



INSTITUTO DE PESQUISAS ENERGÉTICAS E NUCLEARES

Autarquia Associada à Universidade de São Paulo

**UTILIZAÇÃO DA RADIAÇÃO IONIZANTE COMO MELHORAMENTO
TECNOLÓGICO E ESTRUTURAL EM *DIOSPYROS KAKI* (CAQUI) RAMA FORTE
FRESCO E DESIDRATADO**

JANIS GONÇALVES LANA

Dissertação apresentada como parte dos requisitos para obtenção do Grau de Mestre em Ciências na área de Tecnologia Nuclear – Aplicações.

Orientadora:
Profa. Dra. Anna Lucia C. H. Villavicencio

São Paulo

2022

INSTITUTO DE PESQUISAS ENERGÉTICAS E NUCLEARES
Autarquia Associada à Universidade de São Paulo

Utilização da radiação ionizante como melhoramento tecnológico e estrutural em *Diospyros kaki* (caqui) rama forte fresco e desidratado

Versão corrigida

Versão Original disponível no IPEN

JANIS GONÇALVES LANA

Dissertação apresentada como parte dos requisitos para obtenção do Grau de Mestre em Ciências na área de Tecnologia Nuclear – Aplicações.

Orientadora:

Profa. Dra. Anna Lucia C. H. Villavicencio

São Paulo

2022

Autorizo a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

Como citar:

GONÇALVES LANA, J. ***Utilização da radiação ionizante como melhoramento tecnológico e estrutural em Diospyros kaki (caqui) rama forte fresco e Desidratado***. 2022. 58 p. Dissertação (Mestrado em Tecnologia Nuclear), Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares – IPEN-CNEN/SP. São Paulo. Disponível em: <<http://repositorio.ipen.br/>>. Acesso em: 23 jun. 2022.

Ficha catalográfica elaborada pelo sistema de geração automática da Biblioteca IPEN, com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Gonçalves Lana, Janis
UTILIZAÇÃO DA RADIAÇÃO IONIZANTE COMO MELHORAMENTO
TECNOLÓGICO E ESTRUTURAL EM DIOSPYROS KAKI (CAQUI) RAMA FORTE
FRESCO E DESIDRATADO / Janis Gonçalves Lana; orientadora Anna
Lucia Casañas Haasis Villavicencio. -- São Paulo, 2022.
58 f.

Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em
Tecnologia Nuclear (Aplicações) -- Instituto de Pesquisas
Energéticas e Nucleares, São Paulo, 2022.

1. Caqui fresco e caqui desidratado. 2. Melhoramento
tecnológico. 3. Irradiação de alimentos. I. Lucia Casañas
Haasis Villavicencio, Anna, orient. II. Título.

DEDICATÓRIA

Dedico esta pesquisa aos incentivadores e instigadores de sonhos que cruzei pelos caminhos acadêmicos que percorri, são eles meus professores de toda uma jornada acadêmica, visto que sem eles meu brio diante dessa imersão intelectual jamais teria sido latente.

Enfatizo ainda a importância do professor e faço dessa dedicatória uma homenagem aos grandes provedores do pensamento e cultivadores dos mais amplos e variados terrenos férteis nas mentes que se permitem expandir.

Dedico essa pesquisa, especialmente à minha excelentíssima orientadora Profa. Dra. Anna Lucia Villavicencio, pois sem seu apoio, paciência e disposição essa dissertação jamais seria efetivada.

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao meu esposo e filhos por desempenharem um papel fundamental em minha vida e por serem compreensivos com relação a minha ausência diante dos compromissos acadêmicos.

Agradeço à colega de laboratório Bianca Negrão, por suas contribuições em meu processo de formação.

Agradeço à magnífica Amanda Koike, que sempre foi um grande suporte e uma incentivadora dessa pesquisa aqui apresentada.

Agradeço ao Gabriel, que, mesmo contando com pouquíssimo tempo, viabilizou um suporte extremamente necessário nas análises de textura, brix e cinzas que realizei.

Agradeço ainda aos professores doutores que compuseram a banca da minha apresentação inicial, uma vez que a partir das suas correções pude reelaborar o plano de trabalho e adequar a dissertação ao padrão IPEN de educação.

Agradeço ao IPEN, especialmente ao Centro de Tecnologia das Radiações (CTR), à gerencia do CTR e ao departamento de divisão de pesquisa e desenvolvimento do CTR, pelo constante apoio e pré-disposição para buscar soluções viabilizando o desenvolvimento dessa pesquisa.

Por fim, agradeço à Deus, pois sem ele nada do que fora aqui permissivo teria sequer sido iniciado.

“A percepção do desconhecido é a mais fascinante das experiências. O homem que não tem os olhos abertos para o misterioso passará pela vida sem ver nada”.

Albert Einstein

RESUMO

GONÇALVES LANA, J. ***Utilização da radiação ionizante como melhoramento tecnológico e estrutural em Diospyros kaki (caqui) rama forte fresco e desidratado***. 2022. 58 p. Dissertação (Mestrado em Tecnologia Nuclear), Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares – IPEN-CNEN/SP. São Paulo. Disponível em: <<http://repositorio.ipen.br/>>. Acesso em: 23 jun. 2022.

O objetivo desse estudo traz como proposta o aumento do tempo de prateleira do caqui (*Diospyros kaki*), uma vez que o mesmo possui grande relevância na segurança alimentar, sendo consumido em quantidades consideráveis, contribuindo de forma impactante na economia relacionada a fruticultura, além de ser uma fruta detentora de uma extensa gama de nutrientes. Algumas análises foram minuciosamente efetuadas e propuseram quantidades de dose e taxa de irradiação seguras para atingir o objetivo esperado, levando em conta a manutenção das propriedades do fruto, sem a perda da sua qualidade durante o processo de melhoramento tecnológico. A análise de cor e textura dos caquis frescos irradiados com uma dose de 1kGy possibilitou a manutenção das perfeitas condições para consumo do fruto após 28 dias de tratamento tecnológico, enquanto a amostra de frutas controle apresentou degeneração em sua qualidade após 14 dias de armazenamento. Os caquis desidratados permaneceram em perfeitas condições para consumo até 20 dias após a exposição ao processo de tratamento por irradiação de 3kGy, no entanto, com a irradiação de 5kGy e 10kGy, os resultados alteraram o sabor e a textura dos frutos secos. Assim, tanto em frutos frescos como desidratados, a exposição ao tratamento tecnológico para conservação por meio de raios gama mostrou-se eficiente. O teste de firmeza, determinado em frutos de caqui com o auxílio de um texturômetro, apresentou resultados relevantes para as doses 1 e 3kGy. Evidenciou-se, portanto, uma semelhança nos resultados dos caquis frescos irradiados a 1kGy, de forma que foi possível constatar que a irradiação em doses menores pode contribuir para a manutenção da firmeza dos frutos.

Palavras-chave: caqui fresco; caqui desidratado; melhoramento tecnológico; irradiação de alimentos.

ABSTRACT

GONÇALVES LANA, J. ***Utilização da radiação ionizante como melhoramento tecnológico e estrutural em Diospyros kaki (caqui) rama forte fresco e desidratado***. 2022. 58 p. Dissertação (Mestrado em Tecnologia Nuclear), Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares – IPEN-CNEN/SP. São Paulo. Disponível em: <<http://repositorio.ipen.br/>>. Acesso em: 23 jun. 2022.

The objective of this study is to increase the shelf life of the *Dióspyros kaki* fruit, since it has great relevance in food safety, is consumed in considerable quantities, contributes in an impactful way to the economy related to fruit growing and is a fruit with an extensive range of nutrients. Some meticulous analyses have proposed quantities of dose and irradiation rate that are safe to reach the expected goal, taking into account the maintenance of the fruit properties without the loss of its quality during the process of technological improvement. The analysis of color and texture of fresh persimmons irradiated with a dose of 1kGy allowed the maintenance of perfect conditions for consumption of the fruit after 28 days of technological treatment, while the control fruit sample presented degeneration in its quality after 14 days of storage. The dehydrated persimmons remained in perfect conditions for consumption until 20 days after exposure to the treatment process by irradiation of 3 kGy, however, with the irradiation of 5kGy and 10 kGy the results altered the taste and texture of the dried fruits, thus in both fresh and dehydrated fruits the exposure to technological treatment for conservation by gamma rays proved to be efficient. The firmness test determined in persimmon fruits with the help of a texturometer determined relevant results of firmness for the doses 1 and 3 kGy. Evidencing, therefore, a similarity in the results of fresh persimmons irradiated at 1 kGy, we can verify that irradiation at lower doses can contribute to the maintenance of fruit firmness.

Keywords: fresh persimmon; dehydrated persimmon; technological improvement; food irradiation.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Composição centesimal do <i>D. kaki</i> de acordo com a Universidade de São Paulo.....	19
Tabela 2 – Resultados da análise de cor.	47
Tabela 3 – Textura de <i>D. kaki</i> desidratados irradiados.	47
Tabela 4 – Valores médios de atividade de água nos frutos <i>D. kaki in natura</i> submetidos às doses de radiação gama de 1 kGy e 3 kGy analisados à temperatura ambiente.....	48
Tabela 5 – Variação média do teor de sólidos solúveis (Brix) nos frutos <i>D. kaki</i> rama forte fresco com o uso da irradiação a 1 kGy e 3 kGy.....	49
Tabela 6 – Variação média do teor de sólidos solúveis (Brix) nos frutos <i>D. kaki</i> rama forte seco com o uso da irradiação a 3 kGy, 5 kGy e 10 kGy.....	49
Tabela 7 – Resultados obtidos a partir do cálculo de cinzas nos frutos <i>D. kaki</i> rama forte seco com o uso da irradiação a 3 kGy, 5 kGy e 10 kGy e fresco com o uso da irradiação 1kGy e 3kGy.....	50

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Distribuição geográfica da produção de <i>D. kaki</i> nos escritórios de desenvolvimento rural (EDRs) do estado de São Paulo.....	21
Figura 2 – Símbolo da radura.....	24
Figura 3 – Caquis higienizados com as amarrações nos talos.....	25
Figura 4 – <i>D. kaki</i> descascados.	26
Figura 5 – <i>D. kaki</i> descascados para secagem no espeto.	26
Figura 6 – <i>D. kaki</i> espetados para secagem.	27
Figura 7 – <i>D. kaki</i> pendurados em caixa de madeira telada para a secagem.	27
Figura 8 – <i>D. kaki</i> em processo de secagem após sete dias e com visível surgimento de fungos.....	28
Figura 9 – Segunda tentativa de produção artesanal dos frutos <i>D. kaki</i> secos, secagem por disposição em temperatura ambiente.	28
Figura 10 – <i>D. kaki</i> após 15 dias.....	29
Figura 11 – <i>D. kaki</i> após 21 dias.....	29
Figura 12 – <i>D. kaki</i> da segunda remessa (secagem por disposição) após 15 dias...30	
Figura 13 – <i>D. kaki</i> descartados por visível apodrecimento.	30
Figura 14 – À esquerda, <i>D. kaki</i> com a parte interna mantida e a casca seca, e à direita <i>D. kaki</i> com larva.....	31
Figura 15 – <i>D. kaki</i> resultantes do processo de secagem por disposição após 25 dias.	31
Figura 16 – <i>D. kaki</i> secos da segunda remessa, após 30 dias.	32
Figura 17 – <i>D. kaki</i> frescos e refrigerados submetidos a 1kGy e 3kGy , sendo quatro amostras dispostas em embalagens contendo quatro frutos <i>D. kaki</i> rama forte cada uma.	33
Figura 18 – Amostras de controle.	33
Figura 19 – Amostra de <i>D. kaki</i>	34
Figura 20 – <i>D. kaki</i> desidratados e amostras para processo de irradiação.....	34
Figura 21 – Colorímetro.....	36
Figura 22 – Configuração do teste da textura.	37
Figura 23 – Probe e texturômetro.....	37
Figura 24 – Textura <i>D. kaki</i> fresco.	38
Figura 25 – Textura <i>D. kaki</i> desidratado.....	38

Figura 26 – Atividade de água para <i>D. kaki</i> desidratado.....	40
Figura 27 – Atividade de água para <i>D. kaki</i> fresco.....	40
Figura 28 – Forno para ensaio de cinzas fechado.	41
Figura 29 – Forno para ensaio de cinzas aberto.	42
Figura 30 – Balança analítica.....	42
Figura 31 – Análise de cinzas.	43
Figura 32 – Cadinhos.....	43
Figura 33 – Escala de amostragem para teste de aceitabilidade.	44
Figura 34 – <i>D. kaki</i> frescos após irradiação.	44
Figura 35 – Análise sensorial de <i>D. kaki</i> fresco.....	45
Figura 36 – Análise sensorial de <i>D. kaki</i> desidratado.....	45
Figura 37 – Disposição por kGy.	45

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
2 OBJETIVOS	17
2.1 Objetivo geral	17
2.2 Objetivos específicos	17
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	18
3.1 <i>Diospyros kaki</i> (Caqui)	19
3.1.1 <i>D. kaki</i> fresco.....	20
3.1.2 <i>D. kaki</i> desidratado.....	21
3.2 Irradiação de alimentos	22
4 MATERIAIS E MÉTODOS	25
4.1 Análises físico-químicas	35
4.1.1 Análises de cor.....	35
4.1.2 Textura	36
4.1.3 Atividade de água.....	39
4.1.4 Brix	41
4.1.5 Cinzas	41
4.1.6 Análise sensorial	43
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	46
5.1 Análises físico-químicas	46
5.1.1 Análises de cor.....	46
5.1.2 Textura	47
5.1.3 Atividade de água.....	48
5.1.4 Brix	48
5.1.5 Cinzas	49
5.1.6 Análise sensorial	50
6 CONCLUSÕES	51
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	52

1 INTRODUÇÃO

A insegurança alimentar constitui uma grande preocupação no mundo. A *Food and Agriculture Organization* (FAO) publicou o relatório intitulado “O estado de insegurança alimentar no mundo” que destacou a necessidade de crescimento econômico para redução da fome, além dos pontos centrais da insegurança alimentar como: preços, distribuição e disponibilidade dos alimentos. O relatório apontou também os problemas relacionados à conservação e qualidade dos alimentos (FAO, 2012).

