



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO  
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS DOMÉSTICAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE  
ALIMENTOS



**POTENCIAL DE UTILIZAÇÃO DE RESÍDUO DE CIRIGUELA NA  
ELABORAÇÃO DE PÃO DE FORMA**

HÉLEN MARIA LIMA DA SILVA

Recife  
2016

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO  
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS DOMÉSTICAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE  
ALIMENTOS

HÉLEN MARIA LIMA DA SILVA

**POTENCIAL DE UTILIZAÇÃO DE RESÍDUO DE CIRIGUELA NA  
ELABORAÇÃO DE PÃO DE FORMA**

ORIENTADORA: Maria Inês Sucupira Maciel

Recife  
2016

### Ficha Catalográfica

S586p Silva, Hélen Maria Lima da  
Potencial de utilização de resíduo de ciriguela na  
elaboração de pão de forma / Hélen Maria Lima da Silva. –  
Recife, 2016.  
110 f. : il.

Orientadora: Maria Inês Sucupira Maciel.  
Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de  
Alimentos) – Universidade Federal Rural de Pernambuco,  
Departamento de Ciências Domésticas, Recife, 2016.  
Inclui referência(s), anexo(s) e apêndice(s)

1. Propriedades tecnológicas. 2. Propriedades reológicas  
3. Atividade citotóxica. 4. Pão - Qualidade 5. Análise  
Sensorial I. Maciel, Maria Inês Sucupira, orientadora. II. Título

CDD 664

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO  
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS DOMÉSTICAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE  
ALIMENTOS

**POTENCIAL DE UTILIZAÇÃO DE RESÍDUO DE CIRIGUELA NA  
ELABORAÇÃO DE PÃO DE FORMA**

**Por** Hélen Maria Lima da Silva

Esta dissertação foi julgada para obtenção do título de Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos e aprovada em \_\_/\_\_/\_\_ pelo Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos em sua forma final.

Banca Examinadora:

---

Prof/a Dr/a. Enayde de Almeida Melo  
Universidade Federal Rural de Pernambuco

---

Prof/a Dr/a. Silvana Magalhães Salgado  
Universidade Federal de Pernambuco

---

Prof/a Dr/a. Emmanuela Prado de Paiva Azevedo  
Universidade Federal Rural de Pernambuco

Às Beatrizes de minha vida. Minha avó materna, *in memoriam*, e minha menina Ana Beatriz, dedico.

## AGRADECIMENTOS

A Deus todo poderoso pelo nosso bem maior, o dom da vida, e pela realização de um sonho.

A minha mãe, mulher guerreira, sua busca incessante pelo conhecimento sempre foi meu exemplo mais valioso.

A minha nova família, os grandes amores de minha vida, meu esplêndido esposo e minha flor Beatriz, pelo apoio infinito e incondicional nas horas do riso e da tristeza; não há como descrever a importância de vocês para a conclusão deste trabalho, é inestimável... cada minúcia desta conquista, eu partilho com vocês.

A minha querida irmã e parceira Mariana de Lima pela colaboração dada sem hesitação sempre, ao meu irmão Gutemberg Ferreira pelo seu incentivo perante os cálculos matemáticos e à Virgínia pelo carinho com minha Beatriz durante os últimos preparativos para a entrega deste trabalho.

À Dida, companheira de todas as horas, seu suporte, sem dúvida, foi o que permitiu a realização deste trabalho.

Aos demais familiares e amigos que tanto conviveram com as minhas ausências, agradeço pelas mensagens de estímulo e o abraço amigo. Comemoro com vocês esta vitória!

Às queridas Rafaella Pimentel e Adriana Menezes pelo incentivo para o ingresso no mestrado e grande apoio durante seu transcorrer. A vocês serei eternamente grata!

A minha orientadora Maria Inês, brilhante em seu exercício, inspiradora em suas palavras, compreensiva e exigente, os meus mais sinceros e profundos agradecimentos. E, antes de tudo, por me conduzir ao estudo dos “resíduos agroindustriais”.

À participação dos estagiários do PIBIC Marcony Silva Júnior e Camila Costa ao longo de toda esta pesquisa, sobretudo durante minha gestação.

Aos professores do PGCTA, e em especial à professora Enayde Melo, pela presteza descomunal no atendimento ao alunado; sentirei muita falta. E também, a Celiane Maia e a Vera Arroxelas pelas contribuições feitas durante a apresentação do relatório parcial.

Aos colegas de turma, intitulada “Nárnia”, que compartilharam de momentos de estresse e outros maravilhosos nessa jornada do conhecimento regados de muitas tapiocas e pastéis. Parabéns a todos que a concluíram!

Aos funcionários do Departamento de Ciências Domésticas, Ana Engracia, Jaqueline Ferreira, sempre a postos para nos auxiliar. Em especial Rosemary (Rose) e Gabriella (Gabi) muito prestativas e sempre com um sorriso amigo.

À Rosa, Rita, Carla, Talita e demais alunos do PGCTA por compartilharem seus conhecimentos comigo. Em especial à Rosa, colaboradora essencial à realização deste trabalho.

À Universidade Federal Rural de Pernambuco por ter oportunizado este curso e a realização de um sonho e a CAPES pela concessão da bolsa.

À Mércia Araújo, Bartolomeu Monteiro e Renata Machado que deram todo o suporte para meu crescimento profissional. Em especial à Ana Félix e Fabiana Lima que, além disso, suportaram meus momentos de desespero. Agradeço imensamente!

Ao Laboratório de Experimentação e Análise de Alimentos Prof.<sup>a</sup> Nonete Barbosa Guerra (LEAAL) da UFPE, a sua brilhante equipe, em especial à Olívia Tavares por ensinar com tamanha competência as análises e à Viviane Padilha, por ter permitido a realização das mesmas.

À equipe do Departamento de Antibióticos/UFPE, em especial à professora Teresinha Gonçalves, a doutoranda Cynthia Almeida e Jaciana Aguiar pelo excelente trabalho realizado com as análises de toxicidade.

À Bunge Alimentos, até então na figura da Mônica Praxedes a quem tenho imenso apreço, por permitir a realização das análises. Ao Arthur e ao Álvaro pela colaboração e agilidade em sua execução.

Às professoras Enayde Melo, Silvana Salgado e Emmanuela Prado por aceitarem o convite para participar da minha banca.

A todos aqueles que direta ou indiretamente participaram da elaboração deste trabalho e contribuíram para minha formação; a vocês, o meu “muito obrigado!”

*“Jamais considere seus estudos como uma obrigação, mas como uma oportunidade invejável para aprender a conhecer a influência libertadora da beleza do reino do espírito, para seu próprio prazer pessoal e para proveito da comunidade à qual seu futuro trabalho pertencer.”*

(Albert Einstein)



## RESUMO

O Brasil é o terceiro maior produtor mundial de frutas, consagrando-se como um dos principais produtores e exportadores devido, sobretudo, a variedade disponível. Um destes frutos é a ciriguela, que por seu aroma e sabor agradáveis é muito apreciada no Nordeste brasileiro, concorrendo para um aumento do consumo do fruto *in natura* ou processado na forma de diversos produtos. Entretanto, o processamento de frutos gera grandes quantidades de resíduo agroindustrial. Vários autores têm relatado a utilização desses resíduos para enriquecimento de alimentos que contribuem para modificações nas propriedades nutricionais, tecnológicas e reológicas dos produtos elaborados. Os pães são um importante veículo para a aplicação destes resíduos. O objetivo deste trabalho foi determinar a composição química, as propriedades físico-químicas, tecnológicas e o efeito citotóxico da farinha obtida a partir dos resíduos (casca) do processamento da polpa de ciriguela, além de avaliar a sua aplicação como ingrediente na elaboração de pão de forma por meio da análise sensorial. A farinha de resíduo de ciriguela (FRC) apresenta um elevado teor de carboidratos, fibra alimentar total e cinzas. Em relação às propriedades tecnológicas, a FRC apresenta capacidades de retenção de água e de óleo e intumescimento compatível com o percentual de fibras presente na amostra. Além disso, a determinação da atividade tóxica atestou baixa toxicidade da FRC nas concentrações de 2000 mg Kg<sup>-1</sup> e de 50 µg mL<sup>-1</sup>, respectivamente, para os ensaios *in vivo* e *in vitro*. A análise microbiológica da farinha mostrou baixa carga microbiana, demonstrando a eficiência do processamento. A aplicação em pães de FRC como farinha sucedânea do trigo em 10% resultou em alterações na qualidade do pão, em termos de volume e volume específico do pão, conferindo maior dureza e menor coesão e elasticidade do seu miolo. A partir das análises farinográfica e alveográfica pode-se concluir que a farinha mista apresenta média força à forte e com percentual de absorção de água ideais para a elaboração de pães, porém com estabilidade reduzida em função do seu conteúdo de fibras. Os resultados obtidos na análise sensorial mostraram elevados níveis de aceitação para FRC entre 5 e 10%. Dessa forma, este subproduto pode substituir parcialmente a farinha de trigo no pão em até 10%, aumentando o seu valor nutritivo, em termos de fibras, sendo classificado como alimento fonte de fibra, além de promover o reuso destes resíduos e contribuindo para a redução da contaminação ambiental.

**Palavras-chave:** Propriedades tecnológicas e reológicas, atividade citotóxica, qualidade do pão, análise sensorial

## ABSTRACT

Brazil is the third largest producer of fruits, standing as one of the leading producers and exporters due, above all, the variety available. One of these fruits is the red mombin fruit, which by its pleasant aroma and taste is very appreciated in the Brazilian Northeast, contributing to an increase in consumption of the fruit raw or processed into various products. However, the fruit processing generates large amounts of so-called agro-industrial waste. Several authors have reported the use of such waste to enrich foods that contribute to changes in nutritional, technological and rheological properties of finished products. The breads are an important vehicle for implementing the waste, due to broad consumer acceptance. The objective of this study was to determine the chemical composition, physico-chemical and technological properties and the cytotoxic effect of flour obtained from waste (bark) of red mombin fruit pulp processing, and to evaluate its application as an ingredient in the preparation of bread through sensory analysis. The results of the chemical composition of red mombin fruit residue flour (RMFRF) show a high content of carbohydrates, dietary fiber and ash. Regarding the technological properties, the RMFRF has significant water and oil retention capacity and swelling when compared to other studies. Furthermore, determination of the toxic activity testified low toxicity in the concentrations of CRF 2000 mg kg<sup>-1</sup> and 50 µg mL<sup>-1</sup>, respectively, for the in vivo and in vitro tests. Application of RMFRF in bread as a substitute for wheat flour from 10% resulted in alterations in quality of bread in terms of volume and specific volume, giving greater stiffness and less elasticity and cohesion of its core. However, the results obtained in the sensorial analysis showed high levels of acceptance for RMFRF up to 10%. Thus, this by-product can partly replace wheat flour in bread by up to 10%, increasing its nutritional value, in terms of fiber and mineral content and promote the reuse of this waste and contributing to the reduction of environmental pollution.

**Key Words:** Technological and rheological properties, cytotoxic activity, quality of bread, sensory analysis

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> - Ciriguela ( <i>Spondias purpurea</i> L.) .....	20
<b>Figura 2</b> - Frutas, mesocarpo, endocarpo de <i>Spondias purpúrea</i> L. ....	22
<b>ARTIGO 1</b>	
<b>Figura 1</b> - Etapas de preparação da farinha dos resíduos de ciriguela.....	48
<b>Figura 2</b> - Ratos ( <i>Rattus norvegicus</i> ) linhagem <i>Wistar</i> . ....	52
<b>Figura 3</b> – Administração da farinha de resíduo de ciriguela aos animais por gavagem .....	52
<b>Figura 4</b> – Acompanhamento dos ratos após administração da farinha de resíduo de ciriguela.....	53
<b>ARTIGO 2</b>	
<b>Fluxograma 1</b> – Elaboração dos pães de forma .....	80
<b>Figura 2</b> - Análise do perfil de textura dos pães .....	83
<b>Figura 3</b> - Perfil sociodemográfico dos consumidores .....	86
<b>Figura 4</b> - Avaliação de intenção de compra dos pães de forma formulados com farinha de resíduo de ciriguela (FRC) .....	89
<b>Figura 5</b> - Amostras dos pães de forma formulados com substituição parcial de farinha de resíduo de ciriguela (FRC) em 5, 10 e 15% .....	98

## LISTAS DE TABELAS

### ARTIGO 1

<b>Tabela 1</b> - Caracterização físico-química da farinha do resíduo de ciriguela .....	55
<b>Tabela 2</b> – Intumescimento, capacidade de retenção água (CRA) e de óleo (CRO) intumescimento da farinha de resíduo de ciriguela .....	57
<b>Tabela 3</b> – Análise farinográfica das farinhas padrão e de resíduo de ciriguela .....	60
<b>Tabela 4</b> - Classificação da qualidade da farinha segundo a interpretação dos parâmetros obtidos pela farinografia .....	60
<b>Tabela 5</b> - Especificação de farinhas para categorias de produtos .....	61
<b>Tabela 6</b> – Análise alveográfica das farinhas padrão e de resíduo de ciriguela (FRC) .....	64
<b>Tabela 7</b> – Avaliação da atividade citotóxica <i>in vitro</i> de farinha de resíduo de ciriguela (FRC) na concentração de 50 µg mL <sup>-1</sup> .....	65
<b>Tabela 8</b> – Efeito da administração oral do resíduo de <i>Spondias purpurea</i> L. no consumo de ração e água, evolução ponderal e peso dos órgãos por ratos <i>Wistar</i> machos e fêmeas, durante 14 dias .....	67
<b>Tabela 9</b> – Contagem de microrganismos na farinha do resíduo de ciriguela.....	69

## LISTAS DE TABELAS

### ARTIGO 2

<b>Tabela 1</b> – Formulação dos pães com substituição parcial do trigo por farinha de resíduo de ciriguela.....	79
<b>Tabela 2</b> – Valores das médias do teste de aceitação para os pães com 5, 10 e 15% de farinha de resíduo de ciriguela (FRC) .....	87
<b>Tabela 3</b> – Somatório dos valores do teste de ordenação por preferência para os 72 julgadores dos pães elaborados com farinha de resíduo de ciriguela (FRC) .....	89
<b>Tabela 4</b> - Composição nutricional dos pães de forma tradicional e formulado com 10% de farinha de resíduo de ciriguela (FRC).....	90
<b>Tabela 5</b> - Parâmetros físicos dos pães de forma com 100% farinha de trigo e com substituição parcial de farinha de resíduo de ciriguela (FRC).....	93
<b>Tabela 6</b> - Parâmetros de textura dos pães de forma tradicional e com substituição de 10% de farinha de resíduo de ciriguela (FRC) .....	95
<b>Tabela 7</b> - Parâmetros de cor dos pães de forma tradicional e com substituição de 10% de farinha de resíduo de ciriguela (FRC) .....	97

## LISTAS DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS

ABIP – Associação Brasileira da Indústria de Panificação

ABITRIGO - Associação Brasileira das Indústrias de Trigo

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas

AESA - *Agence Européenne de la Sécurité Aérienne*

ANVISA – Agência Nacional de Vigilância Sanitária

EU – *Unión Europea*

EUA – *United States of America*

FAO - Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação

FDA – *Food and Drug Administration*

FDS - Fibra dietética solúvel

HPLC – Cromatografia Líquida de Alta Eficiência

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IPEA - Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada

ITPC - Instituto Tecnológico de Panificação e Confeitaria

MAPA - Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento

MMT - milhões de toneladas métricas

NBR - Norma Brasileira

OECD - *Organisation for Economic Co-operation and Development*

TOA - Toxicidade Oral Aguda

TPA – *Texture Profile Analysis*

UHT – *Ultra high temperature*

USDA - *United States Department of Agriculture*

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	15
<b>2. PROBLEMA DE PESQUISA E HIPÓTESE</b> .....	18
<b>3. REVISÃO DA LITERATURA</b> .....	19
3.1 Ciriguela ( <i>Spondias purpurea</i> L.) .....	19
3.2 Resíduos agroindustriais .....	22
3.3 Fibra dietética .....	25
3.4 Efeito citotóxico .....	27
3.5 Propriedades tecnológicas .....	29
3.6 Pães e similares .....	31
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	37
ARTIGO 1	
<b>RESUMO</b> .....	44
<b>ABSTRACT</b> .....	45
<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	46
<b>2. MATERIAIS E MÉTODOS</b> .....	47
2.1 Elaboração da farinha de resíduo de ciriguela .....	47
2.2 Elaboração da farinha mista.....	48
2.3 Ensaio físico-químicos .....	
2.4 Ensaio para avaliação das propriedades tecnológicas .....	49
2.5 Ensaio para avaliação do efeito citotóxico .....	50
2.6 Análise microbiológica .....	53
2.7 Análise estatística .....	54
<b>3. RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	54
<b>4. CONCLUSÃO</b> .....	69
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	70

ARTIGO 2

<b>RESUMO</b> .....	75
<b>ABSTRACT</b> .....	76
<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	77
<b>2. MATERIAIS E MÉTODOS</b> .....	78
2.1 Materiais .....	79
2.2 Elaboração dos pães .....	80
2.3 Análise sensorial .....	82
2.4 Análises físicas .....	84
2.5 Ensaio físico-químico .....	84
2.6 Análise estatística .....	85
<b>3. RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	85
<b>4. CONCLUSÃO</b> .....	99
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	100
<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	103
<b>APÊNDICES</b>	
<b>ANEXOS</b>	



## INTRODUÇÃO

O Agronegócio no Brasil é uma importante atividade econômica, sendo um dos setores mais estratégicos para a consolidação do programa de estabilização da economia. O conjunto de suas atividades (insumos, agricultura, agroindústria e distribuição) é responsável, em média, por 15,74% do PIB nacional, com tendência de crescimento até 2021, segundo projeção do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento - MAPA (CEVA-ANTUNES et al., 2006; BRASIL, 2010; IPEA, 2012).

No mercado internacional de alimentos, o Brasil é um dos principais fornecedores, sendo o terceiro maior produtor mundial de frutas, atrás apenas da China e da Índia, com uma colheita em torno de 41 milhões de toneladas ao ano. E, no que diz respeito aos frutos tropicais frescos, não é diferente, o país também vem ocupando lugar de destaque, devido, dentre outras razões, à grande variedade de espécies frutíferas disponíveis (FAO, 2015; ANUÁRIO BRASILEIRO DA FRUTICULTURA, 2015).

A fruticultura está presente em todos os estados brasileiros e, como atividade econômica, envolve mais de cinco milhões de pessoas que trabalham de forma direta e indireta no setor. A maior proporção em área plantada, em média de 2.000.000 ha, é destinada ao cultivo de frutas tropicais (ANUÁRIO BRASILEIRO DA FRUTICULTURA, 2015).

Um destes frutos tropicais é a *Spondias purpurea* L., a ciriguela, pertencente à família *Anacardiaceae*. A cirigueleira, planta originária do México e América Central, é uma árvore caducifólia de 3 a 6 m de altura, que se adaptou ao clima tropical do Nordeste brasileiro. Seu fruto, a ciriguela, tem em média de 15 a 20 g, é do tipo drupa, e além de boa aparência, possui aroma e sabor agradáveis. Quanto à qualidade nutritiva, esse vegetal é rico em carboidratos, provitamina A, vitaminas do complexo B e C, ferro, cálcio e fósforo (BRASIL, 2002; CEVA-ANTUNES et al., 2006; NEPA/UNICAMP, 2011).

Por sua excelente qualidade organoléptica e seu rendimento de polpa (em torno de 50%), a ciriguela é muito apreciada no Nordeste brasileiro, refletido pelo contínuo aumento do consumo do fruto *in natura* ou processado na forma de diversos produtos, tais como polpa, sucos, sorvetes, licores, vinho,

geleias, compotas e refrigerantes, o que tem proporcionado crescente interesse para seu cultivo comercial (BRASIL, 2002; ENGELS et al., 2012).

Entretanto, o processamento de industrialização dos frutos gera grandes quantidades de “bagaço” ou tecnicamente chamado de “resíduo agroindustrial”. Em média, de 30 a 40% do são de cascas, caroços ou sementes. Estimativas apontam que para atender a demanda global são gerados em torno de 800 mil toneladas de resíduos oriundos de vegetais a cada ano, sem ainda considerar perdas e desperdícios pelas etapas de processamento (AYALA-ZAVALA et al., 2011).

Embora já sejam conhecidas diversas propriedades da ciriguela, são imprescindíveis mais estudos sobre os resíduos deste fruto para seu aproveitamento, uma vez que segundo demonstrado por Omena et al. (2012), este subproduto apresenta teores relevantes de fitoquímicos bioativos e um forte potencial antioxidante. Tais características fazem do resíduo de ciriguela uma fonte promissora de antioxidantes naturais a serem utilizados na elaboração de produtos alimentícios, como biscoitos, massas e pães, entre outros ou para extração de antioxidantes naturais.

A intensificação das pesquisas sobre o reaproveitamento desses subprodutos tem tomado tamanha proporção que em 2015 a *Food Research International* gerou uma publicação exclusivamente dedicada ao tema. Entretanto, segundo o editorial, embora diversas vantagens estejam associadas a estes resíduos, ainda é preciso determinar se eles podem realmente ser incorporados em diferentes matrizes alimentares, resolvendo aspectos tecnológicos e sensoriais.

Esta edição especial, volume 73 da revista, contempla 27 artigos relacionados a subprodutos de origem animal e vegetal, sendo um dos aspectos mais explorados os novos procedimentos para seu beneficiamento, a fim de valorizá-los. Outro ponto em destaque no volume é a aplicação de alguns destes subprodutos em novos alimentos funcionais: bagaço de cerveja, casca de cebola ou de manga como ingredientes em produtos de panificação com melhores propriedades nutricionais (GAWLIK-DZIKI et al., 2015; KTENIOUDAKI et al., 2015.; RAMIREZ-MAGANDA et al., 2015); cascas de semente de feijão-de-lima como fonte de compostos bioativos (CHI et al., 2015) e a utilização do resíduo do fruto tropical camu-camu (*Myrciaria dubia*) como

ingrediente com efeitos neuroprotetores testados em *Caenorhabditis elegans* (AZEVEDO et al., 2015).

Entretanto, para a aplicação dos resíduos agroindustriais em produtos alimentícios é necessária a avaliação desses produtos por meio de métodos sensoriais, uma vez que os estudos têm demonstrado que os consumidores consideram as características sensoriais dos alimentos fatores mais importantes na escolha dos produtos (VIDIGAL et al., 2011).

Segundo Ayala-Zavala et al. (2011), subprodutos de frutas representam uma fonte potencial de ingredientes alimentares naturais, entretanto, vários estudos sobre o tema ainda devem ser realizados, como a análise toxicológica de extratos bioativos, estudos sobre o metabolismo de compostos bioativos e sua biodisponibilidade e os aspectos sensoriais e nutricionais dos produtos alimentícios adicionados com compostos bioativos. Vale salientar ainda que alguns produtos naturais de plantas podem trazer efeitos prejudiciais à saúde, a chamada toxicidade. Dessa forma, a determinação de possíveis efeitos tóxicos é necessária (OKE; ASLIM, 2010).

Diante do exposto, este trabalho teve como objetivos avaliar as propriedades químicas, físico-químicas, tecnológicas e a toxicidade da farinha do resíduo (casca) de ciriguela e verificar sua aplicabilidade no desenvolvimento de pães de forma com substituição parcial por meio de análise sensorial e reológica.

## **PROBLEMA DE PESQUISA E HIPÓTESE**

### **PROBLEMA**

Até que ponto a farinha de resíduo de ciriguela apresenta propriedades físico-químicas, tecnológicas, nutricionais, sensoriais e ausência de citotoxicidade para aplicação no enriquecimento de pão de forma.

### **HIPÓTESE**

Que a farinha de resíduo de ciriguela contribua com as propriedades tecnológicas, nutricionais e sensoriais na elaboração de pão de forma.

## REVISÃO DA LITERATURA

### 3.1 Ciriguela (*Spondias purpurea* L.)

O Brasil é um dos maiores produtores mundiais de frutas, responsável por 5,3% do volume colhido, atrás apenas da China e da Índia, com uma colheita em torno de 41 milhões de toneladas ao ano, consagrando-se um dos principais produtores e o segundo maior exportador agrícola mundial (FAO, 2015; ANUÁRIO BRASILEIRO DA FRUTICULTURA, 2015).

Segundo dados da *Food and Agriculture Organization of The United Nations* - FAO e *Organisation for Economic Co-operation and Development* - OECD (2015), a produção mundial de frutas gira em torno de 609 milhões de toneladas e o Brasil é responsável somente por 5,7% do volume colhido. As frutas tropicais tais como manga, abacaxi, abacate e banana, também representam uma importante fatia deste mercado. Essas variedades de frutas são absorvidas principalmente pelo mercado interno e contribuem significativamente para as necessidades nutricionais das populações rurais e urbanas (FAO, 2015).

A fruticultura está presente em todos os estados brasileiros e, como atividade econômica, envolve mais de cinco milhões de pessoas que trabalham de forma direta e indireta no setor. Segundo dados do Anuário Brasileiro de Fruticultura (2015), atualmente, este setor ocupa uma área de 2 milhões de hectares, movimentando valores brutos superiores a R\$ 23 bilhões.

Um desses frutos é a *Spondias purpurea* L. pertencente à família Anacardiaceae. A ciriguela, originária do Sul do México e América Central, é uma árvore caducifolia de 3 a 6 m de altura, que se adaptou ao clima tropical do Nordeste brasileiro, principalmente no cerrado e na caatinga. A ciriguela (Figura 1) apresenta peso de 15 a 20 g, é do tipo drupa, tem boa aparência e muito saborosa. Com formato ovalado, seu comprimento varia entre 3 e 5 cm, aproximadamente, 3 cm de diâmetro (Figura 2). É uma fruta de sabor doce azedo, que apresenta uma película fina, verde, amarela ou vermelha, dependendo do estágio de maturação. Desenvolve-se isoladamente ou em forma de cachos (BRASIL, 2002; ENGELS et al., 2012; SOCIEDADE BRASILEIRA DE FRUTICULTURA, 2015).

**Figura 1** - Ciriguela (*Spondias purpurea* L.)



Fonte: [www.alternativarural.com.br](http://www.alternativarural.com.br)

A ciriguela também é conhecida como cajá vermelho, cajá roxo, ciruela, seriguela, ameixa espanhola, ameixa mexicana e jocote. Por sua excelente qualidade organoléptica e rendimento de polpa em torno de 50%, a ciriguela é muito apreciada no Nordeste brasileiro para o consumo como fruta fresca ou processada, sob a forma de diversos produtos (sucos, sorvetes, licores, vinho, geleias, compotas e refrigerantes), normalmente disponibilizados no mercado, o que tem proporcionado crescente interesse para seu cultivo comercial (ENGELS et al., 2012; SOLORZANO-MORÁN et al., 2015).

