

UNIVERSIDADE FEDERAL DO TOCANTINS
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS

ANDRÉ LEONARDO DOS SANTOS

**INFLUÊNCIA DA IRRADIAÇÃO NA COMPOSIÇÃO DA
FARINHA DE CASCA DE PITAYA VERMELHA
(*Hylocereus costaricensis*)**

PALMAS - TO

2020

ANDRÉ LEONARDO DOS SANTOS

**INFLUÊNCIA DA IRRADIAÇÃO NA COMPOSIÇÃO DA
FARINHA DE CASCA DE PITAYA VERMELHA
(*Hylocereus costaricensis*)**

Dissertação apresentada para obtenção do título de Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos, pelo Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos da Universidade Federal do Tocantins.

Linha de pesquisa: Desenvolvimento de Novos Produtos.

Orientador: Prof^a. Dr. Adriana Régia Marques de Souza

Coorientadora: Prof^a. Dr. Clarissa Damiani

PALMAS - TO

2020

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal do Tocantins

- S237i Santos, André Leonardo dos.
INFLUÊNCIA DA IRRADIAÇÃO NA COMPOSIÇÃO DA FARINHA DE CASCA DE PITAYA VERMELHA (*Hylocereus costaricensis*). / André Leonardo dos Santos. – Palmas, TO, 2020.
48 f.
- Dissertação (Mestrado Acadêmico) - Universidade Federal do Tocantins – Câmpus Universitário de Palmas - Curso de Pós-Graduação (Mestrado) em Ciência e Tecnologia de Alimentos, 2020.
Orientadora : Adriana Régia Marques de Souza
Coorientadora : Clarissa Damiani
1. Irradiação gama. 2. Pitaya. 3. Aproveitamento de resíduo. 4. Composição. I. Título

CDD 664

TODOS OS DIREITOS RESERVADOS – A reprodução total ou parcial, de qualquer forma ou por qualquer meio deste documento é autorizado desde que citada a fonte. A violação dos direitos do autor (Lei nº 9.610/98) é crime estabelecido pelo artigo 184 do Código Penal.

Elaborado pelo sistema de geração automática de ficha catalográfica da UFT com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

UNIVERSIDADE FEDERAL DO TOCANTINS
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS

ANDRÉ LEONARDO DOS SANTOS

**INFLUÊNCIA DA IRRADIAÇÃO NA COMPOSIÇÃO DA
FARINHA DE CASCA DE PITAYA VERMELHA
(*Hylocereus costaricensis*)**

Dissertação DEFENDIDA e APROVADA em 11 de fevereiro de 2020, pela Banca Examinadora constituída pelos membros:



Prof. Dr. Antônio Alves de Melo

UFRR



Prof. Dr.ª Glêndara Aparecida de Souza Martins

UFT



Prof.ª Dr.ª Adriana Régia Marques de Souza
Orientadora - UFG

Nunca foi sorte, sempre foi Deus.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por ter me dado graça e sabedoria para trilhar essa jornada.

Agradeço aos meus avós Auselita e Ulício pelo suporte nessa caminhada e por me apoiar nos momentos mais difíceis. A minha Mae Delcione e meus irmãos Alex e Amana pelo carinho e credibilidade. A minha Tia/Mãe Valdecélia, minha maior incentivadora, sem ela nada disso seria possível, obrigado por desde minha infância pobre, nos garimpos de serrapelada, me incentivar a estudar e acreditar nos princípios bíblicos.

Agradeço a minha orientadora Adriana, que mesmo distante me deu apoio e nunca me deixou desamparado. Sempre me atendia prontamente e com um sorriso no rosto. Dá gosto de ver quando uma professora é realmente apaixonada pelo que faz. Estendo os meus agradecimentos também a professora Clarissa, minha coorientadora.

Agradeço imensamente a professora Glêndara, que conheço desde os tempos de graduação, por ser essa guerreira que não mede esforços para ajudar e que defende seus alunos como uma mãe defende seus filhos. Por ser meu porto seguro e me presentear com um lar e uma família. Sim o LaCiMP, e mais recente, o “anexo”, foram meu lar e minha família durante esse período de mestrado. Obrigado professora Glêndara e família (LaCiMP).

Os amigos de que fiz em Goiânia durante o período de análises, Aline, Dianiny, Ilana, Vânia e Rayssa. Obrigado pelo auxílio com as análises e por me acalmar quando eu pensei que tudo ia dar errado. Agradeço professor Eduardo pelo carinho, por ceder o seu laboratório e por me socorrer durante as análises.

A minha amiga e ex-chefe e Jackeline Camporezzi pelo incentivo e por todos os conselhos. Amiga, se não fosse por você eu jamais teria conseguido terminar esse mestrado, você acompanhou toda a minha luta para conseguir conciliar as disciplinas e análises com o trabalho. E no dia que decide me dedicar exclusivamente ao mestrado você foi a primeira a me apoiar, e disse: “Vai, siga sua vida, esse trabalho é apenas uma fase. Seu futuro é brilhante”. Muito obrigado.

Os meus companheiros de jornada Camila, Patrícia e Rômulo. Obrigado por todo apoio, ajuda nos momentos de choro e desespero, noites sem dormir e horas de fome. Obrigado me enviar horas de áudios no WhatsApp, que se compiladas poderiam se transformar em um “áudio-book” com a descrição minuciosa de todas as análises da AOAC e todas as regras da ABNT. Obrigado pelo apoio na construção desse trabalho. E principalmente, obrigado pelo companheirismo.

RESUMO

As frutas têm sido alvo de consumidores que buscam por uma forma mais saudável de alimentação. Com o grande consumo de frutas e seu processamento para produção de sucos, sorvetes, polpa congelada, geleias etc., gera-se um significativo teor de resíduos agroindustriais, dentre eles, cascas, talos e sementes de frutas. Irradiação é um processo tecnológico não térmico, porém tem uma versatilidade maior que os processos que utilizam calor, sendo adotada por mais de 50 países como um método de processamentos sanitário e fitossanitário, abrangendo mais de 60 alimentos e produtos alimentícios. Nesse contexto, o objetivo do presente trabalho foi caracterizar a farinha irradiada de casca de pitaya vermelha (*Hylocereus costaricensis*), do ponto de vista físico, químico, tecnológico, nutricional, antinutricional e perfil antioxidante. As farinhas foram irradiadas com 0, 1, 2 e 4 kGy. Os maiores valores para umidade foram encontrados nas amostras submetidas a 2 kGy (6,46%). Não houve diferença significativa para os valores de proteínas. A amostra submetida a 2 kGy obteve um aumento de 55,5% nos teores lipídeos. Os teores de cinzas variaram entre 12,95% e 14,04%. O valor máximo para o valor energético total e pH foram, 328,15 kcal e 4,47, respectivamente. Não foi detectado presença de compostos antinutricionais e de taninos. O uso da irradiação elevou os teores de vitamina C, dos compostos fenólicos e potencial antioxidante (FRAP). O teor de fibra foi mantido com média de 56,54%. Não houve diferença estatística na cor das farinhas de casca de pitayas. O perfil de carboidratos revelou que a sacarose é o açúcar predominante nas farinhas com um teor de 0,995%. A análise de FTIR mostrou que a irradiação não mudou os espectros das amostras. O estudo revelou que o processo de irradiação causou poucas alterações nas farinhas de casca de pitaya, tornando-se uma boa alternativa conservação da farinha.

Palavras-chaves: irradiação gama, *hylocereus costaricensis*, resíduo.

ABSTRACT

Fruit has been targeted by consumers looking for a healthier way to eat. With the large consumption of fruits and their processing to produce juices, ice creams, frozen pulp, jellies, etc., a significant amount of agro-industrial waste is generated, among them peelings, stems and fruit seeds. Irradiation is a non-thermal technological process, but it has a greater versatility than processes that use heat, being adopted by more than 50 countries as a sanitary and phytosanitary processing method, covering more than 60 foods and food products. In this context, the objective of the present work was to characterize the irradiated flour of red pitaya shell (*Hylocereus costaricensis*), from the physical, chemical, technological, nutritional, antinutritional and antioxidant profile points of view. The flours were irradiated with 0, 1, 2 and 4 kGy. The highest values for humidity were found in samples submitted to 2 kGy (6.46%). There was no significant difference for protein values. The sample submitted to 2 kGy obtained a 55.5% increase in lipid levels. The ash contents varied between 12.95% and 14.04%. The maximum value for the total energy value and pH were 328.15 kcal and 4.47, respectively. No presence of anti-nutritional compounds and tannins were detected. The use of irradiation increased the levels of vitamin C, phenolic compounds and antioxidant potential (FRAP). The fiber content was maintained with an average of 56.54%. There was no statistical difference in the color of pitayas bark flour. The carbohydrate profile revealed that sucrose is the predominant sugar in flours with a 0.995% content. FTIR analysis showed that irradiation did not change the sample spectra. The study revealed that the irradiation process caused few changes in pitaya husk flours, making it a good alternative for flour preservation.

Keywords: gamma irradiation, *hylocereus costaricensis*, residue.

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Pitaya vermelha (<i>Hylocereus costaricensis</i>)	14
Figura 2: Planta de irradiação ^{60}Co . (A) visão geral da entrada dos recipientes de produtos na câmara de irradiação (parte superior transportador); (B) mesa hidráulica para paletes de produtos para carregamento de contêineres; (C) sala de controle; (D) visão interna da câmara de irradiação; (E) fonte de ^{60}Co dentro da piscina de armazenamento; e (F) ^{60}Co com iluminação. Fonte: Prakash (2019).	17
Figura 3: Símbolo da radura.	18
Figura 4: Farinhas irradiadas de casca de pitaya vermelha (<i>Hylocereus costaricensis</i>), nas doses 0, 1, 2 e 4 kGy.....	29
Figura 5-A Teste de Guidnard para farinhas irradiada de casca de pitaya vermelha (<i>Hylocereus costaricensis</i>). Padrão = Semente de ameixa, 1 = Farinha irradiada com 1kGy, 2 = Farinha irradiada com 2kGy e 4 = Farinha irradiada com 4kGy. Figura 5-B: V = Farinha de casca de pitaya vermelha (<i>Hylocereus costaricensis</i>).....	35
Figura 6: Espectros de FTIR para as farinhas irradiadas de casca de pitaya vermelha (<i>Hylocereus costaricensis</i>), nas doses 0, 1, 2 e 4 kGy.....	38

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1: Análise de cor das farinhas irradiadas de casca de pitaya vermelha (<i>Hylocereus costaricensis</i>).	28
Tabela 2: Composição proximal, valor energético e características físico-químicas das farinhas irradiadas de casca de pitaya vermelha (<i>Hylocereus costaricensis</i>).	29
Tabela 3: Teores vitamina C, fibras insolúveis, solúveis e totais, taninos hidrolisados e taninos condensados das farinhas irradiadas de casca de pitaya vermelha (<i>Hylocereus costaricensis</i>).	33
Tabela 4: Perfil de carboidratos das farinhas irradiadas de casca de pitaya vermelha (<i>Hylocereus costaricensis</i>).	34
Tabela 5: Atividade antioxidante FRAP, DPPH, ABTS e compostos fenólicos totais (CFT) das farinhas irradiadas de casca de pitaya vermelha (<i>Hylocereus costaricensis</i>).	36
Tabela 6: Propriedades tecnológicas das farinhas irradiadas de casca de pitaya vermelha (<i>Hylocereus costaricensis</i>).	37

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
2	REVISÃO DE LITERATURA	14
2.1	PITAYA	14
2.2	APROVEITAMENTO DE RESÍDUOS	15
2.3	IRRADIAÇÃO.....	16
3	OBJETIVOS	20
3.1	OBJETIVO GERAL	20
3.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	20
4	MATERIAL E MÉTODOS	21
4.1	PLANEJAMENTO EXPERIMENTAL	21
4.2	MATÉRIA-PRIMA	21
4.2.1	Obtenção da farinha	21
4.2.2	Irradiação da farinha	21
4.2.3	Análises físico-químicas	22
4.3	ANÁLISES FÍSICAS	22
4.3.1	Cor	22
4.3.2	Espectroscopia no infravermelho por transformada de Fourier (FTIR)	22
4.4	ANÁLISES QUÍMICAS.....	22
4.4.1	Determinação da composição proximal	22
4.4.2	Atividade de água (AA)	23
4.4.3	Determinação do valor energético total (VET)	23
4.4.4	Vitamina C	23
4.5	COMPOSTOS ANTINUTRICIONAIS	23
4.5.1	Compostos cianogênicos	23
4.5.2	Taninos condensados	23
4.5.3	Taninos hidrolisados	24
4.6	PERFIL DE CARBOIDRATOS	24
4.7	ATIVIDADE ANTIOXIDANTE TOTAL (AAT).....	25
4.7.1	Obtenção dos extratos	25
4.8	COMPOSTOS FENÓLICOS TOTAIS	25