A busca por uma alimentação saudável com foco na qualidade de vida vem incentivando diversas pesquisas que abordem formas de viabilizar a contribuição da ciência, dentre as quais estão os conhecimentos das técnicas de conservação e seus impactos sobre os nutrientes alimentares (RICO *et al.*, 2010). Diferentes tratamentos físicos e químicos são usados para a conservação dos alimentos, no entanto alguns podem causar perdas nutricionais e/ou sensoriais, como os métodos que empregam o calor (RICO *et al.*, 2010).

Como alternativa ao emprego do calor, da refrigeração ou de aditivos químicos, a técnica de irradiação tem se mostrado eficaz. A radiação gama do Cobalto-60 é empregada para aumentar a estabilidade dos alimentos no armazenamento, por inativar microrganismos patogênicos, bactérias deteriorantes, fungos filamentosos, leveduras, parasitas, insetos, e por retardar a maturação e inibir o brotamento em bulbos e tubérculos (ANDREWS, 1998; MILAGRES, 2014; MOREHOUSE, 2002).

As frutas e legumes são altamente perecíveis e existem vários problemas relacionados à sua conservação, os quais surgem a partir do momento em que são colhidos, quando se inicia uma série de processos que influenciam na qualidade do produto e nas conseqüentes perdas antes de chegar ao consumidor. Devido ao prolongamento da vida útil e conservação, a tecnologia de irradiação é considerada uma alternativa viável para o processamento de alimentos, pois pode proporcionar segurança alimentar com garantia nutricional (LEVY; SORDI; VILLAVICENCIO, 2020).

A utilização da irradiação em alimentos a partir das doses corretas, faz com que as células se tornem inativas, impedindo a sua reprodução, logo, altera a estrutura, auxiliando no retardo do envelhecimento de frutas e legumes por dificultar

o amadurecimento, a germinação e o brotamento, ou ainda para desinfetar alimentos, eliminando os insetos invasores (CREWS; DRIFFIELD; THOMAS, 2012; DUARTE *et al.*, 2009; FARKAS, 2006). Nesse sentido, o processo de irradiação, aplicado em diferentes doses aos alimentos, é capaz de melhorar suas propriedades tecnológicas, mas é necessário avaliar as características iniciais dos alimentos expostos a tal procedimento, a fim de verificar se o método foi capaz de manter as características alimentares essenciais mesmo após a exposição à irradiação (LEVY; SORDI; VILLAVICENCIO, 2020).

A irradiação é considerada um excelente processo de conservação para alimentos de origem vegetal, sendo também uma alternativa eficiente na viabilização da demanda social brasileira de abastecimento de alimentos, tanto em quantidade quanto em segurança (SHAHBAZ *et al.*, 2014; XIE *et al.*, 2015; ZENG *et al.*, 2015). Tal processo contribui amplamente para a redução das perdas no pós-colheita, transporte e armazenamento, além de prolongar o tempo de prateleira, reduzir o desperdício de alimentos no mercado e na casa do consumidor. Assim, a irradiação de alimentos atende à demanda de saúde pública, reduzindo os riscos causados por agentes patogênicos geradores de surtos alimentares que resultam em danos à saúde humana (LEVY; SORDI; VILLAVICENCIO, 2020).

O Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (IPEN) é o grande pilar da irradiação no Brasil, uma vez que, com um trabalho extenso na pesquisa, viabiliza e consolida as aplicações da radiação e dos radioisótopos no Brasil. Há ainda o Centro de Tecnologia das Radiações (CETER) que foi fundado em 1972 e tornou-se uma referência na área, possuindo um histórico de realizações de grande relevância, nos mais variados seguimentos das indústrias, saúde e meio ambiente (HISTÓRICO, 2022).

Comumente chamado de *Dióspiro* ou *Dióspiro* japonês, o *Diospyros kaki* é uma planta decídua nativa da China, Coréia e Japão, cultivada atualmente em muitos países do leste asiático e do sul da Europa. O *D. kaki* pertence à família *Ebenaceae* e é considerada uma das espécies mais importantes do gênero *Diospyros* para a produção de frutas exóticas. A fruta é normalmente consumida *in natura*, entretanto, em algumas regiões produtoras do país, onde a colonização japonesa esteve presente, o caqui é industrializado, sendo comum no preparo de passas (frutas desidratadas) e na fabricação de vinagre (IGLESIAS VALERA, 2018).

O caquizeiro, com origem genética nas montanhas da China Central, e, posteriormente, no Japão, possui importância comercial na produção de frutos comestíveis. Foi introduzido no Brasil por volta de 1890 por Luiz Pereira Barreto, por meio de sementes vindas da França, de forma que as primeiras mudas foram comercializadas em 1897 com o auxílio dos viveiristas João Dierberger e Francisco Marengo, os quais introduziram e difundiram pelo Brasil outras variedades do fruto (PEREIRA; KAVATI, 2011).

A história do fruto *D. kaki* e do caquizeiro no Brasil mostra que grandes avanços ocorreram devido à dedicação dos produtores, viveiristas e de engenheiros agrônomos em atividades para empresas de fomento. Além disso, o trabalho de pesquisadores e extensionistas dos órgãos públicos foi fundamental para a consolidação do cultivo de caquizeiros no país. Assim, a cultura do *D. kaki* vem ganhando importância no Brasil, tanto pela área plantada como pelo aumento da produção, o que tem impulsionado o aumento da oferta do produto para o mercado interno e, conseqüentemente, motivou os produtores para que parte da produção seja exportada (MAIA; MORELATO, 2018).

A fruticultura participa diretamente da economia no país por meio do valor das exportações e mercado interno e ainda contribui significativamente no aspecto econômico-social, uma vez que está presente em todos os estados brasileiros, sendo responsável pela geração de 5,6 milhões de empregos diretos, o equivalente a 27 % do total da mão de obra agrícola do país (BUAINAIN; BATALHA, 2007). Segundo dados da FAO (2012), a produção mundial de *Dióspiros* em 2007 foi de 3,3 milhões de toneladas. A China, maior produtora da espécie, atingiu cerca de 2,3 milhões de toneladas, seguida pela República da Coreia com 345.000 toneladas, o Japão com 240.000 toneladas e o Brasil, ocupando o quarto lugar no *ranking* mundial, produziu cerca de 169.000 toneladas.

A atividade pomícola em São Paulo passou a compor a economia com a chegada dos fruticultores nipônicos em 1920, que introduziram vastos conhecimentos de caquicultura e de muitas variedades do fruto. Em 1928, Joaquim Rama Forte levou para a grande cultura em Mogi das Cruzes o famoso caqui rama forte (PEREIRA; KAVATI, 2011). As regiões Sul e Sudeste do Brasil são as maiores produtoras, lideradas pelo estado de São Paulo. Segundo dados do Instituto de Economia Agrícola (IEA, 2019), somente o município de Mogi das Cruzes (São Paulo), contribuiu com a

produção de 49,7 mil toneladas de caqui em 2012.

De acordo com a CEAGESP (CONHEÇA, 2022), as principais cidades que enviam o *D. kaki* rama forte para o entreposto da capital são: Guararema-SP (19%), Taquarivaí-SP (13%) e Pilar do Sul (13%). O *D. kaki* é o 31º produto mais comercializado na CEAGESP, sendo que em 2017 foram comercializadas 31.301,31 toneladas, de forma que as principais variedades comercializadas foram o *fuyu* (9,5%), o *giombo* (24%) e o rama forte (61%) (CONHEÇA, 2022).

No mercado interno, o consumo de caqui está aumentando progressivamente devido à qualidade e aos preços acessíveis. O interesse pela cultura encontra justificativa plausível, pois além de sua perfeita adaptação às condições climáticas brasileiras, o caquizeiro é uma planta rústica, produtiva, vigorosa e de alta resistência. Os frutos apresentam boa aceitação no mercado, com excelente sabor, aparência atraente e qualidade nutricional de grande relevância, sendo uma boa fonte de fibras, açúcar (14 a 18%), vitaminas A, B e C, além de sais minerais (VIEITES; PICANÇO; DAIUTO, 2012).

O *D. kaki* é uma excelente fonte de vitaminas E e C, fundamentais por auxiliarem na defesa e manutenção do organismo, possuindo também sais minerais como ferro, fósforo e cálcio e ainda é uma vasta fonte de vitaminas A, B1, B2 e C. Rico em betacaroteno, um componente essencial para manutenção da saúde, atua como antioxidante, combatendo a formação de radicais livres. Além disso, possui o licopeno em sua composição, um fitoquímico que age na defesa do organismo, auxiliando no bom funcionamento do intestino, pois contém fibras, e atua como calmante, devido à grande concentração de açúcar e frutose (CAQUI, 2016).

Portanto, o *D. kaki* é uma fruta rica em vários tipos de nutrientes, incluindo carboidratos, fibras dietéticas, vitaminas, minerais, carotenóides, compostos fenólicos e outros fitoquímicos bioativos, que ajudam a prevenir doenças crônicas como o diabetes (PARK *et al.*, 2015).

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Avaliar os efeitos das diferentes doses de radiação ionizante nos frutos de *D. kaki* frescos e desidratados, visando a manutenção das características microbiológicas, sensoriais, nutricionais e físico-químicas diretamente relacionadas à vida útil de armazenamento e aceitação pública do fruto após o melhoramento tecnológico.

2.2 Objetivos específicos

- Verificar a eficiência do processo de radiação nos frutos e a resistência do produto final;
- Analisar os frutos frescos e desidratados após o processamento com radiação ionizante com relação aos aspectos físicos;
- Determinar doses de radiação ionizante que permitam a maior conservação possível das características do fruto;
- Comparar as alterações dos aspectos físico-químicos e sensoriais antes e após a irradiação do fruto *D. kaki*.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O estudo de extração, purificação e atividade anti-irradiação do tanino de *Diospyros kaki*, realizado por Zhou *et al.* (2016), constatou que o pré-tratamento do tanino de *D. kaki* aumentou a viabilidade celular e favoreceu o uso de radiação gama. Os resultados indicaram que o tanino do *D. kaki* oferece um potente efeito radioprotetor sobre a vitalidade e apoptose celular de exposição à radiação gama em células HEK 293T. Tal estudo serviu como um estudo pré-clínico na avaliação do tanino de *D. kaki* para utilização em pessoas com proteção contra a radiação (ZHOU *et al.*, 2016). Com base nessa pesquisa, a busca por uma quantidade de kGy adequada, de modo a considerar a taninosidade, foi estudada com atenção, uma vez que quaisquer alterações no teor de tanino do *D. kaki* seriam capazes de incidir diretamente sobre a eficiência da manutenção das propriedades do fruto.

No estudo de Silva *et al.* (2011) as alterações metabólicas ao longo do desenvolvimento de cultivares adstringentes “giombo” e não adstringentes “fuyu” de *D. kaki* foram acompanhadas, uma vez que desempenham um papel importante no desenvolvimento do fruto. Em ambos os cultivares o crescimento foi caracterizado por uma concentração flutuante de sacarose, juntamente com um aumento constante tanto na glicose quanto na frutose.

Além disso, a análise multivariada adicional sugeriu que os cultivares partilham muitos metabolismos semelhantes. Tais descobertas auxiliaram na compreensão do desenvolvimento dos frutos e, conseqüentemente, nortearam a escolha do fruto *D. kaki* rama forte para os experimentos da presente dissertação, pois considerou-se a capacidade de manutenção do sabor dos frutos, bem como o impacto na qualidade dos mesmos (SILVA *et al.*, 2011).

O fruto *D. Kaki* tem quantidade considerável de compostos antioxidantes como as vitaminas A e C (Tabela 1). Atualmente, a preocupação com a saúde humana é uma pauta imprescindível no que diz respeito ao consumo de frutas, sejam elas processadas ou *in natura*. Pensando nisso, alimentos com maior durabilidade, como frutas secas e desidratadas, ganharam foco nos estudos que buscam a efetividade da segurança alimentar e o aumento do tempo de prateleira.

Tabela 1 – Composição centesimal do *D. kaki* de acordo com a Universidade de São Paulo.

Composição centesimal	Unidade	Valor por 100 g
Água	G	81,49
Energia	Kcal	64,00
Proteínas	G	0,61
Lipídios totais	G	0,33
Carboidratos totais	G	17,20
Cinzas	G	0,37
Fibra alimentar total	G	2,60

Fonte: USP (1998).

3.1 *Diospyros kaki* (Caqui)

O *Diospyros kaki*, comumente chamado de caquizeiro ou caqui japonês, é uma planta caducifólia nativa da China, Coreia e Japão que, atualmente, está sendo cultivada em muitos países do leste Asiático e no sul da Europa. O *D. kaki* pertence à família *Ebenaceae* e é considerada uma das espécies mais importantes do gênero *Diospyros* por produzir frutos exóticos (ZHU *et al.*, 2016).

De acordo com o departamento de Estatística da Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação, 5,191 milhões de toneladas de *D. kaki* foram produzidas globalmente em 2014, com 73,27% de participação apenas da China (FAOSTAT, 2022). Essa planta não é endêmica do Brasil, mas está sendo cultivada com boa taxa de propagação, com um crescimento total de 0,182 milhão de toneladas em 2014, nas regiões sudeste, nordeste e centro-oeste (JARDIM BOTÂNICO DO RIO DE JANEIRO, 2022).

O *D. kaki* é um fruto nativo da China, onde foi cultivado por séculos, com mais de 200 cultivares diferentes. A cultura se expandiu para a Coreia e Japão e novos cultivares foram desenvolvidos. A fruta chegou ao estado de São Paulo em 1890, porém a expansão da cultura só ocorreu a partir de 1920, com a chegada de imigrantes japoneses que trouxeram, além da diversificação dos cultivares, o domínio da produção (SILVA *et al.*, 2011).