**Figura 2** - Frutas, mesocarpo, endocarpo de *Spondias purpurea* L.



Fonte: MALDONADO-ASTUDILLO et al. (2014).

Quanto à qualidade nutritiva, é fonte de carboidratos, pró-vitamina A, vitaminas do complexo B e C, ferro, cálcio e fósforo. Seus valores nutricionais envolvem, a cada 100 gramas de ciriguela, 78,7 % de água, 76 quilocalorias, 1,4 gramas de proteínas, 18,9 gramas de carboidratos, 3,9 gramas de fibra alimentar, 0,4 gramas de lipídeos, 27 miligramas de cálcio, 49 miligramas de fósforo, 0,4 miligramas de ferro, além das vitaminas e outros compostos. (NEPA/UNICAMP, 2011; SOCIEDADE BRASILEIRA DE FRUTICULTURA, 2015).

Segundo Richards et al. (2014), entretanto, o conteúdo de nutrientes e calóricos destes frutos e suas cascas pode ser subestimado pela literatura existente, uma vez que a utilização de extração líquido pressurizado quando foi utilizada conseguiu valores de sólidos solúveis totais de cascas de *Spondias purpurea* L. em 65,1%.

Quanto ao teor de compostos fenólicos e atividade antioxidante, vitamina C e antocianinas, um estudo realizado com frutas exóticas produzidas e consumidas no Nordeste do Brasil, concluiu que este fruto apresentou níveis consideráveis de compostos fenólicos ( $55.0 \pm 2.1$  mg de ácido gálico  $100 \text{ g}^{-1}$ ), moderado teor de ácido ascórbico ( $29.6 \pm 0.9$  mg AA  $100 \text{ g}^{-1}$ ), além de antocianinas ( $1.35 \pm 0.04$  mg  $100 \text{ g}^{-1}$ ) e boa capacidade antioxidante -  $93.78 \pm 0.60$  mg  $100 \text{ g}^{-1}$  pelo ABTS e  $47.21 \pm 5.95$  mg  $100 \text{ g}^{-1}$  por DPPH (ALMEIDA et al., 2011).

Além da polpa, segundo Omena et al. (2012), seu resíduo agroindustrial (casca e sementes) também apresenta teores relevantes de fitoquímicos bioativos e forte potencial antioxidante, além do elevado conteúdo de fibra alimentar. Estas características fazem do subproduto da ciriguela uma fonte promissora com perspectivas de utilização em produtos alimentícios, como biscoitos, massas e pães, entre outros, ou ainda para extração de antioxidantes naturais. Corroborando, Engels et al. (2012), em seu estudo sobre a composição fenólica de amostras de casca de ciriguela por CLAE acoplada à espectrometria de massa, puderam detectar e caracterizar 21 compostos fenólicos evidenciando sua importância dada a crescente evidência dos efeitos benéficos de compostos fenólicos à saúde humana.

### 3.2 Resíduos agroindustriais

A produção, o comércio e o consumo de frutos tropicais exóticos aumentaram significativamente nos mercados doméstico e internacional devido, dentre outros fatores, às suas propriedades sensoriais atraentes e um crescente reconhecimento de seu valor nutricional e terapêutico (AYALA-ZAVALA et al., 2011; FAO, 2015).

O processamento industrial de frutas produz, ao longo de sua cadeia produtiva em todo mundo, milhões de toneladas de resíduos agroindustriais. Esse produto gerado, em torno de 30 a 40% do peso total, é constituído de cascas, caroços ou sementes e bagaço e representam uma importante fonte de contaminação ambiental (AYALA-ZAVALA et al., 2011; SILVA E LIMA; MELEIRO, 2012; BAIANO, 2014).

A produção brasileira de frutos citros, por exemplo, aumentou nos últimos 40 anos, de 40 para 260 milhões de caixas, colocando o Brasil em primeiro lugar na exportação de suco de laranja concentrado, com uma participação de 71% do mercado internacional. O grande problema, neste caso, é o rápido acúmulo de resíduos sólidos (cascas, sementes, polpas) e líquidos (água amarela) rico em matéria orgânica, tornando-se um agente poluidor de alto potencial (ANUÁRIO BRASILEIRO DA FRUTICULTURA, 2015).

Por outro lado, também nestes resíduos podem ser encontradas substâncias muito valiosas, tais como pigmentos, açúcares, ácidos orgânicos, aromas e substâncias antibacterianas ou antifúngicas, além de compostos bioativos tais como vitaminas, minerais, antioxidantes polifenólicos e fibras alimentares, vitamina C e carotenóides, de grande importância para as funções fisiológicas, que são encontrados em maior concentração nas cascas e sementes. Dessa forma, o descarte destes subprodutos se consolida como perda econômica real, uma vez que podem gerar receitas ou reduzir custos nas indústrias de processamento de alimentos (SÁNCHEZ-ZAPATA et al., 2011; CLERICI; CARVALHO-SILVA, 2011; AYALA-ZAVALA et al., 2011; BAIANO, 2014).

Alguns destes produtos foram reconhecidos por várias organizações internacionais, *Food and Drug Administration* - FDA e a *Agence Européenne de la Sécurité Aérienne* – AESA, por estarem associados a uma grande



diversidade de benefícios à saúde, contribuindo para a prevenção de algumas doenças cardiovasculares, alguns tipos de câncer, sobretudo o de cólon-retal, e diabetes tipo II, entre outras (VIUDA-MARTOS et al., 2010; AYALA-ZAVALA et al., 2011; BAIANO, 2014).

Também por esse motivo, instituições públicas vêm apoiando indústrias de alimentos na implementação de novas tecnologias para recuperar ingredientes valiosos desses resíduos, corroborando com a Política Nacional de Resíduos Sólidos no país, instituída por meio da Lei no 12.305, de agosto de 2010 (BRASIL, 2010; CLERICI; CARVALHO-SILVA, 2011; BAIANO, 2014).

O reaproveitamento de resíduos gerados pela agroindústria tem sido alvo de vários estudos, o que contribui para o acúmulo de informações sobre o seu grande potencial. Assim, vários autores têm relatado que a utilização desses resíduos para enriquecimento de alimentos, sobretudo sob a forma de farinhas, pode favorecer as modificações nas propriedades químicas, físico-químicas, tecnológicas, reológicas, nutricionais e sensoriais dos produtos elaborados (SUN-WATERHOUSE et al., 2010; VERNAZA et al., 2011; OMENA et al., 2012; MILDNER-SZKUDLARZ et al., 2013; LÓPEZ-VARGAS et al., 2013; JOSHI et al., 2015). Entretanto, de acordo com Sánchez-Zapata et al. (2011), a conversão dos resíduos em produtos comerciais pode estar condicionada à disponibilidade de uma tecnologia adequada, seja para utilização como matéria-prima para processos secundários ou como ingrediente para novos produtos.

Segundo Foschia et al. (2013), as frutas e seus resíduos podem conferir ação gelificante, espessante e como água de ligação. Estas propriedades são vantajosas e podem ser aplicadas em uma ampla variedade de produtos, como panificação, produtos cárneos, *snacks* e bebidas para diabéticos.

Conforme Ayala-Zavala et al. (2011), do ponto de vista econômico, o processamento de culturas tropicais pode ser ainda mais rentável, uma vez que a criação de novos produtos obtidos dos resíduos possibilitará à indústria a utilização integral das frutas com menor desperdício e aumento da rentabilidade. Nesta perspectiva, a exploração integral de todo o tecido da planta pode trazer benefícios dos mais diversos pontos de vista: os econômicos, para os produtores/ industrializadores de alimentos; ambientais, pela adequada destinação dos resíduos; bem como aos consumidores, por

uma maior diversidade de produtos, sobretudo àqueles com apelo “dietético” e/ou “funcional” (AYALA-ZAVALA et al., 2011).

Segundo López-Vargas et al. (2013), a adição de fibras dietéticas obtidas de diferentes fontes de resíduos agroindustriais é possível em vários alimentos. Dentre os beneficiados encontram-se produtos à base de carne e de panificação, barras de cereais e laticínios.

Outro aspecto a se considerar é que o alto teor de compostos bioativos presentes em subprodutos de frutas exóticas pode ser usado como aditivo alimentício natural. Tal abordagem é muito positiva, uma vez que satisfaz as exigências dos consumidores por produtos menos processados e artificiais (AYALA-ZAVALA et al., 2011).

Falando em bioativos, não podemos deixar de citar a importância da capacidade antioxidante. Ela está relacionada ao conteúdo antioxidante e à qualidade de um alimento funcional e se constitui a atividade biológica que é, na sua maior parte, responsável para o efeito preventivo contra o dano oxidativo. Solorzano-Morán et al. (2015), em seu estudo sobre o teor de compostos funcionais presentes na polpa e na casca das várias cultivares de ciriguela, concluiu que esta atividade antioxidante era sempre mais elevada no epicarpo (casca) do que na polpa. Assim, a contribuição da fruta *Spondias purpurea* L. para a dieta, em termos de capacidade antioxidante, é maior do que para outros frutos, especialmente quando o consumidor ingere não somente a polpa, mas também sua casca. Este resultado reforça a importância do reaproveitamento deste resíduo como importante fonte de compostos nutricionalmente ativos.

Assim, para acompanhar as novas tendências da população na promoção de hábitos alimentares saudáveis, tem sido observado um aumento das pesquisas sobre resíduos agroindustriais e sua aplicação em novos produtos de alto valor nutricional e econômico agregado.

### **3.2.1 Política Nacional de Resíduos Sólidos no Brasil**

A pesquisa científica vem apontando desde a década de 1980 para o agravamento de problemas ambientais globais, e dentre eles, a geração de resíduos líquidos e sólidos.

As atividades da agricultura, bem como das suas agroindústrias associadas, geram impactos diversos no meio ambiente. O crescimento do setor agronegócio no Brasil, segundo dados do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada - IPEA (2012), está associado a maiores impactos ao meio ambiente, sobretudo por tratamento e destinação inadequados dados aos resíduos produzidos.

Entretanto, tais impactos podem ser minimizados e evitados com a implantação de sistemas de tratamento eficientes e adequados, ou até serem revertidos em benefícios para a propriedade ou estabelecimento comercial desde que haja o emprego de tecnologias adequadas.

A Lei no 12.305, de 2 de agosto de 2010, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos, é o marco de mudanças necessárias no cenário nacional de resíduos sólidos. Nesta resolução, Artigo 1º, tem-se como objetivo disciplinar os procedimentos de tratamento e disposição final de efluentes, de modo a minimizar os impactos ao meio ambiente e à saúde pública resultantes destas atividades (BRASIL, 2010).

De acordo com o IPEA (2012), diversas possibilidades para aplicação desses resíduos são sugeridas, como a produção de energia ou alternativas mais nobres, como a alimentação animal, alimentação humana, fertilização orgânica. O aproveitamento dos resíduos agroindustriais acompanha uma tendência de valorização crescente, visando à otimização dos recursos usados pela indústria, conforme apresentado pela Política Nacional de Resíduos sólidos no país. Reduzir, reciclar ou reaproveitar os resíduos gerados com o objetivo de recuperar matéria e energia objetivam, fundamentalmente, preservar os recursos naturais e evitar a degradação ambiental (BRASIL, 2010; IPEA, 2012).

### **3.3 Fibra dietética**

O termo fibra alimentar foi usado pela primeira vez em 1953 por Eben Hipsley em seu estudo para designar a fração não digerível que compõem a parede celular das plantas (HIPSLEY, 1953). A mais recente definição de fibra alimentar da União Europeia (UE) - descreve como polímeros de carboidratos com três ou mais unidades monoméricas, que não são digeridas nem absorvidas pelo intestino delgado do ser humano e pertencem às seguintes

categorias: polímeros de carboidratos comestíveis, que ocorrem naturalmente nos alimentos; polímeros de hidratos de carbono comestíveis, que foram obtidos a partir de matérias-primas alimentares por meios físicos, enzimáticos, ou meios químicos e que têm uma resposta fisiológica benéfica cientificamente demonstrada; e polímeros de hidratos de carbono sintéticos comestíveis (ELLEUCH et al., 2011; KTENIOUDAKI; GALLAGHER, 2012).

A uma alimentação rica nestes compostos, diversos benefícios à saúde têm sido associados, incluindo a redução dos níveis sanguíneos do colesterol e da glicose pós-prandial (no último caso, com diminuição da resposta insulínica), proteção contra doenças cardiovasculares, regulação da função intestinal (aumento do volume fecal, estímulo à fermentação colônica), promoção de saúde intestinal e proteção contra o câncer de cólon (ELLEUCH et al., 2011; KTENIOUDAKI; GALLAGHER, 2012; FOSCHIA et al., 2013).

Nos alimentos, as fibras dietéticas podem oferecer diversas propriedades tecnológicas, por exemplo, o aumento da capacidade de retenção de água, da viscosidade e da capacidade de retenção de óleo, do poder emulsificante e / ou a formação de gel, propriedades estas essenciais na formulação de certos produtos alimentícios (ELLEUCH et al., 2011; VERNAZA et al., 2011; FOSCHIA et al., 2013).

Resíduos agroindustriais são ricos em fibra dietética (FD), e neste sentido, a incorporação desses subprodutos em alimentos industrializados pode contribuir para as características reológicas, tecnológicas, nutricionais, sensoriais, bem como a vida de prateleira de seus produtos (ELLEUCH et al. 2011; SHARMA et al., 2013). A literatura oferece diversos relatos sobre adição de fibras para produtos alimentícios como pães, bebidas, produtos de confeitaria, leite, laticínios congelados, carnes, massas e sopas, resultando em alimentos saudáveis, com baixo teor calórico, de colesterol e gordura (ROBERTSON et al., 2000; FOSCHIA et al., 2013).

López-Vargas et al. (2013) também apontaram que a utilização de resíduos agroindustriais como fonte de fibra alimentar é possível para uma gama de alimentos, incluindo produtos à base de carne, barras de cereais, produtos de padaria e produtos lácteos.

Em pães, segundo Elleuch et al. (2011), alguns estudos demonstram que a adição de fibra dietética pode modificar volume, elasticidade, a maciez

do miolo do pão e a firmeza. Como regra geral, a incorporação de fibras no pão reduz o volume e aumenta a firmeza, a depender da fonte de fibra aplicada. Entretanto, outro estudo citado pelo autor sobre pães elaborados sem glúten, a adição de fibra dietética a partir do milho e aveia permitiu maior volume do pão e maciez do miolo quando comparado ao controle (pão sem glúten e sem fibra), melhorando a sua aceitabilidade.

Quanto ao aspecto sensorial, Elleuch et al. (2011) relataram que pães enriquecidos com inulina tiveram melhor avaliação em testes sensoriais. Corroborando com este estudo, Ayala-Zavala et al. (2011) também encontraram resultados positivos quando este hidrocolóide bioativo foi aplicado. O painel de consumidores relatou o produto como aceitável.

Outro aspecto relacionado à incorporação de fibras em produtos de padaria está associado ao prolongamento do frescor, atribuído à capacidade de retenção de água, o que resulta em menores perdas econômicas e, ao mesmo tempo, melhora na sua digestibilidade, características estas muito desejáveis para indústria e consumidores (ROBERTSON et al., 2000).

Assim sendo, a utilização de resíduos de vegetais para enriquecimento de alimentos parece promissora, uma vez que estes materiais, em geral, são fonte de fibras dietéticas, sobretudo as solúveis (FDS) (ELLEUCH et al., 2011).

### **3.4 Efeito citotóxico**

O alimento pode ser considerado como uma mistura química variável e extremamente complexa, que consiste em milhares de produtos químicos (nutrientes de baixo peso molecular, produtos químicos, metabólitos de plantas). Alguns produtos naturais têm sido estudados por suas propriedades, e embora sejam apontados vários benefícios advindos de subprodutos de plantas, é possível que alguma das substâncias que o compõem apresente efeitos prejudiciais à saúde (DYBING et al., 2002; AYALA-ZAVALA et al., 2011; OMENA et al., 2012).

Para assegurar o uso de produtos naturais, sobretudo para aplicação em alimentos, é importante submetê-los a testes pré-clínicos de eficácia e segurança *in vivo* ou *in vitro* por métodos recomendados pela legislação. De acordo com a ANVISA, a Resolução RDC nº 17, de 30 de abril de 1999, que estabelece as diretrizes básicas para a avaliação de risco e segurança dos

alimentos, a realização de ensaios nutricionais e ou fisiológicos e ou toxicológicos em animais de experimentação é uma das evidências científicas aplicáveis à comprovação de segurança de uso de alimentos ou ingredientes (BRASIL, 1999; BRASIL, 2005).

A toxicidade aguda é habitualmente definida como a(s) alteração (ões) adversa(s) que ocorre(m) imediatamente ou em um curto período de tempo após uma única exposição a uma(s) substância(s) ou efeitos adversos ocorridos dentro de um curto período de tempo após administração de um de uma dose única de uma substância ou de várias doses dada no prazo de 24 horas. O estudo de toxicidade oral aguda (TOA) é o mais frequentemente usado para relacionar a letalidade e a determinações de DL50. Esta última é definida como a dose que, quando submetida ao estudo TOA, provoca a morte de 50% dos animais tratados. O valor da DL50 (precisa ou aproximada) é atualmente a base para a classificação toxicológica dos produtos químicos e, portanto, exigido pelas autoridades governamentais em diferentes situações (WALUM, 1998).

A segurança relacionada a novos produtos e ingredientes ganha destaque, sobretudo com determinações de toxicidade em produtos tidos como funcionais, uma vez que estes produtos podem ser ingeridos pelo consumidor em quantidade significativa, além do fato de apresentar certas alegações nutricionais (DYBING et al., 2002).

Extratos etanólicos de frutas tropicais foram estudados por Oke e Aslim (2010) e, embora não tenha sido observada toxicidade para os extratos de ciriguela (semente e casca), esses autores recomendam a realização de mais estudos, sobretudo porque não existem outras pesquisas que relatem sobre o efeito citotóxico *in vitro* (em células saudáveis ou tumorais humanas) ou *in vivo* (em animais de laboratório) a partir da farinha do resíduo de ciriguela (*Spondias purpurea* L.) por meio de outras técnicas.

### **3.5 Propriedades tecnológicas**

O estudo dos parâmetros tecnológicos de farinhas de resíduos é indispensável para sua aplicação em produtos alimentícios, uma vez que a literatura tem relatado vários efeitos prejudiciais sobre manipulação de massa e

de qualidade do pão associada à troca de farinha, sobretudo por aquelas que apresentam alto teor de fibra dietética (JOSHI et al., 2015).

Dentre as propriedades tecnológicas mais estudadas está a capacidade de retenção de água (CRA), que pode ser definida como a habilidade de um material reter água quando submetida a uma força centrífuga externa ou força de compressão. Altos valores de CRA podem promover leveza aos produtos alimentícios em que elas foram adicionadas, além de retardar o envelhecimento favorecendo ao frescor (ELLEUCH et al., 2011; VIUDA - MARTOS et al., 2012).

É uma propriedade diretamente relacionada ao conteúdo de fibra dietética (FD). As fibras afetam a CRA dependendo do tipo de processamento sofrido para sua obtenção: (1) a lavagem promove o aumento da CRA provavelmente pela remoção de açúcares; (2) o tamanho, a redução das partículas de fibras dietéticas tem sido associada com uma menor CRA, entretanto também se acredita que a redução do tamanho de partícula exponha maior área de superfície, proporcionando maior ligação com a água; e (3) sua composição química e estrutura física, pois as fibras solúveis, tais como a pectina e gomas, em geral possuem uma maior CRA do que as celulósicas (ELLEUCH et al., 2011).

A capacidade de retenção de óleo (CRO) é também relacionada com a estrutura química dos polissacarídeos de plantas e depende das propriedades de superfície, densidade da carga total, espessura e a natureza hidrófoba das partículas de fibra; também está relacionado com (1) o teor de fibra dietética insolúvel (FDI), (2) e tamanho de partícula, (3) secagem. Quanto menor for o tamanho da partícula, maior a capacidade de retenção de óleo porque as partículas menores têm relativamente maiores áreas de superfície e, portanto, teoricamente, seria capaz de reter mais óleo. Em relação à secagem, em geral, a desidratação promove uma redução da capacidade de retenção de óleo (CRO) das fibras em comparação com a fibra "in natura" (ELLEUCH et al., 2011; VIUDA – MARTOS et al., 2012).

A reologia desempenha um papel importante na panificação. A adição de farinhas sucedâneas pode afetar as propriedades reológicas e o processamento de massa (VERNAZA et al., 2011; NINDJIN; AMANI; SINDIC, 2011). Estes efeitos serão determinados pelo tipo e pelas propriedades das

fibras que as compõem, bem como seu nível de adição (KTENIOUDAKI; GALLAGHER, 2012). Conforme Cauvain e Young (2015) são utilizados três métodos de testes básicos, com base no farinógrafo, no extensógrafo e no alveógrafo.

O farinógrafo traz a medida de absorção de água da massa, mas também é útil para medir as características de mistura da farinha, oferecendo dados sobre o desempenho da farinha na panificação, como o tempo de desenvolvimento da massa, sua estabilidade e grau de amolecimento. A técnica com o uso do alveógrafo consiste no preparo da massa com quantidades predeterminadas de água e sal, sendo que após um período de descanso, a massa é inflada, enquanto é registrada a pressão exercida sobre ela ao longo do tempo. As características da massa podem ser avaliadas pelas áreas e formatos das curvas obtidas nos gráficos de ambos os testes (KTENIOUDAKI; GALLAGHER, 2012; OHIMAIN, 2015; CAUVAIN; YOUNG, 2015).

Conforme Almeida, Chang e Steel (2010), parâmetros farinográficos são alterados drasticamente pela adição de sucedâneas, sugerindo que sua incorporação em panificáveis promove modificações na formação da massa (mistura). Outro estudo dos mesmos autores, Almeida, Chang e Steel (2013), que avaliaram a influência da adição de fibra dietética sobre os parâmetros de panificação e características de qualidade do pão, mostrou que as alterações dependem do tipo e da quantidade da fonte de fibra dietética utilizada; e conclui que a utilização das fibras nestes produtos, isoladamente ou combinadas, devem ser manipuladas a fim de obter as propriedades desejadas, tais como o aumento do conteúdo de fibra dietética, a manutenção do frescor durante o período de vida útil, ou alterações nos parâmetros do processo, como o tempo de mistura.

Entretanto, apesar da associação feita entre as propriedades reológicas e desempenho de cozimento, muitos outros parâmetros como componentes químicos das farinhas e da qualidade de suas proteínas também podem interferir neste processo (STOJCESKA; BUTLER, 2012).



### 3.6 Pães e similares

O pão é um dos produtos alimentícios à base de trigo mais populares. É obtido como resultado da massa cozida composta basicamente por farinha de trigo, água, sal e fermento (biológico ou químico), sendo estes os componentes básicos para a sua produção. O mais difundido e conhecido no Brasil é o pão do tipo francês, muito utilizado e apreciado com o acompanhamento de diversos pratos e consumido nas mais variadas refeições (HO et al., 2013; ABIP, 2014).

Historicamente, o pão é um dos alimentos mais antigos, se não o mais antigo “processado”, sendo atualmente um dos alimentos mais consumidos pela humanidade. Relatos apontam suas primeiras aparições no Oriente Médio. Ao longo dos séculos, diversas variedades de pães foram desenvolvidas, utilizando o conhecimento acumulado, visando obter à melhor maneira de empregar as matérias-primas disponíveis. Tradicionalmente elaborado a partir do trigo, hoje diversos outros tipos de cereais e leguminosas e até legumes, podem ser moídos produzindo uma espécie de farinha, conhecidas como sucedâneas (CAUVAIN; YOUNG, 2015).

O nível de consumo de pão varia mundialmente e de região para região. Levantamento realizado pelo Instituto Tecnológico de Panificação e Confeitaria (ITPC) em parceria com a Associação Brasileira da Indústria de Panificação (ABIP), com mais de 1.200 empresas de todo o país, revelou o desempenho do setor de panificação em 2014. O índice de crescimento das empresas de Panificação e Confeitaria em 2014 foi de 8,02% com o faturamento atingindo R\$ 82,5 bilhões. Entre 2010 e 2014, o faturamento das empresas de Panificação e Confeitaria cresceu 46,5%, embora os custos tenham aumentado 48,5% no mesmo período. O consumo acompanha o crescimento do setor. No Brasil ele é de 33,5 kg ao ano por pessoa. Destes, 86% (30,5 kg) correspondem aos pães artesanais, dos quais 58% (aproximadamente 17,7 kg) é do tipo francês, e 14% (aproximadamente 4,6 kg) são pães industrializados.

Além do mais, esse crescimento no Brasil também pode ser justificado pela oferta de um *mix* de produtos mais amplo, o que torna o negócio mais competitivo. Associada a esta, outra tendência de consumo pode ser identificada, que aponta a influência das informações sobre saúde e nutrição

sobre os tipos de pães produzidos e consumidos, induzindo a alterações nas formulações, visando atender às necessidades dos consumidores mais exigentes (ABIP, 2014; CAUVAIN; YOUNG, 2015).

Vale ressaltar que o aumento do consumo de produtos integrais, por exemplo, é outro aspecto muito discutido nos últimos anos e que, sem dúvida, vem influenciando na mudança do hábito de consumo do pão branco em alguns países. A conscientização sobre a importância das fibras na alimentação é vista como positiva para a redução da obesidade e uma série de outros problemas de saúde, incluindo doenças cardíacas, algumas formas de câncer e diabetes tipo 2 (ELLEUCH et al., 2011; CAUVAIN; YOUNG, 2015;).

O tradicional “pão branco” é um produto pobre em alguns compostos essenciais. No entanto, a substituição parcial de farinha de trigo por outras de outros vegetais podem melhorar a qualidade nutricional do pão (por exemplo, fibras dietéticas e minerais essenciais). Grande parte dos trabalhos realizados com a substituição deste cereal visa aumentar a presença de compostos bioativos dos produtos de padaria. Além disso, tais substitutos contribuíram para o sabor e cor (HO et al., 2013).

