

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
FACULDADE DE FARMÁCIA

DANIELA PEREIRA LEÃO

AVALIAÇÃO COMPARATIVA DO POTENCIAL DE FARELO DE
TRIGO COMERCIAL E PERICARPO DE PEQUI COMO
SUBSTRATOS NA PRODUÇÃO DE FIBRAS COM CAPACIDADE
ANTIOXIDANTE

Belo Horizonte
2013

DANIELA PEREIRA LEÃO

AVALIAÇÃO COMPARATIVA DO POTENCIAL DE FARELO DE
TRIGO COMERCIAL E PERICARPO DE PEQUI COMO
SUBSTRATOS NA PRODUÇÃO DE FIBRAS COM CAPACIDADE
ANTIOXIDANTE

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em ciência dos Alimentos da Faculdade de Farmácia da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial à obtenção do Título de Mestre em Ciência dos Alimentos.

Área de Concentração: Qualidade de Alimentos

Orientadora: Dra. Adriana Silva França-
Universidade Federal de Minas Gerais
Co-orientador: Dr. Leandro Soares de
Oliveira- Universidade Federal de Minas
Gerais

Belo Horizonte
2013

Aos meus amados pais, José Maria e Roseli, e irmãos
Olga e Lucas e ao meu querido Diego, fontes
inesgotáveis de amor, força e confiança.

Dedico.

AGRADECIMENTOS

A Deus, por guiar meus passos e me carregar nos braços nos momentos mais difíceis, não me deixando desanimar e me dando forças para seguir. Por abençoar minha vida e me capacitar para alcançar meus objetivos.

Aos meus pais por mais uma vez serem alicerce na realização deste sonho. Obrigada pelo amor e confiança a mim dedicados.

Aos meus irmãos, companheiros de todas as horas, meus melhores amigos.

À minha amiga Vanessa pelo apoio e pelas valiosas dicas.

À minha amiga Juliana pela paciência e carinho.

A todos os familiares, amigos e amigas que contribuíram para a conclusão desta etapa.

Agradeço à minha querida orientadora Adriana Silva França e ao meu co-orientador Leandro Soares de Oliveira pelos ensinamentos, oportunidade, confiança e, principalmente por aguçarem em mim o desejo de ir em busca para alcançar meus objetivos e me mostrarem que é só começo e que podemos alçar voos muito mais altos.

Aos meus queridos amigos do Laboratório de Biocombustíveis: Cibele (amiga para todas as horas), Nádia, Ana Paula, Jean Carlos, Pablo, Marcos, Fernando e Felipe pelo apoio, risadas e companhia.

E, ao meu amor Diego, peça fundamental nesta conquista, pela, paciência, carinho, companheirismo e por acreditar em mim e no meu potencial.

RESUMO

As mudanças na sociedade, com maior inserção da mulher no mercado de trabalho e com aumento da população economicamente ativa geraram reflexos nos hábitos alimentares. Com isso, observou-se o aumento de consumo de produtos industrializados e *fast foods* que apresentam em sua composição diversos compostos artificiais além de um alto teor de carboidratos simples, gorduras trans, colesterol e sódio que pode estar diretamente relacionado com o número crescente de pessoas com obesidade, doenças cardiovasculares e alguns tipos de câncer. Diante disso, a adição de fibras e compostos antioxidantes em alimentos industrializados insurge como uma forma de melhorar a alimentação do consumidor, além de agregar valor a estes produtos. O Brasil como grande produtor de alimentos, gera grande quantidades de resíduos agrícolas que muitas vezes são ricas fontes de fibras alimentares e compostos bioativos. Avaliou-se neste estudo o potencial de farelo de trigo e pericarpo de pequi como substratos para a produção de fibras com capacidade antioxidante. Inicialmente desenvolveu-se metodologia para obtenção dos pós ricos em fibras alimentares (FA) a partir de cada substrato. Posteriormente, realizou-se a caracterização físico-química dos FA. O farelo de trigo apresentou teor de fibra alimentar de 48,16%, enquanto os grupos de pericarpo de pequi oscilaram entre 39,79 e 45,84%. A porcentagem de fibras solúveis foi maior nas amostras de pericarpo de pequi, o que permite uma maior aplicação em alimentos, uma vez que proporciona melhores propriedades de hidratação. Ambos os substratos apresentaram elevado conteúdo de compostos fenólicos sendo o conteúdo encontrado para as fibras de pericarpo de pequi cerca de 20 vezes superior ao encontrado para as fibras de farelo de trigo. A atividade antioxidante das fibras foi avaliada pelos métodos ABTS e DPPH. As fibras apresentaram elevada atividade antioxidante, sendo maior nas fibras de pericarpo de pequi. Pela análise de correlação de Pearson concluiu-se que tanto o teste de ABTS quanto o de DPPH foram eficientes para a análise de atividade antioxidante e que esta está relacionada ao elevado teor de compostos fenólicos.

Palavras-chave: Pericarpo de pequi; farelo de trigo; subprodutos; fibras alimentares; compostos fenólicos; atividade antioxidante.

ABSTRACT

Changes in society, with more insertion of women in labor market and increase in the economically active population reflexes have generated in eating habits. With this, it was observed the increased consumption of fast foods and processed products that present in composition many artificial compounds and a high content of simple carbohydrates, trans fats, cholesterol and sodium that can be directly related to the increasing number of people obese, cardiovascular diseases and some types of cancer. Therefore, the addition of fiber and antioxidant compounds in foods appears as a way to improve the power consumer, and to add value to these products. Brazil, as a large food producer, generates huge amounts of agricultural wastes that are often rich sources of dietary fiber and bioactive compounds. This study evaluated the potential of wheat bran and pequi pericarp as substrates for the production of fibers with antioxidant capacity. Initially was developed methodology to obtain the powder rich in dietary fiber (FA) from each substrate. Subsequently, was carried out physicochemical characterization of the FA. Wheat bran showed dietary fiber content of 48.16%, while the pequi pericarp groups ranged between 39.79 and 45.84%. The percentage of soluble fibers was higher in samples pequi pericarp, which allows for greater application in foods, since it provides enhanced hydration properties. Both substrates showed high content of phenolic compounds. The content found for pequi pericarp fibers was about 20 times higher than that found for wheat bran fibers. The antioxidant activity of the fibers was evaluated by ABTS and DPPH methods. The fibers have high antioxidant activity, and higher in fiber pericarp pequi. By Pearson correlation analysis it was concluded that both the test ABTS as of DPPH was very efficient for the analysis of antioxidant activity and that this is related to the high content of phenolic compounds.

Keywords: Pequi pericarp; wheat bran, byproducts; fiber, phenolic compounds, antioxidant activity.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1- Representação esquemática do grão de trigo.....	20
Figura 2- Estrutura do fruto do pequi – <i>Caryocar brasiliense</i> Camb.....	24
Figura 3 - Reação de formação do radical estável ABTS com o persulfato de potássio e com o antioxidante.....	34
Figura 4 (a) - DPPH: forma radicalar.....	35
Figura 4 (b) – DPPH: forma não radicalar.....	35
Figura 5 (a) corte no diâmetro equatorial do pequi.....	38
Figura 5 (b) - corte no diâmetro longitudinal do pequi.....	38
Figura 6 (a)- Branqueamento do pericarpo de pequi: água a 90°C/3min.....	39
Figura 6 (b)- Branqueamento do pericarpo de pequi: água a 4°C/3min.....	39
Figura 7- Fluxograma de obtenção do FAT.....	40
Figura 8- Fluxograma de produção dos FAP.....	41
Figura 9- Diâmetro maior (DM); diâmetro menor (DME) e diâmetro intermediário (DI) do fruto do pequi.....	42
Figura 10 (a)- FAP1 obtido após etapas de moagem, secagem, segregação de partículas e tamização.....	56
Figura 10 (b)- FAP2 obtido após etapas de moagem, secagem, segregação de partículas e tamização.....	56
Figura 10 (c)- FAP3 obtido após etapas de moagem, secagem, segregação de partículas e tamização.....	56
Figura 10 (d)- FAP4 obtido após etapas de moagem, secagem, segregação de partículas e tamização.....	56