Os cultivares não taninosos, ou seja, que não possuem adstringência, são os que despertam maior interesse ao produtor, devido à possibilidade de uma colheita tardia, além de possuir uma boa aceitação por parte do consumidor, como o caso da *fuyu*. Para alguns cultivares como o rama forte, a destanização é um processo utilizado para a remoção ou redução da adstringência dos frutos, no qual são utilizados

diversos compostos químicos, como etileno, carbureto de cálcio, etanol e altas concentrações de CO₂ (SILVA *et al.*, 2011).

Vale ressaltar ainda que as perdas que ocorrem durante o armazenamento de *D. kaki* são decorridas, principalmente, do excesso de maturação, perda de firmeza, podridões e incidência de escurecimento da casca dos frutos (SILVA *et al.*, 2011).

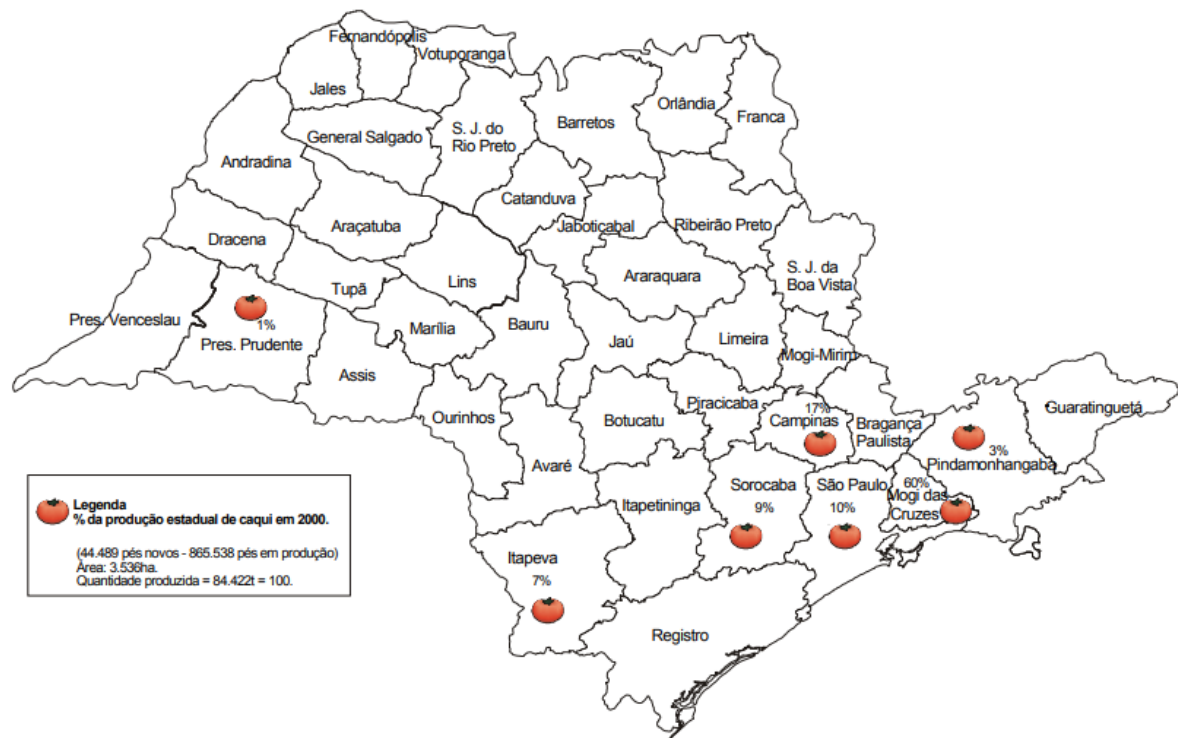
3.1.1 *D. kaki* fresco

As frutas e hortaliças *in natura* são altamente perecíveis e vários são os problemas relacionados a sua conservação, os quais ocorrem desde o momento em que são colhidas, quando inicia-se uma série de processos que influenciam na qualidade do produto e nas suas conseqüentes perdas, antes que o mesmo chegue ao consumidor (SILVA *et al.*, 2011).

De acordo com Zarbakhsh e Rastegar (2019), estudos constataram a eficiência da irradiação na manutenção pós-colheita do fruto *D. kaki* fresco e seco (desidratado), com auxílio na prevenção da deterioração do conteúdo nutricional e da condição higiênica das frutas e, ainda, na abertura de oportunidades para futuros métodos de desinfecção, visando reduzir a ocorrência de contaminação.

Na Figura 1 é possível verificar a distribuição geográfica do fruto *D. kaki* em toda a extensão produtiva do estado de São Paulo. O projeto LUPA fez um levantamento por meio de dados do Censo Agropecuário do Estado de São Paulo, demonstrando que atualmente há um acompanhamento quantitativo com relação ao consumo de *D. kaki* ao longo dos anos. Assim, São Paulo produz, atualmente, mais da metade do *D. kaki* brasileiro, de forma que o cultivo do fruto na região ocupa uma área de aproximadamente 1.484 hectares, onde predomina o cultivo das variedades *fuyu*, *giombo* e *rama forte*, que teve produção estimada de 50 mil toneladas na safra de 2019 (SÃO PAULO, 2019).

Figura 1 – Distribuição geográfica da produção de *D. kaki* nos escritórios de desenvolvimento rural (EDRs) do estado de São Paulo.



Fonte: Camargo Filho; Mazzei e Alves (2003).

3.1.2 *D. kaki* desidratado

A técnica de desidratação é utilizada desde a antiguidade e a preservação dos alimentos secos foi considerada uma arte durante séculos. Assim, a secagem ao sol sempre foi uma técnica importante para o consumo de frutas e ainda continua sendo extensivamente usada, com exceção das maçãs, ameixas secas e alguns tipos de passas (FOOD INGREDIENTS BRASIL, 2013).

Os produtos alimentícios podem ser desidratados por processos baseados na vaporização, sublimação, remoção de água por solventes ou na adição de agentes osmóticos. Os métodos de desidratação mais utilizados são aqueles que têm como base a exposição do alimento a uma corrente de ar aquecido, sendo que a transferência de calor do ar para o alimento ocorre por convecção (FOOD INGREDIENTS BRASIL, 2013).

O *D. kaki* seco, chamado de *Hoshigaki*, é tradicional no Japão, Coréia, China, Taiwan e Vietnã, mas chegou aos Estados Unidos com agricultores nipo-americanos (JAPANESE, 2019). Tal tradição faz com que a fruta seja apreciada o ano

inteiro de diversas formas (TSUKAMOTO; SHIRAIISHI, 2020). Os *Hoshigaki* são *D. kaki* descascados e secos durante várias semanas, por meio de uma combinação de suspensão e delicada massagem manual, até que os açúcares contidos na fruta formem uma superfície delicada com uma camada de pó que se assemelha a gelo (JAPANESE, 2019). Ao contrário das frutas secas fatiadas, que tendem a ser frágeis e ressecadas, os *Hoshigakis* são suculentos e úmidos, com sabor concentrado de *D. kaki*.

3.2 Irradiação de alimentos

Irradiação é o nome dado à energia capaz de provocar a ionização de átomos que constituem as moléculas dos materiais. A aplicação da radiação ionizante gera a quebra da cadeia de DNA dos microrganismos, eliminando-os ou tornando-os incapazes de se reproduzirem (BIANCHESSI *et al.*, 2021). Então, a irradiação é uma técnica que visa controlar os microrganismos patogênicos e os insetos-praga que causam estragos nos alimentos, sem afetar significativamente ou deixar quaisquer resíduos no sabor, odor e temperatura (FOOD, 2019).

Assim, o método viabiliza a desinfestação, a descontaminação e a esterilização dos mais variados produtos, de maneira a melhorar a segurança do mesmo, uma vez que é capaz de aprimorar as características físico-químicas e mecânicas de determinadas amostras (BIANCHESSI *et al.*, 2021). A irradiação destrói as bactérias causadoras de doenças e reduz o risco de doenças transmitidas por alimentos (FOOD, 2019).

O processamento por radiação é uma tecnologia capaz de manter a qualidade dos alimentos e resolver os problemas de segurança, conservação e proteção, sem afetar significativamente as características organolépticas ou nutricionais, quando usada adequadamente e com objetivos bem definidos. Além disso, possui a capacidade de retardar a maturação e inibir a germinação em bulbos e tubérculos. O tratamento não eleva a temperatura do alimento nem deixa resíduos nocivos, podendo ser aplicado em alimentos embalados, limitando as possibilidades de reinfestação ou recontaminação (FOOD, 2019).

Após muitos anos de pesquisa e desenvolvimento de padrões nacionais e internacionais, mais de 60 países em todo o mundo possuem regulamentações que

permitem o uso de irradiação para um ou mais produtos alimentícios. A Agência Internacional de Energia Atômica (AIEA), juntamente com a FAO, visa fortalecer as capacidades nacionais dos estados membros na aplicação de irradiação para segurança e qualidade alimentar. As duas organizações também estão trabalhando de perto com a Convenção Internacional de Proteção de Plantas (IPPC) e com a Comissão do *Codex Alimentarius* para harmonizar os padrões mundiais de irradiação (LEVY; VILLAVICENCIO, 2017).

Em 2003, a Comissão do *Codex Alimentarius*, órgão estabelecido pela FAO e pela Organização Mundial de Saúde (OMS) para desenvolver padrões internacionais harmonizados de alimentos, publicou dois documentos importantes: O Padrão Geral do *Codex* para Alimentos Irradiados e o Código de Prática para Processamento de Radiação de Alimentos (FOOD, 2019).

Vale ressaltar também que a irradiação é um processo físico que vem sendo estudado há vários anos, sendo uma técnica regulamentada pela *Food and Drug Administration* (FDA) desde 1963, para farinha de trigo destinada à alimentação humana. Posteriormente, nas décadas de 80 e 90, novas regulamentações surgiram com intuito de estender a utilização dessa tecnologia para outros alimentos. Existem duas legislações no Brasil que versam sobre os alimentos irradiados: a primeira é o decreto nº 72.718, de 29 de agosto de 1973, que estabeleceu normas gerais sobre a irradiação de alimentos; e a segunda é a resolução RDC nº 21, de 26 de janeiro de 2001, que aprovou o Regulamento Técnico para Irradiação de Alimentos (PACHI FILHO, 2018).

A resolução RDC nº 21, ou Regulamento Técnico para Irradiação de Alimentos, permitiu que qualquer alimento possa ser irradiado, desde que sejam observados os limites mínimos e os limites máximos da dosagem aplicada, levando em conta que a dose mínima deve ser suficiente para alcançar a finalidade pretendida e a dose máxima deve ter uma efetividade positiva inferior àquela que comprometeria as propriedades funcionais e os atributos sensoriais do alimento. A mesma resolução estabeleceu ainda que, no rótulo dos alimentos irradiados, deve constar a frase “Alimento tratado por processo de irradiação”, em fonte não inferior a um terço da letra de maior tamanho nos dizeres de rotulagem (BRASIL, 2001).

A FDA destaca a seguinte exigência: Alimentos irradiados a granel, como frutas e legumes, devem ser rotulados individualmente com o símbolo internacional

da irradiação, a radura (Figura 2), ou ter uma etiqueta ao lado do recipiente. Todavia, a FDA não exige que ingredientes individuais em alimentos com vários ingredientes (como as especiarias, entre outros) sejam rotulados com o símbolo (FERREIRA *et al.*, 2020).

Figura 2 – Símbolo da radura.



Fonte: ULMANN (1972).

O símbolo da radura apresenta-se da seguinte forma: o ponto circular central representa a fonte de irradiação; as folhas simbolizam um escudo biológico, demonstrando a proteção dos trabalhadores e do meio ambiente; todo o anel externo explana um sistema de transporte, sendo que o superior emblema os raios que chegam aos produtos nesse sistema e os inferiores denotam à proteção da radiação pelo escudo biológico (EHLERMANN, 2009).

A terminologia “radura” é utilizada para descrever o procedimento adotado por vários países para padronizar e rotular alimentos irradiados. É uma palavra derivada de “*radurization*”, de origem latina, e que se refere a algo duradouro. Assim, a radura é o símbolo internacional para destacar que um determinado alimento foi tratado com processo de irradiação (EHLERMANN, 2009).

O termo radura foi instaurado com a finalidade de substituir as terminologias utilizadas para esterilização ou pasteurização por radiação, pois não eram tecnicamente corretas. Inicialmente, a palavra radura foi empregada apenas para identificar a planta piloto para a irradiação de alimentos na cidade de Wageningen, situada na Holanda, proprietária dos direitos autorais. Somente com o passar do tempo o uso do logotipo foi permitido aos outros países e houve, então, a inserção do mesmo nos parâmetros de qualidade dos produtos irradiados (EHLERMANN, 2009).

4 MATERIAIS E MÉTODOS

Segundo a seção de economia e desenvolvimento da CEAGESP (CAQUI RAMA, 2019), o período de sazonalidade do *D. kaki* encontra-se entre os meses de março a junho. Sendo assim, as amostras de caqui foram adquiridas no período de abril a maio, período correspondente aos meses de maior colheita e venda do fruto. Os frutos foram obtidos de produtores convencionais da área atacadista do CEAGESP que atuam no entreposto da capital de São Paulo (ETSP) oriundos de Guararema, Taquarivaí e Pilar do Sul.

Foram selecionados frutos semelhantes com relação à cor, tamanho e ausência de danos mecânicos e/ou causados por pragas. Em seguida, os frutos do *D. kaki* foram transportados para o Laboratório de Análise e Detecção de Alimentos Irrradiados (LADAI), no Centro de Tecnologia das Radiações (CTR) do Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (IPEN/CNEN-SP).

