionado como um fator importante para minimizar perdas dos compostos bioativos, uma vez que atua como barreira ao oxigênio, manutenção do teor de oxigênio do espaço-livre e proteção contra a luz¹⁴, explicando assim, a ausência de diferença significativa entre as farinhas F1 e F2.

Os teores de clorofilas totais obtidos neste trabalho divergiram de outros resultados encontrados na literatura, sendo mais elevado quando comparado aos obtidos em farinha de cladódios de palma *Opuntia ficus-indica* (35mg/100g)⁴² e em farinhas de cladódios de *Opuntia macrorhiza* (Engelm) (9,25mg/100g)⁶⁴ e, inferior ao encontrado em cladódios em pó de *Opuntia ficus-indica f. inermis* (802 mg/100g)⁶⁵. A clorofila exerce diversas funções protetoras e reguladoras nos seres vivos, destacando-se as propriedades antioxidantes, anti-inflamatórias, antimicrobianas e antimutagênicas.⁶⁶ Além de apresentar função reguladora do sistema ácido-base no equilíbrio de pH e nível de hormônios, promovendo o fortalecimento dos vasos cardíacos e cerebrais, bem como, aumento da imunidade.⁶⁷

Quanto ao comportamento da concentração de clorofila nas farinhas ao longo do armazenamento, verificou-se similaridade ao dos flavonoides amarelos. O aumento na farinha F0 também foi observado por Roshanak, Rahimmalek e Goli⁵⁸ ao analisarem o efeito de diferentes tratamentos térmicos em folhas de chá verde. Os autores afirmaram que em todos os processos (secagem ao ar à sombra e temperatura ambiente (25 ° C); ao

sol; em forno de ar quente a 60 ° C; em forno de ar quente a 80 ° C; em forno de ar quente a 100 ° C; em micro-ondas e liofilização) a amostra seca (7,16; 7,56; 5,89; 6,29; 7,13; 5,74; 16,88 e 17,35 mg/L, respectivamente) foi superior a *in natura* (1,22; 4,97; 5,85; 3,20; 7,09; 4,68; 14,74 e 11,13mg/L, respectivamente), uma vez que a clorofila apresenta maior sensibilidade ao aquecimento, porém, apresenta maior ou menor retenção de acordo a temperatura e duração do tratamento térmico. Processos de secagem onde a temperatura é elevada, a perda de clorofila é maior, pois a degradação desta ocorre durante o tratamento térmico em função do calor promovido durante a secagem. Já quando os métodos de secagem utilizam temperaturas mais brandas, após o processo de secagem, geralmente, o produto apresenta altos níveis de clorofila, porém, podem ser susceptíveis ao longo do armazenamento à degradação enzimática pela clorofilase, sendo ainda mais acelerada com o aumento da umidade relativa.⁶⁸ Logo, a importância de uma embalagem que não promova a interação entre o alimento e a umidade relativa. O que parece ser o caso do presente estudo, visto que não houve diferenças significativas entre as farinhas F1 e F2, já que estas foram adequadamente acondicionadas em sachês de alumínio hermético.

Já os resultados do teor de ácido ascórbico foram os que mais variaram dentre os compostos bioativos estudados, divergindo também dos dados encontrados em cladódios secos de *Opuntia ficus-indica* das variedades Gymno-Carpo, Meyers, Nepgen, Ofer e O. Robust, respectivamente (182,36, 222,94, 159,73, 282,14 e 191,57mg/100g)⁶⁹ e em pó de cascas de frutos de *Opuntia ficus-indica* (87,82mg/100g)⁵⁶. É importante destacar a dificuldade de padronizar comparações, uma vez que os resultados são influenciados por fatores como o gênero, as espécies, os estágios de maturação, a idade da planta e métodos utilizados na extração e quantificação.⁷⁰

