

UNIVERSIDADE FEDERAL DO TOCANTINS  
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS

BRUNA ARAÚJO DE MOURA

**OBTENÇÃO, CARACTERIZAÇÃO E APLICAÇÃO  
TECNOLÓGICA DA FÉCULA IRRADIADA DE AÇAFRÃO  
(*Curcuma longa* L.) EM BOLO DE CENOURA**

PALMAS - TO  
2017

BRUNA ARAÚJO DE MOURA

**OBTENÇÃO, CARACTERIZAÇÃO E APLICAÇÃO  
TECNOLÓGICA DA FÉCULA IRRADIADA DE AÇAFRÃO  
(*Curcuma longa* L.) EM BOLO DE CENOURA**

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

**Orientadora:** Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Adriana Régia Marques de Souza

**Co-orientador:** Dr<sup>º</sup>. Aroldo Arévalo Pinedo

Linha de pesquisa do PPGCTA:  
Desenvolvimento de novos produtos

PALMAS - TO  
2017

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

---

M929o Moura, Bruna Araújo de.

Obtenção, caracterização e aplicação tecnológica da fécula irradiada de açafrão (*Curcuma longa* L.) em bolo de cenoura. / Bruna Araújo de Moura. – Palmas, TO, 2017.

76 f.

Dissertação (Mestrado Acadêmico) - Universidade Federal do Tocantins – Câmpus Universitário de Palmas - Curso de Pós-Graduação (Mestrado) em Ciência e Tecnologia de Alimentos, 2017.

Orientadora : Adriana Régia Marques de Souza

Coorientador: Aroldo Arévalo Pinedo

1. Amido. 2. Irradiação gama. 3. Curvas de escoamento. 4. Bolo de cenoura. I. Título

**CDD 664**

---

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

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

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

BRUNA ARAÚJO DE MOURA

**OBTENÇÃO, CARACTERIZAÇÃO E APLICAÇÃO  
TECNOLÓGICA DA FÉCULA IRRADIADA DE  
AÇAFRÃO (*Curcuma longa* L.) EM BOLO DE CENOURA**

Dissertação DEFENDIDA e APROVADA em 06 de julho de 2017, pela Banca Examinadora constituída pelos membros:



---

Prof.ª Dr.ª Glândara Aparecida de Souza Martins

UFT



---

Prof.ª Dr.ª Denise Gomes Alves

UFT



---

Prof.ª Dr.ª Adriana Régia Marques de Souza

Orientadora – UFG

*Dedico este trabalho ao meu avô Manoel Borba  
(in memoriam) por todo o seu amor e por sempre  
ter me incentivado a estudar e correr atrás de  
meus sonhos.*

## AGRADECIMENTOS

Á Deus e a Nossa Senhora, por serem meu eterno amparo e refúgio.

Á minha família, em especial aos meus exemplos de vida, meu pai Josimar Carlos e minha mãe/vó Marcelina Brandão, que sempre me apoiam, me incentivam e me amam.

Á família Andrade, por todo amor, amizade e acolhimento, é tão bom nos sentirmos queridos e amados. Vocês moram no meu coração!

Á minha orientadora, Adriana Régia, pela compreensão, simpatia, apoio e pela pessoa humana e profissional que é, tenho grande admiração por ti, é impossível não gostar de você. Só lamento não ter ficado mais perto, tenho certeza que seria massa.

Ao meu co-orientador Aroldo Arévalo, por disponibilizar integralmente seu laboratório para extração da fécula, creio que até hoje tenha vestígios de curcumina nas coisas.

Á professora Glêndara Martins, por todo incentivo desde a graduação, sou imensamente grata, por ter aceito meu convite em participar da banca e pelo aceite em ministrar uma disciplina sua.

Á professora Denise Alves, por aceitar participar da banca e principalmente por seu apoio, não pensou duas vezes para aceitar meu pedido de ministrar uma de suas disciplinas.

Ás minhas amigas Lorena, Luara e Drielly por seu carinho, amizade e por ter tirado minhas dúvidas quando precisei.

Ao professor Joenes pela sua imensa bondade em sanar dúvidas de estatística, seja de quem for.

Ao meu namorado, Deuel Alves, pela paciência nos meus momentos de estresse, pela parceria, amizade, amor, apoio, e por acreditar que sempre sou capaz de realizar meus sonhos e por sonhar eles junto comigo.

Aos meus futuros sogros, Isabel Alves e João Joaquim, pelo cuidado e por me receberem tão bem em sua casa, vocês foram cruciais para a realização de minhas análises em Goiânia. Muito obrigada!

Á Renata, por toda paciência, companhia e auxílio na extração da fécula.

À Josineide, pelas conversas e pelo apoio amigo.

Ao Devis, pela recepção, atenção e pelo profissionalismo.

Ao Douglas pelo auxílio nas análises.

Ao meu amigo Xu, pelas instruções para a extração da fécula e por tirar tantas dúvidas minhas. O que seria de mim sem você.

Á Carla Francisca, pela parceria e por me ajudar nas análises microbiológicas.

Á turma do mestrado, pela amizade e pela boa convivência. Tive o prazer de ter ótimos companheiros na graduação e no mestrado não foi diferente, muito feliz por isso.

Ás minhas amigas da turma do bairro, pela amizade, paciência, pelos momentos de descontração e também de oração.

Agradeço a Capes pelo apoio financeiro.

A todas as pessoas que de alguma forma me ajudaram a concluir mais essa etapa na minha vida.

## RESUMO

A fécula de açafrão (*Curcuma longa* L.) apresenta grande potencial para a indústria de alimentos, pois está presente em abundância nos rizomas do açafrão, podendo assim, ser considerada uma fonte alternativa aos amidos já comercializados. Muitos amidos tem passado por modificações físicas, como a aplicação da irradiação gama, para que este adquira novas características e aumente sua aplicabilidade. O objetivo desta pesquisa foi estudar a influência de diferentes doses de radiação sobre a fécula de açafrão (*Curcuma longa* L.) e avaliar sua aplicação tecnológica em bolo de cenoura. A composição centesimal não foi influenciada significativamente pelas doses de radiação. No entanto, a textura dos géis foi afetada, bem como as soluções gelatinizadas. A solução não gelatinizada apresentou comportamento dilatante e a gelatinizada foi caracterizada como pseudoplástica. Em relação a substituição parcial da farinha de trigo pela fécula de açafrão sob todas as doses estudadas, o resultado se mostrou viável na elaboração do bolo de cenoura, indicando que esta fécula pode ser aplicada em diversos alimentos, sem provocar a rejeição do produto final.