O processo de sanitização contou com a etapa de cloração, que foi realizada por meio da imersão dos frutos em soluções de água clorada (hipoclorito de sódio à 10%) com diferentes concentrações (0, 50, 100, 150 e 200 ppm de cloro). Porções distintas dos frutos foram submetidas a cada uma das soluções, pelo período de imersão de cinco e 15 minutos, com três repetições (JACQUES *et al.*, 2015).

Após o processo de sanitização, os frutos foram amarrados (Figura 3) pelos talos e descascados (Figura 4).

Figura 3 – Caquis higienizados com as amarrações nos talos.



Fonte: Elaborado pela autora (2022).

Figura 4 – *D. kaki* descascados.



Fonte: Elaborado pela autora (2022).

O método utilizado para a secagem dos *D. kaki* foi pendurá-los em espetos (Figuras 5 e 6). Em seguida, os frutos foram amarrados, pendurados e colocados ao sol para a secagem (Figura 7).

Figura 5 – *D. kaki* descascados para secagem no espeto.



Fonte: Elaborado pela autora (2022).

Figura 6 – *D. kaki* espetados para secagem.



Fonte: Elaborado pela autora (2022).

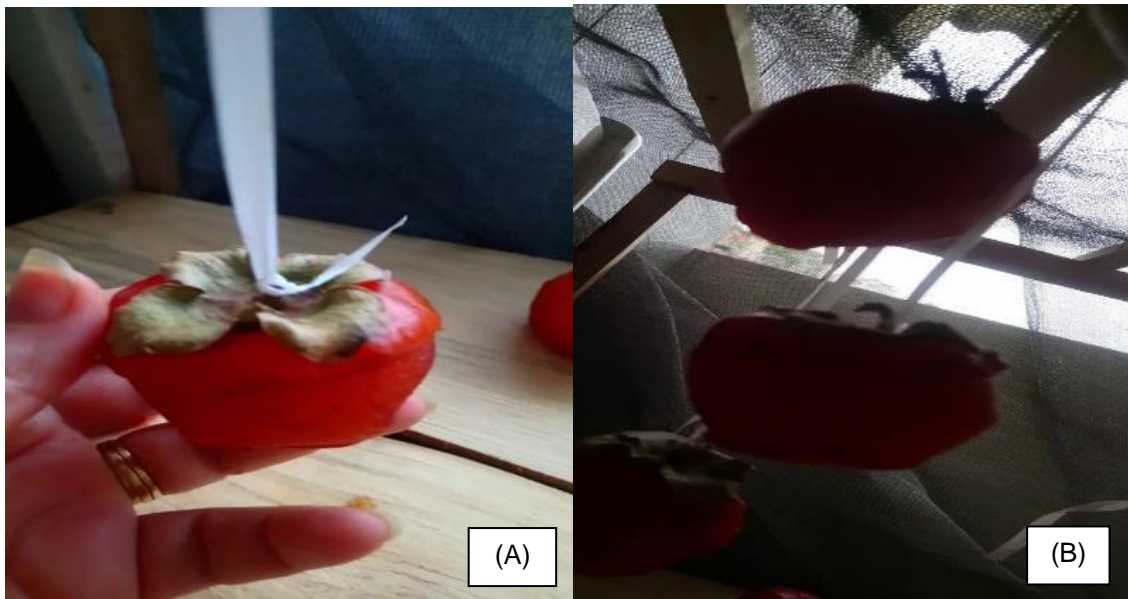
Figura 7 - *D. kaki* pendurados em caixa de madeira telada para a secagem.



Fonte: Elaborado pela autora (2022).

Notou-se o surgimento de fungos nos *D. kaki* no sétimo dia de secagem da primeira remessa de caquis (Figura 8).

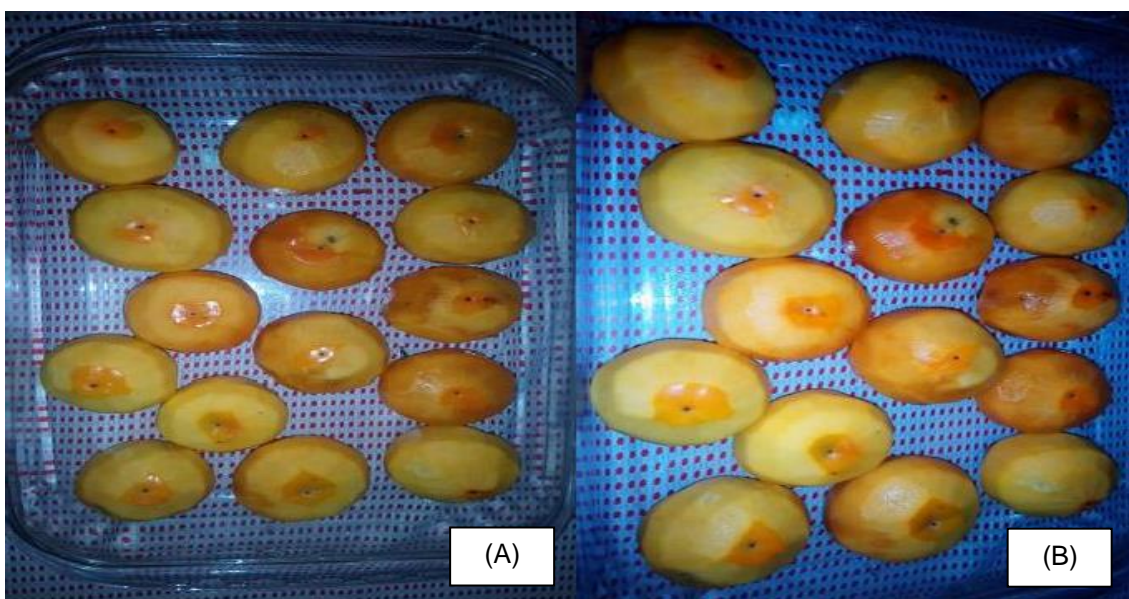
Figura 8 – *D. kaki* em processo de secagem após sete dias e com visível surgimento de fungos.



Fonte: Elaborado pela autora (2022).

Na Figura 9 pode-se notar a aplicação de um processo de secagem por disposição, que visa a manutenção dos frutos pela ausência da necessidade do manuseio, uma vez que esse processo incide em deixar os frutos secarem sem alternar sua posição na travessa.

Figura 9 – Segunda tentativa de produção artesanal dos frutos *D. kaki* secos, secagem por disposição em temperatura ambiente.



Fonte: Elaborado pela autora (2022).

A primeira remessa de frutos *D. kaki* em processo de secagem foi obtida após 15 dias (Figura 10).

Figura 10 – *D. kaki* após 15 dias.



Fonte: Elaborado pela autora (2022).

Após 21 dias de processo de secagem da primeira remessa de frutos *D. kaki*, observou-se que os frutos que não apodreceram com a proliferação de fungos apresentaram notável deterioração (Figura 11).

Figura 11 – *D. kaki* após 21 dias.



Fonte: Elaborado pela autora (2022).

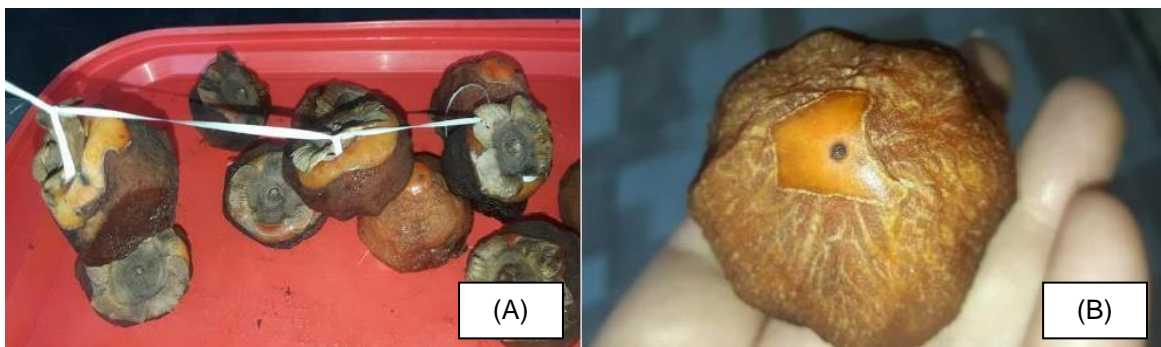
Com 15 dias, 75% dos frutos *D. kaki* da segunda remessa apresentaram deterioração por fungos e surgimento de bolor, sendo descartados por apodrecimento (Figuras 12 e 13). Nesse caso, apenas 25% das amostras chegaram ao fim do processo de secagem sem apresentar sinais notáveis de deterioração. A Figura 14 mostra a evolução no processo que vai da maturação ao aodercimento do fruto.

Figura 12 – *D. kaki* da segunda remessa (secagem por disposição) após 15 dias.



Fonte: Elaborado pela autora (2022).

Figura 13 – *D. kaki* descartados por visível apodrecimento.



Fonte: Elaborado pela autora (2022).

Figura 14 – À esquerda, *D. kaki* com a parte interna mantida e a casca seca, e à direita *D. kaki* com larva.



Fonte: Elaborado pela autora (2022).

Na Figura 15, os frutos estão secos, mas com visíveis sinais de apodrecimento, com o surgimento de fungos em sua parte extrema, os frutos dispostos aqui são resultantes do processo de secagem por disposição.

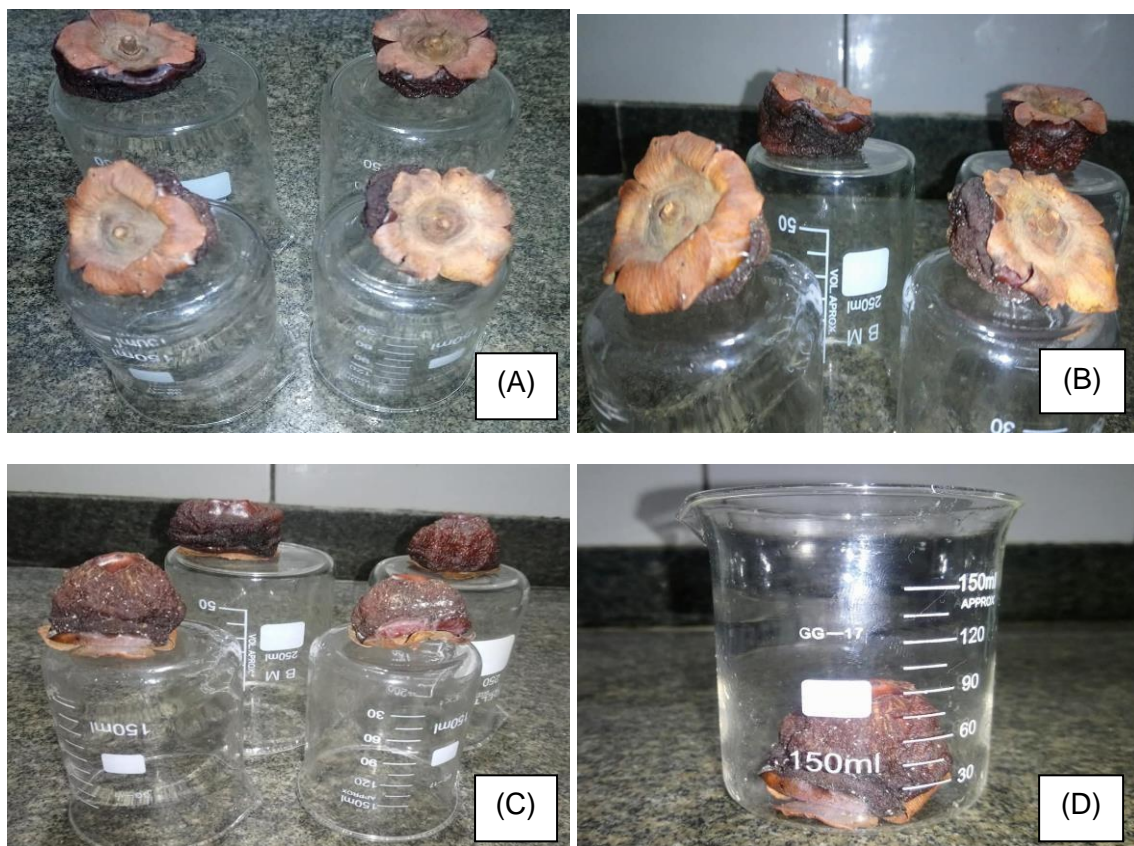
Figura 15 – *D. kaki* resultantes do processo de secagem por disposição após 25 dias.



Fonte: Elaborado pela autora (2022).

Devido aos resultados negativos com relação aos caquis secos, foram substituídos pelos frutos desidratados, visto que o aproveitamento das amostras dos caquis secos produzidos artesanalmente foi inferior à 50%. Logo, na próxima etapa, os frutos de *D. kaki* desidratados foram avaliados. Após trinta dias, notou-se a proliferação de fungos na camada externa dos *D. kaki* secos da segunda remessa (Figura 16).

Figura 16 – *D. kaki* secos da segunda remessa, após 30 dias.



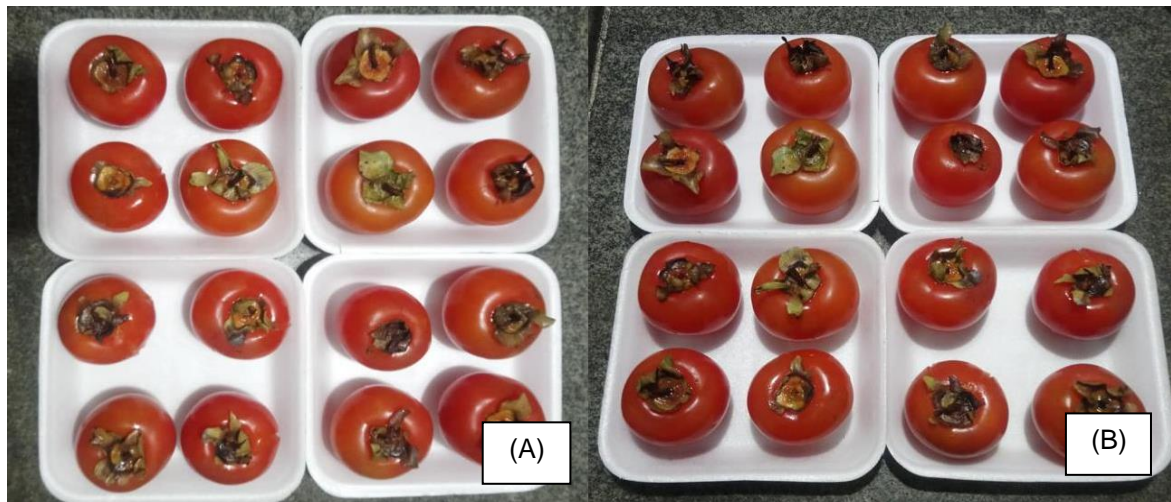
Fonte: Elaborado pela autora (2022).