4.9	PROPRIEDADES TECNOLÓGICAS DAS FARINHAS	25
4.9.1	Índice de absorção em água	25
4.9.2	Índice de absorção em leite	26
4.9.3	Índice de absorção em óleo	26
4.9.4	Índice de solubilidade em água.....	27
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	28
5.1	COR	28
5.2	COMPOSIÇÃO PROXIMAL, VALOR ENERGÉTICO E CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS	29
5.3	VITAMINA C, FIBRAS ALIMENTARES, TANINOS HIDROLISADOS E TANINOS CONDENSADOS	32
5.4	PERFIL DE CARBOIDRATOS	34
5.5	COMPOSTOS ANTINUTRICIONAIS.....	34
5.6	ATIVIDADE ANTIOXIDANTE TOTAL (AAT).....	35
5.7	PROPRIEDADES TECNOLÓGICAS DAS FARINHAS	37
5.8	ESPECTROSCOPIA NO INFRAVERMELHO POR TRANSFORMADA DE FOURIER (FTIR).....	38
6	CONCLUSÃO	40
7	REFERENCIAS	41

1 INTRODUÇÃO

A pitaya vermelha (*Hylocereus costaricensis*) é cactácea oriunda das florestas tropicais da América Central e do Sul, Índia e Malásia, encontra-se num vasto grupo de frutas exóticas com bom potencial de comercialização. A espécie *Hylocereus* começou a ser cultivada no Brasil, na década de 90, no estado de São Paulo, de modo que a região Sudeste é a principal produtora, com destaque à cidade de Catanduva (SP), que apresenta o maior rendimento nacional (IBGE, 2019; WU et al., 2019). A busca por frutas exóticas tem aumentado gradativamente devido a suas características, apresentando sabor diferenciado, bom conteúdo de minerais, fibras e compostos antioxidantes.

A pitaya vermelha é uma fruta rica em compostos bioativos, dentre eles compostos fenólicos, que contribuem com a capacidade antioxidante do fruto (TAIRA et al., 2015; TENORE et al., 2012). Efeitos benéficos desempenhado por estes compostos estão relacionados com à prevenção de doenças degenerativas como câncer, diabetes *mellitus* e doenças cardiovasculares (ROHIN et al., 2012; WU et al., 2006). A pitaya vermelha apresenta o grupo de compostos fenólicos das betalainas, as quais dividem-se em betaxantinas (coloração amarela) e betacianinas (coloração violeta) (FATHORDOOBADY et al., 2019).

Um terço do peso da pitaya vermelha é representado por sua casca que apresenta um formato escamoso e cor vermelho purpura. Resíduos de frutas e vegetais são tradicionalmente considerados um problema ambiental, porém esses coprodutos têm sido cada vez mais utilizados para saúde humana por seu potencial nutricional, antioxidante e para a extração de compostos, como pigmentos (JAMILAH et al., 2011; LUO et al., 2014).

A transformação da casca de pitaya vermelha em um ingrediente de fácil manuseio, como a farinha, é benéfico. Seu potencial de aplicação é muito amplo, pois a mesma pode ser adicionada a vários tipos de alimentos como bebidas, produtos lácteos, sorvetes, iogurtes, bebidas à base de frutas, pães, barras saudáveis e molhos. Devido à sua cor característica, também pode ser usada como corante natural nos alimentos (FATHORDOOBADY et al., 2019; MELO et al., 2019).

Para garantir a segurança e aumentar o prazo de validade da farinha de casca de pitaya vermelha é necessário utilizar métodos de conservação eficientes. Dentre esses, tem-se à irradiação, que é um método tecnológico e seguro para processamento de alimentos, sendo utilizada para melhorar a segurança dos alimentos, prolongar a vida útil, inativar

microrganismo e insetos, além de retardar o amadurecimento de frutos e germinação de tubérculos (RAVINDRAN et al., 2019). A irradiação já foi adotada por mais de 50 países como um método de processamentos sanitário e fitossanitário, abrangendo mais de 60 alimentos e produtos alimentícios (IHSANULLAH e RASHID, 2017).

Nesse contexto, o presente trabalho teve como objetivo avaliar o efeito do processo da irradiação nas características da farinha da casca de pitaya vermelha (*Hylocereus costaricensis*).

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 PITAYA

A pitaya rosa de polpa vermelha é uma planta rústica da família da Cactaceae, também chamada apenas de “pitaya vermelha” (Figura 1), originária da América (HUA, 2018). É um fruto tropical, sua aparência exótica de sabor doce e suave, polpa firme, e características nutricionais e funcionais que tornam seu cultivo considerado promissor (WU et al., 2019).



Figura 1: Pitaya vermelha (*Hylocereus costaricensis*)

Essa fruta é fonte de nutrientes capaz de exercer efeitos positivos na saúde dos consumidores (THIRUGNANASAMBANDHAM; SIVAKUMAR, 2017). A pitaya é rica em compostos fenólicos, esses compostos são metabólitos secundários das plantas capazes de eliminar os radicais livres e desempenha um papel importante na prevenção de doenças crônicas (GIRARD; AWIKA, 2018).

Os povos indígenas das Américas usam essa fruta a milhares de anos. A pitaya é cultivada e comercializada em cerca de 20 países como uma nova frutífera. Há algumas décadas, essas plantas eram desconhecidas e atualmente ocupam um crescente nicho no mercado de frutas exóticas da Europa e vêm sendo procuradas, não só pelo exotismo da aparência, como também por suas características sensoriais (MERCADO-SILVA, 2018; MIZRAHI, 2014).

O Brasil produz cerca de 1.493,19 toneladas de pitaya por ano, em 3.086 estabelecimentos. A produção do fruto acontece entre os meses dezembro e maio. O Estado de São Paulo é o maior produtor desse fruto, produzindo cerca de 586 toneladas por ano, Santa Catarina 350 e Minas Gerais com 152 toneladas por ano (IBGE, 2019)

A regiões norte e nordeste do Brasil, que são as regiões mais quentes e secas, não possuem uma expressiva produção deste fruto. Uma vantagem particular do cultivo de pitayas em regiões secas é o seu potencial em contribuir para o desenvolvimento agrícola nessas regiões em virtude de sua maior tolerância ao estresse de secas prolongadas e solos pobres. (IBGE, 2019; HUA, 2018)

A deterioração desse fruto acontece com relativa facilidade e, conseqüentemente, sua vida útil pós-colheita é curta, em torno de 10 dias em condições ambiente, a deterioração geralmente causada por doenças fúngicas e distúrbios fisiológicos (WU et al., 2019). O armazenamento em baixas temperaturas pode efetivamente prolongar o período de armazenamento de frutos de pitaya (FREITAS; MITCHAM, 2013).

Existem muitas espécies da fruta, porém o gênero *Hylocereus* é o mais conhecido e cultivado. A casca de pitaya é considerada um resíduo do consumo e processamento do fruto (MERCADO-SILVA, 2018) e geralmente é descartada. No entanto, este resíduo pode ser utilizado como matéria-prima para a extração de pigmentos, devido à presença de betalaínas que apresentam cor atrativa e estável (FATHORDOOBADY et al., 2019).

2.2 APROVEITAMENTO DE RESÍDUOS

O agronegócio brasileiro teve um crescimento de 1,3% em 2019, e cerca de 77 milhões de hectares de terra estão em cultivo no país, o que gera uma grande quantidade de resíduos agrícolas (cascas, folhas, talos e sementes). A agroindústria de frutas é responsável pela produção de toneladas de resíduos orgânicos, principalmente na produção de polpa e sucos de frutas congelados (BRASIL, 2020; MAZZA et al., 2020).

Um dos principais problemas da geração de resíduos é que na maioria das vezes, são despejados no meio ambiente como se fossem “lixo”, o que não é verdade (MELO et al., 2019). Noventa por cento dos resíduos da agroindústria produzidos no Brasil, que poderiam ser utilizados como ingredientes na produção de alimentos para animais, são descartados

indiscriminadamente, mesmo apresentando níveis significativos de fibras e compostos bioativos (FREITAS et al., 2015).

A utilização de resíduos da indústria de alimentos pode ser uma grande oportunidade para a redução dos problemas ambientais ocasionados pela grande produção de tais resíduos, além da elaboração de produtos com valor nutricional agregado (GIULIANI et al., 2019). O aproveitamento vem sendo realizado com alguns resíduos alimentares, como exemplo, para a elaboração de farinhas não convencionais (farinha da casca de maracujá, laranja, banana verde, dentre outras) já encontradas em supermercados (MELO et al., 2019).

Estudos recentes mostram o potencial uso da casca de pitaya para produção de embalagens inteligentes e produção de biofilmes (QIN et al., 2020), fonte de pigmento e potencial antioxidante (FATHORDOOBADY et al., 2019), clareamento de pele (VIJAYAKUMAR et al., 2018), produção de pectina (RAHMATI et al., 2019) e ainda o uso da casca como material para produção de carvão ativo (LU, et al., 2020).

2.3 IRRADIAÇÃO

A conservação dos alimentos e de suas características físicas, químicas e sensoriais tem sido alvo de grandes estudos da área. O conhecimento científico contribuiu para o aperfeiçoamento de técnicas de conservação, melhorando assim a qualidade sanitária dos alimentos. Dentre as técnicas aplicadas em alimentos podemos citar a irradiação (VIEIRA, 2018).

As radiações ionizantes são as consideradas mais importantes para conservação de alimentos, e são definidas como aquelas com comprimento de onda de 2.000 Å ou menos, a exemplo disso temos as partículas alfa e beta, raios gama e raios X (JAY, 2005). A irradiação ionizante, na forma de raios gama, são radiações eletromagnéticas emitidas a partir do núcleo excitado de elementos como ^{60}Co e ^{137}Cs . Por ter um menor custo, a radiação gama é o tipo de radiação mais utilizada para conservação de alimentos. Além disso, os raios gama tem um alto poder de penetração diferente das partículas beta (JAY, 2005).

Irradiação é um processo tecnológico não térmico, porém tem uma versatilidade maior que os processos que utilizam calor, como por exemplo a pasteurização e a esterilização, podendo ser utilizada em uma grande variedade de produtos secos, como especiarias e

condimentos, produtos com maior teor de umidade, a exemplo de frutas, legumes, tubérculos e carne de aves. Uma grande vantagem da irradiação é sua utilização em diversos tipos de produtos, independente da forma física dos produtos, podendo irradiado com ou sem embalagem (RAVINDRAN; JAISWAL, 2019).

Atualmente este processo tem sido utilizado usado para prolongar a vida útil e segurança, de alimentos fermentados, partes de frangos (pés, asas etc.), refeições da NASA (*National Aeronautics and Space Administration*). O aumento mínimo de temperatura durante o processo permite que a irradiação seja utilizada em produtos à temperatura ambiente, bem como refrigerados e congelados sem a necessidade de descongelamento (PRAKASH, 2019).

O processo de irradiação (Figura 2) com interesse em conservar alimentos é simples, rápido e eficaz, tendo como principais vantagens a possibilidade de: esterilizar, pasteurizar, desinfetar e inibir a germinação.



Figura 2: Planta de irradiação ^{60}Co . (A) visão geral da entrada dos recipientes de produtos na câmara de irradiação (parte superior transportador); (B) mesa hidráulica para paletes de produtos para carregamento de contêineres; (C) sala de controle; (D) visão interna da câmara de irradiação; (E) fonte de ^{60}Co dentro da piscina de armazenamento; e (F) ^{60}Co com iluminação. **Fonte:** Prakash (2019).

A irradiação não torna os alimentos radioativos nem compromete a qualidade nutricional dos alimentos, bem como não provoca alterações no sabor, textura ou a aparência dos alimentos. As alterações provocadas pela irradiação são tão mínimas que não é fácil saber se um alimento foi irradiado (EUSTICE, 2020). Porém se não utilizada de forma correta, pode causar alterações, físicas, químicas e sensoriais nos alimentos. Outra desvantagem é que por ser uma técnica pouco conhecida acaba sendo encarada de forma conjecturada por aqueles consumidores que desconhecem o uso e benefícios das radiações (VIEIRA, 2018). Um estudo realizado por Soares et. al, (2018) na cidade de Palmas – TO mostram que a falta de conhecimentos por parte dos consumidores, pode levar rejeição de produtos irradiados.