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Composição centesimal das diferentes partes do pequi (<i>Caryocar brasiliense</i> Camb.), expressos em g/100 g de matéria seca.....	26
Tabela 2- Características físicas dos frutos de Pequi provenientes da Região de Paraopeba/MG.....	54
Tabela 3- Umidade inicial nas amostras de farelo de trigo e pericarpo de pequi.	55
Tabela 4- Teores de umidade final obtidos para os FAP produzidos.....	56
Tabela 5- Composição centesimal dos FAT e FAP obtidos.....	57
Tabela 6- Porcentagem de FALT, FALI e FALS encontrada para os pós ricos em fibras a partir de farelo de trigo (FAT) e pericarpo de pequi (FAP).....	58
Tabela 7- Propriedades funcionais de FAT e FAP.....	60
Tabela 8- Determinação dos parâmetros de cor para FAT e FAP.....	63
Tabela 9- Teores médios de fenólicos totais (g EAG.100g ⁻¹ de amostra seca) obtidos para FAT e FAP.....	66
Tabela 10- Atividade antioxidante equivalente ao trolox dos extratos de FAT e FAP.....	68
Tabela 11- Atividade antioxidante dos FA expressa em g m.s./g DPPH.....	70
Tabela 12 (a)- Atividade antioxidante dos extratos dos FAP produzidos: % de redução do radical DPPH.....	70
Tabela 12 (b)- Atividade antioxidante dos extratos dos FAT produzidos: % de redução do radical DPPH.....	71
Tabela 13- Tabela comparativa dos teores de compostos fenólicos e atividade antioxidante dos FA pelos métodos ABTS e DPPH.....	72
Tabela 14- Coeficientes de Correlação de Pearson (R) entre parâmetros de capacidade antioxidante e conteúdo de fenólicos totais em FAT e FAP.....	73

LISTA DE SIGLAS

ABTS- 2,2 AZINO BIS (3-ethylbenzo thiazoline 6 sulfonic acid) diammoninum salt

AX- Arabinoxilanos

AXOS- Arabinoxilooligossacarídeos

DI- Diâmetro intermediário

DM-Diâmetro maior

DME- Diâmetro menor

DPPH- 2,2-Diphenyl-1-picryl-hidrazil

EEC- Extrato Etanólico de Casca de Pequi

ERRO- Espécies Reativas do Oxigênio

FA- Pós Ricos em Fibra Alimentar

FAL- Fibras Alimentares

FALI- Fibra Alimentar Insolúvel

FALS- Fibra Alimentar Solúvel

FALT- Fibra Alimentar Total

FAP- Pós ricos em Fibra Alimentar produzidos a partir de Pericarpo de Pequi

FAT- Pós ricos em Fibra Alimentar a partir do Farelo de Trigo

FCP- Farinha de casca de pequi

FT- Farelo de Trigo

FAP1- Pós ricos em Fibra Alimentar a partir do mesocarpo e exocarpo de pequi branqueados.

FAP2- Pós ricos em Fibra Alimentar a partir do mesocarpo do pequi branqueado.

FAP3- Pós ricos em Fibra Alimentar a partir do mesocarpo e exocarpo do pequi, sem branqueamento.

FAP4- Pós ricos em Fibra Alimentar a partir do mesocarpo do pequi, sem branqueamento.

IAA- Índice de Absorção de Água

IAO- Índice de Absorção de Óleo

ISA- Índice de Solubilidade em Água

VI- Volume de Intumescimento

MMC- Massa média da casca

MMca- Massa média do caroço

MMF- Massa média de fruto

PP- Pericarpo de Pequi

RA- Resíduos Agroalimentares

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	13
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	17
2.1 Agroindústria Brasileira e Subprodutos Agrícolas.....	17
2.2 Farelo de Trigo.....	19
2.2.1 Potencial de Utilização do Farelo De Trigo.....	22
2.3 Pequi.....	23
2.3.1 Potencial de Utilização de Pericarpo de Pequi.....	25
2.4 Fibras Alimentares.....	28
2.4.1 Fibras Solúveis.....	29
2.4.2 Fibras Insolúveis.....	30
2.5 Processo Oxidativo e Atividade Antioxidante.....	30
2.5.1 Ação Antioxidante de Compostos Fenólicos.....	32
2.5.2 Avaliação da Atividade Antioxidante.....	33
2.5.2.1 Método de Sequestro do Radical ABTS.....	33
2.5.2.2 Método de Sequestro do Radical DPPH.....	34
2.6 Fibras Alimentares e Propriedades Antioxidantes.....	35
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	37
3.1 Obtenção e Preparo da Matéria Prima.....	37
3.1.1 Farelo de Trigo.....	37
3.1.2 Pericarpo de Pequi.....	37
3.1.2.1 Branqueamento e Estocagem.....	38
3.2 Desenvolvimento dos Pós Ricos em Fibra Alimentar (FA).....	39
3.2.1 FA a Partir de Farelo de Trigo (FAT).....	39
3.2.2 FA a Partir de Pericarpo de Pequi (FAP).....	40
3.3 Caracterização Física dos Frutos de Pequi.....	41
3.4 Caracterização Físico-Química dos FA.....	42
3.4.1 Análise de Umidade.....	42
3.4.2 Determinação do Teor de Extrato Etéreo.....	43
3.4.3 Determinação de Resíduo Mineral (Cinzas) por Incineração.....	44
3.4.4 Determinação de Nitrogênio Total.....	44
3.4.5 Determinação de Fibras Alimentares.....	45
3.5 Determinação das Propriedades Funcionais dos FA.....	46
3.5.1 Índice de Absorção em Óleo (IAO).....	47
3.5.2 Índice de Absorção de Água (IAA).....	47
3.5.3 Índice de Solubilidade em Água (ISA).....	48
3.5.4 Volume de Intumescimento (VI).....	48
3.6 Análise Colorimétrica.....	49
3.7 Avaliação da Capacidade Antioxidante dos FA Produzidos.....	49
3.7.1 Preparação dos Extratos.....	50
3.7.1.1 Otimização dos Parâmetros para Extração.....	50
3.7.2 Determinação de Fenólicos Totais.....	50
3.7.2.1 Análise de Fenólicos Totais.....	51
3.7.3 Determinação da Atividade Antioxidante pelo Método ABTS.....	51

3.7.4	Determinação da Atividade Antioxidante pelo Método DPPH.....	52
3.8	Análise Estatística.....	53
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	53
4.1	Caracterização Física dos Frutos de Pequi.....	53
4.2	Secagem do Farelo de Trigo e Pericarpo de Pequi.....	54
4.3	Composição Físico-Química dos FA Produzidos	57
4.4	Propriedades Funcionais dos FA.....	60
4.5	Análise Colorimétrica.....	63
4.6	Avaliação da Capacidade Antioxidante.....	65
4.6.1	Obtenção dos Extratos.....	65
4.6.2	Determinação de Fenólicos Totais.....	66
4.6.3	Avaliação da Capacidade Antioxidante pelo Método ABTS.....	68
4.6.4	Avaliação da Capacidade Antioxidante pelo Método DPPH.....	69
4.7	Correlação de Pearson para Atividade Antioxidante.....	72
5	CONCLUSÕES.....	74
6	ESTUDOS POSTERIORES.....	75
7	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	77
	ANEXO A.....	88

1 INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, as mulheres tem se inserido cada vez mais no mercado de trabalho, o que gerou reflexos na alimentação da população com a redução do tempo destinado ao preparo de alimentos. Com isso, observou-se o aumento de consumo de produtos industrializados e *fast foods*. Muitos destes produtos, embora práticos, apresentam em sua composição diversos compostos artificiais além de um alto teor de carboidratos simples, gorduras trans, colesterol e sódio. O aumento do consumo destes produtos pode estar diretamente relacionado com o número crescente de pessoas com obesidade, doenças cardiovasculares e alguns tipos de câncer (TARDIDO e FALCÃO, 2006; VINHOLES *et al.*, 2009).