Os *D. kaki* frescos e refrigerados foram submetidos a dois testes (1kGy e 3kGy), sendo quatro amostras dispostas em embalagens contendo quatro frutos *D. kaki* rama forte cada uma (Figura 17). Além dessas, considerou-se duas amostras de controle, armazenadas em bandeja de poliestireno expandido (isopor) revestida com filme plástico (Figura 18). As dimensões da embalagem foram de 0,14 x 0,14 x 0,8 cm (A x L x C) para todas as amostras, a fim de garantir a homogeneidade das doses.

Em seguida, os frutos foram submetidos aos seguintes tratamentos para

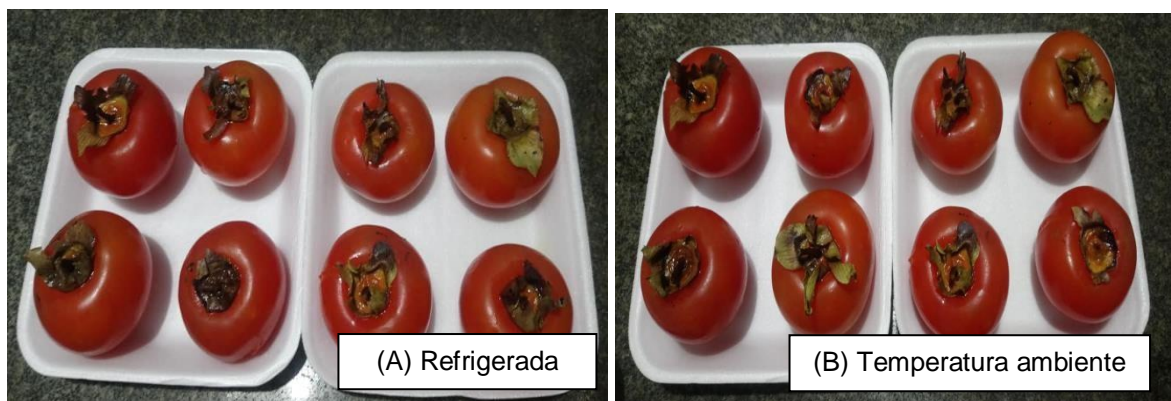
apuração da eficácia da radiação gama de ^{60}Co : T1 (1kGy), T2 (3kGy), T1 controle e T1 refrigerado (0kGy), T2 temperatura ambiente (0kGy), sendo avaliados em 7, 10, 14 e 20 dias após a irradiação, com relação às seguintes análises: maturação, textura, cor e massa, para obter resultados eficazes de manutenção do pH, firmeza, retardo da senescência, massa e ainda sugestão de uma maior biodisponibilidade desse, em função da aplicação da radiação. A Figura 19 mostra o fruto controle em estado de maturação adequado ao consumo.

Figura 17 – *D. kaki* frescos e refrigerados submetidos a 1kGy e 3kGy, sendo quatro amostras dispostas em embalagens contendo quatro frutos *D. kaki* rama forte cada uma.



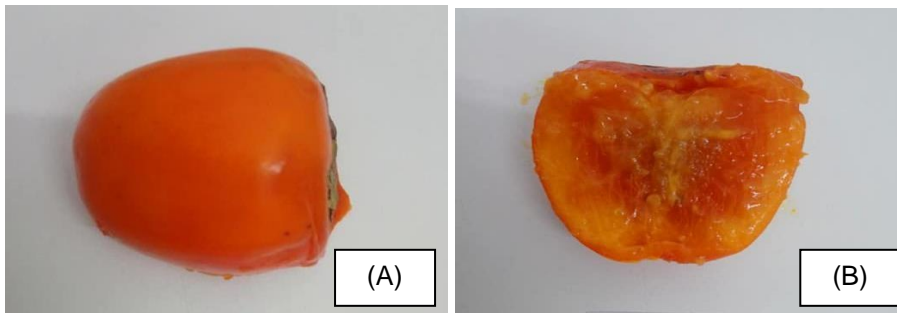
Fonte: Elaborado pela autora (2022).

Figura 18 – Amostras de controle.



Fonte: Elaborado pela autora (2022).

Figura 19 – Amostra de *D. kaki*.



Fonte: Elaborado pela autora (2022).

Para a análise dos caquis desidratados, as matrizes alimentares utilizadas foram pacotes de 80 gramas dos frutos de *D. kaki* rama forte desidratados, mantidos em temperatura ambiente e submetidos a três testes (3kGy , 5kGy e 10kGy), sendo seis amostras, duas para cada processo de irradiação, dispostas em suas embalagens originais (embalagem plástica transparente) (Figura 20). Além dessas, o estudo contou com duas amostras de controle. As dimensões da embalagem foram de 0,17 x 0,10 x 0,5 cm (A x L x C), padronizadas para garantir homogeneidade das doses.

Figura 20 – *D. kaki* desidratados e amostras para processo de irradiação.



Fonte: Elaborado pela autora (2022).

Os frutos foram submetidos aos seguintes tratamentos para apuração da eficácia da radiação gama de ^{60}Co : T1 (3kGy), T1 (5kGy), T1 (10kGy) e T3 controle (0kGy), sendo avaliados em 30, 60, 90, 120, 150, 180 e 210 dias após a irradiação, para as seguintes análises: retardo da senescência, textura, firmeza, vida de prateleira e proliferação de fungos.

Ao fim dos testes, foi possível determinar as doses eficientes para o retardo no amadurecimento, melhoramento tecnológico e tempo de prateleira para os frutos de *D. kaki* rama forte frescos e desidratados, evidenciando, por meio de estudos qualitativos e quantitativos, a evolução nos processos de conservação alimentar.

Os *D. kaki* rama forte desidratados foram submetidos às mesmas condições de análise dos caquis rama forte frescos. Os frutos desidratados artesanalmente foram descartados, visto que não apresentaram condições adequadas de manutenção para o encaminhamento ao processo de irradiação, pois apodreceram e propiciaram o surgimento de fungos e larvas mesmo em processo de secagem. Sendo assim, observou-se que os frutos não-irradiados são incapazes de permanecer intactos quanto à exposição aos agentes deteriorantes, quando não utilizadas ferramentas de melhoramento tecnológico.

Os frutos desidratados adquiridos já nessa condição foram irradiados em fonte de ^{60}Co , no Irradiador Multipropósito do CTR do IPEN/CNEN-SP. Foram aplicadas as doses de 1,0; 3,0; e 5,0kGy de irradiação.

4.1 Análises físico-químicas

4.1.1 Análises de cor

Para a realização da análise instrumental da cor das amostras irradiadas e do controle foi utilizado o colorímetro *Minolta Chroma Meter* modelo CR-400 (Figura 21). A análise de cor por meio desse equipamento permitiu avaliar o atributo de cor, identificar inconsistências e avaliar os seus respectivos resultados de maneira numérica e precisa.

Foram medidos os valores de L^* , a^* , b^* , C^* e h° em quatro leituras de sete amostras diferentes, utilizando espaços de tempo pré-definidos, com o intuito de

mensurar as alterações comparativas da amostra controle, tanto do *D. kaki* desidratado quanto do *D. kaki* fresco, tomando como base os valores da amostra controle para explicar as condições de melhoramento tecnológico diretamente relacionado ao aumento do tempo de prateleira dos frutos.

Figura 21 – Colorímetro.



Fonte: Elaborado pela autora (2022).

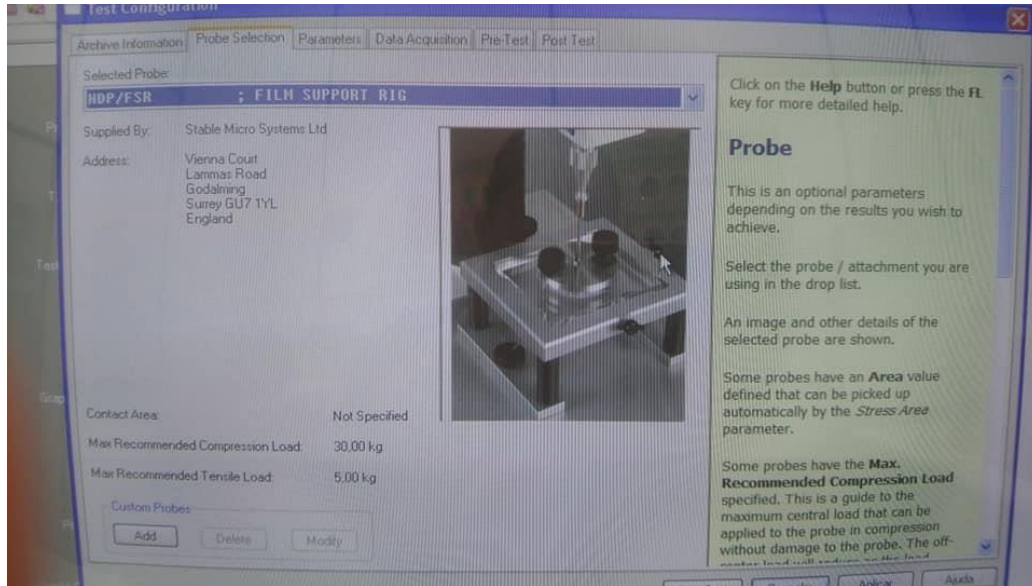
Na análise de ambas as amostras, os frutos foram avaliados em várias posições, levando em conta os quesitos de maturação, lado do talo e centro, que possuem tonalidades diferentes, uma vez que, no caquizeiro, a exposição ao sol não é uniforme em todo fruto, bem como nos frutos frescos, que possuem as mesmas características de variação de cor, todavia, com a diferença na disposição, já que são fatiados e desidratados.

4.1.2 Textura

A análise de textura foi realizada por meio do texturômetro TA-XT2 da marca *Stable Micro Systems* com capacidade de compressão de 50kg, com modo e operação de força de compressão e velocidade de teste de 50 mm/s. Foram avaliadas as amostras irradiadas do *D. kaki* fresco, desidratado e do controle, com porções

homogeneizadas e pesadas a temperatura ambiente, com relação aos atributos de firmeza, coesividade, adesividade e mastigabilidade (Figura 22).

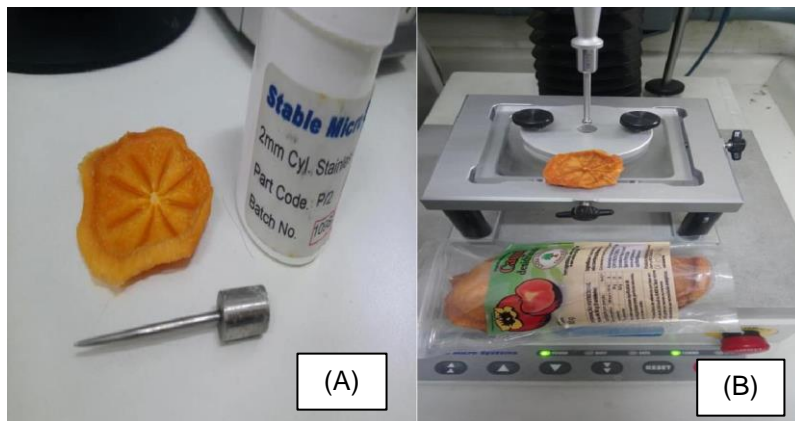
Figura 22 – Configuração do teste da textura.



Fonte: Elaborado pela autora (2022).

O probe e o texturômetro são equipamentos essenciais para a análise em questão, levando em conta que seu intuito é mensurar, nesse caso, a mastigabilidade, firmeza, corte e cisalhamento, que avaliam a manutenção do fruto após um determinado processo de aumento de vida útil, com as condições iniciais de controle do mesmo, é uma análise indispensável no processo (Figura 23).

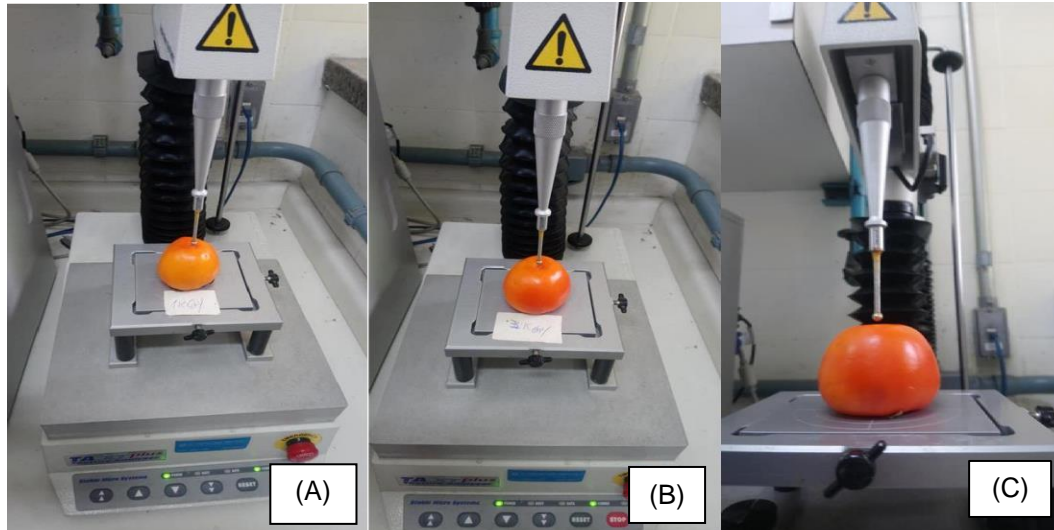
Figura 23 – Probe e texturômetro.



