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

Efeito da radiação ionizante em farinhas temperadas de “bacon” e tradicional

ANA PAULA NUNES DE SÁ

Dissertação apresentada como parte dos requisitos parao btenção do Grau de Mestre em Ciências na Área de Tecnologia Nuclear – Aplicações

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

São Paulo
2020

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

Efeito da radiação ionizante em farinhas temperadas de "bacon" e tradicional

Versão Corrigida

Versão Original disponível no IPEN

ANA PAULA NUNES DE SÁ

Dissertação apresentada como parte dos requisitos para obtenção do Grau de Mestra em Ciências na Área de Tecnologia Nuclear – Aplicações

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

São Paulo

2020

Fonte de Financiamento: Comissão Nacional de Energia Nuclear
Autorizo a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho,
para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte

Como citar:
Sá, A. P. N. d. ***Efeito da radiação ionizante em farinhas temperadas de "bacon" e tradicional.*** 2020. 75 p. Dissertação (Mestrado em Tecnologia Nuclear), Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, IPEN-CNEN/SP, São Paulo. Disponível em: (data de consulta no formato: dd/mm/aaaa)

Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de geração automática da Biblioteca IPEN/USP,
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

Sá, Ana Paula Nunes de
Efeito da radiação ionizante em farinhas temperadas de "bacon" e tradicional/ Ana Paula Nunes de Sá; orientadora Anna Lucia C.H. Villavicencio. -- São Paulo, 2020.
75p.fig

Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Tecnologia Nuclear (Aplicações) -- Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, São Paulo, 2020.

1. Farinha temperada. 2. Radiação ionizante. 3. Propriedades tecnológicas. 4. Tecnologia de alimentos.
I.Villavicencio, Anna Lucia C.H., orient. II. Título.

Dedico este trabalho:

À minha mãe Mª de Lourdes

Minha maior incentivadora, por não ter medido esforços para a realização de mais um grande sonho.

Ao meu tio Renato

Pela amizade, paciência e por sempre me incentivar a alcançar vôos cada vez mais altos com confiança, empenho e determinação.

À minha tia Francisca

Por todo o incentivo, amor incondicional e por torcer pelo meu sucesso e realização pessoal e profissional.

AGRADECIMENTOS

A Deus por estar me iluminando, protegendo e me dando forças para enfrentar este grande desafio e seguir em frente.

A Prof. Dra. Anna Lucia C. H. Villavicencio, por ter aceitado me orientar, tornando possível a realização de um grande sonho. Muito obrigada pela sua confiança, recepção, orientação, incentivo e disponibilidade em transmitir tanto conhecimento, tornando menos difícil enfrentar cada etapa.

Ao Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares pela oportunidade de fazer parte deste Programa de Pós-Graduação e com ele aos funcionários da Divisão de Pós-Graduação pelas informações e orientações prestadas.

À comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN) pela concessão da bolsa de mestrado.

Ao departamento Centro de Tecnologia das Radiações- CETER representada pela chefe de divisão de desenvolvimento Dra. Margarida Hamada pelo apoio e disposição em ajudar.

Aos engenheiros Elizabeth Somessari e Carlos Gaia da Silveira, pelo constante auxilio no processamento por irradiação das amostras.

Ao Professor Dr. Valter Arthur pela amizade e ensinamento que vêem desde o estágio na graduação, pela recepção no CENA.

Aos colegas do Centro de Tecnologia das Radiações (CETER) e todos outros setores que percorri nesses anos, pelas conversas e troca de informações.

Ao Professor Dr. Jorge Mancini Filho, pela oportunidade de desenvolver parte do trabalho no laboratório de Lípidesda Faculdade de Ciências Farmacêuticas FCF/USP, agradeço pela confiança, atenção e conhecimentos repassados nesse período.

As todas as pessoas com quem estive a prazer de conviver na Faculdade de Ciências Farmacêuticas (FCF) da Universidade de São Paulo do Departamento de Alimentos e Nutrição Experimental em especial a técnica de laboratório Rosângela Pavan pelo carinho, atenção e pro atividade sempre que precisei da ajuda.

Ao Instituto de Tecnologia de Alimentos (ITAL) Campinas pelas análises realizadas, em especial ao departamento do Cereal Chocotec.

Meu agradecimento a todos que me acompanharam ao longo dessa jornada e que direta ou indiretamente cooperaram na realização deste trabalho.

MUITO OBRIGADA!

Farinha é de mandioca

Sou feita de mandioca
Passada no caititu
Qualquer mistura me agrada
Nas mesas de norte a sul
Nada contra quem pensava
Que eu fosse de macaxeira
Sou irmã da tapioca
Que sai da manipueira
Me escalda o caldo de tudo
Carne, peixe, ovo e galinha
Quem me consome eu saúdo
Me orgulho de ser farinha...
Farinha de mandioca
Farinha de cada dia
Farinha que mata a fome
Farinha que delicia
Farinha que faz farofa
Farinha que faz pirão
Farinha que faz paçoca
Arrumadinho e bolinho de feijão

Eliezer Setto

RESUMO

SÁ, A. P. N. d. ***Efeito da radiação ionizante em farinhas temperadas de "bacon" e tradicional.*** 2020. 75 p. Dissertação (Mestrado em Tecnologia Nuclear), Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, IPEN-CNEN/SP, São Paulo.

A farinha temperada ou denominada farofa é um prato típico brasileiro feito com farinha de mandioca tostada e presenças algum nutriente a agregar o sabor. A radiação ionizante pode ter o potencial de melhorar o produto e prolongar sua vida útil. O objetivo deste trabalho foi investigar sobre os efeitos da radiação ionizante nas propriedades tecnológicas, físico-químicas e estabilidade oxidativa em amostras de farinha temperada de "bacon" (FTB) e farinha temperada tradicional (FTT) durante sua vida útil. As amostras foram obtidas em mercados locais (São Paulo / Brasil), e irradiadas no acelerador de feixe de elétrons, com doses de irradiação equivalentes à 0kGy (controle), 1kGy, 5kGy e 10kGy e analisados no primeiro e nonagésimo dia de armazenamento das amostras de farinha. Ao caracterizar as amostras através das analises físico-químicas (atividade de água, pH e cor) foi possível constatar que presença alterações em decorrência do aumento das doses empregadas e o tempo de armazenamento influenciou significativamente os resultados independente das doses empregadas, isso devido às reações promovidas nas amostras. Ao estudar as propriedades tecnológicas da pasta pelo ensaio viscográfico no Rapid Visco Analyser, verificou-se uma queda significativa da viscosidade com o aumento da dose de radiação, tendo um aumento na estabilidade final da viscosidade após 90 dias de armazenamento, quesito importante na indústria de alimento; nos ensaios da estabilidade oxidativa das farinhas pode-se perceber a interação do efeito da radiação com aumento das doses expressa valores de peróxido e a presença de radiosensibilidade de alguns ácidos graxos.Contudo, a dose 1 kGy apresentou melhores resultados de análise em comparação com as doses 5kGy e 10 kGy, dose essa suficiente para alterar as características das amostras e o tempo de armazenamento foi diretamente significativo para as mudanças.

Palavras chave: radiação ionizante, farinha temperada, propriedades tecnológicas, tecnologia de alimento

ABSTRACT

SÁ, A. P. N. d. ***Effect of ionizing radiation in "bacon" and traditional seasoned flours***.2020. 75 p. Dissertação (Mestrado em Tecnologia Nuclear), Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, IPEN-CNEN/SP, São Paulo

Seasoned flour or “farofa” is a typical Brazilian dish made with toasted manioc flour, and some nutrients to add flavor. Ionizing radiation can have the potential to improve the product and extend its life. This study has the objective to investigate the effects of ionizing radiation on technological, physical-chemical and oxidative stability properties in samples of “bacon” seasoned flour (FTB) and traditional seasoned flour (FTT) during their useful life. The samples were obtained in local markets (São Paulo / Brazil), and irradiated in the electron beam accelerator, with irradiation doses equivalent to 0kGy (control), 1kGy, 5kGy and 10kGy and analyzed on the first and ninetieth day of storage of the samples of flour. By characterizing the samples through physical-chemical analyzes (water activity, pH and color) it was possible to verify that the presence of changes due to the increase in the doses used and the storage time significantly influenced the results regardless of the doses used, due to the reactions promoted in the samples. When studying the technological properties of the paste by the viscographic test in the Rapid Visco Analyzer, there was a significant drop in viscosity with the increase of the radiation dose and an increase in the final stability of the viscosity after 90 days of storage, an important requisite in the food; in the tests of the oxidative stability of the flours, it is possible to perceive the interaction of the radiation effect with increased doses expressing peroxide values and the presence of radiosensitivity of some fatty acids. However, the dose 1 kGy presented better analysis results in comparison with the doses 5kGy and 10 kGy, a dose sufficient to alter the characteristics of the samples and the storage time was directly significant for the changes.

Keywords: ionizing radiation, seasoned flour, technological propertie, food technology,

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO 1
2 OBJETIVO 3
2. 1 Objetivo geral 3
2. 2 Objetivos específicos 3
3 REVISÃO DE LITERATURA 4
3.1 Mandioca e a farinha de mandioca 4
3. 1. 1 Farinha temperada 5
3. 2 Propriedades reológica da farinha 7
3. 3 Irradiação de alimentos 10
3. 3. 1 História e conceitos 10
3. 3. 2 Obstáculos na implantação da tecnologia 12
3. 4 Aplicação da radiação ionizante nas reações: químicas e biológicas 14
3. 4. 1. 1 Carboidratos 15
3. 4. 1. 2 Proteína 17
3. 4. 1. 3 Lipídios 17
4. MATERIAIS E MÉTODOS 19
4. 1 Material 19
4. 2 Processos de irradiação 20
4. 3 Caracterização das farinhas temperadas 20
4. 3. 1 Determinação do pH 20
4. 3. 2 Análise de atividade de água (Aw) 21
4. 3. 3 Análise instrumental colorimétrica 21
4. 4 Determinações das propriedades tecnológicas das farinhas temperada irradiadadas 23
4. 4. 1 Propriedades da pasta 23
4. 5 Caracterização físico-química da fração lipídica obtida da farinha temperada 25
4. 5. 1 Índice de peróxido 26

4. 6 Caracterização do perfil de ácidos graxos.....26
4. 6. 1 Preparação dos ésteres metílicos de ácidos graxos.....26
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO 28
5. 1 Características de qualidade das farinhas temperadas.....28
5.1.1 Determinação do pH.....28
5. 1. 2 Análise de atividade de água (Aw).....32
5. 1. 3 Análise instrumental colorimétrica 34
5. 2 Determinações das propriedades tecnológicas das farinhas temperadas.39
5. 2.1 Propriedades da pasta.....39
5. 3 Caracterizações físico-quimica da fração lipídica obtida das farinhas temperadas. 42
5. 3. 1 Características de qualidade e estabilidade dos óleos obtidos. 42
5. 3. 2 Índice de peróxido 43
5. 3. 3 Identificação e quantificação dos ácidos graxos.....45
6 CONCLUSÃO 49
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 51

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Perfil da análise do método Padrão 1..... 24

Tabela 2- Efeito da atividade de água (Aw) das Farinhas Temperada tradicional FTT e das Farinhas Temperada “Bacon” FTB controle e irradiados com doses (1, 5 e 10 kGy) analisada durante de 1 e 90 dias de armazenamento..... 32

Tabela 3- Perfil de viscosidade da pasta..... 41

Tabela 4 - Teor de lipídios totais (%) das farinhas temperadas de (“bacon” e tradicional em relação as doses e ao tempo de armazenamento..... 43

Tabela 5 - Índice de Peróxido (mEq/kg) determinado nas FTB e FTT controle (não irradiada) e irradiadas a 1, 5 e 10 kGy nos dias 1 e 90 dias de armazenamento 44

Tabela 6 - Perfil de ácidos graxos (%) presentes no óleo extraído da Farinha Temperada Tradicional (FTT)..... 46

Tabela 7- Perfil de ácidos graxos (%) presentes no óleo extraído da Farinha Temperada “Bacon” (FTB) 48

LISTA DE FIGURAS

Figura 1-Produção Brasileira de mandioca por Região 4

Figura 2- Processo de trituração e mistura da farofa 6

Figura 3- Representação da curva do Viscoamilógrafo, frente às mudanças da viscosidade do amido em relação à temperatura 8

Figura 4-Viscoamilograma típico do RVA e os parâmetrosavaliados 9

Figura 5- Símbolo da “RADURA” utilizado em produto irradiado 12

Figura 6- Mecanismo da redução da viscosidade e o cross-linking (aumento da viscosidade) na farinha de milho irradiada 16

Figura 7- Croqui experimental de dois delineamentos a Farinha temperada Tradicional e a Farinha temperada “Bacon” 19

Figura 9- Aparelho digital Aqualab, 4TE Duo 21

Figura 10-Chroma Portátil da marca MINOLTA..... 21

Figura11 - Sistema CIELAB..... 22

Figura 12- Sistema das coordenadas C* h°..... 22

Figura 13- Rapid Visco Analyser da PertenInstruments 24

Figura 14- Sistema de extração de gordura..... 25

Figura 15 - Determinação do pH das amostras de farinha temperada tradicional irradiadas com doses 1,0kGy, 5,0kGy e 10,0 kGy e amostra controle não irradiada no1º e 90º dia de armazenamento 29

Figura 16-Efeito do pH das farinhas temperadas de bacon (FTB) irradiadas com doses (1,0; 5,0 e 10,0 kGy) e o controle (não irradiada) no 1 e 90 dias de armazenamento 30

Figura 17- Reprodução gráfica das medias do pH em amostras de farofas temperadas FTT (A) e FTB (B) em função do consolidado doses (0,0; 1,0; 5,0 e 10,0 kGy) e período de armazenamento de 1 e 90 dias, respectivamente 31

Figura 18 - Atividade de água (Aw) das Farinhas Temperada Tradicional (A) e das Farinhas Temperada “Bacon” (B) controle e irradiados com doses (1,0; 5,0 e 10,0 kGy) durante o armazenamento de 1 e 90 dias. * indica significância estatística quando comparada com a mesma dose em períodos de 1 e 90 dias de armazenamento 33

Figura 19- Parâmetros da análise de cor em relação à dose de irradiação e o tempo de armazenamento da amostra FTB (A) L* Luminosidade; (B) a* Cor Vermelha e (C) b* Cor Amarela..... 34

Figura 20 - Parâmetros da análise de cor em relação à dose de irradiação e o tempo de armazenamento da amostra FTB (A) C*ângulo da cor 0° - vermelho; 90° amarelo; 180° verde; 270° azul e 360° negro e (B) h Saturação ou intensidade da cor; 0 – cor impura e 60 – cor..... 36

Figura 21- Parâmetros da análise de cor em relação à dose de irradiação e o tempo de armazenamento da amostra FTT (A) L* Luminosidade; (B) a* Cor Vermelha; (C) b* Cor Amarela..... 37

Figura 22- Parâmetros da análise de cor em relação à dose de irradiação e o tempo de armazenamento da amostra FTT (A) C*ângulo da cor 0° - vermelho; 90° amarelo; 180° verde; 270° azul e 360° negro e (B) h Saturação ou intensidade da cor; 0 – cor impura e 60 - cor 38

1 INTRODUÇÃO

Vários trabalhos científicos vêm explorando as mudanças geradas pelo processo de irradiação nas propriedades tecnológicas, sensoriais, funcionais, térmicas e físico-químicas das farinhas de trigo e do amido, uma vez já se sabe sobre a eficiência da tecnologia da irradiação, frente às questões da redução da carga microbiológica na farinha (HILSENRATH, 2005; INAMURA et al.,2012) e no controle da infestação de insetos em grãos de trigo e farinha de trigo durante o armazenamento (MARATHE et al.,2002). O desafio atual está relacionado à utilização de diferentes doses de radiação com a finalidade de melhoramento das propriedades tecnológicas das farinhas (BASHIR et al., 2017).

A tecnologia da irradiação é um processo físico que envolve a exposição do alimento, embalado ou não, a um dos três tipos de energia ionizante: radiação gama (Co^{60} ou Cs^{137}), os aceleradores de elétrons com os raios X e os feixes de elétrons acelerados, utilizados em com uma sala ou câmara especial de processamento, por um tempo determinado. Atualmente, a aplicação da irradiação por feixe de elétrons vem sendo a mais explorada por ser um método que não requer uma fonte de radiação e por ser tratar de uma tecnologia que não gera risco radioativo. As doses são de acordo com a sua finalidade tais com: desinfecção, redução da carga microbiana, esterilização, retardo do amadurecimento, melhoramento das propriedades tecnológicas (CAMARGO, 2011; BARBEZAN et al., 2017; XUEA, et al., 2017; FELICIANO, 2018).

A interação da radiação ionizante com alimentos ricos em lipídios gera radicais livres provocando a oxidação lipídica. No entanto, esse problema pode ser resolvido combinando a irradiação com outros processos, entre eles a atmosfera modificada (MASTRO, 2015) e congelamento (TRINDADE et. al., 2009). A irradiação produzida pelos feixes de elétrons ou raios-X apresenta baixa tendência ao poder de penetração em relação à irradiação gama; além disso, possui uma eficiência na redução da capacidade de inchamento e na viscosidade do amido, tecnologia utilizada por alimentos que apresentam baixa densidade (SANTOS, et al.,2003).

A farinha temperada, ou mais comumente chamada de “farofa”, é um prato tipicamente brasileiro, com sua origem registrada no período colonial. Atualmente é comercializada no mercado, tendo como valores nutricionais típicos, o teor de carboidratos 78,9%, lipídios 13,6%, proteínas 2,1% e fibras alimentares 7,8% e seu consumo está relacionado a aspecto cultural (TACO, 2011; BORGES, 2019) e sensorial. Sua base é produzida por meio da farinha de mandioca ou farinha de milho, destacando-se o emprego da farinha de mandioca, pois ganha espaço na culinária, por apresentar uma matéria-prima associada a agricultura família (SOUSA, 2013).

Tais farinhas temperadas, devido ao seu alto teor de lipídios possuem como maior problema a estabilidade oxidativa, que pode ser afetada pela simples presença de oxigênio, radicais livres e luz. O efeito da radiação ionizante nos alimentos contendo amido é de amplo interesse industrial, pois têm a finalidade de modificar suas propriedades tecnológicas, porém há poucos estudos relacionados sobre a interação da estabilidade oxidativa da farinha associada ao armazenamento, de modo que o complexo de amilose-lipídios pode interferir diretamente nas características tecnológicas, funcionais e químicas.

2 OBJETIVOS

2. 1 Objetivo geral

Analisar os efeitos do processamento por radiação ionizante nas farinhas temperadas comerciais, farinha temperada “Bacon” (FTB) e farinha temperada tradicional (FTT), quanto às propriedades tecnológicas e estabilidade oxidativapor 90 dias de armazenamento.