Com intuito de conscientizar e difundir o uso da irradiação em alimentos, no ano de 1981, um comitê formado pela Organização para Alimentos e Agricultura (FAO)/Agência Internacional de Energia atômica (AIEA)/Organização Mundial da Saúde (OMS) declarou que alimentos irradiados com até 10 kGy são considerados seguros a saúde do consumidor. Após essa declaração, pelo menos 40 países aprovaram a irradiação de um ou mais produtos alimentícios, e 29 utilizaram a irradiação comercial de alimentos (JAY, 2005).

Nos países em que a irradiação é permitida, em sua maioria, a rotulagem é regulamentada e é obrigatório que o fabricante identifique se o alimento ou qualquer um dos ingredientes utilizados tenha sido tratado por irradiação. Faz-se necessário o uso símbolo da radura (Figura 3) e o uso da frase “Trato por irradiação, não irradiar novamente” (FELLOWS, 2006).



Figura 3: Símbolo da radura.

Fonte: Prakash (2019).

A primeira legislação no Brasil a respeito de alimentos irradiados foi o Decreto nº 72.718, de 29 de agosto de 1973, o qual estabelece normas gerais para irradiação de alimentos, de acordo com esse decreto, a irradiação de alimentos visando a sua comercialização ou industrialização, só poderia ser feita em estabelecimentos devidamente licenciados e autorizados pela Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN), sendo permitido a irradiação em um grupo limitado de alimentos sobre os quais se dispusesse de trabalhos científicos, desde que se comprovasse a inocuidade, sanidade e efeito da irradiação para a finalidade que se pretendia atingir nos alimentos irradiados, e ainda era necessário provar a extensão dos efeitos da irradiação nos princípios nutritivos e essenciais dos alimentos (BRASIL, 1973).

A Resolução RDC nº 21, de 26 de janeiro de 2001 aprovou o Regulamento Técnico para Irradiação de Alimentos, afirmando que: “qualquer alimento poderia ser tratado por radiação desde que a dose máxima absorvida seja inferior àquela que comprometeria as propriedades funcionais e/ou os atributos sensoriais do alimento”. Além a rotulagem dos alimentos irradiados de acordo o a legislação vigente (BRASIL, 2001).

Somente em 2011 foi estabelecida a Instrução Normativa nº 09 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), que complementa a RDC nº 21, reconhecendo o uso da radiação ionizante como tratamento fitossanitário, apresentando como objetivo a prevenção de introdução ou disseminação de pragas que possuem elevado impacto nas relações comerciais de produtos alimentícios (BRASIL, 2011).

3 OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar o efeito do processo da irradiação nas características da farinha da casca de pitaya vermelha (*Hylocereus costaricensis*).

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Obter uma farinha a partir da casca de pitaya vermelha (*Hylocereus costaricensis*);

Caracterizar física e quimicamente as farinhas irradiadas;

Avaliar as propriedades tecnológicas das farinhas irradiadas;

Analisar os compostos antinutricionais presentes na farinha irradiada;

Verificar a capacidade antioxidantes das farinhas irradiadas.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 PLANEJAMENTO EXPERIMENTAL

O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado. Todas as análises foram realizadas com 5 repetições e os resultados expressos em média, desvio padrão.

Os efeitos dos tratamentos foram comparados pela análise de variância e quando houve significância foi utilizado o Teste de Tukey a 5% ($p < 0,05$), segundo técnicas usuais do software SISVAR (FERREIRA, 2011).

4.2 MATÉRIA-PRIMA

Para condução do estudo, os frutos maduros de pitaya de casca vermelha (*Hylocereus Costaricensis*) foram adquiridos na Ceasa (Central de Abastecimento) de Goiânia (GO).

4.2.1 Obtenção da farinha

Foi realizada a higienização em água corrente e detergente neutro líquido, a sanitização dos frutos em água clorada (100 ppm/15 minutos) e enxague em água corrente. Posteriormente, os frutos foram despoldados manualmente com auxílio de faca inoxidável, separando a casca, a polpa e as sementes. As cascas foram colocadas em bandejas de inox e levadas para estufa com circulação de ar (Solab – SL 102/27) metodologia descrita por Zhuang et al., (2012) adaptando o período para 72 horas a temperatura de 60 °C. Ao final do processo de secagem, o material obtido foi triturado em moinho de facas tipo willye STAR FT 50, para a obtenção das farinhas. A farinha foi acondicionada em sacos de polietileno contendo aproximadamente 350 g e seladas em seladora a vácuo TecMaq TM-150, sendo cobertas com papel alumínio para evitar a incidência de luz, e armazenadas em freezer a temperatura de -12°C, até a realização das análises.

4.2.2 Irradiação da farinha

A irradiação foi realizada no Centro de Energia Nuclear na Agricultura (CENA/USP), localizado em Piracicaba (SP). As amostras foram irradiadas utilizando fonte de ^{60}Co com 1

(T1), 2 (T2) e 4 kGy (T4), sob uma taxa de dose de 0,356 kGy/hora. A amostra controle T0 (0 kGy) foi mantida sob as mesmas condições, sem irradiação.

4.2.3 Análises físico-químicas

As análises foram realizadas no Laboratório de Físico Química, do Setor de Engenharia de Alimentos, da Escola de Agronomia e no Laboratório de Química e Bioquímica de Alimentos da Faculdade de Farmácia, da Universidade Federal de Goiás – UFG. Todas as análises foram realizadas em triplicata.

4.3 ANÁLISES FÍSICAS

4.3.1 Cor

A cor das farinhas irradiadas de casca de pitaya vermelha (*Hylocereus costaricensis*) foi determinada em leitura direta usando calorímetro (Konica Minolta Sensing, modelo CR400) com a determinação no modo CIE $L^*a^*b^*$. O parâmetro L corresponde à luminosidade, brilho, claridade ou refletância (0-escuro/opaco e 100- branco); croma (C), refere-se à saturação ou intensidade de cor (0-cor impura e 60-cor pura) e ângulo Hue (H^*), relacionado ao ângulo da cor (0° -vermelha, 90° - amarelo, 180° - verde, 270° - azul e 360° - negro) (ARAUJO et al., 2015).

4.3.2 Espectroscopia no infravermelho por transformada de Fourier (FTIR)

Os espectros de FTIR das farinhas de casca de pitaya, após receberem diferentes doses de irradiação foram registrados em um Agilent ATR FTIR-Cary 630 à temperatura ambiente na região de comprimento de onda entre 4000 e 400 cm^{-1} .

4.4 ANÁLISES QUÍMICAS

4.4.1 Determinação da composição proximal

As análises de umidade, cinzas, proteínas, pH, acidez titulável total (ATT), sólidos solúveis totais, (SST) total, e fibra alimentar foram realizadas conforme a AOAC (2012), e lipídeos conforme a metodologia de Bligh e Dyer (1959).

O teor de carboidratos totais foi calculado por diferença. Os resultados foram expressos em g por 100g de amostra.

4.4.2 Atividade de água (AA)

A atividade de água foi determinada em analisador de atividade de água portátil (Novasina, Labswift-aw).

4.4.3 Determinação do valor energético total (VET)

A determinação do valor energético total foi estimada, considerando os fatores de conversão de Atwater e Woods (1896), de 4 Kcal g⁻¹ para proteínas e carboidratos, e 9 Kcal g⁻¹ para lipídeos. Os resultados foram expressos em Kcal por 100 g de amostra.

4.4.4 Vitamina C

A concentração de vitamina C foi determinada pelo método colorimétrico, descrito por Strohecker e Henning (1967), empregando-se o 2,4-dinitrofenilhidrazina, e o ácido ascórbico como padrão. O resultado será expresso em mg de ácido ascórbico por 100 g de amostra.

4.5 COMPOSTOS ANTINUTRICIONAIS

4.5.1 Compostos cianogênicos

A presença de ácido cianídrico foi avaliada pelo teste Guignard, técnica qualitativa que consiste na confirmação da presença ou não de cianetos em extratos tóxicos. Para a comparação da presença de cianogênicos foi utilizada semente de ameixa triturada, já que a mesma apresenta glicosídeos cianogênicos precursores do ácido cianídrico (ARAÚJO, 2011).

4.5.2 Taninos condensados

O conteúdo de taninos condensados foi estimado, espectrofotometricamente, pelo método de Price, Scoyoc e Butler (1978). Para a extração dos taninos, foi utilizado 1 g de amostra, no qual foram adicionados 50 mL de metanol, agitando-se por 1 h. Após filtração,

foi retirado 1 mL do extrato e adicionado 5 mL da solução vanilina 1:1 (vanilina 1% em metanol; ácido clorídrico 4% em metanol), deixando-se reagir por 15 min e efetuando-se a leitura, em espectrofotômetro (Biospectro SP-220), no comprimento de onda de 500 nm, usando metanol para zerar o equipamento (branco). Os resultados foram expressos em miligramas de catequina equivalente por 100 gramas de amostra.

4.5.3 Taninos hidrolisados

O conteúdo de taninos hidrolisados foi estimado, espectrofotometricamente, pelo método de Brune, Hallberg e Skanberg (1991). Para a extração dos taninos, foram utilizados 1 g de amostra, no qual foram adicionados 50 mL de metanol, agitando-se por 10 min, seguido de repouso por 1 h. Após filtração, foram retirados 2 mL do extrato e adicionado 8 mL da solução FAS (89%: uréia: acetato 1:1; 10%: goma arábica 1% em água deionizada; e 1%: sulfato férrico de amônio 5% em ácido clorídrico 1 M). Após 15 min de reação, foi efetuada a leitura em espectrofotômetro (Biospectro SP-220), no comprimento de onda 680 nm (azul), usando metanol para zerar o equipamento (branco). Os resultados foram expressos em miligramas de ácido gálico equivalente por 100 gramas de amostra.

4.6 PERFIL DE CARBOIDRATOS

A determinação e quantificação dos carboidratos ocorreu por Cromatografia Líquida Alta Eficiência - CLAE, em equipamento marca Agilent, modelo 1260 infinity II. A metodologia utilizada para a quantificação foi realizada de acordo com Naegele (2016). Condições cromatográficas na determinação dos carboidratos foram: Fase móvel: Água deionizada (eluição isocrática), Fluxo (vazão da fase móvel): 0, 2mL.min⁻¹, Tempo total de corrida: 20min, Temperatura de Forno: 80° C. Volume de injeção: 10 µL, Coluna Cromatográfica: Agilent Hi-Plex Ca USP L19 (250 x 4.0 mm), Pré – Coluna: Hi-Plex Ca (5x3mm), Detector: Índice de Refração (IR) Temperatura do detector: 40 °C. Os carboidratos foram identificados pela comparação do tempo de retenção das amostras, como o tempo de retenção de cada padrão. Construiu-se uma curva analítica de calibração com diferentes concentrações de cada padrão. Para construção da equação da

reta, utilizou-se os valores das concentrações obtidas versus áreas dos picos fornecidos pelo Cromatógrafo (NAEGELE, 2016).

4.7 ATIVIDADE ANTIOXIDANTE TOTAL (AAT)

4.7.1 Obtenção dos extratos

Os extratos para quantificação dos antioxidantes e constituintes fenólicos foram extraídos conforme a metodologia Mello et al., (2014) e Rufino et al., (2010). Pesou-se 10 g de amostra e adicionou 400 mL de acetona 80% como solvente extrator, levando em ultrassom a temperatura ambiente por 15 minutos. Posteriormente, filtrou-se em papel filtro e levou no rotaevaporador até evaporar o solvente. Os extratos foram armazenados em frascos âmbar identificados e congelados a -12°C até a realização das análises de antioxidante, sendo elas, ABTS (*2,2'-azino-bis (3-etilbenzotiazolin) 6-ácido sulfônico*), DPPH (*2,2-Diphenyl-1-picryl-hidrazil*) e FRAP (*Ferric Reducing Antioxidant Power*).

4.8 COMPOSTOS FENÓLICOS TOTAIS

Para determinação de fenólicos totais utilizou-se a metodologia descrita por Singleton (1965) com modificações, transferiu-se 0,100 mL de extrato da polpa, 0,200 mL de Folin-Ciocalteau a 10%, 2 mL de água destilada e 1 mL de solução de carbonato de sódio a 4% para tubos de ensaio ao abrigo de luz. A mistura foi homogeneizada e deixada em descanso por 2h a temperatura ambiente até a que a coloração azul se demonstrou compativelmente estável. A absorbância foi medida a 750 nm em espectrofotômetro.

4.9 PROPRIEDADES TECNOLÓGICAS DAS FARINHAS

4.9.1 Índice de absorção em água

O índice de absorção de água (IAA) das farinhas foi determinado segundo metodologia Okezie e Bello (1988). Uma suspensão com 25 mL de água e 0,5 g de farinha foi preparada em tubos de falcon. Os tubos foram colocados em agitador de tudo tipo Vortex (MA162/2) por 1 minuto, em seguida, centrifugados a 3000 rpm, por 20 minutos, a temperatura de 4°C, em centrífuga (Eppendorf centrifuge, 5403).