Palavras-chave: amido, irradiação gama, curvas de escoamento, bolo de cenoura

## OBTAINING, CHARACTERIZING AND TECHNOLOGICAL APPLICATION OF STARCH IRRADIATED SAFFRON (*Curcuma long* L.) ON CARROT CAKE

### ABSTRACT

The saffron starch (*Curcuma longa* L.) presents great potential for the food industry, as it is present in abundance in the saffron rhizomes, and can therefore be considered an alternative source to already commercialized starches. Many starches have undergone physical modifications, such as the application of gamma irradiation, so that it acquires new characteristics and increases its applicability. The objective of this research was to study the influence of different doses of radiation on safflower starch (*Curcuma longa* L.) and to evaluate its technological application in carrot cake. The centesimal composition was not significantly influenced by radiation doses. However, the texture of the gels was affected, as well as the gelatinized solutions. The non-gelatinized solution presented dilating behavior and the gelatinized solution was characterized as pseudoplastic. Regarding the partial substitution of wheat flour for saffron starch under all doses studied, the result was viable in the preparation of the carrot cake, indicating that this starch can be applied in several foods without causing the rejection of the final product.

Keywords: starch, gamma irradiation, flow curves, carrot cake

## SUMÁRIO

<b>PARTE 1</b> .....	<b>8</b>
<b>1. INTRODUÇÃO GERAL</b> .....	<b>9</b>
<b>2. REVISÃO DA LITERATURA</b> .....	<b>10</b>
2.1. Cúrcuma ( <i>Curcuma longa</i> L.) .....	10
2.2. Amido.....	11
2.3. Irradiação.....	12
2.4. Efeito do processo de irradiação no amido .....	14
2.5. Reologia .....	15
2.6. Classificação reológica dos fluidos .....	15
2.7. Aplicações do amido .....	17
2.8. Bolo de cenoura.....	17
2.9. Textura dos alimentos .....	18
<b>3. OBJETIVOS</b> .....	<b>20</b>
3.1. OBJETIVO GERAL .....	20
3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	20
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>21</b>
<b>PARTE 2</b> .....	<b>27</b>
<b>4. Artigo 1 – OBTENÇÃO, CARACTERIZAÇÃO E ESTUDO REOLÓGICO DA FÉCULA DE AÇAFRÃO (<i>Curcuma longa</i> L.) SOB DIFERENTES DOSES DE RADIAÇÃO GAMA</b> .....	<b>28</b>
<b>RESUMO</b> .....	<b>28</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>28</b>
<b>5. INTRODUÇÃO</b> .....	<b>29</b>
<b>6. MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	<b>30</b>
6.1. Matéria – prima .....	30
6.2. Extração da fécula .....	30
6.3. Irradiação da fécula .....	30
6.4. Composição centesimal.....	31
6.5. Textura dos géis da fécula.....	31
6.6. Reologia .....	31
6.6.1. Curva de escoamento (viscosidade, tipo de fluido).....	31
6.7. Análise estatística.....	32
<b>7. RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	<b>33</b>
7.1. Composição centesimal.....	33
7.2. Análise de textura.....	35
7.3. Reologia .....	37

7.3.1. Curva de escoamento – Fécula 5% (não gelatinizada) .....	37
<b>8. CONCLUSÃO.....</b>	<b>41</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>42</b>
<b>PARTE 3.....</b>	<b>44</b>
<b>9. Artigo 2 – APLICAÇÃO TECNOLÓGICA DA FÉCULA IRRADIADA DE AÇAFRÃO (<i>Curcuma longa</i> L.) EM BOLO DE CENOURA .....</b>	<b>45</b>
<b>RESUMO.....</b>	<b>45</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>45</b>
<b>10. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>46</b>
<b>11. MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>47</b>
11.1. Local do estudo.....	47
11.2. Matéria – prima .....	47
11.3. Formulação dos bolos.....	47
11.4. ANÁLISES.....	48
11.4.1. Composição centesimal dos bolos.....	48
11.4.2. Volume específico .....	48
11.4.3. Cor .....	49
11.4.4. Perfil de textura (TPA) .....	49
11.4.5. Análises microbiológicas.....	49
11.4.6. Análise sensorial.....	50
11.4.7. Índice de aceitabilidade (IA) .....	50
11.4.8. Análise estatística .....	50
<b>12. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>52</b>
12.1. Composição Centesimal, valor energético e volume específico .....	52
12.2. Análise colorimétrica.....	54
12.2.1. Cor do miolo e da crosta dos bolos.....	54
12.3. Análise do Perfil de Textura (TPA).....	56
12.4. Análise microbiológica.....	58
12.5. Análise sensorial.....	59
12.6. Índice de aceitabilidade (IA) .....	60
<b>13. CONCLUSÃO.....</b>	<b>62</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>63</b>
<b>14. CONCLUSÃO GERAL .....</b>	<b>66</b>
<b>APÊNDICES .....</b>	<b>67</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>72</b>

PARTE 1

## 1. INTRODUÇÃO GERAL

A cúrcuma (*Curcuma longa* L.) é nativa do sudeste asiático e subcontinente indiano. É uma herbácea de caule subterrâneo, interior predominantemente alaranjado, possui diversos rizomas secundários que são utilizados na indústria alimentícia e farmacêutica devido às características sensoriais, produção de óleos essenciais, e corantes (BERNI et al., 2014).

Da cúrcuma obtém-se primordialmente curcumina e óleo essencial e como atividade secundária obtém-se o amido. Pode-se extrair de 2 a 8% de curcumina, 2,5 a 5% de óleo essencial e 25 a 70% de amido (HE et al., 1988; SCARTEZZINI; SPERONI, 2000). Logo, este rizoma pode ser considerado uma matéria-prima promissora para a indústria de amido, pois a obtenção do amido não interfere na extração dos produtos principais e apresenta uma alta porcentagem.

O amido de tubérculos, raízes e rizomas é usualmente chamado de fécula e é usado em diversos produtos alimentícios para seres humanos desde muitos anos (PEREIRA et al., 1999). É uma substância predominante de reserva nas plantas superiores, que equivale de 70 a 80% das calorias ingeridas pelo homem (LEONEL; OLIVEIRA; FILHO, 2005).

Segundo Bemiller (1997), as propriedades tecnológicas dos amidos podem ser modificadas por meio de processos físicos, químicos e enzimáticos, sendo estes, aplicados a fim de alterar as características de cozimento, redução da retrogradação e a tendência das pastas em formarem géis, melhorar a textura e a formação de filmes e introduzir poder emulsificante, dentre outros. A modificação do amido é uma forma de expandir o campo de sua aplicação e assim agregar valor a outros produtos.

O processo de irradiação é um método físico bastante utilizado ao longo dos anos, principalmente em especiarias, grãos, carnes, frutas e tubérculos, com intuito de conservar as propriedades do alimento por mais tempo (SILVA; ROZA, 2010), além de proporcionar alterações tecnológicas no alimento (BEMILLER, 1997).

O Brasil ocupa a sétima posição global no ranking de vendas de bolos, sendo o Japão o primeiro colocado. A quantificação do índice de entrada de bolos nos lares ficou em torno de 50,7%. Isto se deve principalmente à praticidade que o produto oferece e ao fato de muitos consumidores não terem mais tempo para o preparo dos mesmos. A produção nacional no ano de 2014 apresentou um aumento de 14,2% em relação ao ano de 2013, faturando R\$ 685 milhões, assim como o consumo per capita também evoluiu atingindo 0,20 kg por habitante em 2014 (ABIMAPI, 2015).

Diante disso, o objetivo desse trabalho foi estudar a influência de diferentes doses de radiação sobre a fécula de açafrão (*Curcuma longa* L.) e avaliar a sua aplicação tecnológica em bolo de cenoura.

## 2. REVISÃO DA LITERATURA

### 2.1. Cúrcuma (*Curcuma longa* L.)

A cúrcuma (*Curcuma longa* Linneu) é uma planta herbácea, pertencente à família Zingiberaceae, considerada monocotiledônea e classificada como condimentar. Constitui uma altura média de 120 a 150 centímetros em condições favoráveis de solo e clima, possuem folhas grandes, oblongo-lanceoladas, oblíquo-nervadas e emanam um aroma agradável quando amassadas (HERTWIG, 1986).

Foi introduzida no Brasil nos tempos coloniais, onde sua monografia foi citada na Farmacopéia Brasileira segunda edição (NETTO JR., 1999). Conhecida no Brasil como açafrão, açafrão-da-índia, açafrão-da-terra, gengibre dourado, etc. (MAIA et al., 1995) e internacionalmente como “turmeric” (MAY et al., 2005). Comumente confundida com o açafrão-verdadeiro (*Crocus sativus* L.), devido as diversas denominações populares, embora apresentem taxonomias diferentes (SIGRIST, 2009).

Dentre as 80 espécies que o gênero *Curcuma* compreende, aproximadamente, a que constitui maior significância comercial é a cúrcuma (*Curcuma longa* L.), pois é bastante utilizada como corante alimentício devido aos custos de produção e qualidade do corante. A curcumina é o seu pigmento mais importante, responsável pela coloração amarelo-alaranjado particular dos rizomas (SIGRIST, 2009).

Os rizomas de cúrcuma crescem em volta de uma estrutura tuberosa central chamada de rizoma primário, cabeça, a partir do qual se formam rizomas secundários mais finos, dedos, devido sua forma (MAIA et al., 1995). Os rizomas desidratados do açafrão possuem composição média (% base úmida) de 81,23 de umidade, 8,83 de amido, 2,02 de açúcares solúveis totais, 0,83 de açúcares redutores, 1,78 de fibras, 2,02 de proteína, 2,01 de cinzas, 0,91 de matéria graxa, 6,54 de pH e 10,95 de acidez titulável (LEONEL; CEREDA, 2002).

Para Soares (2009), o componente que aparece em maior quantidade nesta espécie é o amido (25 a 50%), seguido de proteína (4 a 10%), fibras e cinzas (2 a 7%) e presença de 2 a 7% de óleo essencial e pigmentos curcuminóides.

No estudo realizado por Alves et al. (2011), os rizomas secundários de açafrão secos obtidos da cooperativa de Mara Rosa – GO, foram caracterizados quanto a sua composição centesimal e tiveram como resultado 12,2 % de umidade, 6,6 % de cinzas, 4,6 % de proteína, 4,6 % de lipídios.

As características da cúrcuma favorecem sua aplicação na industrialização de alimentos, como fonte de amido, para fabricação de bolo ou como corante em sopa desidratada, molhos, produtos cárneos, macarrões, mostardas, sorvetes, queijos, ovos, margarinas e carnes (MARINOZZI, 2002).

## 2.2. Amido

O amido é um carboidrato organizado na forma de grânulos com formato e tamanho diferentes dependendo da sua fonte botânica (BEMILLER, 1997; FRANCO et al., 2001). Pode ser extraído de sementes de milho, trigo, arroz, de tubérculos e raízes (WEBER et al., 2009). Os grânulos de amido de tuberosas, em geral, são volumosos e elipsoidais com hilos excêntricos ou poliédricos (MATSUGUMA, 2010).

Além do carboidrato, está presente no amido substâncias como lipídeos, proteínas e sais minerais, contudo, em baixas quantidades. A taxa desses constituintes depende muito da genética da planta e do método da extração. Quanto menor a porcentagem desses elementos, melhor a qualidade do amido (PERONI, 2003).

Composto por duas macromoléculas fundamentais, a amilose e a amilopectina. A primeira é uma molécula linear formada por 500 – 6000 unidades de D-glucose unidas por ligações do tipo  $\alpha$ -(1,4) com massa molecular mais baixa ( $10^4$  a  $10^6$ ). Enquanto que a amilopectina é ramificada e suas unidades de D-glucose são unidas por ligações  $\alpha$ -(1,4) e em torno de 4 a 5% de ligações  $\alpha$ -(1,6), com massa molecular alta ( $10^7$  a  $10^8$ ) conforme suas fontes (SEBIO, 1996).

Amidos com baixos teores de amilose são importantes para a indústria de alimentos, pois não sofrem retrogradação, isto é, perda de água no processo de aquecimento e resfriamento, e assim, o alimento não endurece, aumentando sua vida de prateleira (MUNHOZ; WEBER; CHANG, 2004).

As propriedades funcionais do amido como viscosidade, inchamento, absorção de água, formação de gel com água quente, transparência, neutralidade de sabor e odor, entre outras, são influenciadas por suas propriedades tecnológicas, determinadas pela capacidade de complexação com iodo, massa molar, volume das estruturas helicoidais, densidade de empacotamento das hélices de glucanas e propriedades reológicas. Por sua vez, estas, determinam suas propriedades de aplicação, estabelecidas pelo tipo de estresse a que são submetidos durante a preparação do alimento, tais como, esterilização pelo calor, armazenamento sob frio (refrigeração e congelamento), agitação e mistura (corte) reaquecimento, etc. (DAIUTO, 2005). Sebio (1996), também afirma que as propriedades reológicas do amido definem a sua melhor aplicação nos alimentos processados.

Nacionalmente e internacionalmente é empregado na indústria de alimentos como espessante, simplificador de processamento, produção de sólidos em suspensão ou proteção dos alimentos ao longo do processamento e provimento de textura. Sendo este, utilizado tanto na sua forma nativa quanto modificada (por meio de processos adicionais), por exemplo, xaropes de glicose, maltodextrinas, maltose ou frutose (FRANCO et al., 2001). Segundo Weber et al. (2009) tanto os amidos naturais como os modificados possuem inúmeras aplicações em produtos alimentares como agentes adesivos, ligantes e formadores de filmes, além de agirem como gelificantes, espessantes, retentores de umidade e retardadores da retrogradação de alguns alimentos. Mas, as barreiras do amido natural, como baixa resistência a ação mecânica e térmica, decomposição térmica e alta tendência de retrogradação, torna imprescindível o desenvolvimento de vários tipos de amidos modificados para aplicações alimentícias (SILVA et al., 2006; SINGH; KAUR; MCCARTHY, 2007; BHAT; KARIM, 2009; CHUNG; LIU, 2009).

Segundo Bezerra et al. (2013), a participação da cúrcuma é crescente na indústria de alimentos, como por exemplo, a utilização do amido para produção de bolos, e, principalmente, como corante em macarrões, mostardas, sorvetes, queijos e conservante natural no tratamento e preparo de alimentos como pickles, salgadinhos tipo “chips”, margarinas, carnes e derivados, como a salsicha.

### 2.3. Irradiação

A irradiação de alimentos é um processo físico de tratamento, que consiste em submeter o alimento, já embalado ou a granel, a doses controladas de radiação ionizante, com finalidades sanitária, fitossanitária e ou tecnológica (BRASIL, 2001a).

O termo dose usualmente utilizado é a quantidade de energia absorvida pelo produto irradiado, expressa em Gy, onde 1 Kgy corresponde a 1 J/Kg. O tamanho desta, por sua vez, possui ligação direta com os efeitos gerados pela irradiação. Em que a dose e o tempo devem ser suficientes para conseguir os resultados esperados e menores o bastante para manter a qualidade do alimento (GONÇALVES, 2008; SILVA; ROZA, 2010).

A legislação brasileira que rege a utilização da dose mínima e máxima nos alimentos é a RDC nº 21, de 26 de janeiro de 2001, considerando que a dose mínima absorvida deve ser suficiente para alcançar a finalidade pretendida e a dose máxima absorvida deve ser inferior àquela que comprometeria as propriedades funcionais e ou os atributos sensoriais do alimento (BRASIL, 2001a).

A RDC nº 21 estabelece ainda que o produto irradiado utilizado como ingrediente em outro alimento, deve conter em sua embalagem final o símbolo “radura” (Figura 1), indicando que o alimento foi tratado por irradiação.



**Figura 1.** Radura: símbolo usado para identificar produtos irradiados.

Outra legislação importante no processo de irradiação é a Instrução Normativa nº 9 de 24 fevereiro de 2011 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), que adota as diretrizes da Norma Internacional para Medidas Fitossanitárias - NIMF nº 18 como orientação técnica para o uso da irradiação como medida fitossanitária com o objetivo de prevenir a introdução ou disseminação de pragas quarentenárias regulamentadas no território brasileiro (BRASIL, 2011).

O tipo de energia usada na irradiação de alimentos é a radiação ionizante, assim designada porque sua energia é alta o bastante para retirar os elétrons dos átomos e moléculas, para convertê-los em íons (LANDGRAF, 2002). A mais utilizada na indústria de alimentos devido a sua extraordinária capacidade de penetração é a radiação gama (MARQUES; COSTA,

2013), que apresenta como vantagens a utilização imediata de produtos tratados, baixa elevação de temperatura do produto durante o processo e o produto pode ser processado na sua embalagem final (ROGOVSCHI, 2014). Os reatores nucleares com radiação gama provenientes dos radioisótopos  $^{60}\text{Co}$  e  $^{137}\text{Cs}$  são empregados na indústria alimentícia, podendo-se utilizar doses até mesmo superiores a 10 kGy sem apresentar problemas toxicológicos ou perdas do valor nutricional do alimento (MARQUES; COSTA, 2013).

A irradiação tem sido aplicada para aumentar a vida útil dos alimentos, controlar infestação de insetos, inativar parasitos, bactérias patogênicas, fungos e leveduras; retardar a maturação e deterioração de frutas; inibir a germinação de tubérculos e bulbos após a colheita, reduzir a incidência de intoxicações alimentares, modificar características sensoriais e funcionais de cereais, entre outras aplicações (OMS, 1995; FAO, 2003; ORNELLAS et al., 2006). A conservação de alimentos por meio da radiação está plenamente comprovada. Além disso, pesquisas mostram que alguns produtos podem ser favorecidos por determinadas ações específicas da interação deste método com os componentes dos alimentos (MASTRO, 2015).

#### 2.4. Efeito do processo de irradiação no amido

O amido atribui estrutura, textura e consistência para muitos alimentos, e em níveis industriais, as propriedades funcionais de amidos de diferentes origens botânicas são adquiridas em geral, por meio de modificações químicas, enzimáticas e físicas. Sendo o método físico mais rápido e eficiente que o método químico para a modificação das propriedades do amido (BAO; AO; JANE, 2005; SINGH et al., 2011). Essas modificações são interessantes para as indústrias alimentícias, porque podem melhorar as propriedades de viscosidade, como consistência pastosa, suavidade e clareza, além de proporcionar estabilidade a armazenamento ao frio (BHAT; KARIM, 2009; SINGH; KAUR; MCCARTHY, 2007).

Segundo Bao, Ao e Jane (2005) a irradiação é um método de modificação física do amido, em que a energia ionizante penetra o grânulo de amido rapidamente e pode causar maiores modificações na estrutura quando comparada com outros métodos de modificação física.

A radiação gama aplicada no amido pode gerar radicais livres em suas macromoléculas, e estes, são capazes de provocar a hidrolização de ligações químicas e assim, quebrar grandes moléculas em pequenos fragmentos de dextrina (YU; WANG, 2007; BHAT; KARIM, 2009).

Yu e Wang (2007) realizaram um trabalho para avaliar os efeitos da radiação gama nas doses de 0, 2, 5, 8 e 10 kGy em grânulos de amido de arroz. Obtiveram resultados como:

decréscimo dos teores de amilose aparente, aumento da consistência de gel e da temperatura de gelatinização com o aumento das doses de radiação. Evidenciando que a radiação gama pode influenciar nas propriedades físicas e reológicas de cereais como o arroz, trigo e milho.

Lu (2013), em seu estudo aplicou doses de radiação de 2,5, 5 e 10 kGy em féculas de rizomas primários e secundários obtidos da *Curcuma longa* L., e seus resultados mostraram que para os dois tipos de rizomas a irradiação gama não mudou a morfologia das féculas, no entanto, interferiu nitidamente na cristalinidade relativa, propriedade térmica, solubilidade em água e poder de inchamento.

Muitas pesquisas tem sido desenvolvidas para estudar as modificações nas características físico químicas, funcionais e nutricionais do amido isolado do alimento e submetido à irradiação, tais como, arroz (BAO; AO; JANE, 2005), milho (CHUNG; LIU, 2009; YOON et al., 2010), batata (SINGH et al., 2011), açafrão (LU, 2013), dentre outras.

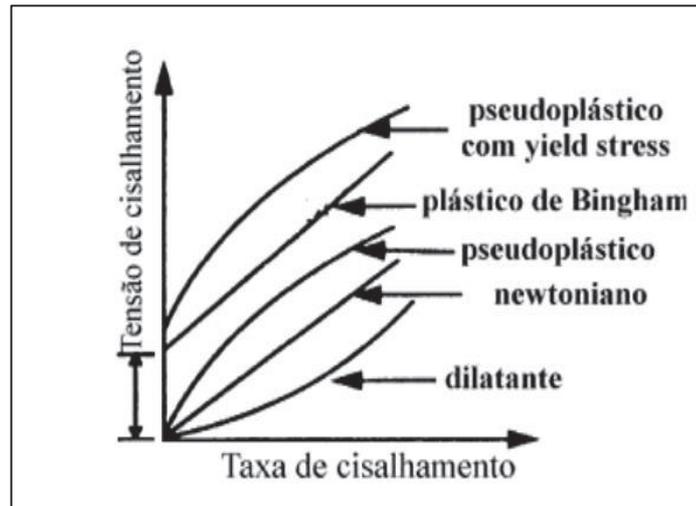
## 2.5. Reologia

A reologia é definida por Fellows (2006) como o estudo do comportamento deformacional e do fluxo da matéria submetido a tensões, sob determinadas condições termodinâmicas, ao longo de um intervalo de tempo.

O estudo reológico dos géis de amido é de suma importância para a indústria, pois é possível prever a sua melhor aplicação.

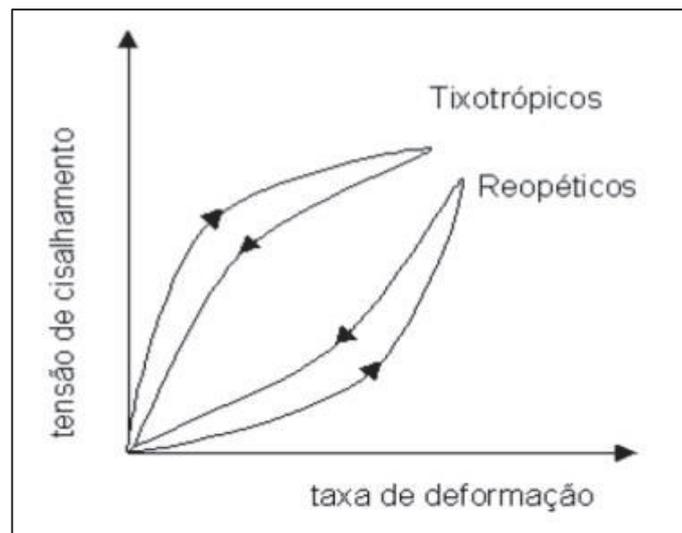
## 2.6. Classificação reológica dos fluidos

Os fluidos podem ser newtonianos e não newtonianos (Figura 2), este último classifica-se em três grupos, os viscoelásticos, os fluidos independentes do tempo (dilatantes, pseudoplásticos, plástico de Bingham e pseudoplástico com yield stress) e os fluidos que dependem do tempo (tixotrópicos e reopéticos) (Figura 3).



**Figura 2.** Classificação do comportamento reológico de fluidos newtonianos e não newtonianos independentes do tempo.

Fonte: KAWATRA (1996)



**Figura 3.** Classificação do comportamento reológico de fluidos não newtonianos dependentes do tempo.

Fonte: SKELLAND (1967)

Diferente do que acontece com os fluidos newtonianos, os fluidos não newtonianos não possuem relação linear entre a tensão de cisalhamento e a taxa de cisalhamento (deformação), ou seja, a viscosidade se altera com as modificações da taxa de cisalhamento. Tal viscosidade é chamada de viscosidade aparente, podendo aumentar ou diminuir, dependendo do tipo de fluido (FERREIRA et al., 2005).

## 2.7. Aplicações do amido

Existem inúmeras fontes de amidos, desde as já consolidadas no mercado, como o amido de mandioca, até as fontes alternativas, como é o caso da fécula de açafrão, amido de mandioquinha, etc.

O amido tem sido utilizado tradicionalmente como estabilizante e/ou emulsificante na matriz dos alimentos industrializados, e a pouco tempo tem sido aplicado como substituto de gordura em alimentos de baixa caloria (BELLO-PEREZ; MONTEALVO; ACEVEDO, 2006).

Silva et al. (2013) afirma que a indústria de alimentos tem buscado ingredientes alternativos como o polvilho azedo (amido modificado) para agregar valor econômico aos produtos derivados da mandioca. No estudo realizado por estes autores, desenvolveu-se um bolo de chocolate para a avaliação da influência das variáveis açúcar, polvilho azedo e albedo de laranja. Almeida, Marangoni e Steel (2013) também utilizou várias fontes de amidos não - convencionais para melhorar as características tecnológicas de bolo inglês.

De acordo com as análises realizadas por Lu (2013) na fécula de açafrão dos rizomas primários e secundários com doses radiação gama de 2,5 e 10 kGy, respectivamente, os resultados obtidos para estas doses indicam que estas féculas possuem potencial para serem aplicadas em produtos enlatados ou de panificação, por terem temperaturas de gelatinização mais elevada, também servirem como espessante e estabilizante no molho de salada, por resistirem a presença de acidez e ações mecânicas durante a homogeneização ou produtos extrusados, que passam por processos com altas temperaturas e cortes mecânicos.

## 2.8. Bolo de cenoura

Bolo é definido como produto assado, preparado à base de farinhas ou amidos, açúcar, fermento químico ou biológico, podendo conter leite, ovos, manteiga, gordura e outras substâncias alimentícias que caracterizam o produto (BRASIL, 1978). Não é considerado um alimento básico como pão, mas é bastante aceito e consumido por pessoas de qualquer idade (BORGES et al., 2006).

A cenoura é uma hortaliça de sabor agradável, pouco calórica, rica em carotenóides, fibras, vitaminas, minerais,  $\beta$ -caroteno e outros componentes bioativos. Apresenta enorme importância na alimentação dos brasileiros e geralmente é consumida in natura ou cozida ou após processamento (TEIXEIRA et al., 2011).

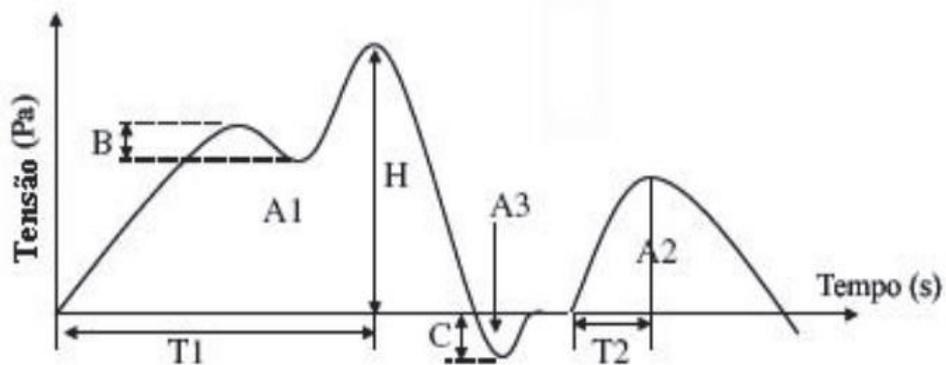
No trabalho de Veit et al. (2012), na formulação padrão de bolo de cenoura utilizou-se 25% de leite, 16% de açúcar, 25% de farinha de trigo, 19,9% de cenoura, 9% de óleo, 3,6% de ovo em pó e 1,5% de fermento. Obtendo como resultado da análise centesimal 32,40% de umidade, 7,09% de proteína, 12,58% de extrato etéreo, 1,42% de material mineral e 46,51% de carboidratos.

## 2.9. Textura dos alimentos

Segundo IAL (2008), textura é definida como um conjunto de características reológicas e estruturais - geométricas e de superfície dos produtos, identificadas por meio de receptores mecânicos, táteis e raramente pelos meios visuais e auditivos. A avaliação da textura é mais complexa nos alimentos sólidos, como nos ensaios de corte, compressão, relaxação, penetração, cisalhamento, dobramento.

A textura se apresenta quando o alimento passa por uma deformação (mordido, prensado, cortado), e é por meio dessa influência na integridade do alimento que se pode obter a resistência, coesividade, fibrosidade, granulosidade, aspereza, crocância, entre outras (TEIXEIRA, 2009). A determinação deste parâmetro é importante para a indústria de alimentos no controle do processo de fabricação, matérias primas, produto final e pesquisa de desenvolvimento de novos produtos (CARNEIRO et al., 2011).

A análise instrumental do perfil de textura (Figura 4) é realizada por um texturômetro que simula o processo de mastigação por meio de uma compressão vertical dupla na amostra (CHEN; OPERA, 2013). Este método faz o monitoramento e o registro das propriedades de textura (coesividade (A2/A1), adesividade (A3), elasticidade (T2/T1), firmeza (H), fraturabilidade (B), mastigabilidade (H x A2/A1 x T2/T1), Gomosidade (H x A2/A1)) através da determinação de curvas características (força-deformação) que resulta em um gráfico de força-tempo (KEALY, 2006; CHEN; OPERA, 2013; SOUZA, 2014).



**Figura 4.** Representação gráfica da análise instrumental do perfil de textura.

Fonte: KEALY (2006)

Para a indústria é vantajoso que seja feita uma comparação de dados instrumentais com dados de aceitação sensorial, pois assim é possível determinar quais os parâmetros instrumentais que garantem uma máxima aceitação sensorial. Logo, será necessário apenas a realização do método instrumental para identificar se o parâmetro de um produto está adequado, utilizando-se dos parâmetros já definidos por essa relação e assim economizar com os custos de uma análise sensorial, embora esta relação seja complexa (SOUZA et al., 2011).

### 3. OBJETIVOS

#### 3.1. OBJETIVO GERAL

Este trabalho teve como objetivo principal estudar a influência de diferentes doses de radiação gama sobre a fécula de açafrão (*Curcuma longa* L.) e avaliar a sua aplicação tecnológica em bolo de cenoura.

#### 3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Extrair a fécula dos rizomas da *Curcuma longa* L.;
- Irradiação da fécula dos rizomas da *Curcuma longa* L.;
- Caracterizar a fécula;
- Realizar análises reológicas das soluções e de textura dos géis da fécula
- Elaborar bolos de cenouras com as féculas irradiadas;
- Caracterizar bolos de cenouras preparados com as féculas irradiadas;
- Avaliar a textura dos bolos preparados com féculas irradiadas;
- Avaliar a aceitação sensorial e a viabilidade comercial do produto.

## REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, E. L.; MARANGONI, A. L.; STEEL, C. J. Starches from non - conventional sources to improve the technological characteristics of pound cake. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.43, n.11, p.2101-2108, nov, 2013.
- ALVES, T. A.; LU, D. L.; CREMASSO, A. P. C. Q.; MOURA, C. J.; SOUZA, A. R. M. **Avaliação do efeito da radiação gama em rizomas de açafrão (*Curcuma longa* L.) secos e frescos**. Goiânia: UFG/CNPq, 2011. (Relatório de Pesquisa).
- ABIMAPI - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS DE BISCOITOS, MASSAS ALIMENTÍCIAS E PÃES & BOLOS INDUSTRIALIZADOS. **Anuário ABIMAPI 2015**. Disponível em: <<http://abima.com.br/index.php>>. Acesso em: 20 de novembro de 2015.
- BAO, J.; AO, Z.; JANE, J. L. Characterization of physical properties of flour and starch obtained from gamma-irradiated white rice. **Starch/Stärke**, Weinheim, v. 57, n. 10, p. 480 - 487, 2005.
- BELLO-PÉREZ, L. A.; MONTEALVO, M. G. M.; ACEVEDO, E. A. Amidón: definición, estructura y propiedades. In: LAJOLO, F. M.; MENEZES, E. W. **Carboidratos em alimentos regionales iberoamericano**. São Paulo: Edusp, 2006, cap. 1, p. 17 – 46.
- BEMILLER, J. N. Starch modification: changes and prospects. **Starch/Stärke**, v. 49, n. 4, p.127-131, 1997.
- BERNI, R. F.; CHAVES, F. C. M.; PINHEIRO, J. B.; VAZ, A. P. A. Produção de açafrão em função de acessos e do peso de rizomas-semente. **Rev. Bras. Pl. Med.**, Campinas, v. 16, n. 3, supl. I, p. 765-770, 2014.
- BEZERRA, P. Q. M.; MATOS, M. F. R.; DRUZIAN, J. I.; NUNES, I. L. Estudo prospectivo da *Curcuma longa* L. com ênfase na aplicação como corante de alimentos. **Cadernos de Prospecção**, Salvador, v. 6, n. 3, p. 366 -378, 2013.
- BHAT, R.; KARIM, A. A. Impact of radiation processing on starch, **Comprehensive reviews in food science and food safety**. Chicago, v. 8, n. 1, p. 44 – 58, 2009.
- BORGES, J. T. S.; PIROZI, M. R.; LUCIA, S. M. D.; PEREIRA, P. C.; MORAES, A. R. F.; CASTRO, V. C. B. Utilização de farinha mista de aveia e trigo na elaboração de bolos. **B. CEPPA**, Curitiba, v. 24, n. 1, 2006.
- BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução - CNNPA nº 12, de 1978. Aprovar as seguintes NORMAS TÉCNICAS ESPECIAIS, do Estado de São Paulo, revistas pela CNNPA, relativas a alimentos (e bebidas), para efeito em todo território brasileiro. **Diário oficial da União**. Brasília, 24 julho de 1978. Disponível em: <[http://www.anvisa.gov.br/anvisaegis/resol/12\\_78\\_prod\\_confeita.htm](http://www.anvisa.gov.br/anvisaegis/resol/12_78_prod_confeita.htm)>. Acesso em: 10 de novembro de 2015.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução – RDC nº21 de 26 de janeiro de 2001a. Dispõe sobre o regulamento técnico para irradiação de alimentos. **Diário Oficial da União**. Brasília, DF: ANVISA, 2001a. Disponível em: <[http://portal.anvisa.gov.br/wps/wcm/connect/791ccc804a9b6b1b9672d64600696f00/Resolucao\\_RDC\\_n\\_21\\_de\\_26\\_de\\_janeiro\\_de\\_2001.pdf?MOD=AJPERES](http://portal.anvisa.gov.br/wps/wcm/connect/791ccc804a9b6b1b9672d64600696f00/Resolucao_RDC_n_21_de_26_de_janeiro_de_2001.pdf?MOD=AJPERES)>. Acesso em: 15 de janeiro de 2016.