Diante disso, a adição de compostos benéficos à saúde como, por exemplo, fibras e compostos antioxidantes em alimentos industrializados insurge como uma forma de melhorar a alimentação do consumidor. Além disso, esta suplementação pode agregar valor aos produtos, o que torna-se bastante interessante para as indústrias processadoras de alimentos.

De acordo com a Resolução nº 18, de 30 de abril de 1999 da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), alimentos ou ingredientes funcionais são aqueles que, além de funções nutricionais básicas, quando se tratar de nutriente, produzem efeitos metabólicos e ou fisiológicos e ou efeitos benéficos à saúde, devendo ser seguro para consumo sem supervisão médica (BRASIL, 1999). As fibras são macromoléculas compostas essencialmente de componentes de parede celular (THARANATHAN; MAHADEVAMMA, 2003) e, devido às suas substâncias bioativas e ações benéficas ao organismo quando consumidas de forma adequada estão inseridas nesta categoria de alimentos.

A ingestão adequada de fibras alimentares (FAL) tem a capacidade de influenciar vários aspectos da digestão, absorção e metabolismo destacando-se a redução do tempo do trânsito intestinal dos alimentos e diminuição do conteúdo de calorias ingeridas. Podem ainda ser consideradas fator de importância em dietas para prevenção ou tratamento de pessoas com diabetes, hipercolesterolemia, obesidade, constipação, hemorroidas e doença diverticular (CALIXTO, 1993; ÁREAS & REYES, 1996; BOTELHO *et al.*, 2002;

GIUNTINI et al., 2003; SILVA et al. 2003). Em contrapartida, a carência destas macromoléculas podem relacionar-se com o desenvolvimento de câncer de cólon e outros distúrbios do trato gastrointestinal (BOTELHO et al., 2002).

Essas doenças muitas vezes se devem ao estresse oxidativo no organismo. Postula-se que o aumento do consumo de fontes antioxidantes na dieta pode reduzir o estresse oxidativo e, assim, prevenir doenças crônicas (WOLFE e LIU, 2003). Estudos recentes vêm demonstrando o potencial antioxidante de fibras alimentares definindo-as como um produto natural que combina os efeitos benéficos das FAL e antioxidantes naturais como, por exemplo, os polifenóis (VITAGLIONE et al., 2008; SAURA-CALIXTO, 2011).

Devido à sua composição variada (polissacarídeos, lignina, oligossacarídeos resistentes e amido resistente, entre outros) e às diferentes propriedades físico-químicas de seus componentes, as FAL podem ser utilizadas no enriquecimento de produtos ou como ingrediente. Desta maneira, estas propriedades permitem diversas aplicações na indústria de alimentos, como substitutos de gordura ou como agente estabilizante, espessante, emulsificante. Assim, atuam como poderosas ferramentas para o desenvolvimento de diferentes produtos: bebidas, sopas, molhos, sobremesas, derivados de leite, biscoitos, massas e pães (GIUNTINI et al., 2003).

As fibras alimentares (FAL) podem estar presentes naturalmente em diversos produtos vegetais como frutas, verduras e legumes ou em seus subprodutos (cascas, sementes, folhas e caules). O Brasil, como uma das principais potências mundiais na produção de alimentos produz também, milhares de toneladas de resíduos agroalimentares (RA). Estes resíduos são geralmente subutilizados para alimentação animal, produção de silagens e compostagens e de outras formas com baixo valor agregado. Entretanto, estudos recentes vêm demonstrando o potencial de RA como fontes de fibra com potencial antioxidante. Exemplos incluem descartes de folhas de repolho, cascas de cenoura, bagaço e caule de uvas e cascas de maçãs, dentre outros (LLOBERA et al., 2007; CHANTARO et al., 2008; RUPASINGHE et al., 2008; NILNAKARA et al., 2009).

A produção brasileira anual de trigo oscila entre 5 e 6 milhões de toneladas sendo 14,5% deste montante representado pelo farelo de trigo (FT) (BRASIL, 2011), o principal

subproduto da moagem deste cereal. O farelo de trigo é formado pelas camadas mais externas do grão, como a camada aleurona, que são normalmente refugadas no processo de moagem. Esta camada é composta principalmente de células de paredes espessas (arabinoxilanos de cadeia linear) contendo compostos bioativos com capacidade antioxidante. De forma geral, o farelo de trigo constitui-se de uma mistura heterogênea de compostos provenientes da parede celular como celulose, hemicelulose, lignina e xilanos complexos. Em 100 g de farelo, aproximadamente 46 g são fibras alimentares, o que mostra seu grande potencial como fonte de fibras (LIU et al., 2011).

Um outro RA que se apresenta como forma alternativa para a extração de FAL é o pericarpo (casca) do pequi (CP), sendo composto por aproximadamente 91,03% (base seca) de carboidratos, dentre estes oligo e polissacarídeos, além de celulose e compostos ricos em lignina. Este subproduto corresponde a 82% do peso total do fruto (ALMEIDA e SILVA, 1994), representando, em volume, seu principal resíduo.

Várias partes do fruto do pequi (*Caryocar brasiliense*, Camb.) são utilizadas em diversas aplicações alimentícias e medicinais. A polpa do pequi é utilizada na elaboração de diferentes pratos, como: arroz com pequi, feijão com pequi, frango com pequi, cuscuz com pequi (LIMA et al., 2007), geleias e doces. Da polpa fermentada é produzido um tipo de licor bastante conhecido e apreciado em algumas regiões do País (BRASIL, 2008). O óleo extraído da polpa apresenta potencial de utilização para formulações cosméticas (NOGUEIRA DE DEUS, 2008; MIRANDA-VILELA et al., 2009), bem como propriedades anti-inflamatórias (QUIRINO et al., 2005; OLIVEIRA et al., 2010a). Já a amêndoa é utilizada tradicionalmente como ingrediente de farofas, doces e paçocas, além de ser consumida salgada como petisco (LIMA et al., 2007).

O potencial antioxidante da polpa e amêndoa do pequi foi avaliado por Lima et al. (2007). A polpa apresentou um alto teor de fenólicos totais (209 mg/100g), superiores aos encontrados em frutas como Açaí (*Euterpe oleracea*), com 136,8mg/100g; goiaba (*Psidium guayava*), com 83,1mg/100g; morango (*Gingo biloba*), com 132,1mg/100g; abacaxi (*Ananas sativa*), com 21,7mg/100g; graviola (*Anona muricato*), com 84,3mg/100g, e maracujá (*Passiflora edulis*), com 20,2mg/100g, demonstrando um grande potencial antioxidante do fruto. Na amêndoa, o teor de fenólicos foi reduzido, cerca de 50% do valor

encontrado na polpa, sendo predominantes os lipídeos (51%) prevalecendo nestes os ácidos graxos oleico e palmítico.

Por outro lado, estudos referentes à utilização do pericarpo do pequi ainda são muito escassos podendo-se citar a utilização de farinha de pericarpo de pequi na elaboração de pão de forma (COUTO, 2007), biscoitos tipo cookie (JUNIOR et al., 2009) e inclusão em formulações para alimentação animal (BONFÁ et al., 2009). Ainda mais escassos na literatura, são estudos referentes à análise de compostos antioxidantes neste subproduto. Pérez (2004) analisou a composição fitoquímica de pericarpo de pequi e identificou diversas substâncias bioativas como triterpenos, heterosídeos antraquinônicos, heterosídeos flavônicos; heterosídeos saponínicos, amino grupos e taninos condensados e hidrolisáveis. Roesler et al (2008) avaliaram a capacidade antioxidante do extrato etanólico da casca de pequi (EEC) e constataram atividade antioxidante superior a encontrada em outras partes do fruto, como polpa e sementes.