2. 2 Objetivos específicos

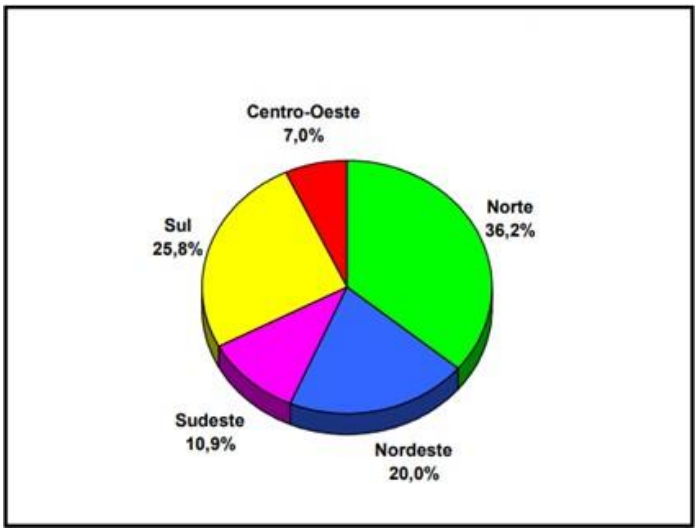
- Estudar a qualidade das farinhas temperadas quanto à cor instrumental, atividade de água (Aw) e pH;
- Observar as modificações induzidas pela radiação nas propriedades de pasta, como: pico de viscosidade, viscosidade final, “*Breakdown”* ou quebra de viscosidade e “*Setback”* ou tendência à retrogradação.
- Avaliar as características de qualidade dos óleos extraídos das farinhas temperadas, através do perfil de ácidos graxos e da analise de índice peróxido.

3 REVISÃO DE LITERATURA

3. 1 Mandioca e a farinha de mandioca

A mandioca (*ManihotesculentaCrantz*) é uma das mais importantes culturas alimentícias do país tropical e apresenta uma grande variedade de espécie. Segundo MATTOS et.al.(2006) a mandioca é cultivada por mais de 100 países e Brasil participa aproximadamente com 13% da produção mundial. No último levantamento do INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE (2018) a safra de mandioca no país, alcançou cerca de 17.644.733 toneladas e essa produção se destaca as regiões Norte, Sul e Nordeste do país (Figura1). O dominio do plantio de mandioca justifica-se por sua maior aplicabilidade na culinária em pratos regionais, como: goma, farofa, farinha seca, pura, cueira, bolo, tucupi, polvilhos doce e azedo, entre outros (CEREDA, 2005; BROCA; DEIVDE, 2013)

Figura 1 Produção Brasileira de mandioca por Região



Fonte: IBGE, (2018). Consultado em 19/02/2020.

A mandioca identificada pela “mandiocultura” é considerada o alimento do Brasil, que é ingerida principalmente pelas populações rurais e de baixa renda urbanas. O principal subproduto da mandioca é a farinha de mandioca que, de acordo com a Legislação Brasileira, através da INSTRUÇÃO NORMATIVA 52 de 7 de novembro de 2011, define a farinha de mandioca como um produto obtido de raízes de mandioca, que foram submetidas a processos tecnológicos adequados de

fabricação e beneficiamento (BRASIL, 2011). Os principais tipos fabricados e comercializados são as farinhas torradas, a farinha de mesa, farinha d'água e a farinha temperada (CEREDA, 2005; SOUSA, 2013).

Na última Pesquisa de Orçamentos Familiares (POF) 2017/2018, a relação do consumo foi atribuído à distribuição da despesa mensal familiar, segundo aos grupos de produtos. A "farinha/fecula" apresenta em média de 3,6% de consumo no país. Em comparação com as grandes regiões brasileiras, observou-se que o padrão de despesa das famílias com grupos de produtos, apresentou diferenças relevantes regionalmente. As regiões do Norte e Nordeste apresentam 5,6% e 4,6%, respectivamente, destacando-se devido ao seu consumo estar ligado a aspectos culturais, enquanto que as regiões do Sul, Sudeste e Centro-Oeste 3,7%, 2,8% e 2,8%, demonstrando um consumo inferior. Nestas regiões, isso ocorre devido à mandioca serem destinadas ao processamento industrial para a fabricação de outros produtos, como a fécula.

A farinha de mandioca é um produto difundido em todo o território nacional por apresentar um alto valor energético de (1510 KJ e 361 Kcal em 100 g). Possui teor elevado de amido, além de conter fibras e alguns minerais, como potássio, cálcio, fósforo, sódio e ferro. A raiz de mandioca contém de 25 a 30% de amido, que pode ser influenciado pelo clima e período da colheita, resultando na diminuição no teor de amilose e alteração do tamanho do grânulo, estas alterações influenciam diretamente o poder de inchamento e a temperatura de pasta (CEREDA, 2005; TACO, 2011;TEIXEIRA, 2016).

3.1.1 Farinha temperada

A farinha temperada, também denominada "farofa", é o resultado da adição de condimentos durante o processo produtivo da farinha; pode ser feita com qualquer tipo de farinha dependendo da preferência local. A primeira aparição da "farofa" deu-se durante o período colonial. Uma vasta história que é relatada por PINTO e SILVA, (2005) em que reproduz o cenário da colonização do Brasil descrita por relatos, diários, documentos e crônicas de viajantes tardios que estiveram no Brasil entre os anos 1816 e 1822, ilustrada na Figura 2.

> “As partes da carne mais fibrosas, como nervos, gorduras e pelancas eram picadas à ponta de faca e fritas em gordura de porco depois de fritos na mesma gordura e acrescentava-se alguns temperos como cebola ou pimentas eram misturados à farinha de mandioca e triturava no pilão de madeira até reduzirem - se a pó” (PINTO E SILVA, 2005 pp.68)

A elaboração da farinha temperada é composta por ingredientes como cebola, alho, sal, pimenta, glutamato de potássio, corante, que podem ser açafrão ou colorau, produtos desidratados- cheiro verde e orégano, cuja quantidade é determinada por cada local, ao passo que a quantidade do sal não pode ultrapassar a 2%, segundo a legislação RDC nº 23, DE 24 DE ABRIL DE 2013. O preparo é realizado pela fritura dos ingredientes em uma gordura vegetal com controle de temperatura e, logo após, é adicionada a farinha em constante homogeneização. Essa preparação não se dispensa os padrões de qualidade e de especificações, segundo a legislação em vigor RDC nº 12, da ANVISA, 2001 (CEREDA, 2005; DAMIANI et al., 2011).

As farinhas temperadas podem ser enriquecidas a fim de disponibilizar um alimento com maior valor nutricional e funcional e vários trabalhos vêm sendo realizados com esse propósito (DAMIANI et al., 2011; SÁ et al., 2017). Comercialmente, já existem as farinhas temperadas de carnes bovinas e suínas, com o apelo do público que busca variedade de sabores. São alimentos com alto teor de lipídios na sua composição centesimal. Este prato típico brasileiro é apresentado casualmente em datas festivas (SOUSA, 2013).

Figura 2- Processo de trituração e mistura da farofa.

Um levantamento do consumo dos produtos da mandioca foi realizado em um evento anual: IX Feira da mandioca na cidade de Botucatu-SP, onde um grupo de pesquisa do Centro de Raízes e Amidos Tropicais- CERAT-UNESP em 2011 obteve dados de consumo das raízes e produtos de mandioca nesta cidade. Os resultados mostraram que 96% fazem a aquisição o consumo de raízes de mandioca e 4% consomem produtos derivados da mandioca. Na estimativa de consumo dos derivados, 100% dos entrevistados têm o hábito de comprar algum produto mensal e relatam que adquirem mais de um tipo, sendo que a farofa temperada a mais adquirida com 76% de frequencia mensal, seguida de 65% farinha fina branca, 37% farinha grossa branca e 28% farinha bijusada. Alguns produtos são de aquisição esporádica como o polvilho azedo com 17%, polvilho doce com 6% e o sagu, 47%. O motivo do consumo de derivados da mandioca relatado neste trabalho foi à falta de tempo e o não conhecimento de alguns tipos de farinha, assim como a dificuldade de encontrar e também por aspectos nutricionais (LEONEL, et.al. 2011).

3. 2 Propriedades reológica da farinha

O comportamento da propriedade das matérias-primas ricas em amiláceos é de suma importância para indústrias alimentícias, pois ajuda na obtenção de formulações de alimentos como: mingaus, molhos, sopas, pirão e outros relacionados. O estudo da avaliação da propriedade reológica da farinha envolve o tratamento hidrotérmico, que tratam das relações dos grânulos de amido com a água e também a sua variação de temperatura decorrente do aquecimento, que está visceralmente relacionada aos eventos gelatinização, retrogradação e ao inchaço do grânulo. Vale ressaltar a análise de viscosidade e o parâmetro que estuda nesse comportamento. Há vários tratamentos que buscam uma alternativa para melhorar ou modificar como o emprego de processos químicos, enzimáticos e a tecnologia da irradiação, (CEREDA, 2001; NASCIMENTO et al., 2007; DÍAZ VALENCIA, 2016).

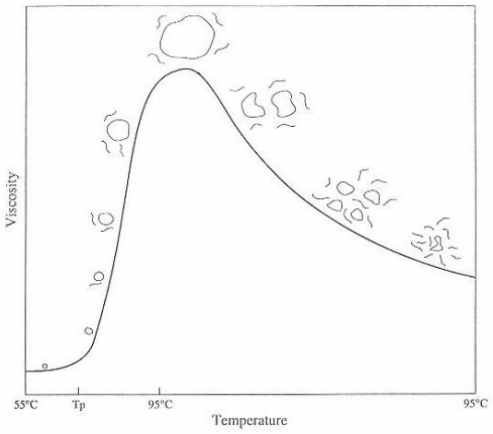
Os grânulos do amido nativo são insolúveis em água fria, pela capacidade limitada de absorver água; no primeiro instante podem inchar um pouco e depois retornar ao seu tamanho original após a secagem. Entretanto, quando suspenso em água aquecida numa faixa inicial de temperatura acima de 60°C - 70°C, ocorre a

quebra da ordem molécula dentro dos grânulos (Figura 3). Esse processo irreversível é denominado gelatinização, responsável pelas alterações na viscosidade que pode ser caracterizada pelo viscoamilógrafo, como o Brabender e Visco analisador Rápido (RVA) (CEREDA, 2001, DAMODARAN, et. al. 2010; OLIVEIRA & GODOY, 2011;).

A gelatinização ocorre por meio de mudanças, como a perda de estabilidade da região cristalina por retirar moléculas das mesmas, conforme a elevação da temperatura nos grânulos em solução aquosa. A transformação é desencadeada a partir do momento em que as macromoléculas do amido começam a vibrar pelo aumento da temperatura, quebrando as pontes de hidrogênio entre as moléculas e ocorrendo a entrada de água nas micelas; estas alterações são registradas na sequencias de eventos avaliada pelas propriedades da viscosidade do amido (CEREDA, 2001; RIBEIRO, 2011;ZAGO, 2018).

Figura 3- Representação da curva do Viscoamilógrafo, frente às mudanças da viscosidade do amido em relação à temperatura

.



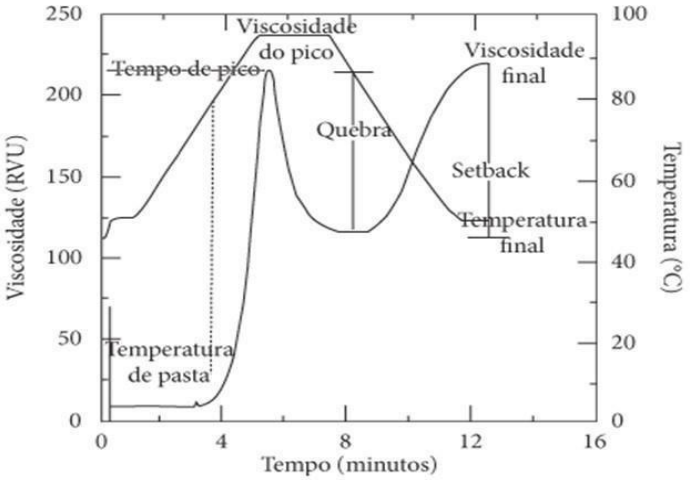
Fonte: DAMODARAN, et. al., (2010).

Logo após a redução da temperatura, o resfriamento da pasta do amido produz geralmente um gel firme, viscoelástico e rígido. Com o resfriamento, as cadeias perdem energia e as pontes de hidrogênio se ligam novamente, liberando

água e tornando a estrutura mais firme e reduzindo o volume, este fenômeno é chamado de retrogradação (DAMODARAN, et. al. 2010).

Cereda (2001) ressalta que, nesse processo, as moléculas de amido começam a se reassociar favorecendo uma estrutura mais ordenada, aumentando a sua viscosidade que são parâmetros essenciais para a qualidade em produtos alimentícios como a consistência em sopas e molhos, causa do envelhecimento de pães e a firmeza nos pudins e flanes (DAMODARAN, et. al. 2010; BARROSO, 2018). O perfil de viscosidade de amidos obtidos pelo RVA inclui o pico de viscosidade, tempo para atingir este pico, quebra, viscosidade final e temperatura de pasta (THOMAS; ATWELL, 1999), como mostrado na Figura 4.

Figura 4-Viscoamilograma típico do RVA e os parâmetrosavaliados



Fonte: NEWPORT SCIENTIFIC, (1998).

A avaliação da viscosidade no equipamento RVA, com o auxilio do viscoamilográfico, permite caracterizar dois fatores importantes: o grau de inchamento dos grânulos e a resistência desses grânulos à dissolução pelo calor ou a fragmentação pela agitação mecânica (FRANCO et al., 2001).

3. 3 Irradiação de alimentos

3. 3. 1História e conceitos

Os primeiros estudos científicos publicados, relacionados às aplicações da prática de radiação envolvendo os alimentos, foram descrita em 1904, pelo pesquisador “Samuel C. Prescott” do Instituto de Tecnologia de Massachusetts, que relatava o efeito da radiação nas bactérias. No ano seguinte, foi emitida a primeira patente britânica nº 1609 registrada por “Appleby J.” e “Banks A. J.” que argumentava a idéia do tratamento de alimentos por raios alfa, beta ou gama do rádio ou de outras substâncias radioativas a priori aplicada em cereais. Naquela época, a tecnologia nuclear era recém pesquisada e seus processamentos era explorado. Os Estados Unidos em 1918 -1920, por sua vez, desenvolveram e descobriram o raios-X e o seu efeito na preservação de alimentos e outras patentes foram surgindo (DIEHL, 2002; EHLERMAN, 2016).

Décadas mais tarde, a tecnologia nuclear torna-se possível e difundida para vários países. O início da aplicação e estudos da tecnologia no Brasil é descrita por Carvalho, (2012) que pontua as experiências no país, buscando consolidar o alto nível dos padrões de ensino e pesquisa da Universidade de São Paulo. As pesquisas pioneiras aplicadas eram realizadas nas áreas: Biomédicas; Industriais (fios e cabos elétricos) e Agricultura.

Os princípios da implantação da irradiação de alimentos só foram possíveis no final da década de 60, período esse em que as instituições foram sendo definidas e vinculadas às pesquisas e programas de cursos de pós-graduação. Essas pesquisas eram limitadas e unicamente direcionadas a instituições de pesquisa. A instituição pioneira no Brasil foi o Centro de Energia Nuclear na Agricultura (CENA), em Piracicaba-SP e somente em 1991, o Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares(IPEN) em São Paulo- SP criou um grupo pesquisa dedicado ao uso da radiação ionizante de fontes gama ou proveniente de feixe de elétrons no processamento de produtos alimentícios (FANARO, 2013; IPEN, 2019).

Vários questionamentos do uso da aplicação da irradiação de alimentos foram apresentados mundialmente em 1982, o JECFI (*Joint Expert Comitte on Who lesomeness of Irradiated Food*) foi criado com, a presença comumente da ONU -

Organização das Nações Unidas em conjunto, *um comitê formado* por Organização de Alimentos a e Agricultura (FAO); Agência Internacional de Energia Atômica (AIEA) e Organização Mundial da Saúde (OMS) que concluíram, através dos resultados gerenciados por um projeto que a exposição de alimentos a uma radiação ionizante de força inferior a 10 kGy não apresentava risco toxicológico, problemas nutricionais ou microbianos. Assim foi estudada a sua salubridade e a sua influência no conteúdo nutricional(GCIIA, 1991; GHOBRIL, 2008; EHLERMAN, 2016).

As regulamentações no Brasil são estabelecidas pelos órgãos públicos que seguem as recomendações internacionais FAO, IAEA e *Codex Alimentarius*. A AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA (ANVISA) em 1973 constituiu o Decreto-lei nº 72.718 de 2 de agosto de 1973 (BRASIL, 1973), que estabeleceu normas gerais sobre irradiação de alimentos tendo essas: o regulamento da elaboração; armazenamento; transporte; distribuição; importação/exportação e exposição à venda/consumo de alimentos irradiados. Em 2001 essa regulamentação passou a ser revisada e ampliada introduzindo a RDC nº 21, de 26 de janeiro 2001 (BRASIL, 2001).

A RDC nº 21 estabelece as fontes utilizadas nos alimentos, a preocupação da dose, em que as doses mínimas absorvidas que sejam suficientes para alcançar a finalidade pretendida e a dose máxima seja inferior à que comprometa as propriedades funcionais ou atributos sensoriais do alimento e também estipula que todos os alimentos irradiados devem conter informação na rotulagem identificado como: “ALIMENTO TRATADO POR PROCESSO DE IRRADIAÇÃO“ ou o uso do símbolo internacional para alimentos irradiados a “RADURA” (Figura 5), e estabelece ainda que, quando um produto irradiado é usado como ingrediente em outro alimento; este fato deve ser mencionado na embalagem (BRASIL, 2001).

Figura 5- Símbolo da “RADURA” utilizado em produto irradiado

.

Fonte:*Codex alimentaruis*, 2007.

O Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) apresenta a Instrução Normativa nº 9 24 de fevereiro de 2011, adotando as diretrizes da Norma Internacional para Medidas Fitossanitárias (NIMF) nº 18 como orientação técnica para o uso da irradiação com propósitos fitossanitários, objetivando prevenir a introdução e a disseminação de pragas quarentenárias regulamentadas no território brasileiro. Os produtos de origem animal são constituídas pelo Decreto n.º 9.013, de 29 de março de 2017 em vigor sobre a Lei nº 1.283, de 18 de dezembro de 1950, e a Lei nº 7.889, de 23 de novembro de 1989, que dispõem sobre a inspeção industrial e sanitária de produtos de origem animal, regida título dos padrões de identidade e qualidade pelos aspectos gerais do Art. 275, que produtos de origem animal podem ser submetidos ao processo de irradiação em estabelecimentos que estejam devidamente regularizados nos órgãos competentes.

3. 3. 2 Obstáculos na implantação da tecnologia

A tecnologia de irradiação em alimentos apresenta vasta pesquisa há mais de 100 anos, reconhecida mundialmente e consagrada em mais de 50 países por seu entendimento de sua segurança e eficácia. Entretanto a sua aplicação, aceitação e comercialização é diferenciada em alguns países. A China e o Vietnã, por exemplo, retratam uma postura madura e muito promissora: a adoção comercial conjunta das aplicações sanitárias; para os americanos, a percepção do emprego da tecnologia

eo seu consumo são vista de forma lenta, porém relevante ao falar dos seus benefícios (IHSANULLAH & RASHID, 2017).

Uma pesquisa realizada nos EUA por Bearth e Siegrist (2019) examinou as concepções de qualidade dos consumidores sobre alimentos tratados a fim de sua descontaminação e concluiu-se que a aceitação da irradiação de alimentos está indiretamente ligada a efeitos evocados pela energia nuclear, ideia essa também retratada no levantamento de dados no Brasil por Levy et al., (2018), a associação da tecnologia a um efeito negativo seja ela saúde e o risco de contaminação ambiental. O seu desconhecimento gerado pela população e como também pela indústria de alimento sobre a aplicação da tecnologia e comercialização adequada, tornar-se um contribuinte equivocado do processamento da irradiação de alimentos, afetando não só o mercado, mas também seu contexto econômico e a irregularidade. Uma possibilidade plausível, questionada seria promover a inclusão entre a educação e a comunidade relatada

> “Cabe à comunidade científica construir novas pontes entre a ciência nuclear e o público leigo, oferecendo uma perspectiva mais ampla e cientificamente correta das aplicações benéficas das radiações ionizantes na vida cotidiana” (Levy, *et. al*. 2018 pp.9)

As divulgações cientificas relacionadas à irradiação de alimentos é comumente restrita ao ramo da pesquisa, um dado cientifico relatou que 89,2% dos italianos têm interesse em receber informações sobre tecnologia de irradiação de alimentos. O interesse sobre está tecnologia está vinculado aos seus benéficos, cerca de 20% da população de países desenvolvidos como o Reino Unido ou Estados Unidos, são suscetíveis às doenças transmitidas por alimentos, como também mencionado o desperdício de alimentos do mundo por caso naturais seja, insetos, microrganismos e pragas (SILVA, 2014; BARBEZAN et. al, 2017; IHSANULLAH & RASHID, 2017; GALATIet. al.,2019).