O período de armazenamento das farinhas em sachês de alumínio foi caracterizado por uma elevação nos teores de ácido ascórbico. Este aumento após um processo de secagem pode ser em decorrência da inativação da polifenol oxidase, citocromo oxidase e peróxido oxidase durante o tratamento térmico, enzimas estas, responsáveis pela oxidação do ácido ascórbico durante o armazenamento.⁶² Outra provável justificativa seria o processo térmico ter sido realizado em temperaturas brandas, já que, geralmente, em razão da alta temperatura ocorre oxidação, pois o ácido ascórbico é utilizado para evitar a oxidação de polifenóis durante a secagem.^{71,72} Obadina, Ibrahim e Adekoya⁷³ relataram que ao estudarem o efeito da temperatura de secagem de tomates cereja e ameixa em pó observaram que à medida que a temperatura de secagem aumentava (60,

65 e 70 ° C), o teor de ácido ascórbico diminuía significativamente. Já Sonkar et al.⁷⁴ creditam o aumento de ácido ascórbico à altas concentrações de fibras, visto que a presença destas promovem maior tolerância ao efeito da temperatura ao longo do processo de secagem, resultando em maior retenção. Outro fator bastante importante a se destacar é a quantidade inicial de ácido ascórbico da matéria-prima de cada farinha, já que o presente estudo foi realizado em lotes, ou seja, cada farinha foi coletada em tempos diferentes, ainda que mantido as mesmas condições de obtenção. Geralmente, as concentrações de antioxidantes, como o ácido ascórbico, podem variar sazonalmente e sofrer influência da intensidade e duração das condições de estresse que uma planta é submetida.⁵⁸ O seu sistema de defesa pode aumentar a concentração deste antioxidante em resposta à seca, ao calor, à umidade e à luminosidade, a fim de combater as EROS (Espécies Reativas de Oxigênio) criadas pelas condições de estresses.⁷⁵

As concentrações de carotenoides totais nas farinhas estudadas, foram próximas as encontradas em farinha de cladódios de palma *Opuntia ficus-indica* (6,11 mg /100 g)⁴², superiores à farinha de amora-preta (0,322mg/100g)⁴⁶ e inferiores à farinha de casca do fruto da palma *Opuntia ficus-indica* (217,1mg/g)⁷⁶. Os pigmentos carotenoides são um grupo de compostos bioativos com propriedades antioxidantes, amplamente utilizados na indústria de alimentos como corante em alimentos, substituindo os sintéticos.⁷⁷ Desempenham um papel importante na prevenção de doenças humanas e manutenção da saúde, geralmente, são associados à redução do risco de desenvolver doenças degenerativas crônicas como câncer, doenças cardiovasculares, catarata, degeneração macular, envelhecimento prematuro e artrite.⁷⁸

Embora cladódios da palma *Opuntia ficus-indica* não são tão ricos em carotenoides quanto os frutos, pode-se observar que houve um aumento no teor destes na farinha F0 em comparação ao *in natura*. Comportamento semelhante foi obtido por Du Toit et al.⁶⁹ ao compararem cladódios de *Opuntia ficus-indica* das variedades Gymno-Carpo, Meyers, Nepgen, Ofer e O. Robust *in natura* (1,79; 1,82; 0,67; 1,79 e 1,13 mg/100g, respectivamente) com os obtidos após secagem (25,48; 14,56; 17,99; 18,21 e 10,39 mg/100g, respectivamente). A exposição ao calor gera uma mudança na conformação *cis* para *trans* nas moléculas de carotenoides intensificando a sua detecção e por consequência, sua biodisponibilidade.⁶²

A detecção de carotenoides observada na farinha F0 não apresentou diferença significativa ($p>0,05$) quando comparada a farinha F1, porém apresentou aumento na farinha F2. Mellado-Ortega e Hornero-Méndez⁷⁹ relatam que a temperatura de

armazenamento de farinha (entre 25 e 35 °C) é o fator responsável para a menor degradação do conteúdo de carotenoides em farinha de grãos de trigo *tritordeum*, visto que ocorre um fenômeno termo-oxidativo que promove atividade esterificante nestes compostos e por consequência, maior estabilidade destes pigmentos. Já Hemery et al.⁸⁰, apontam que a cinética de degradação de carotenoides, sofre influência da embalagem, uma vez que sua presença exerce ação protetora contra o oxigênio molecular e a umidade, já que fatores ambientais, como nível de oxigênio, temperatura e luz, afetam a degradação oxidativa daqueles. Sendo assim, pressupõe-se que a embalagem utilizada no presente trabalho funcionou como um potente conservador do produto. Entretanto, é importante ressaltar que o presente estudo foi realizado em lotes e, assim como os teores de ácido ascórbico, podem apresentar concentrações iniciais diferentes, o que poderia levar a valores finais diferentes.