Fonte: Elaborado pela autora (2022).

Na Figura 24 é possível notas o processo de análise de textura, na qual, em uma das etapas os frutos e suas variações de dosagens de irradiação são dispostos no equipamento.

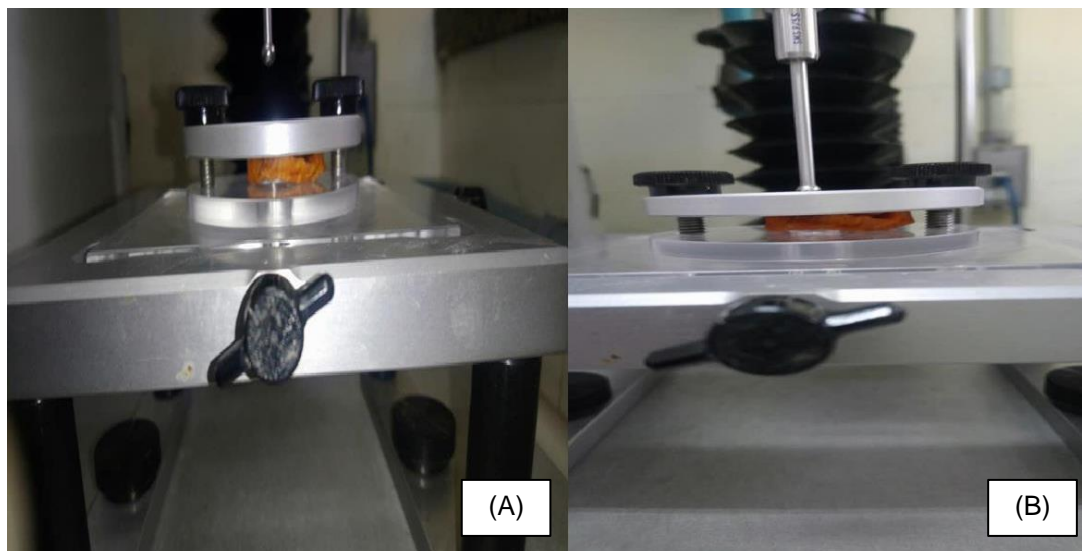
Figura 24 – Textura *D. kaki* fresco.



Fonte: Elaborado pela autora (2022).

O fruto desidratado passou pela mesma sequência de testes de análise de textura, com a finalidade de avaliar suas condições de manutenção das características iniciais (Figura 25).

Figura 25 – Textura *D. kaki* desidratado.



Fonte: Elaborado pela autora (2022).

4.1.3 Atividade de água

A atividade de água em um alimento relaciona-se à atividade microbiológica, enzimática ou química, determinando a vida de prateleira de um alimento, logo, por meio dessa análise, é possível mensurar a pressão de vapor em um determinado alimento, dependendo da quantidade de água presente, temperatura, concentração de solutos dissolvidos (sais e açúcares). Para a análise, utiliza-se um índice que oscila entre 0 e 1, de forma que quanto mais próximo de 1, maior será a quantidade de água livre no alimento avaliado (FELLOWS, 2006).

Como parâmetro da atividade de água, é viável considerar que a água pura tem $A_a = 1$, sendo assim, qualquer alimento que tenha A_a menor que 1 será um alimento fresco, uma vez que nesse o A_a é superior a 0,95 (AZEREDO, 2012). As atividades microbianas são inibidas abaixo de $A_a = 0,6$, já os fungos, leveduras e bactérias são inibidos abaixo de $A_a = 0,7$, $A_a = 0,8$ e $A_a = 0,9$, respectivamente. A interação da A_a com a temperatura, pH, oxigênio, dióxido de carbono ou conservantes químicos resulta em um efeito de grande relevância na interdição do crescimento microbiano (FELLOWS, 2006).

Dessa forma, o fator principal a ser considerado na estabilidade de um alimento não é o seu teor de umidade, mas sim a sua disponibilidade de água para o processo de crescimento microbiano e para as reações químicas. Sendo assim, alimentos desidratados e secos tendem a possuir uma durabilidade superior aos alimentos frescos, fator que está diretamente relacionado à disposição da água em sua composição (COULTATE, 1996). Portanto, os parâmetros de atividade de água mensuram a característica intrínseca, estando inteiramente relacionados com as propriedades físico-químicas do alimento, caracterizando uma medida qualitativa (Figura 26).

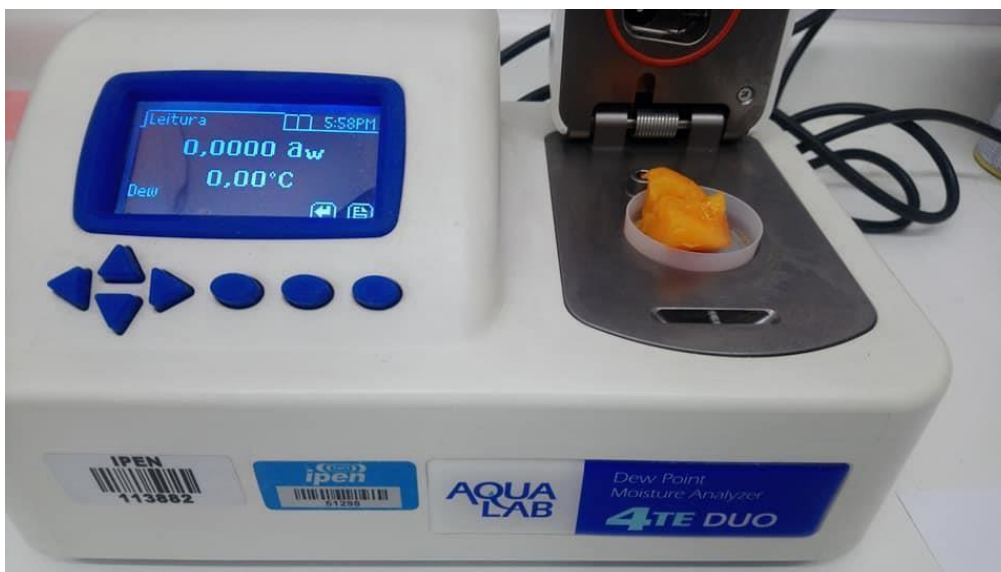
Figura 26 – Atividade de água para *D. kaki* desidratado.



Fonte: Elaborado pela autora (2022).

A análise de atividade de água no fruto fresco é indicativo da quantidade de água total no alimento. Além disso, a umidade relativa do ar tem efeito sobre a atividade de água, pois o alimento, ao ser acondicionado em ambientes com alta umidade, terá sua Aw aumentada (Figura 27).

Figura 27 – Atividade de água para *D. kaki* fresco.



Fonte: Elaborado pela autora (2022).

4.1.4 Brix

O teor de sólidos solúveis totais obtidos para o kaki fresco (Brix) está dentro do intervalo tratado por Floriano *et al.* (2006), variando entre 9 e 21%.

4.1.5 Cinzas

A determinação da perda de peso do fruto foi feita a partir da submissão à queima em temperaturas entre 550-570°C. O forno para o ensaio de cinzas foi fundamental para calcular a diferença entre o peso original da amostra e o peso de matéria orgânica no fruto (Figura 28). No forno para ensaio de cinzas, utilizou-se um cadinho calcinado, submetido à queima em forno mufla 550°C, resfriado e mantido em dessecador (Figura 29). Na Figura 30, é possível ver o cadinho com uma amostra em balança analítica após o processo de obtenção de cinzas.

Figura 28 – Forno para ensaio de cinzas fechado.



Fonte: Elaborado pela autora (2022).

Figura 29 – Forno para ensaio de cinzas aberto.



Fonte: Elaborado pela autora (2022).

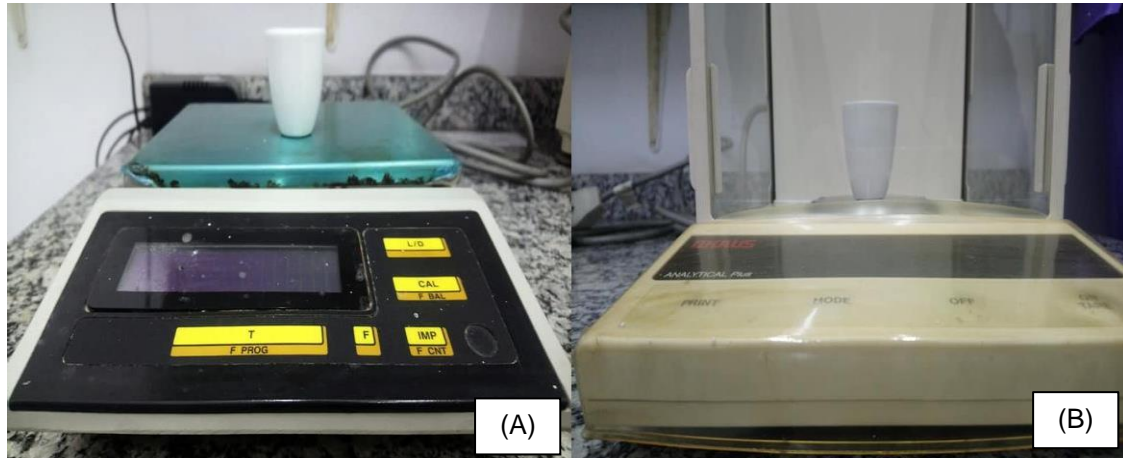
Figura 30 – Balança analítica.



Fonte: Elaborado pela autora (2022).

Os cadinhos com as cinzas foram pesados em balança analítica e em balança mecânica, evidenciando a confiabilidade nos resultados (Figura 31). Foram utilizados cadinhos calcinizados durante todo o processo da análise de cinzas até a mensuração do peso das mesmas (Figura 32).

Figura 31 – Análise de cinzas.



Fonte: Elaborado pela autora (2022).

Figura 32 – Cadinhos.



Fonte: Elaborado pela autora (2022).

4.1.6 Análise sensorial

A análise sensorial realizada consistiu no teste de aceitação por método afetivo, que verificou o grau de aceitação da fruta irradiada em relação à não irradiada. Para isso, foi utilizada uma escala hedônica verbal estruturada, na qual o degustador

manifestou o grau de sua aceitabilidade em relação às amostras por meio de uma escala de 1 a 9, de acordo com a Figura 33 (DUTCOSKY, 1996).

Figura 33 – Escala de amostragem para teste de aceitabilidade.

AMOSTRA _____			
COR	SABOR	AROMA	APARÊNCIA GERAL
9 – Gostei Muito	9 – Gostei Muito	9 – Gostei Muito	9 – Gostei Muito
8 – Gostei Moderadamente	8 – Gostei Moderadamente	8 – Gostei Moderadamente	8 – Gostei Moderadamente
7 – Gostei Ligeiramente	7 – Gostei Ligeiramente	7 – Gostei Ligeiramente	7 – Gostei Ligeiramente
6 – Gostei Pouco	6 – Gostei Pouco	6 – Gostei Pouco	6 – Gostei Pouco
5 – Não gostei / Nem Desgostei	5 – Não gostei / Nem Desgostei	5 – Não gostei / Nem Desgostei	5 – Não gostei / Nem Desgostei
4 – Desgostei Moderadamente	4 – Desgostei Moderadamente	4 – Desgostei Moderadamente	4 – Desgostei Moderadamente
3 – Desgostei Ligeiramente	3 – Desgostei Ligeiramente	3 – Desgostei Ligeiramente	3 – Desgostei Ligeiramente
2 – Desgostei Pouco	2 – Desgostei Pouco	2 – Desgostei Pouco	2 – Desgostei Pouco
1 – Não Gostei	1 – Não Gostei	1 – Não Gostei	1 – Não Gostei

Fonte: DUTCOSKY (1996).

Os testes para a análise sensorial foram efetuados com 20 professores da Unidade Escolar Estadual Miguel Reale, em Diadema (SP), sem qualquer conhecimento prévio referente aos tratamentos de irradiação que alguns *D. kaki* foram expostos (Figuras 34, 35, 36 e 37).

Figura 34 – *D. kaki* frescos após irradiação.



Fonte: Elaborado pela autora (2022).

Figura 35 – Análise sensorial de *D. kaki* fresco.



Fonte: Elaborado pela autora (2022).

Figura 36 – Análise sensorial de *D. kaki* desidratado.



Fonte: Elaborado pela autora (2022).

Figura 37 – Disposição por kGy.



Fonte: Elaborado pela autora (2022).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com Spoto *et al.* (1997), o caqui verde, quando irradiado no estado pré-climatérico e armazenado à temperatura ambiente, obtém melhor dose de radiação com 0,9kGy, evitando a perda de peso do fruto. Já para o caqui verde (pré-climatérico) irradiado e armazenado sob refrigeração, a melhor dose de radiação foi de 0,6kGy, porém constatou-se um aumento na densidade e na firmeza do fruto.

Com o intuito de estender o período de comercialização, utilizando técnicas adequadas de armazenamento para o caqui, a literatura mostra a avaliação do uso da radiação gama na qualidade pós-colheita de caquis giombo destanzados, evidenciando que frutos submetidos à dose de 0,6kGy apresentam menor percentual de perda de massa e produção de CO₂ ao longo do período experimental. Nesse caso, os tratamentos com 0,3kGy e 0,6kGy foram eficazes na manutenção da firmeza nos caquis (VIEITES; PICANÇO; DAIUTO, 2012).

Com base nas literaturas que avaliaram similarmente as condições do aumento do período de armazenamento relacionado às doses de irradiação gama, nota-se uma contundência satisfatória e, além disso, reafirma a efetividade do uso dos raios gama no processo de irradiação de alimentos.