Behrenset al., (2009) relataram que, a atitude do consumidor quanto à segurança de alimentos irradiados, sua melhor compreensão e aceitação poderia ser influenciada de forma positiva, com a divulgações de campanhas, palestras conjunto ao órgão saúde e agências regulatórias evidenciando a importância. Porém

o desconhecimento do fundamento da irradiação de alimentos, não é a maior dificuldade na perspectiva do emprego da tecnologia. Ao se tratar de uma tecnologia com infraestrutura alta, há poucos irradiadores disponibilizados no Brasil, por apresentar uma grande extensão territorial e poucas indústrias direcionadas a tecnologia irradiação de alimentos, e poucas disponíveis está situado só nos estados de São Paulo e Rio de Janeiro.

3. 4 Aplicação da radiação ionizante nas reações: químicas e biológicas

Com a descoberta do emprego da radiação ionizante nos alimentos, iniciavam as pesquisas explorando os seus impactos, seja na salubridade, o no ponto de vista toxicológico, assim como nas mudanças dos constituintes nutricionais. O efeito da radiação sobre a matéria está inicialmente delimitada aos princípios do processo, como: a quantidade de energia empregada (dose), o tempo de exposição e a natureza do alimento (FERREIRA, 1999; HIRASHIMA, 2016). A energia da radiação pode causar reações químicas, tal como outros tratamentos convencionais, a presença de alguns fatores (temperatura, o conteúdo de água livre e a presença ou ausência de oxigênio) acarretando em mudanças químicas.

A radiação ionizante ao penetrar no alimento, pode ser absorvida tanto pela molécula constituída no alimento de forma direta ou pela forma indireta “radiolise” resultada de várias reações químicas (primarias e secundarias) através da presença de água. Esse impacto pode promover a formação de produtos radiolíticos: radical hidroxila (•OH); elétron aquoso (e^{-}_{aq}); átomo de hidrogênio (•H); hidrogênio (H_2); peróxido de hidrogênio (H_2O_2); e próton hidratado (H_3O^+) (SINGH, 1995; OLIVEIRA et. al, 2013).

Um grande destaque na eficiência da irradiação em alimentos é a redução do crescimento microbiano, a atuação do processo de irradiação sobre a ruptura na cadeia de DNA ou interrupção da síntese protéica está relacionada a vários fatores: a sensibilidade do micro-organismo pelo emprego da radiação, o número da população microbiana presente e a composição do alimento (MIYAGUSKU, 2001; FRANCO & LANDGRAF, 2008; FILHO et. al.,2012).

3. 4. 1 Efeitos da radiação ionizante nos constituintes

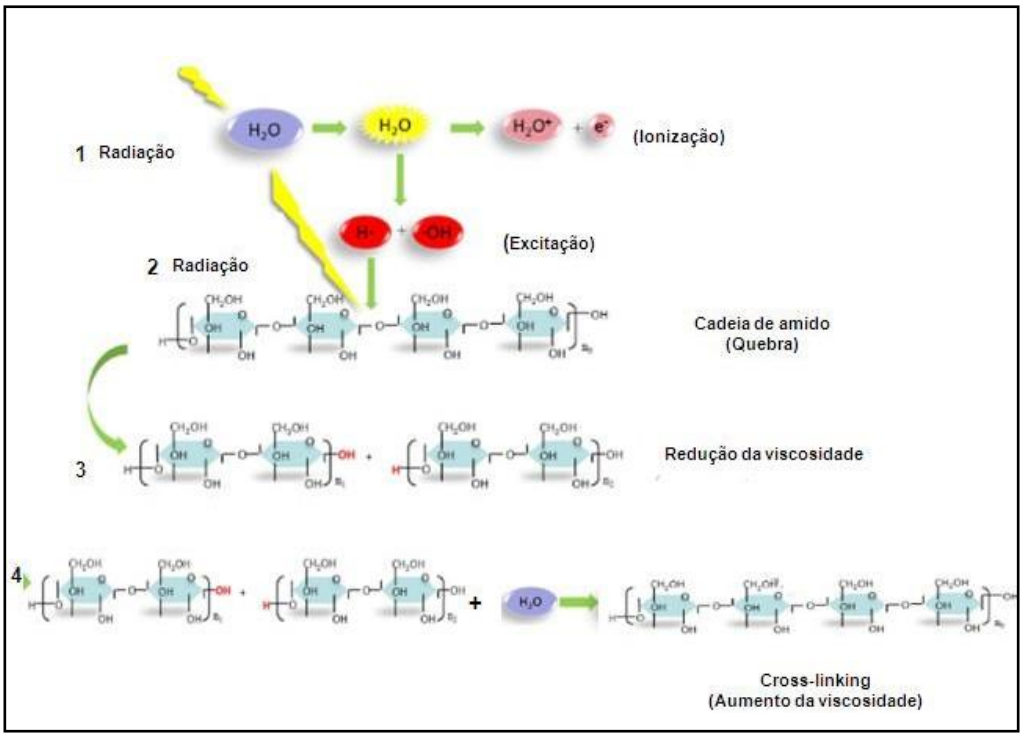
As mudanças induzidas pela radiação na composição química são observadas exclusivamente nos constituintes (carboidratos, proteínas e lipídios) (SOUZA, 2006).

3. 4. 1. 1 Carboidratos

A tecnologia de irradiação ionizante em cereais e tubérculos tem como poder causar maiores alterações na estrutura, modificando principalmente suas propriedades funcionais dos grânulos do amido, tais como: a redução da viscosidade e a alta solubilidade em água, o que apresenta vantagens por ser um método rápido e mais extensivo e útil para a produção de amido modificado (BAO, AO, JANE, 2005; YU & WANG, 2007;ZANÃO et. al, 2009).

A aplicação da radiação ionizante em alimentos ricos em amido pode ser descrita por duas formas; direta e indireta. Durante o processo, a energia é absorvida e distribuída no amido, originando a degradação das ligações glicosídicas, acarretando a decomposição das macromoléculas do amido a cadeias menores: amilose e amilopectina (Figura 6- 3 e 2). Dispondo da diminuição da viscosidade, também pode ocorrer na forma indireta, envolvendo a interação da ligação cruzada ou reticulação *(Cross-linkin*) no amido sob os radicais livres e peróxido desencadeados pela radiolise, capazes de hidrolisar ligações químicas e fragmentação das moléculas do amido (Figura 6– 1, 2 e 4). Estas mudanças podem afetar as propriedades físicas e reológicas (BHAT & KARIM,2009; ZANÃO et. al, 2009)

Figura 6- Mecanismo da redução da viscosidade e o cross-linking (aumento da viscosidade) na farinha de milho irradiada.



Fonte: Xue, P., et.al. 2017 com apud BHAT& KARIM,2009.

Os fatores que afetam o tratamento da irradiação ionizante são as doses empregadas, taxa de dose de irradiação, o teor de água do amido, tipo de amido, a proporção de amilose e amilopectina e gases presentes na atmosfera. Segundo Teixeira (2016), a interação da formação de ligações cruzadas é maior quando a radiação gama é aplicada com menor taxa de dose. A irradiação ionizante também tem como conseqüência as modificações das estruturas nas regiões amorfas e cristalinas, estudadas em diferentes bases como: cereais, arroz, araruta e trigo. Alguns trabalhos vêm investigando a capacidade do efeito da irradiação ionizante na digestibilidade do amido, associando as degradações estruturais com as diferentes doses, permitindo o fácil acesso das enzimas digestivas ao amido (ROMBO, TAYLOR, & MINNAAR, 2001; CHUNG, LIM, & LIM, 2006).

3. 4. 1. 2 Proteína

As proteínas são resultantes da condensação de aminoácidos através da ligação peptídica. O estudo da interação da radiação na proteína é baseado no efeito causado nos aminoácidos, devido a sua susceptibilidade ao ataque da radiação (BELITZ, GROSCH, SCHIEBERLE, 2004; ARAUJO, 2009).

As principais transformações e reações químicas provocadas são a desaminação ou descarboxilação; a oxidação de grupamento sulfídrico; redução de ligações dissulfetos, modificações dos resíduos de aminoácidos e a quebra e/ou agregação de cadeias peptídicas, influenciam a sua estrutura, as propriedades físico-químicas e funcionais causando uma diminuição ou aumento da viscosidade (LANDGRAF, 2002; SOUZA, 2006).

O mecanismo da ação da radiação ionizante com a proteína é através da interação dos radicais produzidos pela radiolise com os aminoácidos que apresenta caráter anfótero. Os aminoácidos cisteína, cistina, metionina atuam como sequestradores de radicais livres, possibilitando a ocorrência de muitas interações complexas. Já os aminoácidos fenilalanina, tirosina, triptofano e tiroxina apresentam uma degradação oxidativa no anel aromático, liberando compostos sulfurosos, alterações que também ocorrem em outros processamentos com a proteína (LANDGRAF, 2002; ARAUJO, 2009, VILLAVICENCIO, 1998)

Outras interações relatadas por Araujo (2009) têm-se a configuração espacial da cadeia protéica, marcada pelas pontes de hidrogênio, pontes bissulfeto, ligações hidrofóbicas e ligações iônicas. Essas alterações provenientes da irradiação são menores em relação ao processo de conservação tradicional, pois vários estudos concluíram que a tecnologia aplicada em baixa e medias doses tem pouco ou nenhum efeito no seu valor biológico (OLIVEIRA, 2013).

3. 4. 1. 3 Lipídios

A exposição dos lipídios à radiações ionizantes é desencadeada pelo processo de auto-oxidação com a formação de peróxidos e compostos voláteis. Essa reação é induzida pela radiação, que influenciam a estrutura molecular, o grau

de instauração, a concentração dos ácidos graxos, a dose e taxa de irradiação. A oxidação lipídica não é uma consequência exclusiva do processo da irradiação, podendo ocorrer espontaneamente nos alimentos não irradiados (LIMA et al, 2011; TRINDADE, et. al. 2009).

O efeito da irradiação nos lipídios atua como um acelerador de oxidação, pois geram a formação de radicais livres que na forma indireta, interagem com a água e o oxigênio, elevando a produção de radicais, especialmente do agente oxidante peróxido de hidrogênio (H_20_2). Os ácidos graxos insaturados são os mais facilmente oxidados que os saturados pela sua estrutura e a ligações (MOURA, 2004; ALVES, 2016).

O impacto da radiação ionizante nas moléculas de triglicerídeos ocasiona uma quebra radiolítica nas posições adjacentes ao grupo carbonila e também em todas as ligações carbono-carbono remanescentes nos ácidos graxos efeito direto da oxidação lipídica. Outro mecanismo é o efeito indireto, com formação de radicais livres, ocorrem através do envolvimento da radiólise da gordura, em particular, reações de polimerização, isomerização e ciclização resultante da insaturação da molécula de glicerídeos. A radiação ionizante tem a capacidade de romper a barreira eletroquímica entre o oxigênio e as moléculas de ácidos graxos insaturados (FERRARI, 1998; MOURA, 2004; SOUZA, 2006).

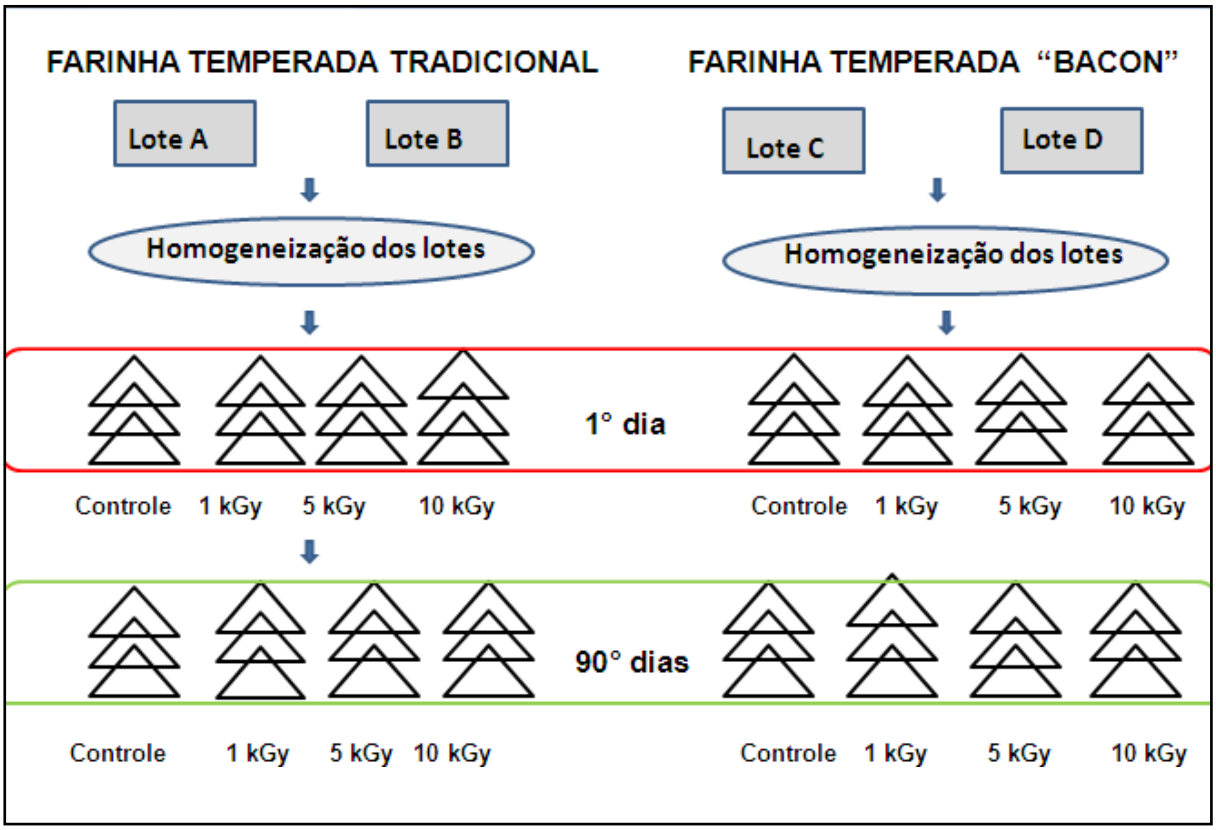
Algumas mudanças indesejáveis na composição química dos alimentos com alto teor de lipídios são relatadas por vários autores, tal como a oxidação lipídica e a formação de compostos como hidrocarbonetos, aldeídos, lactonas, cetona e outros produtos voláteis, bem como a formação de produtos radiolíticos 2-ACBs (2-alcilciclobutanonas) provenientes dos ácidos graxo com presença de 6, 8, 10, 12, 14, 16 e18 moléculas de carbono (HWANG. et. al*.,* 2015; ALVES, 2016; BARBEZAN, et. al 2017).

4. MATERIAL E MÉTODOS

4. 1 Material

As farinhas temperadas tradicional e “bacon” foram adquiridas em um mercado local em São Paulo, Brasil. Onde realizou-se uma amostragem de dois lotes diferentes, que foram homogeneizados e divididos em 8 embalagens para cada tipo de farinha, assim subdivididas em triplicata, acondicionado em sacos de polietileno, representada no croqui experimental na Figura 7 conforme as especificações recomendadas para o processamento de radiação (100 g e 1 cm espessura). As amostras apresentavam-se dentro do prazo de validade de 6 meses, estando válidos para o período do experimento pretendido; sendo assim, foram realizadas análises de acompanhamento das amostras controle e irradiada após o primeiro dia e 90 dias de armazenadas.

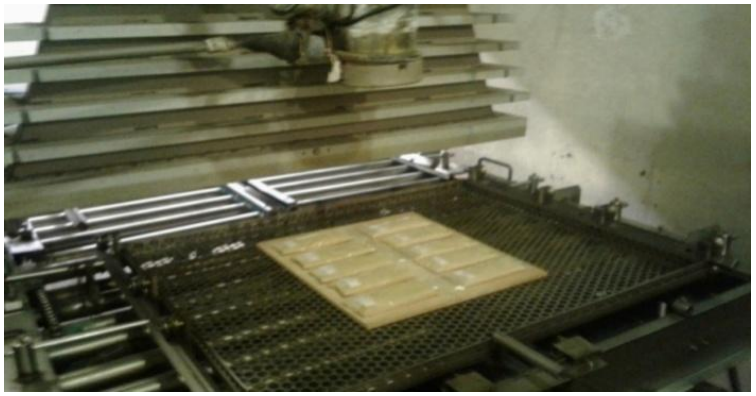
Figura 7- Croqui experimental de dois delineamentos a Farinha temperada Tradicional e a Farinha temperada “Bacon”



4.2 Processos de irradiação.

As amostras já identificadas como farinha temperada “bacon” (FTB) e farinha temperada tradicional (FTT) e acondicionadas no saco conforme apresentado no item 4.1. Foram irradiadas no Instituto de Pesquisa Energética e Nuclear - IPEN / CNEN (São Paulo, Brasil) em um acelerador de feixe de elétrons (IBA Industrial Inc., Edgewood, NY, EUA), em temperatura ambiente com doses aplicadas de 1,0; 5.0 e 10.0 kGy (taxa de dose 3,99 kGy / s, energia: 1,5 MeV, corrente de feixe: 1,0 mA, velocidade da bandeja 6 m/ min), dose relacionada por passagem na bandeja (1 kGy). A dosimetria foi realizada utilizando Dosímetro Blister (aéreo) através do pellet de alanina para medir a dose de radiação. As amostras não irradiadas foram usadas como controle conforme ilustrada na Figura 8.

Figura 8 - Processo de irradiação pelo acelerador de feixe de elétrons.



4. 3 Caracterização das farinhas temperadas

4. 3. 1 Determinação do pH

Para determinação do pH, 10 g de farinha temperada foram dispersos em 90 ml de água deionizada e a suspensão foi agitada durante 30 minutos. Depois que a agitação foi interrompida, o pH foi medido imediatamente como o medidor de pH do

modelo de bancada KASVI (São José de Pinhais-SP), de acordo com os padrões analíticos do Instituto Adolfo Lutz (2008).

4. 3. 2 Análise de atividade de água (Aw)

A quantidade de água disponível em um alimento pode estar na forma de água ligada e não ligada. A relação entre o teor de água não ligado ou disponível é denominada atividade de água. A atividade da água (Aw) foi medida em triplicata, a uma temperatura de (25 ± 1° C), no aparelho digital Aqualab 4TE Duo (Decag on Devices Inc.) apresentado na (Figura 9), conforme especificações do fabricante.

Figura 9- Aparelho digital Aqualab, 4TE Duo.