Este estudo mostrou, em relação à estabilidade dos compostos bioativos nas farinhas estudadas, que os teores de flavonoides amarelos, seguidos de clorofila e vitamina C destacaram-se, apresentando valores mais elevados em relação aos teores de carotenoides. É importante ressaltar que os resultados apresentados pelas farinhas ao longo do armazenamento podem ter sofrido influência da diferença de lotes de fabricação, ainda que minimizado, uma vez que, apesar de todo o cuidado de manter as mesmas condições de colheita, local e horário de coleta, condições ambientais e processamento, não é possível manter com total exatidão as condições edafoambientais. Entretanto, cabe destacar o primordial papel da embalagem utilizada, pois esta se mostrou como um potente conservador do produto.

4.3 ESTUDO DA ESTABILIDADE DOS PARÂMETROS MICROBIOLÓGICO DAS FARINHAS DE PALMA

A estabilidade microbiológica da farinha de cladódios de palma armazenada em sachê de alumínio foi estudada durante o período de 50 dias. A farinha de palma atendeu aos critérios de segurança microbiológica preconizados pela legislação brasileira para farinha²³ em todas as amostras analisadas, que preconiza a tolerância de 10^3 para *B.cereus*/g e 10^2 para *Escherichia coli*/g, além de ausência em 25g para *Salmonella sp* (Tabela 3). Demonstrando que todas as amostras foram consideradas aptas para o consumo, indicando uma adequada qualidade higiênico-sanitária das matérias-primas e boas práticas de manipulação na confecção das farinhas.

5 CONCLUSÃO

A estabilidade dos parâmetros analisados nas farinhas ao longo do armazenamento, pouco variaram ao longo de 30 dias de armazenamento, destacando-se os valores de acidez total titulável e umidade, que mantiveram valores estatisticamente iguais, bem como, os valores de clorofila e flavonoides amarelos que permaneceram inalterados após acondicionamento em sachês de alumínio. Ressaltando-se ainda, os elevados teores de flavonoides, clorofila e vitamina C pós-processamento. Com relação às análises microbiológicas, os resultados cumpriram com os parâmetros de qualidade sanitária e segurança alimentar.

Destaca-se assim, o importante papel dos sachês de alumínio nos resultados obtidos, uma vez que a embalagem provavelmente impediu a permeabilidade ao oxigênio, ao vapor de água e à luz, de modo a ser uma ferramenta importante na produção e comercialização de alimentos funcionais.

Desta forma, o presente trabalho abre caminho para futuros estudos visando à promoção da saúde em seus diversos cenários, utilizando a farinha de palma acondicionada em sachês de alumínio.

AGRADECIMENTOS

À FAPESB (Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado da Bahia), ao grupo de pesquisa Ciência dos Alimentos Aplicada à Saúde e aos técnicos dos laboratórios, pelo apoio caloroso e técnico.