O líquido sobrenadante foi removido com auxílio de uma pipeta, e o material remanescente foi pesado. A diferença entre a massa da amostra, antes e após a absorção de água, foi a quantidade de água absorvida pela Equação 1:

O índice de absorção de água será calculado de acordo com a Equação.

$$IAA = \left(\frac{\text{peso do resíduo da centrifugação}}{\text{peso do resíduo da evaporação} - \text{peso amostra seca}} \right) \quad \text{Equação (1)}$$

4.9.2 Índice de absorção em leite

O índice de absorção de leite (IAL) das farinhas foi determinado segundo metodologia Okezie e Bello (1988). Uma suspensão com 25 mL de leite e 0,5 g de farinha foi preparada em tubos de falcon. Os tubos foram colocados em agitador de tudo tipo Vortex (MA162/2) por 1 minuto, em seguida, centrifugados a 3000 rpm, por 20 minutos, a temperatura de 4°C, em centrífuga (Eppendorf centrifuge, 5403).

O líquido sobrenadante foi removido com auxílio de uma pipeta, e o material remanescente pesado. A diferença entre a massa da amostra, antes e após a absorção em leite, foi a quantidade de leite absorvida. O índice de absorção de leite foi calculado de acordo com a seguinte Equação 2:

$$(IAL) = \frac{\text{Leite absorvido pela amostra (g)}}{\text{Massa da amostra (g)}} \quad \text{Equação (2)}$$

4.9.3 Índice de absorção em óleo

O índice de absorção de óleo (IAO) das farinhas foi determinado segundo metodologia Okezie e Bello (1988). Uma suspensão com 25 mL de óleo e 0,5 g de farinha foi preparada em tubos de falcon. Os tubos foram colocados em agitador de tudo tipo Vortex (MA162/2) por 1 minuto, em seguida, centrifugados a 3000 rpm, por 20 minutos, a temperatura de 4°C, em centrífuga (Eppendorf centrifuge, 5403).

O líquido sobrenadante foi removido com auxílio de uma pipeta, e o material remanescente foi pesado. A diferença entre a massa da amostra, antes e após a absorção de óleo, foi a quantidade de óleo absorvida pela Equação 3:

O índice de absorção de óleo será calculado de acordo com a Equação:

$$(IAO) = \frac{\text{óleo absorvido pela amostra (g)}}{\text{massa da amostra (g)}} \times 100 \quad \text{Equação (3)}$$

4.9.4 Índice de solubilidade em água

O índice de solubilidade em água (ISA) foi obtido com a mesma metodologia do IAA. As placas de petri, com sobrenadante, foram colocadas em estufa a 60 °C por, aproximadamente, 15 horas, até secagem da amostra. Equação 4:

$$(ISA) = \frac{\text{Massa da amostra seca (g)}}{\text{Massa da amostra (g)}} \times 100 \quad \text{Equação (4)}$$

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 COR

A cor das farinhas irradiadas de casca de pitaya foi analisada nos parâmetros de Luminosidade, Vermelho, Amarelo, Chroma e Ângulo Hue. Os dados para esta análise estão expressos da Tabela 1.

Tabela 1: Análise de cor das farinhas irradiadas de casca de pitaya vermelha (*Hylocereus costaricensis*).

Parâmetro	Dosagem (kGy)			
	0	1	2	4
Luminosidade (L*)	54,36±1,4 ^a	54,40±1,5 ^a	52,35±1,6 ^b	52,02±0,7 ^b
Vermelho (a*)	9,48±0,7 ^b	9,72±0,2 ^a	9,30±0,6 ^b	9,99±0,2 ^a
Amarelo (b*)	17,58±1,2 ^b	18,30±0,8 ^a	17,58±1,2 ^b	17,74±0,2 ^a
Chroma (C*)	19,98±1,4 ^a	20,93±0,5 ^a	19,98±1,4 ^a	19,89±0,3 ^a
Ângulo Hue (H*)	61,33±0,7 ^a	61,99±1,4 ^a	61,32±0,7 ^a	61,93±0,8 ^a

Valores expressos por meio de média \pm desvio padrão. Letras minúsculas iguais, na mesma linha, para cada dose, não diferem estatisticamente entre si pelo teste T ($p < 0,05$).

Foi possível observar a predominância da cor vermelha (Figura 4), isso se confirma através dos valores próximos de 0 (zero) nos parâmetros a* e b*. Os valores mais expressivos para cada parâmetro foram encontrados nas amostras submetidas a 1 kGy, e resultados semelhantes foram encontrados por Santos et al., (2017) em seus estudos sobre a cinética de secagem de casca de pitaya (*Hylocereus undatus*). Houve diferença significativa entre os tratamentos (0, 1, 2, e 4 kGy) para os parâmetros Luminosidade (L*), amarelo a azul (a*) e verde a vermelho (b*), é possível observar que o tratamento com irradiação provocou uma leve redução nos valores de L*, indicando um leve escurecimento das amostras conforme o aumento da dosagem, o inverso aconteceu com os parâmetros de a* e b*. Esse mesmo comportamento foi descrito por Verma et. al., (2018) em seus estudos com amido de batata irradiado com dosagens entre 0 e 20 kGy, onde observou que a Luminosidade reduziu e os valores de a* e b* aumentaram em razão da dose da radiação aplicada. A redução nos valores de L* e aumento nos valores de a* e b* podem ser atribuídos ao efeito de caramelização e quebra dos carboidratos provocados pelo processo de irradiação (VERMA et al., 2018; BASHIR et. al., 2017). Os parâmetros Hue (h*) e Chroma (C*) se mantiveram iguais

estatisticamente, isso pode afirmar que a irradiação não altera as características colorimétricas das amostras irradiadas, conforme constatado por Silva et al, (2019) e por Nishihira (2020).

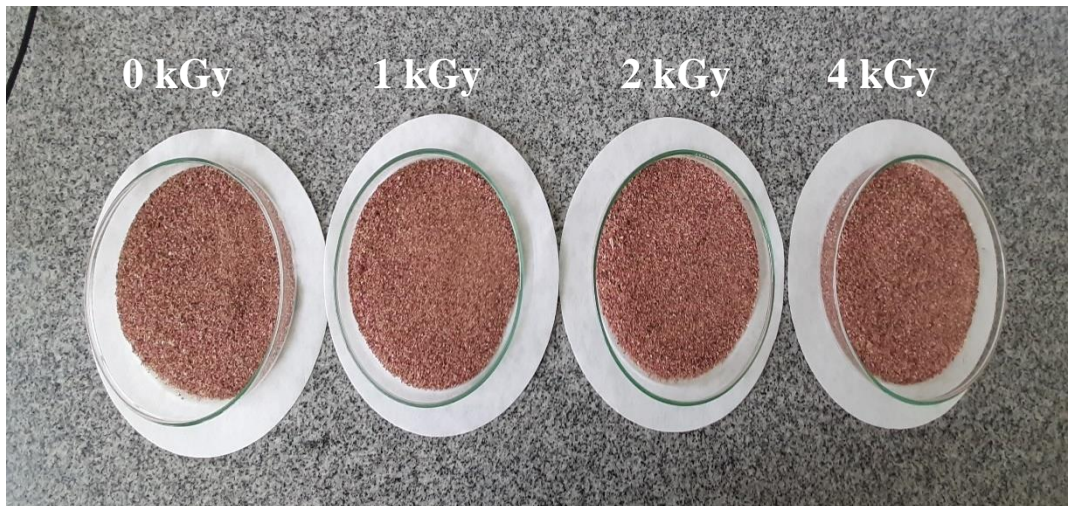


Figura 4: Farinhas irradiadas de casca de pitaya vermelha (*Hylocereus costaricensis*), nas doses 0, 1, 2 e 4 kGy.

5.2 COMPOSIÇÃO PROXIMAL, VALOR ENERGÉTICO E CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS

Os resultados das análises de composição proximal, valor energético e características físico-químicas das farinhas irradiadas de casca de pitaya vermelha estão apresentados na Tabela 2.

Tabela 2: Composição proximal, valor energético e características físico-químicas das farinhas irradiadas de casca de pitaya vermelha (*Hylocereus costaricensis*).

Parâmetros avaliados	Dosagem (kGy)			
	0	1	2	4
Umidade (%)	5,25±0,3 ^b	6,04±0,2 ^a	6,46±0,3 ^a	4,88±0,1 ^b
Cinzas (%)	12,95±0,6 ^a	13,84±0,0 ^a	13,88 ±0,0 ^a	14,04 ±0,0 ^a
Proteínas (%)	5,4±0,2 ^a	5,65±0,4 ^a	5,65±0,4 ^a	6,65±0,4 ^a
Lipídeos (%)	1,47±0,1 ^b	2,28±0,2 ^a	1,97±0,0 ^a	1,95±0,0 ^a
Carboidratos totais (%)	74,93±0,9 ^a	72,46±0,5 ^a	72,04±0,6 ^a	72,48±1,3 ^a
VET (kcal)	334,50±3,1 ^a	333,36±2,4 ^a	328,49±2,6 ^a	334,04±6,0 ^a
Aw	0,350 ±0,0 ^b	0,387±0,0 ^a	0,386±0,0 ^a	0,374±0,0 ^b
pH	4,45 ±0,0 ^a	4,46±0,0 ^a	4,49±0,0 ^a	4,48±0,0 ^a
ATT (g ácido cítrico 100 g ⁻¹)	0,4±0,0 ^b	0,17±0,0 ^a	0,21±0,0 ^a	0,21±0,0 ^a
SST (°Brix)	10±1,8 ^a	4,3±0,1 ^b	4,2±0,0 ^b	4,2±0,0 ^b

Valores expressos por meio de média ± desvio padrão. Letras minúsculas iguais, na mesma linha, para cada dose, não diferem estatisticamente entre si pelo teste T ($p < 0,05$).

Os teores de umidade apresentaram diferença significativa, as amostras irradiadas variaram entre 4,88% (4kGy) e 6,46% (2kGy) enquanto o teor de umidade para a amostra controle (1kGy) foi 5,25%. Teores de 4,41% foram encontrados por Bakar et al., (2013) em seus estudos com casca de pitaya secas por spray-drying, valores superiores (9,78%) foram encontrados por Sudheesh et al., (2019) em seus estudos com amostras de amido de kithul (*Caryota urens*) submetida a uma dose de 10kGy. A diferença entre o percentual de umidade entre as amostras irradiadas e o controle, pode estar associada à de formação de radicais de hidroxila, elétrons hidratados e radicais de oxigênio. Esses produtos radiolíticos tem ação sobre a água livre, podendo formar moléculas de água e resultar no aumento do teor de umidade (CALIXTO et al., 2017; TEZOTTO-ULIANA et al., 2015; DIEHL, 1995; URBAIN, 1986). A legislação brasileira para farinhas permite um teor de umidade de até 15%, sendo assim o teor de umidade das farinhas irradiadas então dentro dos parâmetros permitidos por lei (BRASIL, 2005).

Os teores de cinzas variaram entre 12,95 a 14,04% e não houve diferença significativa entre as amostras. Resultados próximos foram encontrados por Chia e Chong (2015) onde os autores trabalharam com casca de pitaya (*Hylocereus undatus*) desidratada por diferentes métodos e obtiveram valores de 10,57 (%).

Os valores de proteínas não apresentaram diferença significativa entre os tratamentos. Valores semelhantes foram encontrados por Chia e Chong (2015) em casca de pitaya vermelha (*Hylocereus polyrhizus*). Variações no conteúdo de proteínas são geralmente observadas com aplicação de doses mais elevadas, maiores que 10 kGy. Nesses casos a irradiação pode causar nas proteínas, redução do peso molecular, reticulação e alterações nas estruturas secundárias, terciárias e quaternárias (PRAKASH, 2019; CIEŚLA, 2010). De acordo com Brasil (2012), um alimento pode ser considerado fonte de proteína, quando apresenta, pelo menos, 6g de proteína por 100g de produto e a recomendação de ingestão diária é de aproximadamente 55g para homens e 45 para mulheres.

Os teores de lipídeos nas farinhas apresentaram diferença significativa entre a amostra controle e as amostras submetidas a irradiação. O valor mais alto foi observado na amostra submetida a 1kGy (2,28%), enquanto o valor mais baixo foi observado na amostra controle (1,47%). Comportamento semelhante foi encontrado por Liu et al., (2018) em seus estudos com ácidos graxos em amendoim irradiado, onde observou um aumento de 37,14% (0kGy) para 38,76% (10kGy) no conteúdo de ácido linoléico insaturado (18:2). Esse fenômeno por

ser explicado pela formação de radicais livres produzidos pela irradiação, ocasionando a quebra das ligações duplas nos ácidos graxos insaturados podendo, desta forma, elevar os teores de lipídeos (MEXIS e KONTOMINAS, 2009).