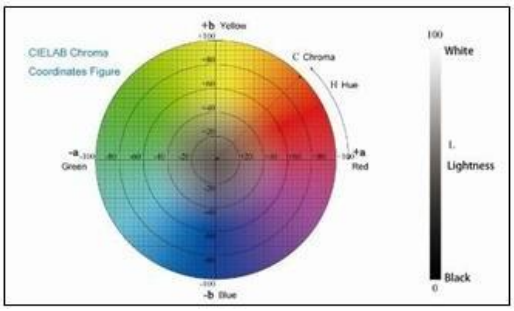
4. 3. 3 Análise instrumental colorimétrica

A avaliação da cor foi realizada utilizando-se colorímetro Minolta Chroma meter, modelo CR-400 - Konica Minolta Câmera Co. (Osaka, Japão) (Figura-10) (MINOLTA, 1998). As análises foram feitas no laboratório de Análise e detecção de alimentos irradiados (LADAI) no Centro de tecnologia das Radiações (IPEN/CNEN-SP), segundo o método n.° 14-22.01 da AACCI (2010).

Figura 10-Chroma Portátil da marca MINOLTA

Os resultados foram expressos em CIELAB (Figura 11), que é o sistema de cores mais utilizado para avaliação de cor em alimentos (Hunter Lab, 2008). No colorímetro, usaram-se as leituras de refletância e o software utilizado para processamento de dados foi o *Spectra Magic NX.* A análise de cores foi realizada de acordo *International CommissiononI llumination* (CIE 1986), utilizando o sistema de escala de cores da (L*, a*, b*), que mede as três dimensões.

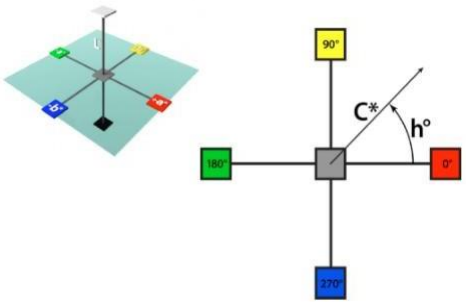
Figura11 - Sistema CIELAB



Fonte: MINOLTA, K. (2018).

Onde: L* representa o eixo de luminosidade brilho, claridade ou reflectância que varia entre (0 – escuro/opaco e 100 – branco). Altos valores de L* representam cores mais claras e, o oposto, indica cores mais escuras.; já as escalas dos parâmetros a*e b* são configuradas por valores positivos (+) e negativos (-) assim, a* representa o eixo vermelho-verde (valores + a* direção para vermelho, -a* direção para verde) e b* representa o eixo amarelo-azul (+ b* direção para amarelo e -b* direção para azul).

Figura 12- Sistema das coordenadas C* h°



Fonte: Xdacor (2016)

As leituras feitas nos critérios de escala L*, a* e b* permitem calcular o ângulo Hue (figura 12), segundo as coordenadas, do ângulo da cor (0° - vermelho; 90° amarelo; 180° verde; 270° azul e 360° negro) e o Chroma expressando uma cor saturação ou a intensidade da cor (0 – cor impura e 60 – cores puras). Isso calculado por meio das fórmulas (1) e (2) respectivamente:

$$H° = \arctan b^*/a^* \qquad (1)$$

$$C^* = [(a^*)^2 + (b^*)^2]^{1/2} \qquad (2)$$

4. 4 Determinações das propriedades tecnológicas das farinhas temperada irradiadas

4. 4. 1 Propriedades da pasta

A determinação das propriedades das pastas das farofas foi realizada em analisador rápido de viscosidade (RVA – Rapid Visco Analyser), modelo RVA-4500 da Perten Instuments (Warriewood, Austrália) (Figura 13), usando programa Thermocline for Windows versão 3, no Instituto de Tecnologia de Alimentos em Campinas/SP. As amostras foram analisadas em triplicatas, em que foram pesadas 2,5 g da farofa (triturado no gral e pistilo), corrigida para 14% de umidade, onde foram adicionadas 25 mL de água em um copo especial de alumínio. A dispersão foi feita com o agitador acrílico do próprio aparelho.

O conjunto copo/agitador foi acoplado ao aparelho e o teste iniciado pelo programa Standart1, cuja programação temperatura/velocidade foi realizada de acordo com a metodologia descrita por Pereira e Leonel (2009): 50 °C por 1 minuto, aquecimento de 50 °C a 95 °C a uma taxa de 6°C/min, manutenção da pasta a 95°C por 2 min e 30 seg e resfriamento de 95ª 50°C a uma taxa de 6°C/minutos. Estas especificações estão descritas na Tabela 1 abaixo.

Tabela 1-Perfil da análise do método Padrão 1

Estágio	Temperatura/Velocidade	Método Standard 1
1	50	0 min, 0 seg
2	960	0 min, 0 seg
3	160	0 min, 10 seg
4	50	1 min, 0 seg
5	95	4 min, 42 seg
6	95	7 min, 12 seg
7	50	11 min, 0 seg
Final do teste		13 min, 0 seg

Fonte: Manual do equipamento.

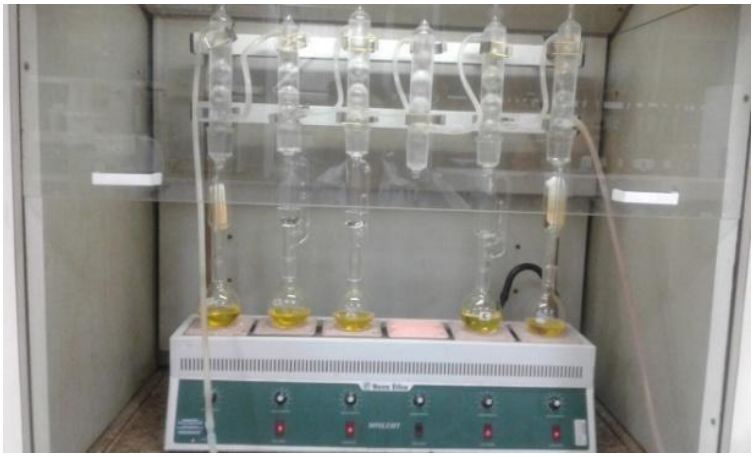
A viscosidade foi expressa em Unidades Rápidas de Viscosidade (RVU). Os parâmetros analisados foram: temperatura de pasta, tempo de viscosidade máxima ou de pico, viscosidade máxima ou de pico, viscosidade mínima, viscosidade final, “breakdown” ou quebra; “setback”ou retrogradação.

Figura 13- Rapid Visco Analyser da PertenInstruments

4.5. Caracterização físico-química da fração lipídica obtida da farinha temperada.

Os lipídios totais foram extraídos e quantificados conforme metodologia IAL (2008). Foram pesados 15 g da amostra em vidro de relógio e o material foi transferido para o cartucho de extração, com auxílio de um pedaço de algodão desengordurado e levemente umedecido de n-hexano. A amostra foi coberta no cartucho com este pedaço de algodão. As extrações foram realizadas em períodos de 6 a 8 horas, em aparelho de Soxhlet (Figura 14), com n-hexano como solvente de extração. Nestes períodos de tempo, ocorreram repetidas lavagens com o solvente n-Hexano. A temperatura foi mantida constante no aparelho do extrator, dentro da faixa de ebulição do n- hexano (68 - 70 °C). Foram utilizados balões de 250 mL acoplado ao aparato, o volume de solvente usado para cada extração foi de aproximadamente 170 mL. O solvente ainda presente foi concentrado a vácuo em evaporador rotativo da marca Marconi (modelo TE - 120) a 40- 45 °C, sendo o solvente recuperado. As características da qualidade e a estabilidade do óleo obtido das farinhas foram avaliadas de acordo com os métodos IAL (2008) e AOCS (2004) descritas nos itens 4.5.1 e 4.5.2, respectivamente, foram assim realizadas no laboratório de Lípides da Faculdade de Ciências Farmacêuticas FCF/USP.

Figura 14- Sistema de extração de gordura.



4. 5. 1 Índice de peróxido

A determinação do índice de peróxido das frações lipídicas foi realizada com um grama de óleo pesado em erlenmeyer de 250 mL e adicionados 10 mL de clorofórmio. Após agitação, acrescentaram 15 mL de ácido acético e 1 mL da solução saturada de iodeto de potássio. O erlenmeyer foi novamente agitado e deixado em repouso por cinco minutos, sob abrigo da luz. Em seguida, foram adicionados 75 mL de água destilada recentemente fervida e resfriada. Também foi preparada uma solução sem a presença de óleo (branco). Ao termino da agitação o conteúdo foi titulado com uma solução padronizada de tiossulfato de sódio ($Na_2S_2O_3$) a 0,01 N, em presença da solução de amido a 1% usada como indicador. Os cálculos foram realizados de acordo com a fórmula (3) abaixo e os resultados expressos em miliequivalente (mEq) de oxigênio por quilograma (kg) de amostra.

$$IP\ (meq\ O_2/1000g) = \frac{(a - b) \times N \times 1000}{m} \quad (3)$$

Sendo:

a = volume gasto na titulação da amostra (mL)
b = volume gasto na titulação dos reagentes sem amostra (mL)
N = normalidade da solução padronizada de $Na_2S_2O_3$
m = massa de óleo na alíquota (g)

4.6 Caracterização do perfil de ácidos graxos

A determinação do perfil graxos da fração lipídica foi realizada de acordo com o método AOCS Ce 2-66 (1998), que consiste na transformação dos ácidos graxos em ésteres metílicos e a identificação e quantificação são descritas em 5.6.1 e 5.6.2 respectivamente:

4.6.1 Preparação dos ésteres metílicos de ácidos graxos

Foram pesados 300 mg dos lipídeos em um tubo de esterificação e o éter

presente foi evaporado, lentamente, utilizando um banho termostatiza do com temperatura (<40˚C) na presença do nitrogênio gasoso. Em seguida, os ácidos graxos foram transesterificados na presença de catalisador ácidos (BF_3 14%) trifluoreto de boro em metanol, utilizando 2,5 mL do reagente e 2,0mL de heptano, a mistura e o lipídeos então foi aquecida a 100°C/ por 2 min. Logo após, os tubos foram resfriados em temperatura ambiente (20-25°C) e foram adicionados 5,0mL de sol. saturada de NaCl. A separação das fases orgânica e aquosa deu-se com um agitador vortex para tubo de ensaio por 15 min e, em seguida, foi deixado em repouso. A fase superior foi transferida cuidadosamente para um vial de 2mL, contendo uma pequena quantidade de Na_2SO_4 anidro para a injeção no cromatógrafo gasoso (AOAC, 2004).

4. 6. 2 Identificação e quantificação dos ácidos graxos

A identificação e quantificação dos ácidos graxos presentes nas amostras de óleo foram realizadas por cromatografia a gás, utilizando um cromatógrafo a gás GC 17da marca Shimadzu/Class, modelo 2010, com detector de ionização de chama e coluna capilar de sílica fundida (100 m; 0,25 mm de diâmetro interno; 0,2 µm de espessura do filme / SP-2560). A condição do cromatógrafo foi assim programado: temperatura da coluna - isotérmico a 140ºC por 5 min. e então aquecimento a 4ºC/min. até 240ºC, permanecendo nesta temperatura por 25 min.; temperatura do vaporizador: 250ºC.; temperatura de detector: 260ºC. A identificação dos ácidos graxos foi realizada com base na comparação com os tempos de retenção relativos à mistura de padrões de metil-ésteres C4-C24 (Sigma 18919).O gás transportador foi o Hélio com uma taxa de fluxo de coluna de 1,0 mL / min.

4.7 Análise Estatística

O software Graph PadPrism (versão 7.0), foi usado para o tratamento estatístico e elaboração de tabelas e gráficos, em conjunto ao processamento de dados feitas no software Statistica, versão 8.0 (Stotsoft., 2007) os dados das amostras foram medidos em triplicatas. A comparação entre os tratamentos administrados foi realizada por análise de variância (ANOVA), com nível de significância de $p<0,05$ e teste de Tukey para comparação de médias dos tratamentos aplicados nas amostras (Banzatto e Kronka, 1988)

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

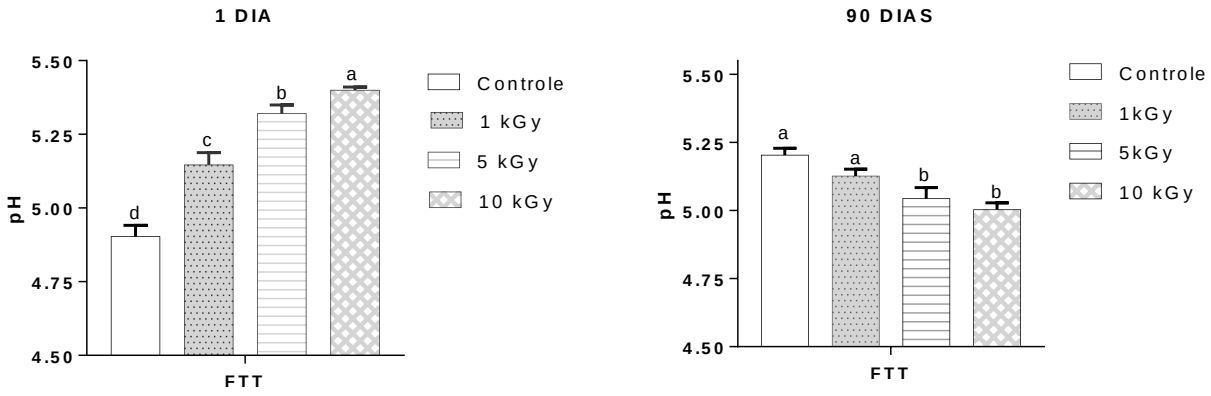
5.1 Características de qualidade das farinhas temperadas

5.1.1 Determinação do pH

O pH está relacionado ao estado de conservação e decomposição dos alimentos (hidrólise, oxidação e fermentação), pois pode alterar a concentração de íons H^+e interferir no crescimento de microrganismos. Os alimentos podem ser classificados em: ácido baixo (pH> 4,5), ácido (4,5 a 4,0) e ácido alto (<4,0) (BOBBIO, BOBBIO, 1992; SOUZA et. al.,2008).

Na Figura 15 estão apresentados os resultados referentes à leitura de pH nas amostras da Farinha Temperada Tradicional (FTT) irradiadas com doses de 1,0kGy, 5,0kGy e 10,0 kGy, e uma amostra controle não irradiada, em função do período de armazenamento, nos dias 1 e 90, respectivamente.

Figura 15 - Determinação do pH das amostras de farinha temperada tradicional irradiadas com doses 1,0kGy, 5,0kGy e 10,0 kGy e amostra controle não irradiada no1º e 90º dia de armazenamento.



A leitura do pH em amostras de FTT irradiadas ou não no dia 1 apresentou diferença significativa entre todas as amostras ($p<0,05$). Na medida em que as doses de irradiação aumentaram (0,0 kGy, 1,0 kGy, 5,0 kGy e 10,0 kGy), o pH das amostras também aumentou(4,9; 5,14; 5,3; 5,4), sugerindo característica de menor acidez em amostras de FTT com maiores doses de irradiação.

O aumento do pH nas amostras de FTT irradiadas pode estar associado a instabilidade aos radicais livres gerados no efeito primário ou secundário da radiação. Visto que os radicais livres produzidos, tende-se um poder de interação entre si ou outro constituinte do alimento com a água e o oxigênio, concentrações de íons relevantes, pois o pH consiste na concentração de íons de (H^+) e (OH^-) (MOURA, 2004; ARAUJO, 2009).

Por outro lado, em relação à leitura do pH nas amostras de FTT irradiadas ou não no dia 90 apresentou diferenças significativas no nível de significância de 5% ($p<0,05$). Sendo que as doses 0,0 e 1,0 kGy não apresentaram diferença entre si pelo teste Tukey e apresentaram efeito médios superior as doses 5,0 e 10,0 kGy que por sua vez não apresentaram diferenças significativas entre si. À medida que as doses de irradiação aumentaram (0,0kGy, 1,0kGy, 5,0kGy e 10,0 kGy), o pH das amostras diminuiu(5,20; 5,13; 5,04; 5,00).

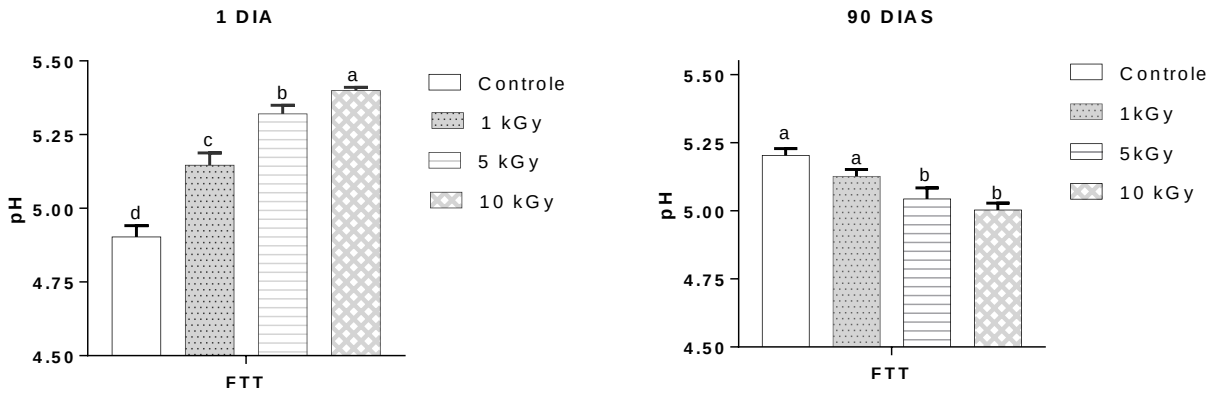
Ao relacionar os resultados do valor pH e o índice de peróxido expressa na (Tabela 5) da amostra de FTT no 1º dia, foi possível observar comportamento semelhantes. Quando doses de irradiação aumentava (0,0 kGy, 1,0kGy, 5,0kGy e 10,0 kGy) os valores de pH e o índice de peróxido também, que pode ser explicada

por Ortolan, et.al., (2010) a relação a deterioração hidrolítica (rancidez hidrolítica) eleva os teores de ácidos graxos livres saturados e insaturados na farinha, promovendo o processo de oxidação lipídica.

Na Figura 16 apresenta os valores do pH para a amostra FTB em função do efeito irradiação, onde foi possível observar no 1º dia diferença significativa (p>0,05) entre os tratamentos das doses, visto que a interferência maior da radiação foi na amostra irradiada com 1kGy, pois apresentou menor valor do pH. Alguns autores também obtiveram o mesmo comportamento em alimentos ricos em amido (BASHIRE AGGARWAL, 2016; VERMA, et. al., 2018). Estes autores observaram em seus estudos que o efeito da irradiação pode ser atribuído à quebra de moléculas de amido na formação de ácido carboxílico resultando na diminuição do

pH.

Figura 16 - Efeito do pH das farinhas temperadas de bacon (FTB) irradiadas com doses (1,0; 5,0 e 10,0 kGy) e o controle (não irradiada) no 1 e 90 dias de armazenamento.

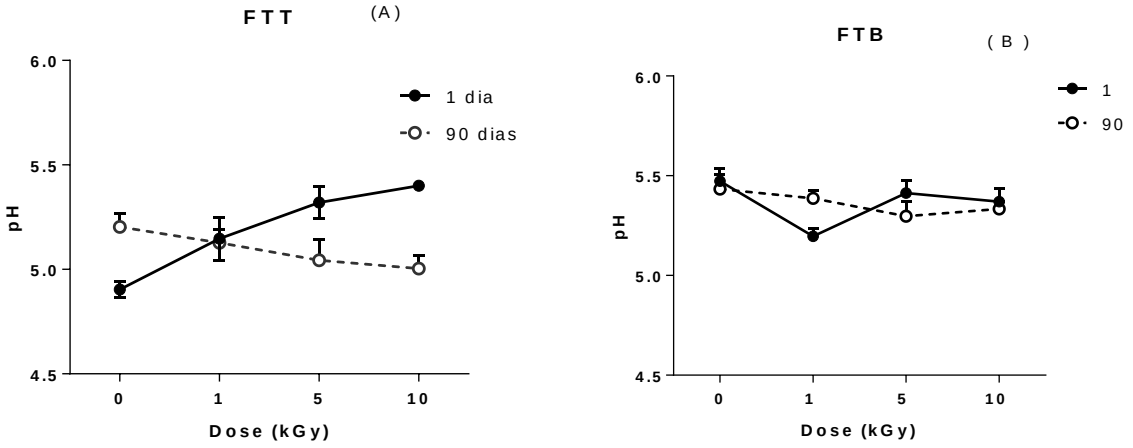


No dia 90 de armazenamento o efeito da radiação apresentou uma diferença significativa dos valores do pH independente das doses empregadas (5,43; 5,39; 5,29 e 5,33). Sendo que a amostra controle apresentou o maior valor médio de pH (5,43) e a dose 5,0 kGy apresentou a menor media (5,29). No parâmetro do armazenamento, o tempo afetou diretamente a estabilidade dos valores do pH em todas os tratamentos.

A Figura 17 apresenta o comportamento do pH em amostras de FTT e FTB irradiadas em diferentes doses ou não, em função do tempo de armazenamento, dias 1 e 90, respectivamente. Pode-se verificar de forma mais clara que o parâmetro

tempo interferiu significativamente (p<0,05) na leitura de pH para ambas amostras. Isto pode ser explicado devido ao efeito da auto oxidação e a radiolise, interação da quebra de moléculas de água presentes no meio (FANARO, 2013).

Figura 17 - Reprodução gráfica das medias do pH em amostras de farofas temperadas FTT (A) e FTB (B) em função do consolidado doses (0,0; 1,0; 5,0 e 10,0 kGy) e período de armazenamento de 1 e 90 dias, respectivamente.



No primeiro dia de armazenamento, as amostras de FTT apresentaram valores crescentes de pH em função do aumento das doses de irradiação aplicadas Figura 17 (A). Já no 90º dia de armazenamento, a amostra controle apresentou maiores valores de pH passando de 4,90 para 5,20, sugerindo que o período de armazenamento desta amostra não irradiada interferiu significativamente (p>0,05) na qualidade do produto em relação ao pH.

Quanto as amostras de FTT irradiadas, o tempo de armazenamento afetou o pH das amostras que receberam dose intermediaria e máxima de irradiação (5kGy e 10kGy), apresentaram valores decrescentes de pH (5,32; 5,05) e (5,41; 5,08) respectivamente. Em relação à dose com 1,0 kGy não observou diferença significativa ao nível de 5 % (p>0,05).

Ao avaliar os valores de pH na amostra FTB mostrada na Figura 17 (B) pode-se observar que a amostra controle não apresentou diferença significativa em relação ao tempo de armazenamento.Porém o comportamento das amostras irradiadas,apresentaram alterações significativas dos valores de pH durante o período de armazenamento 90 dias. Na amostra irradiada 1 kGy o período de

armazenamento aumentou significativamente o valor do pH de 5,20 para 5,39, já nos outros tratamentos com 5 e 10 kGy, houve uma diminuição nos valores de pH, de 5,41 para 5,30 e de 5,37 para 5,33, respectivamente.

5. 1. 2 Análise de atividade de água (Aw)

Os valores da atividade da água (Aw) variaram entre 0,36 a 0,57 para todas as amostras (Tabela 2), resultado semelhante foi encontrado por Ferreira Neto et. al., (2005) em farinha de mandioca temperada e os valores variaram entre 0,38 e 0,49 (Aw). A análise da atividade da água em alimentos tratados por radiação é de extrema importância, pois permite quantificar a água livre no meio que está diretamente relacionada ao fenômeno da “radiólise” (FANARO, 2013).

Ao avaliar os resultados estatísticos, foi possível constatar que o efeito da radiação afetou significativamente ($p \leq 0,05$) a aw nas amostras FTT com e sem irradiação no primeiro dia de armazenamento (0,42; 0,45; 0,43; 0,36). Em relação ao FTB referente ao dia 1 não observou diferença significativa no efeito radiação entre as doses (0,52; 0,51; 0,51; 0,51). Considerando no dia 90 de analise observo-se também que não houve diferença significativa da aw na amostra FTT (0,52; 0,52; 0,51;0,52) porem, ao observar a aw da amostra FTB apresentou diferença entre as doses(0,57; 0,54; 0,56;0,54).

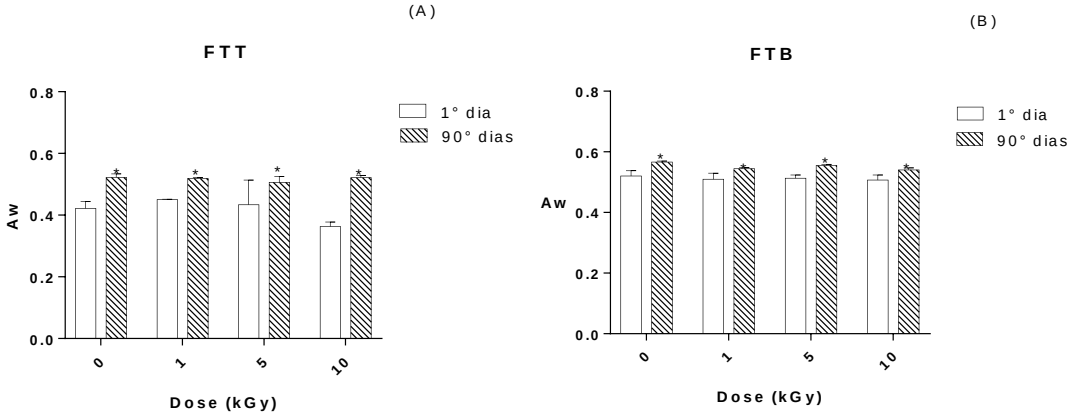
Tabela 2- Efeito da atividade de água (Aw) das Farinhas Temperada tradicional FTT e das Farinhas Temperada “Bacon” FTB controle e irradiados com doses (1, 5 e 10 kGy) analisada durante de 1 e 90 dias de armazenamento.

Dia (s)	**Amostra**	**Doses (kGy)**			
		Controle	**1**	**5**	**10**
1	**FTT**	0,42±0,02^{bc}	0,45±0,03^{a}	0,43±0,08^{b}	0,36±0,01^{d}
	FTB	0,52±0,02^{a}	0,51±0,02^{a}	0,51±0,01^{a}	0,51±0,02^{a}
90	**FTT**	0,52±0,01^{a}	0,52±0,03^{a}	0,51±0,02^{a}	0,52±0,01^{a}
	FTB	0,57±0,03^{a}	0,54±0,03^{ab}	0,56±0,03^{bc}	0,54±0,01^{c}

Média ±desvio padrão. Letras iguais sobrescrita em valores posicionados na mesma linha da tabela significa que não houve diferença entre as amostras em nível estatístico significativo (p<0,05) de acordo com o Teste de médias de Tukey.

Há uma comparação notória da influência do aumento dos valores de água disponível no período de estocagem em ambas as amostras FTT e FTB independente do tratamento (Figura18). Porém o impacto da radiação durante o armazenamento influenciou diretamente, isso pode estar associada à capacidade da radiação em quebrar as ligações glicosídicas, promovendo a decomposição de macromoléculas, impulsionando entre elas as reações enzimáticas, reações de oxidação, reações hidrolítica (MANUPRIYA et al. 2020).

Figura 18 - Atividade de água (Aw) das Farinhas Temperada Tradicional (A) e das Farinhas Temperada "Bacon" (B) controle e irradiados com doses (1,0; 5,0 e 10,0 kGy) durante o armazenamento de 1 e 90 dias. * indica significância estatística quando comparada com a mesma dose em períodos de 1 e 90 dias de armazenamento.



Os resultados expressos na figura 18 (A) realça a variações significativas dos valores de Aw do 1 º dia e 90º dias de armazenamento da FTT que variaram de 0,42-0,53 e 0,45-0,52; 0,47-0,51; 0,36-0,52, respectivamente, para as amostras controle e irradiadas com dose 1,0; 5,0;10,0 kGy. As variações significativas entre os valores do 1 dia e 90 dias de armazenamento e suas doses (0,0; 1,0; 5,0 e 10,0 kGy) na FTB 0,52 - 0,56 e 0,51- 0,55; 0,51- 0,56; 0,51- 0,54 respectivamente Figura 18 (B). De um modo geral, observa-se que houve um aumento da Aw com o tempo de armazenamento. Isto ocorreu devido estabilidade da farinha com o meio externo.

Álvares et.al. (2009) em seu estudo avaliou o efeito de três tipos de embalagens (embalagem de polietileno, de polipropileno e de polipropileno aluminizado) na qualidade de farinhas de mandioca temperadas em 180 dias de

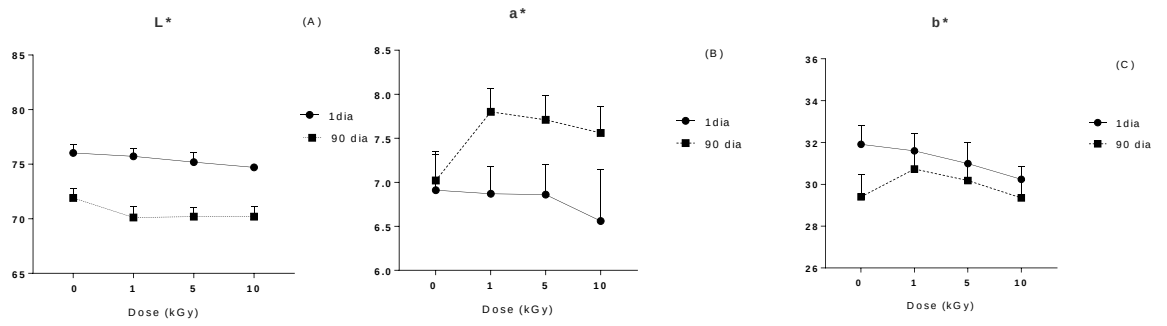
armazenamento e concluiu que a embalagem de polipropileno aluminizado propiciou maior manutenção da atividade de água durante o armazenamento.

5. 1. 3 Análise instrumental colorimétrica

A cor está relacionada a alguns fatores, tais como: pH, capacidade de retenção de água, capacidade emulsificante e textura (PEREIRA, 2014). Em geral, as cores das farinhas (mandioca e trigo) provem principalmente dos carotenóides, proteínas, fibras e também da presença de impurezas obtidas durante o processamento (ICTA, 2013).

Considerando que a cor é uma das propriedades físicas dos alimentos que podem ser alteradas após o processamento de radiação ou até mesmo influenciada pelo seu armazenamento, os resultados da análise colorimétrica da amostra FTB estão representadas nas figuras 19 e 20 constituídas pelas doses e período de armazenamento.

Figura 19- Parâmetros da análise de cor em relação à dose de irradiação e o tempo de armazenamento da amostra FTB (A) L* Luminosidade; (B) a* Cor Vermelha e (C) b* Cor Amarela.



A partir dos resultados representados na Figura 19 da avaliação dos parâmetros de cor L*, a* e b* podemos observar que o quesito tempo de armazenamento influenciou significativamente ($p \leq 0,05$) nos valores dos parâmetros apresentados.

Tendo em vista que o comportamento do valor L* (Luminosidade ou Brilho) para amostra FTB o período de armazenamento resultou na diminuição dos valores L* independente do tratamento, apresentando no tempo inicial valores maiores que

ao tempo final, indicando uma possível degradação dos constituintes e/ou reações. Comportamento esse demonstrado na Figura 19 (A) valores 76,03 para 71,91 na amostra controle, já as amostras irradiadas 1, 5 e 10 kGy expressas valores de 75,72 para 70,12; 75,19 para 70,20 e 74,71 para 70,19 nas suas respectivas doses.

Ao comparar a interferência do emprego da dose no 1º dia, as FTB apresentaram decréscimo dos valores em decorrência ao aumento das doses, expressas nas doses 0; 1; 5 e 10kGy valores luminosidade 76,03; 75,72; 75,19 e 74,71respectivamente. Demonstrando uma diferença significativa entre a maior dose 10 kGy em relação os demais tratamentos. Estes resultados são semelhantes aos obtidos por Abu et. al., (2005) com farinha de feijão irradiada com gama nas doses de 0; 2; 10 e 50 kGy, com resultados de 92,5; 91,8; 91,0; 88,7 respectivamente.

Já em 90º dias, o controle se diferenciou estatisticamente ($p \leq 0,05$) das amostras irradiadas (1, 5, 10 kGy), com variação de 71,91; 70,12; 70,20 e 70,19. Observaram-se pequenas perdas da luminosidade com o aumento da dose de irradiação, ou seja, as farofas escureceram devido ao efeito direto da radiação.

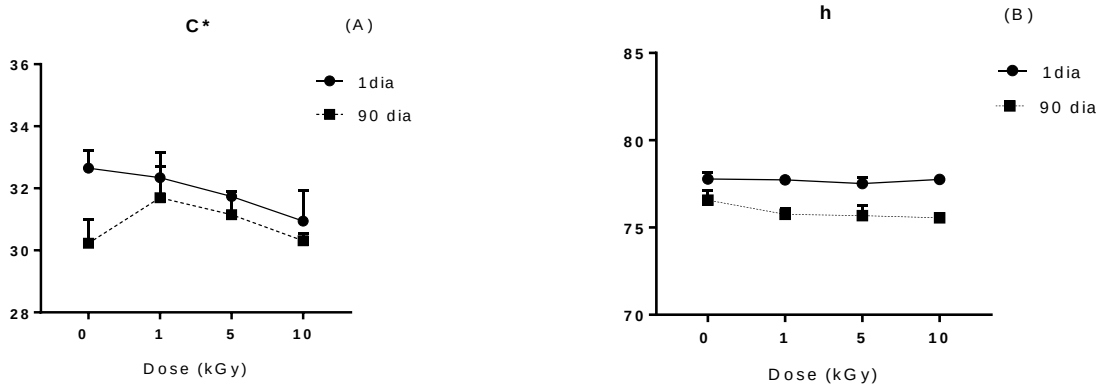
Em relação á caracterização a coordenada a* (negativo=verde e positivo=vermelho) a FTB, podemos observar na Figura 19 (B), que as farinhas apresentaram valores positivos de tonalidade vermelha (6,91; 6,87; 6,86 e 6,56) de suas respectivas doses 0; 1; 5 e 10kGy. Ao longo do período de armazenamento de 90º dias observou-se que a cor a* foi intensificando, passando para 7,02; 7,80; 7,71 e 7,56 correspondentes as doses de 0,0; 1,0; 5,0 e 10,0 kGy, apresentando uma diferença significativa. A tonalidade vermelha em relação às farinhas irradiadas no 1º dia aumentaram os valores em comparação com o controle. A dose de 10 kGy, apresentou valor menor e diferente significativamente ($p \leq 0,05$) das demais amostras irradiadas. Já a ação das doses em comparação ao controle em 90º dias demonstrou uma diferença significativa, indicando que o controle teve um aumento em relação às doses, resultado também observado por Silva, 2003 em farinhas de trigo e fubá irradiadas (0,0; 3,0 4,5; 6,0 kGy) e armazenada por 120°dias.

Na Figura 19 (C) apresentou uma perda da coloração amarela nas amostras irradiadas em comparação com a amostra controle analisadas no dia 1. Observando-se as amostras no tempo de 90º dias em relação às doses, houve uma diferença significativa ($p < 0,05$) na dose de 1,0 kGy ao comparar com as demais

doses. A coordenada b* mostrou tendência ao amarelo, ao longo 90 dias armazenamento.

Ao analisar o ângulo C* Figura 20 (A), as amostras FTB apresentaram valores na faixa de 32,65 a 30,98 independentes do tratamento e período de armazenamento, indicando que as amostras seguiram a tonalidade amarela. Assim observando que no inicio do estudo o efeito da radiação resultou em uma diminuição significativa nos valores do ângulo C* e que após o armazenamento de 90 dias a amostra perdeu de forma graduada a sua tonalidade de 32,65 para 30,23, já as amostras irradiadas apresentaram uma diminuição significativa.

Figura 20 - Parâmetros da análise de cor em relação à dose de irradiação e o tempo de armazenamento da amostra FTB (A) C*ângulo da cor 0° - vermelho; 90° amarelo; 180° verde; 270° azul e 360° negro e (B) h Saturação ou intensidade da cor; 0 – cor impura e 60 – cor.



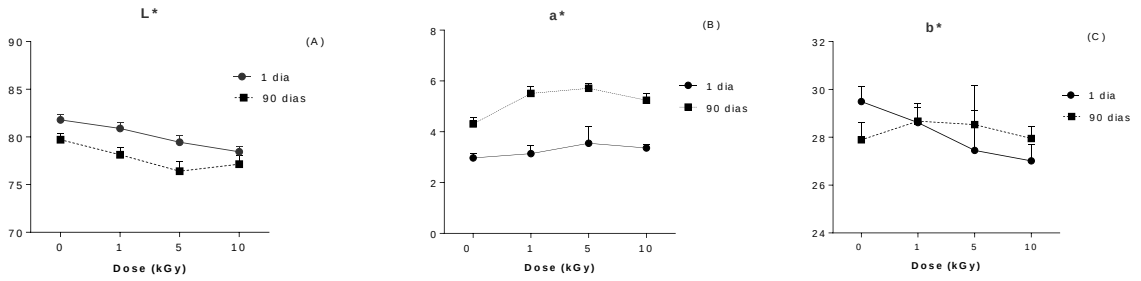
A saturação h da amostra FTB, não apresentou diferença significativa ao avaliar o efeito da irradiação no dia 1 conforme observado na Figura 20 (B), enquanto que após 90 dias apresentou menores valores deste parâmetro para as amostras irradiadas, não apresentando diferença significativa entre elas.

Ao analisar os dados estatísticos da amostra FTT, mostrou haver interação significativa ($p \leq 0,05$) do efeito da radiação para com os parâmetros instrumentais de cor L*, a*e b*. Os parâmetros instrumentais médios de cor da farinha temperada tradicional estão apresentados na Figura 21 e 22.

Na escala L* da luminosidade no dia 1, verificou-se que com o aumento das doses de radiação (0; 1; 5 e 10kGy), menor foi os valores médios da coordenada L* apresentados (81,79; 80,89; 79,45 e 78,45) de modo significativo ($p \leq 0,05$) nas respectivas doses, indicando diminuição da luminosidade. Quando comparadas com a amostra armazenada há 90 dias, essa coordenada L*, as farinhas diferiram entre si (*$p \leq 0,05$*) demonstrada na Figura 21 (A) apresentando uma perda significativa em todos os tratamentos.

A coordenada de cromaticidade a* observada no dia 1 de armazenamento, expressa na Figura 21 (B) apresentou valores que não diferiram entre os tratamentos, das doses de radiação empregadas ($p > 0,05$).

Figura 21- Parâmetros da análise de cor em relação à dose de irradiação e o tempo de armazenamento da amostra FTT (A) L* Luminosidade; (B) a* Cor Vermelha; (C) b* Cor Amarela.



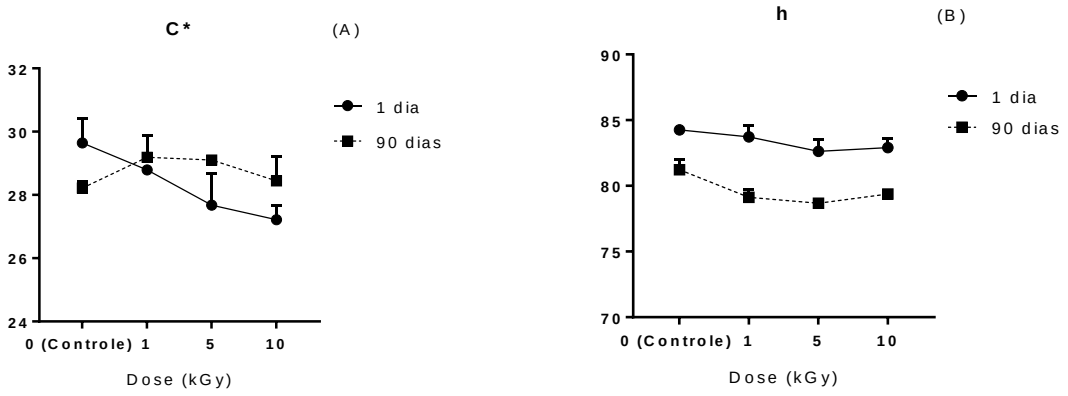
Já ao avaliar o parâmetro do período de armazenamento de 90 dias, os valores da cromaticidade a* foram superiores aos observados no 1 dia de armazenamento, pode-se dizer que ocorreu uma pequena intensidade da tonalidade da cor vermelha, independente do tratamento das amostras. Assim, observados valores da amostra controle (2,97 para 4,31) e as amostras irradiadas com as doses de 1 kGy (3,14 para 5,51) , a de 5 kGy (3,55 para 5,71) e a dose de 10 kGy (3,36 para 5,24).

Os valores da coordenada b*, que representam variação entre o azul (-60) e o amarelo (+60), no estudo foi identificado através dos valores uma tendência a tonalidade amarela, tendo assim no dia 1 observou-se que a aplicação da radiação induziu a redução da tonalidade amarela em relação às doses,segundo SILVA,

(2003) as alterações devido à perda de carotenóides provocada pela gama radiação. No decorrer do tempo de armazenamento de 90 dias os valores coordenada b* na Figura 21 (C) houve uma perda significativa no valore da amostra controle que foi (29,5 para 27,8), já no efeito da radiação perante ao tempo apresentaram uma diferença significativa nas doses de 5 e 10 kGy.

Na Figura 22 encontram-se os valores dos parâmetros ângulo da cor- C* e a saturação/ intensidade da cor-h da amostra FTT controle e às amostras irradiadas 1,0; 5,0 e 10,0 kGy em relação ao tempo de armazenamento de 1 e 90 dias.

Figura 22- Parâmetros da análise de cor em relação à dose de irradiação e o tempo de armazenamento da amostra FTT (A) C*ângulo da cor 0° - vermelho; 90° amarelo; 180° verde; 270° azul e 360° negro e (B) h Saturação ou intensidade da cor; 0 – cor impura e 60 - cor



A amostra controle da FTT deste trabalho apresentaram, tendência a cor amarela, representando valores de ângulo entre 29° a 27° independente do tratamento e o armazenamento Figura 22 (A). Visto que no dia 1 o efeito da radiação foi significativo comparando com amostra controle. Ao analisar no tempo em 90 dias verificou-se uma diferença significativa em relação ao tempo nas amostras controle e nas irradiadas 5 e 10 kGy.

A aplicação de diferentes doses de irradiação na farinha temperada tradicional FTT na Figura 22 (B) promoveu redução nos valores ao decorrer do tempo de armazenamento de 90 dias em relação à intensidade da cor. Os valores representados no dia 1 não apresentaram diferença significativa entre as amostras e

seus tratamentos. Entretanto no período de armazenamento de 90 dias apresentaram comportamento distinto da amostra controle.

5. 2 Determinações das propriedades tecnológicas das farinhas temperadas.

5. 2.1 Propriedades da pasta

Ao avaliar o efeito da irradiação por feixes de elétrons nas farinhas estudadas, foi possível observar uma encadeação de perdas nas propriedades da pasta, sendo de modo diretamente proporcional ao aumento das doses, para ambas as amostras FTB e FTT reproduzida segundo aos dias de armazenamento na Tabela 3. A provável explicação para a perda de viscosidade é descrita por Chung et., al.(2010) que relacionam à degradação da amilose e amilopectina reduzindo progressivamente o peso molecular causando assim a dificuldade ligação com água e impossibilitando sua interação. Estágio denominado “gelatinização”, em que a pasta apresenta o pico de viscosidade em presença do tempo de aquecimento (LIU, 2019).

O pico de viscosidade apresentou redução significativa da interferência direta sobre o aumento das doses aplicadas, nas amostras. Ao relacionar as doses do estudo, perante o tempo 1 e 90 dias, os resultados demonstraram uma diferença significativa ($p<0,05$) entre as doses e seus tempos, parâmetro relevante para as doses 5 e 10kGy foram superiores em 90 dias de armazenamento, indicando a influencia do tempo de armazenamento.

Ao comparar o comportamento do perfil viscosidade das amostras (0 e 10kGy) em relação ao feixe de elétrons e período de armazenamento. 1 e 90 dias, foi possível observar uma perda de 92% no dia 1 e 84% após 90 dias para a FTB apresentou, já a amostra de FTT correu uma perda de 84% e 83% em seus respectivos tempos de armazenamento.

Essa perda descrita pela formação do gel também foi reportada por Silva (2003), na estabilidade oxidativa em farinhas de trigo e fubá irradiada com sua dose máxima de 6 kGy e a controle, assim analisada no inicio e final do experimento, em

tempos diferentes de armazenamento. Para a farinha de trigo obteve-se perda de 83% em 90 dias e para o fubá uma perda de 78% em 180 dias.

Diante da freqüência sobre a temperatura e a interação entre as cadeias de amilose, a viscosidade tende reduzir o grau de recombinação das cadeias de amido; nessa fase, a viscosidade de “quebra”, analisando as amostras FTB e FTT pode se perceber que os valores de quebra de viscosidade apresentaram acentuados para as amostras (0kGy) não irradiada parâmetro típico dos amidos nativos, enfatizando uma fraqueza na morfologia dos grânulos, característica também observada após 90 dias de armazenamento. Quanto à amostra irradiada, apresentaram valores de ruptura menores e proporcional as doses empregadas, possivelmente devido a influenciar da radiação sobre as ruptura e despolimerização do grânulo (ZANGA 2019; TEIXEIRA, 2016; CHUNG & LIU,2009)

Dentre os parâmetros da RVA a tendência à retrogradação e a viscosidade final permitem avaliar as características resultantes da modificação na estrutura do grânulo de amido durante o processamento, logo após o resfriamento momento que as estruturas das cadeias de amilopectina e amilose se dissociarem e reordenarem novamente (Chung e Liu, 2010).

Observou-se que a tendência do poder de retrogradação se mostrou baixo para as amostras irradiadas em comparação com o controle em ambas as amostras FTB e FTT, resultados semelhantes também relatados por Barroso, et. al. (2019) para amido de araruta e OCLOO, et. al. (2014) em farinha de nozes de tigre. A baixa tendência de retrogração pode ser atribuída à redução decorrente da capacidade de cristalização e ruptura das estruturas moleculares através do efeito da irradiação (CHUNG & LIU, 2009).

Os comportamentos das amostras estudadas em relação ao tempo de armazenamento promoveram alterações significativas no desenvolvimento do poder de retrogradação, para a amostra FTB o tempo diminuiu o seu recuo, já para as amostras FTT o quesito do tempo aumentou a tendência de retrogradação, avaliação essa correspondente as doses.

Segundo Bashir e Aggarwal (2016), o poder de retrogradação está associado a um indicador da firmeza dos produtos cozidos, desta forma, seus valores mais altos indicando textura mais firme.

Tabela 3- Perfil de viscosidade da pasta

Dose (kGy)	Farinha Temperada de "Bacon" (FTB)							
	Pico Visc. (RVU)*		Quebra da Visc. (RVU)		Visc. Final (RVU)		Poder Retrogradação (RVU)	
	1dia	90dias	1dia	90 dias	1 dia	90 dias	1 dia	90 dias
0	34,69±0,8^{aA}	27,58±0,8^{aB}	17,44±0,3^{aA}	11,75±0,5^{aB}	98,36±2,1^{aA}	90,42±1,3^{aB}	81,11±2,2^{aA}	75,08±1,6^{aB}
1	13,91±0,4^{bA}	11,5±0,0^{bB}	3,47±0,0^{bA}	1,75±0,3^{bB}	35,75±0,6^{bA}	30,67±0,5^{bB}	25,30±0,3^{bA}	20,75±0,3^{bB}
5	4,44±0,3^{cA}	5,42±0,1^{cB}	0,38±0,1^{cA}	0,67±0,0^{cB}	6,22±0,3^{cA}	7,67±0,4^{cB}	2,16±0,1^{cA}	3,00±0.3^{cB}
10	2,97±0,1^{dA}	4,17±0,25^{dB}	0,27±0,0^{dA}	3,33±0,3^{dB}	4,36±0,0^{dA}	5,08±0,0^{dB}	1,66±0,1^{dA}	1,75±0,35^{dB}
	Farinha Temperada Tradicional (FTT)							
	1 dia	90 dias	1 dia	90 dias	1 dia	90 dias	1 dia	90 dias
0	54,39±0,7^{aA}	29,58±0,7^{aB}	19,25±0,6^{aA}	14,17±0,3^{aB}	111,41±1,0^{aA}	108,58±1,9^{aB}	76,27±0,2^{aA}	93,42±2,1^{aB}
1	20,80±0,5^{bA}	14,42±0,6^{bB}	4,50±0,1^{bA}	3,58±0,5^{bB}	33,25±0,4^{bA}	37,58±0,2^{bB}	16,94±0,6^{bA}	26,75±0,1^{bB}
5	5,66±0,1^{cA}	7,08±0,5^{cB}	1,27±0,1^{cA}	1,67±0,2^{cB}	7,22±0,2^{cA}	8,83±0,5^{cB}	2,83±0,1^{cA}	3,50±0,3^{cB}
10	3,11±0,0^{dA}	4,83±0,2^{dB}	0,97±0,1^{dA}	1,58±0,0^{dB}	3,44±0,0^{dA}	4,83±0,0^{dB}	1,30±0,1^{dA}	1,67±0,1^{dB}

[1]RVU- Unidades viscosidade[2]média ± desvio padrão (n=3)[3]Letras minúsculas diferentes na mesma coluna significa diferenças significativa nasmédias entre doses ($p<0,05$)[4]Letras maiúsculas diferentes na mesma linha significa diferenças significativas nas médias entre tempo de 1 e 90 dias ($p<0,05$)

Tendo-se então que o tempo de armazenamento nas amostras FTB irradiadas teriam textura macia em contra partida asamostras FTT apresentariam um comportamento mais firme.

A viscosidade final é posta como um comportamento do indicativo, na qual o gel permanecerá no seu processo final, parâmetro almejado pela indústria alimentícia por um gel menos viscoso (CEREDA, 2005). O estudo revelou que a viscosidade final das amostras apresentou comportamento distinto em relação ao efeito da radiação com o aumento das doses. Houve uma diminuição significativa dos valores comparados com o controle e as amostras irradiação em ambas farinhas e em seu respectivo tempo,confirmados nos resultado da literatura. A ação das doses sobre o comportamento da viscosidade final em comparação ao tempo pode-se observar que as doses de 5 e a 10 kGy apresentaram diferença significativa no decorrer de 90 dias.

5. 3 Caracterizações físico-quimica da fração lipídica obtida das farinhas temperadas

5. 3. 1 Características de qualidade e estabilidade dos óleos obtidos.

Os teores de lipídeos totais médios obtidos das farinhas temperadas sabor “bacon” e tradicional do estudo apresentaram variação de 4% a 5 % para a FTB e 7% a 8% para a FTT. Esses valores foram abaixo dos encontrados na literatura: TACO (2011) em 9,1% e TBCA (2017) 25,2%. Ao avaliar o impacto da radiação, pôde-se perceber uma diferença significativa ($p \leq 0,05$) entre as amostras controle e as amostras irradiadas, resultado expresso no dia 1 de armazenamento para ambas as farinhas (Tabela 4), considerando que a irradiação afetou o teor de óleos nas farinhas.

Para o período de 90 dias, o resultado do efeito da radiação para FTB não demonstrou diferenças significativa do teor lipídios total ($p \geq 0,05$) em relação ao controle. Porém a FTT no dia 90 o efeito da radiação com as doses 1,0; 5,0 e 10 kGy apresentou diferença significativa em relação a amostra controle. Moura, (2004) descreve em seu trabalho, que o efeito da radiação dependerá das

condições da amostra e a estocagem, isso que a amostra FTB apresentou uma atividade de água maior com o armazenamento.

.

Tabela 4- Teor de lipídios totais (%) das farinhas temperadas de “bacon” e tradicional em relação as doses e ao tempo de armazenamento.

Amostra		**Doses (kGy)**			
	Tempo dia (s)	**0**	**1**	**5**	**10**
FTB	**1**	4,88±0,17^{aA}	4,03±0,04^{bA}	4,07±0,02^{bA}	3,96±0,08^{cA}
	90	4,14±0,03^{aB}	4,16±0,08^{aA}	4,10±0,08^{aA}	4,19±0,01^{aB}
FTT	**1**	8,70±0,50^{aA}	7,54±0,07^{bA}	7,84±0,21^{bA}	7,45±0,11^{bA}
	90	7,81±0,13^{aB}	8,55±o,21^{bB}	8,17±0,27^{bA}	8,32±0,04^{bB}

[1]Média ± desvio padrão (n=3).
[2]Letras minúsculas diferentes na mesma linha significa diferenças significativas nas médias entre doses (p<0,05).[3]Letras mainúsculas diferentes na mesma coluna significa diferenças significativas nas médias entre tempo de1 e 90 dias (p<0,05).

Ao avaliar os dados estatísticos do teor total de lipídios da amostra FTB, em relação ao período de armazenamento, nos tempo de analise do dia 1 e 90, constatou-se que houve uma diferença significativa (p<0,05) nos tratamentos nas amostras controle (4,88% para 4,14%) e irradiada com dose 10,0 kGy (3,96% para 4,19%). Diferença essa também observada para as amostras FTT com as doses 1,0 kGy e 10,0 kGy passaram (7,54% para 8,55%) e (7,45% para 8,32) respectivamente e a amostra controle (8,70% para 7,81%) sendo levado em consideração ao tempo de armazenamento, nos dias 1 e 90 de analises.

Pôde-se observar que o parâmetro tempo interferiu diretamente ao teor médio de lipídio total nas FTB e FTT independente do tratamento. Para a amostra controle em ambas as farinhas, o tempo de armazenamento reduziu o teor total de lipídios, já as amostras irradiadas que apresentaram diferença significativa em relação a tempo, demonstraram aumento no teor total de lipídios, esses resultados podem ser associados ao índice de peróxido e também relacionados com os constituintes presentes nos ácidos graxos.

5. 3. 2 Índice de peróxido

A resistência de um alimento à oxidação é indicativa da qualidade do produto diante da sua estabilidade oxidativa. O ensaio do Índice de Peróxido (IP) é a maneira comum de detectar a oxidação lipídica nos alimentos. A evidência experimental do ensaio (IP) determina o produto primário da oxidação que é hidroperóxidos (CECCHI, 2003; MELO, 2012).

Na tabela 5 são mostrados resultados da qualidade oxidativa do óleo obtido da FTB e FTT, em relação ao tempo de armazenamento. De acordo com os valores encontrados, pode-se notar que a exposição da radiação ionizante sobre as farinhas temperadas estudadas, apresentou aumento do índice de peróxidos decorrente do aumento das doses independente no período de armazenamento. Segundo alguns autores, a irradiação de alimentos constituídos de lipídios pode desencadear a formação de radicais livres, induzida pela ação direta ou indireta, promovendo a oxidação (TRINDADE et. al. 2009; MASTRO, 2015).

Tabela 5-Índice de Peróxido (mEq/kg) determinado nas FTB e FTT controle (não irradiada) e irradiadas a 1, 5 e 10 kGy nos dias 1 e 90 dias de armazenamento.

Dose (kGy)	**Farinha Temperada de "Bacon" (FTB)**		**Farinha Temperada de Tradicional (FTT)**	
	TEMPO			
	1dia	**90dias**	**1dia**	**90 dias**
Controle	5,02±0,01^{aA}	5,10±0,16^{aA}	7,81±0,01^{aA}	2,12±0,01^{aB}
1	6,14±0,40^{bA}	5,97±0,30^{bA}	10,53±0,01^{bA}	3,18±0,26^{bB}
5	10,08±0,30^{cA}	7,00±0,20^{cB}	9,75±0,09^{cA}	5,93±0,52^{cB}
10	13,67±0,33^{dA}	9,13 ±0,01^{dB}	10,28±0,32^{bA}	4,67±0,28^{dB}

Média ± desvio padrão (n=3).[2]Letras minúsculas diferentes na mesma coluna significa diferenças significativa nas médias entre doses ($p<0,05$).[3]Letras mainúsculas diferentes na mesma linha significa diferenças significativas nas médias entre tempo de1 e 90 dias ($p<0,05$).

As mudanças nos valores de (IP) das amostras FTB e FTT também foram afetada decorrente ao tempo de armazenamento. Ao relacionar os tratamentos (doses x tempo) foi possível observar que para FTB as amostras irradiada com doses 5 e 10 kGy diminuíram em razão do tempo 10,08 -7,00 mEq/kg e 13,67-9,13 mEq/kg, essa variação do nível de peróxidos ao longo do tempo de armazenamento, observação também relatada por Sartori, et.al. (2018) no monitoramento da estabilidade oxidativa do óleo de castanha do

Brasil armazenado por 5 meses apresentaram aumentou do tempo inicial e diminuiu ao longo do tempo, os autores associaram ao aumento da decomposição do constituinte, assim gerados, tornando-se maior que a formação do produto primário.

Para a FTT a razão tempo foi significativa ($p<0,05$) independente da ação da radiação, visto que a irradiação foi um fator que acelerou o processo oxidativo analisado no dia 1 de armazenamento.

5. 3. 3 Identificação e quantificação dos ácidos graxos

Os resultados encontrados na composição dos principais ácidos graxos, analisados no tempo inicial de armazenamento das amostras FTT e FTB, segundo os seus diferentes tratamentos controle (sem irradiação) e irradiadas a (1,0; 5,0 e 10,0 kGy) expressos nas Tabelas 6 e 7,respectivamente. O teor de ácidos graxos saturados encontrados na amostra sem tratamento foram FTT 42,42%e FTB 15,88%, apresentando a predominância majoritária em ambas amostras o componente ácido palmítico FTT 36,65% e FTB 11,08%. Dentre os ácidos graxos insaturados presente o oléico (monoinsaturado) na FTT 46,96%e FTB 27,10%e para os (poliinsaturados) o linoléico FTT 9,84%e FTB 50,76 % constituem o perfil de ácidos graxos

Tabela 1. Perfil de ácidos graxos (%) presentes no óleo extraído da Farinha Temperada Tradicional (FTT).

Ácidos Graxos	Controle				Dose 1 kGy				Dose 5 kGy				Dose 10kGy			
C 12:0 (ác. láurico)	0,30	±	0,00	b	0,36	±	0,01	a	0,34	±	0,01	ab	0,37	±	0,03	a
C 14:0 (ác. mirístico)	0,77	±	0,00	a	0,78	±	0,02	a	0,80	±	0,04	a	0,77	±	0,05	a
C 16:0(ác. palmítico)	36,65	±	0,06	b	38,26	±	1,14	a	37,58	±	0,16	ab	36,67	±	0,26	b
C 16:1(ác.palmitoléico)	0,13	±	0,00	b	0,15	±	0,00	a	0,14	±	0,00	a	0,13	±	0,00	b
C 17:0 (ác. margárico)	0,09	±	0,00	a	0,08	±	0,00	a	0,08	±	0,00	a	0,08	±	0,00	a
C 18:0 (ác.esteárico)	4,09	±	0,02	ab	3,95	±	0,07	b	4,06	±	0,04	ab	4,19	±	0,06	a
C 18:1*c* (ác. oleico)	46,96	±	0,05	a	45,21	±	0,84	b	45,60	±	0,12	b	46,76	±	0,08	a
C 18:2*t* ác.Linolelaídico)	0,23	±	0,00	a	0,22	±	0,00	a	0,22	±	0,01	a	0,22	±	0,00	a
C 18:2*c* (ác. Linoleico)	9,84	±	0,03	a	10,13	±	0,18	a	10,22	±	0,05	a	9,82	±	0,02	a
C 18:3 (ác. Linolênico)	0,27	±	0,01	a	0,23	±	0,00	b	0,24	±	0,01	b	0,29	±	0,01	a
C 20:0 (ác. araquídico)	0,34	±	0,01	b	0,38	±	0,03	a	0,38	±	0,05	a	0,34	±	0,03	b
C 22:0 (ác. behênico)	0,07	±	0,00	a	0,07	±	0,00	a	0,08	±	0,01	a	0,08	±	0,01	a
C 24:0 (ác.lignocérico)	0,11	±	0,01	b	0,08	±	0,00	a	0,09	±	0,02	a	0,09	±	0,01	a
NI (Não identificado)	0,13	±	0,02	b	0,11	±	0,00	b	0,15	±	0,02	ab	0,18	±	0,02	a
TRANS	0,23				0,22				0,22				0,22			
SFA	42,42				43,96				43,42				42,60			
MUFA	47,09				45,35				45,75				46,89			
PUFA	10,11				10,36				10,46				10,11			

Resultados expressos como média SD (n = 3) da massa percentual da massa total de ácidos graxos. Médias seguidas por letras diferentes dentro da mesma linha são estatisticamente diferentes (one-way ANOVA, P <0,05). SFA, ácidos graxos saturados totais; MUFA, ácidos graxos monoinsaturados totais; PUFA, ácidos graxos poliinsaturadostot

De acordo com a Tabela 6 da composição de ácidos graxos FTT observou-se que o tratamento de irradiação com as doses de 1,0 e 5,0 kGy apresentaram diferença significativa,no aumento da proporção total de ácidos graxos saturados em específicos nos ácidos graxos de menor número de carbono (ácido láurico C12:0; ácido mirístico C14:0 e ácido palmítico, C16:0).Por outro lado, os ácidos graxos monoinsaturados totais, diminuíram em relação à amostra controle (sem irradiação)perda significativa observada no (ácido oléico C18:1c).

O aumento na quantidade total de ácidos graxos saturados observados através do tratamento com radiação também foi encontrado por Stefanova et. al. (2011) no perfil de ácidos graxos de carne bovina irradiada com doses de 2,5, 5,0, 7,5, 10,0 e 15,0 kGy. Os autores atribuíram a esses resultados, pelo fato da oxidação lipídica devido aos radicais livres gerados durante o curso da irradiação por estar associada à sensibilidade ao grupo aos ácidos graxos insaturados.

Ao analisar os dados estatísticos do efeito da radiação nos ácidos graxos poliinsaturados notou-se uma radiosensibilidade distinta dos constituintes presentes (ácido linolelaídico C18:2t; ácido linoléico C18:2c e ácido linolênico C18:3) uma possível explicação para a variação da quantidade do teor de acido graxo encontrado pode estar associado à suas posições bis- alilicas. Para os ácidos graxos trans não foi encontrado efeito significativo induzido por radiação.

Como é possível observar na Tabela 7 o perfil de ácidos graxos da FTB a presença da irradiação não influenciou o total de ácidos graxos saturados. Porem o emprego da dose de 10kGy aumentou de forma significativa a porcentagem de acido graxo monoinsaturado em relação as doses os tratamentos controle e as doses 1e 5 kGy, expresso no acido graxo majoritário (oléicoC18:1). Para o acido graxo poliinsaturado (linoléico C18:2c) foi possível notar que o efeito da irradiação com a dose 10 kGy diminuiu a sua porcentagem. É relevante ressaltar que a dose 1 kGy no (linolelaídico C 18:2*t)*interferiu significativamente.

Tabela 2 Perfil de ácidos graxos (%) presentes no óleo extraído da Farinha Temperada “Bacon” (FTB).

Ácidos Graxos	CONTROLE		1 kGy		5 kGy		10kGy	
C 16:0(ác. palmítico)	11,08 ± 0,03	a	11,22 ± 0,02	a	11,22 ± 0,42	a	10,62 ± 0,03	a
C 16:1(ác.palmitoléico)	0,07 ± 0,01	a	0,08 ± 0,00	a	0,08 ± 0,00	a	0,07 ± 0,00	a
C 17:0 (ác. margárico)	0,09 ± 0,01	a	0,08 ± 0,00	a	0,08 ± 0,00	a	0,08 ± 0,00	a
C 18:0 (ác.esteárico)	3,79 ± 0,03	a	3,72 ± 0,01	a	3,82 ± 0,12	a	3,98 ± 0,00	a
C 18:1*c* (ác. oleico)	27,10 ± 0,04	b	26,46 ± 0,03	b	27,25 ± 0,57	b	30,22 ± 0,02	a
C 18:2*t* ác.linolelaídico	0,26 ± 0,03	b	0,41 ± 0,02	a	0,34 ± 0,01	a	0,28 ± 0,02	b
C18:3g ác.	0,32 ± 0,00	b	0,45 ± 0,00	a	0,34 ± 0,01	b	0,28 ± 0,00	b
C 18:2*c* ác. Linoleico	50,76 ± 0,03	a	51,55 ± 0,06	a	50,24 ± 1,15	a	48,44 ± 0,04	b
C 18:3 ác. Linolênico	5,28 ± 0,05	a	4,66 ± 0,11	a	5,32 ± 0,22	a	4,70 ± 0,03	a
C 20:0 (ác araquídico)	0,30 ± 0,07	a	0,34 ± 0,02	a	0,32 ± 0,05	a	0,30 ± 0,07	a
C 20:1 (ác. behênico)	0,21 ± 0,00	b	0,32 ± 0,00	a	0,23 ± 0,01	b	0,18 ± 0,00	b
C22:0 (ác.behênico)	0,45 ± 0,00	b	0,44 ± 0,00	b	0,45 ± 0,01	b	0,48 ± 0,00	a
C 24:0 (ác.lignocérico)	0,18 ± 0,00	ab	0,17 ± 0,00	b	0,18 ± 0,01	ab	0,21 ± 0,00	a
NI (Não identificado)	0,13 ± 0,00	a	0,11 ± 0,00	b	0,13 ± 0,00	a	0,15 ± 0,00	a
SFA	15,88		15,97		16,07		15,67	
MUFA	27,38		26,85		27,55		30,48	
PUFA	56,36		56,66		55,90		53,43	

Resultados expressos como média SD (n = 3) da massa percentual da massa total de ácidos graxos. Médias seguidas por letras diferentes dentro da mesma linha são estatisticamente diferentes (one-way ANOVA, P <0,05); SFA, ácidos graxos saturados totais; MUFA, ácidos graxos monoinsaturados totais; PUFA, ácidos graxos poliinsaturadostotai

6 CONCLUSÃO

Ao estudar os efeitos da radiação ionizante proveniente do feixe de elétrons em farinhas temperadas tradicional e “bacon” foi possível concluir que:

- Ao analisar as características físico-químicas nas farinhas irradiadas ou não, os resultados apresentaram dentro do padrão estabelecido para este tipo de produto:

    i) Os resultados da atividade de água aw para todas as amostras apresentaram variaram 0,36aw - 0,56aw, tendo aumento significativo dos valore aw no período de estocagem independente do tratamento;
    ii) O ph das amostras foi superior a 4,5 de caráter (ácido baixo) radiação aumentou a leitura do pH para a FTT, visto que a interferência maior foi o emprego da dose 1kGy na FTB;
    iii) A cor originaria amarela foi mantida nas amostras independente do tratamento e o seu armazenamento em todas as amostras. A intensidade e a luminosidade da cor foram alteradas com o efeito da radiação;
    iv) O tempo de armazenamento influenciou significativamente os resultados físico-químicos independente das doses empregadas.

- A radiação apresentou ha capacidade de modificar as propriedades tecnológicas do grânulo de amido presente nas farinhas independentemente das doses aplicadas;

    i) A interação do tempo de armazenamento de 90 dias, influenciou especificamente as amostras com doses 5 e 10kGy promovendo um aumento da viscosidade em todos os parâmetros comparado ao tempo inicial;

ii) O pico da viscosidade e a viscosidade final diminuíram com o aumento da radiação indicando predominância de cisão da cadeia polimérica do amido;

iii) O valor de *breakdown* ou (quebra) diminuiu com a radiação independente da doses, demonstrando alta estabilidade do grânulo, assim também observada no *setback* ou (poder de retrogradação) indica uma baixa tendência das amostras.

- A avaliação do efeito do processo de irradiação a sua estabilidade oxidativa na fração lipídica das farinhas durante 90 dias de armazenamento, pode-se perceber através das mudanças e relação ao controle;

i) A irradiação não interferiu o teor total de lipídios em ambas as amostras no dia 1, já nos 90 dias de armazenamento, foi possível constata uma diferença significativa no comportamento da FTT em relação ao controle;

ii) A fração lipídica das farinhas irradiadas oxidou menos em 90 dias de armazenamento em relação ao tempo inicial;

iii) A qualidade oxidativa afetada com a exposição da radiação na proporção da doses;

iv) A presença de radiosensibilidade em alguns constituintes dos ácidos graxos.

No geral, os resultados em conclusão, a dose 1 kGy apresentou melhores resultados de análise em comparação com as doses 5kGy e 10 kGy e pode ser aplicado com sucesso as farinhas temperadas tradicional e “bacon”, independente do tempo de 90 dias de armazenamentos e por se trata de uma dose fitossanitária.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AACC International, 2010. Approved Methods of Analysis, 11th ed. Method 44-15.02. Moisture - Air-OvenMethods Final. Disponível em:<http://dx.doi.org/10.1094/AACCIntMethod-44-15.02> Acesso em: 17 novembro 2018

AACC International, 2010. Approved Methods of Analysis,11th ed. Method 76-21.01, General Pasting Method for Wheat or Rye Flour or Starch Using the Rapid ViscoAnalyser. Disponível em: <**http://dx.doi.org/10.1094/AACCIntMethod-76-21.01**> Acesso em: 17 novembro 2018

AACC International, 2010. Approved Methods of Analysis. 11th ed. Method 14 22.01,Color of Pasta--Reflectance Colorimeter Method. Disponívelem: <https://doi.org/10.1094/aaccintmethod-14-22.01>Acesso em: 17 novembro 2018

ABU J. O., MULLER K., DUODU K. G., MINNAAR, A. Functional properties of cowpea (Vignaunguiculata L. Walp) flours and pastes as affected by c- irradiation. **FoodChemistry**, v.93, p. 103–111, 2005.

ALVES, R.M. **Segurança alimentar através da formação de 2-alcilciclobutanonas em alimentos processados por radiação ionizante.** 2016 52f.Dissertação (Mestrado em Tecnologia Nuclear - Aplicações) - Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, IPEN-CNEN/SP, São Paulo.

ÁLVARES, V. de S.; SOUZA, J. M. L. de; NEGREIROS, J. R. daS. ; LESSA, L. S.; MACIEL, V. T. Efeito da embalagem na qualidade de farinhas de mandioca temperadas durante o armazenamento. **Anais... XIII Congresso Brasileiro de Mandioca.**BotucatuSP.V.5.2009.Disponívelem:http://energia.fca.unesp.br/index.php/rat/article/view/1505Acesso em: 17 novembro 2018.

AMERICAN OIL CHEMISTS' SOCIETY. **Official Methods and recommended practices of the American Oil Chemists" Society.** 4th ed. Champaign, USA: A.O.C.S., 2004. A.O.C.S. OfficialMethodCe 2-66.

ARAUJO, L. M. **Efeito de baixas doses de radiação gama no fruto tucumã (Astrocaryumvulgare Mart).** 2009. 121f. Dissertação (mestrado) - Instituto Militar de Engenharia – Rio de Janeiro, 2009.

BANZATOD.A; KRONKA,S.N.**ExperimentaçãoAgrícola.** 4 a Ed. Jaboticabal: FUNEP, 1988, 249p.

BASHIR K, AGGARWAL M. Effects of gamma irradiation on the physicochemical, thermal and functional properties of chickpea flour. **LWT Food Sci Technol.** V. 69: pp. 614-622. 2016

BASHIR K.; SWER, T. L.; PRAKASH K. S.; AGGARWAL, M. Physico-chemical and functional properties of gamma irradiated whole wheat flour and starch. **LWT - FoodScience and Technology**. v.76, p. 131-139. 2017.

BAO, J. S.; AO Z. H.; JANE, J. L. Characterization of physical properties of flour and starch obtained from gamma-irradiated white rice. **Starch,** v. 57, p. 480- 487, 2005.

BHAT, R., KARIM, A.A..Impact of radiation processing on starch. Comprehensive Reviews. **Food Science and Food Safety** v.8, pp.44–58. 2009.

BARBEZAN A. B. ; MARTINS R.; BUENO J. B.;VILLAVICENCIO, A. L. C. H.; AmesTest to Detect Mutagenicity of 2-Alkylcyclobutanones: A Review.**Journal of Food Science.** v. 82, n. 7, p.1518-1522. 2017.

BARROSO, A. G. **Métodos físico químicos no estudo de efeito da radiação em amido de araruta.** 2018.52f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia Nuclear - Aplicações) - Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, IPEN- CNEN/SP, São Paulo. Disponível em: http://www.teses.usp.br Acesso em: 17 novembro 2018.

BEARTH, A.; SIEGRIST, M. “As long as it is not irradiated” – Influencing factors of US consumers’ acceptance of food irradiation. **Food Quality and Preference.**v. 71, pp. 141-148, 2019.

BEHRENS, J. H. BARCELLOS, M. N., FREWER, L. J., NUNES, T. P., LANDGRAF, M. Brazilian consumers views irradiated food. **Innovative Food Science & Emerging Technologies.** v. 10, n 3, pp. 383-389, 2009

BELITZ, H. D., GROSCH, W., SCHIEBERLE, P. **Food Chemistry**, 3rd. Springer. Berlin, Heidelberg, Nova Iorque. 2004.

BOBBIO, F. O.; BOOBIO, P. A. **Química do processamento de alimentos.** São Paulo: Varella, 1992.

BORGES, F. Q. Comportamento do consumidor de farinha de mandioca: um estudo de mercado em um município do Pará em 2018, **Anais...FEBRERO**,2019.Disponívelem:http://www.eumed.net/rev/oel/2019/02/consumidor-farinha-mandioca.html Acesso em: 17 janeiro2019.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC n. 12, de 02 de janeiro de 2001. Dispõe sobre o regulamento técnico sobre padrões microbiológicos para alimentos. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, 02 jan. 2001.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 52, de 7 de novembro de 2011. Aprova o regulamento técnico da farinha de mandioca. **Diário Oficial da União,** Brasília, DF, 8 nov. 2011. Seção 1. pp. 18-20.

BRASIL. Resolução RDC n.23, de 24 de abril de 2013. A Diretoria Colegiada da ANVISA/MS dispõe sobre o teor de iodo no sal destinado ao consumo humano e dá outras providências. **Diário Oficial da União.** Brasília. 2013 28 maio; (55):79; Seção 1.

BRASIL. Resolução RDC nº 21 de 26 de janeiro de 2001. Regulamento Técnico para Irradiação de Alimentos. **Diário Oficial da União,** Brasília, p.35, 29 de Janeiro de 2001.

BRASIL. Decreto n. 72.718, de 29 de agosto de 1973. Normas gerais sobre irradiação de alimentos. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, 30 de agosto de 1973.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. INSTRUÇÃO Normativa 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.**Diário Oficial da União**, Brasília, nº 40, 25 de fev de 2011.

BRASIL. Decreto n 9.013, de 29 de março de 2017. Altera o Decreto nº 9.013, de 29 de março de 2017, que regulamenta a Lei nº 1.283, de 18 de dezembro de 1950, e a Lei nº 7.889, de 23 de novembro de 1989, que dispõem sobre a inspeção industrial e sanitária de produtos de origem animal.**Diário Oficial da União**, Brasília, 1 de junho de 2017, Seção 1 pp. 1

BROCA. C. L. C; DEVIDÉ. J. C. **Elaboração e caracterização de farofas temperadas à base de okara desidratado**. 2013. 37f. Trabalho de Conclusão de Curso (Tecnologia em Alimentos) –Universidade Tecnologia Federal do ParanáUTFPR,Londrina,2013.Disponívelem:http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/1421 Acesso em:24 maio. 2019.

CAMARGO, A. C.; CANNIATTI-BRAZACA, S. G.; MANSI, D. N.; DOMINGUES M. A. C.; ARTHUR, V. Efeitos da radiação gama na cor, capacidade antioxidante e perfil de ácidos graxos em amendoim (ArachishypogaeaL.). **Cienc.Tecnol.Aliment**.,Campinas,v.31,n.1,p.1115.2011.Disponívelem:http://www.scielo.br/pdf/cta/v31n1/02.pdfAcesso em: 11 jun.2019.

CARVALHO, J. F. de. O espaço da energia nuclear no Brasil.**In: Estudos Avançados.** v.26 n.74.SãoPaulo 2012.Disponívelem:http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S010340142012000100021&lng=pt&tlng=ptAcesso em: 26 març.2020.

CECCHI, H. M. **Fundamentos Teóricos e Práticos em Análise de Alimentos.** 2ª Ed. Campinas: Editora Unicamp, 2003. 208 p

CEREDA, M.P.; FRANCO, C.M.L.; DAIUTO, E.R.; DEMIATE, I.M.; CARVALHO,L.J.B.;LEONEL,M.;VILPOUX,O.F.;SARMENTO,S.B.S.***Propriedad esgeraisdo amido***. Campinas: Fundação Cargill, 2001, v.1., 221p.2001.

CEREDA, M. P. Novos produtos para farinha de mandioca. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MANDIOCA, 11, 2005, Campo Grande. **Anais...SEPROTUR.**Campo Grande, 2005.

CHUNG, H. J., LIM, H. S., LIM, S.T. Effect of partial gelatinization and retrogradation on the enzymatic digestion of waxy rice starch. **Journalof Cereal Science**, v. 43, pp. 353–359. 2006.

CHUNG, H.J.; LIU, Q. Effect of gamma irradiation on molecular structure and physicochemical properties of corn starch. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 74, n.75, p.353-361, 2009.

CHUNG, HYUN-JUN.; LIU, Q. Molecular structure and physicochemical properties of potato and bean starches as affected by gamma-irradiation.**International Journal of Biological Macromolecules.** V. 47, pp. 214–222 (2010).

CIE- Commission Internationale de L´Eclairage. **Colorimetry.** 2nd ed. Wien: Central Bureau of the CIE; (Publ. CIE; 15.2)1986.

CODEX ALIMENTARIUS. **Food Labelling**- Complete Texts (2007) – General standard for the labelling of prepackaged foods.2007.