REFERÊNCIAS

- 1.Méndez LP, Flores FT, Martín JD, Rodríguez EMR, Romero CD. Physicochemical characterization of cactus pads from *Opuntia dillenii* and *Opuntia ficus-indica*. Food chemistry. 2015; 188: p. 393-398.
- 2.Oniszczyk A, Wójtowicz A, Oniszczyk T, Matwijczuk A, Dib A, Markut-Miotła E. *Opuntia* fruits as food enriching ingredient, the first step towards new functional food products. Molecules. 2020; 25(4): p. 916-926.
- 3.Pinto SM, Farias FDS, Costa B. Avaliação dos aspectos físico e químicos de brotos de palmeira (*Opuntia* sp.) para o consumo humano. Journal of Biology & Pharmacy and Agricultural Management. 2019; 15(1): p. 1-8.
4. Sánchez-Murillo ME, Cruz-López EO, Verde-Star MJ, Rivas-Morales C, Morales-Rubio ME, Garza-Juárez AJ, Llaca-Díaz JM, Ibarra-Salas MJ. Consumption of Nopal Powder in Adult Women. J Med Food. 2020; 23(9): p. 938-942.
- 5.Antunes-Ricardo M, Hernández-Reyes A, Uscanga-Palomeque AC, Rodríguez-Padilla C, Martínez-Torres A, Gutiérrez-Urbe A. Isorhamnetin glycoside isolated from *Opuntia ficus-indica* (L.) Mill induces apoptosis in human colon cancer cells through mitochondrial damage. Chemico-Biological Interactions. 2019; 310: p. 1-8.
- 6.Bakour M, Al-Waili N, El-Haskoury R, El-Menyiy N, Al-Waili T, Al-Waili A, et al. Comparison of hypotensive, diuretic and renal effects between cladodes of *Opuntia ficus-indica* and furosemide. Asian Pacific journal of tropical medicine. 2017; 10(9): p. 900-906.
- 7.Ressaissi A, Attia N, Pacheco R, Falé PL, Serralheiro MLM. Cholesterol transporter proteins in HepG2 cells can be modulated by phenolic compounds present in *Opuntia ficus-indica* aqueous solutions. Journal of Functional Foods. 2020; 64: p. 1-7.
- 8.López-Romero P, Pichardo-Ontiveros E, Avila-Nava A, Vázquez-Manjarrez N, Tovar AR, Pedraza-Chaverri J, et al. The effect of nopal (*Opuntia ficus indica*) on postprandial blood glucose, incretins, and antioxidant activity in Mexican patients with type 2 diabetes after consumption of two different composition breakfasts. Journal of the Academy of Nutrition and Dietetics. 2014; 114(11): p. 1811-1818.
- 9.Manzano PI, Pesantes OG, Sarmiento GM, Chóez-Guaranda I, Burbano ZC, Duran GM, et al. Chemical analysis and normo-glycemic effect of *Opuntia ficus indica*. Chemia Analityczna. 2017; 1: p. 19-27.
- 10.Hegazy EM, Hafiz NA, Rozik NN, Khalil WK. Comparative study between powder and nanoparticles of dried cactus (*Opuntia ficus-indica* L.) fruit peels in streptozotocin-induced diabetic rats: anti-microbial and anti-genotoxic capacity. Annual Research & Review in Biology. 2018; 26(6): p. 1-14.
- 11.Díaz MDSS, de la Rosa APB, Héliès-Toussaint C, Guéraud F, Nègre-Salvayre A. *Opuntia* spp.: Characterization and benefits in chronic diseases. Oxidative medicine and cellular longevity. 2017; 2017: p.1-17.