Conforme FOSCHIA et al. (2013), a utilização de produtos de panificação, amplamente consumidos pela maioria dos indivíduos, tais como pães, entre outros, constituem-se veículos para a transmissão de elementos benéficos às populações. Hobbs et al. (2014) citam que o enriquecimento de pães é possível por vários componentes funcionais, tais como ácidos graxos ômega 3, as fibras solúveis, folato e ésteres de vegetais. Ainda segundo estes autores, este enriquecimento parece ser uma estratégia aceitável para aumentar a ingestão de vegetais.

Segundo a resolução RDC nº90/00 o pão de forma pode ser definido como produto obtido pela cocção da massa em formas, apresentando miolo elástico e homogêneo, com poros finos e casca fina e macia. Vários estudos recentes se utilizam deste produto para enriquecimento, sobretudo com farinhas sucedâneas (HO et al., 2013; HOBBS et al., 2014; DZIKI et al., 2014; ALVES; PERRONE, 2015; COELHO; SALAS-MELLADO, 2015; GAWLIK-DZIKI et al., 2015; KTENIOUDAKI et al., 2015; RAMIREZ-MAGANDA et al., 2015).

Segundo Ayala-Zavala et al. (2011), esses novos produtos representam uma classe de alimentos funcionais que não foram completamente explorados

e que também poderiam contribuir para diferentes benefícios para a saúde dos consumidores. A utilização de sucedâneos, entretanto, ainda se constitui um grande desafio, uma vez que a utilização de seus benefícios deve se dar em equilíbrio com a aceitabilidade e intenção de compra do consumidor por esses alimentos saudáveis (FOSCHIA et al., 2013; CAUVAIN; YOUNG, 2015).

A resolução RDC nº54/2012 da Agência Nacional de Vigilância Sanitária-ANVISA, regulamento que dispõe sobre informação nutricional complementar, determina que nos rótulos de produtos alimentícios possam conter a informação “alto conteúdo de fibras” ou “fonte de fibras” a depender da quantidade presente desses compostos. Conforme este regulamento, produtos são considerados com alto conteúdo de fibras quando apresentam, no mínimo, 6g de fibra alimentar total em 100g de produto ou 5g por porção. Para alimentos fonte desse nutriente, a legislação prevê, no mínimo, 3g/100g de produto ou 2,5g por porção.

Outro aspecto relevante envolve o trigo, o segundo cereal mais produzido no mundo, com significativo peso na economia agrícola mundial. Globalmente, o consumo interno de trigo aumentou uma média de 2 por cento a cada ano, passando de 697 milhões de toneladas em 2011/12 para 717 em 2015/2016, de acordo com o *United States Department of Agriculture - USDA*, e embora, com colheita mundial recorde de 947 milhões de toneladas métricas (MMT) em 2015/16, a conjuntura global tendencia seu aumento de preço (ABITRIGO, 2016).

No Brasil, a relação entre produção e consumo deste grão é sempre negativa, enquanto a produção foi de 5,4 milhões de toneladas, foram consumidos 10,8 milhões. Segundo dados recentes do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE, a estimativa da produção de trigo do País em 2015, após contabilizar o excesso de chuvas na região Sul (89,8% da produção nacional) houve uma redução de 13,4% frente ao ano anterior. A redução da área plantada em 2015 alcançou 12,7% frente a 2014, com a área colhida declinando 13,1% e o rendimento médio caindo 0,3% (IBGE, 2016; ABITRIGO, 2016). Ainda segundo a Associação Brasileira das Indústrias de Trigo - ABITRIGO (2016) é multifatorial o aumento do preço do grão, provocando uma consequência inexorável, o aumento do preço da farinha. Associado a esse

problema, temos a desvalorização da moeda brasileira, impactando ainda mais nos seus custos de importação.

Dessa forma, a indústria de panificação pode lançar mão de alternativas para a substituição da farinha de trigo, por outras farinhas denominadas sucedâneas, pois além de reduzir custos, a indústria pode ampliar *mix* de produtos ofertados ao consumidor, sobretudo pelo apelo nutricional saudável proposto pelos novos produtos (AYALA-ZAVALA et al., 2011; ELLEUCH et al., 2011; FOSCHIA et al., 2013; CAUVAIN; YOUNG, 2015).

### **3.6.1 Atributos de qualidade de pães**

#### **3.6.1.1 Métodos físicos**

As técnicas para avaliação da qualidade de pães baseiam-se em três grandes categorias: características externas, internas, textura e sensorial, sendo dentre estas as mais frequentemente avaliadas: as dimensões, o volume, a aparência e a cor (CAUVAIN; YOUNG, 2015).

A dimensão e volume do pão são características de grande interesse para indústria, sobretudo quando envolve sua fortificação com farinhas sucedâneas. Segundo Coelho e Salas-Mellado (2015), a adição de farinha de chia (*Salvia hispanica* L.) resultou em menor volume específico dos pães e redução nos valores de suas medidas físicas.

A aparência externa do produto será frequentemente um aspecto importante para atrair os consumidores (STONE; SIDEL, 2004). Neste sentido, um dos aspectos de maior importância é a cor da casca. Vale salientar que segundo Cauvain e Young (2015), de modo geral, a cor da casca é variável, podendo apresentar manchas, o que diminui a eficiência de mensurações mais precisas por meio de instrumentos.

Em relação à textura, além da análise sensorial, pode ser medida pela análise de perfil de textura (TPA), que tem permitido mensurações instrumentais objetivas, e tem demonstrado graus variáveis de sucesso para avaliação em pães (CAUVAIN; YOUNG, 2015).

### **3.6.1.2 Métodos sensoriais**

O desenvolvimento de métodos e a compreensão mais ampla dos sentidos químicos, sobretudo aqueles voltados à percepção dos alimentos, começou a fazer progresso na última metade do século passado, primeiramente nos Estados Unidos da América - EUA. Atualmente, utilizadas por muitas indústrias, as técnicas de avaliação sensorial evoluíram muito e têm demonstrado serem críticas no desenvolvimento, produção e manutenção da qualidade dos gêneros alimentícios (LAWLESS; HEYMANN, 2010; CIVILLE; OFTEDAL, 2012).

Segundo a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT, 1993), a análise sensorial é definida como a disciplina científica usada para evocar, medir, analisar e interpretar reações das características dos alimentos e dos materiais como são percebidas pelos sentidos da visão, olfato, gosto, tato e audição. Vários autores apontam que as preferências alimentares em humanos são determinadas por respostas sensoriais para o conjunto dos sentidos: sabor, cheiro e a textura dos alimentos. Destas respostas sensoriais, o gosto é considerado o principal determinante de sua escolha (STONE; SIDEL, 2004; ASAO; LUO; HERMAN, 2012).

São muitas as aplicações da análise sensorial: a utilização como ferramenta decisória nas etapas de desenvolvimento de um produto; para avaliação de alterações de processamento tecnológico, matérias-primas ou embalagens sobre o produto final; entre outras. Segundo Lawless e Heymann (2010), para a análise sensorial de um produto, existem vários métodos disponíveis, conforme seja o objetivo. Os métodos sensoriais correspondem a um grupo de testes utilizados para mensurar as respostas dos julgadores em relação às características dos alimentos, sendo conforme Civille e Oftedal (2012) sentidos específicos de elevado interesse o paladar e olfato, particularmente na sua relação com o comportamento ingestivo.

Segundo a NBR 12994 (1993) os métodos de avaliação sensorial são 3: discriminativos, descritivos (ou analíticos) e subjetivos (ou afetivos). Dentre os métodos utilizados destacamos os afetivos, que consistem na manifestação subjetiva do juiz sobre o produto testado, que demonstra se tal produto agrada ou desagradar, se é aceito ou não e se é preferido a outro.

Os métodos descritivos permitem descrever e mensurar as informações a respeito da característica que está sendo avaliada. O perfil sensorial descritivo é importante para a indústria alimentar, pois ele pode orientar o desenvolvimento de novos e/ou a reformulação de produtos já conhecidos pelo mercado consumidor, além de identificar as características sensoriais essenciais imprescindíveis para a aceitação do consumidor e a comercialização dos produtos (STONE; SIDEL, 2004; LAWLESS; HEYMANN, 2010). Neste sentido, tais métodos podem ser aplicados com o objetivo de verificar a preferência e o grau de satisfação de um novo produto (testes de preferência), e/ou a probabilidade de adquirir o produto testado (teste de aceitação), bem como para descrever suas características e mensurá-las, dentro de uma população alvo conhecida (STONE; SIDEL, 2004).

O aumento das doenças crônicas relacionadas aos hábitos alimentares tem alavancado nos últimos anos pesquisas sobre os benefícios nutricionais de produtos naturais. Como parte do esforço para descobrir, desenvolver e comercializar estes produtos mais saudáveis tem se ampliado o estudo de suas propriedades sensoriais como forma de atrair os consumidores. Stone e Sidel (2004) sugerem algum tipo de avaliação sensorial para novos produtos antes de serem lançados para o mercado consumidor.

Segundo Hellyer et al. (2012), alguns destes novos produtos podem ser denominados como "alimentos funcionais". Produtos de panificação têm sido amplamente utilizados para veicular componentes funcionais. E embora haja pouca dificuldade em incluí-los nestes alimentos é indispensável verificar se o produto resultante atende às exigências dos consumidores. Ainda conforme os mesmos autores, os consumidores são muito receptivos a novos alimentos funcionais ou que contenham algum ingrediente funcional, desde que outras características do produto não sejam comprometidas.

Estudos têm demonstrado resultados promissores em testes sensoriais de produtos de panificação quando farinhas de resíduos de frutas foram usadas como sucedâneas. Vários autores relataram que esta substituição manteve inalterada ou até melhorou a aceitação do consumidor quando comparada à amostra padrão, demonstrando a viabilidade comercial destes produtos (HO et al. 2013; HOBBS et al., 2014; RAMIREZ-MAGANDA et al., 2015; COELHO; SALAS-MELLADO, 2015; ABOSHORA et al., 2015).

## REFERÊNCIAS

- ABIP. **Encarte Técnico**: a importância do pão do dia (tipo francês) para o segmento da panificação no Brasil. 2014. Disponível em: <<http://www.abip.org.br/imagens/file/encarte6.pdf>>. Acesso em: 2 jan. 2014.
- ABITRIGO. **Estatísticas**: importação e exportação. 2015. Disponível em: <<http://www.abitrigo.com.br/>>. Acesso em: 6 jan. 2016.
- ABNT. **NBR 12994**: métodos de análise sensorial dos alimentos e bebidas: terminologia. Rio de Janeiro, 1993. 8 p.
- ABOSHORA, W. et al. Influence of doum (*Hyphaenethebaica* L.) flour addition on dough mixing properties, bread quality and antioxidant potential. **Journal of Food Science and Technology**, United States of America, v. 53, n. 1, p. 591-600, 2015.
- ALMEIDA, E. L.; CHANG, Y. K.; STEEL, C. J. Dietary fibre sources in bread: Influence on technological quality. **LWT - Food Science and Technology**, Swiss, v. 50, p. 545-553, 2013.
- ALMEIDA, E. L.; CHANG, Y. K.; STEEL, C. J. Effect of adding different dietary fiber sources on farinographic parameters of wheat flour. **Cereal Chemistry**, St. Paul, Minnesota, v. 87, p. 566-573, 2010.
- ALMEIDA, M. M. B. et al. Bioactive compounds and antioxidant activity of fresh exotic fruits from Northeastern Brazil. **Food Research International**, Canada, v. 44, n. 7, p. 2155-2159, 2011.
- ALMEIDA, R. N. et al. Metodologia para avaliação de plantas com atividade no Sistema Nervoso Central e alguns dados experimentais. **Brazilian Journal of Pharmacognosy**, Paraná, v. 80, p. 72-76, 1999.
- ALVES, G.; PERRONE, D. Breads enriched with guava flour as a tool for studying the incorporation of phenolic compounds in bread melanoidins. **Food Chemistry**, United Kingdom, v. 185, p. 65-74, 2015.
- ASAO, K.; LUO, W.; HERMAN, W. H. Reproducibility of the measurement of sweet taste preferences. **Appetite**, United Kingdom, v. 59, p. 927-932, 2012.
- AYALA-ZAVALA, J. F. et al. Agro-industrial potential of exotic fruit byproducts as a source of food additives. **Food Research International**, Canada, v. 44, p. 1866-1874, 2011.
- AZEVÊDO, J. C. S. et al. Neuroprotective effects of dried camu-camu (*Myrciariadubia* HBK McVaugh) residue in *C. elegans*. **Food Research International**, Canada, v. 73, p. 135-141, 2015.

BAIANO, A. Recovery of biomolecules from food wastes — a review. **Molecules**, v. 19, p. 14821-14842, 2014. Disponível em: <file:///C:/Users/UFRPE/Downloads/molecules-19-14821%20(1).pdf>. Acesso em: 5 jan. 2016.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Aprova o Regulamento Técnico que estabelece as Diretrizes Básicas para a Avaliação de Risco e Segurança dos Alimentos. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, 30 abril. 1999. Seção 1, p. 1-111.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução - RDC nº 54, de 12 de novembro de 2012. Dispõe sobre o regulamento técnico sobre informação nutricional complementar. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, 19 nov. 2012. Seção 1, p. 63-65.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução - RDC nº 90, de 18 de outubro de 2000. Aprova o regulamento técnico para fixação de identidade e qualidade do pão. Disponível em: <[http://portal.anvisa.gov.br/wps/wcm/connect/973c370047457a92874bd73fbc4c6735/RDC\\_90\\_2000.pdf?MOD=AJPERES](http://portal.anvisa.gov.br/wps/wcm/connect/973c370047457a92874bd73fbc4c6735/RDC_90_2000.pdf?MOD=AJPERES)>. Acesso em: 30 jan. 2016.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Políticas de Saúde. **Alimentos regionais brasileiros**. Brasília, DF: Ministério da Saúde, 2002. (Série F. Comunicação e Educação em Saúde, n. 21).

BRASIL. Política Nacional de Resíduos Sólidos. Lei nº 12.305. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**. Brasília, DF, 2 ago. 2010. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm)>. Acesso em: 12 fev. 2016.

CAUVAIN, S. P.; YOUNG, L. S. **Technology of breadmaking**. 3 ed. United Kingdom: Springer International Publishing, 2015. 418 p.

CEVA ANTUNES, P. M. N. et al. Analysis of volatile composition of siriguela (*Spondiaspurpurea* L.) by solid phase microextraction (SPME). **LWT- Food Science and Technology**, Swiss, v. 39, p. 436-442, 2006.

CHI, C. et al. Purification and identification of three novel antioxidant peptides from protein hydrolysate of bluefin leatherjacket (*Navodonseptentrionalis*) skin. **Food Research International**, Canada, v. 73, p. 124-129, 2015.

CIVILLE, G. V.; OFTEDAL, K. N. Sensory evaluation techniques — Make “good for you” taste “good”. **Physiology & Behavior**, New York, v. 107, p. 598-605, 2012.

CLERICI, M. T. P. S.; CARVALHO SILVA, L. B. Nutritional bioactive compounds and technological aspects of minor fruits grown in Brazil. **Food Research International**, Canada, v. 44, p. 1658-1670, 2011.



COELHO, M. S.; SALAS MELLADO, M. M. Chemical characterization of Chia (*Salvia hispanica* L.) for use in food products. **Journal of Food and Nutrition Research**, Indonesia, v. 2, n. 5, p. 263-269, 2014. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.12691/jfnr-2-5-9>>. Acesso em: 10 jan. 2016.

DZIKI, D.; ROZYLO, R.; GAWLIK-DZIKI, U.; SWIECA, M. Current trends in the enhancement of antioxidant activity of wheat bread by the addition of plant materials rich in phenolic compounds. **Trends in Food Science & Technology**, London, v. 40, p. 48-61, 2014.

DYBING, E. et al. Hazard characterisation of chemicals in food and diet: dose response, mechanisms and extrapolation issues. **Food and Chemical Toxicology**, Massachusetts, v. 40, p. 237-282, 2002.

ELLEUCH, M. et al. Dietary fibre and fibre-rich by-products of food processing: Characterisation, technological functionality and commercial applications: a review. **Food Chemistry**, United Kingdom, v. 124, p. 411-421, 2011.

ENGELS, C. et al. Characterization of phenolic compounds in jocote (*Spondias purpurea* L.) peels by ultra-high-performance liquid chromatography/electrospray ionization mass spectrometry. **Food Research International**, Canada, v. 46, p. 557-562, 2012.

FAO. **Economics and Statistics**. 2015. Disponível em: <<http://www.fao.org>>. Acesso em: 28 jul. 2015.

FOSCHIA, M. et al. The effects of dietary fibre addition on the quality of common cereal products: review. **Journal of Cereal Science**, United Kingdom, v. 58 p. 216-227, 2013.

GAWLIK-DZIKIA, U. et al. Onion skin — Raw material for the production of supplement that enhances the health-beneficial properties of wheat bread. **Food Research International**, Canada, v. 73, p. 97-106, 2015.

HELLYER, N. E.; FRASER, I.; HADDOCK-FRASER, J. Food choice, health information and functional ingredients: An experimental auction employing bread. **Food Policy**, London, v. 37, p. 232-245, 2012.

HIPSLEY, E. H. Dietary “fibre” and pregnancy toxemia. **British Medical Journal**, United Kingdom, v. 2, p. 420-422, 1953.

HOBBS, D. A. et al. The consumer acceptance of novel vegetable-enriched bread products as a potential vehicle to increase vegetable consumption. **Food Research International**, Canada, v. 58, p. 15-22, 2014.

HO, L.; AZIZ, N. A. A.; AZAHARI, B. Physico-chemical characteristics and sensory evaluation of wheat bread partially substituted with banana (*Musa acuminata* X *balbisianacv.* Awak) pseudo-stem flour. **Food Chemistry**, United Kingdom, v. 139, p. 532-539, 2013.

IBGE. **Safra 2015 é recorde e IBGE espera alta de 0,5% para 2016.**

Disponível em:

<<http://saladeimprensa.ibge.gov.br/noticias?view=noticia&id=1&busca=1&idnoticia=3081>>. Acesso em: 13 jan. 2016.

IPEA. **Diagnóstico dos resíduos orgânicos do setor agrossilvopastoril e agroindústrias associadas:** relatório de pesquisa. Brasília, DF, 2012.

JOSHI, A. U.; CHANGQI, L.; SHRIDHAR, K. S. Functional properties of select seed flours. **LWT - Food Science and Technology**, Swiss, v. 60, p. 325-333, 2015.

KTENIOUDAKI, A. et al. Application of bioprocessing techniques (sourdough fermentation and technological aids) for brewer's spent grain breads. **Food Research International**, Canada, v. 73, p.107-116, 2015.

KTENIOUDAKI, A.; GALLAGHER, E. Recent advances in the development of high-fibre baked products. **Trends in Food Science and Technology**, United Kingdom, v. 28, p. 4-14, 2012.

LAWLESS, H. T.; HEYMANN, H. **Sensory evaluation of food:** principles and practices. 2. ed. New York: Springer, 2010.

LÓPEZ VARGAS, J. H. et al. Chemical, physico-chemical, technological, antibacterial and antioxidant properties of dietary fiber powder obtained from yellow passion fruit (*Passiflora edulis* var. *flavicarpa*) co-products. **Food Research International**, Canada, v. 51, p. 756-763, 2013.

MILDNER SZKUDLARZ, S. et al. White grape pomace as a source of dietary fibre and polyphenols and its effect on physical and nutraceutical characteristics of wheat biscuits. **Journal Science of Food and Agriculture**, California, v. 93, p. 389-395, 2013.

NINDJIN, C.; AMANI, G.; SINDIC, M. Effect of blend levels on composite wheat doughs performance made from yam and cassava native starches and bread quality. **Carbohydrate Polymers**, United Kingdom, v. 86, n. 4, p.1637-1645, 2011.

OECD/FAO. *OECD-FAO Agricultural Outlook 2015*, OECD Publishing, Paris. 2015. Perspectivas agrícolas da OCDE e FAO 2015. Disponível em: <[http://dx.doi.org/10.1787/agr\\_outlook-2015-en](http://dx.doi.org/10.1787/agr_outlook-2015-en)>. Acesso em: 27 dez. 2015.

OHIMAIN, E. I. Recent advances in the production of partially substituted wheat and wheatless bread. **European Food Research & Technology**, Germany, v. 240, p. 257-271, 2015.

OKE, F.; ASLIM, B. Biological potentials and cytotoxicity of various extracts from endemic *Origanum minutiflorum* O. Schwarz & P.H. Davis. **Food and Chemical Toxicology**, Spain, v. 48, p. 1728-1733, 2010.

OMENA, C. M. B. et al. Antioxidant, anti-acetylcholinesterase and cytotoxic activities of ethanol extracts of peel, pulp and seeds of exotic Brazilian fruits: antioxidant, anti-acetylcholinesterase and cytotoxic activities in fruits. **Food Research International**, Canada, v. 49, p. 334-344, 2012.

RAMÍREZ MAGANDA, J. et al. Nutritional properties and phenolic content of a bakery product substituted with a mango (*Mangifera indica*) 'Ataulfo' processing by-product. **Food Research International**, Canada, v. 73, p. 117-123, 2015.

REETZ, E. R. et al. **Anuário brasileiro da fruticultura 2015**. Santa Cruz do Sul: Editora Gazeta Santa Cruz, 2015. 104 p. Disponível em: <[http://www.grupogaz.com.br/tratadas/eo\\_edicao/4/2015/03/20150301\\_106c8c2f1/pdf/4718\\_2015fruticultura.pdf](http://www.grupogaz.com.br/tratadas/eo_edicao/4/2015/03/20150301_106c8c2f1/pdf/4718_2015fruticultura.pdf)>. Acesso em: 3 jan. 2016.

RICHARDS, K. M. et al. Improved Extraction of Soluble Solids from Some Brazilian and North American Fruits. **The Natural Products Journal**, Italy, v. 4, p. 201-210, 2014.

ROBERTSON, J. A. et al. 8JM BN Hydratation properties of dietary fibre and resistant starch: a European collaborative study. **LWT – Food Science and Technology**, Swiss, v. 33, p. 72-79, 2000.

SÁNCHEZ ZAPATA, E. et al. Technological properties of date paste obtained from date by-products and its effects on the quality of a cooked meat product. **Food Research International**, Canada, v. 44, p. 2401-2407, 2011.

SHARMA, P. et al. Effect of dried gaduchi (*Tinosporacordifolia*) leaf powder on rheological, organoleptic and nutritional characteristics of cookies. **Food Research International**, Canada, v. 50, p. 704-709, 2013.

SILVA E LIMA, I. C. G, MELEIRO, C. H. A. Desenvolvimento, avaliação físico-química e sensorial de geleia e doce de corte de seriguela (*Spondias purpurea* L.) visando o crescimento da cadeia produtiva do fruto. **Boletim do Centro de Pesquisa e Processamento de Alimentos**, Curitiba, v. 30, n. 2, p. 221-232, 2012.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE FRUTICULTURA. **Ciriguela**. 2015. Disponível em: <<http://www.todafruta.com.br/fruta/713/Ciriguela>>. Acesso em: 29 dez. 2015.

SOLORZANO MORÁN, S. et al. Quality attributes and functional compounds of Mexican plum (*Spondias purpurea* L.) fruit ecotypes. **Fruits**, France, v. 70, n. 5, p. 261-270, 2015.

STOJCESKA, V.; BUTLER, F. Investigation of reported correlation coefficients between rheological properties of the wheat bread doughs and baking performance of the corresponding wheat flours. **Trends in Food Science & Technology**, London, v. 24, p. 13-18, 2012.

STONE, H.; SIDEL, J. L. **Sensory evaluation practices**. 3. ed. New York: Academic Press. 2004. 408 p.

SUN-WATERHOUSE, D. et al. Comparative analysis of fruit-based functional snack bars. **Food Chemistry**, United Kingdom, v. 119, p. 1369-1379, 2010.

TABELA BRASILEIRA DE COMPOSIÇÃO DE ALIMENTOS. Campinas: UNICAMP/NEPA, 2011. Disponível em:  
<[http://www.unicamp.br/nepa/taco/contar/taco\\_4\\_edicao\\_ampliada\\_e\\_revisada](http://www.unicamp.br/nepa/taco/contar/taco_4_edicao_ampliada_e_revisada)>. Acesso em: 15 jul. 2014.

VERNAZA, M. G.; GULARTE, M. A.; CHANG, Y. K. Addition of green banana flour to instant noodles: rheological and technological properties. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, n. 6, p. 1157-1165, 2011.

VIDIGAL, M. C. T. R. et al. Effect of a health claim on consumer acceptance of exotic Brazilian fruit juices – Açaí (*Euterpeoleracea* Mart.), Camu-camu (*Myrciariadubia*), Caja (*SpondiasLutea* L.) and Umbu (*Spondiastuberosa*Arruda). **Food Research International**, Canada, v. 44, p. 1988-1996, 2011.

VIUDA MARTOS, M. et al. Chemical, physico-chemical and functional properties of pomegranate (*Punica granatum* L.) bagasses powderco-product. **Journal of Food Engineering**, Elsevier, v. 110, p. 220-224, 2012.

VIUDA MARTOS, M. et al. Role offibre in cardiovascular diseases: a review. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, Oxford (UK), v. 9, p. 240-258, 2010.

WALUM, E. Acute oral toxicity. **Environmental Health Perspectives**, Denver (USA), v. 106, n. 2, p. 497-503, 1998.

## Propriedades físico-químicas, tecnológicas e toxicidade de farinha obtida do resíduo de ciriguela (*Spondias purpurea* L.)

### RESUMO

O processamento de frutas pelas indústrias de alimentos gera, em todo o mundo, milhões de toneladas de resíduos agroindustriais, que ocasionam diversos problemas ambientais. A maior parte dos subprodutos de frutas pode ser reutilizada, sobretudo sob a forma de farinhas, como ingredientes nutritivos e/ou funcionais em alimentos pela presença de componentes de alto valor, tais como polissacarídeos, fibras, compostos aromatizantes e fitoquímicos. O presente trabalho teve como objetivo caracterizar a farinha de resíduo de ciriguela (FRC), a farinha mista (trigo +10%FRC) obtida das cascas do fruto, quanto aos aspectos físico-químicos, tecnológicos, microbiológico e atividade tóxica visando a uma possível aplicação em alimentos. Os resultados da composição química mostram que a FRC apresentou elevado teor de carboidratos, fibra alimentar total e cinzas. Os resultados das características tecnológicas avaliadas mostraram que o teor de fibras favoreceu a capacidade de retenção de água (CRA) e de óleo (CRO) e intumescimento. Em relação aos parâmetros reológicos, aumentou a absorção de água e índice de tolerância à mistura, classificando-s como média força à forte, ideal para fabricação de pães. Quanto à alveografia, a energia de deformação, a extensibilidade da massa e seu tempo de desenvolvimento foram reduzidos devido ao % de fibras. A atividade tóxica a partir de testes *in vivo* sugere que esta farinha na dose de 2000 mg Kg<sup>-1</sup> apresenta baixa toxicidade nas condições avaliadas. Em testes *in vitro*, realizados para a FRC na concentração de 50 µg mL<sup>-1</sup> não foi observada citotoxicidade nas células normais e tumorais. Conclui-se que a FRC pode ser utilizada como ingredientes em alimentos, por suas características tecnológicas e reológicas, além de promover melhoria no valor nutritivo e funcional dos alimentos aos quais poderá ser adicionada.