BRASIL. Ministério da agricultura, pecuária e abastecimento (BR). Instrução Normativa Nº 9, de 24 de fevereiro de 2011. [Adotar as diretrizes da Norma Internacional para Medidas Fitossanitárias – NIMF nº 18 como orientação técnica para o uso da irradiação como medida fitossanitária com o objetivo de prevenir a introdução ou disseminação de pragas quarentenárias regulamentadas no território brasileiro]. **Diário Oficial da União**. Brasília, 25 fev 2011. Disponível em: <<http://sistemasweb.agricultura.gov.br/sislegis/action/detalhaAto.do?method=consultarLegislacaoFederal>>. Acesso em: 1 de março de 2016.

CARNEIRO, A. P. G.; FONTELES, T. V.; COSTA, M. G. M.; ROCHA, E. M. F. F.; RODRIGUES, M. C. P. Parâmetros de textura em barras de chocolate ao leite. **Alim. Nutr.**, Araraquara, v. 22, n. 2, p. 259-264, abr./jun. 2011.

CHEN, L.; OPARA, U. L. Approaches to analysis and modeling texture in fresh and processed foods – A review. **Journal of Food Engineering**, v. 119, p. 497-507, 2013.

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. 5, p. 353 – 361. 2009.

DAIUTO, E. R. **Características de féculas de tuberosas e suas relações com resistência dos géis sob condições de estresse aplicada na industrialização de alimentos**. 2005. 146 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrônômicas da UNESP, Botucatu, São Paulo, 2005.

FAO. 2003. Standard for irradiated foods. **CODEX STAN 106 1983**, REV. 1. 2003. Revised Codex General. Food and Agriculture Organization: Rome.

FELLOWS, P. J. Propriedades dos alimentos e teoria do processamento in **Tecnologia do processamento de alimentos** – princípios e práticas. 2ªed. Porto Alegre: Artmed, p. 25-74, 2006.

FERREIRA, E. E.; BRANDÃO, P. R. G.; KLEIN, B.; PERES, A. E. C. **Reologia de suspensões minerais: uma revisão**. REM: R. Esc. Minas, Ouro Preto, 58(1): 83-87, jan. mar. 2005.

FRANCO, C. M. L.; CEREDA, M. P.; DAIUTO, E. R.; DEMIATE, I. M.; CARVALHO, L. J. B.; LEONEL, M.; VILPOUX, O. F.; SARMENTO, S. B. S. Propriedades do Amido. In: **Culturas de Tuberosas Amiláceas Latino Americanas, Propriedades Gerais do Amido**. Campinas: Fundação Cargill, v. 1, 2001.

GONÇALVES, C. G. **Avaliação química e microbiológica da multimistura tratada por irradiação gama**. 2008. 89 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia das Radiações,

Minerais e Materiais) – Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear – CDTN/CNEN, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2008.

HE, X. G.; LIN, L. Z.; LIAN, L. Z.; LINDENMAIER, M. Liquid chromatography electrospray mass spectrometric analysis of curcuminoids and sesquiterpenoids in tumeric (*Curcuma longa*). **Journal of Chromatography A**, Oxford, v.888, p. 127–132, 1988.

HERTWIG, I. F. von. **Plantas aromáticas e medicinais**. São Paulo: Icone, 1986.

IAL - INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**, 4. ed. São Paulo: IMESP, 2008. 1020 p.

KAWATRA, S. K., BAKSHI, A. K. On-line measurement of viscosity and determination of flow types for mineral suspensions. **International Journal of Mineral Processing**. v. 47, p.275-283, 1996.

KEALY, T. Application of liquid and solid rheological technologies to the textural characterisation of semi-solid foods. **Food Research International**, v. 39, p. 265-276, 2006.

LANDGRAF, M. **Fundamentos e perspectivas da irradiação de alimentos visando ao aumento de sua segurança e qualidade microbiológica**. 2002. 91 f. Tese de livre-docência – Universidade de São Paulo, Faculdade de Ciências Farmacêuticas, São Paulo, 2002.

LEONEL, M.; CEREDA, M. P. Caracterização físico-química de algumas tuberosas amiláceas. **Ciênc. Tecnol. Aliment.**, Campinas, v. 22, n. 1, p. 65-69, 2002.

LEONEL, M.; OLIVEIRA, M. A.; FILHO, J. D. Espécies tuberosas tropicais como matérias-primas amiláceas. **Revista Raízes e Amidos Tropicais**, Botucatu, v. 1, p. 49-68, 2005.

LU, D. L. **Efeito da irradiação gama nas propriedades tecnológicas de féculas extraídas de *Curcuma Longa* L.** 2013. 52 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Escola de Agronomia e Engenharia de Alimentos, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2013.

MAIA, N. B; BOVI, O. A.; DUARTE, F. R.; SORIA, L. G.; ALMEIDA, J. A. R. Influência de tipos de rizomas de multiplicação no crescimento de *Curcuma*. **Bragantia**, Campinas, v. 54, n. 1, p. 33-37, 1995.

MARINOZZI, G. Estudo da cadeia produtiva do açafrão (*curcuma longa* L.) e do sistema produtivo local da região de Mara Rosa/GO. In: **Estabelecimento de Tecnologia para o Fortalecimento do Agronegócio do Açafrão (*curcuma longa* L.) em Mara Rosa-GO**. Goiânia: UFG/CNPq, 2002. (Relatório de Pesquisa).

MARQUES, E. C.; COSTA, S. R. O uso da radiação gama como tecnologia inovadora para a engenharia de produto na indústria de alimentos. **Acta Tecnológica**, v. 8, n. 2, 2013.

MASTRO, N. L. A radiação ionizante na promoção da alimentação adequada e saudável. **Vigilância Sanitária em Debate**, v. 3, n. 2, p. 114-121, 2015.

MATSUGUMA, L. S. Caracterização do amido de mandioca salsa (*Arracacia Xanthorrhiza*) nativo e modificado por oxidação. In: **Otimização dos parâmetros de produção do amido de mandioca fermentado**. 2010. 110 fls. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Escola de Agronomia e engenharia de alimentos, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2010.