12. Silva Macêdo AJ, Neto JMC, de Oliveira LB, Edvan RL, Santos EM. A cultura da palma, origem, introdução, expansão, utilidades e perspectivas futuras: Revisão de Literatura. *Brazilian Journal of Development*. 2020; 6(8), p. 62967-62987.
13. Severo DS, Araújo AS, Deodato NV, Silva CCM, Alves GS. Elaboração e caracterização físico-química e microbiológica da farinha da palma (*Opuntia ficus indica* Mill) em diferentes temperaturas. *Revista Verde*. 2015; 10(4): p. 30-33.
14. Sharma N, Goyal SK, Alam T, Fatma S, Niranjana K. Effect of germination on the functional and moisture sorption properties of high-pressure-processed foxtail millet grain flour. *Food and bioprocess technology*. 2018; 11(1): p. 209-222.
15. Jung J, Wang W, Mc Gorrin RJ, Zhao Y. Moisture Adsorption Isotherm and Storability of Hazelnut Inshells and Kernels Produced in Oregon, USA. *Journal of Food Science*. 2018; 83(2): p. 340-348.
16. Instituto Adolfo Lutz. Métodos físico-químicos para análise de alimentos/coordenadores. 4th ed. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz; 2008.
17. Folch J, Lees M, Stanley GHS. A simple method for the isolation and purification of total lipides from animal tissues. *Journal of Biological Chemistry*. 1957; 226(1): p. 497-509.
18. Rodriguez-Amaya DB, Kimura M. HarvestPlus handbook for carotenoid analysis. 2nd ed. Washington: International Food Policy Research Institute; 2004.
19. Bruinsma J. The quantitative analysis of chlorophylls A and B in plant extracts. *Photochemistry and Photobiology*. 1963; 2(2): p. 241-249.
20. Strohecker R, Henning HM. Analisis de vitaminas: metodos comprobados. Madrid: Paz Montalvo; 1967.
21. Francis FJ. Analysis of anthocyanins. In MARKAKIS P. Anthocyanins as Food Colors. New York: Academic Press; 1982. p. 181-207.
22. APHA – AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. Committee on Microbiological for Foods. Compendium of methods for the microbiological examination of foods. 4.ed. Washington: American Public Health Association, 2001. 676p.
23. BRASIL. Instrução normativa ANVS/MS nº 60, de 23 de dezembro de 2019. Estabelece as listas de padrões microbiológicos para alimentos. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 26 dez 2019. Seção 1.
24. Nascimento AM, Costa FB, Silva JL, Santos KP, Gadelha TM. Centesimal composition and sugar content of green pepper flour. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*. 2018; 13(4): p. 568-571.
25. Leonardi JG, Azevedo BM. Métodos de conservação de alimentos. *Revista Saúde em Foco*. 2018; 10(1): p. 51-61.

26. Tapia MS, Alzamora SM, Chirife J. Effects of water activity (aw) on microbial stability as a hurdle in food preservation. *Water activity in foods: Fundamentals and applications*. 2020; p. 323-355.
27. Ramírez-Moreno E, Córdoba-Díaz M, de Cortes Sánchez-Mata M, Marqués CD, Goni I. The addition of cladodes (*Opuntia ficus indica* L. Miller) to instant maize flour improves physicochemical and nutritional properties of maize tortillas. *LWT - Food Science and Technology*. 2015; 62(1): p. 675-681.
28. Batu W, Getahun D, Abreha G. Physicochemical and functional properties of cactus *Opuntia ficus-indica* L. Miller flour: the case of cactus fruit and vegetable flour. *Journal of Science and Sustainable Development*. 2018; 6(1): p. 51-70.
29. Reda TH, Atsbha MK. Nutritional composition, antinutritional factors, antioxidant activities, functional properties, and sensory evaluation of cactus pear (*Opuntia ficus-indica*) seeds grown in Tigray Region, Ethiopia. *International journal of food science*. 2019; 2019: p. 1-7.
30. Jesus AC, Gomes CR, Morais AA, Moraes MHS, da Silva FVA, Madeira FP, et al. Qualidade microbiológica das farinhas de mandioca (*Manihot esculenta* CRANTZ), comercializadas em feira-livre no município de Cruzeiro do Sul/Acre/Brasil. *South American Journal of Basic Education, Technical and Technological*. 2018; 5(1): p. 59-67.
31. Gadani BC, MILÉSKI KML, Peixoto LS, Agostini JDS. Physical and chemical characteristics of cashew nut flour stored and packaged with different packages. *Food Science and Technology*. 2017; 37(4): p. 657-662.
32. Velasco VA, Barbosa JES, Santos LEO, Zapata JIH. Characterization of functional components flour epicarp papaya (*Carica papaya* L) as a source of natural pigments. *Respuestas*. 2019; 24(2): p. 40-48.
33. Reis DS, Neto AF, Ferraz AV, Freitas ST. Production and storage stability of acerola flour dehydrated at different temperatures. *Brazilian Journal of Food Technology*. 2017; 20: p. 1-7.
34. Nunes JS, Lins ADF, Gomes JP, Silva WD, Silva FD. Influência da temperatura de secagem nas propriedades físico-química de resíduos abacaxi. *Revista Agropecuária Técnica*. 2017; 1(1): p. 41-46.
35. Bourhia M, Elmahdaoui H, Moussa SI, Ullah R, Bari A. Potential Natural Dyes Food from the Powder of Prickly Pear Fruit Peels (*Opuntia* spp.) Growing in the Mediterranean Basin under Climate Stress. *Biomed Research International*. 2020; 2020: p. 1-7.
36. Arias-Rico J, Cruz-Cansino NDS, Cámara-Hurtado M, López-Froilán R, Pérez-Rodríguez ML, Sánchez-Mata MDC, et al. Study of xocostle powder (*Opuntia* spp.) As a source of dietary fiber and antioxidants. *Foods*. 2020; 9(4): p. 1-13.
37. Araújo KTA, da Silva RM, da Silva RC, de Figueiredo RMF, de Melo Queiroz AJ. Caracterização físico-química de farinhas de frutas tropicais. *Revista Brasileira de Agrotecnologia*. 2017; 7(2): p. 110-115.