**Palavras-chave:** Fibra dietética, reologia, análise tecnológica, toxicidade

## ABSTRACT

The industry of fruit processing generates, worldwide, million tons of agro-industrial waste, which causes many environmental problems. Most fruit by-products can be reused, particularly in the form of flour as nutritional ingredients and / or functional food in the presence of high value components, such as polysaccharides, fibers, flavoring compounds and phytochemicals. This study aimed to characterize the red mombin fruit residue flour (RMFRF), obtained from the peels of fruit, as the physico-chemical aspects, technological, microbiological and toxic activity for a possible application in food. The results of the chemical composition show that the RMFRF showed high levels of carbohydrates, dietary fiber and ash. The evaluated results of the technological characteristics shown that FRC can promote improvement in water absorption and oil. Regarding the rheological parameters, the partial replacement of FT with 10% FRC increased water absorption and mixing tolerance index, whereas the strain energy, the dough extensibility and its time development was reduced. The toxic activity from *in vivo* tests suggest that this flour at a dose of 2,000 mg kg<sup>-1</sup> has low toxicity in the evaluated conditions. *In vitro* tests conducted to RMFRF in a concentration of 50 ug mL<sup>-1</sup> cytotoxicity was not observed in normal and tumor cells. It concludes that RMFRF can be used as ingredients in food, due to their technical characteristics and rheological properties, and promote improved nutritive value and functional foods to which may be added.

**Keywords:** Dietary fiber, rheology, technology analysis, toxicity

## 1. INTRODUÇÃO

A ciriguela (*Spondias purpurea* L.) é um fruto típico do Nordeste brasileiro, desenvolvendo-se principalmente no cerrado e na caatinga. Este fruto é fonte de carboidratos, pró-vitamina A, vitaminas do complexo B e C, ferro, cálcio e fósforo, além de muito saboroso. Por sua excelente qualidade sensorial e rendimento de polpa em torno de 50%, a ciriguela é apreciada sob a forma de diversos produtos como sucos, sorvetes, licores, vinho, geleias, compotas e refrigerantes (BRASIL, 2002; ENGELS et al., 2012; SOCIEDADE BRASILEIRA DE FRUTICULTURA, 2015). Segundo Omena et al. (2012), seu resíduo agroindustrial (casca e sementes) também apresenta teores relevantes de fitoquímicos bioativos e forte potencial antioxidante, além do elevado conteúdo de fibra alimentar. Estas características fazem do subproduto da ciriguela uma fonte promissora para enriquecimento de produtos alimentícios.

Resíduos são produzidos ao longo de toda a cadeia produtiva de alimentos. No que se refere aos resíduos que se derivam do processamento de vegetais brutos e animais em gêneros alimentícios, que geralmente resultam da extração ou separação de partes nutricionalmente valorizadas dos restos que têm pouco valor nutritivo ou são considerados não comestíveis. Entretanto, estes resíduos e coprodutos são reconhecidamente ricos em componentes de alto valor, tais como proteínas, polissacarídeos, fibras, compostos aromatizantes e fitoquímicos como ingredientes nutricionalmente e farmacologicamente funcionais (SÁNCHEZ-ZAPATA et al., 2011; ELLEUCH et al., 2011; LOPEZ-VARGAS et al., 2013; BAIANO, 2014).

As fibras dietéticas apresentam um papel de destaque. Viúda-Martos et al. (2012) relataram que diferentes tipos de fibras obtidas a partir de coprodutos de vegetais têm sido frequentemente incorporadas em alimentos pelas suas propriedades nutricionais, funcionais e tecnológicas. Outro estudo também aponta a utilização destes subprodutos como aditivos alimentares funcionando como antioxidantes, antimicrobianos, corantes, aromatizantes e agentes de espessamento (AYALA-ZAVALA et al., 2011; OHIMAIN, 2015).

Para aplicar esses resíduos em alimentos é necessário atender às recomendações da legislação vigente. Segundo a Resolução RDC nº 17/99 da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), que estabelece as

diretrizes básicas para a avaliação de risco e segurança dos alimentos no Brasil. A avaliação de risco deve ser fundamentada, em uma ou mais evidências científicas, tais como composição química com caracterização molecular, ensaios nutricionais e/ou fisiológicos e/ou toxicológicos em animais de experimentação e até evidências da literatura científica, entre outras (BRASIL, 1999).

Além disso, iniciativas para o aproveitamento destes resíduos agroindustriais pelas indústrias de alimentos vêm sendo estimuladas por instituições públicas. A implementação de novas tecnologias para recuperar importantes nutrientes desses coprodutos, visa, sobretudo, à diminuição da exploração dos recursos naturais e à redução da contaminação ambiental (VIÚDA-MARTOS et al.,2012).

Dessa forma, o objetivo deste estudo foi caracterizar a farinha de resíduo de ciriguela (FRC) quanto aos aspectos físico-químicos, tecnológicos, microbiológico e atividade tóxica para uma possível aplicação em alimentos.

## **2. MATERIAIS E MÉTODOS**

### **2.1 Preparo da farinha do resíduo de ciriguela**

O resíduo de ciriguela (casca e semente) foi obtido de uma indústria de produção de polpas de fruta que fica localizada na cidade de Recife/PE. O material foi coletado diretamente da linha de produção e imediatamente transportado para o Laboratório de Análises Físico-químicas de Alimentos (LAFQA) do Departamento de Ciências Domésticas (DCD) da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE).

As sementes foram descartadas e as cascas submetidas à secagem ( $50^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ ) em estufa com circulação de ar, até atingir umidade igual ou inferior a 10%. Em seguida, o resíduo desidratado foi triturado em moinho multiuso (TE 631/2 -Tecnal), e a farinha do resíduo de ciriguela (FRC) acondicionada em sacos plásticos de polietileno de alta densidade que foram envolvidos em papel alumínio (figura 1). A FRC foi armazenada sob congelamento ( $-22^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ ) até realização das análises.



**Figura 1** - Etapas de preparação da farinha dos resíduos de ciriguela



Fonte: Arquivo pessoal.

## **2.2 Preparo da farinha mista com FRC**

A farinha mista foi elaborada pela mistura contendo farinha de trigo e 10% de FRC. As análises realizadas para esta farinha foram a alveografia e a farinografia.

## **2.3 Análises físico- químicas da FRC**

A determinação de composição centesimal das amostras foi realizada de acordo com AOAC (2002). A umidade foi determinada pelo método 935.29, a atividade de água utilizando o analisador Aqualab 4TE Decagon Devices a 25°C, as proteínas pelo método de Kjeldahl, método AOAC 955.04; Soxhlet método AOAC 960.39; cinzas, AOAC método 923.03. O teor de carboidratos foi estimado por diferença (ASCAR, 1985).

### **Fibra alimentar total**

As análises foram realizadas em triplicata, segundo o método gravimétrico enzimático, Método 991.43 (AOAC, 1990). Duplicatas de cada

amostra seca e moída (com um teor de gordura <10%) foram submetidas à digestão enzimática, com o objetivo de promover a hidrólise do amido e das proteínas presentes na amostra. Numa primeira etapa, procedeu-se à hidrólise do amido utilizando a  $\alpha$ -amilase, na etapa seguinte à hidrólise da proteína foi efetuada por ação da protease e, por último, à hidrólise da amilose por adição da amiloglucosidase. A fibra solúvel foi precipitada com etanol 95%, e o resíduo total filtrado e sucessivamente lavado com porções de etanol 78%, etanol 95% e acetona. Em seguida, o resíduo foi seco a 105° C até massa constante. Após arrefecimento em dessecador, pesou-se o cadinho com o resíduo e a Celite para determinar a massa do resíduo. Em seguida as duplicatas seguiram uma para a determinação de proteína por Kjeldahl e a outra para a determinação de cinzas em mufla à 550°C (AOAC, 2002).

O teor de fibra alimentar total (FT) referente à matéria seca foi calculado de acordo com a seguinte expressão:

$$FT (\%) = (\text{massa do resíduo} - \text{proteína} - \text{cinza} - \text{branco}) \times 100 \text{ (Eq. 1)}$$

## **2.4 Ensaio para avaliação das propriedades tecnológicas**

As análises de capacidade de retenção de água (CRA) e óleo (CRO) e intumescimento foram realizadas apenas para a FRC no LAFQA/DCD/UFRPE, enquanto as análises de farinografia e alveografia foram realizadas no Laboratório de Qualidade da Bunge Alimentos® - Moinho Suape. Para as determinações de farinografia e alveografia foram utilizadas as farinhas padrão, constituída de 100% farinha de trigo, e a farinha mista, composta por farinha de trigo e 10% de FRC. A elaboração deste *blend* foi necessária à realização das análises, não sendo possível avaliar apenas a FRC, pois é isenta de glúten. Além disso, a proporção entre elas foi escolhida pela aplicação de estudos prévios com aplicação em produto de panificação.

### **Capacidade de retenção de água (CRA) e de óleo (CRO)**

A CRA e CRO foram determinadas de acordo com Robertson et al. (2000) com algumas modificações. Adicionou-se 25 mL de tampão fosfato (1 M, pH 6,3) ou de óleo de soja a 250 mg da amostra seca de FRC. A suspensão foi agitada em seguida, sendo deixada à temperatura ambiente por 1 h. Após

centrifugação (3000 g, 15 min), o resíduo foi pesado. A CRA foi expressa como g de água retida por grama da amostra, enquanto a CRO foi expressa em g de óleo retido por g de amostra. O ensaio foi realizado em triplicata.

### **Capacidade de Intumescimento**

Foi determinada de acordo com Robertson et al. (2000). Uma amostra de 0,2g de FRC foi hidratada com 10 mL de água destilada, em um cilindro calibrado (1,5 cm de diâmetro) à temperatura ambiente. Após o equilíbrio (18h), o volume foi registrado e expresso como volume por grama de amostra seca (mL/ g).

### **Farinografia**

A análise foi realizada em farinógrafo Brabender pelo método nº 54-30 da *Internacional Association for Cereal Chemistry* (AACC) para medir absorção de água (ABS, ou percentagem de água necessária para produzir consistência da massa de 500 BU (Unidade Brabender), o tempo de desenvolvimento da massa (DDT, tempo para atingir a máxima coerência em minutos), o tempo de estabilidade (EST, consistência da massa tempo permanece a 500 BU) e o Índice de tolerância à mistura - MTI (UF) (AACC, 2000). Os valores obtidos permitiram classificar a qualidade da farinha segundo a AACC (2000). Esta análise foi realizada para a farinha de trigo padrão (100% trigo) e a farinha mista (farinha de trigo com FRC 10%).

### **Alveografia**

Realizada no alveógrafo Chopin modelo Alveolink pelo método nº 54-30 da AACC (2000) pela medição dos parâmetros de tenacidade (P), que mede a resistência oferecida pela massa à deformação (mm); extensibilidade (L) em mm; a energia de deformação (W), que corresponde ao trabalho mecânico necessário para expandir a bolha até a ruptura, expressa em  $10^{-4}$ J; e configuração e equilíbrio da curva (P/L), expressa pela relação entre a tenacidade e extensibilidade (AACC, 2000). Esta análise foi realizada para a farinha de trigo padrão (100% trigo) e a farinha mista (farinha de trigo com FRC 10%).

## 2.5 Ensaios para avaliação da toxicidade

Os experimentos para determinação da toxicidade foram realizados no Laboratório de Antibióticos da UFPE.

### Atividade citotóxica *in vitro*

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

As linhagens utilizadas foram NCI-H292 (carcinoma mucoepidermóide de pulmão humano), HEp-2 (carcinoma de laringe humana), RAW 264.7 (macrófagos murinos) mantidas em meio de cultura DMEM, MCF-7 (adenocarcinoma de mama humana) e HL-60 (leucemia promielocítica aguda) mantidas em meio de cultura RPMI. Os meios foram suplementados 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 dióxido de carbono (CO<sup>2</sup>).

As células NCI-H292, HEp-2, RAW 264.7, MCF-7 (10<sup>5</sup> células/mL) e HL-60 (3 x 10<sup>5</sup> células/mL) foram colocadas em placas de 96 poços e incubadas por 24 h. Em seguida a amostra dissolvida em DMSO (0,5 %) foi adicionada aos poços em concentração final de 50 µg/mL. O fármaco doxorrubicina (5 µg/mL) foi utilizada como padrão. Após 72 h de reincubação foi adicionado 25 µL de MTT (5 mg/mL) e depois de 3 h de incubação, o meio de cultura com o MTT foram aspirados e 100 µL de DMSO foi adicionado a cada poço. A absorbância foi medida em um leitor de microplacas no comprimento de onda de 560 nm.

A análise dos resultados foi realizada a partir de uma escala de intensidade do potencial citotóxico: amostras com atividade intensa (95 a 100 % de inibição), com atividade moderada (inibição de crescimento celular variando de 70 a 90%) e sem atividade (inibição de crescimento menor que 50 %) (RODRIGUES et al., 2014).

## Ensaio Toxicológico Pré-clínico Agudo e determinação da DL50

A avaliação da toxicidade aguda foi realizada com a dose oral única da farinha de resíduo de *Spondias purpurea* L., seguindo a OECD n° 423 (2001), a Resolução n° 14 (ANVISA, 2010) e a metodologia de Almeida et al. (1999).

Ratos albinos machos e fêmeas, linhagem *Wistar* (Figura 2), pesando entre 180 – 280 g, da espécie *Rattus norvegicus*, provenientes do Biotério do Departamento de Antibióticos da UFPE, foram aclimatados às condições do laboratório e mantidos a  $23 \pm 2$  °C com ciclos claro-escuro de 12 horas (Figura 2). Os animais foram alimentados com ração *Presence* tipo *pellets* e água *ad libitum*, sendo distribuídos nos diferentes grupos experimentais, ao acaso. Para a realização desta pesquisa, o protocolo experimental aplicado a este projeto foi submetido à comissão de ética no uso de animais – CEUA da UFPE, sob o n° 23076.007020/2016-07.

Para a realização do experimento, os animais foram submetidos a jejum de 12 horas como preconizado na metodologia empregada, em seguida foram divididos em 4 grupos, constituídos por 3 animais, sendo 2 grupos de machos e 2 grupos de fêmeas. O grupo controle recebeu o veículo (solução de NaCl 0,9 % - 10 mL/kg) e o grupo experimental a farinha de resíduo de *Spondias purpurea* L. (FRC) diluídos em solução salina na dose de 2.000 mg/kg, por via oral (gavagem) (Figura 3).

**Figura 2** – Ratos (*Rattus norvegicus*) linhagem *Wistar*.



Fonte: Arquivo pessoal.

**Figura 3** – Administração da farinha de resíduo de ciriguela aos animais por gavagem.



Fonte: Arquivo pessoal.

Uma série de parâmetros comportamentais tais como hiperatividade, agressividade, convulsões e/ou morte foram observados durante as 4 primeiras horas, em intervalos de 30 minutos, 1, 2, 3, 4 horas e durante os 14 dias de experimento (ANEXO A). Além disso, durante a análise, os animais foram avaliados quanto à ingestão diária de água e ração (ANEXO B), conforme mostrado abaixo (Figura 4).

**Figura 4** – Acompanhamento dos ratos após administração da farinha de resíduo de ciriguela.



Fonte: Arquivo pessoal.

A pesagem dos ratos foi realizada antes das administrações e no 14º dia após o tratamento (ANEXO C). Depois desse procedimento, os animais foram eutanasiados e seus órgãos (fígado, baço e rins) retirados, pesados e examinados macroscopicamente conforme Almeida et al. (1999) e Hor et al. (2012).

## 2.6 Análise microbiológica

Foram realizadas análises microbiológicas da FRC para verificação da qualidade higiênico-sanitária do produto para aplicação em alimentos. Foram investigados: coliformes totais e termotolerantes, a contagem de aeróbios totais e bolores e leveduras. A análise foi realizada em placas de contagem. Preparou-se uma diluição 1:10 do alimento e água peptonada estéril. Em seguida pipetou-se o alimento em um frasco de diluição, sendo adicionada a quantidade necessária do diluente e a amostra homogeneizada. Com a placa em uma superfície plana, 1 mL da amostra foi depositada no centro do filme, e fechou-se cuidadosamente. Utilizando-se de um difusor, a amostra foi espalhada.

O tempo de incubação variou de acordo com o microrganismo pesquisado. As placas foram incubadas  $48h \pm 3h$  a  $35^{\circ}C \pm 1^{\circ}C$  para contagem de aeróbios, de acordo com a análise Método Oficial AOAC® 990.12 (2002). Após esse período, foi feita a leitura das placas com a contagem das colônias. Para a Contagem de Leveduras e Bolores em Alimentos, Método Oficial AOAC 997.02 (2002), as placas foram incubadas a  $20-25^{\circ}C$  por 3 dias, sendo seguido da contagem das colônias nas placas. Quanto aos coliformes totais e termotolerantes, conforme o método oficial AOAC 991.14 (2002) as amostras foram incubadas por  $48h \pm 2h$  a  $35^{\circ}C \pm 1^{\circ}C$ , e após esse período, procedeu-se com a contagem das colônias. Estas análises foram realizadas em duplicata.

## 2.7 Análise Estatística

Os dados do ensaio de toxicidade foram comparados pelo Teste *t de Student* pelo programa *GraphPad Prism* 5.0, e expressos em média e desvio padrão. Para as análises de citotoxicidade os experimentos foram realizados em quadruplicatas e a porcentagem de inibição foi calculada no programa *GraphPad Prism* 5.0. Os demais dados estão expressos em média e desvio padrão da análise em triplicata e comparados pelo Teste *t de Student* pelo programa “*Statistica*” (versão 7.0, StatSoft, Inc., Tulsa, USA), exceto pelo ensaio microbiológico realizado em duplicata e expressos pela média aritmética.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### Caracterização físico-química

A composição centesimal da farinha do resíduo de ciriguela (FRC) é apresentada na Tabela 1. A amostra de FRC apresentou teor de umidade relativamente baixo (7,31%). Segundo a resolução RDC nº263/05 (BRASIL, 2005) da ANVISA, a umidade máxima de farinhas não deve exceder 15,0%. Valores semelhantes também foram encontrados por Martínez et al. (2012) para resíduos obtidos de frutos exóticos. As farinhas de manga, maracujá, abacaxi e goiaba apresentaram valores para umidade entre 9,3 e 9,4 g.100g<sup>-1</sup>. Joshi et al. (2015) mostraram que farinhas de sementes também apresentam teores semelhantes de umidade: o grão de bico (9,15%), a soja (8,39%) e o trigo (9,81%).

**Tabela 1** - Caracterização físico-química da farinha do resíduo de ciriguela

Parâmetros analisados	Teores
Umidade (g 100g <sup>-1</sup> )	7,31± 0,11
Carboidratos (g 100g <sup>-1</sup> )	53,38 ± 0,64
Proteínas (g 100g <sup>-1</sup> )	6,87 ± 0,19
Lipídeos (g 100g <sup>-1</sup> )	1,98 ± 0,22
Fibra Dietética Total (g 100g <sup>-1</sup> )	27,5 ± 0,91
Cinzas (g 100g <sup>-1</sup> )	3,07 ± 0,07
Atividade de água	0,29 ± 0,01

\*Média e desvio padrão de três determinações.

Quanto à atividade de água ( $A_w$ ), o valor encontrado foi baixo, 0,29. López-Vargas et al. (2013) ao estudarem pós de resíduos de diferentes porções do maracujá, encontraram 0,164 e 0,213. Segundo os autores, a atividade de água é um parâmetro diretamente relacionado com a deterioração do produto. Baixos valores de  $A_w$ , como encontrados para FRC, estão relacionados com menor risco de alterações por microrganismos, enzimas ou reações não enzimáticas.

Em relação ao teor de proteínas, a FRC apresentou maior teor do que os frutos abacaxi e goiaba, respectivamente 4,0 e 4,8 g.100g<sup>-1</sup>; e semelhante aos encontrados para manga e maracujá, 8,0 e 6,2 g.100g<sup>-1</sup>, respectivamente (MARTÍNEZ et al., 2012). Entretanto, maiores teores de proteínas foram



encontrados para o resíduo de romã (10,9 a 12,6 g.100g<sup>-1</sup>) (VIÚDA-MARTOS et al., 2010).

O total de lipídeos na FRC foi de 1,98 g 100g<sup>-1</sup>. Além disso, valores baixos de lipídeos já eram esperados uma vez que a quantidade medida na polpa da ciriguela foi de 0,4 g100g<sup>-1</sup> (NEPA/UNICAMP, 2011; SOCIEDADE BRASILEIRA DE FRUTICULTURA, 2015). Esta característica é muito importante, uma vez que o conteúdo lipídico aumentado poderia ser um fator limitante na sua aplicação potencial como ingrediente em alimentos, uma vez que baixos teores são desejáveis para aplicação em alimentos dietéticos (LÓPEZ-VARGAS et al., 2013). Estes números estão de acordo com aqueles encontrados para resíduos de outros frutos como o abacaxi (1,3 g 100g<sup>-1</sup>) e a goiaba (1,4 g 100g<sup>-1</sup>).

Quanto às cinzas, os dados obtidos (3,07 g100g<sup>-1</sup>) são consistentes com valores presentes em outros vegetais, tal como a romã (2,5 a 2,7g100g<sup>-1</sup>) (VIÚDA-MARTOS et al., 2010), goiaba (2,4 g100g<sup>-1</sup>) e manga (4,2 g100g<sup>-1</sup>) (MARTÍNEZ et al., 2012). Ainda segundo Martínez et al. (2012), um elevado teor de cinzas poderia ser um problema em potencial para a aplicação destes coprodutos em alimentos, uma vez que a quantidade de íons metálicos aumentaria consideravelmente favorecendo à oxidação do produto em que estão incorporados.

O teor de carboidratos na amostra de FRC foi elevado. Tal resultado já poderia ser esperado, já que a análise do fruto mostra que é rico nestes compostos (18,9%) (NEPA/UNICAMP, 2011; SOCIEDADE BRASILEIRA DE FRUTICULTURA, 2015). Para as fibras dietéticas totais (FDT), os resultados encontrados estão abaixo daqueles encontrados para subprodutos de diversos outros frutos: manga, 51,2 g100g<sup>-1</sup> (RAMÍREZ-MAGANDA et al., 2015); maracujá, abacaxi e goiaba, respectivamente, 81,5, 75,8, 69,1 (MARTÍNEZ et al., 2012) e romã, entre 45,6 e 50,3 (VIÚDA-MARTOS et al., 2010). Vale salientar que o resíduo de ciriguela é composto apenas da casca, pois a semente é de processamento difícil, porém a semente poderia contribuir com o aumento do volume total de fibra da farinha. Os resíduos de maracujá, abacaxi e romã eram constituídos de todas as partes da fruta. O conteúdo de fibras tem sido de extrema importância para a reutilização desses resíduos, pelo aspecto nutricional seja pelas propriedades tecnológicas, especialmente sua

capacidade de retenção de água e de intumescimento (VIÚDA-MARTOS et al., 2010).

### Propriedades tecnológicas

#### Volume de intumescimento e capacidade de retenção de água e de óleo

Os valores da capacidade de retenção de água e óleo da farinha de resíduo de ciriguela obtidos são mostrados na Tabela 2.

**Tabela 2** – Volume de intumescimento, capacidade de retenção água (CRA) e de óleo (CRO) da farinha de resíduo de ciriguela

CRA (g água/g)	CRO (g óleo/g)	Vol. Intumescimento (mL/g)
2,86 ± 0,16	3,02 ± 0,32	3,4 ± 0,17

\*Média e desvio padrão de três determinações.

As propriedades de hidratação de fibras podem ser retratadas pela medição da absorção de água, capacidade de retenção de água e inchaço. Estas qualidades se devem, sobretudo, as características estruturais e composição química das fibras presentes na amostra (ELLEUCH et al., 2011; LOPEZ-VARGAS et al., 2013; O'SHEA et al., 2015). No presente estudo, a FRC mostrou uma CRA 2,8 vezes o seu próprio peso, que é mais elevada do que a relatada para outros resíduos fibrosos como a polpa de data (fruto indiano) (1,3 g de água / g de produto) (SÁNCHEZ-ZAPATA et al., 2011), porém menor do que a de outros produtos, como bagaço de romã, de 4,5 - 4,9g de água / g de produto (VIÚDA-MARTOS et. al., 2012), ou casca de lima, 6,96 - 12,84 g de água / g de produto (ELLEUCH et al., 2011).

Segundo Elleuch et al. (2011), as propriedades de hidratação das fibras dietéticas estão relacionadas com a estrutura química dos polissacarídeos que as compõem e a outros fatores tais como a porosidade, o tamanho de partícula, forma iônica, pH, temperatura, força iônica, tipo de íons em solução e tensões sobre as fibras, além de serem intimamente ligadas à fonte da fibra dietética. Dessa forma, a substituição parcial de farinha de trigo por resíduos de fruta nas formulações pode impactar positivamente nas condições de retenção

de água dessas misturas, sobretudo pelo alto conteúdo de fibra dietética presente na farinha sucedânea (FRC).

Segundo Traynham et al. (2007), a substituição de 4-12% de farinha de soja em *blends* ocasionou o aumento da capacidade de retenção de água quando comparado à farinha de trigo. Em geral, o aumento ocorreu proporcionalmente à quantidade de farinha de soja adicionada. Dessa forma, a mistura de farinhas vegetais proporcionou melhoria na capacidade de retenção em formulações com trigo onde foram adicionadas.

Em seu estudo, O'Shea et al., (2015), avaliando as propriedades físico-químicas de bagaço de maçã e laranja, encontraram valores ligeiramente mais altos para a CRA, ( 3,47 e 4,4 g água/g, respectivamente) quando comparados ao presente estudo, que foi de 2,86 g água/g. Segundo os autores, estes resíduos contêm uma considerável quantidade de fibra dietética total (30,15% e 40,47%). O mesmo acontece com o resíduo de ciriguela, que apresenta 27,5% de fibra dietética total, que é considerado com, ideal de CRA. Valores elevados de CRA são desejáveis para produtos que exigem hidratação, desenvolvimento de viscosidade e preservação do frescor, tais como alimentos cozidos (LÓPEZ-VARGAS et al., 2013).

A capacidade de intumescimento é outra importante propriedade de hidratação diretamente relacionada com os componentes de celulose presentes na fibra, sendo definida como o volume ocupado por um peso conhecido de fibra quando a água é absorvida (ROBERTSON et al., 2000; MARTÍNEZ et al., 2012; LÓPEZ-VARGAS et al., 2013). O resultado obtido para a FRC foi de 3,4 mL/g, resultado mais baixo do que aqueles encontrados por Martínez et al. (2012) para frutas exóticas, como resíduos de manga (4,6 mL/g), maracujá (7,2 mL/g) e abacaxi (6,6 mL/g).

A capacidade de retenção de óleo (CRO) é a quantidade de óleo retida pelas fibras após a mistura, incubação com óleo e centrifugação. A absorção de óleo pode estar relacionada com a densidade de carga total e o caráter hidrófilo dos constituintes. Os resultados deste trabalho mostram capacidade de retenção de óleo de 3,02g/g. Valores mais baixos foram encontrados por O'Shea et al. (2015) para bagaço de maçã e laranja de 0,84 e 1,06, respectivamente.

Lopez-Vargas et al. (2013) entretanto, encontraram resultados similares de CRO para albedo e casca/sementes de maracujá de 2,03 e 1,43 g de óleo/g de amostra, respectivamente. Ainda, segundo estes autores, os valores estão abaixo daqueles encontrados para outras frutas e fibras derivadas de vegetais, tais como bagaço de romã, 5,9 g de óleo / g de amostra ou kiwi maduro, 6,00 g de óleo / g de amostra. Sánchez-Zapata et al. (2011) apontaram que esta propriedade é importante para a retenção de sabor e rendimento do produto, sobretudo aqueles cozidos.

A capacidade de retenção de água e a de óleo encontradas no presente estudo sugere que substratos ricos em fibras podem ser usados como ingredientes em produtos alimentares. Segundo Foschia et al. (2013), alta CRO permite a estabilização da gordura de produtos e emulsões e alta CRA pode ser utilizada para evitar sinérese e modificar a viscosidade e textura de alguns alimentos formulados. Segundo os mesmos autores, extensas pesquisas têm mostrado a utilização de frutas e subprodutos vegetais como fonte de fibra dietética para aplicação em alimentos, sobretudo devido às propriedades vantajosas e de ampla aplicação, em produtos de panificação, produtos cárneos, snacks e bebidas para diabéticos. Além disso, segundo Joshi et al. (2015), essas duas propriedades, CRA e CRO, podem afetar significativamente a umidade do produto, textura (frescor), e aparência (por exemplo, cor, brilho, forma e outros), características sensoriais importantes para o consumidor. A CRA e a CRO estão relacionadas à menor retrogradação do amido, portanto retarda o envelhecimento de produtos de panificação.

### **Farinografia**

A reologia desempenha um papel importante na indústria de cereais e na panificação tem sido o foco de muitos estudos. No presente trabalho, os resultados encontrados na comparação entre a farinha de trigo (padrão) e uma farinha mista, constituída pela farinha de trigo adicionada de 10% de resíduo de ciriguela (FRC) são apresentados na Tabela 3. Todos os parâmetros avaliados na análise farinográfica apresentaram diferença estatisticamente significativa entre as amostras de farinha mista (FRC) e a padrão (farinha de trigo) como mostrado na Tabela 3.

**Tabela 3 – Parâmetros farinográficos da farinha de resíduo de ciriguela (FRC)**

Parâmetros farinográficos	Padrão	Mista com FRC
Absorção de água (%)	59,2 ± 0,1 <sup>a</sup>	60,2 ± 0,1 <sup>b</sup>
Tempo de desenvolvimento da massa (min)	15,74 ± 0,31 <sup>a</sup>	8,9 ± 0,36 <sup>b</sup>
Estabilidade (min)	26,37 ± 5,52 <sup>a</sup>	11,33 ± 0,12 <sup>b</sup>
Índice de tolerância à mistura (UF)	4,34 ± 1,15 <sup>a</sup>	47,67 ± 1,53 <sup>b</sup>

Média ± desvio padrão (n = 3). Letras diferentes na coluna são significativamente diferentes (p < 0,05) pelo teste *t de Student*. Padrão: farinha de trigo, Mista farinha de trigo 90% + FRC 10%, FRC = farinha do resíduo de ciriguela

Com base nos parâmetros da AACC (2000) (Tabela 4), a farinha (FRC) testada pode ser classificada quanto à força, enquanto que a farinha padrão de forte a muito forte. Os parâmetros de tempo de desenvolvimento de massa e estabilidade são indicadores de força da farinha, e valores elevados sugerem massas mais fortes (ALMEIDA; CHANG; STEEL, 2010; ABOSHORA et al., 2015).

**Tabela 4 - Classificação da qualidade da farinha segundo a interpretação dos parâmetros obtidos pela farinografia**

Classificação	Tempo de Desenvolvimento (min)	Estabilidade (min)	Índice de Tolerância (UF)
Muito Fraca	≤ 2,0	≤ 2,0	≥ 200
Fraca	2,1 – 4,0	2,1 – 4,0	150 – 199
Média força-fraca	4,1 – 6,0	4,1 – 7,0	100 – 149
Média força-forte	6,1 – 8,0	7,1 – 10,0	50 – 99
Forte	8,1 - 10,0	10,1 – 15,0	0 – 49
Muito Forte	≥ 10,1	≥15,0	-

Fonte: AACC (2000)

As características de desenvolvimento da massa, estabilidade e absorção de água são diretamente relacionadas à finalidade da farinha (Tabela 5). Farinhas que apresentam valores de absorção de água menores do que 55%, por exemplo, não são indicadas para a produção de pães. É necessária a adição de uma quantidade de água para a ocorrência de vários fenômenos indispensáveis à qualidade destes produtos, dentre eles: a união das partículas do glúten, a garantia da umidade final do produto, a disponibilização de vapor para o salto de forno, a dissolução de ingredientes hidrófilos, a ativação das enzimas e o desenvolvimento da fermentação (AACC, 2000).

**Tabela 5** - Especificação de farinhas para categorias de produtos

Característica	Massas	Pães	Bolos	Biscoitos fermentados	Biscoitos doces
Absorção de água (%)	60-64	> 55	-	< 55	< 55
Desenvolvimento (min)	8-13	4-9	1-2	3-6	1-3
Estabilidade (min)	> 15	12-18	2-4	6-12	2-4

Fonte: AACCC (2000)

No presente estudo, a farinha mista com 10% de FRC promoveu um aumento significativo da absorção de água da massa quando comparado ao padrão. Estes resultados se contrapõem ao estudo realizado por Peressini e Sensidoni (2009), onde a absorção de água diminuiu com substituição da farinha de trigo em percentuais de até 7,5%. Neste caso, a inulina comercial foi utilizada como sucedânea na preparação de uma massa de pão. Entretanto, Ktenioudaki e Gallagher (2012) em uma revisão da literatura apontaram que um dos principais efeitos da substituição da farinha de trigo por ingredientes ricos em fibra dietética é o aumento da absorção de água durante a etapa de mistura da massa do pão.

Aboshora et al. (2015) utilizaram a farinha da fruta doum (*Hyphaene thebaica* L.) como substituto parcial da farinha de trigo, e observaram algumas diferenças no comportamento de mistura da massa medida pelo farinógrafo. Segundo os autores, esta substituição aumentou significativamente a absorção de água em comparação com o controle, sendo mais evidente quando o percentual de farinha de doum (FFD) foi de 20%. Ainda segundo os autores, altos níveis de absorção de água poderiam estar associados com um elevado teor de fibras e à elevada capacidade de ligação com a água, que decorre, provavelmente, pelo grande número de grupos hidroxila presentes na estrutura da fibra, o que permite mais interações de água por ligações de hidrogênio. Pavlovich-Abril et al. (2015) também relataram que o efeito sobre as características de qualidade de farinha de trigo na panificação esteve significativamente relacionado com os teores de fibra dietética, amido e proteína das sucedâneas utilizadas em *blends*.

O tempo de desenvolvimento de massa foi significativamente reduzido em comparação ao padrão, conforme também descrito por Ohimain (2015) ao relatar sobre a utilização de farinhas provenientes de outras fontes tais como

tubérculos, cereais, pseudocereais, leguminosas como alternativas na substituição do trigo em até 20% para a produção de pães. Este resultado corrobora com aqueles obtidos por Almeida, Chang e Steel (2010) ao adicionar fibras de diferentes vegetais (grãos e cereais) em variadas proporções. Neste caso, houve redução deste parâmetro quando comparado ao padrão (farinha de trigo). Entretanto, Aboshora et al. (2015) obtiveram resultados diferentes. A utilização de farinha da fruta doum (*Hyphaene thebaica* L.) aumentou drasticamente o tempo de desenvolvimento de massa que, segundo os autores, poderia ser explicado pelo baixo teor de proteínas de sua sucedânea (2,4%).

Conforme padrões do AACC (2000), a farinha mista avaliada neste estudo apresentou especificações adequadas à produção de pães em dois requisitos: a absorção de água > 55% (60,2%) e tempo de desenvolvimento de massa entre 4 e 9 min (8,9 min). Em comparação com a farinha padrão, pode-se verificar que a FRC melhorou a qualidade da farinha de trigo para aplicação em pães, uma vez que reduziu o tempo necessário à formação da massa e aumentou a absorção de água significativamente quando comparada com o padrão.

Quanto à estabilidade da massa, a presença de FRC reduziu este parâmetro (EST = 11,33 min) de modo estatisticamente significante quando comparado ao controle (EST = 26,37). Segundo Vernaza et al. (2011), que encontraram resultados semelhantes com a substituição parcial de farinha banana verde em massas, este resultado é esperado, uma vez que farinhas obtidas de frutas contém outros componentes que podem interferir na formação da rede de glúten, impedindo a sua continuidade ou simplesmente, diluindo as proteínas encontradas na farinha de trigo.

Esses dados corroboram com aqueles encontrados por Ktenioudaki e Gallagher (2012), que apontam esse como um dos efeitos da aplicação de produtos ricos em fibras em massas de pão. Aboshora et al. (2015) verificaram que a estabilidade das farinhas diminuiu à medida que foi aumentado o percentual de substituição da farinha de trigo por farinha de fruta. Este achado foi apoiado pelo trabalho de Nindjin, Amani e Sindic (2011), que relataram a diminuição de estabilidade à medida que a substituição da farinha de trigo aumentou, promovendo o enfraquecimento da rede de glúten.

A estabilidade é um indicativo do tempo de batimento das massas. Farinhas que apresentem valores menores a 12 min de estabilidade suportam tempos de batimento menores e, caso este tempo seja ultrapassado, a rede de glúten formada poderá ser quebrada, deixando a massa pegajosa. Por outro lado, as farinhas que apresentem valores de estabilidade menores, permitem maior tempo de fermentação, propiciando maior volume específico do produto final e ganho em propriedades organolépticas (KTENIOUDAKI; GALLAGHER, 2012).

Os índices de tolerância à mistura (MTI) para a farinha de trigo e a farinha mista foram de 4,34 UF e 47,67 UF, respectivamente, indicando que a adição de FRC diminuiu a tolerância da farinha de trigo à ação mecânica durante um tempo de mistura prolongada. Vernaza et al. (2011) também observaram esta redução com a adição de farinha de banana verde em farinha de trigo.

### Alveografia

O alveógrafo determina a força de glúten de uma massa de pão, medindo a força necessária para expandir e estourar uma bolha de massa (AACC, 2000). Os resultados da análise alveográfica (Tabela 6) obtidos no presente estudo mostraram que a farinha mista obteve resultados significativamente mais elevados para a tenacidade e a razão P/L. Entretanto, a extensibilidade e energia de deformação foram menores quando comparados ao padrão.

**Tabela 6** – Parâmetros alveográficos da farinha de resíduo de ciriguela (FRC)

Parâmetros alveográficos	Padrão	Mista com FRC
Tenacidade (P)	128,34 ± 7,64 <sup>a</sup>	186,00 ± 3,12 <sup>b</sup>
Extensibilidade (L)	49,67 ± 4,51 <sup>a</sup>	16,00 ± 2,11 <sup>b</sup>
Energia de deformação (W)	258,00 ± 7,94 <sup>a</sup>	111,00 ± 5,57 <sup>b</sup>
Configuração e equilíbrio da curva (P/L)	2,61 ± 0,39 <sup>a</sup>	11,62 ± 0,43 <sup>b</sup>

Média ± desvio padrão (n = 3). Médias seguidas de letras diferentes na coluna são significativamente diferentes (p < 0,05) pelo teste *t* de Student. Padrão: farinha de trigo, Mista farinha de trigo 90% + FRC 10%, FRC = farinha do resíduo de ciriguela

Segundo Nindjin, Amani e Sindic (2011), a adição de farinhas de vegetais à farinha de trigo modifica em menor ou maior extensão as



propriedades reológicas da massa de pão, dependendo da origem botânica e do nível de substituição da farinha de trigo.

Em relação à extensibilidade (L) a farinha mista apresentou resultado inferior (16,0 mm) quando comparado ao padrão (49,67 mm). Vernaza et al. (2011) também encontraram maior valor deste parâmetro para a farinha de trigo quando comparado à farinha de banana verde (FBV). Isto pode estar relacionado à interferência de outros compostos da FBV (fibras, amido resistente), resultando em uma massa mais densa, mais dura. Resultados encontrados por Aboshora et al. (2015) corroboram com estes estudos, pois a extensibilidade da amostra controle foi de 168 mm, e de 109 mm com a DFF (farinha da fruta doum) a 20%.

Quanto à energia de deformação (W), a presença de FRC diminuiu para  $111,0 \cdot 10^{-4} \text{J}$ , em comparação ao controle,  $258,010^{-4} \text{J}$ . Os dados de Aboshora et al. (2015) se assemelham a estes resultados. O valor P/L oferece informações sobre a resistência elástica e a extensibilidade de equilíbrio da massa. Para as amostras testadas houve diferença estatisticamente significativa entre as amostras padrão e com FRC, sendo que a adição de FRC provocou seu aumento. Isto provavelmente está relacionado ao seu elevado teor de fibras, que tendem a interagir fortemente com as proteínas de farinha de trigo, e conseqüentemente, afetando a elasticidade da matriz da massa. (ABOSHORA et al., 2015).

### **Análise da atividade citotóxica *in vitro***

Alguns produtos naturais provenientes de plantas são supostamente prejudiciais para saúde. Portanto, estudos da atividade citotóxica são necessários e podem indicar o perfil tóxico de extratos vegetais (OKE; ASLIM, 2010). Dessa forma, a partir dos testes realizados para a farinha de resíduo de ciriguela na concentração de  $50 \mu\text{g mL}^{-1}$  não foi observada citotoxicidade nas células normais e tumorais, conforme apresentado na Tabela 7.

Para análise dos resultados apresentados na Tabela 7 foi utilizada uma escala de intensidade do potencial citotóxico: amostras com atividade intensa (95 a 100 % de inibição), com atividade moderada (inibição de crescimento celular variando de 70 a 90%) e sem atividade (inibição de crescimento menor que 50 %) (RODRIGUES et al., 2014).

**Tabela 7** – Avaliação da atividade citotóxica *in vitro* de farinha de resíduo de ciriguela (FRC) na concentração de 50 µg mL<sup>-1</sup>

Produto	% de inibição ± EPM			
	NCI-H292	HEP-2	MCF-7	RAW 264.7
FRC	39,1 ± 1,7	11,0 ± 0,0	50,6 ± 1,7	58,4 ± 2,5
Doxorrubicina	94,1 ± 1,2	79,4 ± 2,6	74,8 ± 2,1	96,5 ± 0,8

EPM = erro padrão médio

Para análise dos resultados apresentados na Tabela 7 foi utilizada uma escala de intensidade do potencial citotóxico: amostras com atividade intensa (95 a 100 % de inibição), com atividade moderada (inibição de crescimento celular variando de 70 a 90%) e sem atividade (inibição de crescimento menor que 50 %) (RODRIGUES et al., 2014).

Este resultado foi semelhante ao encontrado por Omena et al., (2012) quando examinaram um possível efeito citotóxico de extratos vegetais de ciriguela na concentração de 100 µg mL<sup>-1</sup> em células epiteliais da córnea de ovelhas, embora concentrações de 100 ppm não mostraram citotoxicidade sobre as células normais, pois não houve redução da viabilidade celular inferior a 90%.

### **Ensaio Toxicológico Pré-clínico Agudo e determinação da DL50**

Considerando-se os parâmetros citados por Almeida et al. (1999) e Hor et al. (2012), FRC administrada na dose única de 2.000 mg kg<sup>-1</sup>, por via oral, não promoveu nenhuma alteração no comportamento animal, quando comparado ao respectivo grupo controle (NaCl 0,9 %). Também não foi observada alteração significativa no consumo de ração e ingesta de água em comparação com o grupo que recebeu o controle negativo (Tabela 8).

Na avaliação ponderal observou-se um aumento de peso, porém não significativo. Em relação à avaliação do índice de órgãos dos animais e de suas características macroscópicas também não houve alteração, quando comparados aos animais do grupo controle (Tabela 8).

Para assegurar o uso de produtos naturais, sobretudo para aplicação em alimentos, deve-se submetê-los a testes pré-clínicos de eficácia e segurança *in vivo*. A realização do Ensaio Toxicológico Pré-clínico Agudo em animais de laboratório (RE 90, 2004) pode dar mais informações sobre as propriedades

biológicas de um composto químico do que qualquer outro teste (RAJEH et al., 2012).

**Tabela 8** – Efeito da administração oral do resíduo de *Spondias purpurea* L. no consumo de ração e água, evolução ponderal e peso dos órgãos em ratos *Wistar* machos e fêmeas, durante 14 dias

Parâmetros	Sexo	Tratamentos		
		Controle (salina 0,9%)	Resíduo de ciriguela (2000mg kg <sup>-1</sup> )	
Consumo de Ração (g)	Fêmeas	113, 3 ± 6,1 <sup>a</sup>	105,8 ± 5,9 <sup>a</sup>	
	Machos	129,3 ± 7,1 <sup>a</sup>	135, 8 ± 7,2 <sup>a</sup>	
Consumo de água (mL)	Fêmeas	212,5 ± 36,9 <sup>a</sup>	191,8 ± 9,8 <sup>a</sup>	
	Machos	224,4 ± 34,1 <sup>a</sup>	255,1 ± 35,5 <sup>a</sup>	
Avaliação Ponderal (g)	Fêmeas	Inicial	175 ± 22,9 <sup>a</sup>	
		Final	220,5 ± 26,0 <sup>a</sup>	
	Machos	Inicial	206,3 ± 17,9 <sup>a</sup>	
		Final	244, ± 11,3 <sup>a</sup>	
	Peso dos órgãos (mg g <sup>-1</sup> )	Fêmeas	Fígado	29,35 ± 5,7 <sup>a</sup>
			Rins	3,90 ± 0,24 <sup>a</sup>
Baço			2,5 ± 0,4 <sup>a</sup>	
Machos		Fígado	30,96 ± 3,0 <sup>a</sup>	
		Rins	3,49 ± 0,15 <sup>a</sup>	
		Baço	3,5 ± 0,5 <sup>a</sup>	

Os resultados estão expressos como média ± desvio padrão (d.p) (n=7). Teste t de Student, \*\*p<0,01, comparados à solução salina 0,9%. Para o índice de órgãos, os valores estão expressos como média ± d.p. da divisão do peso dos órgãos (mg) pelo peso dos animais (g); teste “t” de Student p>0,05

Segundo Meyer et al. (1982), na avaliação da toxicidade de produtos naturais usando este bioensaio, valores de CL<sub>50</sub> acima de 1.000 µg mL<sup>-1</sup> indicam que os produtos apresentam discreta toxicidade. Sendo assim, a farinha de resíduo de ciriguela apresentou valores para a CL<sub>50</sub> acima de 2.000 µg mL<sup>-1</sup>, sugerindo, portanto, baixa toxicidade nas condições testadas.

O Ensaio Toxicológico Pré-Clínico Agudo em animais, foi realizado por meio da triagem farmacológica comportamental utilizando a metodologia

padronizada por Almeida et al.(1999) e Hor et al. (2012) com o objetivo de identificar alterações no Sistema Nervoso Central (SNC) e Sistema Nervoso Autônomo (SNA), pela observação e registro de alguns sinais ou alterações de condutas apresentados pelos animais, após serem tratados por via oral com 2000 mg Kg<sup>-1</sup> da farinha de resíduo de ciriguela.

Em geral, a via de administração oral é a mais conveniente e vulgarmente utilizada quando se estuda a toxicidade aguda, pois apresenta diversas vantagens, como menor custo, ser indolor, portanto, não há necessidade do uso de anestesia durante a administração da suspensão. Além disso, como o objetivo é utilizar a farinha como fonte alimentar, essa é a melhor maneira de avaliá-la.

Para a realização da análise, os animais foram submetidos a jejum de 12 horas antes da administração do extrato, a fim de evitar que os alimentos e outros produtos químicos no trato digestivo viessem afetar a ação dos constituintes da farinha administrada (SYAHMI et al., 2010).

Ao final do experimento e da análise dos dados coletados, observou-se que não houve alterações relevantes em relação ao SNC e SNA, nem morte e nem alterações na massa corpórea dos animais durante os 14 dias de observação após a administração, impossibilitando a determinação da DL50.

O consumo de nutrientes e água é fundamental para o estado fisiológico do animal e para a realização da resposta correta à substância testada, sendo a observação da ingestão de alimentos e água importante no estudo da segurança de um produto com efeito terapêutico, para se evitar uma falsa resposta devido a condições nutricionais inadequadas e desidratação (RAJEH et al., 2012).

Segundo Afzan et al. (2012), alterações no peso corporal são os índices de efeitos adversos de medicamentos e produtos químicos mais facilmente observados, constituindo-se um importante indicador do estado fisiológico e patológico em humanos e animais, sendo considerada significativa quando superior a 10% para mais ou para menos. O ganho de peso corporal dos animais tratados com farinha de *S. purpurea* L. foi semelhante ao grupo controle, indicando que não houve efeito sobre o peso corporal por ação da substância administrada.

Ainda conforme Afzan et al. (2012), a relação entre o peso dos órgãos do animal e sua massa corporal também é fundamental para indicar se houve exposição ou não à lesão. Quando a resposta é positiva, o fígado, rim e o baço são os principais órgãos afetados por reações metabólicas provocadas por substâncias tóxicas. No presente estudo, os pesos relativos (%) dos órgãos isolados (fígado, rins e baço) entre o tratamento e os grupos controle mantiveram-se normais, indicando que a farinha vegetal apresenta baixa toxicidade. Quanto à DL50, como a farinha de resíduo de ciriguela não provocou morte dos animais durante os 14 dias de observação após a administração, não foi possível determiná-la.

Assim, os resultados apresentados sugerem que a farinha de resíduo de ciriguela na dose única de 2.000 mg kg<sup>-1</sup> apresentou baixa toxicidade nas condições avaliadas, possibilitando assim, segurança para aplicação deste produto no enriquecimento de produtos alimentícios e outros fins.

### **Análise microbiológica**

Além da análise nutricional e das propriedades tecnológicas da FRC, a qualidade microbiológica se constitui um fator essencial em termos de saúde e segurança do consumidor. Assim sendo, embora na legislação vigente não haja parâmetros para determinar a qualidade microbiológica de farinhas de resíduo de frutas, os dados encontrados evidenciam baixa carga microbiana no produto avaliado, o que demonstra boas práticas de processamento, conforme observado na Tabela 9.

**Tabela 9** – Contagem média de microrganismos na farinha do resíduo de ciriguela<sup>1</sup>

Contagem de aeróbios (UFC/g)	Coliformes totais (UFC/g)	<i>E.coli</i> (UFC/g)	Bolores e Leveduras (UFC/g)
3,02 x 10 <sup>2</sup>	1,65 x 10 <sup>2</sup>	< 10	4,65x 10 <sup>2</sup>

\*Resultados expressos como <10 representam ausência de colônias na placa.

#### **4. CONCLUSÃO**

Os resultados deste estudo indicam que a farinha produzida a partir do bagaço da ciriguela pode ser considerada um ingrediente em potencial de produtos alimentares, aumentando o seu teor de fibra dietética total e melhorando suas propriedades tecnológicas, especialmente sua capacidade de retenção de água, óleo e intumescimento. A adição de fibras aos produtos alimentares é de grande interesse, sobretudo pelo desenvolvimento de novos produtos tidos como funcionais e seus diversos benefícios à saúde. A farinha de resíduo de ciriguela é aplicável em produtos que requerem hidratação e preservação do frescor, como alimentos cozidos e produtos de panificação. Ademais, aspectos de segurança da farinha também foram testados a partir de análise microbiológica e de sua atividade tóxica e concluiu-se que a utilização deste subproduto não traz riscos à saúde do consumidor.

## REFERÊNCIAS

ABOSHORA, W. et al. Influence of doum (*Hyphaene thebaica* L.) flour addition on dough mixing properties, bread quality and antioxidant potential. **Journal of Food Science and Technology**, United States of America, v. 53, n. 1, p. 591-560, 2015.

AFZAN, A. et al. Repeated dose 28-days oral toxicity study of *Carica papaya* L. leaf extract in sprague dawley rats. **Molecules**, v. 17, p. 4326-4342, 2012. Disponível em: <<http://www10.3390/molecules17044326>>. Acesso em: 10 jan. 2016.

ALLEY, M. C. et al. Feasibility of drug screening with panels of human tumor cell lines using a microculture tetrazolium assay. **Cancer Research**, Philadelphia, v. 48, p. 589-601, 1988.

ALMEIDA, E. L.; CHANG, Y. K.; STEEL, C. Effect of adding different dietary fiber sources on farinographic parameters of wheat flour. **Cereal Chemistry**, St. Paul, Minnesota, v. 87, n. 6, p. 566-573, 2010.

ALMEIDA, R. N. et al. Metodologia para avaliação de plantas com atividade no sistema nervoso central e alguns dados experimentais. **Brazilian Journal of Pharmacognosy**, Paraná, v. 80, p. 72-76, 1999.

AMERICAN ASSOCIATION OF CEREAL CHEMISTS. **Approved methods of the AACC**. 10th ed. Saint Paul: AACC, 2000.

ASCAR, J. M. **Alimentos: aspectos bromatológicos e legais: análise percentual**. São Leopoldo, RS: Unisinos Editora, 1985.

ASSOCIATION OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official Methods of Analysis of AOAC International**. 15. ed. Arlington, VA: Association of Official Analytical Chemists, 1990.

ASSOCIATION OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis of the Association of Official Agricultural Chemist**. 16th ed. 3th rev., 2002.

AYALA ZAVALA, J. F et al. Agro-industrial potential of exotic fruit byproducts as a source of food additives. **Food Research International**, Canada, v. 44, p. 1866-1874, 2011.

BAIANO, A. Recovery of biomolecules from food wastes — a review. **Molecules**, v. 19, p. 14821-14842, 2014. Disponível em: <<file:///C:/Users/UFRPE/Downloads/molecules-19-14821.pdf>>. Acesso em: 5 jan. 2016.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução nº 17, de 30 de abril de 1999. Aprova o regulamento técnico que estabelece as diretrizes básicas para a avaliação de risco e segurança dos alimentos. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 30 abr. 1999. Seção 1, p. 71.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. RDC nº 90 de 16 de março de 2004. Dispõe sobre o Guia para os estudos de toxicidade de medicamentos fitoterápicos. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 18 mar. 2004. Disponível em Disponível em: <http://www.anvisa.gov.br/medicamentos/registro/legis.html>. Acesso em: 26jan.2016.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC nº 263, de 22 de setembro de 2005. Aprova o regulamento técnico para produtos de cereais, amidos, farinhas e farelos. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, 2005. Disponível em: <[http://portal.anvisa.gov.br/wps/wcm/connect/1ae52c0047457a718702d73fbc4c6735/RDC\\_263\\_2005.pdf?MOD=AJPERES](http://portal.anvisa.gov.br/wps/wcm/connect/1ae52c0047457a718702d73fbc4c6735/RDC_263_2005.pdf?MOD=AJPERES)>. Acesso em: 10 fev. 2016.  
BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Políticas de Saúde. **Alimentos regionais brasileiros**. Brasília, DF: Ministério da Saúde, 2002. (Série F. Comunicação e Educação em Saúde, n. 21).

ELLEUCH, M. et al. Dietary fibre and fibre-rich by-products of food processing: characterisation, technological functionality and commercial applications: a review. **Food Chemistry**, United Kingdom, v. 124, p. 411-421, 2011.

ENGELS, C. et al. Characterization of phenolic compounds in jocote (*Spondias purpurea* L.) peels by ultra-high-performance liquid chromatography/electrospray ionization mass spectrometry. **Food Research International**, Canada, v. 46, p. 557-562, 2012.

FOSCHIA, M. et al. The effects of dietary fibre addition on the quality of common cereal products: review. **Journal of Cereal Science**, United Kingdom, v. 58 p. 216-227, 2013.

HOR, S. Y. et al. Safety assessment of methanol extract of red dragon fruit (*Hylocereus polyrhizus*): acute and subchronic toxicity studies. **Regulatory Toxicology and Pharmacology**, California, v. 63, p. 106-114, 2012.

JOSHI, A. U.; CHANGQI, L.; SHRIDHAR, K. S. Functional properties of select seed flours. **LWT - Food Science and Technology**, Swiss, v. 60, p. 325-333, 2015.

KTENIOUDAKI, A.; GALLAGHER, E. Recent advances in the development of high-fibre baked products. **Trends in Food Science & Technology**, London, v. 28, p. 4-14, 2012.



LÓPEZ VARGAS, J. H. et al. Chemical, physico-chemical, technological, antibacterial and antioxidant properties of dietary fiber powder obtained from yellow passion fruit (*Passiflora edulis* var. *flavicarpa*) co-products. **Food Research International**, Canada, v. 51, p. 756-763, 2013.

MARTÍNEZ, R. et al. Chemical, technological and in vitro antioxidant properties of mango, guava, pineapple and passion fruit dietary fibre concentrate. **Food Chemistry**, United Kingdom, v. 135, p. 1520-1526, 2012.

MEYER, B. N. et al. Brine shrimp: a convenient general bioassay for active plant constituents. **Journal of Medical Plant Research**, Dubai, v. 45, n. 1, p. 31-34, 1982.

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

TABELA brasileira de composição de alimentos. Campinas: UNICAMP/NEPA, 2011. Disponível em: <[http://www.unicamp.br/nepa/taco/contar/taco\\_4\\_edicao\\_ampliada\\_e\\_revisada](http://www.unicamp.br/nepa/taco/contar/taco_4_edicao_ampliada_e_revisada)>. Acesso em: 15 jul. 2014.

NINDJIN C.; AMANI G.; SINDIC, M. Effect of blend levels on composite wheat doughs performance made from yam and cassava native starches and bread quality. **Carbohydrate Polymers**, United Kingdom, v. 86, n. 4, p.1637-1645, 2011.

OHIMAIN, E. I. Recent advances in the production of partially substituted wheat and wheatless bread. **European Food Research & Technology**, Germany, v. 240, p. 257-271, 2015.

OKE, F.; ASLIM, B. Biological potentials and cytotoxicity of various extracts from endemic *Origanum minutiflorum* O. Schwarz & P.H. Davis. **Food and Chemical Toxicology**, v. 48, p. 1728–1733, 2010.

OMENA, C.M.B. et al. Antioxidant, anti-acetylcholinesterase and cytotoxic activities of ethanol extracts of peel, pulp and seeds of exotic Brazilian fruits: antioxidant, anti-acetylcholinesterase and cytotoxic activities in fruits. **Food Research International**, Canada, v. 49, p. 334-344, 2012.

OECD. **Guideline for testing of chemicals: acute oral toxicity-acute toxic class method**. 2001. Disponível em: <[https://ntp.niehs.nih.gov/iccvam/suppdocs/feddocs/oced/oced\\_gl423.pdf](https://ntp.niehs.nih.gov/iccvam/suppdocs/feddocs/oced/oced_gl423.pdf)>. Acesso em: 14 fev. 2016.

O'SHEA, N. et al. Physicochemical assessment of two fruit by-products as functional ingredients: Apple and orange pomace. **Journal of Food Engineering**, Elsevier, v. 153, p. 89-95, 2015.

PAVLOVICH-ABRIL, A. et al. Relationships between chemical composition and quality-related characteristics in bread making with wheat flour–fine bran blends. **Journal of Food Quality**, Massachusetts, v. 38, p. 30-39, 2015.

PERESSINI, D.; SENSIDONI, A. Effect of soluble dietary fibre addition on rheological and breadmaking properties of wheat doughs. **Journal of Cereal Science**, United Kingdom, v. 49, n. 2, p. 190-201, 2009.

RAJEH, M. A. B. et al. Acute toxicity impacts of *Euphorbia hirta* L extract on behavior, organs body weight index and histopathology of organs of the mice and *Artemia salina*. **Pharmacognosy Research**, India, v. 4, n. 3, p. 170-177, 2012.

RAMÍREZ MAGANDA, J. et al. Nutritional properties and phenolic content of a bakery product substituted with a mango (*Mangifera indica*) 'Ataulfo' processing by-product. **Food Research International**, Canada, v. 73, p. 117-123, 2015.

ROBERTSON, J. A. et al. 8JM BN Hydratation properties of dietary fibre and resistant starch: A European collaborative study. **Lebensmittel-Wissenschaft und Technologie – Food Science and Technology**, Swiss, v. 33, p. 72-79, 2000.

RODRIGUES, F. A. et al. Mefloquine-oxazolidine derivatives: a new class of anticancer agents. **Chemical Biology & Drug Design**, London, v. 83, n. 1, p. 126-131, 2014.

SÁNCHEZ ZAPATA, E. et al. Technological properties of date paste obtained from date by-products and its effects on the quality of a cooked meat product. **Food Research International**, Canada, v. 44, p. 2401-2407, 2011.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE FRUTICULTURA. **Ciriguela**. 2015. Disponível em: <<http://www.todafruta.com.br/fruta/713/Ciriguela>>. Acesso em: 29 dez. 2015.

SYAHMI, A. et al. Acute oral toxicity and brine shrimp lethality of *Elaeis guineensis* jacq., (oil palm leaf) Methanol Extract. **Molecules**, Swiss, v. 15, p. 8111-8121, 2010.

TRAYNHAM, T. L. et al. Evaluation of water-holding capacity for wheat–soy flour blends. **Journal of the American Oil Chemists Society**, Germany, v. 84, n. 2, p. 151-155, 2007.

VERNAZA, M. G.; GULARTE, M. A.; CHANG, Y. K. Addition of green banana flour to instant noodles: rheological and technological properties. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 35, n. 6, p. 1157-1165, 2011. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1413-70542011000600016&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-70542011000600016&lng=en&nrm=iso)>. Acesso em: 10 fev. 2016.

VIÚDA MARTOS, M. et al. Chemical, physico-chemical and functional properties of pomegranate (*Punica granatum* L.) bagasses powder co-product. **Journal of Food Engineering**, Elsevier, v. 110, p. 220-224, 2012.

VIÚDA MARTOS, M. et al. Role of fibre in cardiovascular diseases: a review. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, Pennsylvania , v. 9, p. 240-258, 2010.

## **Caracterização físico-química e avaliação da qualidade de pão de forma com substituição parcial por farinha de resíduo de ciriguela (*Spondias purpúrea* L.)**

### **RESUMO**

O pão é um dos alimentos mais consumidos pela humanidade, gênero alimentício de primeira necessidade. Nas últimas décadas, pesquisadores têm trabalhado com a fortificação de pães com compostos naturais, devido às exigências de alimentos mais saudáveis. Resíduos vegetais podem ser utilizados para enriquecimento de alimentos, sobretudo pelo seu alto valor nutritivo, presença de compostos funcionais e melhoria na qualidade tecnológica de produtos de panificação. O objetivo deste trabalho foi avaliar a qualidade sensorial de pão de forma elaborado com substituição parcial (5, 10 e 15%) de farinha de resíduo de ciriguela (FRC) identificando a amostra mais aceita e nesta realizar as análises química, física e reológica. A análise sensorial demonstrou boa aceitação para o pão com 10% de FRC. As análises químicas revelaram que o pão com FRC em 10% apresentou maior teor de cinzas, fibra dietética total e carboidratos e menor percentual de gordura do que o pão tradicional ( $p < 0,05$ ). As propriedades físicas dos pães foram afetadas pela substituição com FRC; a altura, o volume e volume específico dos pães foram reduzidos. Além disso, na avaliação das propriedades tecnológicas (textura), as amostras com FRC apresentaram dureza superior, menor coesividade e elasticidade. Estas alterações foram provocadas, sobretudo, pelo teor de fibra aumentado, presente na farinha sucedânea. A partir da avaliação sensorial o pão com 10% de FRC foi o mais aceito. Em conclusão, a FRC apresentou potencial como agente de enriquecimento nutricional e sensorial em pães de forma com substituição de até 10%, constituindo-se uma alternativa nobre e sustentável para utilização de resíduos de fruta, e possibilitando, ao mesmo tempo, um pão fonte de fibras segundo a legislação vigente.

**Palavras-chave:** Avaliação sensorial, propriedades reológicas, fibra dietética, alimento funcional

## ABSTRACT

Bread is one of the most consumed food by mankind, prime necessity foodstuff. In recent decades, researchers have been working with the fortification of bread with natural compounds, due to the demands of healthier foods. Plant residues can be used for food enrichment, especially for its high nutritional value, the presence of functional compounds and improved technological quality of bakery products. The objective of this study was to evaluate the quality of prepared loaf pan with partial replacement of red mombin fruit residue flour (RMFRF) in 5, 10 and 15% through chemical, physical, rheological and sensory analyzes to determine the best formulation. The chemical analysis revealed that the 10% RMFRF bread showed higher ash content, total dietary fiber and carbohydrates and lower percentage of fat than the traditional bread ( $p < 0.05$ ). The physical properties of bread were affected by replacement with RMFRF; height, volume, and specific volume of the breads were reduced. Moreover, the evaluation of technological properties (texture) samples with RMFRF showed superior hardness and lower cohesiveness and elasticity. The changes were caused mainly by increased fiber content present in ersatz flour. In conclusion, the RMFRF showed potential as nutritional and sensory enriching agent in breads with up to 10% of replacement, making it a noble and sustainable alternative to the use of fruit waste, and allowing at the same time, the reduction of wheat flour consumption, so required in the world market.

**Keywords:** Sensory evaluation, rheological properties, dietary fiber, functional food

## 1. INTRODUÇÃO

Atualmente, até um terço de frutas e hortaliças na forma de cascas, sementes e peles podem ser descartadas durante o preparo e processamento, criando assim um "resíduo", ao mesmo tempo, diminuindo o máximo potencial nutricional do vegetal. Os pesquisadores estão descobrindo novos usos alternativos para este subproduto ao utilizá-lo como potencial ingrediente (AYALA-ZAVALA et al., 2011; BAIANO, 2014).

Nas últimas décadas pesquisadores têm dado destaque à fortificação de pães com compostos naturais, sobretudo pela posição de destaque deste alimento na dieta humana e também pela busca por alimentos mais saudáveis, com a inserção de cereais integrais, sementes e até resíduos obtidos do processamento de vegetais (RAHAIE et al., 2014; HOBBS et al., 2014; ABOSHORA et al., 2015; COELHO; SALAS-MELLADO, 2015).

Algumas pesquisas mostram que esta aplicação pode trazer benefícios nutricionais, devido ao teor aumentado de substâncias bioativas e fibra dietética, proporcionando melhora dos parâmetros de qualidade dos pães, como a cor, volume, aparência global e até a vida de prateleira. Adicionalmente, o enriquecimento do pão com fontes vegetais parece ser uma estratégia aceitável para aumentar sua ingestão, uma vez que o consumo regular destes alimentos tem sido associado à prevenção de doenças crônicas, como as doenças cardiovasculares e certos tipos de câncer (HO et al., 2013; RAHAIE et al., 2014; HOBBS et al., 2014; DZIKI et al., 2014).

O enriquecimento de alimentos tem se mostrado uma maneira muito fácil e barata para melhorar a qualidade destes produtos. A substituição parcial da farinha de trigo de 10% a 30% por outros cereais e / ou pseudocereais e em até 5% de componentes funcionais (casca de cebola, resíduo de café, fibra dietética) mostrou ser eficiente para oferta de valor nutritivo aumentado sem alterar a preferência do consumidor pelo produto desenvolvido (DZIKI et al., 2014).

O resíduo agroindustrial (casca e sementes) de ciriguela (*Spondias purpurea* L.) apresenta elevado conteúdo de fibra alimentar e teores relevantes de fitoquímicos bioativos com forte potencial antioxidante. Até então, 21 compostos fenólicos foram detectados e caracterizados deste subproduto.

Estas características fazem do subproduto da ciriguela uma fonte promissora com perspectivas de utilização em produtos alimentícios, como biscoitos, massas e pães, entre outros ou ainda para extração de antioxidantes naturais (ENGELS et al., 2012; OMENA et al., 2012).

Considerando o crescente interesse pelos alimentos chamados funcionais, este trabalho teve por objetivo avaliar as propriedades físicas, composição nutricional, sensorial e características tecnológicas de pães formulados com substituição parcial de trigo por farinha de resíduo de ciriguela.

## **2. MATERIAIS E MÉTODOS**

### **2.1 Materiais**

O experimento foi realizado nos laboratórios de Técnica Dietética (LabTD), Análise Sensorial de Alimentos e Análise Físico-químico de Alimentos (LAFQA) do Departamento de Ciências Domésticas da Universidade Federal Rural de Pernambuco (DCD/UFRPE) no período de maio a agosto de 2015.

Os materiais utilizados para a elaboração dos pães foram adquiridos no comércio local, transportados para o laboratório e armazenados até o momento das análises, exceto a farinha de resíduo de ciriguela que após processada, foi mantida sob congelamento ( $-22^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ ) até o início da análise.

Os pães foram elaborados com os seguintes ingredientes: farinha de trigo especial, leite UHT integral, açúcar, óleo vegetal, ovos, fermento biológico seco instantâneo, sal e farinha de resíduo de ciriguela.

Para a elaboração da farinha de resíduo de ciriguela, cascas e sementes foram coletadas em uma indústria de produção de polpas de fruta localizada em Recife/PE. O material foi coletado diretamente da linha de produção e imediatamente transportado para o LAFQA. Em seguida, foi efetuada catação, para o descarte das sementes, e as cascas submetidas à secagem ( $50^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ ) em estufa com circulação de ar, até atingir umidade igual ou inferior a 10%. O resíduo desidratado foi então triturado em moinho multiuso (TE 631/2 - Tecnal) e a farinha do resíduo de ciriguela (FRC) acondicionada em sacos plásticos de polietileno de alta densidade envolvidos em papel alumínio. A FRC foi armazenada sob congelamento ( $-22^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ ) até o preparo dos pães.

## 2.2 Elaboração dos pães

Foram elaboradas 4 formulações de pão de forma, sendo uma controle, contendo na formulação 0% FRC, o pão de forma tradicional. As demais apresentavam substituição parcial da farinha de trigo por 5%, 10% e 15% de FRC (Tabela 1). Todos os pães foram elaborados em triplicata.

O percentual de substituição da farinha de trigo pela FRC foi definido partir de estudos prévios com aplicação em produto de panificação.

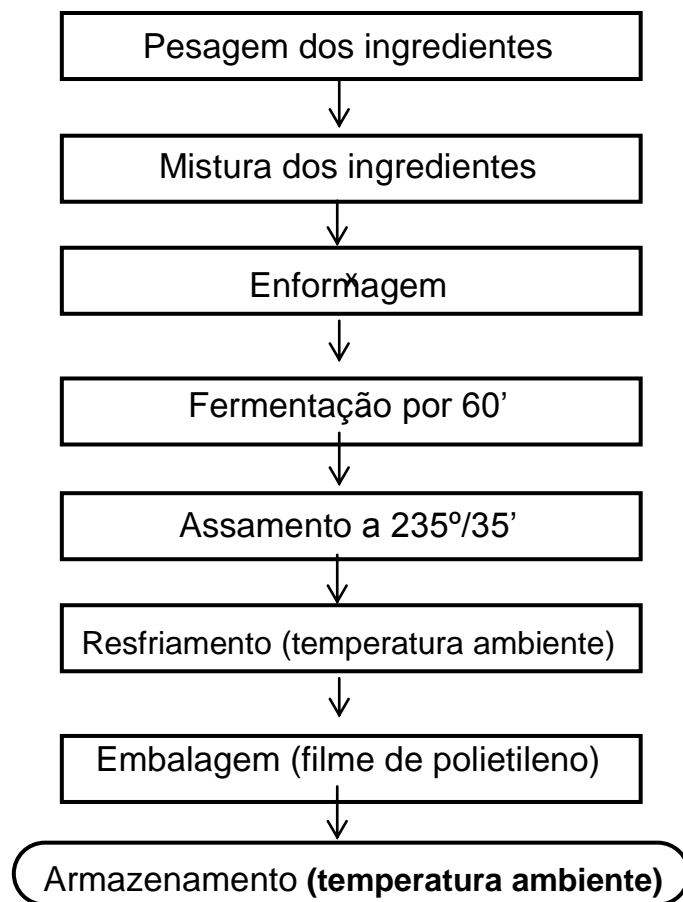
**Tabela 1** – Formulação do pão padrão e pães com substituição parcial do trigo por farinha de resíduo de ciriguela.

Ingredientes (g/mL)	Pão 0% FRC	Pão 5% FRC	Pão 10% FRC	Pão 15% FRC
Farinha de trigo	500	475	450	425
FRC	-	25	50	75
Leite integral	300	300	300	300
Óleo de soja	65	65	65	65
Açúcar	60	60	60	60
Ovos	110	110	110	110
Fermento biológico	10	10	10	10
Sal	6	6	6	6

O processo de fabricação dos pães consistiu de três fases: mistura (10 min), a fermentação (60 min) e forneamento (35 min). Na primeira etapa, todos os ingredientes foram misturados em batedeira Arno Planetária Deluxe SX82 e após a obtenção de uma massa uniforme e viscoelástica, a massa foi despejada em formas retangulares antiaderentes (comprimento de 28 cm, largura de 11 cm e altura de 9 cm) previamente untadas com óleo vegetal e polvilhadas com farinha de trigo, sendo deixadas para fermentação por 1:00 h, à temperatura de 29°C no laboratório de Técnica Dietética. Em seguida, a massa foi assada em forno doméstico a 230°C por 35 minutos. O fluxograma da elaboração dos pães de forma é apresentado na Figura 1.



Figura 1 – Fluxograma de elaboração dos pães de forma



### 2.3 Análise sensorial (STONE; SIDEL, 2004)

A avaliação sensorial do pão fresco foi realizada com 72 provadores não treinados, pré-selecionados por meio de questionário (Apêndice A). A análise foi realizada em cabines individuais, ambiente climatizado (25°C) e iluminação artificial branca.

O método afetivo foi escolhido para aplicação de 2 (dois) testes: teste de aceitação (Apêndice B) e ordenação por preferência (Apêndice C). Além disso, realizou-se questionário de intenção de compra dos pães. A partir dos resultados obtidos nos dois testes foi selecionado o pão com FRC mais aceito (5, 10 ou 15 % FRC). Esta amostra foi utilizada como parâmetro para as comparações realizadas com o pão de forma tradicional (100% farinha de trigo).

As amostras de pão com diferentes teores de FRC em fatias de aproximadamente 15 g/cada foram servidas em pratos plásticos descartáveis na cor branca e codificados com números de 3 dígitos aleatórios diferentes para cada tipo de pão. Para a limpeza do palato entre as amostras foi oferecida água mineral. Todos os pães foram elaborados no dia anterior à realização dos testes e permaneceram embalados com polipropileno até o momento das análises. Além disso, para a realização dos testes sensoriais, o protocolo experimental foi submetido ao Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade de Pernambuco (CEP/UPE) (Apêndice D).

### **Teste de aceitação**

Para a avaliação da aceitação utilizou-se uma escala hedônica de nove pontos, onde 1 indica “desgostei muitíssimo” e 9 “gostei muitíssimo”, para os atributos aparência global, cor, aroma, sabor e textura, ambos para as três formulações de pão de forma com substituição parcial de farinha de resíduo de ciriguela. A ficha utilizada para o teste está no apêndice B. As amostras foram apresentadas monadicamente em blocos completos balanceados de 3 amostras com 12 repetições, totalizando 72 provadores, a fim de evitar erros de ordem de sua apresentação. (STONE; SIDEL, 2004).

### **Teste de ordenação de preferência**

No teste de ordenação de preferência foram entregues 3 amostras, sendo solicitado aos provadores que as ordenassem de acordo com o grau de preferência, a menos preferida (nota 1) à mais preferida (nota 3). Todas as amostras foram apresentadas ao mesmo tempo. Utilizou-se uma ficha de coleta de dados apresentada no apêndice C.

## **2.4 Análises físicas**

Com relação às propriedades físicas foram verificados o peso da massa crua e o da massa assada. Além dessas foram avaliados: volume, volume específico, densidade, porcentagem de perdas durante cocção e medidas dos pães (altura, largura e comprimento das amostras)(HO et al., 2013).

## **Volume e volume específico**

O volume do pão (mL) foi medido utilizando o método de deslocamento de sementes de painço, conforme Ho et al. (2013), sendo calculado como descrito na Eq. (1):

$$\text{Volume do pão (mL)} = V1 - V2 \quad (\text{Eq.1})$$

O volume específico ( $\text{cm}^3 / \text{g}$ ) foi calculado conforme descrito na Eq. (2):

$$\text{Volume específico (cm}^3 / \text{g)} = \text{Volume do pão} / \text{peso do pão} \quad (\text{Eq.2})$$

## **Densidade**

A densidade foi determinada pela relação massa/volume em  $\text{g/cm}^3$ , conforme a Eq. (3):

$$\text{Densidade (g / cm}^3\text{)} = \text{Peso do pão} / \text{volume do pão} \quad (\text{Eq.2})$$

## **Cor**

Para a determinação de cor dos pães utilizou-se o colorímetro Minolta CHROMA METER CR-400, operando em sistema CIELAB –  $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$  (BIBLE; SINGHA, 1999). Foram utilizadas 9 amostras de pão em cada tratamento, realizando-se uma leitura por amostra da casca e miolo dos pães.

Para cálculo do croma (C), que expressa a cor, foi utilizada a equação descrita por Estevéz e Cava (2004), conforme a expressão a seguir:

$$C = (a^2 + b^2)^{0,5} \quad (\text{Eq. 4})$$

## **Textura**

A dureza, a coesividade e a elasticidade foram medidas no pão fresco após 24 horas de sua elaboração e determinada pelo analisador de textura Brookfield, modelo CTB Texture Analyzer (Figura 2). Os testes foram conduzidos de acordo com a AACC (2000) (74-09.01), método que consistia em comprimir as fatias no centro da plataforma do analisador de textura utilizando um probe cilíndrico de 25,4 mm de diâmetro sob as seguintes condições de trabalho: velocidade do teste de 2 mm/s; velocidade pós-teste de 10,0 mm/s; 20% de compressão e 5 g de força de gatilho. Assim, foram

obtidos os parâmetros de firmeza (g) e dureza (g) (Figura 2). A análise foi realizada em triplicata, sendo que para cada pão foram testadas 3 fatias contendo 50 g e 25 mm de espessura.

**Figura 2** - Análise do perfil de textura dos pães



Fonte: Arquivo pessoal.

## 2.5 Ensaio físico-químico

A determinação de composição química das amostras foi determinada de acordo com a AOAC (2002). A umidade foi determinada pelo método 935.29, a atividade de água utilizando o analisador Aqualab 4TE Decagon Devices a 25°C, as proteínas pelo método de Kjeldahl, método AOAC 955.04; Soxhlet método AOAC 960.39; cinzas, AOAC método 923.03. O teor de carboidratos foi estimado por diferença, conforme fórmula a seguir (ASCAR, 1985):

Carboidratos totais (g/100g) = 100g - umidade + proteína + lipídios + cinzas - fibra dietética (Eq. 5)

O valor calórico dos pães foi calculado com base nos coeficientes de Atwater (WATT; MERRILL, 1963), com base nos coeficientes calóricos correspondentes à proteína, hidratos de carbono e conteúdo lipídico, de acordo com a Equação (4), como se segue.