Os resultados dos teores de carboidratos não apresentaram diferença significativa entre as amostras irradiadas e o controle. Bashir e Aggarwal, (2016) estudaram farinha de grão de bico e Bashir et al., (2017) estudaram farinha de trigo integral e amido. Ambos submeteram suas amostras a dosagem de 0,5, 1, 2,5, 5 e 10kGy, e não encontram diferenças significativas entre suas amostras controle (0kGy) e as submetidas a irradiação, corroborando com os resultados deste estudo.

O valor energético total (VET), mostraram que não houve diferença significativa entre os tratamentos. Esses resultados corroboram com Fernandes et al., (2017) em seus estudos de caracterização de pitaya orgânica.

Quanto ao valor de pH, foram observados valores entre 4,45 e 4,49, porém não houve diferença estatística entre os tratamentos. Os valores apresentados nesse estudo foram inferiores aos encontrados por Santos et al., (2017) para casca de pitaya vermelha submetida a secagem em diferentes temperaturas, onde observou um pH de 5,08. Algumas variedades de pitayas são naturalmente de baixa acidez, pois seu pH é superior a 4,5 (CHUCK-HERNÁNDEZ et al., 2016).

Houve diferença estatística na análise de atividade de água. Os valores variaram de 0,350 (controle) a 0,387 (1kGy), o que já era esperado uma vez que as cascas foram submetidas ao processo de secagem para obtenção do produto final, a farinha. Estes resultados corroboram com estudos de Aranha et al., (2017), sobre o comportamento de farinhas de resíduos (casca, talos e sementes) de frutas (abacaxi, melão, mamão e maçã) submetidas a irradiação nas doses de 1, 2 e 3kGy, onde foram encontrados valores de atividade de água entre 0,310 e 0,340. Segundo Franco e Landgraf (2008) pode-se considerar o valor de 0,600 para atividade de água como valor limitante para multiplicação de qualquer microrganismo. Portanto, o processo de irradiação e a baixa atividade de água podem garantir a qualidade microbiologia da farinha de casca de pitaya.

Diferença significativa foi observada para os valores de acidez titulável total, entre 0,17 e 0,21, para as amostras irradiadas, enquanto que para amostra controle foi 0,4 expressos em % de ácido cítrico. Comportamento semelhante foi observado por Sudheesh et al., (2019)

em seus estudos com amido de kithul (*Caryota urens*). Os autores submeteram suas amostras a irradiação com 0,5, 1, 2,5, 5 e 10kGy e encontraram acidez de 0,29, 0,57, 0,92, 1,00, e 1,23, respectivamente. Esse fenômeno pode estar relacionado com a formação de radicais livres produzidos pela irradiação, podendo causar a quebra dos carboidratos presentes na amostra e produzir aldeídos e ácidos carboxílicos, aumentando a acidez (GHALI et al., 1979; CHUNG e LIU, 2009; VERMA et al., 2018). Esse efeito pode ser benéfico, visto que alguns produtos, como as geleias, precisam de uma acidez mais elevada e de um pH entre 3,0 e 4,0 (CUNHA et al., 2016).

Os teores de sólidos solúveis variaram entre 10 para amostra controle (0 kGy) e 4,2 °Brix para amostra irradiada com 4 kGy. As amostras submetidas a irradiação apresentaram diferença significativa em relação a amostra controle. A amostra controle apresentou resultado semelhante ao de Abreu et al., (2012) que em seus estudos relataram teores de SST de 11,00 °Brix em casca pitaya vermelha (*Hylocereus polyrhizus*). A média para o teor de sólidos solúveis das amostras irradiadas foi de 4,2 °Brix. É possível observar que o processo de irradiação reduziu o teor de SST. Fenômeno semelhante foi observado por Oliveira (2011) em seus estudos com kiwi (*Actinidia deliciosa*) cv. Hayward, minimamente processados, onde a fruto não irradiado apresentou SST de 11,51 °Brix, enquanto os frutos submetidos a dose de 2 kGy apresentaram SST de 10,62 °Brix. De forma semelhante, França et al., (2008) estudou morangos (*Fragaria anassa Duch.*) submetidos a irradiação com ⁶⁰Co, e a amostra controle apresentou SST de 9,00 enquanto que as irradiadas apresentaram um teor de 7,00. A redução do teor de SST pode ser relacionada com o fato de que a irradiação pode induzir alterações na permeabilidade dos poros, e com isso facilitar a senescência, causando assim a redução dos sólidos solúveis totais (OLIVEIRA, 2011).

5.3 VITAMINA C, FIBRAS ALIMENTARES, TANINOS HIDROLISADOS E TANINOS CONDENSADOS

As análises de vitamina C, fibras alimentares, taninos hidrolisados e taninos condensados foram realizadas nas farinhas irradiadas da casca de pitaya vermelha (*Hylocereus costaricensis*) e seus respectivos valores estão expressos na Tabela 3.

Tabela 3: Teores vitamina C, fibras insolúveis, solúveis e totais, taninos hidrolisados e taninos condensados das farinhas irradiadas de casca de pitaya vermelha (*Hylocereus costaricensis*).

Parâmetro	Dosagem (kGy)			
	0	1	2	4
Vitamina C (AA) (mg de ácido ascórbico/100g)	26,52±0,33 ^c	51,97±0,22 ^b	53,48±0,20 ^b	62,89±0,8 ^a
Fibras insolúveis (FI) (%)	55,91±4,6 ^a	56,41±0,4 ^a	57,39±0,1 ^a	56,46±0,6 ^a
Fibras solúveis (FS) (%)	20,39±3,2 ^a	20,49±2,1 ^a	25,91±0,1 ^a	23,87 ^a ±1,4 ^a
Fibras totais (FT) (%)	76,21±2,2 ^a	76,90±0,9 ^a	83,37±0,0 ^a	80,34 ^a ±1,0 ^a
Taninos hidrolisados	ND*	ND*	ND*	ND*
Taninos condensados	ND*	ND*	ND*	ND*

Valores expressos por meio de média ± desvio padrão. Letras minúsculas iguais, na mesma linha, para cada dose, não diferem estatisticamente entre si pelo teste T ($p < 0,05$). *ND = Não detectado.

Os valores de vitamina C variaram de 26,52 para amostra controle a 62,89 para amostra submetida a dosagem de 4 kGy. Pôde-se observar que os valores para vitamina C aumentaram conforme a dose de radiação cresceu. Comportamento semelhante foi descrito por Andrade (2019) em estudos com araçá-boi (*Eugenia stipitata*) submetidos a diferentes doses de radiação (0, 2, 4 e 6 kGy) obtendo resultados de 6, 5,7, 7, e 8 mg.100⁻¹ de ácido ascórbico, respectivamente. O mesmo comportamento foi observado por Oliveira et al., (2006) em seu trabalho com goiabas brancas, onde, as amostras não irradiadas apresentaram valor de AA de 109,30, enquanto as goiabas tratadas por irradiação, apresentaram valorres de AA de 123,12. Este fato pode estar atrelado à desativação enzimática proporcionada pelo aumento nas doses de radiação gama (ANDRADE, 2019).

Para análise de fibras, não observou-se diferença estatística entre os tratamentos para fibra insolúvel (FI), fibra solúvel (FS) e fibra total (FT). O teor de FI variou de 56,4 (1 kGy) a 57,39 (2 kGy), o maior valor de FS (25,91) e FT (83,27) foi observado na amostra submetida a 2kGy. Resultados semelhantes foram encontrados por Zhuang et al., (2012) em seus estudos com casca de pitaya (*Hylocereus undatus*) desidratadas a 60°C por 12 horas, obtendo valores de FI 48,07, FS 24,10 e FT 77,57.

Para análise de taninos, com a metodologia utilizada não foram detectados teores de taninos hidrolisados e condensados.

5.4 PERFIL DE CARBOIDRATOS

O perfil de carboidrato das farinhas de casca de pitaya vermelha (*Hylocereus costaricensis*) foi analisado por cromatografia líquida de alta eficiência e os resultados estão expressos na Tabela 4.

Tabela 4: Perfil de carboidratos das farinhas irradiadas de casca de pitaya vermelha (*Hylocereus costaricensis*).

Parâmetro	Dosagem (kGy)			
	0	1	2	4
Sacarose (g/100g)	0,995±0,0 ^a	0,677±0,2 ^c	0,852±0,2 ^b	0,836±1,0 ^b
Glicose (g/100g)	0,250±1,2 ^a	0,228±0,1 ^a	0,176±0,3 ^a	0,112±0,0 ^a
Xilose (g/100g)	0,040±0,0 ^a	0,028±0,1 ^a	0,025±0,1 ^a	0,025±0,8 ^a
Frutose (g/100g)	0,142±0,3 ^b	0,395±0,0 ^a	0,309±0,1 ^a	0,297±0,6 ^a

Valores expressos por meio de média ± desvio padrão. Letras minúsculas iguais, na mesma linha, para cada dose, não diferem estatisticamente entre si pelo teste T ($p < 0,05$).

Dentre os açúcares observou-se a predominância da sacarose, tendo o seu maior valor na amostra controle 0,995, seguido pela frutose 0,395 e glicose 0,250. O menor valor foi encontrado na xilose 0,025. Não houve diferença estatística entre os tratamentos para glicose e xilose. Valores semelhantes foram encontrados por Moraes et. al., (2019) em seus estudos com polpa de pitaya (*Hylocereus polyrhizus*). Os dados deste estudo mostraram que o processo de irradiação provocou a degradação da sacarose, variando de 0,995 a 0,667 e o inverso foi observado para frutose, esta teve o seu valor elevado de 0,142 para 0,395. Comportamento semelhante foi observado por Lima et al., (2016) em seus estudos com suco de cana-de-açúcar (*Saccharum sp.*) irradiado com 5, 10 e 20 kGy, relatando redução da sacarose de 0,144 para 0,141 e aumento no teor de frutose de 0,227 para 0,287. Esse fenômeno pode ser explicado a partir do trabalho de Ramírez-Cahero e Valdivia-López (2018) onde os autores irradiaram sacarose isoladamente e constaram a formação de frutose a partir da radiólise a sacarose.

5.5 COMPOSTOS ANTINUTRICIONAIS

Dentre os fatores antinutricionais estão os compostos cianogênicos. Na Figura (5A e 5B), pode se visualizar o resultado do Teste de Guignard para verificação da presença de compostos cianogênicos nas farinhas irradiada de casca de pitaya vermelha.

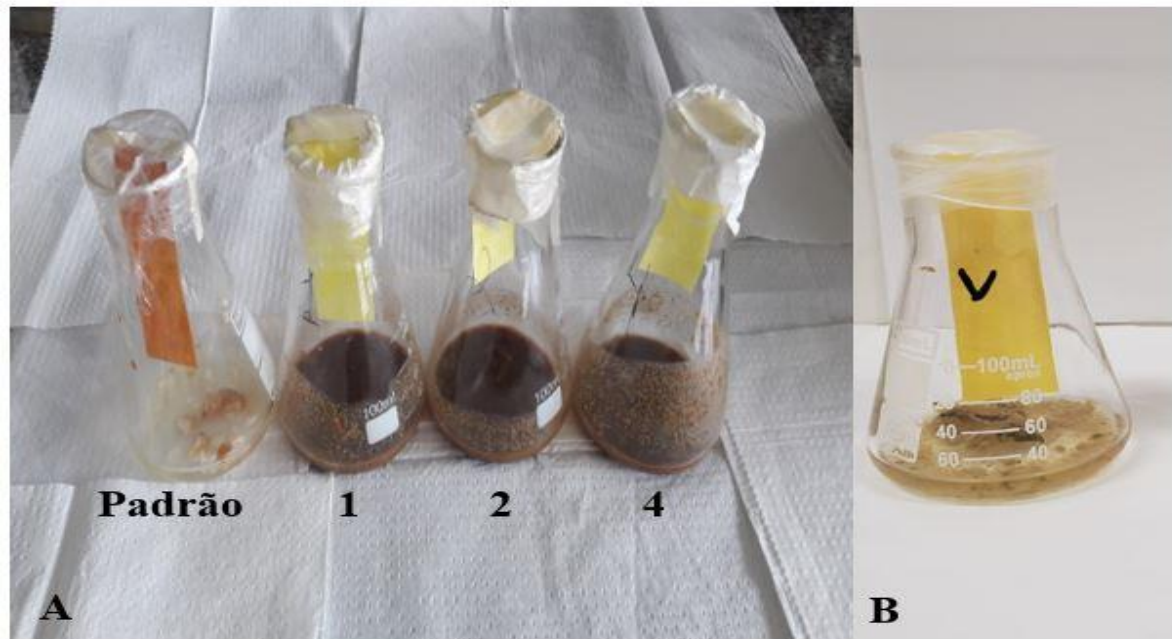


Figura 5-A Teste de Guidnard para farinhas irradiada de casca de pitaya vermelha (*Hylocereus costaricensis*). Padrão = Semente de ameixa, 1 = Farinha irradiada com 1kGy, 2 = Farinha irradiada com 2kGy e 4 = Farinha irradiada com 4kGy. **Figura 5-B:** V = Farinha de casca de pitaya vermelha (*Hylocereus costaricensis*).

Os resultados para fatores antinutricionais (Figura 5A e 5B), indicaram que as farinhas não possuem potencial tóxico em relação aos compostos cianogênicos, visto que apresentaram resultados negativos para glicosídeos cianogênicos. Hor et al., (2012) em seu estudo com extrato de pitaya (*Hylocereus polyrhizus*), em ratos macho e fêmeas, por 28 dias, não verificou mortalidade e não foi associado efeito adverso no crescimento, peso de órgãos ou parâmetros hematológicos e bioquímicos. Abreu et al., (2015) também encontrou resultados negativos para semente de cagaita, mangaba e mama-cadela. Entretanto Retana et al., (2019) observaram a presença de cristais de oxalato de cálcio no caule da planta de pitaya (*Hylocereus costaricensis*).

5.6 ATIVIDADE ANTIOXIDANTE TOTAL (AAT)

A atividade antioxidante total (AAT) das farinhas irradiadas de casca de pitaya foi analisado através dos ensaios de FRAP, DPPH, ABST, bem como os compostos fenólicos totais e os resultados estão expressos na Tabela 5.

Tabela 5: Atividade antioxidante FRAP, DPPH, ABTS e compostos fenólicos totais (CFT) das farinhas irradiadas de casca de pitaya vermelha (*Hylocereus costaricensis*).

Parâmetro	Dosagem (kGy)			
	0	1	2	4
FRAP µM sulfato ferroso/g de casca	109, 29 ^{1 c}	119,81±1,2 ^c	197,82±04 ^b	266,37±02 ^a
DPPH g de casca /g de DPPH	118,00±4,2 ^{2 c}	57,97±0,7 ^d	248,16±0,5 ^b	582,86±0,2 ^a
ABTS uM de Trolox/g de casca	175± 15,7 ^{2 c}	155,55±2,4 ^c	296,61±1,7 ^b	343,13±2,9 ^a
Compostos Fenólicos Totais (CFT) (mg gallic acid equivalent (GAE).100 g-1)	385,51±0,1 ^c	472,87 ±0,1 ^b	484,31±2,2 ^b	506,15±0,2 ^a

Valores expressos por meio de média ± desvio padrão. Letras minúsculas iguais, na mesma linha, para cada dose, não diferem estatisticamente entre si pelo teste T ($p < 0,05$). ¹MELLO et. al., (2015), ²WU et al., (2006).

Quanto à capacidade antioxidante das amostras nos ensaios de FRAP e ABTS, é possível observar que os valores mais expressivos foram encontrados nas amostras submetidas a dosagem de 4 kGy, comportamento semelhante foi relatado por Ali et al., (2020), em seus estudos com *Celosia argentea*, onde observou um aumento do potencial antioxidante em função do aumento da dose de radiação.

Para ensaios com DPPH, é importante ressaltar que, quando menor o valor, maior será a capacidade antioxidante da amostra. A maior AAT foi encontrada na amostra submetida a 1 kGy (57,95). Houve uma diferença estatística entre os tratamentos e observasse a redução da AAT com o aumento da dosagem. Esse mesmo comportamento foi relatado por Kumar et al., (2017) em seus estudos amido de arroz integral, onde relatou que nos ensaios com DPPH houve uma redução significativa na capacidade antioxidante com dosagem acima de 20 kGy. Resultados semelhantes foram relatados por Leão et al., (2017) em seus estudos com farinha de pequi da caca (*Caryocar brasiliense Camb.*).

Os teores de fenólicos totais, apresentaram diferença estatística entre a amostra controle 0 kGy (385,51) e as amostras irradiadas com 1 (472,87), 2 (484,31) e 4 kGy (506,15). O tratamento com irradiação teve efeito positivo sobre os CFT, isso pode ser observado com o aumento da dose de radiação, resultando em um aumento significativo nos CFT. Muitos estudos relataram um aumento no conteúdo fenólico após exposição à radiação ionizante. Kim

et al., (2020) estudaram *Saengshik* irradiado com 0 e 10 kGy obtendo valores de 141,70 e 168,56 mg/100g, respectivamente. Resultados semelhantes foram relatados por Som, et al., (2019) em seus estudos com casca de pitaya (*Hylocereus undatus*).

O aumento da ATT e CFT pode ser explicado pelo fato de que a irradiação provoca a quebra das ligações químicas nos polifenóis liberando fenólicos solúveis de baixo peso molecular, esse fato aumenta disponibilidade e capacidade de extrações do composto fenólicos (ADAMO et al., 2004; KUMAR et al., 2017). O processo de irradiação pode ser benéfico, pois pode aumentar a capacidade antioxidante das farinhas de casca de pitaya. Esta técnica pode ser utilizada em outros produtos de origem vegetal aumentando a capacidade antioxidante e favorecendo o seu uso como alimentos funcionais (YUN et al., 2003; SULTAN et al., 2018).

5.7 PROPRIEDADES TECNOLÓGICAS DAS FARINHAS

O estudo das propriedades tecnológicas na farinha da casca de pitaya vermelha se faz necessário pois permite a inserção desta farinha na indústria de alimentos e, por consequência, na dieta humana. Os resultados das propriedades tecnológicas das farinhas da casca de pitaya vermelha (*Hylocereus costaricensis*) avaliadas estão apresentados na Tabela 6.

Tabela 6: Propriedades tecnológicas das farinhas irradiadas de casca de pitaya vermelha (*Hylocereus costaricensis*).

Propriedade tecnológicas (%)	Dosagem (kGy)			
	0	1	2	4
Índice de absorção em água (IAA)	9,61±1,12 ^a	7,00±0,1 ^b	7,09±01 ^b	6,88±0,1 ^b
Índice de solubilidade em água (ISA)	27,90±4,85 ^a	8,76±0,5 ^b	9,18±1,3 ^b	10,52±0,2 ^b
Índice de absorção em leite (IAL)	9,38±0,71 ^a	5,76±0,2 ^b	6,22±1,0 ^b	5,72±0,1 ^b
Índice de absorção em óleo (IAO)	1,85±0,22 ^b	2,40±0,7 ^a	2,57±0,6 ^a	2,60±0,7 ^a

Valores expressos por meio de média ± desvio padrão. Letras minúsculas iguais, na mesma linha, para cada dose, não diferem estatisticamente entre si pelo teste T ($p < 0,05$).

Ao analisar resultados para índice de absorção em água (IAA), índice de solubilidade em água (ISA), índice de absorção em leite (IAL), foi possível observar um comportamento semelhante. Em todas as análises a irradiação provocou a redução significativa dos valores, a redução mais expressiva aconteceu no ISA de 27,90% para 8,76%. O índice de absorção em óleo (IAO) apresentou efeito inverso, a irradiação aumentou significativamente os valores, de 1,85 para 2,60. A redução nos valores de IAA, ISA e IAL pode estar relacionado à degradação de açúcares simples, maltose e glicose, com menor afinidade pela água (BASHIR; AGGARWAL, 2016). Já o aumento no IAO pode ser justificado pela presença de grupos

polares na farinha de casca pitaya vermelha, uma vez que o IAO configura apenas em um aprisionamento físico, podendo variar de acordo com o tamanho e a forma da partícula (KRAITHONG et al., 2018).

Diante dos resultados apresentados, a farinha de pitaya, mesmo após a irradiação, apresentou resultados semelhantes ao de farinhas convencionais, tais como farinha de trigo integral, aveia, banana, soja e maracujá, indicando que pode ser utilizada na indústria alimentícia. Os elevados valores de ISA, permitem sua utilização na formulação de sopas, sobremesas e molhos, que necessitam de ingredientes com maior solubilidade em água (SANTANA et al., 2017). Resultados semelhantes foram encontrados por Manupriya et al., (2020) em seus estudos com farinha de trigo irradiada.

5.8 ESPECTROSCOPIA NO INFRAVERMELHO POR TRANSFORMADA DE FOURIER (FTIR)

As farinhas irradiadas de cascas de pitaya vermelha foram analisadas por Espectroscopia de Infravermelho por Transformada de Fourier (FTIR), Figura 6.

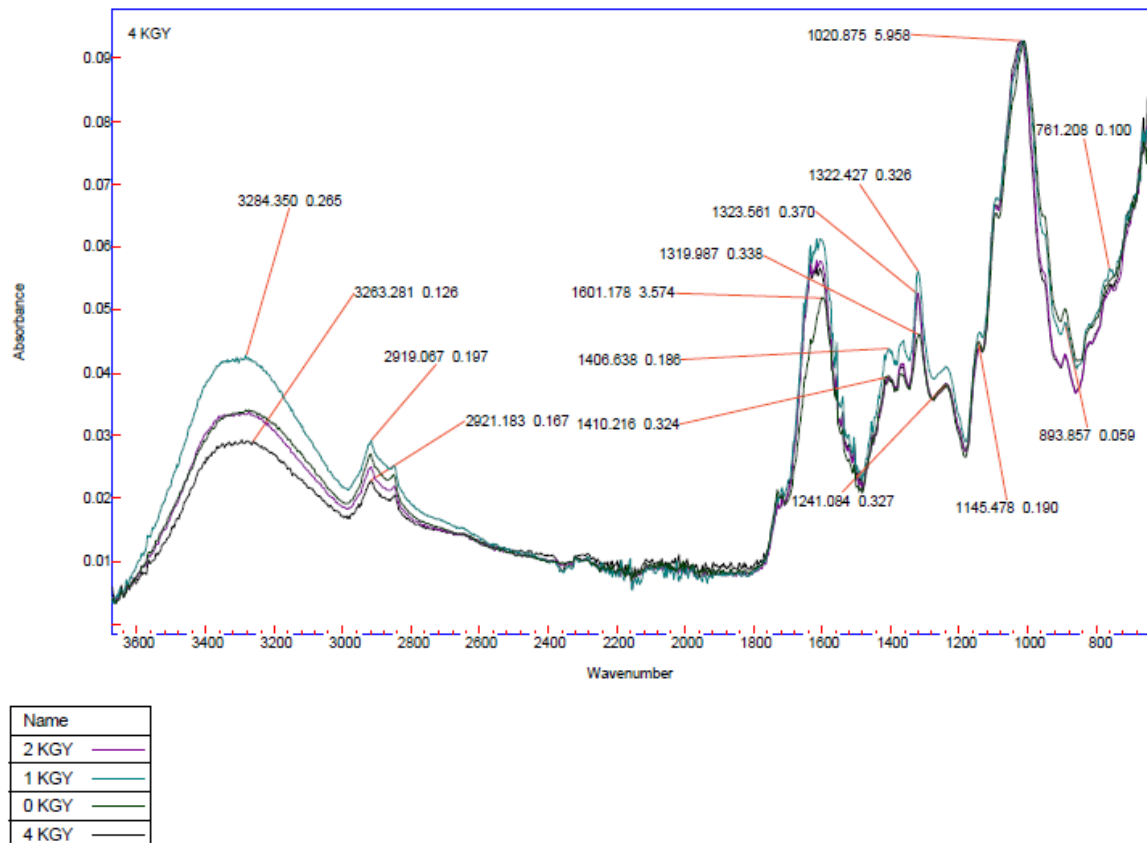


Figura 6: Espectros de FTIR para as farinhas irradiadas de casca de pitaya vermelha (*Hylocereus costaricensis*), nas doses 0, 1, 2 e 4 kGy.

Os espectros não se diferenciaram substancialmente com o efeito da irradiação. Um amplo pico foi encontrado na região de 3277 cm^{-1} , e esse mesmo comportamento foi encontrado por Prasad et al., (2020) em seus estudos com casca de tomate. Segundo o autor, há uma relação desses picos com a presença do grupo fenol -O-H. Os picos em 2921 cm^{-1} estão relacionados ao alongamento do grupo -CH e podem ser associados a pequenas quantidades de lipídeos nas amostras, e os picos entre 1600 e 1613 cm^{-1} são indicativos de presença de proteína (SHAH, 2015). Com os resultados obtidos é possível observar que a irradiação não mudou os espectros das amostras de farinha de casca de pitaya, porém, provocou um aumento na intensidade dos picos entre 3263 , $1601,1$ e 1319 cm^{-1} , confirmando que a irradiação pode induzir alterações químicas nas macromoléculas de matrizes orgânicas. Li et al., (2018) observou comportamento semelhante em estudos. Melhorias de resistências, flexibilidade e nas propriedades hidrofóbicas, são algumas das vantagens das alterações químicas provocadas pela irradiação gama (CIEŚLA et al., 2010).