38. Morshed MH, Ibrahim M, Helali MOH, Alam AKMS, Amin R. Storage life and quality characteristics of nutritious flour from ripe jackfruit seed. *Journal of Engineering*. 2019; 10(2): p. 19-24.
39. Guo XN, Wu SH, Zhu KX. Effect of superheated steam treatment on quality characteristics of whole wheat flour and storage stability of semi-dried whole wheat noodle. *Food Chemistry*. 2020; 322: p. 1-8.
40. Udoro EO, Anyasi TA, Jideani AIO. Characterization of the root and flour of South African *Manihot esculenta* Crantz landraces and their potential end-use properties. *International Journal of Food Properties*. 2020; 23(1): p. 820-838.
41. da Silva ADSS, Farias LF. Elaboração da farinha à base da amêndoa do cupuaçu *Theobroma grandiflorum* Schum. *Revista Arquivos Científicos (IMMES)*. 2018; 1(1): p. 36-42.
42. Nabil B, Ouabou R, Ouhammou M, Essaadouni L, Mahrouz M. Functional properties, antioxidant activity, and organoleptic quality of novel biscuit produced by moroccan cladode flour *Opuntia ficus-indica*. *Journal of Food Quality*. 2020; 2020: p. 1-12.
43. Almeida CVM, Gomes SAS, de Oliveira JFF, de Lucena RM, de Melo AAS, da Silva SP. Avaliação da atividade antioxidante e caracterização físico-química de farinhas de cladódios da *Opuntia stricta* (Haw.) em diferentes frequências de irrigação. *Revista Brasileira de Agrotecnologia*. 2018; 8(3): p. 21-25.
44. Sousa HC, da Silva NJP, Pereira EM, da Silva Filho CRM, Macêdo ALB. Qualidade físico-química e toxicológica de farinha obtida do eixo central de jaca. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*. 2016; 11(4): p. 91-98.
45. Silva DC, Silva ASS, Silva Junior ACS. Estudo físico-químico do fruto *Garcinia mangostona* L. e o desenvolvimento de uma farinha a partir do exocarpo. *Revista Arquivos Científicos*. 2019; 2(1): p. 59-66.
46. Casarin F, Mendes CE, Lopes J, de Moura NF. Planejamento experimental do processo de secagem da amora-preta (*Rubus* sp.) para a produção de farinha enriquecida com compostos bioativos. *Brazilian Journal of Food Technology*. 2016; 19: p. 1-9.
47. Kumar P, Thakur NS. Studies on changes in quality characteristics of Indian horse chestnut (*Aesculus indica* Colebr.) flour during storage. *Journal of Applied and Natural Science*. 2017; 9(1): p. 445-450.
48. Almeida RL, Santos NC, dos Santos Pereira T, de Alcântara Silva VM, Cabral MB, Barros ER, et al. Determination of bioactive compounds and physicochemical composition of jabuticaba bark flour obtained by convective drying and lyophilization. *Research, Society and Development*. 2020; 9(1): p. 1-18.
49. Dhiman Anju K. Optimization of instant halwa mix from dehydrated pumpkin and its stability during storage. *International Journal of Agriculture Sciences*. 2017; 9(11): p. 4026-4030.

50. Shao Y, Lin AHM. Improvement in the quantification of reducing sugars by miniaturizing the Somogyi-Nelson. *Food chemistry*. 2018; 240: p. 898-903.
51. Da Silva MS, da Costa FB, dos Santos FA, Chaves MTL, Pereira MMD, da Silva KG. Pós-colheita de frutos de palma (*Opuntia ficus-indica*) em dois estádios de maturação. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*. 2017; 12(5): p. 907-911.
52. Parafati L, Restuccia C, Palmeri R, Fallico B, Arena E. Characterization of prickly pear peel flour as a bioactive and functional ingredient in the preparation of breads. *Foods*. 2020; 9(9): p. 1-17.
53. Fierens E, Helsmoortel L, Joye IJ, Courtin CM, Delcour JA. Changes in wheat (*Triticum aestivum* L.) flour pasting characteristics as a result of storage and their underlying mechanisms. *Journal of Cereal Science*. 2015; 65: p. 81-87.
54. Prabakaran M, Lee KJ, An Y, Kwon C, Kim S, Yang Y, et al. Changes in the fatty acid content of soy flour (*Glycine max* L.) based on temperature and storage duration. *Molecules*. 2018; 23(10): p. 1-11.
55. Obadina A, Ashimolowo H, Olotu I. Quality changes in cocoyam flours during storage. *Food science & nutrition*. 2016; 4(6): p. 818-827.
56. Anwar MM, Sallam EM. Utilization of Prickly Pear Peels to Improve Quality of Pan Bread. *Arab Journal of Nuclear Science and Applications*. 2016; 94(2): p. 151-163.
57. BRASIL. Resolução ANVS/MS nº 263, de 22 de setembro de 2005. Aprova o Regulamento Técnico para produtos de cereais, amidos, farinhas e farelos, constantes do anexo desta Portaria. *Diário Oficial da União, Brasília, DF, 23 de set 2005. Seção 1.*
58. Roshanak S, Rahimmalek M, Goli SAH. Evaluation of seven different drying treatments in respect to total flavonoid, phenolic, vitamin C content, chlorophyll, antioxidant activity and color of green tea (*Camellia sinensis* or *C. assamica*) leaves. *Journal of food science and technology*. 2016; 53(1): p. 721-729.
59. Ali RFM, El-Anany AM, Mousa HM, Hamad EM. Nutritional and sensory characteristics of bread enriched with roasted prickly pears (*Opuntia ficus-indica*) seed flour. *Food & Function*. 2020; 11(3): p. 2117-2125.
60. Dos Santos DS, Rodrigues MMF. Atividades farmacológicas dos flavonoides: um estudo de revisão. *Estação Científica (UNIFAP)*. 2017; 7(3): p. 29-35.
61. Msaddak L, Abdelhedi O, Kridene A, Rateb M, Belbahri L, Ammar E, et al. *Opuntia ficus-indica* cladodes as a functional ingredient: bioactive compounds profile and their effect on antioxidant quality of bread. *Lipids in health and disease*. 2017; 16(1): p. 1-8.
62. Kamiloglu S, Toydemir G, Boyacioglu D, Beekwilder J, Hall RD, Capanoglu E. A review on the effect of drying on antioxidant potential of fruits and vegetables. *Critical reviews in food science and nutrition*. 2016; 56(Sup1): p. 1-78.