5.1 Análises físico-químicas

5.1.1 Análises de cor

Na Tabela 2 estão disponíveis os testes de cor realizados, em que os frutos foram dispostos levando em conta suas especificidades de cor, atribuindo-lhes parâmetros qualitativos e quantitativos. O objetivo desses resultados foi evidenciar a proximidade satisfatória entre os frutos controle frescos e desidratados e os frutos irradiados frescos e desidratados. Nesse sentido, os resultados foram satisfatórios para frutos desidratados irradiados a 3kGy e frutos frescos irradiados a 1kGy.

Tabela 2 - Resultados da análise de cor.

Tratamento	L*	a*	b*
Caqui Fresco	33,94	29,49	36,00
	44,27	24,86	35,04
	44,99	25,10	33,92
Caqui Fresco 1kGy	46,94	16,01	38,86
	50,72	19,08	44,66
	44,27	14,11	33,57
Caqui Fresco 3kGy	57,23	11,56	50,35
	42,55	19,83	30,35
	42,98	19,07	31,14
Caqui Seco Controle	52,93	11,15	38,30
	54,82	10,69	37,86
	42,35	12,65	39,06
Caqui Seco 3kGy	55,08	13,95	40,82
	60,39	12,23	43,13
	54,97	18,08	53,65
Caqui Seco 5kGy	42,09	12,87	32,79
	32,05	12,38	29,46
	37,65	12,49	37,82
Caqui Seco 5kGy	52,28	15,42	41,31
	51,88	15,10	37,63
	38,30	12,27	35,27

Fonte: Elaborado pela autora (2022).

5.1.2 Textura

A Tabela 3 mostra os resultados obtidos a partir do ensaio de textura, que é um teste mecânico de produtos de consumo e mede suas propriedades físicas. A textura refere-se às qualidades de um alimento que podem ser sentidas com os dedos, língua, palato ou dentes. Os alimentos têm texturas diferentes e, no caso do caqui, o objetivo da análise de textura foi garantir a manutenção dessas características mesmo após a exposição às diferentes doses de irradiação nos frutos frescos (1kGy e 3kGy) e desidratados (1kGy, 3kGy, 5kGy e 10kGy).

Tabela 3 – Textura de *D. kaki* desidratados irradiados.

	Test 1	Test 2	Test 3	Test 4	Test 5
Controle	6,03 ± 0,95 ^{ab}	6,17 ± 0,85 ^{ab}	7,58 ± 1,62 ^{ab}	5,83 ± 1,42 ^{ab}	7,24 ± 1,30 ^{ab}
T3 kGy	6,11 ± 1,30 ^{ab}	6,66 ± 1,20 ^{ab}	6,75 ± 1,64 ^{ab}	7,10 ± 1,26 ^{ab}	6,98 ± 1,42 ^{ab}
T5 kGy	7,68 ± 1,54 ^{ab}	6,68 ± 0,98 ^{ab}	6,71 ± 1,12 ^{ab}	6,989 ± 2,18 ^{ab}	6,89 ± 1,18 ^{ab}
T10 kGy	5,60 ± 1,18 ^{ab}	5,57 ± 1,62 ^{ab}	6,81 ± 2,28 ^{ab}	6,33 ± 0,79 ^{ab}	6,61 ± 1,25 ^{ab}

Valores médios ± desvio padrão de quatro medidas amostrais. Letras iguais na mesma linha ou coluna não diferem estatisticamente umas das outras. Resultados analisados por *two-way-ANOVA*, seguido por Tukey ($p < 0,05$).

Fonte: Elaborado pela autora (2022).

5.1.3 Atividade de água

A análise de atividade de água nos frutos *D. kaki* desidratados não demonstrou alterações consideráveis, visto que o fruto desidratado utilizado como controle já possui um valor de atividade de água quase nulo, levando à conclusão de que sua medição nesse grupo foi irrelevante. A Tabela 4 mostra os valores médios de atividade de água nos intervalos de 24 horas, 72 horas e 128 horas, demonstrando a variação estatística das análises dos frutos frescos.

Tabela 4 – Valores médios de atividade de água nos frutos *D. kaki in natura* submetidos às doses de radiação gama de 1 kGy e 3 kGy analisados à temperatura ambiente.

Caqui fresco	Controle	1,0 kGy	3,0 kGy
24h	0,981 ± 0,0001 ^a	0,976 ± 0,0001 ^b	0,984 ± 0,0001 ^c
72h	0,982 ± 0,0001 ^a	0,988 ± 0 ^b	0,985 ± 0,0003 ^c
128h	0,976 ± 0,0001 ^a	0,981 ± 0 ^b	0,969 ± 0,0004 ^c

Valores médios ± desvio padrão (n=4). Os valores médios seguidos por letras iguais na mesma linha, não diferem entre si estatisticamente, de acordo com a ANOVA, seguida de (p < 0,001).

Fonte: Elaborado pela autora (2022).

5.1.4 Brix

A análise estatística dos dados evidenciou uma diferença significativa entre os tratamentos. Houve um aumento do teor dos sólidos solúveis totais nos frutos submetidos à irradiação com 3kGy, que apresentaram valor médio de 33,4 Brix, confirmando os resultados obtidos por diversos autores (CANEPPELE *et al.*, 2001; GALLI *et al.*, 1996; GOULARTE; ANTUNES; ANTUNES, 2000). Tal resultado demonstrou que parte do açúcar natural da fruta permanece nela e se concentra quando a água é retirada após o processo de secagem. Além disso, deve-se considerar que durante a DII parte do soluto osmótico utilizado é absorvido pela fruta, contribuindo para o aumento do Brix (Tabela 5).

A Tabela 6 mostra a variação média do teor de sólidos solúveis nos frutos secos de controle e irradiados à 3kGy, 5kGy e 10kGy. A análise quantitativa aos 0, 7, 14, 21, 35 e 50 dias mostrou resultados promissores de manutenção do caqui exposto a 3kGy.

Tabela 5 – Variação média do teor de sólidos solúveis (Brix) nos frutos *D. kaki* rama forte fresco com o uso da irradiação a 1 kGy e 3 kGy.

Tratamento	Dias de análise					
	0	7	14	21	35	50
Fresco controle	4,01 ^{aD}	5,0 ^{aD}	7,44 ^{aCD}	12,54 ^{aBC}	17,31 ^{aAB}	17,99 ^{aAB}
Fresco 1kGy	4,05 ^{aD}	5,02 ^{aD}	7,50 ^{aC}	12,56 ^{aBC}	17,66 ^{aAB}	19,88 ^{aAB}
Fresco 3kGy	4,55 ^{aD}	5,64 ^{aD}	7,76 ^{aCD}	12,12 ^{aAC}	18,09 ^{aAB}	22,11 ^{aAB}
CV (%)	19,05					

Médias seguidas da mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Fonte: Elaborado pela autora (2022).

Tabela 6 – Variação média do teor de sólidos solúveis (Brix) nos frutos *D. kaki* rama forte seco com o uso da irradiação a 3 kGy, 5 kGy e 10 kGy.

Tratamento	Dias de análise					
	0	7	14	21	35	50
Seco controle	2,03 ^{aD}	6,0 ^{aD}	8,45 ^{aCD}	11,50 ^{aBC}	15,30 ^{aAB}	16,97 ^{aA}
Seco 3kGy	2,01 ^{aD}	5,9 ^{aD}	8,36 ^{aCD}	11,44 ^{aBC}	14,17 ^{aAB}	16,01 ^{aA}
Seco 5kGy	1,76 ^{aD}	3,9 ^{aD}	7,45 ^{aCD}	10,22 ^{aBC}	12,11 ^{aAB}	14,13 ^{aA}
Seco 10kGy	0,98 ^{aD}	2,7 ^{aD}	5,48 ^{aCD}	8,67 ^{aBC}	8,99 ^{aAB}	11,75 ^{aA}
CV (%)	18,05					

Médias seguidas da mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Fonte: Elaborado pela autora (2022).

5.1.5 Cinzas

Os resultados de cinzas promoveram a constatação de um aumento pouco significativo nos teores de resíduos minerais do fruto *D. kaki*, de forma que os valores obtidos após a análise de cinzas estão em uma proximidade conclusiva confiável quando comparada às demais literaturas em que o objeto de estudo também é o *D. kaki* rama forte (SÁ *et al.*, 2018). Segundo Gallo (2018), Matos (2020), Sá *et al.* (2018) e Vieira (2020), o valor resultante da análise de cinzas mostrou uma média de 0,47%, evidenciando a proximidade dos resultados desse estudo no que se refere aos frutos frescos. Com relação aos frutos secos, não foi encontrada literatura disponível.

Os frutos secos apresentaram resultados satisfatórios com a irradiação a 3kGy, já os frutos frescos demonstraram resultados aceitáveis a partir da irradiação com 1kGy, evidenciando, assim, as doses relativas capazes de propiciar um fruto irradiado com a manutenção de suas características originais, ou seja, antes da submissão ao processo de irradiação (Tabela 7).

Tabela 7 – Resultados obtidos a partir do cálculo de cinzas nos frutos *D. kaki* rama forte seco com o uso da irradiação a 3 kGy, 5 kGy e 10 kGy e fresco com o uso da irradiação 1kGy e 3kGy.

Tratamento	Antes da irradiação (0 dias)	Depois da irradiação (7 dias)
Seco controle	12,01	11,09
Seco 3kGy	12,3	12,04
Seco 5kGy	10,02	10,00
Seco 10kGy	9,08	8,06
Fresco controle	48,00	48,02
Fresco 1kGy	48,04	48,12
Fresco 3kGy	45,78	46,01
Teor de Cinzas	(50%)	Resultados em % média = 3

Fonte: Elaborado pela autora (2022).

5.1.6 Análise sensorial

A aceitabilidade dos frutos frescos submetidos ao processo de melhoramento tecnológico por meio da irradiação a 1kGy não apresentou diferenças perceptíveis no sabor ou na coloração. A mesma evidência foi constatada na análise sensorial dos frutos secos expostos a 3kGy.

6 CONCLUSÕES

As doses eficientes de 1kGy para os frutos frescos e 3kGy para os frutos desidratados demonstraram resultados satisfatórios no atraso da maturação, na melhoria tecnológica e, conseqüentemente, proporcionou um aumento considerável no prazo de validade do fruto do *D. kaki* fresco e desidratado, evidenciando a eficácia do processo de irradiação dos alimentos sobre o fruto nas doses apresentadas.

A partir dos resultados obtidos, após as análises de cor, textura, atividade de água, Brix, cinzas e aceitação pública por meio de ensaio sensorial, conclui-se que os frutos de *D. kaki* frescos irradiados com uma dose de 1kGy permaneceram em perfeitas condições para consumo após 28 dias de tratamento tecnológico, enquanto a amostra controle mostrou degeneração após 14 dias de armazenamento.

Já os frutos de *D. kaki* desidratados, permaneceram em perfeitas condições para consumo em até 200 dias após a exposição ao processo de tratamento de irradiação, com dose favorável de 3kGy. Portanto, percebe-se que, tanto em frutas frescas como desidratadas, a exposição ao tratamento tecnológico para conservação por meio de raios gama foi eficiente.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDREWS, L. S. *et al.* Food preservation using ionizing radiation. **Reviews of Environmental Contamination and Toxicology**, v. 154, p. 1-53, 1998. Disponível em: https://doi.org/10.1007/978-1-4612-2208-8_1. Acesso em: 05 abr. 2019.
- AZEREDO, H. M. C. **Fundamentos de estabilidade de alimentos**. 2. ed. Brasília: Embrapa, 2012.
- BIANCHESSI, S. *et al.* Utilização do método de irradiação para a conservação dos alimentos. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 8, p. 80247-80254, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.34117/bjdv7n8-301>. Acesso em: 29 jan. 2022.
- BRASIL. **Resolução RDC nº 21, de 26 de janeiro de 2001**. Aprova regulamento técnico para irradiação de alimentos. Brasília: Diário Oficial da União, 29 jan. 2001. Disponível em: <https://www.saude.rj.gov.br/comum/code/MostrarArquivo.php?C=MjIzNw%2C%2C>. Acesso em: 06 abr. 2019.
- BUAINAIN, A. M.; BATALHA, M. O. **Cadeia produtiva de frutas**. Brasília: IICA: MAPA/SPA, 2007. Disponível em: <http://repiica.iica.int/docs/B0588p/B0588p.pdf>. Acesso em: 02 abr. 2019.
- CAMARGO FILHO, W. P.; MAZZEI, A. R.; ALVES, H. S. Mercado de caqui: variedades, estacionalidade e preços. **Informações Econômicas**, v. 33, n. 10, p. 81-87, 2003. Disponível em: <http://www.iea.sp.gov.br/ftp/iea/ie/2003/SETO1-OUT.pdf>. Acesso em: 12 jan. 2022.
- CANEPPELE, C. *et al.* Avaliação da eficiência de secagem em secadores de frutas por convecção natural. **Revista Brasileira de Armazenamento**, v. 26, n. 1, p. 46-52, 2001.
- CAQUI RAMA Forte. **Companhia de Entrepostos e Armazéns Gerais de São Paulo** (CEAGESP), 2019. Disponível em: <https://ceagesp.gov.br/guia-ceagesp/caqui-rama-forte/>. Acesso em: 28 mar. 2019.
- CAQUI: benefícios à saúde. **Hospital Israelita Albert Einstein**, 28 mar. 2016. Disponível em: <https://www.einstein.br/noticias/noticia/caqui-beneficios-a-saude>. Acesso em: 19 mar. 2019.
- CONHEÇA os benefícios do caqui rama forte, produto destaque da semana (16/03). **Companhia de Entrepostos e Armazéns Gerais de São Paulo** (CEAGESP), 16 mar. 2022. Disponível em: https://ceagesp.gov.br/comunicacao/noticias/beneficios_caqui_rama_forte_produto_destaque_da_semana_1603/. Acesso em: 30 abr. 2022.
- COULTATE, T. P. **Food: The chemistry of its components**. 4. ed. London: Royal Society of Chemistry, 1996.