MAY, A., CECÍLIO FILHO, A.B., CAVARIANNI, R.L., BARBOSA, J.C. Desenvolvimento e produtividade da cúrcuma (*Curcuma longa* L.) em função de doses de nitrogênio e potássio. **REV. BRAS. PL. MED.**, Botucatu, v.7, n.3, p.72-78, 2005.

MUNHOZ, M. P.; WEBER, F. H.; CHANG, Y. K. Influência de hidrocolóides na textura de gel de amido de milho. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 24, n. 3, p. 403-406. 2004.

NETTO JR, N. L. Cúrcuma. **Rev Racine**, v. 9, n. 5, p 51-55, 1999.

OMS - ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD. **Inocuidad e idoneidad nutricional de los alimentos irradiados**. Ginebra: OMS, 1995. 172 p.

ORNELLAS, C. B. D.; GONÇALVES, M. P. J.; SILVA, P. R.; MARTINS, R. T. Atitude do consumidor frente à irradiação de alimentos. **Ciênc. Tecnol. Aliment.**, Campinas, v. 26, n. 1, p. 211-213, 2006.

PEREIRA, J.; CIACCO, C. F.; VILELA, E. R.; TEIXEIRA, A. L. S. Féculas fermentadas na fabricação de biscoitos: estudo de fontes alternativas. **Ciênc. Tecnol. Aliment.**, Campinas, v. 19, n. 2, 1999.

PERONI, F. H. G. **Características estruturais e físico-químicas de amidos obtidos de diferentes fontes botânicas**. 2003. 118f. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Ciência de alimentos) - Universidade Estadual Paulista, São José do Rio Preto, São Paulo, 2003.

ROGOVSCHI, V. D. **Avaliação dos efeitos da radiação ionizante nos aspectos microbiológicos, físico-químicos e sensoriais de sorvetes**. 2014. 54 f. Tese (Doutorado em Ciências na área de Tecnologia Nuclear – Aplicações). Ipen – Autarquia associada à Universidade de São Paulo, São Paulo, 2014.

SCARTEZZINI, P.; SPERONI, E. Review on some plants of indian traditional medicinal medicine with antioxidant. **Journal of Ethnopharmacology**, Lausanne, v. 17, p. 23-43, 2000.

SEBIO, L. **Efeito de alguns parâmetros operacionais de extrusão nas propriedades físico-químicas da farinha de inhame (*Dioscorea rotundata*)**. 1996. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1996.

SIGRIST, M. S. **Divergência genética em *Curcuma longa* L. utilizando marcadores microsatélites e agromorfológicos**. 2009. 82f. Dissertação (Mestrado em Área de Genética, Melhoramento Vegetal e Biotecnologia.) – Instituto Agrônomo, Campinas, 2009.

SILVA, A. L. F.; ROZA, C. R. Uso da irradiação em alimentos: revisão. **B.CEPPA**, Curitiba, v. 28, n. 1, p. 49-56, 2010.

SILVA, G. O.; TAKIZAWA, F. F.; PEDROSO, R. A. FRANCO, C. M. L.; LEONEL, M.; SARMENTO, S. B. S.; DEMIATE, I. M. Características físico-químicas de amidos modificados de grau alimentício comercializados no Brasil. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 26, n. 1, p. 188-197, 2006.

SILVA, I. C. V.; SANTOS, A. A. O.; SANTANA, D. G.; SANTOS, A. J. A. O.; LEITE, M. L. C.; ALMEIDA, M. L.; MARCELLINI, P. S. Avaliação da influência das variáveis açúcar, polvilho azedo e albedo de laranja na elaboração de bolos de chocolate. **Brazilian Journal of Food Technology**, Campinas, v. 16, n. 3, p. 175-183, 2013.

SINGH, J.; KAUR, L.; MCCARTHY, O. J. Factors influencing the physico-chemical, morphological, thermal and rheological properties of some chemically modified starches for food applications-a review. **Food Hydrocolloids**, v. 21, p. 1-22, 2007.

SINGH, S.; SINGH, N.; EZEKIEL, R.; KAUR, A. Effects gamma irradiation on the morphological, structural, thermal and rheological properties of potato starches. **Carbohydrate Polymers**, Barking, v. 83, n. 4, p. 1521 - 1528, 2011.

SKELLAND, A. H. P. Non-Newtonian Flow and Heat Transfer. **Journal of Fluid Mechanics**, v.32, 1967.

SOARES, R. P. **Atividade biológica dos óleos essenciais de gengibre, açafraão e louro sobre o fungo *Aspergillus carbonarius***. 2009. 65 p. Dissertação (Mestrado em Agroquímica) – Universidade Federal de Lavras, Minas Gerais, 2009.

SOUZA, T. A. S. Substituição parcial de cloreto de sódio por cloreto de potássio: influência sobre os parâmetros de qualidade do pão francês. 2014. 116f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal da Paraíba – Centro de Tecnologia, João Pessoa, 2014.

SOUZA, V. R.; PEREIRA, P. A. P.; GOMES, U. J.; CARNEIRO, J. de D. S. Avaliação e definição do perfil de textura ideal de queijo. **Rev. Inst. Latic**. “Cândido Tostes”, Set/Out, nº 382, 66: 48-53, 2011.

TEIXEIRA, L. J. Q.; POLA, C. C.; JUNQUEIRA, M. S.; MENDES, F. Q.; JUNIOR, S. R. Cenoura (*Daucus carota*): Processamento e composição química. **ENCICLOPÉDIA BIOSFERA**, Centro Científico Conhecer, Goiânia, v. 7, n. 12, 2011.

TEIXEIRA, L. V. Análise sensorial na indústria de alimentos. **Rev. Inst. Latic**. “Cândido Tostes”, Jan/Fev, nº 366, 64: 12-21, 2009.

VEIT, J. C.; FREITAS, M. B.; REIS, E. S.; MOORE, O. Q.; FINKLER, J. K.; BOSCOLO, W. R.; FEIDEN, A. Desenvolvimento de bolos contendo peixe. **Alim. Nutr.**, Araraquara, v. 23, n. 3, p. 427-433, jul./set. 2012.

WEBER, F. H.; COLLARES-QUEIROZ, P. F.; CHANG, Y. K. Caracterização Físico-Química, Reológica, Morfológica e Térmica dos Amidos de Milho Normal, Ceroso e com Alto Teor de Amilose. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**. Campinas, v. 29, n. 4, p. 748-753, 2009.

YOON, H. S.; YOO, J. Y.; KIM, J. H.; LEE, J. W.; BYUN, M. W.; BAIK, B. K.; LIM, S. T. In vitro digestibility of gamma irradiated corn starches. **Carbohydrate Polymers**, Barking, v. 81, n. 4, p. 961 – 963, 2010.

YU, Y.; WANG, J. Effects of  $\gamma$ -ray irradiation on starch granule structure and physicochemical properties of rice. **Food Research International**, Essex, v. 40, p. 297-303, 2007.