O aproveitamento deste resíduo da produção do pequi em referência a produção de FAL é justificado tendo em vista a grande quantidade de resíduo gerada (aproximadamente 5000 toneladas anuais no Brasil). O pequizeiro é uma árvore nativa, cuja atividade mais lucrativa até o momento seria a exploração de sua madeira, correndo-se o risco de tornar-se uma espécie em extinção. Desta maneira, torna-se interessante a exploração de suas características como forma de desenvolver propostas viáveis de utilização do fruto, bem como o potencial para agregação de valor ao pericarpo do pequi com conseqüente melhoria das condições dos trabalhadores envolvidos no ciclo de produção e comercialização do fruto.

Diante do exposto, propõe-se no presente estudo avaliar comparativamente o potencial do farelo de trigo (comercial) e pericarpo de pequi para a produção de fibras para fins alimentícios.

Os objetivos específicos do trabalho que caracterizam as principais etapas do seu desenvolvimento são:

1. obtenção de Pós Ricos em Fibra Alimentar (FA) a partir do farelo de trigo (FAT) e pericarpo de pequi (FAP);
2. caracterização físico-química dos FA produzidos;

3. quantificação do teor de fibra alimentar (solúvel e insolúvel) dos FA obtidos a partir do farelo de trigo comercial e do pericarpo de pequi;
4. avaliar o potencial antioxidante dos FA produzidos; e
5. estudar as propriedades funcionais tecnológicas das fibras produzidas (índice de absorção em água, índice de absorção em óleo, índice de solubilidade em água e volume de intumescimento) em comparação com as fibras comercialmente disponíveis.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Agroindústria Brasileira e Subprodutos Agrícolas

O Brasil, desde os primórdios de sua colonização, apresentou forte ligação com o mercado agrícola, devido, em parte, às suas riquezas naturais e a grande extensão de terras cultiváveis o que permite a produção de grandes volumes de alimentos. Esta tendência agroindustrial perdura até os dias de hoje, colocando o país em lugar de destaque na produção e fornecimento mundial de alimentos.

De acordo com dados do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) o Brasil, poderá se consolidar como potência mundial agrícola, disputando com os Estados Unidos a liderança na produção de alimentos. Ainda de acordo com o estudo realizado pelo MAPA, produtos de alto consumo interno (que já fazem parte da pauta de exportação brasileira) tendem a ter aumento no volume de produção, especialmente devido ao avanço tecnológico e, assim, ganhar mais espaço no mercado. Segundo as estimativas, até 2021, a produção de grãos deve aumentar cerca de 23% e a área de colheita será até 9,5% maior que a atual (BRASIL, 2011).

A estimativa de produção brasileira de grãos em 2012 foi, de acordo com dados do IBGE, de aproximadamente 160,7 milhões de toneladas resultado 0,4% superior à safra recorde de 2011 (160,1 milhões de toneladas). Em relação ao setor externo, segundo estatística do MAPA, apesar da desaceleração econômica mundial, as exportações do agronegócio brasileiro atingiram 44,8 bilhões de dólares no primeiro semestre de 2012, aumento de 3,7% em relação ao mesmo período de 2011 (US\$ 43,2 bilhões). Por outro

lado, as importações recuaram de US\$ 8,4 bilhões para US\$ 8,0 bilhões, queda de 4,4% no mesmo período. Desta maneira, a balança comercial do agronegócio aumentou 5,7%, ao passar de US\$ 34,8 bilhões para US\$ 36,8 bilhões (IBGE, 2012).

O grande volume de produção de alimentos acarreta, por outro lado, a produção de enormes quantias de subprodutos e resíduos alimentícios que, na maioria das vezes, são descartados como lixo orgânico ou subutilizados na alimentação animal.

Os resíduos agroindustriais compreendem cascas, sementes, bagaços, folhas e demais partes do vegetal que, *a priori*, serão refugadas pelo mercado. Na maioria das vezes são compostos por materiais lignocelulósicos e polissacarídeos que podem ser promissoras fontes de fibras e outras substâncias de alto valor agregado, como antioxidantes.

Fernández et al. (1993) e Barroto et al. (1995) sugerem a utilização de resíduos agro-alimentares, devidamente tratados como boas fontes para obtenção de produtos em pó ricos em fibras dietéticas. As agroindústrias como indústrias processadoras de sucos de frutas, trigo e outros cereais geram anualmente enormes quantidades de resíduos sólidos que são, muitas vezes, ricos em fibra alimentar que, em geral, são consumidas naturalmente nestes alimentos, mas também são adicionadas na forma concentrada em alimentos processados (NEVES et.al., 2008).

Protzek et al (1998) estudaram o aproveitamento do bagaço da maçã, originário do processamento de suco para a produção de biscoitos ricos em fibras. Foi elaborada a farinha de bagaço de maçã, a qual foi caracterizada química, física e microbiologicamente. Os resultados destas análises demonstraram elevado teor de fibras alimentares (66,03%), características microbiológicas em consonância com a legislação brasileira e boa capacidade de retenção de água. A farinha foi utilizada nas formulações em substituição parcial da farinha de trigo em várias concentrações (20, 30, 40 e 50%) sendo que todas as formulações foram bem aceitas sensorialmente. A determinação da composição centesimal dos biscoitos confirmou o aumento do teor de fibras com o aumento do teor de substituição.

Botelho et al (2002) desenvolveram um estudo para determinar os teores de componentes da fibra alimentar (fibra detergente ácido - FDA, fibra detergente neutro - FDN, lignina, celulose, hemicelulose e pectina total) nas cascas e cilindro central do

abacaxi. Os resultados mostraram que a casca possui maiores teores de fibra alimentar do que o cilindro central; os dois tipos de resíduos podem ser considerados como boa fonte de fibra alimentar, excetuando-se as substâncias pécticas, que aparecem em baixa concentração.

Chantaro et al. (2008) estudaram a viabilidade de utilização de cascas de cenoura para a obtenção de fibras alimentares em pó com capacidade antioxidante. Foram avaliadas as alterações causadas por diferentes temperaturas e tempos de secagem das cascas no perfil antioxidante, bem como a qualidade das fibras produzidas. As informações obtidas podem ser usadas como um guia para produção industrial o que seria benéfico do ponto de vista de manejo de resíduos bem como para agregar valor ao resíduo em questão. No geral, os resultados sugerem que as cascas de cenoura podem ser utilizadas como matéria-prima para produzir fibras alimentares em pó com capacidade antioxidante. Além da fração fibra alimentar, os compostos bioativos com atividade antioxidante associados com o material, torna-o ainda mais interessante.

Hassan et al. (2011) avaliaram a composição de fibras alimentares (FAL) em pó produzidas a partir de cascas de manga (*Mangifera pajang K.*), bem como sua capacidade antioxidante. O composto em pó apresentou elevado teor de FAL (72,3g/100g do composto em pó) e uma relação equilibrada entre fibras solúveis e insolúveis (46.3/53.7%). A capacidade antioxidante foi determinada pelo ensaio DPPH usando um leitor de Elisa, e o composto apresentou um forte potencial antioxidante devido à presença de polifenóis associados. Os pesquisadores concluíram que o composto em pó de cascas de manga é uma rica fonte de FAL, antioxidantes e outros compostos bioativos que podem ser incorporados em produtos alimentares para melhorar suas propriedades nutracêuticas.

2.2 Farelo de Trigo

O trigo (*Triticum aestivum*) é uma planta de ciclo anual, cultivada durante o inverno e a primavera. A partir do grão produz-se a farinha que é consumida na forma de pão, massa alimentícia, bolo e biscoito. Quando não atinge a qualidade exigida para consumo humano, o grão é utilizado como ração animal (BRASIL,2011).

Este cereal ocupa o primeiro lugar em volume de produção mundial. No Brasil, a produção anual oscila entre 5 e 6 milhões de toneladas. É cultivado nas regiões Sul, cerca de 90% da produção brasileira (RS, SC e PR), Sudeste (MG e SP) e Centro-oeste (MS, GO e DF). O consumo anual no país tem se mantido em torno de 10 milhões de toneladas. Atualmente este cereal vem sendo introduzido paulatinamente na região do cerrado, sob irrigação ou sequeiro (BRASIL, 2011).

Os grãos de trigo são compostos principalmente de carboidratos (65–75% correspondentes a fibras e amido) e proteínas (7–12%), além de pequenas quantidades de lipídeos (2–6%), água (12–14%) e micronutrientes (POMERANZ, 1988). Este cereal também se caracteriza como uma boa fonte de minerais (principalmente magnésio) e vitaminas B e E (HEMERY *et al.*, 2007). No entanto, a distribuição destas classes de compostos varia nas diversas partes do grão (Figura1). O endosperma é constituído principalmente de amido e proteínas, e as camadas externas contêm principalmente fibras e minerais.

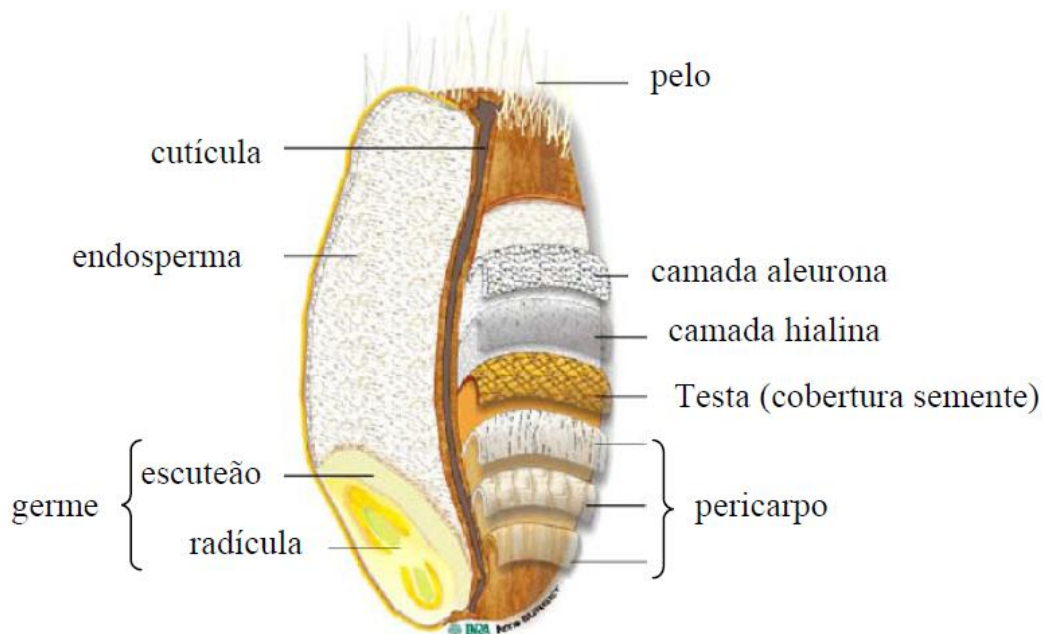


Figura 1 – Representação esquemática do grão de trigo (adaptado de Hemery *et al.*, 2007).

O farelo de trigo é um subproduto da moagem convencional do trigo e é largamente comercializado, porém como produto de baixo valor agregado, em rações animais (SWENNEN et al., 2006). O farelo de trigo constitui uma boa fonte de proteínas e minerais, além de ser uma rica fonte de fibra alimentar. A fibra de farelo de trigo é principalmente do tipo insolúvel e, desta maneira, seu consumo pode contribuir para o tratamento de constipação intestinal e outras desordens relacionadas (SHENOY e PRAKASH, 2002).

No trigo, estas fibras são predominantes nos tecidos mais externos, sendo constituídos principalmente de celulose, material cuticular e xilanos complexos (alta razão arabinose/xilose e razão de substituição por dímeros de ácido ferúlico que agem como ligantes cruzados entre as cadeias poliméricas). A camada aleurona é composta principalmente de células de paredes espessas (arabinoxilanos de cadeia linear) contendo compostos bioativos. Esta camada contém níveis de β -glucanos mais elevados quando comparada às outras camadas do grão, o que aumenta seu conteúdo de fibras alimentares solúveis. Os arabinoxilanos presentes na camada aleurona apresentam quantidades expressivas de ácidos ferúlicos, compostos que apresentam propriedades antioxidantes desejáveis. Outros compostos antioxidantes presentes em maiores quantidades na camada aleurona incluem lignanos e ácidos fenólicos. Esta camada contém, também, a maior parte das vitaminas do complexo B disponíveis no grão e representa aproximadamente metade do teor total de minerais (MATHEW e ABRAHAM, 2004; ESPOSITO et al., 2005).

O farelo de trigo é uma boa fonte de fibra alimentar e de metabólitos secundários como os ácidos fenólicos, flavonóides, lignanas, fitoesteróis, tocoferóis e tocotrienóis. O extrato de farelo de trigo, contendo alta concentração de ácidos fenólicos, apresentou atividade antioxidante mais forte do que outras frações do trigo como o endosperma, por exemplo (ONYENEHO e HETTIARACHCHY, 1992).

O trigo e alimentos à base deste cereal apresentaram níveis significativos de atividades antioxidantes sugerindo que o mesmo pode servir como excelente fonte alimentar de antioxidantes naturais para prevenção de doenças e promoção da saúde (ZHOU et al., 2004). Alguns dos antioxidantes produzidos pela planta do trigo para sua subsistência englobam carotenóides, flavonóides, ácidos cinâmico, ácidos benzóico, ácido fólico, ácido ascórbico, tocoferóis, tocotrienóis (RAMAMOORTHY e BONGO, 2007).

2.2.1 Potencial de Utilização do Farelo de Trigo

Dentre as utilizações mais comuns do farelo de trigo destacam-se a utilização em silagens para alimentação animal e compostagens. Entretanto, devido à sua rica composição, vários estudos tem sido desenvolvidos com o objetivo de utilizar este resíduo para o desenvolvimento de produtos com alto valor agregado.

Swennen et al. (2006), produziram, em larga escala, arabinoxilooligossacarídeos (AXOS) a partir de farelo de trigo comercial, por métodos enzimáticos, dispensando o uso de agentes químicos. Vários estudos em animais e humanos têm mostrado que a ingestão de fibras alimentares reduz o risco de doenças crônicas e auxiliam na manutenção da saúde. A maioria desses efeitos benéficos tem sido atribuída aos polissacarídeos da parede celular como arabinoxilanos (AX) e β -glucanas. No entanto, estudos recentes têm mostrado que os AXOS (derivados do AX) também exercem efeitos benéficos no organismo. O AXO produzido apresentou 72% de pureza, com um rendimento de 6%. O produto formado serve como uma valiosa ferramenta para a investigação da relação entre estrutura dos AXOS e propriedades físico-químicas e funcionais.

Liu et al. (2011) avaliaram a atuação do farelo de trigo como agente preventivo de alguns tipos de câncer. Embora o mecanismo de proteção ainda não esteja bem delineado, há indícios que fitoquímicos lipofílicos presentes no farelo são mais importantes neste mecanismo. Extratos lipofílicos foram examinados por Cromatografia Líquida de Alta Eficiência-CLAE, contra o crescimento de células de adenocarcinoma de próstata humanas. Os resultados sugeriram que o alquilresorcinol presente no farelo apresentou elevada atividade citotóxica em células cancerígenas. Outros componentes bioativos presentes no extrato, como alguns ácidos graxos livres e fitoesteróis também podem contribuir para a atividade anti câncer.