Calorias (Kcal. 100g<sup>-1</sup>)= (g de proteínas x 4) + (g de carboidratos x 4) + (g de lipídeos x 9)

### **Fibra alimentar total**

As análises foram realizadas segundo o método gravimétrico enzimático, Método 991.43 (AOAC, 1990) em triplicata. Duplicatas de cada amostra seca e moída (com um teor de gordura <10%) foram submetidas à digestão enzimática, com o objetivo de promover a hidrólise do amido e das proteínas presentes na amostra. Numa primeira etapa, procedeu-se à hidrólise do amido pela ação da  $\alpha$ -amilase, na etapa seguinte à hidrólise da proteína pela ação da protease e, por último à hidrólise da amilose por adição da amiloglicosidase. A fibra solúvel foi precipitada com etanol 95% e o resíduo total filtrado e sucessivamente lavado com porções de etanol 78%, etanol 95% e acetona. Em seguida, o resíduo seguiu para a secagem a 105° C até massa constante. Após arrefecimento em dessecador, pesou-se o cadinho com o resíduo e a Celite para determinar a massa do resíduo. A partir daí, as duplicatas seguiram uma para a determinação de proteína por Kjeldahl e a outra para a determinação de cinzas em mufla à 550°C (AOAC, 2002).

O teor de fibra alimentar total (FT) referente à matéria seca foi calculado de acordo com a seguinte expressão:

$$FT (\%) = (\text{massa do resíduo} - \text{proteína} - \text{cinza} - \text{branco}) \times 100 \text{ (Eq. 5)}$$

### **2.6 Análise Estatística**

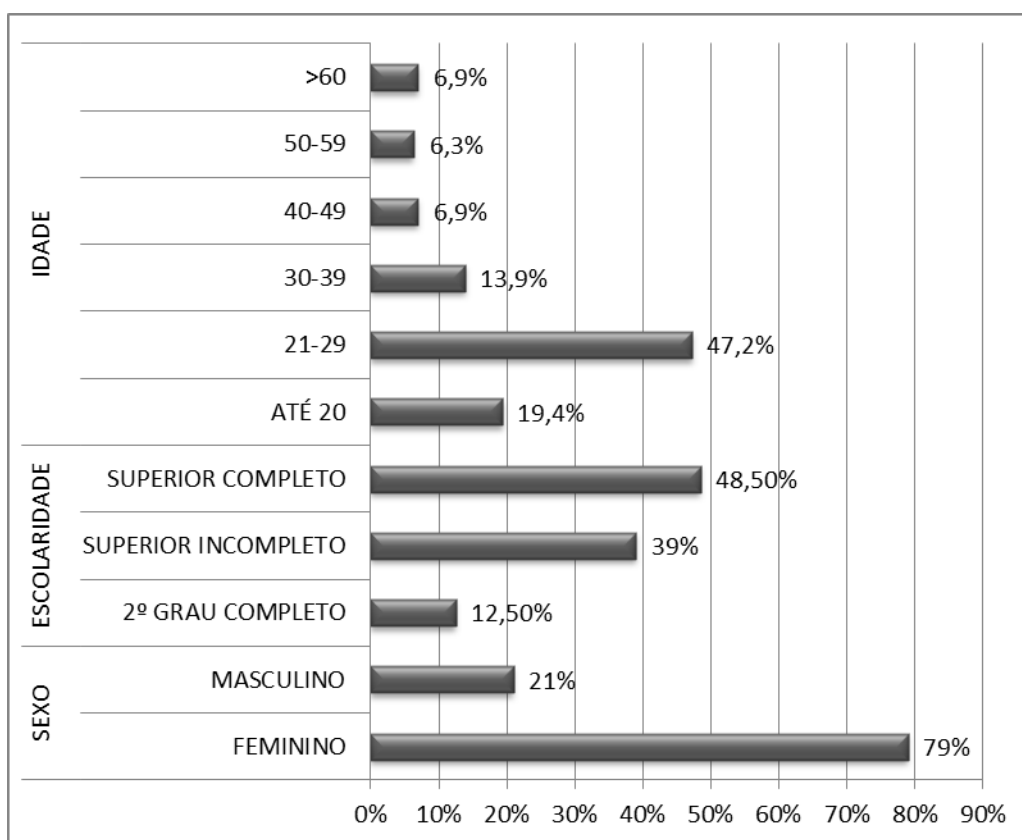
Os dados com média  $\pm$  desvio padrão da análise em triplicata foram comparados com o teste *t de Student*, exceto a avaliação sensorial (N = 72) em seu teste de aceitação, na qual os dados foram submetidos à Análise de Variância de fator único (One-way-ANOVA) e comparados pelo teste de Duncan ( $p < 0,05$ ). As análises estatísticas foram realizadas pelo programa "Statistica" (versão 7.0, StatSoft, Inc., Tulsa, USA). Para o teste de ordenação de preferência, a análise dos resultados foi feita pelo teste de Friedmann, utilizando-se a Tabela Newell e MacFarlane que indica a diferença crítica entre as somas totais de ordenação de acordo com o número de amostras e o número de julgamentos obtidos, ao nível de 5% de significância (ABNT, 1994).

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### Perfil sociodemográfico dos provadores

A maioria dos participantes era do gênero feminino (79,0%), com idade entre 21-29 anos (47,2%). O nível de escolaridade predominante entre os entrevistados foi o Ensino Superior completo (48,5%), conforme mostrado na Figura 3.

**Figura 3** - Perfil sociodemográfico dos consumidores



#### Teste de aceitação

As expectativas dos consumidores de alimentos desempenham um papel importante em sua percepção sensorial e aceitabilidade. Além disso, há muitos fatores que podem afetar a escolha dos alimentos, tais como os fatores econômicos, sociais e ambientais, bem como o conhecimento da saúde e Nutrição (HOBBS et al., 2014). O resultado do teste de aceitação é mostrado na Tabela 2.

**Tabela 2** – Valores das médias do teste de aceitação para os pães com 5, 10 e 15% de farinha de resíduo de ciriguela (FRC)

Atributos	Pães		
	5% FRC	10% FRC	15% FRC
Aparência global	7,07 ± 1,36 <sup>a</sup>	7,08 ± 1,45 <sup>a</sup>	6,04 ± 1,81 <sup>b</sup>
Cor	7,32 ± 1,17 <sup>a</sup>	7,25 ± 1,35 <sup>a</sup>	6,43 ± 1,69 <sup>b</sup>
Aroma	7,40 ± 1,47 <sup>a</sup>	7,36 ± 1,43 <sup>a</sup>	6,93 ± 1,57 <sup>a</sup>
Sabor	7,60 ± 1,31 <sup>a</sup>	7,53 ± 1,35 <sup>a</sup>	6,67 ± 1,86 <sup>b</sup>
Textura	7,17 ± 1,74 <sup>a</sup>	7,26 <sup>a</sup> ± 1,60 <sup>a</sup>	6,29 <sup>b</sup> ± 1,90 <sup>b</sup>

Escala hedônica de nove pontos com 1 e 9 com os extremos representando, respectivamente, não gostei extremamente e gostei extremamente. Os dados foram submetidos a ANOVA, e comparados pelo teste de Duncan. Médias com letras sobrescritas diferentes indicam haver diferenças significativas entre as amostras ( $p < 0,05$ ).

As propriedades sensoriais (aparência global, cor, aroma, sabor e textura) dos pães foram testadas em uma escala hedônica de nove pontos. As médias obtidas para as amostras com 5% e 10% de FRC para todos os atributos foram maiores do que 7, indicando que os pães foram bem aceitos, uma vez que este resultado indica "gostei muito", não havendo diferença significativa entre as formulações ( $p < 0,05$ ).

Coelho e Salas-Mellado (2015) também obtiveram bons níveis de aceitabilidade de pães formulados com farinha ou sementes de chia, com substituição de 7 e 11%. Neste caso, as médias semelhantes (superiores a 7) foram observadas para os parâmetros avaliados. Entretanto, pães contendo 15% de FRC, obtiveram menores médias, diferindo significativamente das demais amostras (5 e 10%) exceto para o atributo "aroma". Com isso, foi constatado que quantidades excessivas desta farinha afetaram negativamente aparência global, a cor, o sabor e a textura do produto.

Aboshora et al. (2015) encontraram resultados muito semelhantes aos observados neste estudo. Segundo esses autores, pães enriquecidos com 5% e 10% de farinha de doum (DFF) e o controle (100% farinha de trigo) em termos de aroma, sabor, textura e aceitação global não apresentaram diferenças significativas para as médias obtidas. Além disso, aqueles formulados com 15% e 20% de DFF eram muito mais escuros do que o controle ( $p < 0,05$ ), influenciando negativamente a aceitação do pão. No presente estudo o aumento de FRC também promoveu o escurecimento do pão ( $p < 0,05$ ).

Embora Hobbs et al. (2014) tenham ressaltado que a aplicação de vegetais em pão pareça ser uma estratégia desejável para aumentar sua ingestão, eles concluíram que o “gostar” destes produtos enriquecidos depende do tipo de vegetal utilizado. No teste de aceitação foram avaliadas 4 formulações de pão enriquecido (beterraba branca, beterraba vermelha, cenoura com coentro e pimenta vermelha com tomate). Como resultado da avaliação global, foram obtidas médias muito variadas (entre 3,1 e 7,5), sem diferença estatística significativa em relação ao controle (pão sem vegetais).

Entretanto, pães produzidos com resíduo da ciriguela obtiveram melhores resultados, sendo que as características provenientes do seu fruto, muito apreciado pelo seu aroma e sabor agradáveis e ainda evidentes na farinha, podem ter contribuído, em parte, para esta aceitação. Ao investigar a composição de voláteis de ciriguela foram identificados 27 compostos (CEVA-ANTUNES et al., 2006). Além disso, o aroma foi o único parâmetro avaliado no qual as médias não diferiram significativamente entre os 3 pães formulados com FRC, independentemente do teor.

Segundo Stone e Sidel (2004), a escala hedônica de nove pontos proporciona resultados que são válidos e de confiança. Dessa forma, com base nos resultados descritos, a substituição de até 10% de FRC pode ser utilizada para o enriquecimento de pães de forma sem prejuízos ao aspecto sensorial segundo a avaliação do consumidor.

### **Teste de ordenação de preferência**

Os valores do teste de ordenação de preferência aplicado em pães com 5, 10 e 15% de FRC estão apresentados na Tabela 3. Os dados foram avaliados pelo teste de Friedman (NEWELL e MacFARLANE, 1987) para verificar diferenças entre amostras, considerando-se três amostras e 72 julgadores ( $p \leq 0,05$ ).

Como pode ser observado na Tabela 3, o pão mais preferido foi aquele com 5%FRC, entretanto não houve diferença significativa para o segundo colocado, 10%FRC. O 15 % FRC foi o menos preferido, apresentando diferença significativa em comparação às duas outras amostras testadas. Esse resultado pode estar relacionado ao fato de elevadas quantidades de FRC (>10%) afetaram negativamente algumas características fundamentais para os



pães na visão do consumidor, tais como: a aparência global, a cor, o sabor, a textura, além da redução de volume (STOJCESKA; BUTLER, 2012; ABOSHORA et al., 2015).

**Tabela 3** – Somatório dos valores do teste de ordenação por preferência para os 72 julgadores dos pães elaborados com farinha de resíduo de ciriguela (FRC)<sup>1,2</sup>

Amostra	5% FRC	10% FRC	15% FRC
N	170 <sup>a</sup>	140 <sup>a</sup>	122 <sup>b</sup>

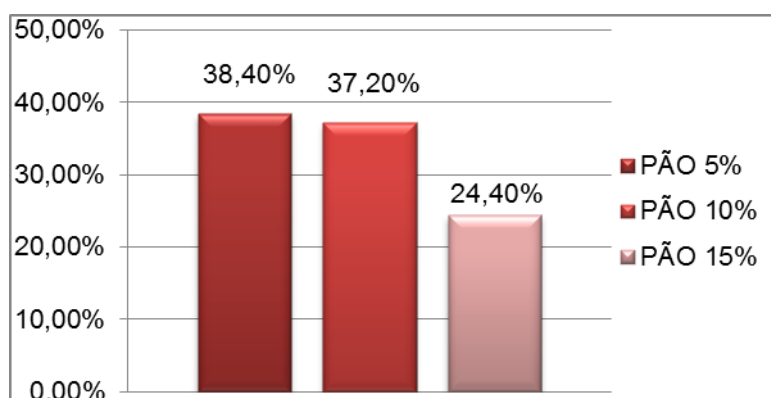
<sup>1</sup>Soma dos valores de ordenação para os 72 julgadores. <sup>2</sup>Valores na horizontal com letras diferentes de acordo com o tabelado por Newell e MacFarlane (1987) diferem estatisticamente pelo teste de Friedman. ( $p \geq 0,05$ ). Diferença mínima= 37.

### Intenção de compra

Em relação à intenção de compra (Figura 4), a amostra de pão com 5 % FRC apresentou o melhor resultado com 38,4 % dos provadores afirmando que o comprariam, sendo seguido pelo pão com 10 % FRC com 37,2 % respondendo que comprariam. O pão com 15 % FRC obteve menor aceitação, com 24,4 % das intenções de compra. Este resultado mostra que houve uma moderada aceitação dos produtos pelos provadores, indicando que, se colocados à venda, poderiam apresentar uma demanda satisfatória.

Coelho e Salas-Mellado (2015) obtiveram melhores resultados na intenção de compra para um pão elaborado com sementes ou farinha de chia, 83% e 95%, respectivamente.

**Figura 4** - Avaliação de intenção de compra dos pães de forma formulados com farinha de resíduo de ciriguela (FRC)



Considerando que no teste de aceitação e intenção de compra não tenha havido diferença significativa entre os resultados obtidos para os pães com 5 e 10% de substituição de FRC optou-se para dar continuidade aos experimentos, comparando suas características físico-químicas e físicas com o pão padrão (pão tradicional 100% farinha de trigo) nas demais análises, pela amostra com maior teor de substituição (10% FRC).

### Análises físico-químicas

Os resultados da composição centesimal dos pães de forma tradicional e com 10 % FRC são apresentados na Tabela 4.

**Tabela 4** - Composição nutricional dos pães de forma tradicional e formulado com 10 % de farinha de resíduo de ciriguela (FRC)

Parâmetros analisados	0%FRC	10% FRC
Umidade (g 100 g <sup>-1</sup> )	35,80 ± 1,13 <sup>a</sup>	33,81 ± 1,35 <sup>a</sup>
Carboidratos por diferença (g 100 g <sup>-1</sup> )	42,16 ± 0,25 <sup>a</sup>	44,39 ± 0,58 <sup>b</sup>
Proteínas (g 100 g <sup>-1</sup> )	8,55 ± 0,25 <sup>a</sup>	7,92 ± 0,15 <sup>a</sup>
Lipídeos (g 100 g <sup>-1</sup> )	9,66 ± 0,44 <sup>a</sup>	8,12 ± 0,41 <sup>b</sup>
Fibra Dietética Total (g 100 g <sup>-1</sup> )	0,88 ± 0,06 <sup>a</sup>	4,75 ± 0,06 <sup>b</sup>
Cinzas (g 100 g <sup>-1</sup> )	0,45 ± 0,03 <sup>a</sup>	1,01 ± 0,08 <sup>b</sup>
Calorias (Kcal 100 g <sup>-1</sup> )	287,44 <sup>a</sup>	282,32 <sup>a</sup>

%FRC = pão tradicional, formulado com 100% farinha de trigo e 0%FRC; 10%FRC = pão formulado com substituição parcial de farinha de resíduo de ciriguela em 10%. Média ± desvio padrão (n = 3). Letras diferentes entre as colunas são significativamente diferentes ( $p < 0,05$ ) pelo teste *t* de Student.

A substituição de 10 % de FRC no pão causou uma redução no teor de umidade, isto pode ter ocorrido pela padronização da quantidade de água na elaboração dos pães, uma vez que para a formação da massa viscoelástica, em virtude do teor de fibras, um maior teor de líquidos fosse necessário. Ho et al. (2013) também citaram que com a utilização de farinhas com maiores teores de fibras é necessário aumentar o nível de água durante a mistura. Heinio et al. (2016) também encontraram resultados semelhantes. Segundo os autores, há uma competição pela água disponível entre a fibra, o glúten e o amido, sendo que não somente a absorção de água inicial é influenciada, mas também a água de ligação. Ainda segundo os autores, uma medida importante para

reduzir este impacto é hidratar bem a farinha antes de misturá-la à massa de pão.

O teor de cinzas do pão elaborado com FRC foi superior ao encontrado nas amostras de pão de forma tradicional. Este resultado pode ser associado à presença de um maior conteúdo mineral da farinha sucedânea ( $3,07 \text{ g}100 \text{ g}^{-1}$ ) conforme demonstrado na Tabela 4. Outros autores também relatam que a utilização de frutas, cereais, pseudocereais, especiarias, ervas ou seus subprodutos apresentam elevados teores de minerais, e dessa forma, sua adição contribui para o aumento do teor de cinzas dos produtos, sobretudo os de panificação (HO et al., 2013; LÓPEZ-VARGAS et al., 2013; RAMÍREZ-MAGANDA et al., 2015).

Em relação aos carboidratos, o pão de forma tradicional obteve menor valor ( $42,16 \text{ g}100 \text{ g}^{-1}$ ) quando comparado com os pães elaborados com FRC ( $44,39 \text{ g}100 \text{ g}^{-1}$ ) com significância estatística. Uma razão para este aumento está relacionada ao teor elevado de carboidratos da FRC adicionada ( $53,38 \text{ g}100 \text{ g}^{-1}$ ) conforme resultados obtidos em estudos prévios.

O valor protéico apresentou uma ligeira queda. Esta redução pode ser explicada pelo menor teor de proteínas da FRC ( $6,87 \text{ g}100 \text{ g}^{-1}$ ) quando comparada à farinha de trigo (NEPA/UNICAMP, 2011). Segundo Ramírez-Maganda et al. (2015), a utilização de resíduos de fruta como sucedâneas de farinha de trigo geralmente não modifica o conteúdo protéico. Em seu estudo, com elaboração de *muffins* com 75% de subproduto de manga não obteve modificações significativas deste nutriente.

Quanto ao teor de lipídeos do pão com 10% FRC, houve uma redução em comparação com o controle. Alguns autores relatam que conteúdos elevados de fibra alimentar podem diminuir os lipídeos devido à microestrutura porosa das fibras alimentares. Estas estruturas apresentam alta capacidade de hidratação e menor ligação com o óleo, conduzindo a um mais baixo teor de gordura total no produto final (RAMÍREZ-MAGANDA, 2015).

A farinha de resíduo de ciriguela apresentou teores relevantes de fibra alimentar ( $27,5 \text{ g}100\text{g}^{-1}$ ) (Tabela 4), reforçando esta hipótese apresentada. Além disso, segundo Ho et al. (2013), a absorção de gordura é largamente afetada pelo conteúdo do alimento, sendo as moléculas de água importantes na formação de uma barreira, que pode diminuir a penetração do óleo em

alimentos. Adicionalmente, Elleuch et al. (2011) também apontaram a utilização de fibras alimentares como substituto das gorduras, impactando na redução do conteúdo calórico, na melhora da textura e estabilidade de produtos.

A substituição do trigo por FRC em 10 % aumentou significativamente o conteúdo de fibra alimentar total (FDT), sendo 0,88 g 100 g<sup>-1</sup> encontrado no pão tradicional, e 4,75 g 100 g<sup>-1</sup> no pão com 10 % FRC. Esta elevação pode ser justificada pelo quantitativo superior de FDT presente na FRC (27,5 g 100 g<sup>-1</sup>). De acordo com o regulamento técnico sobre informação nutricional complementar, RDC N°54/2012 da ANVISA, pães enriquecidos com 10% de FRC podem ser rotulados como fonte de fibras, uma vez que apresentam mais de 3 g fibra dietética em 100 g de produto, 4,75 g/100g (BRASIL, 2012).

Segundo Elleuch et al. (2011), subprodutos ricos em fibras podem fortificar alimentos, proporcionando maior teor de fibra alimentar, resultando em produtos saudáveis, de baixas calorias, colesterol e gordura. Eles também podem servir como ingredientes funcionais para melhorar as propriedades físicas e estruturais de hidratação, capacidade de retenção de óleo, viscosidade, textura, características sensoriais e prazo de validade, características estas muito almejadas pela indústria alimentícia. Quanto ao total de calorias obtidas dos produtos tradicional e o formulado com FRC, não houve diferença significativa entre as amostras.

Ademais, quanto à atividade de água ( $A_w$ ), o pão tradicional e 10 % FRC apresentaram, respectivamente 0,95 e 0,94, não havendo diferença estatística entre as amostras. Resultados semelhantes também foram encontrados por Curti et al. (2016) para este parâmetro no primeiro dia após a elaboração de pães adicionados com fibras obtidas de casca de batata em 0,4 %. Avaliando o miolo do pão, para o produto testado e seu controle, os valores encontrados foram de respectivamente 0,97 e 0,96, não diferindo estatisticamente. A atividade de água é um importante parâmetro ao desenvolvimento e crescimento de micro-organismos e, conseqüentemente, vida de prateleira do produto (BEUCHAT, 1981; CAUVAIN; YOUNG, 2015). O pão elaborado apresentou  $A_w$  favorável à multiplicação de microrganismos, dessa forma, a aplicação de métodos adicionais de conservação é recomendada, além de estudos de vida de prateleira, possibilitando a comercialização deste produto (CAUVAIN; YOUNG, 2015).

## 2.4 Análises físicas

Na Tabela 5 estão apresentados os valores obtidos na avaliação física dos pães. Todos os parâmetros físicos apresentaram modificações entre o pão utilizado como controle e a amostra com 10 % FRC, exceto pela largura, comprimento e porcentagem de perda de peso, que não apresentaram diferenças significativas quando comparadas ao padrão. As massas inicial e final, o volume e volume específico e a altura dos pães foram menores para o pão 10%.

**Tabela 5** - Parâmetros físicos dos pães de forma com 100% farinha de trigo e com substituição parcial de farinha de resíduo de ciriguela (FRC)

Determinações	0%FRC	10% FRC
<b>Massa inicial(g)</b>	1038,88 ± 5,00 <sup>a</sup>	1018,73 ± 3,21 <sup>b</sup>
<b>Massa final (g)</b>	964,30 ± 2,76 <sup>a</sup>	952,77 <sup>b</sup> ± 4,80 <sup>b</sup>
<b>Volume (cm<sup>3</sup>)</b>	3080,00 ± 35,96 <sup>a</sup>	2686,90 ± 90,90 <sup>b</sup>
<b>Volume específico (cm<sup>3</sup> g<sup>-1</sup>)</b>	3,19 ± 0,05 <sup>a</sup>	2,81 ± 0,08 <sup>b</sup>
<b>Densidade (g/cm<sup>3</sup>)</b>	0,32 ± 0,00 <sup>b</sup>	0,35 ± 0,0 <sup>a</sup>
<b>Largura (cm)</b>	10,5 ± 0,10 <sup>a</sup>	10,3 ± 0,11 <sup>a</sup>
<b>Altura (cm)</b>	10,8 ± 0,17 <sup>a</sup>	9,8 ± 0,32 <sup>b</sup>
<b>Comprimento (cm)</b>	27 ± 0,00 <sup>a</sup>	27 ± 0,00 <sup>a</sup>
<b>% perda peso</b>	0,07 ± 0,00 <sup>a</sup>	0,06 ± 0,00 <sup>a</sup>

%FRC = pão tradicional, formulado com 100% farinha de trigo e 0%FRC; 10%FRC = pão formulado com substituição parcial de farinha de resíduo de ciriguela em 10%. Média ± desvio padrão (n = 3). Letras diferentes entre as colunas são significativamente diferentes (p < 0,05) pelo teste *t* de Student.

Quanto à densidade dos pães, que exibe uma relação entre a massa e o volume do produto elaborado, os resultados obtidos foram de 0,32 e 0,35 g/cm<sup>3</sup>, respectivamente, para o pão controle e para o 10 % FRC. A altura de produtos de panificação também é importante para o consumidor e está diretamente relacionada ao ganho de volume do produto. No pão com FRC a altura foi reduzida quando comparada ao controle.

Em relação à redução de volume do pão formulado com FRC, este parâmetro também foi reduzido (de 3080 para 2686 cm<sup>3</sup>), e isso pode ser explicado pelo elevado conteúdo de fibras no pão formulado com FRC. Conforme Elleuch et al. (2011), de um modo geral, a incorporação de fibras no pão reduz o volume, mas a extensão da modificação depende da fonte de fibra e das modificações sofridas por elas, incluindo tratamento enzimático e ação

mecânica (moagem). Além disso, segundo citado por Coelho e Salas-Mellado (2015), a diluição do glúten pela presença de sucedâneas, que são livres desta proteína, foi responsável pela baixa retenção de dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) durante a fermentação, tendo como principal consequência a redução do volume. Além destes, outros autores concordam com os dados encontrados (ALMEIDA; CHANG; STEEL, 2013; ABOSHORA et al., 2015)

Conforme Stojceska e Butler (2012), o volume específico do pão é uma das características mais importantes para determinar a aceitabilidade do consumidor. Coelho e Salas-Mellado (2015) analisaram pães formulados com semente e farinha de chia. Segundo estes autores, o maior volume específico no pão formulado com farinha de chia pode ter sido o responsável pela maior aceitação dos consumidores. Com a aplicação de FRC houve diminuição deste parâmetro no pão com farinha sucedânea (de 3,19 para 2,81  $\text{cm}^3 \text{g}^{-1}$ ). Embora isto tenha ocorrido ambos os pães apresentaram valores para volume específico dentro dos padrões normais (3,5 - 6,0 ml / g) (ABOSHORA et al., 2015).

## **Textura**

De acordo com Cauvain e Young (2015), a dureza ou firmeza dos pães está relacionada com a força aplicada para ocasionar deformação ou rompimento da amostra, que pode ser avaliada por meio de texturômetros mecânicos e correlacionada com a mordida humana durante a ingestão de alimentos. A força máxima avaliada para produtos de panificação depende, sobretudo, da formulação, umidade da massa, e conservação (tempo de fabricação do produto e embalagem). Os resultados obtidos pela análise do perfil de textura são mostrados na Tabela 6.

Amostras com FRC apresentaram dureza superior, menor coesividade e elasticidade. Peressini e Sensidoni (2009) encontraram para o parâmetro “dureza do miolo” resultados semelhantes ao adicionar inulina, na faixa entre 5 - 7,5% em suas formulações de pão.