CREWS, C.; DRIFFIELD, M.; THOMAS, C. Analysis of 2-alkylcyclobutanones for detection of food irradiation: Current status, needs and prospects. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 26, n. 1-2, p. 1-11, 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2011.11.006>. Acesso em: 12 abr. 2022.

DUARTE, C. L. **Aplicação do processo avançado de oxidação por feixe de elétrons na degradação de compostos orgânicos presentes em efluentes industriais**. 1999. Tese (Doutorado em Ciências) – Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1999. Disponível em: http://pelicano.ipen.br/PosG30/TextoCompleto/Celina%20Lopes%20Duarte_D.pdf. Acesso em: 30 abr. 2022.

DUTCOSKY, S. D. **Análise sensorial de alimentos**. Curitiba: PUCPress Editora Universitária Champagnat, 1996.

EHLERMANN, D. A. E. The RADURA-terminology and food irradiation. **Food Control**, v. 20, n. 5, p. 526-528, 2009. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2008.07.023>. Acesso em: 10 jan. 2022.

FARKAS, J. Irradiation for better foods. **Trends in Food Science & Technology**, v. 17, n. 4, p. 148-152, 2006. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2005.12.003>. Acesso em: 12 fev. 2022.

FELLOWS, P. J. **Tecnologia do Processamento de Alimentos: Princípios e Prática**. 2. ed. Porto Alegre: Artmed, 2006.

FERREIRA, A. S. *et al.* Normas nacionais para beneficiamento em irradiação de alimentos. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 7, p. 43201-432013, 2020. Disponível em: <https://www.brazilianjournals.com/index.php/BRJD/article/view/12621/10596>. Acesso em: 28 mar. 2022.

FLORIANO, C. M. *et al.* Efeito da radiação gama na conservação do maracujá-doce. **Agronomia**, v. 39, n. 1-2, p. 77-82, 2006. Disponível em: <http://www.ia.ufrj.br/revista/Vol.%2039%20-2005/DPF/Trab.%20012%20-%20radiacao.pdf>. Acesso em: 09 abr. 2022.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION (FAO). **The state of food insecurity in the world 2012: economic growth is necessary but not sufficient to accelerate reduction of hunger and malnutrition**. Rome: FAO, 2012.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS (FAOSTAT). Statistical Database. **Crops and livestock products**. 2022. Disponível em: <http://faostat.fao.org/site/567/DesktopDefault.aspx?PageID=567#ancor>. Acesso em: 20 mar. 2019.

FOOD INGREDIENTS BRASIL. **Dossiê alimentos desidratados**, n. 26, p. 58-59, 2013. Disponível em: <http://www.revista-fi.com/materias/338.pdf>. Acesso em: 10

maio 2019.

FOOD irradiation. **International Atomic Energy Agency**, 2019. Disponível em: <https://www.iaea.org/topics/food-irradiation>. Acesso em: 27 mar. 2019.

GALLI, D. C. *et al.* Influência da composição do xarope nas características físico-químicas de pêssegos tipo passa. **Revista Brasileira de Agrociência**, v. 2, n. 3, p. 179-182, 1996. Disponível em: <https://periodicos.ufpel.edu.br/ojs2/index.php/CAST/article/viewFile/175/171>. Acesso em: 26 mar. 2019.

GALLO, J. M. A. S. **Avaliação da percepção de participantes do Banco de Alimentos da Companhia de Entrepósitos e Armazéns Gerais de São Paulo sobre o processo de irradiação de alimento**. Divulgação do tratamento de alimentos por radiação ionizante: desenvolvimento de questionário e análise sensorial. 2018. Tese (Doutorado em Tecnologia Nuclear – Aplicações) – Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, São Paulo, 2018. Disponível em: <https://teses.usp.br/teses/disponiveis/85/85131/tde-19102018-143549/publico/2018GalloAvaliacao.pdf>. Acesso em: 04 jul. 2022.

GOULARTE, V. D. S.; ANTUNES, E. C.; ANTUNES, P. L. Qualidade de maçã Fuji osmoticamente concentrada e desidratada. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 20, n. 2, p. 160-163, 2000. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0101-2061200000200006>. Acesso em: 21 abr. 2022.

HISTÓRICO do CTR. **Instituto de Pesquisa Energéticas e Nucleares (IPEN)**, 2022. Disponível em: https://www.ipen.br/portal_por/portal/interna.php?secao_id=681. Acesso em: 12 abr. 2022.

IGLESIAS VALERA, G. **Optimización de la elaboración de vinagre de caqui “Rojo Brillante” (*Diospyros kaki*)**. 2018. Dissertação (Mestrado em Enologia) – Universitat Politècnica de València, Valencia, 2018. Disponível em: <https://riunet.upv.es/handle/10251/109890>. Acesso em: 15 fev. 2022.

INSTITUTO DE ECONOMIA AGRÍCOLA (IEA). **Secretaria de Agricultura e Abastecimento**. 2019. Disponível em: <http://www.iea.agricultura.sp.gov.br/out/index.php>. Acesso em: 20 mar. 2019.

JACQUES, A. C. *et al.* Sanitização com produto à base de cloro e com ozônio: efeito sobre compostos bioativos de amora-preta (*rubus fruticosus*) cv. Tupy. **Revista Ceres**, v. 62, n. 6, p. 507-515, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/0034-737X201562060001>. Acesso em: 26 mar. 2019.

JAPANESE massaged dried persimmon: Hoshigaki. **Slow Food Foundation for Biodiversity**, 2019. Disponível em: <https://www.fondazioneSlowFood.com/en/ark-of-taste-slow-food/japanese-massaged-dried-persimmons/>. Acesso em: 20 mar. 2019.

JARDIM BOTÂNICO DO RIO DE JANEIRO. **Flora e Funga do Brasil**. Disponível

em: <https://floradobrasil.jbrj.gov.br/FB603406>. Acesso em: 03 jul. 2022.

LEVY, D.; SORDI, G. M. A. A.; VILLAVICENCIO, A. L. C.H. Irradiação de alimentos no Brasil: revisão histórica, situação atual e desafios futuros. **Brazilian Journal of Radiation Sciences**, v. 8, n. 3, p. 1-16, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.15392/bjrs.v8i3.1241>. Acesso em: 30 abr. 2022.

LEVY, D.; VILLAVICENCIO, A. L. C. H. Web-Based Tools to Increase Public Understanding of Nuclear Technology and Food Irradiation. **International Scholarly and Scientific Research & Innovation**, v. 11, n. 1, p. 70-74, 2017. Disponível em: <http://repositorio.ipen.br/bitstream/handle/123456789/27513/23753.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 16 mar. 2022.

MAIA, J.; MORELATO, R. R. Tira-Caqui: celebração da agricultura urbana. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIAS DA COMUNICAÇÃO, 41., 2018, Joinville. **Anais** [...]. Joinville: Intercom, 2018, p. 1-15.

MATOS, C. M. S. **Efeito da desidratação osmótica nas características físico-químicas, nos compostos bioativos e perfil volátil de caqui (*Diospyros kaki*) submetido a diferentes métodos de secagem**. 2020. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, 2020. Disponível em: https://ri.ufs.br/bitstream/riufs/13908/2/CECILIA_MORAIS_SANTANA_MATOS.pdf. Acesso em: 12 jan. 2022.

MILAGRES, R. C. R. M. **Efeito da radiação gama do ^{60}Co na conservação e qualidade de pimenta in natura e em polpa**. 2014. Tese (Doutorado em Ciências) – Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2014. Disponível em: https://teses.usp.br/teses/disponiveis/64/64134/tde-12122014-093719/publico/ReginaCRMMilagres_Revisada.pdf. Acesso em: 13 abr. 2019.

MOREHOUSE, K. M. Food irradiation: US regulatory considerations. **Radiation Physics and Chemistry**, v. 63, n. 3-6, p. 281-284, 2002. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/S0969-806X\(01\)00514-X](https://doi.org/10.1016/S0969-806X(01)00514-X). Acesso em: 02 abr. 2019.

PACHI FILHO, F. F. Irradiação garante segurança fitossanitária e pode aumentar durabilidade de alimentos. **FTT Journal of Engineering and Business**, v. 1, n. 3, p. 81-88, 2018. Disponível em: <http://journal.ftt.com.br/seer/index.php/FTT/article/view/96>. Acesso em: 22 fev. 2022.

PARK, Y. S. *et al.* In vitro antioxidative and binding properties of phenolics in traditional, citrus and exotic fruits. **Food Research International**, v. 74, p. 37-47, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2015.04.021>. Acesso em: 15 mar. 2022.

PEREIRA, F. M.; KAVATI, R. Contribuição da pesquisa científica brasileira no desenvolvimento de algumas frutíferas de clima subtropical. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 33, p. 92-108, 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0100-29452011000500013>. Acesso em: 8 jun. 2022.

RICO, C. W. *et al.* The comparative effect of steaming and irradiation on the physicochemical and microbiological properties of dried red pepper (*Capsicum annum L.*). **Food Chemistry**, v. 119, n. 3, p. 1012-1016, 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2009.08.005>. Acesso em: 28 mar. 2019.

SÁ, N. S. *et al.* Caracterização pós-colheita de variedade de caqui produzidas no Cerrado de Goiás. **Agrarian**, v. 11, n. 42, p. 324-327, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.30612/agrarian.v11i42.7062>. Acesso em: 10 jan. 2022.

SÃO PAULO. Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo. Instituto de Economia Agrícola. Coordenadoria de Desenvolvimento Rural Sustentável. **Projeto LUPA 2019: Censo Agropecuário do Estado de São Paulo**. São Paulo: SAA: IEA: CDRS, 2019.

SHAHBAZ, H. M. *et al.* Chemical and sensory quality of fresh pomegranate fruits exposed to gamma radiation as quarantine treatment. **Food Chemistry**, v. 145, p.312-318, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.08.052>. Acesso em: 26 mar. 2019.

SILVA, M. C. *et al.* Qualidade pós-colheita de caqui 'fuyu' com utilização de diferentes concentrações de cobertura comestível. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 35, n. 1, p. 144-151, 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1413-70542011000100018>. Acesso em: 19 mar. 2019.

SPOTO, M. H. F. *et al.* Efeitos de dose de radiação e temperatura de armazenamento em caquis (*Diospyrus kaki L.*) nos estágios pré e pós-climatérico. **IPEN**, 1997. Disponível em: https://www.ipen.br/biblioteca/cd/inac/1997/ENAN/E08_117.PDF. Acesso em: 12 abr. 2022.

TSUKAMOTO, K.; SHIRAIISHI, T. Hoshigaki: o caqui seco japonês. **Japan House São Paulo**, 29 jul. 2020. Disponível em: <https://www.japanhousesp.com.br/artigo/hoshigaki-caqui-seco-japones/>. Acesso em: 28 mar. 2019.

ULMANN, R. M. **Peaceful uses of atomic energy**. United Nations Publications: New York, 1972.

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO (USP). **Tabela Brasileira de Composição Centesimal de Alimentos: Caqui, *Diospyros kaki L.*** 1998. Disponível em: <http://www.intranet.fcf.usp.br/tabela/resultado.asp?IDLetter=C&IDNumber=571>. Acesso em: 10 jan. 2022.

VIEIRA, G. H. M. Irradiação ionizante em pós-colheita de atemoia cultivar 'Thompson'. **Colloquium Agrariae**, v. 16, n. 5, p. 67-81, 2020. Disponível em: <https://journal.unoeste.br/index.php/ca/article/view/3475>. Acesso em: 30 abr. 2022.

VIEITES, R. L.; PICANÇO, N. F. M.; DAIUTO, E. R. Radiação gama na conservação

de caqui 'giombo', destanizado e frigoarmazenado. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 34, n. 3, p. 719-726, 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0100-29452012000300010>. Acesso em: 15 maio 2022.

XIE, Z. *et al.* Effects of preharvest ultraviolet-C irradiation on fruit phytochemical profiles and antioxidant capacity in three strawberry (*Fragaria x ananassa* Duch.) cultivars. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 95, n. 14, p. 2996-3002, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/jsfa.7064>. Acesso em: 20 mar. 2019.

ZARBAKSH, S.; RASTEGAR, S. Influence of postharvest gamma irradiation on the antioxidant system, microbial and shelf life quality of three cultivars of date fruits (*Phoenix dactylifera* L.). **Scientia Horticulturae**, v. 247, p. 275-286, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2018.12.035>. Acesso em: 26 mar. 2019.

ZENG, F. *et al.* Gamma radiation control quality and lignification of bamboo shoots (*Phyllostachys praecox* F. *prevernalis*) stored at low temperature. **Postharvest Biology and Technology**, v. 102, p. 17-24, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2015.02.004>. Acesso em: 18 mar. 2019.

ZHOU, Z. *et al.* Extraction, purification and anti-radiation activity of persimmon tannin from *Diospyros kaki* L.f. **Journal of Environmental Radioactivity**, v. 163-163, p. 182-188, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jenvrad.2016.05.034>. Acesso em: 15 mar. 2019.

ZHU, W. *et al.* Acidic electrolyzed water efficiently improves the flavour of persimmon (*Diospyros kaki* L. cv. Mopan) wine. **Food Chemistry**, v. 197, p. 141-149, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.10.106>. Acesso em: 20 mar. 2019.

INSTITUTO DE PESQUISAS ENERGÉTICAS E NUCLEARES
Diretoria de Pesquisa, Desenvolvimento e Ensino
Av. Prof. Lineu Prestes, 2242 – Cidade Universitária CEP: 05508-000
Fone/Fax(011) 3133-8908
SÃO PAULO – São Paulo – Brasil
<http://www.ipen.br>

O IPEN é uma Autarquia vinculada à Secretaria de Desenvolvimento, associada à Universidade de São Paulo e gerida técnica e administrativamente pela Comissão Nacional de Energia Nuclear, órgão do Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações.