



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE CIÊNCIAS DA SAÚDE
DEPARTAMENTO DE NUTRIÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM NUTRIÇÃO

PEDRO CÉSAR ANDRADE DO NASCIMENTO

EFEITO DO PROCESSAMENTO TÉRMICO DE SEMENTE DE JACA (*Artocarpus heterophyllus* L.) SOBRE A COMPOSIÇÃO QUÍMICA E TOXICIDADE

Recife

2019

PEDRO CÉSAR ANDRADE DO NASCIMENTO

EFEITO DO PROCESSAMENTO TÉRMICO DE SEMENTE DE JACA (*Artocarpus heterophyllus* L.) SOBRE A COMPOSIÇÃO QUÍMICA E TOXICIDADE

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Nutrição da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Nutrição.

Área de Concentração: Ciência dos Alimentos

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Margarida Angélica da Silva Vasconcelos

Coorientadora: Prof^a. Dr^a. Marisilda de Almeida Ribeiro

Recife

2019

Catálogo na fonte:
bibliotecário: Aécio Oberdam, CRB4:1895

N244e Nascimento, Pedro César Andrade do.
Efeito do processamento térmico de semente de jaca (*Artocarpus heterophyllus* L.) sobre a composição química e toxicidade / Pedro César Andrade do Nascimento. – Recife: o autor, 2019.
51 f.; il.; 30 cm.

Orientadora: Margarida Angélica da Silva Vasconcelos.
Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco. Centro de Ciências da Saúde. Programa de pós-graduação em Nutrição.
Inclui referências.

1. Tratamento térmico. 2. Composição dos alimentos. 3. Desenvolvimento tecnológico. 4. Potencial tóxico. I. Vasconcelos, Margarida Angélica da Silva (orientadora). II. Título.

612.3 CDD (23.ed.)

UFPE (CCS 2019 - 070)

PEDRO CÉSAR ANDRADE DO NASCIMENTO

EFEITO DO PROCESSAMENTO TÉRMICO DE SEMENTE DE JACA (*Artocarpus heterophyllus* L.) SOBRE A COMPOSIÇÃO QUÍMICA E TOXICIDADE

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Nutrição da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Nutrição.

Aprovada em: 28/02/2019

BANCA EXAMINADORA

Profª Drª Margarida Angélica da Silva Vasconcelos (Orientador)
Universidade Federal de Pernambuco

Profª Drª Thayza Christina Montenegro Stamford (Examinador Interno)
Universidade Federal de Pernambuco

Profª Drª Samara Alvachian Cardoso de Andrade (Examinador Externo)
Universidade Federal de Pernambuco

Profª Drª Silvana Magalhães Salgado (Examinador Externo)
Universidade Federal de Pernambuco

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, a **Deus**, que sempre cuidou de mim nos mínimos detalhes, me mostrando o caminho certo a seguir e me fazendo ter a certeza de que os planos Dele para a minha vida são muito maiores que os meus.

Aos meus **pais**, por sempre confiarem e acreditarem nos meus sonhos, me incentivando e me apoiando em cada momento.

A minha segunda mãe, **Lúcia de Fátima**, que está comigo desde quando eu nasci e me ensinou tudo aquilo que os livros não ensinam.

Ao meu tio, **Ivanaldo Barbosa**, que me forneceu a matéria-prima fundamental, sem a qual este trabalho não existiria.

Aos meus **amigos de infância e de colégio**, que desde sempre fazem parte das minhas conquistas. Sei que cada parte de mim leva um pouco de vocês.

Ao meu **T.A.**, que nunca deixou de me apoiar e de me incentivar, fazendo das minhas vitórias, nossas.

Aos meus **amigos queridos da graduação**, hoje colegas de profissão. Vocês fizeram e continuam fazendo parte do que eu sou hoje como pessoa e profissional. Obrigado por todo companheirismo, amizade e torcida, que é marca da nossa turma.

Aos meus **familiares**, que mesmo sem muitas vezes entenderem minha pesquisa, me incentivavam e se preocupavam com o andamento do trabalho.

A minha orientadora, **Margarida Angélica**, por toda confiança depositada em mim. Obrigado pela oportunidade, por todo conhecimento e paciência a mim dedicados.

A minha co-orientadora, **Marisilda Ribeiro**, por ter sido tão generosa com seus conhecimentos. Obrigado pelo direcionamento no momento da pesquisa em que mais precisei.

A minha eterna professora e grande amiga **Viviane Lansky**, que me ensina tanto desde a graduação. Você sempre será uma inspiração para mim.

Aos meus amigos de laboratório e mestrado, **Gerlane Souza, Lorena Araújo, Viviane Santos, Renata Masur e Rufino Infante**, por toda ajuda e paciência. Obrigado por todas as dicas e ensinamentos para o andamento e finalização deste trabalho. Agradeço também a **Melissa Moser**, por todo o empenho e vontade de fazer este trabalho acontecer.

Aos técnicos, funcionários, mestrandos e doutorandos do LEAAL e do LABENZ, por toda disponibilidade e ajuda nas análises necessárias para a conclusão deste trabalho. Em especial, **Camilo, Olívia, Alexandre e Janilson**, pela dedicação e paciência.

A **FACEPE**, pela bolsa do mestrado, nº IBPG-1424-5.07/16, a qual foi muito importante para a viabilidade desta pesquisa.

A **Universidade Federal de Pernambuco** e ao **Programa de Pós-Graduação em Nutrição**, por todo suporte prestado para o desenvolvimento deste trabalho.

Enfim, a todos aqueles que contribuíram direta e indiretamente para este trabalho.

RESUMO

A jaca (*Artocarpus heterophyllus* L.) é uma fruta originária da Ásia e encontrada em grande parte do território brasileiro. É a maior fruta comestível do mundo e dela, podem ser aproveitadas sua polpa e suas sementes. Estas últimas, podem ser consumidas cozidas, assadas ou torradas e constituem uma fonte considerável de fibras, proteínas, vitaminas e minerais, além de compostos bioativos. A proposta deste estudo foi submeter as sementes de jaca a dois tipos de processamento térmico utilizando o calor como agente principal, avaliando seus impactos na composição química das sementes, bem como sua toxicidade. As sementes foram divididas em três grupos distintos: sementes cruas; sementes cozidas em água de ebulição por 45 minutos; e sementes torradas em forno a 160°C por 45 minutos. As sementes foram trituradas, peneiradas (20 mesh) e convertidas em farinha, a fim de facilitar as análises posteriores. As amostras foram armazenadas sob congelamento (0°C) e analisadas através de avaliações físico-químicas de umidade, cinzas, proteínas, carboidratos, lipídeos e fibras (AOAC); e avaliação dos potenciais de citotoxicidade e irritação. O teor de umidade foi menor para as sementes submetidas à torra (5,31%). O teor de cinzas foi maior para as sementes submetidas à torra (3,25%). O teor de proteínas apresentou diferença significativa ($P \leq 0,05$) entre os grupos estudados (10,49-10,62-11,31%). O teor de lipídeos foi menor nas sementes submetidas ao cozimento (1,13%). O teor de carboidratos apresentou diferença significativa ($P \leq 0,05$) entre os grupos estudados (53,19-54,11-57,07%). O maior teor de fibras foi registrado nas sementes cruas (25,20%). Quanto à toxicidade, apenas a farinha de sementes de jaca cozida apresentou potencial citotóxico. Nenhuma das amostras foi capaz promover irritação ou distúrbios vasculares nos ovos fecundados. Esses resultados sugerem que o calor pode assegurar a inocuidade das sementes frente à citotoxicidade, embora reduza o teor de alguns macronutrientes. Contudo, as sementes submetidas ao calor ainda possuem uma boa composição nutricional, agregando valor e aumentando as perspectivas de consumo integral da jaca.

Palavras-chave: Tratamento térmico. Composição dos alimentos. Desenvolvimento tecnológico. Potencial tóxico.

ABSTRACT

Jackfruit (*Artocarpus heterophyllus* L.) is a native fruit to Asia and found in much of the Brazilian territory. It is the largest edible fruit in the world and its pulp and its seeds can be harnessed. The seeds can be consumed cooked, roasted or toasted and constitute a considerable source of fiber, protein, vitamins and minerals, as well as bioactive compounds. The aim of this study was to evaluate the effects of heat on the chemical composition and toxicity of the seeds. They were divided into three distinct groups: raw seeds; boiled seeds in boiling water for 45 minutes; and seeds roasted in oven at 160 ° C for 45 minutes. The seeds were crushed, sieved (20 mesh) and converted into flour, in order to facilitate subsequent analyzes. The samples were stored under freezing (0°C) and analyzed by physicochemical evaluations of moisture, ashes, proteins, carbohydrates, lipids and fibers (AOAC); and evaluation of cytotoxicity and irritation potentials. The moisture content was lower for the seeds submitted to roasting (5.31%). The ash content was higher for the seeds submitted to roasting (3.25%). The protein content presented a significant difference ($P \leq 0.05$) between the groups studied (10,49-10,62-11,31%). The lipid content was lower in the seeds submitted to cooking (1.13%). The carbohydrate content presented a significant difference ($P \leq 0.05$) between the groups studied (53,19-54,11-57,07%). The highest fiber content was recorded in raw seeds (25.20%). As for toxicity, only the flour of boiled jackfruit seeds presented cytotoxic potential. None of the samples were able to promote irritation or vascular disorders in the fertilized eggs. These results suggest that heat can ensure seed safety against cytotoxicity, although it reduces the content of some macronutrients. However, the seeds subjected to the heat still have a good nutritional composition, adding value and increasing the perspectives of full consumption of the jackfruit.

Keywords: Thermic treatment. Food composition. Technological advancement.

Toxicity.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 -	Divisões internas da jaca (<i>Artocarpus heterophyllus</i> L.).....	14
Figura 2 -	Sementes de jaca (<i>Artocarpus heterophyllus</i> L.) cruas, cozidas e torradas	27
Figura 3 -	Processamento de obtenção da farinha de sementes de jaca (<i>Artocarpus heterophyllus</i> L.) para realização das análises	28

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1 - Caracterização físico-química da farinha de semente de jaca (*Artocarpus heterophyllus* L.) submetida a diferentes tratamentos térmicos: FSJP – farinha de semente de jaca padrão; FSJC – farinha de semente de jaca cozida; FSJT – farinha de semente de jaca torrada (%/100g amostra seca) 33
- Tabela 2 - Ensaio de citotoxicidade pelo método (3-(4,5-dimetiltiazol-2yl)-2,5-difenil brometo de tetrazolina) da fração aquosa obtida das sementes de jaca (*Artocarpus heterophyllus* L.) tratadas termicamente frente às linhagens celulares HL-60 (Leucemia promielocítica humana) e HCT-116 (Carcinoma colorretal humano) 38

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	11
2	REVISÃO DA LITERATURA	13
2.1	Jaca	13
2.1.1	Composição química da polpa e das sementes de jaca	14
2.2	Consumo de sementes de frutas	16
2.3	Fatores antinutricionais e/ou tóxicos	18
2.3.1	Compostos fenólicos e taninos	18
2.3.2	Inibidores de tripsina	19
2.3.3	Nitratos	20
2.3.4	Lectinas (hemaglutininas)	20
2.3.5	Saponinas	21
2.4	O processamento térmico e seus efeitos nos alimentos	22
3	HIPÓTESE	24
4	OBJETIVOS	25
4.1	Objetivo geral	25
4.2	Objetivos específicos	25
5	MATERIAIS E MÉTODOS	26
5.1	Local e período do estudo	26
5.2	Preparo das amostras	26
5.3	Processamento das sementes de jaca	27
5.4	Composição nutricional	29
5.5	Obtenção dos extratos	29
5.6	Avaliação citotóxica	30
5.7	Potencial de irritação	30
5.8	Análise estatística	31
6	RESULTADOS E DISCUSSÕES	32
6.1	Composição nutricional	32
6.2	Atividade citotóxica	35
6.3	Potencial de irritação	37
7	CONCLUSÃO	39
	REFERÊNCIAS	40

1 INTRODUÇÃO

A grande extensão do território brasileiro e sua ampla variação climática permitem o cultivo de espécies diversificadas, com consumo elevado no mercado interno. A região Nordeste se destaca pela grande variedade de frutos tropicais, nativos ou não, favorecendo um aumento da exploração econômica da região (SACRAMENTO, 2000).

Uma das frutas mais encontradas no Nordeste brasileiro é a jaca, fruta do gênero *Artocarpus*, bastante apreciada pelo sabor adocicado de sua polpa, que pode ser utilizada na fabricação de doces, geleias, sucos e compotas (UMESH et al., 2010). As suas sementes representam de 8 a 15% do peso total da fruta e são consumidas assadas em grelhas, torradas em fornos ou cozidas em água e utilizadas em preparações doces ou salgadas (GUPTA et al., 2011).

Embora possuam enorme potencial industrial e comercial, estas sementes são comumente descartadas como resíduos, gerando aumento na poluição ambiental, além do desperdício de partes da fruta com alto teor nutricional (FERREIRA, 2015; ZHANG et al., 2018). Estes resíduos são ricos em sais minerais, vitaminas e fibras, além de compostos fitoquímicos com propriedades benéficas à saúde humana (AYALA-ZAVALA et al., 2011).

Apesar de serem naturais e disporem de elevado valor biológico, as sementes de jaca possuem compostos oriundos do metabolismo secundário dos vegetais, responsáveis pela produção de fatores de defesa da planta (PÉREZ, 2017). Estes compostos são chamados de antinutricionais quando ingeridos pelo homem, devido ao potencial de interferência na digestibilidade, absorção e utilização de nutrientes pelo organismo (BENEVIDES et al., 2011).

O tratamento térmico empregado na cocção de sementes de jaca é visto como o processo mais eficaz para a redução destes fatores antinutricionais, inativando possíveis compostos tóxicos, favorecendo as propriedades funcionais tecnológicas das sementes e possibilitando seu uso em diversas preparações culinárias, mesmo que o calor cause um decréscimo na disponibilidade de macro e micronutrientes das sementes (AKINMUTIMI, 2006; CARDOSO et al., 2007;

SANTOS, 2009; SILVA; FERNANDES, 2011; BENEVIDES et al., 2011; DAMIANI et al., 2013; MADRUGA et al., 2014; ABREU, 2015).

Desta forma, através do aproveitamento integral da jaca e seu eventual uso pela indústria alimentícia, este estudo visa avaliar os efeitos do processamento térmico sobre o valor nutricional das sementes de jaca, com vistas à sua utilização na alimentação humana.

2 REVISÃO DA LITERATURA

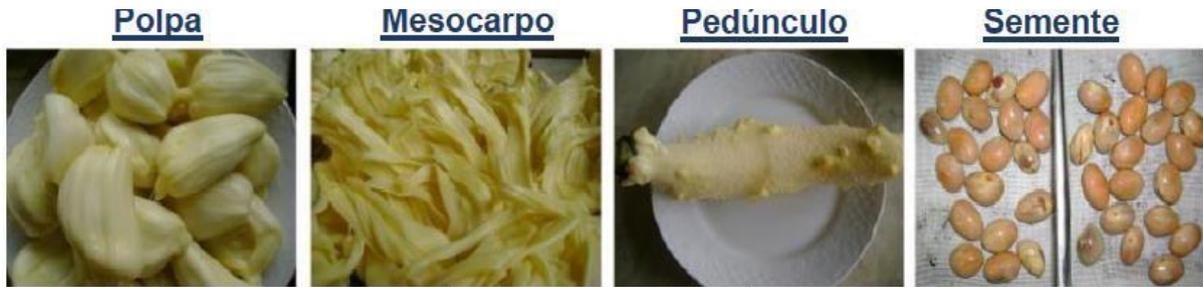
2.1 Jaca

A jaca é um fruto pertencente à família Moraceae, subfamília Artocarpoideae, gênero *Artocarpus* e espécie *Artocarpus heterophyllus* L. (BASSO, 2017). Sua árvore, a jaqueira, é uma fruteira originária da Ásia, principalmente de sua região Sudeste, que por volta do século XVI alcançou a África e os trópicos (HAQ, 2006; PRAKASH et al., 2009). Atualmente, sua distribuição mundial se estende desde o Sudeste Asiático, parte da China, norte da Austrália, florestas do Oeste Africano, ilhas do Caribe e partes dos Estados Unidos e do Brasil (GOSWAMI; CHACRABATI, 2016; TEJPAL; AMRITA, 2016).

Mudas desta árvore foram trazidas ao Brasil pela Coroa Portuguesa no século XVII, dentro de uma política mercantilista com objetivo de aclimatar e recriar plantas e especiarias asiáticas (PRESTES, 2000; LORENZI et al., 2006). Hoje em dia, a jaqueira ocorre em regiões quentes e úmidas do país, particularmente no Norte, no Nordeste e em parte do Sudeste, indo do Pará ao Rio de Janeiro, onde predomina o clima tropical úmido (SAIRAEBa, 2004; SOUZA et al., 2009). A sua adaptação ao território brasileiro se deu graças à grande produção anual de frutos, o clima, o solo propício, a ausência de predadores específicos e por servir de alimento a várias espécies de animais nativos (PEREIRA & KAPLAN, 2013).

A jaqueira é uma árvore de grande porte, com altura variando entre 8 e 25 metros e um diâmetro de tronco entre 3 e 7 metros (GOSWAMI; CHACRABATI, 2016). Após 6 ou 8 anos do plantio, a jaqueira floresce, produzindo flores macho e fêmeas, sendo assim uma árvore monoica. No Brasil, essa floração ocorre no período entre dezembro e abril (HAQ, 2006; SOUZA et al., 2009). Uma árvore madura pode produzir até 700 frutos em um ano e cada fruto pode atingir cerca de 50 quilos, com um comprimento variando entre 60 e 90 cm (AAPARI, 2012). O fruto da jaqueira é formado por uma parte externa (casca) e quatro partes internas (polpa ou bagos, mesocarpo, pedúnculo e sementes), segundo Swami et al. (2012). A Figura 1 mostra o interior do fruto em suas partes.

Figura 1: Divisões internas da jaca (*Artocarpus heterophyllus* L.)



Fonte: BASSO, 2017

A jaca possui uma divisão especial de acordo com a textura dos tecidos vegetais de sua polpa. Segundo Oliveira (2009) e Goswami & Chacrabati (2016), a jaca do tipo 1, conhecida no Brasil como “jaca mole” e na Ásia como “*ghila*”, possui bagos pouco rígidos e bastante doces, sendo utilizados para produção de compotas e sobremesas. Já a jaca do tipo 2, conhecida como “jaca dura” ou “*khaja*”, possui uma casca mais firme e fibrosa, com bagos mais duros e menos adocicados. Há ainda uma variação intermediária entre estes dois tipos, conhecida como “jaca manteiga” ou “*dorosha*”, encontrada especialmente no estado do Rio de Janeiro (OLIVEIRA, 2009).

2.1.1 Composição química da polpa e das sementes de jaca

A composição química da polpa da jaca pode apresentar divergências nos estudos, devido a variações de cultivo, grau de maturação e variedade do fruto. Tejpal & Amrita (2016) e Shafiq et al. (2017) relatam um elevado teor de umidade (70-80% de água), açúcares totais e minerais como fósforo e ferro em polpas de jacas. Os carboidratos são os principais macronutrientes encontrados na polpa do fruto (13-25%), com a frutose, a glicose e a sacarose como os principais açúcares (ANAYA-ESPARZA et al., 2018). A polpa da jaca também é considerada boa fonte de fibras (SHARMA et al., 2015).

O perfil de ácidos graxos da polpa da jaca inclui os ácidos palmítico, oleico, esteárico, linoleico, linolênico, láurico e araquidônico, com seus teores oscilando de acordo com as variedades de textura do fruto. A presença de fitoesteróis, com ação benéfica à saúde, também é relatada em alguns estudos. Destaque para o β -

sitosterol, lanosterol, estigmasterol e campesterol. (PENG et al., 2013; HARI et al., 2014; SHARMA et al., 2015).

Mukprasirt (2004) relata teores elevados de vitaminas A e C, tiamina, riboflavina e niacina em polpas de jaca. A presença destes nutrientes é corroborada por Mandave et al. (2018), que além das vitaminas, destacou os minerais cálcio, potássio, ferro, sódio e zinco como presentes na polpa da jaca. Compostos fenólicos, flavonoides, carotenoides, lignanas, isoflavonas, saponinas e taninos também foram encontrados na polpa de jaca. As concentrações desses nutrientes podem aumentar ou diminuir de acordo com o estágio de maturação do fruto. (DE FARIA, 2009; SWAMI, 2012; SHARMA et al., 2015; VAZHACHARICKAL et al., 2015).

Cada polpa ou bago de jaca envolve uma semente que mede entre 2 e 3 cm de comprimento, que em conjunto podem somar de 100 a 500 sementes por fruto, correspondendo por cerca de 10 a 15% da massa total da jaca (MADRUGA et al., 2014; MANDAVE et al., 2018). Estas sementes são amplamente comestíveis nos locais onde a fruteira é cultivada, podendo ser torradas ou cozidas, com fins nutricionais e/ou medicinais (BALIGA et al., 2011; GUPTA et al., 2011). Por este motivo, sua composição química e possíveis benefícios à saúde vêm sendo bastante discutidos.

Albuquerque (2011), ao fazer a composição nutricional das sementes de jaca mole e dura no estado da Paraíba, destacou que as sementes da variedade mole possuem teores de proteínas (7,98%) superiores aos da variedade dura (5,56%). Abedin et al. (2012) também reporta valores maiores de proteína em sementes de jaca mole, em comparação a sementes de jaca dura. A proteína jacalina perfaz mais de 50% da composição proteica das sementes e está associada a possíveis melhoras imunológicas (GUPTA et al., 2011; VAZHACHARICKAL et al., 2015).

Segundo Mandave et al. (2018), as sementes de jaca possuem vitaminas, minerais e fitonutrientes com propriedades já reconhecidas como anticancerígenas, anti-hipertensivas e antioxidantes. Alguns grupos de flavonoides e triterpenos foram isolados, e posteriormente, identificadas as presenças de alcaloides, fenóis, taninos, saponinas e esteroides nestas sementes (HARI et al., 2014). Gupta et al. (2011) relatam valores consideráveis de potássio, sódio e zinco em 100 g de sementes

analisadas. Já Goswami & Chacrabati (2016), em estudo recente, reportaram as presenças de tiamina, riboflavina, vitamina A e vitamina C.

O teor de amido de uma semente de jaca vai depender da variedade do fruto, bem como do local onde a fruteira se desenvolve. Madruga et al. (2014) quantificaram 92,8% de amido em sementes de jaca “mole” e 94,5% em sementes de jaca “dura”, em frutos de jaqueiras do estado da Paraíba. Já em estudo com jacas provenientes do México, Madrigal-Aldana (2011) encontrou um teor de amido (81,16%) abaixo dos valores encontrados por Zhang et al. (2016) (entre 99,06 e 99,17%), que analisou jacas provenientes da China.

2.2 Consumo de sementes de frutas

O interesse da população mundial por questões ligadas ao meio ambiente e à segurança alimentar passa por sua relação com o consumo de alimentos naturais, saudáveis, fontes de nutrientes funcionais, e que sejam economicamente viáveis (BISSACOTTI; LONDERO, 2016). Dentro deste cenário, a ingestão de subprodutos de frutas, como as sementes, se torna uma prática cada vez mais comum entre os consumidores, caracterizando um mercado promissor (ABREU, 2015).

A composição química de sementes de diversas frutas mostra que os seus teores de macro e micronutrientes, bem como outros constituintes, são maiores do que os encontrados em outras partes das frutas, como a polpa (ABREU, 2015). Esta afirmação reflete numa maior atenção dada aos estudos com subprodutos vegetais, especialmente as sementes, visto que possuem propriedades nutricionais e funcionais de alto valor biológico e medicinal (BISSACOTTI; LONDERO, 2016).

Silva et al. (2014) identificaram a presença de compostos bioativos em algumas frutas brasileiras, como a acerola (*Malpighia emarginata*), a goiaba (*Psidium guajava*), o mamão (*Carica papaya*), o maracujá (*Passiflora edulis*), o sapoti (*Manilkara zapota*) e a graviola (*Annona muricata*), e concluíram que as sementes destas frutas possuíam teores de β -caroteno, licopeno, antocianinas e flavonoides amarelos maiores que os relatados nas respectivas polpas. O consumo destes compostos está relacionado a diversos benefícios à saúde, graças às suas propriedades antioxidantes (PUGLIESE, 2010).

Em uma revisão da literatura sobre o potencial dos subprodutos de frutas na indústria, Kowalska et al. (2017) destacam o uso das sementes como fontes de compostos benéficos à saúde humana, com ênfase nas sementes de uva (*Vitis vinifera*), maçã (*Malus domestica*) e abacate (*Persea americana*), ricas em fibras, antioxidantes, fitoesteróis, antocianinas, flavonas, elagitaninos e resveratrol. Os autores também relatam que os óleos extraídos destas sementes possuem uma alta capacidade antioxidante, devido aos seus compostos fenólicos, carotenoides e tocoferóis.

Em virtude de suas características nutricionais, as sementes da jaca se destacam na culinária de diversas partes do mundo, especialmente na Ásia. Estudos mostram que estas sementes são ricas em carboidratos, principalmente amido e fibras; proteínas, formadas por aminoácidos essenciais, como lisina, isoleucina, leucina e valina; além de possuírem um conteúdo mínimo de lipídeos, podendo ser incluídas em dietas balanceadas ou em preparações de alimentos funcionais (GUPTA et al., 2011; MIAH et al., 2017; ZHANG et al., 2018).

Em países como Indonésia e Índia, as sementes da jaca, cozidas e torradas, são amplamente utilizadas na preparação de pratos doces e salgados, incluindo sobremesas, geleias, chips, biscoitos e pães (SWAMI et al., 2012; MANDAVE et al., 2018). Uma vez que estas sementes possuem uma vida de prateleira muito curta, o seu uso na forma de farinha surge como um substituto ao produto *in natura*, facilitando sua utilização em produtos de panificação e em produtos extrusados, além de concentrar seus macronutrientes, constituindo um grande potencial na alimentação humana (CHAKRABORTY et al., 2013; ARPIT et al., 2015; CHEOK et al., 2016).

A utilização da farinha de sementes de jaca como ingrediente principal visa a melhora nas características organolépticas, funcionais e nutricionais de diversas preparações, como barras de cereais (MEETHAL et al., 2017), pães artesanais (ZUBAIR et al., 2017) e comidas típicas do Sudeste Asiático, como o *Payasam* (espécie de arroz doce, tipicamente indiano) (AJISHA et al., 2018). No Brasil, destacam-se as produções de pão francês (SANTOS et al., 2012); quibes (LANDIM et al., 2012); biscoitos amanteigados (VICENTINI, 2015); e a incorporação das sementes de jaca na produção de cerveja artesanal (DOS SANTOS et al., 2018).

Recentemente, as sementes de jaca foram utilizadas com o intuito de mimetizar o aroma natural do chocolate, através da torra das sementes, sendo possível sua aplicação na fabricação de bebidas à base de café e chocolate, como os *capuccinos* (SPADA et al., 2017; SPADA et al., 2018).

2.3 Fatores antinutricionais e/ou tóxicos

Os fatores antinutricionais são compostos químicos sintetizados naturalmente pelas plantas, através do metabolismo normal de cada espécie, exercendo a função de proteção para o vegetal, especialmente naquelas plantas que produzem sementes ricas em suprimento energético - carboidratos, lipídeos e proteínas - (HAMID et al., 2017).

Quando ingeridos na alimentação humana, estes compostos são definidos como substâncias capazes de reduzir o valor nutritivo de outras, seja por remoção ou inativação de alguns nutrientes, sendo assim consideradas antinutritivas ou tóxicas (ABREU, 2015; HAMID et al., 2017). Estes compostos, em altas concentrações, podem apresentar efeitos tóxicos, com danos à saúde (BENEVIDES et al., 2011). Entretanto, segundo Lozano (2016), alguns deles, especialmente os compostos fenólicos, podem apresentar propriedade antioxidante com efeitos benéficos à saúde, com ação anticancerígena, anti-inflamatória e para controle de doenças crônicas não transmissíveis.

2.3.1 Compostos fenólicos e taninos

Os compostos fenólicos são importantes metabólitos secundários encontrados nas plantas e são classificados como antioxidantes naturais, além de possuírem propriedades terapêuticas (BENEVIDES et al., 2011; VU et al., 2018). Entre os compostos fenólicos mais estudados em alimentos estão os taninos, que são substâncias conhecidas pela formação de complexos proteicos, sob certas condições de pH, levando a uma precipitação de proteínas, o que diminui consideravelmente a sua digestibilidade (LOZANO, 2016; HAMID et al., 2017). Os taninos estão divididos em hidrolisáveis e condensados, com os do segundo grupo

perfazendo a maior parte dos taninos encontrados nas plantas (ABREU, 2015). Segundo Mattila et al. (2018), os taninos são capazes de reduzir a digestibilidade de proteínas, carboidratos e minerais, além de diminuir a atividade de algumas enzimas digestivas, embora possuam efeitos benéficos, como sua alta capacidade antioxidante.

Alguns estudos avaliaram a presença de taninos em sementes de frutas, com destaque para Abreu (2015), que encontrou valores consideráveis de taninos em sementes de três frutas do Cerrado: mangaba (*Hancornia speciosa* Gomes), cagaita (*Eugenia dysenterica*) e mama-cadela (*Brosimum gaudichaudii* Trecul); e Pereira (2016), que identificou a presença de taninos hidrolisáveis em sementes de jaboticaba (*Plinia cauliflora*). Pérez (2017) reporta a presença de taninos e outros compostos fenólicos em sementes cruas de jaca, responsáveis pelo mecanismo de defesa e proteção das sementes.

2.3.2 Inibidores de tripsina

Os inibidores de tripsina, outra classe de compostos antinutricionais, são substâncias capazes de interferir no metabolismo de proteínas, ao anularem os efeitos das proteases, enzimas responsáveis pela hidrólise destes macronutrientes, tornando-os nutricionalmente indisponíveis (ABREU, 2015). Segundo Chevreuil et al. (2009), os inibidores de tripsina estão presentes em alimentos de origem vegetal, inclusive nas frutas, principalmente em suas sementes. Em um estudo que visava a análise de atividade de inibidores de proteases em frutas, Bezerra et al. (2014) confirmaram a presença destes inibidores em sementes de goiaba (*Psidium guajava* L.), maracujá-amarelo (*Passiflora edulis* f.) e melancia (*Citrullus vulgaris* Schrad), com destaque para as sementes de goiaba. Já Carvalho et al. (2014) detectaram a presença de inibidores de tripsina em sementes de três variedades diferentes (Isabel, Itália e Rubi) de uva (*Vitis vinífera* L.), com destaque para a semente de uva verde (Itália). Estudando a presença de inibidores de tripsina em sementes de jaca, Lyu et al. (2015) identificaram e isolaram estes compostos, caracterizando as sementes como ricas nestas substâncias protetivas contra pragas de insetos.

2.3.3 Nitratos

Os nitratos são compostos amplamente encontrados na natureza, pois constituem a principal fonte de nitrogênio para as plantas (AMORIM, 2016). Estas, absorvem estes íons pelo solo e os armazenam na forma de aminoácidos e compostos nitrogenados. As folhas são as principais reservas de nitratos, mas há relatos da presença destes compostos nas raízes e sementes das plantas. O teor de nitratos na planta depende da sua disponibilidade no solo. (NATESH et al., 2017; SINHA; KHARE, 2017).

No corpo humano, após ingestão e ação enzimática da saliva, os nitratos são convertidos em nitritos, que reagem com aminas e formam nitrosaminas e nitrosamidas, compostos conhecidos por seus potenciais carcinogênicos e mutagênicos (AMORIM, 2016). Os níveis elevados de nitritos no organismo também podem oxidar o íon férrico (Fe^{+2}) em íon ferroso (Fe^{+3}), impedindo o transporte de oxigênio dos pulmões para os tecidos através da hemoglobina (SINHA; KHARE, 2017). Segundo Natesh et al. (2017), esta condição pode levar à morte, principalmente em crianças menores de 3 anos. A Organização Mundial da Saúde (OMS) estabeleceu, em 2012, como aceitável, a ingestão diária de 3,65mg/kg de nitrato e 0,133mg/kg de nitrito (KREUTZ et al., 2012).

2.3.4 Lectinas (hemaglutininas)

As lectinas, ou hemaglutininas, são compostos de natureza proteica amplamente encontrados nos vegetais, particularmente nas sementes de frutas, constituindo cerca de 2 a 10% do total proteico destas, contribuindo com a sua germinação e maturação (AMORIM, 2016; HAMID et al., 2017; SINHA; KHARE, 2017). No organismo, são capazes de se ligarem aos receptores de carboidratos na membrana dos enterócitos, interferindo na absorção e no transporte deste macronutriente, podendo resultar em reações tóxicas com mudanças na permeabilidade intestinal (HE et al., 2015; HAMID et al., 2017). Por serem compostos termolábeis, as lectinas são sensíveis à altas temperaturas, tendo suas atividades interrompidas na presença de calor (AMORIM, 2016; HAMID et al., 2017). Em sementes de jaca, uma proteína derivada de lectinas, é amplamente estudada

ao longo do tempo. A jacalina é a proteína mais encontrada em sementes de jaca, perfazendo cerca de 50% do conteúdo proteico da semente e possui comprovadas atividades antimicrobianas, anticancerígenas, anti-hipertensivas e antioxidantes (KABIR, 1998; GABRIELSEN et al., 2014; VAZHACHARICKAL et al., 2015; SWAMI; KALSE, 2018).

2.3.5 Saponinas

As saponinas são definidas como glicosídeos esteroidais que conferem defesa natural às plantas, sendo encontradas facilmente em todas as suas partes, especialmente nas sementes (AMORIM, 2016; LOZANO, 2016, HAMID et al., 2017). Em sua estrutura, possuem uma porção lipofílica (formada por agliconas) e uma hidrofílica (formada por resíduos de açúcar), que variam de acordo com a espécie ou tipo vegetal, bem como o grau de maturação. Esta conformação promove o surgimento de espuma, quando do contato das saponinas com a água, tornando possível sua visualização (LOZANO, 2016; SINHA; KHARE, 2017).

No organismo, as saponinas são capazes de diminuir a biodisponibilidade de alguns nutrientes (glicose e colesterol) e enzimas, formando complexos com esteroides e proteínas, além de alterarem a permeabilidade seletiva da mucosa intestinal (AMORIM, 2016; HAMID et al., 2017). No entanto, são conhecidas como fortes substâncias antioxidantes, com efeitos hipocolesterolêmico, anti-inflamatório, anticarcinogênico e anticoagulante (SINGH et al., 2017; VENEGAS-CALERÓN et al., 2017; GUO et al., 2018; MATTILA et al., 2018). A presença de saponinas em sementes de jaca foi relatada nos estudos de GUPTA et al. (2011) e TRAN et al. (2015). Suas concentrações também foram medidas nas peles que envolvem as sementes (SUNDARRAJ; RANGANATHAN, 2018) e na polpa da jaca (NATH et al, 2017).

2.4 O processamento térmico e seus efeitos nos alimentos

O uso do calor é um procedimento culinário extensivamente empregado nos alimentos, visando uma melhora da sua palatabilidade, textura e características nutricionais, seja através da gelatinização do amido, da desnaturação proteica ou da inativação de toxinas e compostos termolábeis (NAVES et al., 2011; ABREU, 2015; JUÁREZ-BARRIENTOS et al., 2017).

Os processos de torra e fervura estão entre os métodos de processamento térmico mais aplicados na indústria de alimentos. Segundo Mariod et al. (2012), a torra é o tratamento térmico que utiliza o calor por indução para desenvolver as cores, sabores e *flavors* típicos de cada alimento, auxiliando nas mudanças inerentes à composição química dos mesmos, modificando seu valor nutricional e permitindo uma maior conservação. Já Olanipekun et al. (2015) e Juárez-Barrientos et al. (2017) conceituam a fervura como o ato de cozer os alimentos em água borbulhante, favorecendo sua hidratação, com possível desnaturação proteica e enzimática, solubilização de minerais e degradação de vitaminas e compostos tóxicos. Contudo, é necessário certificar que o processamento térmico aplicado nos alimentos seja adequado para assegurar estas modificações (NAVES et al., 2011).

Diversos autores reportam os efeitos destes métodos de processamento térmico em sementes de frutas. Talabi et al. (2016) relatam que o processo de fervura é capaz de reduzir, significativamente, os teores de compostos antinutricionais, da mesma forma que reduz a quantidade de minerais e vitaminas em sementes de abacate. Batista et al. (2016), analisando os efeitos do processamento térmico em sementes de frutas do Cerrado brasileiro (mangaba (*Hancornia speciosa*), cagaita (*Eugenia dysenterica*), jatobá (*Hymenaea stigocarpa*) e araticum (*Annona crassiflora*)), concluíram que o calor foi eficaz na redução de fatores antinutricionais destas sementes, resultando em uma baixa toxicidade das mesmas. A composição nutricional de sementes de fruta-pão (*Artocarpus communis*) foi avaliada por Okorie (2010), após o emprego de dois tipos distintos de processamento térmico. O autor concluiu que a torra conseguiu reter mais nutrientes que a fervura, quando avaliados os teores de vitaminas, minerais, proteínas e fibras das sementes.

Os efeitos do processamento térmico em sementes de jaca podem ser observados em diversos estudos recentes. Eke-Ejiofor et al. (2014) relatam que o processo de torra empregado tornou as proteínas das sementes de jaca mais biodisponíveis, além de melhorar sua capacidade de retenção de água e diminuir a capacidade de absorção de óleo, propriedades funcionais importantes na culinária. Amaechi; Ngozi (2016) avaliaram os efeitos da fervura na composição de aminoácidos de sementes de jaca, reportando que o processo utilizado aumentou a disponibilidade de alguns aminoácidos essenciais (arginina e leucina), mas diminuiu a disponibilidade de outros, como lisina, histidina e metionina. Já Juárez-Barrientos et al. (2017) afirmam que a fervura não foi capaz de reduzir, significativamente, os teores de proteínas e fibras das sementes de jaca, o que pode levar a uma melhora nas propriedades funcionais das mesmas, quando utilizadas em preparações, seja como ingrediente principal ou coadjuvante.

3 HIPÓTESE

O processamento térmico empregado em sementes de jaca (*Artocarpus heterophyllus* L.) afeta sua composição nutricional e sua toxicidade, atestando um consumo seguro para este subproduto vegetal, juntamente com o incentivo ao aproveitamento integral da fruta.

4 OBJETIVOS

4.1 Objetivo geral

Avaliar os efeitos do processamento térmico sobre a toxicidade e a composição nutricional de sementes de jaca (*Artocarpus heterophyllus* L.).

4.2 Objetivos específicos

- Obter as farinhas de sementes de jaca a partir de dois processos térmicos diferentes;
- Caracterizar a composição nutricional das sementes de jaca processadas;
- Avaliar os níveis de toxicidade das sementes de jaca processadas.

5 MATERIAIS E MÉTODOS

5.1 Local e período do estudo

O desenvolvimento experimental foi realizado no Laboratório de Experimentação e Análises de Alimentos (LEAAL) do Departamento de Nutrição da Universidade Federal de Pernambuco entre os meses de fevereiro e outubro de 2018.

5.2 Preparo das amostras

As jacas (*Artocarpus heterophyllus* L.) de duas variedades, “mole” e “dura”, foram adquiridas no comércio local do município de São José de Mipibu – RN, numa proporção de, aproximadamente, 70% da variedade “dura” e 30% da variedade “mole”, num total de 20 unidades da fruta. Todas estavam em estado de maturação completa, com aroma e cor característicos desta fase. As jacas foram lavadas em água corrente para retirada de areia e outras sujidades. Em seguida foram abertas e suas sementes separadas da polpa.

As sementes coletadas foram lavadas em água corrente para remoção das fibras e restos de polpa. Após secagem ao sol por aproximadamente 2h, foram retiradas as peles que envolvem as sementes. A seguir, foram divididas em três grupos diferentes: a) sementes usadas na forma natural (sementes cruas); b) sementes cozidas em 2 litros água por 45 minutos; c) sementes torradas em forno industrial a 160°C por 45 minutos. Cada grupo continha aproximadamente 600 g de sementes. A Figura 2 mostra as sementes de jaca cruas após lavagem, cozidas e torradas, respectivamente.

Figura 2: Sementes de jaca (*Artocarpus heterophyllus* L.) cruas, cozidas e torradas.



a) Sementes cruas

b) Sementes cozidas

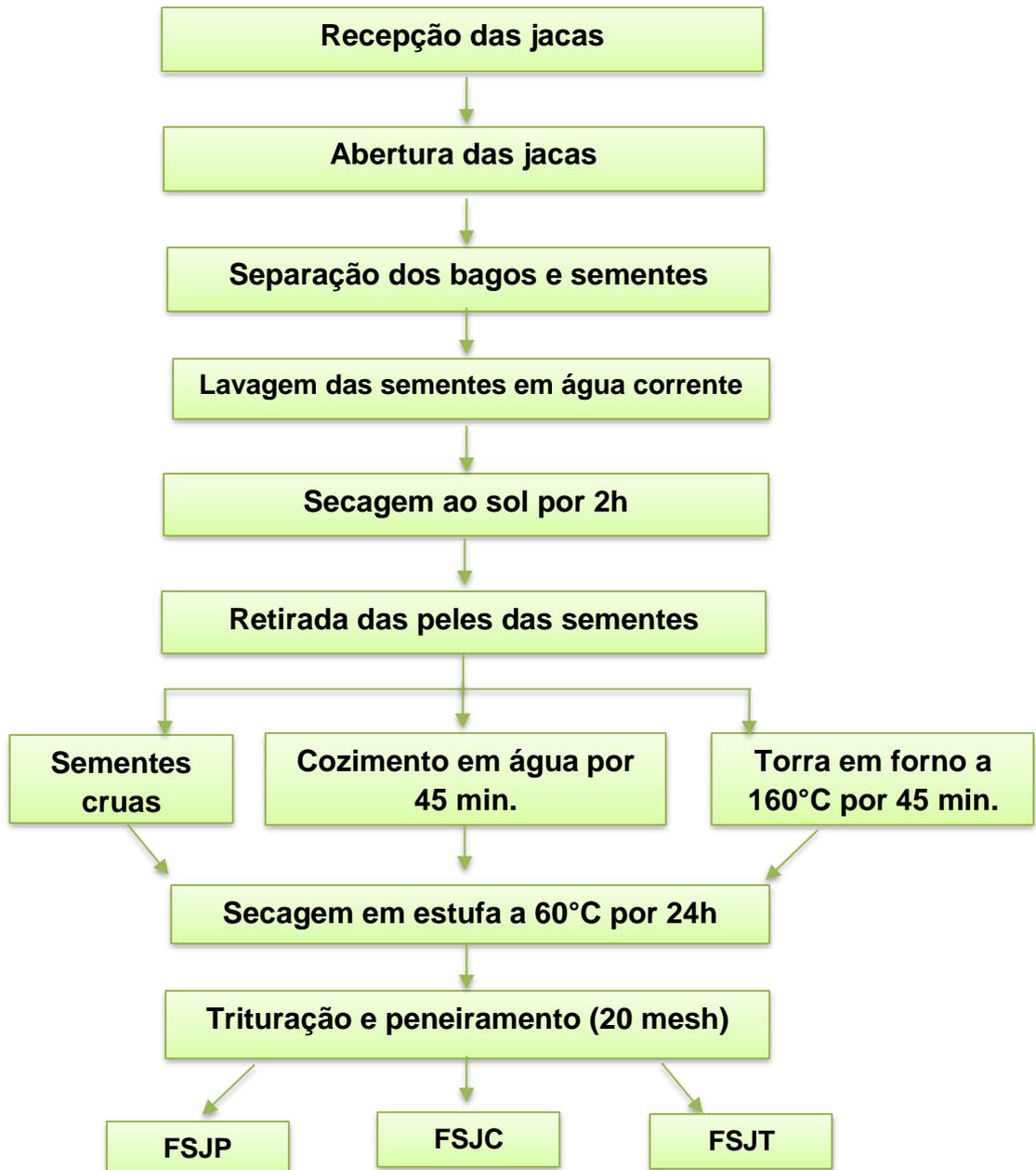
c) Sementes torradas

Fonte: O autor.

5.3 Processamento das sementes de jaca

Após o emprego das diferentes técnicas de cocção (calor úmido e calor seco), todas as sementes foram submetidas à secagem em estufa a 60°C por 24h. Em seguida, foram trituradas em triturador de alimentos de alta rotação (Engefrio) e moinho IKA®, modelo A11 basic, passando por peneiras de 20 mesh, para obtenção de granulometria típica de farinha. Após este processo, as três farinhas de sementes de jaca (FSJ) foram armazenadas em diferentes sacos do tipo “bobina” e acondicionados em recipientes de plástico à temperatura ambiente até a realização das análises. A Figura 3 ilustra o fluxograma de obtenção da farinha de sementes de jaca.

Figura 3: Processamento de obtenção da farinha de sementes de jaca (*Artocarpus heterophyllus* L.) para realização das análises.



Fonte: O autor.

5.4 Composição Nutricional

Umidade

A determinação de umidade foi realizada pelo método gravimétrico em estufa, até peso constante, conforme metodologia descrita no AOAC International (2002).

Cinzas

A determinação de cinzas se deu por método gravimétrico em forno tipo mufla até peso constante (AOAC, 2002).

Fibra Alimentar Total

A determinação de fibra alimentar total (FAT) foi realizada pelo método n° 985.29 da AOAC (1998).

Proteínas

O teor de proteínas das amostras foi determinado pelo método de Kjeldahl modificado, conforme metodologia descrita no AOAC International (2002).

Lipídeos

O teor de lipídeos totais foi determinado pelo método de Soxhlet, conforme o AOAC International (2002).

Carboidratos

Para a determinação do teor de carboidratos o método utilizado foi o cálculo por diferença, conforme AOAC (1990).

5.5 Obtenção dos extratos

Seguindo a metodologia aplicada por Caetano et al. (2009), foram preparados três extratos aquosos a partir de cada farinha de sementes de jaca. Inicialmente,

uma fração do resíduo seco (5g) foi mantido sob agitação constante, em 30 mL de água, em agitador magnético durante 20 minutos.

O resíduo obtido foi submetido ao mesmo processo de extração por mais duas vezes, totalizando três ciclos de extração, equivalente a 60 minutos de extração. As soluções obtidas nos três ciclos foram combinadas e o seu volume foi ajustado para 100 mL.

Todos os extratos foram acondicionados em recipientes âmbar e mantidos sob refrigeração até o momento das análises dos fatores antinutricionais e potenciais citotóxico e irritante.

5.6 Avaliação citotóxica

A atividade citotóxica foi realizada através do método do MTT brometo de 3-(4,5-dimetiltiazol-2-il)-2,5-difeniltetrazólio (ALLEY et al., 1988; MOSMANN, 1983).

As linhagens celulares HCT116 (Carcinoma colorretal humano) e HL-60 (Leucemia promielocítica humana) foram mantidas em meio de cultura RPMI 1640 suplementado com 10% de soro fetal bovino e 1% de solução de antibiótico (penicilina e estreptomicina). As células foram mantidas em estufa a 37°C em atmosfera úmida enriquecida com 5% de CO₂.

As células HCT116 (10⁵ células/mL) e HL-60 (3x10⁵ células/mL) foram plaqueadas em placas de 96 poços e incubadas por 24 h. Em seguida 10µL dos extratos previamente preparados foram adicionadas aos poços na concentração final de 100µg/mL e 50 µg/mL. O fármaco doxorrubicina (10µg/mL) foi utilizado como padrão. Após 72h de reincubação foi adicionado 25µL de MTT (5mg/mL) e depois de 3h de incubação, o meio de cultura com o MTT foram aspirados e 100µL de DMSO foi adicionado a cada poço. A absorbância foi medida em um leitor de microplacas no comprimento de onda de 560nm. Os experimentos foram realizados em quadruplicata e a porcentagem de inibição foi calculada no programa *GraphPad Prism 7.0 demo*.

5.7 Potencial de irritação

O potencial de irritação dos extratos aquosos obtidos a partir das farinhas de sementes de jaca seguiu a metodologia proposta por Steiling et al. (1999) e Freire et al. (2015), através do teste da membrana corioalantóide do ovo de galinha fecundado – HET CAM. Foram realizados testes com os extratos de sementes de jaca em diferentes concentrações. As substâncias de controle positivo e negativo foram laurel sulfato de sódio 1% e solução salina 0,9%, respectivamente. Após a aplicação das substâncias, foi observada a ocorrência ou ausência de efeitos irritantes, tais como hemorragia, coagulação e lise, por um período de 5 minutos. O potencial de irritação foi quantificado, através da equação abaixo, e classificado seguindo os parâmetros: não irritante (0-0,9); ligeiramente irritante (1-4,7); irritação moderada (5-8,9); irritação grave/severa (9-21). Todas as substâncias foram aplicadas cinco vezes.

$$PI = \frac{(301 - \text{hemorragia}) \times 5}{300} + \frac{(301 - \text{vasoconstrição}) \times 7}{300} + \frac{(301 - \text{coagulação}) \times 9}{300}$$

5.8 Análise estatística

Para a análise estatística descritiva (média e desvio padrão), os resultados obtidos foram avaliados em Excel® 2016 (Microsoft®). Os dados que possuem distribuição normal foram analisados através da análise de variância (ANOVA one-way), seguido do teste de Duncan, para comparação entre as médias obtidas, em nível de 5% de significância.

6 RESULTADOS E DISCUSSÕES

6.1 Composição nutricional

Os resultados da caracterização físico-química das farinhas de sementes de jaca submetidas a diferentes tipos de processamento térmico, expressos em percentual por 100 gramas de produto, estão apresentados na Tabela 1.

Tabela 1: Caracterização físico-química da farinha de semente de jaca (*Artocarpus heterophyllus* L.) submetida a diferentes tratamentos térmicos: FSJP – farinha de semente de jaca padrão; FSJC – farinha de semente de jaca cozida; FSJT – farinha de semente de jaca torrada (%/100g amostra seca).

Amostra	Umidade	Cinzas	Proteínas	Lipídeos	Carboidratos	Fibras
FSJP	6,46 ± 0,05 ^b	2,62 ± 0,07 ^b	11,28 ± 0,03 ^a	1,54 ± 0,25 ^a	54,11 ± 0,22 ^b	25,20 ± 0,001 ^a
FSJC	7,63 ± 0,03 ^a	1,62 ± 0,02 ^c	10,62 ± 0,02 ^b	1,13 ± 0,08 ^b	57,07 ± 0,05 ^a	21,90 ± 0,001 ^b
FSJT	5,29 ± 0,06 ^c	3,21 ± 0,03 ^a	10,49 ± 0,11 ^c	1,47 ± 0,01 ^a	53,19 ± 0,12 ^c	25,10 ± 0,001 ^a

Valores em triplicata, expressos em média ± desvio-padrão.

Médias seguidas de letras iguais na vertical não diferem significativamente pelo teste de Duncan ao nível de 5% de significância.

Os teores de umidade das três farinhas analisadas apresentados na Tabela 1 variaram entre 5,29% e 7,63%, com a FSJT tendo o menor valor e a FSJC, o maior valor. Esses resultados foram maiores que os encontrados por Eke-Ejiofor et al. (2015), com 6,60% e 4,44% de umidade para sementes cozidas e torradas, respectivamente. Já Santos (2011), caracterizando a farinha da semente de jaca crua para produção de barrinhas de cereais, encontrou um percentual de umidade maior que o obtido neste estudo (9,24%).

De acordo com Olanipekun et al. (2015) e Mariod et al. (2012), quanto maior o tempo de exposição da amostra ao calor seco (180°C), menores serão os valores para umidade, além de corroborarem o fato de que a torra como pré-tratamento reduz os níveis de água livre de forma mais eficaz que o cozimento prévio.

Houve diferença significativa ($P \leq 0,05$) entre as amostras para cada método aplicado. Isso pode ser explicado pelas variações dos métodos de processamento, como tempo de secagem e de cozimento das sementes; o uso ou não de pré-tratamento; bem como às variedades da matéria-prima utilizada.

Na análise das cinzas, as três farinhas do presente estudo mostraram valores que variaram entre 1,62% e 3,25%, com a FSJT apresentando o maior valor e a FSJC, o menor valor. Os resultados obtidos nas farinhas de sementes cruas e torradas foram maiores que os achados por Eke-Ejiofor et al. (2015), que obtiveram valores próximos a 2,5% para sementes de jaca submetidas aos dois tratamentos térmicos em questão.

Juárez-Barrientos et al. (2017), analisando os efeitos do cozimento e da torra em sementes de jaca provenientes do México, encontraram valores maiores (3,8% e 3,05% para cozimento e torra, respectivamente) que os obtidos neste estudo. Xu et al. (2016) ao analisarem os efeitos da torra e cozimento em grãos-de-bico (*Cicer arietinum* L.) também reportam a diminuição das cinzas nos grãos cozidos e seu aumento nos grãos torrados.

Houve diferença significativa ($P \leq 0,05$) entre as amostras para cada método aplicado. Isso pode ser atribuído à variedade das amostras analisadas e o tempo de exposição ao método de pré-tratamento, uma vez que o conteúdo final das cinzas é composto por minerais e o tipo de cocção empregado vai interferir no resultado obtido. Segundo Olanipekun (2015), a biodisponibilidade dos minerais em sementes de jaca é aumentada quando estas são submetidas à torra.

O teor proteico das farinhas de sementes de jaca estudadas variou entre 10,49% e 11,31%, com a FSJP apresentando o maior teor e a FSJT, o menor valor. Ocloo et al. (2014) reporta valores maiores (13,50%) para sementes de jaca cruas. O mesmo relatado por Eke-Ejiofor et al. (2015), (13,48% e 16,80%) para sementes cozidas e torradas, respectivamente; e por Juárez-Barrientos et al. (2017), (13,86%

e 13,18%) para sementes cozidas e torradas, respectivamente. Entretanto, o teor proteico foi maior que o valor reportado por Oladunjoye et al. (2010), que analisaram sementes de fruta-pão (*Artocarpus altilis*) cozidas (4,63% de proteína).

O teor proteico apresentou diferença significativa ($P \leq 0,05$) entre as amostras para cada método aplicado. As variações entre os dados podem estar relacionadas aos diferentes processos tecnológicos empregados no preparo das farinhas, bem como as variedades da matéria prima utilizada, levando em consideração as influências do clima e do tipo de solo do local.

Em uma análise sobre os efeitos de diferentes métodos de cocção sobre a composição de aminoácidos da farinha de sementes de jaca na Nigéria, Amachi e Ngozi (2016) concluíram que o cozimento aumentou ligeiramente os teores de alguns aminoácidos (arginina, treonina, ácido glutâmico, cisteína, valina, isoleucina, leucina, tirosina e fenilalanina) em comparação com as sementes cruas. Este processo pode ser explicado pela desnaturação proteica, que melhora a biodisponibilidade de alguns aminoácidos essenciais.

O teor de lipídios variou entre 1,13% e 1,54%, com a FSJP apresentando o maior valor e a FSJC, o menor. Os resultados encontrados foram maiores que os de Eke-Ejiofor et al. (2015) na Nigéria, onde os autores relatam 0,77%, 0,66% e 0,27%, para sementes de jaca cruas, cozidas e torradas, respectivamente. Por sua vez, os resultados do presente estudo foram menores que os achados de Oladunjoye et al. (2010), (2,90%, para sementes de fruta-pão cozidas), e Juárez-Barrientos et al. (2017) no México, (6,56% e 5,69%, para sementes de jaca cozidas e torradas, respectivamente). Houve diferença significativa ($P \leq 0,05$) entre as amostras para cada método aplicado e estas podem ser explicadas devido às variedades de solo, clima e cultivo de cada região, que podem influenciar o perfil lipídico das frutas como um todo.

O teor de carboidratos das farinhas variou entre 53,19% e 57,07%, com a FSJC apresentando o maior valor e a FSJT, o menor. Santos (2011), reporta um valor de 68,3% para farinha de semente de jaca crua. Eke-Ejiofor et al. (2015) apresenta valores acima dos obtidos neste trabalho (72,05% e 72,16%, para sementes cozidas e torradas, respectivamente). Esse aumento também foi relatado

por Juárez-Barrientos et al. (2017), com valores de carboidratos entre 72,82% e 73,44%, para sementes cozidas e torradas, respectivamente.

Os resultados encontrados no presente estudo apresentam diferença significativa ($P \leq 0,05$) entre as amostras para cada método aplicado. A diminuição no teor de carboidratos é esperada, já que ao ser empregado algum método de cocção, pode ocorrer lixiviação de carboidratos solúveis, como açúcares, em processos de cozimento, bem como em reações de escurecimento não-enzimático em processos de torra (TALABI, 2016).

Os valores encontrados para fibra alimentar total variaram entre 21,9% e 25,20%, com a farinha de semente de jaca cozida possuindo o menor valor e a farinha de semente de jaca padrão (crua), o maior. Houve diferença significativa ($P \leq 0,05$) entre as amostras para cada método aplicado.

Resultados satisfatórios também podem ser observados nos estudos de Santos et al. (2011) (9,60%-24,4%), Eke-Ejiofor et al. (2015) (35%-47%) e Juárez-Barrientos et al. (2017) (37,2%-39%), que avaliaram os teores de fibra alimentar em sementes de jaca cruas, cozidas e torradas, e concluíram que as sementes das duas frutas são ricas em fibras, solúveis e insolúveis, com o tratamento térmico empregado exercendo influência nos seus valores.

A Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), por meio da sua Resolução nº 54, de 12 de novembro de 2012, estabelece que um alimento pode ser considerado fonte de fibra alimentar quando possuir um mínimo de 3% de fibras em 100g de produto. Assim sendo, podemos considerar as farinhas de sementes de jaca como fonte de fibra alimentar, visto que os percentuais de fibras presentes ultrapassam os 3% estabelecidos pela Legislação.

6.2 Avaliação citotóxica

A citotoxicidade dos extratos das sementes de jaca previamente preparados foi avaliada em células tumorais de linhagens HL-60 (leucemia promielocítica humana) e HCT-116 (carcinoma colorretal humano), pelo ensaio do MTT (3-(4,5-dimetiltiazol-2yl)-2,5-difenil brometo de tetrazolina). Os resultados expressos na

Tabela 3 sugerem que os extratos não possuem atividade citotóxica relevante nas concentrações utilizadas, avaliando-se apenas um período de incubação (3h).

A artocarpina é uma lectina presente nas sementes de jaca com comprovada atividade citotóxica, especialmente no que se refere a células tumorais (JAGTAP; BAPAT, 2010; CHAN et al., 2018; LEE et al., 2018). Os mecanismos em torno da atividade citotóxica da artocarpina ainda não estão completamente elucidados, mas acredita-se que esta lectina possa induzir apoptose celular através da ativação de enzimas específicas (ARUNG et al., 2010; BURCI et al., 2018).

Analisando a citotoxicidade de diferentes extratos oriundos de sementes de jaca, Burci et al. (2018) concluíram que estes foram ativos contra células de tumores de mama (T47D), colon (HT-29) e melanoma (B16F10), atribuindo o poder de ação à artocarpina presente nas sementes. Lee et al. (2018) utilizaram a artocarpina isolada de sementes de jaca para indução de apoptose em 3 linhagens de osteosarcoma (U2OS, MG63 e HOS), em um estudo com animais, num período de 18 dias. A artocarpina foi capaz de reduzir em 40% o volume tumoral nos animais estudados.

De acordo com a Tabela 2, apenas o extrato das sementes de jaca cozidas apresentou % de inibição diferente de zero, mostrando que este extrato foi capaz de inibir 22,57% da atividade celular. Segundo Muramoto (2017), por se tratar de uma lectina, a artocarpina é altamente estável ao calor, sendo degradada somente com o uso de temperaturas acima dos 150°C, como no caso da torra.

Estes resultados são similares aos encontrados em alguns estudos que analisaram o poder citotóxico da artocarpina extraída das sementes, folhas ou tronco de *Artocarpus*, e concluíram que, uma vez que esta citotoxicidade depende da concentração de artocarpina utilizada, bem como o tratamento empregado previamente, os extratos das folhas, assim como as sementes podem ser considerados aptos para o consumo (ARUNG et al., 2010; KURIAN et al., 2018).

Tabela 2: Ensaio de citotoxicidade pelo método (3-(4,5-dimetiltiazol-2yl)-2,5-difenil brometo de tetrazolina) da fração aquosa obtida das sementes de jaca (*Artocarpus heterophyllus* L.) tratadas termicamente frente às linhagens celulares HL-60 (Leucemia promielocítica humana) e HCT-116 (Carcinoma colorretal humano).

Amostras	% de inibição			
	HL-60	EP	HCT-116	EP
FSJP - 100µg/mL	0,00	0,00	0,00	0,00
FSJC - 100µg/mL	0,00	0,00	22,57	0,00
FSJT - 100µg/mL	0,00	0,00	0,00	0,00
Água destilada	0,00	0,00	8,89	3,95
Doxorrubicina - 10µg/mL	77,60	2,61	66,29	1,24

Notas:

EP – Erro Padrão

FSJP – Farinha de Semente de Jaca Padrão

FSJC – Farinha de Semente de Jaca Cozida

FSJT – Farinha de Semente de Jaca Torrada

6.3 Potencial de irritação

O ensaio do potencial de irritação foi realizado afim de detectar efeitos na vascularização dos ovos de galinha fecundados causados pelos extratos de sementes de jaca tratadas. Não foi observada nenhuma alteração vascular na membrana corioalantóide dos ovos estudados, sem sinal de hemorragia, vasoconstrição e coagulação.

Resultados semelhantes foram encontrados utilizando extrato metanólico das sementes de jaca (OKTAVIA et al., 2017); extrato etanólico das folhas de *Artocarpus altilis* (RINALDI et al., 2018); e os extratos etanólico e aquoso das folhas e frutas de *Artocarpus hirsutus* (SHANMUGAPRIYA et al., 2017). Todos estes estudos convergem para a conclusão de que os compostos fenólicos presentes na espécie *Artocarpus* são os responsáveis pela inibição da angiogênese nos casos analisados. Segundo Swami e Kalse (2018), a angiogênese ocorre durante o crescimento

tumoral, mas pode ter sua atividade inibida quando da ação combinada de flavonoides, saponinas e taninos. Estes metabólitos secundários estão presentes nas sementes de jaca e são parcialmente resistentes ao calor, em temperaturas próximas a 130°C (NIDHINA; MUTHUKUMAR, 2015; CHAABAN et al., 2017).

7 CONCLUSÃO

Foi observado, neste estudo, que os dois tipos de processamento térmico empregados apresentaram resultados diferentes significativamente ($P \leq 0,05$) entre as amostras estudadas.

Os teores de macronutrientes das sementes tratadas variaram, em comparação com as sementes que não sofreram qualquer processamento térmico prévio. A diminuição da umidade, favorecida pelo processo de torra, viabiliza um tempo de prateleira prolongado para este produto. Os teores de carboidratos, fibras e proteínas possibilitam o emprego da farinha de sementes de jaca em futuras aplicações culinárias.

A farinha de semente de jaca cozida apresentou potencial efeito citotóxico, demandando uma maior investigação sobre os mecanismos de ação envolvidos. Quanto ao potencial de irritação, nenhuma das farinhas de sementes de jaca apresentou efeito irritante.

Portanto, os resultados apresentados neste estudo podem confirmar a inocuidade das sementes de jaca após o emprego do processamento térmico prévio ao consumo. Embora o calor seja capaz de alterar o valor dos macronutrientes das sementes, estas ainda possuem uma boa composição nutricional, o que agrega valor a este subproduto, aumentando as perspectivas de aproveitamento integral da jaca.

REFERÊNCIAS

- AOAC – Association of Official Analytical Chemists. **Official Methods of Analysis**. 1117p. 16 ed. 1998.
- AOAC – Association of Official Analytical Chemists. **Official Methods of Analysis**, Methods AOAC, 2002.
- ABEDIN, M. S. et al. Nutritive compositions of locally available jackfruit seeds (*Artocarpus heterophyllus* L.) in Bangladesh. **International Journal of Biosciences**, v.2, n.8, p.1-7, 2012.
- ABREU, P. A. A. **Caracterização dos fatores nutricionais e antinutricionais de sementes de frutos do cerrado**. 2015. 157 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Ciência e Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2015.
- AJISHA, K. H. et al. Development and evaluation of raw jackfruit and jackfruit seed based instant *Payasam* mix. **Indian J. Sci. Res.**, v.19, n.1, p.10-15, 2018.
- AKINMUTIMI, A. H. Nutritive value of raw and processed jackfruit seeds (*Artocarpus heterophyllus*): chemical analysis. **Agricultural Journal**, v.1, n.4, p.266-217, 2006.
- ALBUQUERQUE, F. S. M. **Estudo das características estruturais e das propriedades funcionais do amido de semente de jaca (*Artocarpus heterophyllus* L.) variedades mole e dura**. 76 f. Dissertação (Mestrado) – Curso de Ciência e Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, Brasil, 2011.
- ALLEY, M. C. et al. Feasibility of drug screening with panels of human tumor cell lines using a microculture tetrazolium assay. **Cancer Research**, v. 48, p. 589- 601, 1988.
- AMAECHE, N. C.; NGOZI, E. O. Effect of boiling on amino acid composition of jackfruit (*Artocarpus heterophyllus* L.) seed from South East Nigeria. **Journal of Advances in Food Science & Technology**, v.3, n.4, p.175-181, 2016.
- AMORIM, Q. S. **Resíduos da indústria processadora de polpas de frutas: capacidade antioxidante e fatores antinutricionais**. 89 f. Dissertação (Mestrado) – Curso de Ciências Ambientais, Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Itapetinga, Bahia, Brasil, 2016.
- ANAYA-ESPARZA, L. M. et al. Effects of Minimal Processing Technologies on Jackfruit (*Artocarpus heterophyllus* Lam.) Quality Parameters. **Food And Bioprocess Technology**, [s.l.], v. 11, n. 9, p.1761-1774, 30 jun. 2018.
- ANDRADE, J. C.; MANDARINO, J. M. G.; KUROSZAWA, L. E.; IDA, E. I. The effect of thermal treatment of whole soybean flour on the conversion of isoflavones and inactivation of trypsin inhibitors. **Food Chemistry**, 194, p. 1095-1101, 2016.

ANNAPURNA, S. S.; PRASAD, D. S. Purification of trypsin/chymotrypsin inhibitor from jack fruit seeds. **Journal Of The Science Of Food And Agriculture**, v. 54, n. 3, p.399-411, 1991.

ARPIT, A.; JOHN, D. Effect of different level of jackfruit seed flour on the quality characteristics of chocolate cake. **Res. J. Agric. & Forestry Sci.** 3:6-9, 2015.

ARUNG, E. T.; YOSHIKAWA, K.; SHIMIZU, K.; KONDO, R. Isoprenoid-substituted flavonoids from wood of *Artocarpus heterophyllus* on B16 melanoma cells: cytotoxicity and structural criteria. **Fitoterapia** 81(2):120–123, 2010.

ASIA-PACIFIC ASSOCIATION OF AGRICULTURAL RESEARCH INSTITUTIONS Jackfruit Improvement in the Asia-Pacific Region – A Status Report. Asia-Pacific. Bangkok: **Association of Agricultural Research Institutions**. p.128, 2012.

AVILÉS-GAXIOLA, S.; CHUCK-HERNÁNDEZ, C.; SALDÍVAR, S. O. S. Inactivation Methods of Trypsin Inhibitor in Legumes: A Review. **Journal Of Food Science**, v. 83, n. 1, p.17-29, 2017.

BALIGA, M. S. et al. Phytochemistry, nutritional and pharmacological properties of *Artocarpus heterophyllus* Lam (jackfruit): A review. **Food Research International**, [s.l.], v. 44, n. 7, p.1800-1811, ago. 2011.

BASSO, A. M. **Estudo da composição química da jaca (*Artocarpus heterophyllus* Lam.) desidratada, in natura e liofilizada**. 116 f. Dissertação (Mestrado) – Curso de Química, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, Brasil, 2017.

BATISTA, K. A. et al. Thermal inactivation studies on toxic seeds from fruits of the Brazilian Central Plain. **Food Science And Technology**, [s.l.], v. 36, n. 4, p.577-582, 2016.

BHAT, A. V.; PATTABIRAMAN, T. N. Protease inhibitors from jackfruit seed (*Artocarpus integrifolia*). **J. Biosci.**, v. 14, n. 4, p. 351-365, 1989.

BENEVIDES, C. M. J. et al. Fatores antinutricionais em alimentos: revisão. **Segurança Alimentar e Nutricional**, v. 18, n. 2, p. 67-79, 2011.

BEZERRA, A. D. L. et al. Atividade antitriptica de proteínas em polpas e sementes de frutas tropicais. **Revista Brasileira de Fruticultura**, [s.l.], v. 36, n. 2, p.408-416, jun. 2014.

BISSACOTTI, A. P.; LONDERO, P. M. G. Pumpkin seeds: prospecting for human consumption and technological use. **Disciplinarum Scientia**, v.17, n.1m p.111-124, 2016.