Elleuch et al. (2011) relatam que as fibras podem modificar o volume da massa do pão, sua elasticidade, a maciez do seu miolo e firmeza. Isto ocorre, segundo Heinio et al. (2016), porque a fibra presente compete com o glúten pela água disponível, influenciando negativamente na textura do produto.

**Tabela 6** - Parâmetros de textura dos pães de forma tradicional e com substituição de 10% FRC.

Parâmetro	0%FRC	10 % FRC
Dureza (g)	83,13 ± 14,59 <sup>a</sup>	123,00 ± 8,23 <sup>b</sup>
Coesividade	0,89 ± 0,02 <sup>a</sup>	0,81 ± 0,02 <sup>b</sup>
Elasticidade (mm)	4,55 ± 0,13 <sup>a</sup>	4,49 ± 0,12 <sup>b</sup>

0%FRC = pão tradicional, formulado com 100% farinha de trigo e 0%FRC;  
P10%FRC = pão formulado com substituição parcial de farinha de resíduo de ciriguela em 10%. Médias com letras diferentes na mesma linha indicam diferença significativa ( $p \leq 0,05$ ) entre as amostras pelo teste *t de Student*.

A dureza é normalmente usada como um índice para determinar a qualidade e a vida de prateleira do pão, com a perda de resistência durante armazenamento (ULZIJARGAL et al., 2013). Segundo Pourfarzad, Mahdavian-Mehr e Sedaghat (2013), a utilização de subproduto do café em pães mostrou que o tamanho da partícula alterou negativamente em sua dureza quando avaliada no primeiro dia de estocagem. Entretanto, mais tarde, 3º e 5º dia, interferiu positivamente neste parâmetro. As fibras e sua capacidade de ligação com a água, mais uma vez, estão sendo responsabilizadas pela ocorrência deste fenômeno.

A elasticidade é determinada pela extensão de recuperação entre a primeira e segunda compressão efetuada durante o teste de textura e é uma relação adimensional. A presença de FRC provocou uma redução deste parâmetro de 4,55 a 4,49 mm ( $p < 0,05$ ). Entretanto, estes valores foram superiores aos encontrados por Ulzijiargal et al.(2013), que variaram de 0,84 a 0,98 mm, para pães formulados com pó de cogumelos de variadas espécies a 5 %.

A coesão é usada para definir a resistência interna da estrutura do pão e é também uma razão adimensional. Resumidamente, ela é a capacidade de um material agregar-se formando um conjunto. Os resultados obtidos para este parâmetro mostram a redução dessa propriedade em pães formulados com FRC, de 0,89 para 0,81. Ulzijiargal et al.(2013) não encontraram modificações significativas com a aplicação de pó de cogumelo em pães quando comparado ao seu controle para este item e valores menores do que neste estudo, 0,52 - 0,54.

Além disso, Heinio et al. (2016) descreveram que as frações de fibras implicam em menor formação de glúten, na redução da rigidez do glúten formado, além de extensibilidade inferior. Dessa forma, podemos dizer que a substituição de 10% de farinha de trigo por farinha de ciriguela modificou os critérios de textura avaliados, porém sem afetar a aceitação do produto. Entretanto, maiores percentuais acima de 15% promoveram alterações que afetaram a aceitação do produto, confirmado pelo teste de aceitação aplicado neste trabalho.

## **Cor**

A cor da superfície do pão é uma característica importante da qualidade e associada a características de aroma, textura e aparência. De fato, a cor é um atributo essencial do pão, contribuindo para a preferência do consumidor (POURFARZAD; MAHDAVIAN-MEHR; SEDAGHAT, 2013; HO et al, 2013; ABOSHORA et al., 2015).

O modelo de cor CIELAB foi utilizado para a determinação da cor do miolo e crosta dos pães. Os três parâmetros de tal modelo representam a intensidade ( $L^*$ ), que varia de 0 a 100 (preto a branco), a sua posição entre o vermelho e o verde ( $a^*$ , os valores negativos indicam verde, enquanto os valores positivos indicam vermelho) e sua posição entre o amarelo e o azul ( $b^*$ , valores negativos indicam azul e valores positivos indicam amarelo) (POURFARZAD; MAHDAVIAN-MEHR; SEDAGHAT, 2013).

Os resultados obtidos para a cor da casca e do miolo do pão 10 % FRC e o controle podem ser observados na Tabela 7. Comparando os dados obtidos das duas amostras todos os parâmetros apresentaram diferença estatisticamente significativa ( $p < 0,05$ ) entre as duas amostras. Na casca do pão 10 % FRC, os parâmetros  $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$  e *Chroma* apresentaram redução. Segundo Pourfarzad, Mahdavian-Mehr e Sedaghat (2013), a mudança de cor da crosta poderia estar relacionada em parte com o fato de compostos fenólicos presentes serem submetidos à oxidação e seus açúcares terem participado da caramelização durante o cozimento. Além disso, neste estudo, os pães com FRC tinham pouco substrato para a ocorrência da reação de Maillard, uma vez que a adição de líquidos (leite) foi igual para o pão tradicional.



**Tabela 7** - Parâmetros de cor dos pães de forma tradicional e com de 10 % FRC

	0%FRC	10 % FRC
<i>Miolo</i>		
<i>L*</i>	65,81 ± 0,75 <sup>a</sup>	50,59 ± 1,15 <sup>b</sup>
<i>a*</i>	2,18 ± 0,16 <sup>b</sup>	3,32 ± 0,24 <sup>a</sup>
<i>b*</i>	15,56 ± 0,27 <sup>b</sup>	18,40 ± 0,85 <sup>a</sup>
<i>Chroma</i>	15,71 ± 0,25 <sup>b</sup>	18,65 ± 0,95 <sup>a</sup>
<i>Casca</i>		
<i>L*</i>	51,94 ± 0,64 <sup>a</sup>	47,94 ± 2,32 <sup>b</sup>
<i>a*</i>	12,43 ± 0,36 <sup>a</sup>	9,07 ± 0,61 <sup>b</sup>
<i>b*</i>	29,61 ± 0,38 <sup>a</sup>	18,74 ± 2,35 <sup>b</sup>
<i>Chroma</i>	32,12 ± 0,48 <sup>a</sup>	20,84 ± 2,18 <sup>b</sup>

0%FRC - pão tradicional, formulado com 100% farinha de trigo e 0%FRC; 10%FRC, pão formulado com substituição parcial de farinha de resíduo de ciriguela em 10%. Médias com letras diferentes na mesma linha indicam diferença significativa ( $p \leq 0,05$ ) entre as amostras pelo teste *t* de Student.

A redução do valor de  $L^*$  para a casca e miolo dos pães formulados com FRC em relação ao pão padrão já era esperada, uma vez que a farinha sucedânea apresenta-se com cor mais intensa do que a farinha padrão (farinha de trigo). Pavlovich-Abril et al. (2015) citam que o índice de vermelho  $a^*$  da casca está estritamente relacionado com o desenvolvimento da reação de Maillard, ao passo que o amarelo índice  $b^*$  reflete a pigmentação amarela da farinha de trigo ou outras adicionadas. A adição de outras farinhas pode não estar diretamente relacionada com a cor da crosta, o que está principalmente associada com reações de caramelização não enzimáticas. Em contraste, a cor do miolo está normalmente influenciada pela cor do farelo e outras farinhas.

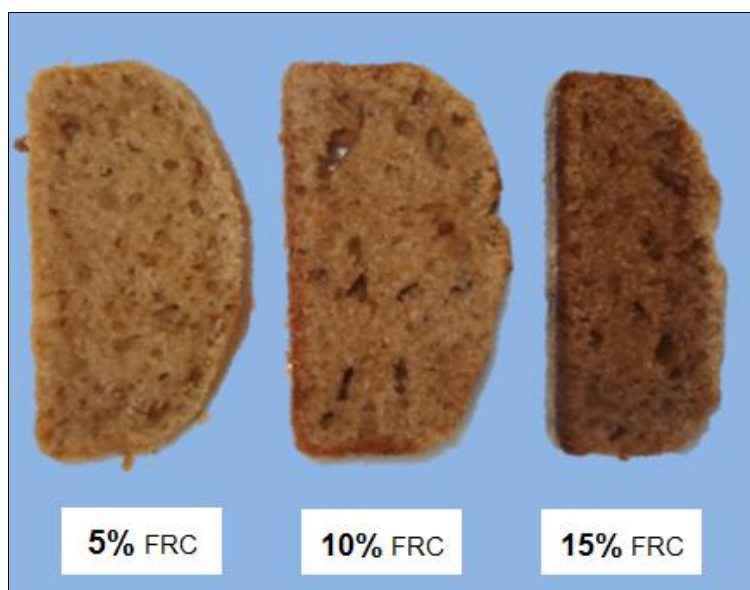
Em relação à cor do miolo dos pães contendo FRC, o valor de  $b^*$  encontrado foi maior que para o pão controle. Esse dado também foi encontrado por Pavlovich-Abril et al., (2015). Segundo os autores, isto pode ser justificado pela presença de pigmentação amarela das farinhas adicionadas. Este dado corrobora com Coelho e Salas-Mellado (2015), que determinaram que o acréscimo de pequenas quantidades de sementes de chia (aproximadamente 2 e 11 g / 100 g), resultou em um valor de cor maior quando comparado ao seu controle, e assim, uma cor mais intensa.

Almeida, Chang e Steel (2013) também encontraram o aumento dos valores para o *Chroma* da cor do miolo com a adição de farinhas sucedâneas (farelo), possibilitando uma cor mais saturada, tendendo mais para o vermelho.

Além disso, seus estudos mostram que a mesma farinha também contribuiu Para a redução do valor de L \*.

Segundo Ohimain (2015), a substituição de até 20 % de farinhas sucedâneas tem se demonstrado viável para aplicação em pães, pois é mantida uma qualidade sensorial aceitável sem impactos negativos sobre a cor (Figura 5).

**Figura 5-** Amostras dos pães de forma formulados com substituição parcial de farinha de resíduo de ciriguela (FRC) em 5, 10 e 15%



Fonte: Arquivo pessoal.

## CONCLUSÃO

Esta pesquisa realizada com a farinha de resíduo de ciriguela demonstrou potencial tecnológico, sem apresentar toxicidade, além de apresentar características nutricionais desejáveis para aplicação em alimentos. Como farinha sucedânea em pães de forma num percentual de até 10% promoveu melhorias na composição nutricional e garantiu boa aceitação entre os consumidores, mostrando ser possível a comercialização deste produto.

## REFERÊNCIAS

- ABNT. **NBR 13170** - Teste de ordenação em análise sensorial. Rio de Janeiro, 1994.
- ABOSHORA, W. et al. Influence of doum (*Hyphaene thebaica* L.) flour addition on dough mixing properties, bread quality and antioxidant potential. **Journal of Food Science and Technology**, United States of America, v. 53, n. 1, p. 591-600, 2015.
- ALMEIDA, E. L.; CHANG, Y. K.; STEEL, C. J. Dietary fibre sources in bread: Influence on technological quality. **LWT - Food Science and Technology**, Swiss, v. 50, p. 545-553, 2013.
- AMERICAN ASSOCIATION OF CEREAL CHEMISTS. **Approved methods of the AACC**. 10th ed. Saint Paul: AACC, 2000.
- ASCAR, J. M. **Alimentos**: aspectos bromatológicos e legais: análise percentual. São Leopoldo, RS, Unisinos Editora, 1985.
- ASSOCIATION OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official Methods of Analysis of AOAC International**. 15 ed., Arlington, VA: Association of Official Analytical Chemists, 1990.
- ASSOCIATION OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official Methods of Analysis of the Association of Official Agricultural Chemist**, 16th ed. 3th rev., 2002.
- AYALA ZAVALA, J. F. et al. Agro-industrial potential of exotic fruit byproducts as a source of food additives. **Food Research International**, Canada, v. 44, p. 1866-1874, 2011.
- BAIANO, A. Recovery of biomolecules from food wastes — a review. **Molecules**, v. 19, p. 14821-14842, 2014. Disponível em: <file:///C:/Users/UFRPE/Downloads/molecules-19-14821%20(1).pdf>. Acesso em: 5 jan. 2016.
- BEUCHAT, L. R. Microbial stability as affected by water activity. **Cereal Foods World**, v. 26, n. 7, p. 345-349, 1981.
- BIBLE, B. B.; SINGHA, S. Copy position influences CIELAB coordinates of peaches color. **Hort Science**, Alexandria, v. 28, p. 175-178, 1999.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução - RDC nº 54, de 12 de novembro de 2012. Dispõe sobre o regulamento técnico sobre informação nutricional complementar. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, 19 nov. 2012. Disponível em: [ftp://ftp.saude.sp.gov.br/ftpssp/bibliote/informe\\_eletronico/2012/iels.nov.12/lel\\_s215/U\\_RS-MS-ANVISA-RDC-54\\_121112.pdf](ftp://ftp.saude.sp.gov.br/ftpssp/bibliote/informe_eletronico/2012/iels.nov.12/lel_s215/U_RS-MS-ANVISA-RDC-54_121112.pdf). Acesso em: 12. Fev.2016.

CAUVAIN, S. P.; YOUNG, L. S. **Technology of breadmaking**. 3. ed. United Kingdom: Springer International Publishing, 2015. 418 p.

CEVA ANTUNES, P. M. N. et al. Analysis of volatile composition of siriguela (*Spondias purpurea* L.) by solid phase microextraction (SPME). **LWT- Food Science and Technology**, Swiss, v. 39, p. 436-442, 2006.

COELHO, M. S.; SALAS MELLADO, M. M. Chemical characterization of Chia (*Salvia hispanica* L.) for use in food products. **Journal of Food and Nutrition Research**, Indonesia, v. 2, n. 5, p. 263-269, 2014. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.12691/jfnr-2-5-9>>. Acesso em: 10 jan. 2016.

CURTI, E. et al. The use of potato fibre to improve bread physico-chemical properties during storage. **Food Chemistry**, United Kingdom, v.195, p.64-70, 2016.

DZIKI, D. et al. Current trends in the enhancement of antioxidant activity of wheat bread by the addition of plant materials rich in phenolic compounds. **Trends in Food Science & Technology**, London, v. 40, p. 48-61, 2014.

ELLEUCH, M. et al. Dietary fibre and fibre-rich by-products of food processing: characterisation, technological functionality and commercial applications: a review. **Food Chemistry**, United Kingdom, v. 124, p. 411-421, 2011.

ENGELS, C. et al. Characterization of phenolic compounds in jocote (*Spondias purpurea* L.) peels by ultra-high-performance liquid chromatography/electrospray ionization mass spectrometry. **Food Research International**, Canada, v. 46, p. 557-562, 2012.

ESTEVEZ, M.; CAVA, R. Lipid and protein oxidation, release of iron from heme molecule and colour deterioration during refrigerated storage of liver pate. **Meat Science**, Australia, v. 68, p. 551-558, 2004.

HEINIO, R. L. et al. Sensory characteristics of wholegrain and bran-rich cereal foods - a review. **Trends in Food Science & Technology**, London, v. 47, p. 25-38, 2016.

HO, L.; AZIZ, N. A. A.; AZAHARI, B. Physico-chemical characteristics and sensory evaluation of wheat bread partially substituted with banana (*Musa acuminata* X *balbisiana* cv. Awak) pseudo-stem flour. **Food Chemistry**, United Kingdom, v. 139, p. 532-539, 2013.

HOBBS, D. A. et al. The consumer acceptance of novel vegetable-enriched bread products as a potential vehicle to increase vegetable consumption. **Food Research International**, Canada, v. 58, p.15-22, 2014.

LÓPEZ VARGAS, J. H. et al. Chemical, physico-chemical, technological, antibacterial and antioxidant properties of dietary fiber powder obtained from yellow passion fruit (*Passiflora edulis* var. *flavicarpa*) co-products. **Food Research International**, Canada, v. 51, p. 756-763, 2013.

TABELA brasileira de composição de alimentos. Campinas: UNICAMP/NEPA. Disponível em: <<http://www.unicamp.br/nepa/taco>>. Acesso em: 15 julho 2014.

NEWELL, G. J.; MacFARLANE, J. D. Expanded tables for multiple comparison procedures in the analysis of ranked data. **Journal of Food Science**, v. 52, n. 6, p. 1721-1725, 1987. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2621.1987.tb05913.x>>. Acesso em: 15 julho 2014.

OHIMAIN, E. I. Recent advances in the production of partially substituted wheat and wheatless bread. **European Food Research & Technology**, Germany, v. 240, p. 257- 271, 2015.

OMENA, C. M. B. et al. Antioxidant, anti-acetylcholinesterase and cytotoxic activities of ethanol extracts of peel, pulp and seeds of exotic Brazilian fruits: Antioxidant, anti-acetylcholinesterase and cytotoxic activities in fruits. **Food Research International**, Canada v. 49, p. 334-344, 2012.

PAVLOVICH ABRIL, A. et al. Relationships between chemical composition and quality-related characteristics in bread making with wheat flour–fine bran blends. **Journal of Food Quality**, Massachusetts, v. 38, p. 30-39, 2015.

PERESSINI, D.; SENSIDONI, A. Effect of soluble dietary fibre addition on rheological and breadmaking properties of wheat doughs. **Journal of Cereal Science**, United Kingdom, v. 49, n. 2, p. 190-201, 2009.

POURFARZAD, A.; MAHDAVIAN MEHR, H.; SEDAGHAT, N. Coffee silverskin as a source of dietary fiber in bread-making: Optimization of chemical treatment using response surface methodology. **LWT - Food Science and Technology**, Swiss, v. 50, p. 599-606, 2013.

RAHAIE, S. et al. Recent developments on new formulations based on nutrient-dense ingredients for the production of healthy-functional bread: a review. **Journal of Food Science and Technology**, United States of America, v. 51, n. 11, p. 2896-2906, 2014.

RAMÍREZ MAGANDA, J. et al. Nutritional properties and phenolic content of a bakery product substituted with a mango (*Mangifera indica*) 'Ataulfo' processing by-product. **Food Research International**, Canada, v. 73, p. 117-123, 2015.

STOJCESKA, V.; BUTLER, F. Investigation of reported correlation coefficients between rheological properties of the wheat bread doughs and baking performance of the corresponding wheat flours. **Trends in Food Science & Technology**, London, v. 24, p. 13-18, 2012.

STONE, H.; SIDEL, J. L. **Sensory evaluation practices**. 3. ed. New York: Academic Press, 2004. 408 p.

ULZIJARGAL, E. et al. Quality of bread supplemented with mushroom mycelia. **Food Chemistry**, United Kingdom, v. 138, p. 70-76, 2013.

WATT, B.; MERRILL, A. L. Composition of foods: Raw, processed, prepared. Washington, DC: **Consumer and Food Economics Research Division/ Agricultural**, 1963.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

A fim de aumentar a sustentabilidade da indústria de processamento de alimentos, é necessário explorar coprodutos antes de se tornarem “lixo”. No entanto, a reutilização dos componentes presentes nestes resíduos agroindustriais ainda é incipiente devido à necessidade de ampliar as pesquisas em busca de novas tecnologias de recuperação dos compostos naturais valiosos que estão presentes.

A aplicação deste do resíduo de fruta (*Spondias purpurea* L.) em pães de forma como sucedânea de farinha de trigo demonstrou-se viável, seja economicamente, seja nutricionalmente. Além disso, embora tenha havido modificação em algumas propriedades tecnológicas do produto elaborado, a adição de um percentual de até 10% apresentou aceitação moderada em testes sensoriais, demonstrando a possibilidade de comercialização deste produto.

## APÊNDICE A – Questionário de recrutamento e seleção dos provadores

Gostaríamos de convidá-lo a participar de nossa pesquisa e agradecemos desde já sua colaboração!

Data: \_\_\_\_/ \_\_\_\_/ 15

Nome: \_\_\_\_\_ Idade: \_\_\_\_\_  
E-mail: \_\_\_\_\_ Sexo: ( ) F ( ) M  
Escolaridade: \_\_\_\_\_

### **Responda com atenção ao questionário:**

Você gosta de pão? ( ) Sim ( ) Não

Qual o seu pão predileto? \_\_\_\_\_

Você costuma consumir pão de forma? ( ) Sim ( ) Não

Você gosta de pão integral? ( ) Sim ( ) Não

Costuma consumir pão integral? ( ) Sim ( ) Não

Se sim, assinale sua frequência de consumo do pão integral:

( ) todos os dias ( ) 2 a 4 vezes por semana

( ) uma vez por semana ( ) ocasionalmente

( ) nunca

Você aceita participar de uma análise sensorial (degustação) com 3 tipos de pães de forma integral? ( ) Sim ( ) Não

Se sim, quais os horários e dias da semana em que você está disponível para as sessões de degustação?

---

---

---

---

---

participação! Agradecemos sua

## APÊNDICE B - – Formulário para teste de aceitação do pão de forma

Nome: \_\_\_\_\_ Data: \_\_\_\_ / \_\_\_\_ / \_\_\_\_

Sexo: ( ) F ( ) M Idade: \_\_\_\_ Escolaridade: \_\_\_\_\_

Você está recebendo três amostras codificadas de pão de forma com substituição parcial de trigo por farinha de resíduo de ciriguela. Avalie as amostras utilizando a escala abaixo e indique o quanto você gostou ou desgostou para cada um dos atributos no quadro a seguir:

- 1 – Desgostei muitíssimo
- 2 – Desgostei muito
- 3 – Desgostei regularmente
- 4 – Desgostei ligeiramente
- 5 – Indiferente
- 6 – Gostei ligeiramente
- 7 – Gostei regularmente
- 8 – Gostei muito
- 9 – Gostei muitíssimo

<b>Amostra</b>	<b>Aparência global</b>	<b>Cor</b>	<b>Aroma</b>	<b>Sabor</b>	<b>Textura</b>

Você compraria algum destes produtos? ( ) Sim ( ) Não

Se sim, qual? \_\_\_\_\_ (Escrever código)

Comentários:

---

---

---

---



APÊNDICE C – Formulário para teste preferência por ordenação do pão de forma

Nome: \_\_\_\_\_ Data: \_\_\_\_ / \_\_\_\_ / \_\_\_\_

Sexo: ( ) F ( ) M Idade: \_\_\_\_\_ Escolaridade: \_\_\_\_\_

Estamos realizando uma pesquisa sobre a preferência do consumidor para este produto. Assim, você está recebendo 3 (três) amostras codificadas. Por favor, ordene-as de acordo com sua preferência, colocando em primeiro lugar aquela de que você mais gostou e por último a de que você menos gostou.

1. \_\_\_\_\_

2. \_\_\_\_\_

3. \_\_\_\_\_

Comentários:

---

---

---

---

## APÊNDICE D – Comprovante de envio do Projeto ao Comitê de Ética

UNIVERSIDADE DE  
PERNAMBUCO/ PROPEGE/



### COMPROVANTE DE ENVIO DO PROJETO

#### DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

**Título da Pesquisa:** POTENCIAL DE UTILIZAÇÃO DE RESÍDUO DE CIRIGUELA (*Spondias purpurea* L.) NA ELABORAÇÃO DE PÃO DE FORMA

**Pesquisador:** HÉLEN MARIA LIMA DA SILVA

**Versão:** 1

**CAAE:** 56563415.5.0000.5207

**Instituição Proponente:** UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO

#### DADOS DO COMPROVANTE

**Número do Comprovante:** 049845/2016

**Patrocinador Principal:** Financiamento Próprio

Informamos que o projeto POTENCIAL DE UTILIZAÇÃO DE RESÍDUO DE CIRIGUELA (*Spondias purpurea* L.) NA ELABORAÇÃO DE PÃO DE FORMA que tem como pesquisador responsável HÉLEN MARIA LIMA DA SILVA, foi recebido para análise ética no CEP Universidade de Pernambuco/ PROPEGE/ UPE em 31/05/2016 às 12:22.

Endereço: Av. Agamenon Magalhães, s/nº

Bairro: Santo Amaro

CEP: 56.100-010

UF: PE

Município: RECIFE

Telefone: (81)3183-3775

Fax: (81)3183-3775

E-mail: [comite.etica@upe.br](mailto:comite.etica@upe.br)

ANEXO A - Protocolo utilizado na Triagem Farmacológica (toxicidade aguda)

Atividade farmacológica	Quantificação dos efeitos (0) sem efeito, (-) efeito diminuído, (+) efeito presente, (++) efeito intenso				
	até 30'	1 h	2 h	3 h	4 h
<b>1 – SNC</b>					
<b>a – Estimulante</b>					
Hiperatividade					
Irritabilidade					
Agressividade					
Tremores					
Convulsões					
Piloereção					
Movimento intenso das vibrissas					
Outras					
<b>b – Depressora</b>					
Hipnose					
Ptose					
Sedação					
Anestesia					
Ataxia					
Reflexo do endireitamento					
Catatonía					
Analgesia					
Resposta ao toque diminuído					
Perda do reflexo corneal					
Perda do reflexo auricular					
<b>c – Outros comportamentos</b>					
Ambulação					
Bocejo excessivo					
Limpeza					
Levantar					
Escalar					
Vocalizar					
Sacudir a cabeça					
Contorções abdominais					
Abdução das patas do trem posterior					
Pedalar					
Estereotipia					
<b>2 - SN AUTÔNOMO</b>					
Diarréia					
Constipação					
Defecação aumentada					
Respiração forçada					
Lacrimejamento					
Micção					
Salivação					
Cianose					
Tono muscular					
Força para agarrar					
<b>3 – MORTE</b>					

Observações complementares.: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
Responsável Técnico

ANEXO B – Registro do consumo de água e de ração

Dia	Data	Machos c.negativo	Machos tratados	Fêmeas c. negativo	Fêmeas tratados	Consumo de água (ml)	Consumo de ração (g)
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10							
11							
12							
13							
14							

Observações complementares: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
Responsável Técnico

ANEXO C - Acompanhamento de peso dos animais

<b>GRUPO MACHOS</b>	<b>PESO INICIAL – 1 DIA</b>	<b>PESO FINAL - 14 DIA</b>
<b>CONTROLE</b>		
1		
2		
3		
4		
5		
6		
<b>TRATADO</b>		
1		
2		
3		
4		
5		
6		
<b>GRUPO FÊMEAS</b>		
<b>CONTROLE NEGATIVO</b>		
1		
2		
3		
4		
5		
6		
<b>TRATADO</b>		
1		
2		
3		
4		
5		
6		

Observações complementares: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
Responsável Técnico