Oligossacarídeos funcionais têm sido amplamente utilizados tanto como ingredientes alimentares como suplementos farmacológicos. Wang et al. (2011) avaliaram os efeitos dos xilooligossacarídeos do farelo de trigo substituídos com arabinose como uma nova classe de oligossacarídeos funcionais com ação no metabolismo de lipídeos no sangue e capacidade antioxidante em ratos alimentados com uma dieta rica em gordura durante 6 semanas. A suplementação alimentar com 5% de xilooligossacarídeos de farelo de trigo exerceu efeito benéfico no controle de peso corporal, melhorando os níveis de

glicose e lipídeos no sangue e aumentando a capacidade antioxidante. Estes resultados mostraram que os xilooligossacarídeos do farelo de trigo podem ser eficazes no controle de gordura corporal, bem como para o aumento da capacidade antioxidante e consequente redução de risco de câncer.

Uma aplicação direta do farelo de trigo se dá em produtos integrais como pães, massas e biscoitos, os quais são desenvolvidos com farinha de trigo integral, ou seja, sem a retirada das camadas mais externas do grão (que contém o farelo). Estes produtos são diferenciados e apresentam valor de mercado maior que os produtos convencionais devido seu apelo à saúde.

2.3 Pequi

O pequizeiro (*Caryocar brasiliense camb.*) é uma árvore nativa do cerrado brasileiro, sendo encontrada em toda região Centro-oeste, Leste de Rondônia, Norte e Oeste de Minas Gerais, Sudoeste do Pará, Tocantins, extremo Sul do Piauí, Oeste da Bahia, Sul do Ceará e outras regiões (SILVA, 2009). No Norte de Minas Gerais, a sua exploração extrativa constitui importante ocupação para inúmeras famílias, que têm essa cultura como fonte de renda e de emprego por meio da colheita, processamento e comercialização do pequi (SOUZA e SALVIANO, 2002). Este fruto proporciona uma das principais fontes alternativas de renda no Norte de Minas durante a sua safra (SILVA, 2009).

O período de floração do pequizeiro compreende os meses de agosto a novembro, e a maturação dos frutos ocorre de setembro até o início de fevereiro. Ele é encontrado nos solos de cerrado, geralmente ácidos, pobres em cálcio, magnésio e matéria orgânica, profundos e porosos, com épocas chuvosa e seca bem definidas.

O fruto do pequi (Figura 2) é uma drupa globosa com diâmetro variado, sendo constituído de (RIGUEIRA, 2003):

- | | | |
|--|---|----------------------|
| 1. exocarpo (verde-amarelado); | } | Pericarpo
(casca) |
| 2. mesocarpo parte interna da casca, de coloração amarelada; | | |
| 3. endocarpo (polpa) amarelo ou alaranjado; | | |

4. revestimento da semente (castanho e duro, coberto por uma camada de espinhos finos); e
5. semente oleaginosa de cor branca (amêndoa), formada por embrião carnoso e bem desenvolvido tegumento e resquícios de endosperma.

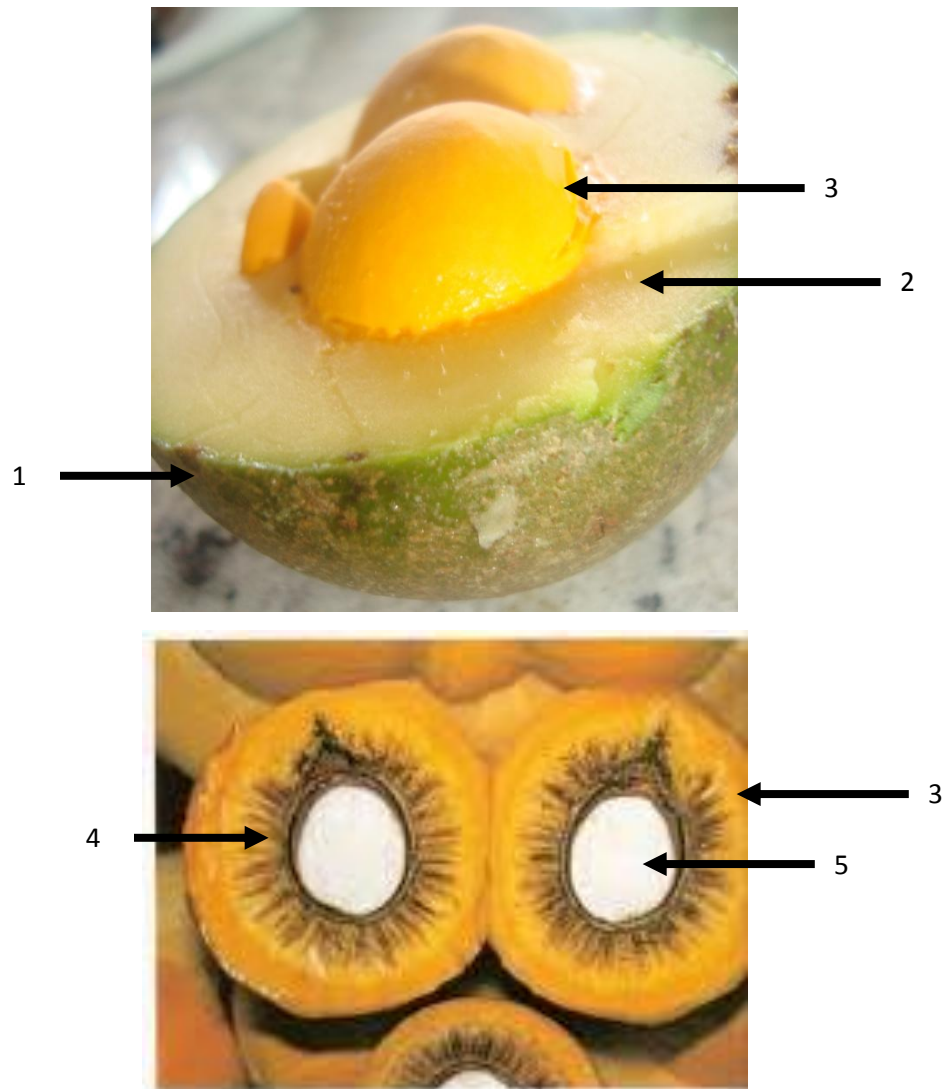


Figura 2: Estrutura do fruto do pequi – *Caryocar brasiliense* Camb. (1- exocarpo; 2- mesocarpo; 3- endocarpo; 4- revestimento da semente; 5- semente).

A polpa do pequi é utilizada na elaboração de diferentes pratos, como: arroz com pequi, feijão com pequi, frango com pequi, cuscuz com pequi (LIMA et al., 2007), geleias e doces. Da polpa fermentada é produzido um tipo de licor bastante conhecido e apreciado em algumas regiões do País (BRASIL, 2008). O óleo extraído da polpa apresenta potencial de utilização para formulações cosméticas (NOGUEIRA DE DEUS, 2008; MIRANDA-VILELA et al., 2009), bem como propriedades anti-inflamatórias (QUIRINO et al., 2005; OLIVEIRA et al., 2010a). Já a amêndoa é utilizada como ingrediente de farofas, doces e paçocas, além de ser consumida salgada como petisco (LIMA et al., 2007). Todavia, novos estudos têm destacado sua importância farmacológica e nutricional dado seu alto teor de antioxidantes. Dentre as partes da planta, o pericarpo (exocarpo + mesocarpo) apresenta níveis significativos destes compostos, entretanto, são raros os estudos realizados com esta parte do fruto (PEREZ, 2004; ROESLER, 2008). Considerando que a casca é geralmente desprezada durante a exploração do pequi, uma importante fonte de antioxidantes está sendo refugada. Desta maneira, explorar esta parte da planta seria, portanto, uma possibilidade de valorização da planta, bem como de agregar valor econômico e científico à espécie.