BRASIL, Comissão Nacional de Normas e Padrões para Alimentos CNNPA. **Resolução CNNPA nº 12 de julho 1978**. Brasília, 1978.

- BRASIL, Ministério da Saúde, Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Portaria nº 27, de 13 de janeiro de 1998**. Brasília, 1998.
- BURCI, L. M. et al. Acute and subacute (28days) toxicity, hemolytic and cytotoxic effect of *Artocarpus heterophyllus* seed extracts. **Toxicology Reports**, p.1-5, 2018.
- CARDOSO, L. R. et al. Atividade de inibidores de proteases em linhagens de soja geneticamente melhoradas. **Alimentos e Nutrição**, Araraquara, v. 18, n. 1, p. 19-26, 2007.
- CARVALHO, F. M. C. et al. Compostos fenólicos e atividade antitriptica em três variedades de uvas. **Revista Brasileira de Inovação Tecnológica em Saúde**, Natal, v. 1, n. 1, p.39-50, jan. 2014.
- CHAABAN, H. et al. Effect of heat processing on thermal stability and antioxidant activity of six flavonoids. **Journal Of Food Processing And Preservation**, v. 41, n. 5, p.1-10, 2017.
- CHAKRABORTY, P. et al. Study on utilization of jackfruit seed flour and defatted soy flour mix in preparation of breakfast cereal by twin-screw extrusion technology. **Discovery**, 4:32-37, 2013.
- CHAN, E. W. C. et al. Chemistry and Pharmacology of Artocarpin: An Isoprenyl Flavone from *Artocarpus* Species. **Systematic Reviews In Pharmacy**, v. 9, n. 1, p.58-63, 2018.
- CHEOK, C.Y. et al. Current Trends of Tropical Fruit Waste Utilization. **Crit. Rev. Food Sci. Nutr.**, 58(3): 335-361, 2016.
- CHEVREUIL, L. R. et al. Detecção de inibidores de tripsina e atividade hamaglutinante em sementes de leguminosas arbóreas da amazônia. **Acta Amazonica**, Manaus, v. 39, n. 1, p. 199-206, 2009.
- DAMIANI, C. et al. Perfil de ácidos graxos e fatores antinutricionais de amêndoas de pequi crua e torrada. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 43, n. 1, p. 71-78, 2013.
- DE FARIA, A. F.; DE ROSSO, V. V.; MERCADANTE, A. Z. Carotenoid composition of jackfruit (*Artocarpus heterophyllus* L.) determined by HPLC-PDA-MS/MS. **Plant Foods for Human Nutrition Journal**, v.64, p.108-115, 2009.
- DOS SANTOS, M. M. et al. Jackfruit seed incorporation in artisanal beer production. **SEAGRO: Anais da Semana Acadêmica do Curso de Agronomia do CCAE/UFES**, v.2, n.1, 2018.
- EKE- EJIOFOR, J., BELEYA, E. A.; ONYENORAH, N.I. The effect of processing methods on the functional and compositional properties of jackfruit seed flour. **Internat. J. Nutri. & Food Sci.**, 3:166-173, 2014.

FERREIRA, R. L. **Avaliação dos processos de secagem e de extração de compostos antioxidantes em farinha de resíduos de frutas e hortaliças**. 115 f. Dissertação (Mestrado) – Curso de Alimentos e Nutrição, Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2015.

FREIRE, P. L. L. et al. Action of silver nanoparticles towards biological systems: cytotoxicity evaluation using hen's egg test and inhibition of *Streptococcus mutans* biofilm formation. **International Journal of Antimicrobial Agents**, v. 45, n. 2, p. 183-187, 2015.

GABRIELSEN, M. et al. Structures and binding specificity of galactose- and mannose-binding lectins from champedak: differences from jackfruit lectins. **Acta Crystallographica Section F Structural Biology Communications**, [s.l.], v. 70, n. 6, p.709-716, 2014.

GOSWAMI, C.; CHACRABATI, R. Jackfruit (*Artocarpus heterophyllus*). In> PREEDY, V.R.; SIMMONDS, M.S.J. (Org.). **Nutritional Composition of Fruit Cultivars**, E.U.A.: Elsevier, Cap. 14, p.317-335, 2016.

GUO, N. et al. Saponins from seeds of Genus *Camellia*: Phytochemistry and bioactivity. **Phytochemistry**, [s.l.], v. 149, p.42-55, maio 2018.

GUPTA, D. et al. Phytochemical, nutritional and antioxidant activity evaluation of seeds of jackfruit (*Artocarpus heterophyllus* Lam.). **International Journal of Pharma and Bio Science**. v. 2, 2011.

HAMID et al. Anti-nutritional factors, their adverse effects and need for adequate processing to reduce them in food. **Agricinternational**, [s.l.], v. 4, n. 1, p.56-60, 2017.

HARI, A., REVIKUMAR, K.G.; DIVYA, D. *Artocarpus*: A review of its phytochemistry and pharmacology. **J. Pharma Search**, 9 (1): 7-12, 2014.

HAQ, N. Jackfruit (*Artocarpus heterophyllus*). In J. T. WILLIAMS, R. W. SMITH; Z. DUNSIGER (Eds.), **Tropical fruit trees**. Southampton, UK: Southampton Centre for Underutilised Crops, University of Southampton, 2006.

HE, S. et al. Phaseolus vulgaris lectins: A systematic review of characteristics and health implications. **Critical Reviews In Food Science And Nutrition**, [s.l.], v. 58, n. 1, p.70-83, 11 jul. 2017.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ, (IAL). **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. 4.ed. 1ª Edição Digital. São Paulo: IAL, 2008, 1020p.

JAGTAP, U. B.; BAPAT, V. A. *Artocarpus*: A review of its traditional uses, phytochemistry and pharmacology. **Journal of Ethnopharmacology** 129 (2) 142-166, 2010.

JUÁREZ-BARRIENTOS, J. M. et al. Effects of boiling on the functional, thermal and compositional properties of the Mexican jackfruit (*Artocarpus heterophyllus*) seed jackfruit seed meal properties. **Emirates J. Food & Agric.**, 29: 1-9, 2017.

KABIR, S. Jacalin: a jackfruit (*Artocarpus heterophyllus*) seed-derived lectin of versatile applications in immunobiological research. **Journal Of Immunological Methods**, [s.l.], v. 212, n. 2, p.193-211, mar. 1998.

KOWALSKA, H. et al. What's new in biopotential of fruit and vegetable by-products applied in the food processing industry. **Trends In Food Science & Technology**, [s.l.], v. 67, p.150-159, 2017.

KREUTZ, D. H. et al. Nitrate and Nitrite Determination in Vegetables Produced in Conventional and Organic Farming in the Region of Taquari Valley- RS. **UNOPAR Cient Biol Saúde**, v.14, n.2, p.105-10, 2012.

KURIAN, S.; JOSEPH, L.; JOSEKUMAR, V. S. Phytochemical evaluation, cytotoxicity screening and in vitro free radical scavenging activity of the leaf petiole of *Artocarpus heterophyllus* Lam. (Family: Moraceae). **Journal of Pharmacy Research**, v. 12, n. 4, p. 455-460, 2018.

LANDIM, L. B. et al. Formulation of Meatballs with Jackfruit Seed Flour, **Cient Ciênc Biol Saúde**, v.14, n.2, p.87-93, 2012.

LEE, C. W. et al. Artocarpin induces cell apoptosis in human osteosarcoma cells through endoplasmic reticulum stress and reactive oxygen species. **Journal Of Cellular Physiology**, p.1-12, 2018.

LORENZI, H. et al. **Frutas brasileiras e exóticas cultivadas**. São Paulo: Instituto Plantarum, 2006. 640p.

LOZANO, M. G. **Amendoim (*Arachis Hypogaea* L.): composição centesimal, ácidos graxos, fatores antinutricionais e minerais em cultivares produzidas no Estado de São Paulo**. 88 f. Dissertação (Mestrado) – Curso de Ciência e Tecnologia de Alimentos, Universidade de São Paulo, Piracicaba, São Paulo, Brasil, 2016.

LYU, J. et al. Purification and characterization of a trypsin inhibitor from the seeds of *Artocarpus heterophyllus* Lam. **Acta Biochimica Et Biophysica Sinica**, [s.l.], v. 47, n. 5, p.376-382, 6 abr. 2015.

MADRIGAL-ALDANA, D. L. et al. Isolation and characterization of Mexican jackfruit (*Artocarpus heterophyllus* L.) seeds starch in two mature stages. **Starch**, v.63, p.364-372, 2011.

MADRUGA, M. S. et al. Chemical, morphological and functional properties of Brazilian jackfruit (*Artocarpus heterophyllus* L.) seeds starch. **Food Chemistry**, v. 143, p. 440–445, 2014.

MANDAVE, P.; BOBADE, H.; PATIL, S. Jackfruit seed flour: Processing technologies and applications. **Internat. J. Agric. Engg.**, 11(Sp. Issue): 149-154, 2018.

MARIOD, A. A. et al. Effects of roasting and boiling on the chemical composition, amino acids and oil stability of safflower seeds. **International Journal Of Food Science & Technology**, [s.l.], v. 47, n. 8, p.1737-1743, 2012.

MATTILA, P. H. et al. Contents of phytochemicals and antinutritional factors in commercial protein-rich plant products. **Food Quality And Safety**, [s.l.], p.1-7, 22 out. 2018.

MEETHAL, S. et al. Effect of Addition of Jackfruit Seed Flour on Nutritional, Phytochemical and Sensory Properties of Snack Bar. **Current Research In Nutrition And Food Science Journal**, [s.l.], v. 5, n. 2, p.154-158, 2017.

MIAH et al., Evaluation of amino acid profile of jackfruit (*Artocarpus heterophyllus*) seed and its utilization for development of protein enriched supplementary food. **Journal of Noakhali Science and Technology University (JNSTU)**, v.1, n.1, p.77-84, 2017.

MOSMANN, T. Rapid colorimetric assay for cellular growth and survival: application to proliferation and cytotoxicity assays. **J Immunological Methods**, v. 65, n. 1-2, p. 55-63, 1983.

MUKPRASIRT, A.; SAJJAANANTAKUL, K. Physico-chemical properties of flour and starch from jackfruit seeds (*Artocarpus heterophyllus* Lam.) compared with modified starches. **International Journal of Food Science & Technology**, 39, 271-276, 2004.

MURAMOTO, K. Lectins as Bioactive Proteins in Foods and Feeds. **Food Science And Technology Research**, v. 23, n. 4, p.487-494, 2017.

NATESH, N. H.; ASIEDU, S. K.; ABBEY, L. An overview of nutritional and antinutritional factors in green leafy vegetables. **Horticulture International Journal**, [s.l.], v. 1, n. 2, p.3-9, 2017.

NATH, R. et al. Total phenolic and saponin concentration of *T. bellirica* and *A. heterophyllus* of North Eastern India. **North-East Veterinarian**, v.16, n.4, p.18-19, 2017.

NAVES, L. P. et al. Nutrients and functional properties in pumpkin seed (*Cucurbita maxima*) submitted to different processings. **Ciênc. Tecnol. Aliment.**, v.30, n.1, p.185-190, 2011.

NDYOMUGYENYI, E. K. **The potential of jackfruit (*Artocarpus heterophyllus*) and java plum (*Syzygium cumini*) seeds as feed for poultry**. 163 p. Gulu University, Gulu, Uganda, 2016.

NIDHINA, N.; MUTHUKUMAR, S. P. Antinutritional factors and functionality of protein-rich fractions of industrial guar meal as affected by heat processing. **Food Chemistry**, v. 173, p.920-926, 2015.