- 63.Mphahlele RR, Fawole OA, Makunga P, Opara UL. Functional properties of pomegranate fruit parts: influence of packaging systems and storage time. *Journal of Food Measurement and Characterization*. 2017; 11(4): p. 2233-2246.
- 64.Chahdoura H, Chaouch A, Chouché W, Chahed A, Achour S, Khawla A, et al. Incorporation of *Opuntia macrorhiza* Engelm. in cake-making: Physical and sensory characteristics. *LWT*. 2018; 90: p. 15-21.
- 65.Msaddak L, Siala R, Fakhfakh N, Ayadi MA, Nasri M, Zouari N. Cladodes from prickly pear as a functional ingredient: effect on fat retention, oxidative stability, nutritional and sensory properties of cookies. *International journal of food sciences and nutrition*. ; 66(8): p. 851-857.
- 66.Pavlyuk R, Pogarska V, Mikhaylov V, Bessarab O, Radchenko L, Pogarskiy A, et. al. The study of bas complex in chlorophyll-containing vegetables and development of health-improving nanoproducts by a deep processing method. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*.2018; 2(11): p. 48-56.
- 67.Hsiao CJ, Lin JF, Wen HY, Lin YM, Yang CH, Huang KS, et al. Enhancement of the stability of chlorophyll using chlorophyll-encapsulated polycaprolactone microparticles based on droplet microfluidics. *Food chemistry*. 2020; 306: p.1-6.
- 68.Östbring K, Sjöholm I, Rayner M, Erlanson-Albertsson C. Effects of Storage Conditions on Degradation of Chlorophyll and Emulsifying Capacity of Thylakoid Powders Produced by Different Drying Methods. *Foods*. 2020; 9(5): p. 1-15.
- 69.Du Toit A, de Wit M, Osthoff G, Hugo A. Antioxidant properties of fresh and processed cactus pear cladodes from selected *Opuntia ficus-indica* and *O. robusta* cultivars. *South African journal of botany*. 2018; 118: p. 44-51.
- 70.Nunes EN, Lemos DM, Silva SF, Rocha APT, Lucena CM, Meiado MV, et al. Cuantificación fisicoquímica en gorro turco [*Melocactus zehntneri* (Britton & Rose) Luetzelburg - Cactaceae]. *Revista Brasileira de Plantas Mediciniais*. 2016; 18(1): p. 81-88.
- 71.Ahmed M, Eun JB. Flavonoids in fruits and vegetables after thermal and nonthermal processing: A review. *Critical reviews in food science and nutrition*. 2018; 58(18): p. 3159-3188.
- 72.Mphahlele RR, Fawole OA, Makunga NP, Opara UL. Functional properties of pomegranate fruit parts: influence of packaging systems and storage time. *Journal of Food Measurement and Characterization*. 2017; 11(4): p. 2233-2246.
- 73.Obadina A, Ibrahim J, Adekoya I. Influence of drying temperature and storage period on the quality of cherry tomatoes and plum powder. *Food science & nutrition*. 2018; 6(4): p. 1146-1153.
- 74.Sonkar N, Rajoriya D, Chetana R, Murthy KV. Effect of cultivars, pretreatment and drying on physicochemical properties of Amla (*Emblica officinalis*) gratings. *Journal of food science and technology*. 2020; 57(3): p. 980-992.

75. Wujeska-Klaue A, Bossinger G, Tausz M. The concentration of ascorbic acid and glutathione in 13 provenances of *Acacia melanoxylon*. *Tree physiology*. 2016; 36(4): p. 524-532.
76. Elhassaneen Y, Ragab , Mashal. Improvement of Bioactive Compounds Content and Antioxidant Properties in Crackers with the Incorporation of Prickly Pear and Potato Peels Powder. *International Journal of Nutrition and Food Sciences*. 2016; 5(1): p. 53-61.
77. Martins NJ, Silva SM, Rigueira JPS, Baliza PX, Costa Souza PN, Rigueira LMB. Determinação de ácido ascórbico e carotenoides totais em amostras de polpa de pitaiá branca (*Hylocereus undatus*) e vermelha (*Hylocereus polyrhizus*) submetidas a procedimentos térmicos. *Brazilian Journal of Development*. 2020; 6(8): p. 62998-63011.
78. Rodriguez-Amaya DB. Update on natural food pigments - A mini-review on carotenoids, anthocyanins, and betalains. *Food Research International*. 2019; 124: p. 200-205.
79. Mellado-Ortega E, Hornero-Méndez D. Effect of long-term storage on the free and esterified carotenoids in durum wheat (*Triticum turgidum* conv. *Durum*) and tritordeum (\times *Tritordeum* Ascherson et Graebner) grains. *Food Research International*. 2017; 99: p. 877-890.
80. Hemery M, Laillou A, Fontan L, Jallier V, Moench-Pfanner , Bergera J, et al. Storage conditions and packaging greatly affects the stability of fortified wheat flour: influence on vitamin A, iron, zinc, and oxidation. *Food chemistry*. 2018; 240: p. 43-50.