2.3.1 Potencial de Utilização de Pericarpo de Pequi

Barbosa e Amante (2002) desenvolveram uma farinha da casca de pequi na qual foram encontrados valores de proteínas superiores ao da farinha de trigo (5,76%) e os de lipídeos equivalentes aos da farinha de trigo. O teor de carboidratos totais (50,94) foi superior aos encontrados nas polpas de araticum (21,50%), pequi (19,66%), buriti (17,19%) e mangaba (8,41%) (SANO e ALMEIDA, 1998). O teor de fibra alimentar foi de 39,97%, superior ao encontrado no fubá integral (1,2%) (EL-DASH e ERMANI, 1994), na farinha de soja integral (3,3%) (EL-DASH et al., 1994) e na polpa de pequi (11,60%) (SANO e ALMEIDA, 1998).

O alto teor de fibras contido na casca pode estar associado ao alto valor de carboidratos encontrados na mesma, como pode ser visto na Tabela 1:

Tabela 1: Composição centesimal das diferentes partes do pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.), expressos em g/100 g de matéria seca.

Amostra	Cinzas	Óleo	Proteína	Carboidratos totais	Umidade (%)
Polpa	2,00	61,79	6,71	37,50	76,00
Amêndoa	5,00	42,20	24,60	-	35,0
Casca	4,0	1,31	3,59	91,03	71,0
Espinhos	1,50	28,40	3,90	-	40,0

Fonte: Ferreira et al. (1988).

Junior et al. (2009) desenvolveram biscoitos tipo *cookie* com diferentes níveis de substituição da farinha de trigo por farinha de casca de pequi (FCP) e constataram que a um nível de 25% de substituição, não houve diferença quanto a aceitabilidade dos biscoitos. Utilizou-se um delineamento inteiramente casualizado, com controle mais quatro tratamentos (12,5%; 25%; 37,5%; e 50% de substituição de farinha de trigo por FCP), e quatro repetições. Foram avaliados a aceitabilidade, cor (luminosidade), composição centesimal, valor energético e teores de alguns minerais de cada amostra. Com o aumento dos níveis de substituição os biscoitos ficaram mais escuros e com um maior teor de fibra alimentar, umidade, cinzas, magnésio, manganês e cobre. Em contrapartida, os teores de carboidratos, proteínas, lipídios e valor energético foram reduzidos. Os autores concluíram que, o biscoito com 25% de substituição possui alto teor de fibras, podendo ser considerado alimento funcional. Apresentou-se com menor valor energético e possibilitou uma economia no custo dos ingredientes de 5,2%, em relação ao biscoito elaborado com farinha de trigo. Segundo os autores, a substituição a um nível de 25% torna-se uma alternativa viável do ponto de vista mercadológico, com benefícios funcionais, econômicos e ecológicos.

Estudos recentes vem apontando o potencial antioxidante de compostos presentes na polpa e semente de pequi. Entretanto, são bastante escassos na literatura, até o momento, estudos referentes às ações antioxidantes no pericarpo (casca) deste fruto.

Perez (2004) estudou os frutos e folhas do pequi (*Caryocar brasiliense* Cambessedes) com o propósito de avaliar a presença de possíveis compostos antioxidantes nesta espécie. Identificou e quantificou por meio de cromatografia líquida de alta eficiência (CLAE) alguns carotenoides da polpa para avaliação de potencial antioxidante baseando-se no método do DPPH. O endocarpo e o revestimento da semente do fruto acusaram a presença de flavonoides como heterosídeos flavônicos, heterosídeos saponínicos, ácidos fixos, aminogrupos, taninos condensados e açúcares. O exocarpo do fruto sugeriu a presença de esteroides e triterpenos, heterosídeos antraquinônicos, heterosídeos flavônicos; heterosídeos saponínicos, aminogrupos, taninos condensados e hidrolisáveis e açúcares. A análise do endocarpo e do revestimento da semente por meio de CLAE determinou a presença dos seguintes carotenoides: luteína, b-criptoxantina e b-caroteno. Assim, o autor sugere a existência de um potencial antioxidante no extrato etanólico do fruto de *C. brasiliense*.

Roesler et al (2008), avaliaram a capacidade de extratos etanólicos da polpa, sementes e cascas de pequi (*Caryocar brasiliense*) como inibidores da peroxidação lipídica em microsomas de fígado de rato. Para uma inibição de 50% de peroxidação lipídica dos microsomas pela análise de TBARS foram necessários 0,78µg/ml de extrato etanólico da casca do pequi (EEC) contra 33,84µg/ml de extrato etanólico da polpa e sementes do pequi. Foram realizadas também análises diretas dos extratos de cascas de pequi em ESI-MS (electrospray ionization mass spectrometry). Estas análises forneceram importantes informações sobre os componentes bioativos presentes no EEC. Os principais componentes fenólicos encontrados no extrato foram p-hidro ácido benzóico, ácido gálico, ácido quínico, quercetina e quercetina 3-O-arabinose. Assim, os autores concluíram que o extrato etanólico da casca de pequi mostrou excelente atividade antioxidante e alto potencial para inibir a peroxidação lipídica. É provável que, a rica composição do EEC, em particular a presença de componentes fenólicos como o ácido gálico, ácido quínico, quercetina e quercetina 3-O-arabinose, expliquem a sua maior atividade antioxidante. Os autores sugerem ainda a utilização das cascas de pequi como complementos farmacêuticos, cosméticos ou alimentares dado seu comportamento antioxidante, podendo auxiliar na prevenção de doenças induzidas pelo estresse oxidativo.

2.4 Fibras Alimentares

As fibras alimentares (FAL) correspondem a uma classe de compostos que incluem uma mistura de oligo e polissacarídeos vegetais como celulose, hemicelulose, substâncias pécticas, gomas, amidos resistentes, inulina que podem estar associadas com a lignina e outros compostos não-carboidratos (polifenóis, ceras, saponinas, cutina, fitatos, proteína resistente). Algumas funções das FAL incluem: promoção do aumento do volume fecal, estimulação da fermentação do cólon, redução da glicose no sangue pós-prandial (reduz as respostas de insulina) e redução dos níveis de colesterol pré-prandial (ELLEUCH et al., 2011).

No que se refere à fibra alimentar (FAL) não existe uma definição universalmente aceita. A American National Academy of Sciences definiu a fibra alimentar como todo o carboidrato não digerível e a lignina (SEZINI, 2007). De forma geral, o conceito de FAL inclui algumas substâncias presentes em vegetais e que resistem à ações enzimáticas no trato digestivo humano, sendo suas principais fontes os componentes da parede celular (celulose, hemicelulose, lignina e substâncias pécticas) e componentes não estruturais (gomas e mucilagens) (JANUZZI, 2007).

Segundo Januzzi (2007) as fibras alimentares são desejáveis devido suas propriedades nutricionais, funcionais e tecnológicas além de poderem ser utilizadas ainda para aumentar a demanda de produtos e subprodutos agrícolas como ingredientes para a indústria de alimentos. Assim, ambas as propriedades (nutricionais e tecnológicas) são importantes no desenvolvimento potencial de novos produtos alimentícios enriquecidos.

A Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) classifica as fibras alimentares como alimentos funcionais devido suas substâncias bioativas e ações benéficas ao organismo quando consumidas de forma adequada. A alegação de funcionalidade das fibras alimentares pode ser utilizada para fibras solúveis e insolúveis desde que a porção diária do produto pronto para o consumo atenda ao menos o requisito “fonte” (1,5g/100 ml no caso de produto líquido e 3g/100g no caso de produto sólido) (Portaria SVS/MS nº 27/98).