DAMIANI, C.; SILVA, F. A.; RODOVALHO, E. C.; BECKER, F. S.; ASQUIERI, E. R.; OLIVEIRA, R. A.; LAGE, M. E. Aproveitamento de resíduos vegetais para produção de farofa temperada. **Alim.Nutr.,**Araraquara,v.22,n.4,p.657- 662,2011.

DAMODARAN, S.; PARKIN, K.L.; FENNEMA, O.R. **Química de Alimentos de Fennema.**Trad. Brandelli et al. Porto Alegre: Artmed, 2010. 900p.

DIEHL, J.F. Food irradiation-past, present and future. **Radiation Physics and Chemistry**. n. 63. v. 3. pp. 211-215. 2002.

DÍAZ VALENCIA, Y. K. **Características de grãos e amido de diferentes cultivares de quinoa (Chenopodium quinoa Willd.)** 2016. 90 f. Dissertação (Mestrado eCiência em Tecnologia de Alimentos)- Escola Superior de Agricultura“LuizdeQueiroz”.Disponívelem:https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11141/tde10052016175319/publico/Yemina_Karen_Diaz_Valencia.pdf Acessoem: 20 novembro 2018.

EHLERMANN, D. A.E. The early history of food irradiation. **Radiation Physics and Chemistry**. v 129 pp.10–12. 2016.

FANARO, G. B. **Efeito da radiação ionizante em chás da planta Camelliasinensis irradiados com diferentes atividades de água.** 2013.109f.Tese (Doutorado em Tecnologia Nuclear - Aplicações) - Instituto de PesquisasEnergéticasNucleares,UniversidadedeSãoPaulo,SãoPaulo.Disponívelem:https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/85/85131/tde08072013100338/publico/2013FanaroEfeito.pdf. Acessoem: 26 março2020.

FELICIANO, C. P.High-dose irradiated food: Current progress, applications, and prospects. **RadiationPhysicsandChemistry**. v. 144, p. 34-36. 2018.

FERREIRA, S. R. S. **Contribuição da tecnologia de irradiação de alimentos no fornecimento de segurança alimentar e nutricional.** Rio de Janeiro. 1999.185f. Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação do Instituto de Nutrição da Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ.Disponívelem:https://www.osti.gov/etdeweb/servlets/purl/20057293Acessoem:02 março2020.

FERREIRA NETO, C. J.; FIGUEIRÊDO, R. M. F. de; QUEIROZ, A .J. de M. 2005. Avaliação sensorial e da atividade de água em farinhas de mandioca temperadas. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 29, n. 4, p. 795-802.

FILHO, T. L.; TEIXEIRA, L. J. Q.; ROCHA, C. T da.; FERREIRA, G. A. M.; SOUZA, M. C de. Energia ionizante na conservação de alimentos: revisão. **B. CEPPA,** Curitiba, v. 30, n. 2, p. 243-254, 2012.

FRANCO, B. D. G. M; LANDGRAF, M., **Microbiologia dos Alimentos**, São Paulo, Editora Atheneu, 2008.

FRANCO, C.M.L.; DAIUTO, E.R.; DEMIATE, I.M.; CARVALHO, L.J.C.B.; LEONEL, M; CEREDA, M.P.; VILPOUX, O.F.; SARMENTO, S.B.S. **Propriedades gerais do amido.** São Paulo: Fundação Cargil, 2001. v. 1, PP.224.2001.

HILSENRATH, F. C..**Estudo do impacto da irradiação sobre a qualidade do trigo e da farinha de trigo.** 2005, p 61. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos). Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, Disponível em:http://www.teses.usp.br Acesso em: 20 novembro 2018.

HIRASHIMA, F. K. **Efeito da radiação gama nas propriedades nutricionais e bioativas de alimentos minimamente processados destinados a dietas especiais.** 2016. 137f. Tese (Doutorado em Tecnologia Nuclear - Aplicações) - Instituto de Pesquisas Energéticas Nucleares, Universidade de São Paulo, SãoPaulo.

HUNTERLAB, 2008. CIE L*C*h Color Scale. Insight Color.

HWANG, KO-EUN; KIM, HYUN-WOOK; SONG, DONG-HEON; KIM, YONG-JAE; HAM YUN-KYUNG; LEE, JU-WOON; CHOI, YUN-SANG; KIM, CHEON-JEI. Effects of antioxidant combinations on shelf stability of irradiated chicken sausage during storage. **RadiationPhysicsandChemistry.** v.106., pp. 315– 319, 2015.

IBGE - **INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA.** Sistema de Recuperação Automática de Dados (SIDRA). Disponível em:https://sidra.ibge.gov.br/tabela/5457#resultadoAcessoem: 19 fevereiro 2020.

ICTA -**INSTITUTO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS**. Avaliação da qualidade tecnológica/industrial da farinha de trigo. Porto Alegre, 2013. Disponível em: http://thor.sead.ufrgs.br/objetos/avaliacao-farinha-trigo/2b.php. Acesso em: abril de 2013.

IHSANULLAH, I., & RASHID, A., Current activities in food irradiation as a sanitary and phytosanitary treatment in the Asia and the Pacific Region and a comparison with advanced countries. **FoodControl,** 72, p. 345–359, 2017.

INAMURA, P. Y. ; UEHARA, V. B. ; TEIXEIRA, C. A.H.M. ; DEL MASTRO, N. L.Mediate gamma radiation effects on some packaged food items. Radiation**PhysicsandChemistry (1993),** v. 81, pp. 1144-1146. 2012.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ.**Métodos físico-químicos para análises de alimentos.** 4. ed. São Paulo, 2008.

IPEN- Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares. **Histórico do CTR-Centro de Tecnologia das Radiações**.Disponível em:<https://www.ipen.br/portal_por/portal/interna.php?secao_id=681#:~:text=O%20Centro%20de%20Tecnologia%20das,e%20de%20radiois%C3%B3topos%20no%20Brasil.>Acessoem: 19 fevereiro 2020.

GALATI, A.; TULONE, A.; MOAVERO, P.; CRESCIMANNO, M.Consumer interest in information regarding novel food technologies in Italy: The case of irradiated foods. **FoodResearchInternational**. v. 119 , pp. 291-296, 2019.

GCIIA – **Grupo Consultivo Internacional sobre Irradiação de Alimentos**, Documento Original – Agencia Internacional de Energia Atômica – AIEA / PI / A 333591-05699,1991.

GHOBRIL, C. N. Gestão tecnológica para instalação de um irradiador de alimentos no Vale do Ribeira. 2008. 271f. Tese (Doutorado em Tecnologia Nuclear - Aplicações) - Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, UniversidadedeSãoPaulo,SãoPaulo.

LANDGRAF, M. **Fundamentos e Perspectivas da irradiação de alimentos visando ao aumento de sua segurança e qualidade microbiológica.**2002. 87f. Tese de Livre-Docência - Faculdade de Ciências Farmacêutica,UniversidadedeSãoPaulo,SãoPaulo.

LEONEL, M.; CARMOS, E. L. DO; TROMBINI, F. R. M.Valorização dos produtos da mandioca: Levantamento do consumo em Botucatu-SP**.** CERAT-UNESP**. Anais**: 6º Congresso de Extensão Universitária da Unesp, 2011. Águas de Lindóia, SP. PROEX/UNESP. ISSN nº 2176-9761. p.0106

LEVY, D. S., SORDI, G. M. A. A., VILLAVICENCIO, A. L. C. H.Construindo pontes entre ciência e sociedade: divulgação científica sobre irradiação de alimentos, **BrazilianJournalofRadiationSciences,** v.06 n.01, pp 01-13, 2018.

LIMA, K. S.; GROSS, J. L. S.; LIMA, A. L. S.; ALVES, P. F. M. P.; CONEGLIAN, R. C. C.; GODOY, R. L. O.; SABAA-SRUR, A. U. O. Efeito da irradiação ionizante na qualidade pós-colheitade cenouras (DaucuscarotaL..) cv. nantes. **Cienc.Tecnol.Aliment. Campinas**, vol.21 nº2 Maio /Agost. 2001.

LIU, L.; ZHANG, M.; BHANDARI, B.; "Influence of Drying Methods on Some Physicochemical, Functional and Pasting Properties of Chinese Yam Flour." **Journals& Books -LWT** .V. 111, pp. 182-189. 2019.

MARATHE, S.A.; MACHAIAH, J. P.; PEDNEKAR ,B. Y. K. M. D.; SUDHA, V. RAO.Extension of shelf-life of whole -wheat flour by gamma radiation. International. **JournalofFood Science and Technology,** v. 37, pp. 163-168 2002.

MASTRO, N.L.d. A radiação ionizante na promoção da alimentação adequada e saudável. ***Vigilância sanitaria em debate: Sociedade, Ciência & Tecnologia,*** v. 3, p. 114-121, 2015.

MATTOS, P. L. P. de; FARIAS A. R. N.; FERREIRA FILHO, J. Mandioca: o produtor pergunta, a Embrapa responde. Brasília, DF: **Embrapa Informação Tecnológica**,2006.Disponívelem:http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstrea /item/101774/1/500perguntasmandioca.pdf. Acessoem: 20 novembro 2018.

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 (Triticumaestivum, L.)**Radiation Physics and Chemistry.** v. 172, pp. 2020

MELO, I. L. P. Avaliação em ratos do efeito do óleo da semente de romã(Punica granatum L.) sobre o perfil lipídico tecidual e sua influência sobre parâmetros bioquímicos em processos oxidativos. 2012. 169f. Tese (Doutorado)Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Universidade de São Paulo, São Paulo,

MINOLTA, K.**Precise color communication: color controlfromperceptiontoinstrumentation.**Tokyo,1998.59p.Disponívelem:<**https://www.konicaminolta.com/instruments/knowledge/color/pdf/color_communication.pdf**>Acesso em: 01 novembro 2018.

MIYAGUSKU, L. **O efeito da irradiação na qualidade e no aumento da vida útil de cortes de peito de frango (Pectoralis major) refrigerado.** 2001. 109f. Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de EngenhariadeAlimentos.Campinas.SP.Disponívelem:<http://repositorio.unicamp.br/handle/REPOSIP/255118>Acesso em: 21 novembro 2019

MOURA, A. F. P de. **Efeito da radiação ionizante sobre a oxidação do colesterol em hamburguês de frango e bovino congelados.** 2004. 109f. Tese (Doutorado) Universidade de São Paulo. Faculdade de ciência farmacêutica, São Paulo, 2004.

NASCIMENTO, K. O.; WANG, S. H.; ASCHERI, J. L. R.; CARVALHO, C. W. P. Propriedades de pasta de farinhas de trigo-soja pré-cozidas por extrusão. **Alimentos e Nutrição, Araraquara,** v.18, n.4, p. 387-395, 2007.

NEWPORT SCIENTIFIC. Instruction Manual for the Series 4 **Rapid Visco Analyzer.**Newport ScientificPty. Ltd., Australia, 1998.

OCLOO, F. C.K. , OKYERE,A. A., ASARE, I. K. Physicochemical, functional and pasting properties of flour produced from gamma irradiated tiger nut (Cyperusesculentus L.). **Radiation Physics and Chemistry**, v.103. p. 9–15, 2014.

OLIVEIRA, L. A. de; GODOY, R. C. B. de. Mandioca Chips. **Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura**, 2011. 6 p. il. (Embrapa Mandioca e Fruticultura. Circular técnica, 101).2011.

OLIVEIRA, K. C. F.de; SOARES, L. P.; ALVES, A. M.; Irradiação de alimentos extensão da vida útil de frutas e legumes. **Saúde & Ambiente em Revista**, Duque de Caxias, v. 7,n.2, p.52-57, 2013.

ORTOLAN, F.; HECKTHEUER, L. H.; MIRANDA, M. Z. de. Efeito do armazenamento à baixa temperatura (–4 °C) na cor e no teor de acidez da farinha de trigo. **Ciência e Tecnologia de Alimentos.** Vol.30 n.1. CampinasSP 2010.

PEREIRA, A. C.da S. C. **Efeito da radiação ionizante na qualidade do camarão branco do pacifico *(Litopenaeusvannamei)*.** 2014 132f. Tese de doutorado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos da Universidade Federal da Paraíba. João Pessoa

PEREIRA B. L. B.; LEONEL M. Propriedades de pasta de produtos derivados da mandioca. **Anais**... XIII Congresso Brasileiro de Mandioca, 2009. Inovações eDesafios.2009.Disponívelem:https://www.cerat.unesp.br/Home/compendio/artigos.htm Acesso em: 01 novembro 2018.

PINTO E SILVA, P. **Farinha, feijão e carne-seca: um tripé culinário no Brasil Colonial.** São Paulo: Editora Senac São Paulo, 2005.

POF- **Pesquisa de Orçamentos Familiares** 2017-2018 : Primeiros resultados / IBGE, Coordenação de Trabalho e Rendimento. - Rio de Janeiro: IBGE, 2019. 69 p

RIBEIRO, A. P. L. **Estudos dos amidos de mandioca nativo modificados e modificados combinados por via química para utilização na indústria**

alimentícia.2011.110f.Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) Universidade Federal da Paraíba.João Pessoa/PB.

ROMBO, G. O.,TAYLOR, J. R. N.,MINNAAR, A. Effect of irradiation, with and without cooking of maize and kidney bean flours, on porridge viscosity and in vitro starch digestibility. **Journal of the Science of Food and Agriculture**. v. 81, pp. 497–502. 2001.

SÁ, A. P. N. de, GÓES-FAVONI, S. S. P., GIANNONI, J. A., ARTHUR, V. VILLAVICENCIO, A. L. C. H. Irradiation effect on peroxidation index on okara-based soybean flour. 2017. Belo Horizonte**. Anais..:**In:. INAC- International Nuclear AtlanticConference.

SANTOS, A.F.; VIZEU, DESTRO D.M.; M.T.; FRANCO, B.D.G.M.; LANDGRAF, M. Determinação da dose de radiação gama para reduzir a população de Salmonellaspp em carne de frango. **Ciênc. Tecnol. Aliment**. V.23, no. 2, pp.200-205 .2003.

SARTORI, A. G. de O. , SAMPAIO G. R., BASTOS, D. H. M., REGITANO D"ARCE, M. A. B., SKIBSTED, L. H. Volatiles and tendency of radical formation of cold-pressed Brazil nut oil during ambient atorage. **J AmOilChem Soc.** v. 95, pp. 721–730, 2018.

SILVA, V. De C. **Efeito da radiação gama e temperatura de armazenamento em legumes minimamente processados e pré-cozidos e aceitabilidade de mercado de produtos irradiados.** 2014. 173f. Tese (Doutorado) Centro de Energia Nuclear na Agricultura da Universidade de São Paulo. Piracicaba, 2014.

SILVA, R. C. **Qualidade tecnológica e estabilidade oxidativa de farinhas de trigo e fubá irradiados**. 2003. 89 f. Dissertação (mestrado) Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo. Piracicaba, 2003.

SINGH, H. Wholesomeness of irradiated foods. *In:* **"FIPCOS „95""**. Canada. 1995.

SOUSA, B. de L. M. de. **Desenvolvimento e caracterização de farofa de mandioca (Manihotesculentacrantz) temperada com carne caprina**. 2013. f.76.Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) Universidade Federal deSantaCatarina, Florianópolis, SC Disponívelem:https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/106603Acesso em: 01 novembro 2018.

SOUZA, A.S. **Efeitos da irradiação na composição e propriedades funcionais da soja.** Tese (Doutorado em Alimentos e Nutrição) – Universidade Estadual de Campinas, São Paulo, 2006.

SOUZA, J. M. L. de et al..2008.Variabilidade físico-química da farinha de mandioca. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 28, n. 4, p. 907-912.

STEFANOVA, R.; TOSHKOV, S.; VASILEV, N. V; VASSILEV, N. G; MAREKOV, I. N. Effect of gamma-rayirradiation on the fattyacid profile of irradiatedbeefmeat. **Food Chemistry,**, v. 127, n. 2, pp. 461-466. 2011.

STATSOFT. Inc. Statistica for Windows (data analysis software system), version 8. Statsoft, Tulsa, Oklahoma (USA), 2007

TABELA BRASILEIRA DE COMPOSIÇÃO DE ALIMENTOS (TBCA). Universidade de São Paulo (USP). **Food Research Center** (FoRC). Versão 6.0. São Paulo, 2017, Disponível em: http://www.fcf.usp.br/tbca/Acesso em: 15 março 2019.

TACO - **Tabela Brasileira de Composição de Alimentos**. Universidade Estadual de Campinas.Versão II. 2. ed. Campinas, 2011.

TEIXEIRA, B. S. ***Características de amidos processados pela radiação ionizante***. Dissertação (Mestrado em Ciências na Área de Tecnologia Nuclear – Aplicações) – Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, São Paulo, 2016.

TRINDADE, R. A.,MANCINI-FILHO, J. ,VILLAVICENCIO, A. L. C. H..Natural antioxidants protecting irradiated beef burgers from lipid oxidation. LWT. **Food Science and Technology** ,v. 43, p. 98-104, 2009.

THOMAS, D. J.; ATWELL, W. A. **Practical Guide for Food Industry In: Starches**. Minnesota: Eagan Press, 1999.

VERMA,R.;S. JAN, S. RANI, K. JAN, T.L. SWER, K.S.Physicochemical and functional properties of gamma irradiatedbuckwheat and potato starch. **Radiat. Phys. Chem**., v.144., pp. 37-42.2018

VILLACICENCIO, A. L. C. H. **Avaliação dos efeitos da radiação ionizante de ^{60}Co em propriedades físicas, químicas e nutricionais dos feijões Phaseolusvulgaris L. Vignaunguiculata (L.) Walp**. 1998. 138f. Tese (Doutorado)Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Universidade de São Paulo, São Paul, 1998.

XDACOR.**Quaiscoresvocê vê?**2016.Disponívelem: https://xdacor.wordpress.com/category/artigos/Acesso em: 14 setembro2018.

XUEA, Y.; ZHAO, P.WEN,C.;CHENGB, S.; LIN, S. Effects of electron beam irradiation on physicochemical properties of corn flour and improvement of the gelatinization inhibition. **FoodChemistry**. v. 233, p. 467-475.2017.

ZAGO, B. T. **Efeito do tratamento térmeico nas propriedades fisico- quimica, reologicasetermicas no processamento de milho.** 89f. 2018. Dissertação (mestrado em Ciencia e Tecnologia de Alimentos) Universidade de PassoFundo.PassoFundo,RS.Disponívelem:http://tede.upf.br/jspui/handle/tede/1454 Acesso em: 07 novembro 2018.

ZANÃO, C. F. P.; CANNIATTI-BRAZACA, S. G.; SARMENTO, S. B. S.; ARTHUR, V. Efeito da irradiação gama nas características físico-químicas e sensoriais do arroz (Oryza sativa L.) e no desenvolvimento de SitophilusoryzaeL.**Ciênc. Tecnol. Aliment.,** Campinas, 29(1): 46-55, 2009.

ZHANGA, Y.; LIA, G.; WUB,Y.; YANGA. Z.; OUYANGA, J. Influence of amylose on the pasting and gel texture properties of chestnut starch during thermal processing. **Food Chemistry**.V. 294.pp.378–383 .2019.

YU, Y.; WANG, J. Efeito da irradiação de raios y na estrutura dos grânulos de amido e nas propriedades físico-químicas do arroz. **Food Res. Int.** , v.40 , pp. 297 – 303. 2007.

INSTITUTO DE PESQUISAS ENERGÉTICAS E NUCLEARES
Diretoria de Pesquisa, Desenvolvimento e Ensino
Av. Prof. Lineu Prestes, 2242 – Cidade Universitária CEP: 05508-000
Fone/Fax(0XX11) 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.