OCLOO, F. C. K., BANSAN, D.; BOATIN, R. Physicochemical, functional and pasting characteristics of flour produced from jackfruit seeds. **Agric. & Biol. J. North America**, 1: 903-908, 2010.

OCLOO, F. C. K.; OKYERE, A. A.; ASARE, I. K. Physicochemical, functional and pasting properties of flour produced from gamma irradiated tiger nut (*Cyperus esculentus* L.). **Radiat. Phys. Chem.** 103: 9-15, 2014.

OKORIE, S. U. Chemical composition of *Artocarpus communis* (breadfruit) seed flour as affected by processing (boiling and roasting). **Pakistan Journal of Nutrition**, v.9, n.5, p.419-421, 2010.

OKTAVIA, S.; WIJAYANTI, N.; RETNOAJI, B.. Anti-angiogenic effect of *Artocarpus heterophyllus* seed methanolic extract in ex ovo chicken chorioallantoic membrane. **Asian Pacific Journal Of Tropical Biomedicine**, v. 7, n. 3, p.240-244, 2017.

OLADUNJOYE, I. O., OLOGHOBON, A. D.; OLANIYI, C. O. Nutrient composition, energy value and residual antinutritional factors in differently processed breadfruit (*Artocarpus altilis*) meal. **Afr. J. Biotechnol.** 9: 4259-4263, 2010.

OLANIPEKUN, O. T. et al. Effect of boiling and roasting on the nutrient composition of kidney beans seed flour. **Sky Journal of Food Science**, v.4, n.2, p.24-29, 2015.

OLIVEIRA, L. F. **Efeito dos parâmetros do processo de desidratação de jaca (*Artocarpus heterophyllus*, Lam.) sobre as propriedades químicas, físico-químicas e aceitação sensorial**. Seropédica, RJ, 121 p. 2009.

PACHECO, C. S. V. et al. The use of jackfruit seed for obtainment of endoglucanases from *Aspergillus niger* for fermentation in solid state. **Cient Ciênc Biol Saúde**, v.14, n.1, p.25-29, 2012.

PEDROSA, M. M.; CUADRADO, C.; BURBANO, C.; MUZQUIZ, M.; CABELLOS, B.; OLMEDILLA-ALONSO, B.; ASENSIO-VEGAS C. Effects of industrial canning on the proximate composition, bioactive compounds contents and nutritional profile of two Spanish common dry beans (*Phaseolus vulgaris* L.). **Food Chemistry**, 166:68–75, 2015.

PENG, S. et al. Comparative analysis of volatile compounds between jackfruit (*Artocarpus heterophyllus* L.) peel and its pulp. **Advanced Materials Research**, 781-784, 1413–1418, 2013.

PEREIRA, L. D. **Influência de fatores edáficos na composição química de cascas e sementes de jabuticaba (*Myrciaria cauliflora*)**. 97 f. Tese (Doutorado) - Curso de Química, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2016.

PEREIRA, V. J.; KAPLAN, M. A. C. Artocarpus um gênero exótico de grande bioatividade. **Floresta e Ambiente**, [s.l.], v. 20, n. 1, p.1-15, 2013.

PÉREZ, V. R. Q. **Aprovechamiento integral de la jaca (Artocarpus heterophyllus Lam.) para elaborar productos alimenticios**. 96 f. Tese (Doutorado) – Curso de Gastronomía, Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México, 2017.

PRAKASH, O. et al. Artocarpus heterophyllus (Jackfruit): an overview. **Pharmacognosy Reviews** 3(6), 2009, 353-358.

PRESTES, M. E. B. **A investigação da natureza no Brasil colônia**. São Paulo: Annablume, Fapesp; 2000.

PUGLIESE, A. G. **Compostos fenólicos do cupuaçu (Theobroma grandiflorum) e do cupulate: Composição e possíveis benefícios**. 146 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Ciência dos Alimentos, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010.

RINALDI, D. H.; KAMADJAJA, D. B.; SUMARTA, N. P. M. The effects of breadfruit leaf (*Artocarpus altilis*) extract on fibroblast proliferation in the tooth extraction sockets of Wistar rat. **Dental Journal (Majalah Kedokteran Gigi)**, 51(3): 143-146, 2018.

SAIRAEBa – Secretaria de Agricultura, Irrigação e Reforma Agrária do Estado da Bahia, **Cultura – Jaca**, Governo da Bahia, 2004.

SANTOS, C. T. **Farinha da semente de jaca: caracterização físico-química e propriedades funcionais**. 73 f. Dissertação do Programa de Pós-Graduação “Strictu Senso” do Curso de Pós-graduação em Engenharia de Alimentos da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia - UESB. Itapetinga-BA, 2009.

SANTOS, C. T. et al. Characterization and sensorial evaluation of cereal bars with jackfruit. **Acta Scientiarum. Technology**, [s.l.], v. 33, n. 1, p.81-85, 14 mar. 2011.

SANTOS, D. B. et al. Desenvolvimento de pão francês com a adição de farinha de caroço de jaca (*Artocarpus integrifolia* L.). **Enciclopédia Biosfera**, v.8, n.15, p.597-602, 2012.

SHAFIQ, M. et al. Evaluation of phytochemical, nutritional and antioxidant activity of indigenously grown jackfruit (*Artocarpus heterophyllus* Lam). **Journal of Scientific Research**, 9(1), 135–143, 2017.

SHANMUGAPRIYA, K et al. Phytochemical screening of *Artocarpus hirsutus* and its antimicrobial potential. **Asian Journal Of Pharmaceutical And Clinical Research**, v. 10, n. 6, p.298-302, 2017.

SHARMA, A.; GUPTA, P.; VERMA, A. K. Preliminary nutritional and biological potential of *Artocarpus heterophyllus* L. shell powder. **Journal of Food Science Technology**, 52(3), 1339–1349, 2015.

SHI, L.; MU, K.; ARNTFIELD, S. D.; NICKERSON, M. T. Changes in levels of enzyme inhibitors during soaking and cooking for pulses available in Canada. **J Food Sci Technol**, 54(4):1014–22, 2017.

SILVA, A. G. M.; FERNANDES, K. F. Composição química e antinutrientes presentes nas amêndoas cruas e torradas de chichá (*Sterculia striata* A. St. Hill & Naudin). **Revista de Nutrição**, Campinas, v. 24, n. 2, p. 305-314, 2011.

SILVA, L. M. R. et al. Quantification of bioactive compounds in pulps and by-products of tropical fruits from Brazil. **Food Chemistry**, [s.l.], v. 143, p.398-404, jan. 2014.

SINGH, B. et al. Saponins in pulses and their health promoting activities: A review. **Food Chemistry**, [s.l.], v. 233, p.540-549, out. 2017.

SINHA, K.; KHARE, V. Antinutritional factors in vegetable crops. **The Pharma Innovation Journal**, v.6, n.12, p.353-358, 2017.

SMITH, C. et al. The determination of trypsin inhibitor levels in foodstuffs. **Journal Of The Science Of Food And Agriculture**, v. 31, n. 4, p.341-350, abr. 1980.

SOUZA, T. S. et al. Desidratação osmótica de frutículos de jaca (*Artocarpus heterophyllus* L.): aplicação de modelos matemáticos. **Acta Scientiarum Technology**, v.31, n.2, 2009.

SPADA, F. P. et al. Optimization of Postharvest Conditions To Produce Chocolate Aroma from Jackfruit Seeds. **Journal Of Agricultural And Food Chemistry**, [s.l.], v. 65, n. 6, p.1196-1208, 2017.

SPADA, F. P. et al. Physicochemical characteristics and high sensory acceptability in cappuccinos made with jackfruit seeds replacing cocoa powder. **Plos One**, [s.l.], v. 13, n. 8, p.1-20, 2018.

SREERAMA, Y. N. et al. Distribution of nutrients and antinutrients in milled fractions of chickpea and horse gram: seed coat phenolics and their distinct modes of enzyme inhibition. **J Agric Food Chem**. v. 58, n. 7, p. 4322-4330, 2010.

STEILING, W. et al. The HET-CAM, a useful in vitro assay for assessing the eye irritation properties of cosmetic formulations and ingredients. **Toxicology in vitro**, v. 13, n. 2, p. 375-384, 1999.

SUNDARRAJ, A. A.; RANGANATHAN, T. V. Phytochemical constituents and thin-layer chromatography evaluation of the ethanolic extract of jackfruit (*Artocarpus integer*) peel. **Journal of Pharmacy Research**, v.12, n.5, p.717-720, 2018.

SWAMI, S. B. S. et al. Jackfruit and Its Many Functional Components as Related to Human Health: A Review. **Comprehensive Reviews of Food Science and Food Safety**, v.11, p.565-576, 2012.

SWAMI, S. B.; KALSE, S. B. Jackfruit (*Artocarpus heterophyllus*): Biodiversity, Nutritional Contents, and Health. **Bioactive Molecules In Food**, [s.l.], p.1-23, 2018.

- TALABI, J. Y. et al. Nutritional and antinutritional compositions of processed avocado (*Persea Americana* Mill) seeds. **Asian J. Plant Sci. Res.**, v.6, n.2, p.6-12, 2016.
- TEJPAL, A.; AMRIT, P. Jackfruit: A Health Boon. **International Journal of Research in Ayurveda Pharmacy**, v.7, n.3, p.59-64, 2016.
- TRAN, P. L. et al. Physicochemical properties of native and partially gelatinized high-amylase jackfruit (*Artocarpus heterophyllus* Lam.) seed starch. **Lwt - Food Science And Technology**, [s.l.], v. 62, n. 2, p.1091-1098, jul. 2015.
- UMESH, J. B. et al. Evaluation of antioxidant capacity and phenol content in jackfruit (*Artocarpus heterophyllus* Lam.) fruit pulp. **Plant Foods for Human Nutrition** 65, 99–104, 2010.
- VAGADIA, B. H.; VANGA, S. K.; RAGHAVAN, V. Inactivation methods of soybean trypsin inhibitor – A review. **Trends In Food Science & Technology**, v. 64, p.115-125, 2017.
- VAZHACHARICKAL, P. J. et al. Chemistry and medicinal properties of jackfruit (*Artocarpus heterophyllus*): A Review on current status of knowledge. **International Journal of Innovative Research and Review**, v.3, n.2, p.83-95, 2015.
- VENEGAS-CALERÓN, M. et al. Characterization of *Xanthoceras sorbifolium* Bunge seeds: Lipids, proteins and saponins content. **Industrial Crops And Products**, [s.l.], v. 109, p.192-198, dez. 2017.
- VICENTINI, M. S. **Biscoitos amanteigados isentos de açúcar de adição elaborados parcialmente com polpa e semente de jaca**. Dissertação – Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2015.
- VU, H. T.; SCARLETT, C. J.; VUONG, Q. V. Phenolic compounds within banana peel and their potential uses: A review. **Journal Of Functional Foods**, [s.l.], v. 40, p.238-248, 2018.
- XU, Y. et al. Nutritional and anti-nutritional composition, and in vitro protein digestibility of Kabuli chickpea (*Cicer arietinum* L.) as affected by differential processing methods. **Journal Of Food Measurement And Characterization**, v. 10, n. 3, p.625-633, 2016.
- ZHANG, Y. et al. Characterizations of high purity starches isolated from five different jackfruit cultivars. **Food Hydrocolloids**, v.52, p. 785-794, 2016.
- ZHANG, Y. et al. Structural characterization of starches from Chinese jackfruit seeds (*Artocarpus heterophyllus* Lam). **Food Hydrocolloids**, [s.l.], v. 80, p.141-148, jul. 2018.

ZUBAIR, M. A. et al. Nutrient Composition and Quality Evaluation of Composite Bread with Jackfruit (*Artocarpus heterophyllus*) Seed Flour. **Research & Reviews: Journal of Food Science and Technology**, v.6, n.2, p.40-48, 2017.