6 CONCLUSÃO

Os resultados deste estudo mostraram que o uso da irradiação gama nas farinhas da casca pitaya vermelha (*Hylocereus costaricensis*) reduziu os teores de SST, Aw e umidade, elevou os teores de cinzas, proteínas, lipídeos e ATT e a manteve os teores de carboidratos totais, VET e pH. A irradiação alterou a cor das farinhas nos parâmetros L* a* e b* mas manteve os parâmetros de H* e C*. Os espectros das farinhas bem como os fatores antinutricionais permaneceram os mesmos e não foi detectada presença de taninos, antes e após o processador de irradiação. A irradiação influenciou diretamente nas propriedades tecnológicas e nos carboidratos, elevando o índice de absorção em óleo e o conteúdo de frutose. Houve uma melhora em algumas das propriedades funcionais, como aumento no teor de vitamina C, AAT, CFT e manteve a quantidade de fibras alimentares. Dentre as dosagens utilizadas neste estudo a dose de 4 kGy foi a que apresentou os melhores resultados, demonstrando o uso benéfico do processamento de radiação na conversão das propriedades da farinha da casca de pitaya.

7 REFERENCIAS

ABREU, P. A. D. A. et al. Caracterização dos fatores nutricionais e antinutricionais de sementes de frutos do cerrado. Goiânia: Universidade Federal do Goiás,. 157p. **Dissertação de Mestrado** 2015.

ABREU, Wilson César de et al . Características físico-químicas e atividade antioxidante total de pitaias vermelha e branca. **Rev. Inst. Adolfo Lutz (Impr.)**, São Paulo, v. 71, n. 4, 2012.
ADAMO, M. et al. Truffles decontamination treatment by ionizing radiation. **Radiation Physics and Chemistry**, v. 71, n. 1-2, p. 167-170, 2004.

ALI, Sami I. et al. The reactive influences of pre-sowing He-Ne laser seed irradiation and drought stress on growth, fatty acids, phenolic ingredients, and antioxidant properties of *Celosia argentea*. **Scientia Horticulturae**, v. 261, p. 108989, 2020.

ANDRADE, R. O. D. et al. Conservação de polpa de araçá-boi submetida à irradiação gama e liofilização. Campina Grande: Universidade Federal de Campina Grande,. 89p. **Tese de Doutorado**.2019 <http://dspace.sti.ufcg.edu.br:8080/jspui/handle/riufcg/5523>

ARANHA, Jessica Bomtorin et al. Efeito da radiação gama nos parâmetros microbiológicos, físico-químicos e compostos fenólicos de farinha de resíduos de frutas durante armazenamento. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 20, 2017. <http://dx.doi.org/10.1590/1981-6723.12316>

ARAÚJO, Dyalla Ribeiro De et al. Características físicas, químicas e físico-químicas dos frutos da murta. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 10, n. 3, p. 11-17, 2015.

ARAÚJO, J. M. A. **Química de Alimentos: Teoria e Prática**. Viçosa: UFV, 2011. 601p.

ATWATER, W. O.; WOODS, C. D. The Chemical Composition of American Food Materials, U. S. Department of Agriculture; Office of Experiment Stations; Bulletin n.º 28, 1896. <https://www.ars.usda.gov/ARSUserFiles/80400525/Data/Classics/es028.pdf>. 12 Jan. 2020

BAKAR, Jamilah et al. Spray-drying optimization for red pitaya peel (*Hylocereus polyrhizus*). **Food and Bioprocess Technology**, v. 6, n. 5, p. 1332-1342, 2013.

BASHIR, Khalid et al. Physico-chemical and functional properties of gamma irradiated whole wheat flour and starch. **LWT-Food Science and Technology**, v. 76, p. 131-139, 2017.

BASHIR, Khalid; AGGARWAL, Manjeet. Effects of gamma irradiation on the physicochemical, thermal and functional properties of chickpea flour. **LWT-Food Science and Technology**, v. 69, p. 614-622, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2016.02.022>

BASHIR, Khalid; JAN, Kulsum; AGGARWAL, Manjeet. Thermo-rheological and functional properties of gamma-irradiated whole wheat flour. **International Journal of Food Science & Technology**, v. 52, n. 4, p. 927-935, 2017. <https://doi.org/10.1111/ijfs.13356>

BLIGH, E. Graham; DYER, W. Justin. A rapid method of total lipid extraction and purification. **Canadian journal of biochemistry and physiology**, v. 37, n. 8, p. 911-917, 1959.

BRASIL. **Agricultura: setor impulsiona crescimento no Brasil**. Disponível em: <https://www.gov.br/pt-br/noticias/acoes-2019/materias-especiais/agricultura>. Acesso em 03 de fev. 2020.

BRASIL. Ministério da agricultura, pecuária e abastecimento (BR). Instrução Normativa Nº 9, de 24 de fevereiro de 2011. [Adotar as diretrizes da Norma Internacional para Medidas Fitossanitárias – NIMF nº 18 como orientação técnica para o uso da irradiação como medida fitossanitária com o objetivo de prevenir a introdução ou disseminação de pragas quarentenárias regulamentadas no território brasileiro]. **Diário Oficial** da União. Brasília, 25 fev 2011.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Decreto nº 72718, de 29 de agosto de 1973. **Estabelece normas gerais sobre irradiação de alimentos**.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC nº 21, de 26 de janeiro de 2001. **Aprova o Regulamento Técnico para Irradiação de Alimentos**.

BRASIL. Ministério da Saúde. ANVISA. Resolução RDC n. 263, de 22 de setembro de 2005. **Regulamento técnico para produtos de cereais, amidos, farinhas e farelos**. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 23 set. 2005. Seção 1, p.368-369.

BRUNE, M.; HALLBERG, L.; SKANBERG, A. Determination of Iron-binding Phenolic groups in Foods. **Journal of Food Science**. v. 56, n. 1, p. 128-131, 1991.

CALIXTO, Flávia Aline Andrade et al. Efeitos da irradiação gama sobre a estabilidade físico-química de anéis de lula congelados. **Hig. aliment**, v. 31, n. 264/265, p. 115-121, 2017.

CHIA, S. L.; CHONG, G. H. Effect of drum drying on physico-chemical characteristics of dragon fruit peel (*Hylocereus polyrhizus*). **International journal of food engineering**, v. 11, n. 2, p. 285-293, 2015.

CHUCK-HERNÁNDEZ, C., Parra-Saldívar, R., & Sandate-Flores, L.. Pitaya (*Stenocereus* spp.). **Encyclopedia of Food and Health**, 385–391, 2016. doi: [10.1016/B978-0-12-384947-2.00775-3](https://doi.org/10.1016/B978-0-12-384947-2.00775-3)

CHUNG, H.-J.; LIU, Q. Effect of gamma irradiation on molecular structure and physicochemical properties of corn starch. **Journal of Food Science**, v. 74, n. 5, p. C353-C361, 2009. <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2009.01159.x>

CIEŚLA, Krystyna A.; NOWICKI, Andrzej; BUCZKOWSKI, Marek J. Preliminary studies of the influence of starch irradiation on physicochemical properties of films prepared using starch and starch-surfactant systems. **Nukleonika**, v. 55, p. 233-242, 2010.

CUNHA, Marcio Ferraz et al. Acidez, sua relação com pH e qualidade de geleias e doces em barra. **Boletim técnico IFTM**, n. 2, p. 14-19, 2016.

DIEHL, J. F.; **Safety of irradiated foods**, 2a. ed., Marcel Dekker: New York, 1995.

EUSTICE, Ronald F. Novel processing technologies: Facts about irradiation and other technologies. In: **Genetically Modified and Irradiated Food**. Academic Press, 2020. p. 269-286.

FATHORDOOBADY, F. et al. Development of supercritical fluid extraction for the recovery of betacyanins from red pitaya fruit (*Hylocereus polyrhizus*) peel: a source of natural red pigment with potential antioxidant properties. **International Food Research Journal**, v. 26, n. 3, p. 1023-1034, 2019.

FELLOWS, Peter J. **Tecnologia do processamento de alimentos: princípios e prática**. Artmed, 2006.

FERNANDES D. S. L. M. et al. CARACTERIZAÇÃO DO FRUTO DE PITAIA ORGÂNICA. **Biodiversidade**, v. 16, n. 1, 2017.

FERREIRA, D F. Sisvar: a Guide for its Bootstrap procedures in multiple comparisons. **Ciência Agrotécnica**, v.38, n.2, 2014.

FRANCO, Bernadette D. Gombossy de Melo; LANDGRAF, Mariza. **Microbiologia dos alimentos**. Atheneu: São Paulo, 182p, 2008.

FRANÇOSO, Iara Luiza Tassim et al. Alterações físico-químicas em morangos (*Fragaria anassa* Duch.) irradiados e armazenados. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 28, n. 3, p. 614-619, 2008. <https://www.redalyc.org/pdf/3959/395940088017.pdf> 12 Jan. 2020.

FREITAS, Erlania Do Carmo; DA SILVA, Marcondes Viana; SILVA, Ana Carolina Morais. Coprodutos da agroindústria processadora de polpa de fruta congelada *Fragaria* sp como fonte de alimento funcional. **Ciência & Desenvolvimento-Revista Eletrônica da FAINOR**, v. 8, n. 2, 2015.

FREITAS, Sérgio Tonetto de; MITCHAM, Elizabeth Jeanne. Quality of pitaya fruit (*Hylocereus undatus*) as influenced by storage temperature and packaging. **Scientia Agricola**, v. 70, n. 4, p. 257-262, 2013.

GHALI, Y. et al. Modification of corn starch and fine flour by acid and gamma irradiation. Part 1. Chemical investigation of the modified products. **Starch-Stärke**, v. 31, n. 10, p. 325-328, 1979. <https://doi.org/10.1002/star.19790311002>

GIRARD, Audrey L.; AWIKA, Joseph M. Sorghum polyphenols and other bioactive components as functional and health promoting food ingredients. **Journal of cereal science**, v. 84, p. 112-124, 2018.

GIULIANI, D. S. C. et al. Elaboração de bolo enriquecido com fibras a partir da utilização de resíduo de cervejaria/Preparation of fiber enriched cake from the use of beer waste. **Brazilian Journal of Development**, v. 5, n. 9, p. 15396-15404, 2019.

HOR, Sook Yee et al. Safety assessment of methanol extract of red dragon fruit (*Hylocereus polyrhizus*): Acute and subchronic toxicity studies. **Regulatory Toxicology and Pharmacology**, v. 63, n. 1, p. 106-114, 2012.

HUA, Qingzhu et al. Metabolomic characterization of pitaya fruit from three red-skinned cultivars with different pulp colors. **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 126, p. 117-125, 2018.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística . **Resultados do Censo Agropecuário 2017**. Disponível em: https://censos.ibge.gov.br/agro/2017/templates/censo_agro/resultadosagro/agricultura.html?loalidade=0&tema=76371 Acesso em: 02 fev. 2020

IHSANULLAH, I.; RASHID, Azhar. Current activities in food irradiation as a sanitary and phytosanitary treatment in the Asia and the Pacific Region and a comparison with advanced countries. **Food Control**, v. 72, p. 345-359, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2016.03.011>

JAMILAH, B. et al. Physico-chemical characteristics of red pitaya (*Hylocereus polyrhizus*) peel. **International Food Research Journal**, v. 18, n. 1, 2011.

JAY, JAMES M. Microbiologia de alimentos. **Ed. Artmed**, Porto Alegre, 2005, 711 p. il. ISBN 9788536305073 (Broch.).

KIM, Gui-Ran et al. Irradiation effects on chemical and functional qualities of ready-to-eat Saengshik, a cereal health food. **Radiation Physics and Chemistry**, p. 108692, 2020.

KRAITHONG, Supaluck; LEE, Suyong; RAWDKUEN, Saroat. Physicochemical and functional properties of Thai organic rice flour. **Journal of Cereal Science**, v. 79, p. 259-266, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2017.10.015>

KUMAR, Pradeep et al. Effects of gamma irradiation on starch granule structure and physicochemical properties of brown rice starch. **Journal of cereal science**, v. 77, p. 194-200, 2017.

LATIMER, GW, ed; HORWITZ, W. Official methods of analysis. **Association of Official Analytical Chemists (AOAC) International, (19th ed.) Canada: AOAC**, 2012. <https://pdfs.semanticscholar.org/1869/5a8e537027a9bcf19e3ad4373d26e6ccb082.pdf>. 12 Jan.2020

LEÃO, Daniela P. et al. Physicochemical characterization, antioxidant capacity, total phenolic and proanthocyanidin content of flours prepared from pequi (*Caryocar brasilense* Camb.) fruit by-products. **Food Chemistry**, v. 225, p. 146-153, 2017.

LI, Li et al. Development and characterization of irradiated-corn-starch films. **Carbohydrate polymers**, v. 194, p. 395-400, 2018.

LIMA, Roberta B. et al. Sucrose and color profiles in sugarcane (*Saccharum* sp.) juice analyzed by UFLC-ELSD and Synapt High-Definition Mass Spectrometry during radiation treatment. **Radiation Physics and Chemistry**, v. 121, p. 99-105, 2016.

LU, Wenjing et al. Activated carbon derived from pitaya peel for supercapacitor applications with high capacitance performance. **Materials Letters**, p. 127339, 2020.

LUO, Hui et al. Chemical composition and in vitro evaluation of the cytotoxic and antioxidant activities of supercritical carbon dioxide extracts of pitaya (dragon fruit) peel. **Chemistry central journal**, v. 8, n. 1, p. 1, 2014.

MANUPRIYA, B.R., Lathika, , Somashekarappa, H.M., Patil, S.L., Shenoy, K.B., Study of gamma irradiation effects on the physico-chemical properties of wheat flour (*Triticum aestivum*, L.), **Radiation Physics and Chemistry** (2020), doi: <https://doi.org/10.1016/j.radphyschem.2020.108693>.

MARQUES, V. B.; MOREIRA, R. A.; RAMOS, J. D.; ARAÚJO, N. A.; SILVA, F. O. R. Fenologia reprodutiva de pitaya-vermelha no município de Lavras-MG. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 41, n.6, p.984-987, 2011

MAZZA, P. H. S. et al. Effect of dehydrated residue from acerola (*Malpighia emarginata* DC.) fruit pulp in lamb diet on intake, ingestive behavior, digestibility, ruminal parameters and N balance. **Livestock Science**, p. 103938, 2020.

MELLO, D. Fernanda Robert et al. Evaluation of the chemical characteristics and rheological behavior of pitaya (*Hylocereus undatus*) peel. **Fruits**, v. 69, n. 5, p. 381-390, 2014.

MELO, Atacy Maciel. CONSCIENTIZANDO COM O EXEMPLO: PROPOSTAS DE GESTÃO E APROVEITAMENTO DE RESÍDUOS VEGETAIS NA ESCOLA MUNICIPAL MARIA JOSÉ VICENTE, NO MUNICÍPIO DE BARREIROS-PE. **Revista Caravana**, v. 4, n. 2, 2019.

MERCADO-SILVA, Edmundo M. Pitaya—*Hylocereus undatus* (Haw). In: **Exotic fruits**. Academic Press, 2018. p. 339-349.

MEXIS, S. F.; KONTOMINAS, M. G. Effect of γ -irradiation on the physicochemical and sensory properties of hazelnuts (*Corylus avellana* L.). **Radiation Physics and Chemistry**, v. 78, n. 6, p. 407-413, 2009. <https://doi.org/10.1016/j.radphyschem.2009.03.008>

MIZRAHI, Y. Vine-cacti pitayas: the new crops of the world. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 36, n. 1, p. 124-138, 2014.

MORAIS, Suênia Gabriela Gonçalves et al. Effects of probiotics on the content and bioaccessibility of phenolic compounds in red pitaya pulp. **Food Research International**, v. 126, p. 108681, 2019.

NAEGELE, E. Analysis of Lactose Free Dairy Product using the Agilent 1220 Infinity LC with Evaporative Light Scattering Detection. **Agilent Technologies**, Inc., 2013-2016. Published in USA, Published in the USA, October 1, 2016.5991-2252EN.

NISHIHARA, Jun. Safety of irradiated food. In: **Genetically Modified and Irradiated Food**. Academic Press, 2020. p. 259-267.

OKEZIE, B.O.; BELLO, A.E. Physicochemical and functional properties of winged bean flour and isolate compared with soy isolate. **Journal of Food Sciences** . v. 53, n. 2, p.450 - 455, 1988.

OLIVEIRA, A C G; ZANÃO, C F P; ANICETO, A P P; et al. Conservação pós-colheita de goiaba branca Kumagai por irradiação gama: aspectos físicos, químicos e sensoriais. **Boletim CEPPA**, Curitiba, v. 24, n. 2, p. 375-396, 2006.

OLIVEIRA, Ana Claudia Sampaio. Evaluation of the effects of gamma radiation on physicochemical characteristics of kiwi (*Actinidia deliciosa*) cv. Hayward minimally processed. São Paulo: Autarquia associada de universidade de São. **Dissertação de Mestrado**. Paulo. 2011. 43p.

OLIVEIRA, Fernanda Moreira et al. COMPARAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DE DOCE EM PASTA DE PITAIA COM OUTROS COMERCIAIS. **Revista da Jornada de Pós-Graduação e Pesquisa-Congrega Urcamp**, p. 2747-2755, 2017.

PRAKASH, Anuradha; DE JESÚS ORNELAS-PAZ, José. Irradiation of Fruits and Vegetables. In: **Postharvest Technology of Perishable Horticultural Commodities**. Woodhead Publishing, 2019. p. 563-589. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-813276-0.00017->

PRASAD, K. Midhun; MURUGAVELH, S. Experimental investigation and kinetics of tomato peel pyrolysis: Performance, combustion and emission characteristics of bio-oil blends in diesel engine. **Journal of Cleaner Production**, p. 120115, 2020.

PRICE, M. L.; SCOYOC, V. S.; BUTLER, L. G. Critical evaluation of the vanillin reaction as an assay for tannin in sorghum grain. **J. Agric. Food Chem.** v.26, p. 1214 1218, 1978.

QIN, Yan et al. Development of active and intelligent packaging by incorporating betalains from red pitaya (*Hylocereus polyrhizus*) peel into starch/polyvinyl alcohol films. **Food Hydrocolloids**, v. 100, p. 105410, 2020.

RAHMATI, Shahrooz; ABDULLAH, Aminah; KANG, Oon Lee. Effects of different microwave intensity on the extraction yield and physicochemical properties of pectin from dragon fruit (*Hylocereus polyrhizus*) peels. **Bioactive Carbohydrates and Dietary Fibre**, v. 18, p. 100186, 2019.

RAMÍREZ-CAHERO, Hiram F.; VALDIVIA-LÓPEZ, Ma Angeles. Effect of gamma radiation on sugars and vitamin C: Radiolytic pathways. **Food chemistry**, v. 245, p. 1131-1140, 2018.

RAVINDRAN, Rajeev; JAISWAL, Amit K. Wholesomeness and safety aspects of irradiated foods. **Food chemistry**, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.02.002>

RETANA, Kenneth; CASTRO, Oscar; BLANCO, Mónica. Determinación de la presencia de cristales de oxalato de calcio asociados a la enfermedad abiótica conocida como “mancha blanca” en *Hylocereus costaricensis*. **Agronomía costarricense: Revista de ciencias agrícolas**, v. 43, n. 2, p. 75-89, 2019. <http://dx.doi.org/10.15517/rac.v43i2.37950>

ROHIN, Mohd Adzim Khalili et al. Total antioxidant activity, total phenolic content and radical scavenging activity both flesh and peel of red pitaya, white pitaya and papaya. **International Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences**, v. 4, n. 2, p. 113-122, 2012.

RUFINO, M. S. M. et al. Bioactive compounds and antioxidant capacities of 18 non-traditional tropical fruits from Brazil. **Food chemistry**, v. 121, n. 4, p. 996-1002, 2010.

SANTANA, Gabriela Silva; DE OLIVEIRA FILHO, Josemar Gonçalves; EGEA, Mariana Buranelo. Características tecnológicas de farinhas vegetais comerciais. **JOURNAL OF NEOTROPICAL AGRICULTURE**, v. 4, n. 2, p. 88-95, 2017.

SANTOS, Francislaine S. dos et al. Drying kinetics and physical and chemical characterization of white-fleshed 'pitaya' peels. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 21, n. 12, p. 872-877, 2017. <http://dx.doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v21n12p872-877>

SHAH, Asima, et al. Effect of γ -irradiation on structure and nutraceutical potential of β -d-glucan from barley (*Hordeum vulgare*). **International journal of biological macromolecules**, 2015, 72: 1168-1175.

SILVA, LUCIA CAS et al. Efeitos da radiação gama na cor e características físico-químicas de abobrinha *Cucurbita moschata* minimamente processada. **Tecnologia & Ciência Agropecuária**, 2019.

SINGLETON, V. L.; ROSSI, J. A. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. **American journal of Enology and Viticulture**, v. 16, n. 3, p. 144-158, 1965.

SOARES, C. M et al. PERFIL E CONHECIMENTO DOS CONSUMIDORES DE PALMAS-TO FRENTE À ALIMENTOS IRRADIADOS. **DESAFIOS-Revista Interdisciplinar Da Universidade Federal Do Tocantins**, v. 5, n. 2, p. 3-7, 2018

SOM, Ayub Md et al. A comparative study on foliage and peels of *Hylocereus undatus* (white dragon fruit) regarding their antioxidant activity and phenolic content. **Heliyon**, v. 5, n. 2, p. e01244, 2019.

STROHECKER, Rolf; HENNING, Heinz M. **Análisis de vitaminas, métodos comprobados**. 1967.

SUDHEESH, Cherakkathodi et al. Impact of γ - irradiation on the physico-chemical, rheological properties and in vitro digestibility of kithul (*Caryota urens*) starch; a new source of nonconventional stem starch. **Radiation Physics and Chemistry**, v. 162, p. 54-65, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.radphyschem.2019.04.031>

SULTAN, Neelofar; WANI, Idrees Ahmed; MASOODI, Farooq Ahmad. Moisture mediated effects of γ -irradiation on physicochemical, functional, and antioxidant properties of pigmented brown rice (*Oryza sativa* L.) flour. **Journal of Cereal Science**, v. 79, p. 399-407, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2017.10.020>

TAIRA, Junsei et al. Antioxidant capacity of betacyanins as radical scavengers for peroxy radical and nitric oxide. *Food chemistry*, v. 166, p. 531-536, 2015.

TENORE, Gian Carlo; NOVELLINO, Ettore; BASILE, Adriana. Nutraceutical potential and antioxidant benefits of red pitaya (*Hylocereus polyrhizus*) extracts. **Journal of functional foods**, v. 4, n. 1, p. 129-136, 2012.

TEZOTTO-ULIANA, Jaqueline V. et al. Radiação Gama em Alimentos de Origem Vegetal. **Revista Virtual de Química**, v. 7, n. 1, p. 267-277, 2015.

THIRUGNANASAMBANDHAM, K.; SIVAKUMAR, V. Microwave assisted extraction process of betalain from dragon fruit and its antioxidant activities. **Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences**, v. 16, n. 1, p. 41-48, 2017.

URBAIN, W. M. **Em Food irradiation**, Academic Press: Orlando, 1986, cap. 2.

VERMA, Ruchi et al. Physicochemical and functional properties of gamma irradiated buckwheat and potato starch. **Radiation Physics and Chemistry**, v. 144, p. 37-42, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.radphyschem.2017.11.009>

VIEIRA, Rafael Porto et al. IRRADIAÇÃO DE ALIMENTOS: UMA REVISÃO BIBLIOGRÁFICA. **Multi-ScienceJournal**, v. 1, n. 5, p. 57-62, 2018.

VIJAYAKUMAR, Ramya et al. Optimization of the antioxidant potentials of red pitaya peels and its in vitro skin whitening properties. **Applied Sciences**, v. 8, n. 9, p. 1516, 2018.

WU, Li-chen et al. Antioxidant and antiproliferative activities of red pitaya. **Food Chemistry**, v. 95, n. 2, p. 319-327, 2006.

WU, Qixian et al. Comparative volatile compounds and primary metabolites profiling of pitaya fruit peel after ozone treatment. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 99, n. 5, p. 2610-2621, 2019.

YUN, Juan, et al. Growth and quality of soybean sprouts (*Glycine max* L. Merrill) as affected by gamma irradiation. **Radiation Physics and Chemistry**, 2013, 82: 106-111..

ZHUANG, Yongliang; ZHANG, Yufeng; SUN, Liping. Characteristics of fibre-rich powder and antioxidant activity of pitaya (*Hylocereus undatus*) peels. **International journal of food science & technology**, v. 47, n. 6, p. 1279-1285, 2012.