Devido às alegações de propriedades funcionais o aumento no consumo diário de fibras tem sido recomendado (25-30g/dia). Assim a incorporação destes compostos em

alimentos é relevante, como forma de auxiliar no suprimento das necessidades diárias (FERNÁNDEZ-GINÉS et al., 2003).

As fibras alimentares podem ser classificadas de acordo com suas propriedades físicas em fibras solúveis e insolúveis. As primeiras estão associadas com a redução da absorção de glicose no intestino e do colesterol sanguíneo. Apresentam capacidade de formação de géis (pectina, gomas, mucilagens, inulina e frutoligossacarídeos - FOS) possuindo grande aplicação na indústria de alimentos. As insolúveis, por sua vez, são representadas principalmente por celulose, hemicelulose, lignina e amido resistente e estão relacionadas tanto com a absorção de água quanto com a regulação do intestino (VIEIRA, et al., 2002; JANUZZI, 2007).

2.4.1 Fibras Solúveis

As fibras solúveis incluem as pectinas, gomas, mucilagens (como o psyllium, um polissacarídeo viscoso) e polissacarídeos de armazenagem (MELLO, 2009). São importantes no estômago e na parte superior do intestino, onde o processo de digestão é desacelerado, o que garante um aumento mais lento dos níveis de açúcar e gordura no sangue. Desta forma, permite que o metabolismo lide mais facilmente com as flutuações dos nutrientes (BREWER, 1997).

Além de executarem funções fisiológicas importantes, as fibras solúveis ainda contribuem para a construção de uma microflora importante, agindo como substrato alimentar para microrganismos benéficos. Assim, elas agem como um prebiótico, melhorando a saúde do hospedeiro. Um prebiótico age como um alimento para probióticos inerentes ao cólon humano (SHRIVASTVA e GOYAL, 2007).

Estudos revelaram que estas fibras podem ter ação protetora contra doenças inflamatórias intestinais, tais como Doença de Crohn e colite ulcerativa aumentando a produção de ácidos graxos de cadeia curta, que agem como imunomoduladores no intestino inflamado e também pelo aumento da proporção de microrganismos benéficos que compõem a microflora gastrointestinal em detrimento de bactérias patogênicas (GALVEZ et al., 2005).

2.4.2 Fibras Insolúveis

As fibras insolúveis são pouco fermentáveis, captam pouca água, formando misturas de baixa viscosidade (ABREU et al., 2008). Possuem como principais efeitos a redução da constipação, aumento da massa e maciez fecal e a frequência de evacuação, uma vez que a maior parte das fibras insolúveis não se degrada no cólon e podem reter água dentro de uma matriz, proporcionando um efeito mecânico no trato gastrointestinal (HARBER, 1997; Nestlé Nutrition Services, 2000).

A celulose, hemicelulose e lignina, correspondem à fração insolúvel das fibras. A baixa solubilidade da celulose em água se deve à sua cadeia não ramificada, com pontes de hidrogênio e conformação molecular cristalina envolvida pela matriz da parede celular. As hemiceluloses se encontram junto à celulose, à lignina e à pectina na parede celular dos vegetais e o grau de solubilidade é dado pela presença de moléculas de xilose. A lignina tem característica hidrofóbica e possui estrutura tridimensional complexa (*Food and Nutrition Board*, 2001).

Exemplos de fibras insolúveis englobam o farelo de trigo e a celulose presente nos vegetais. Eles aumentam o peso fecal úmido sendo particularmente indicados para promover melhora da função intestinal, o que pode explicar seu efeito na absorção diminuída de triacilgliceróis e colesterol (MIRA et al., 2009).

2.5 Processo Oxidativo e Atividade Antioxidante

Todas as formas de vida aeróbica estão expostas ao efeito oxidante dos metabólitos reativos do oxigênio, posto que estas espécies são produzidas durante o metabolismo aeróbico (RIBEIRO et al., 2005). A produção de espécies reativas do oxigênio (ERO) bem como outras espécies reativas é parte do metabolismo humano e pode ser observada em diversas condições fisiológicas. As ERO's desempenham importante papel fisiológico, como nos processos de produção de energia, regulação do crescimento celular, sinalização intercelular, síntese de substâncias biológicas importantes e fagocitose onde atuam de forma a eliminar o agente agressor. Entretanto, quando

produzidas em excesso, o organismo dispõe de um eficiente sistema antioxidante capaz de restabelecer o equilíbrio (VASCONCELOS et al., 2007).

Quando há um desequilíbrio entre oxidantes e antioxidantes, com prevalência dos primeiros, ocorre o estresse oxidativo. Há evidências que o estresse oxidativo está relacionado a processos de envelhecimento, transformação e morte celular. Estes processos podem trazer consequências diretas em diversas patologias, como a indução de alguns tipos de câncer, doenças crônicas tais como cardiopatias, queda do sistema imunológico, catarata e doenças no pulmão (VASCONCELOS et al., 2007; OLDONI, 2010).

O organismo humano sofre ação constante das ERO's geradas em processos inflamatórios, disfunções biológicas ou por meio da alimentação. Dentre as ERO's, o radical hidroxil (OH^\cdot) apresenta o maior potencial de reatividade, podendo oxidar qualquer molécula biológica (RIBEIRO et al., 2005). Além disso, possui um tempo de meia-vida muito curto, dificultando seu sequestro *in vivo*. O radical hidroxila é potencialmente danoso ao DNA, RNA, proteínas, lipídios, bem como a membranas celulares do núcleo e mitocondrial.

Apesar de o organismo humano possuir seu próprio sistema antioxidante, suas funções tornam-se limitadas diante de estresse severo. As mudanças nos hábitos de vida e alimentação da população, com o aumento da ingestão de produtos processados, com altos teores de açúcares simples e lipídios, além de compostos sintéticos, como conservantes, corantes e flavorizantes, tem colaborado com o aumento do estresse oxidativo no organismo. Desta maneira, torna-se interessante a complementação da alimentação com produtos capazes de inibir e/ou interromper o processo oxidativo. Neste sentido, os alimentos ricos em compostos com capacidade antioxidante merecem atenção.

O termo “compostos antioxidantes” tem se tornado cada vez mais popular para a sociedade moderna e ganhado publicidade devido aos seus efeitos benéficos ao organismo (HUANG et al., 2005). Esses compostos podem ser definidos como qualquer substância que, em baixa concentração, comparada à do substrato oxidável, pode regenerá-lo ou prevenir significativamente sua oxidação (HALLIWEL, 2000). Os compostos antioxidantes podem atuar diminuindo a concentração de oxigênio, interceptando o oxigênio singlete, pelo sequestro do radical hidroxil, quelando íons

metálicos e decompondo produtos primários a compostos não radicais (HAVSTEEN, 2002).

Os subprodutos agrícolas como cascas, farelos, sementes e bagaços apresentam potencial como fonte de compostos antioxidantes. Muitas vezes a ação antioxidante pode estar relacionada ao conteúdo de compostos fenólicos presentes nos vegetais, posto que, tais compostos são metabólitos secundários encontrados em praticamente todo o reino vegetal. Desta maneira, o aprofundamento dos estudos de caracterização e proposições de uso para estes materiais insurge como fonte alternativa de aditivo alimentar, agregando valor a produtos processados, bem como reduzindo os custos de produção.

2.5.1 Ação Antioxidante de Compostos Fenólicos

Dentre os compostos com capacidade antioxidante, os mais comumente encontrados em vegetais são os compostos fenólicos (PEREIRA, 2009), com mais de 8000 substâncias já descritas (PEREIRA, 2009; OLDONI, 2010). Tais compostos são considerados metabólitos secundários sintetizados por plantas vasculares nas quais desempenham importante papel na regulação da maturação dos frutos, além de funções estruturais e de proteção diante de agentes agressores como bactérias e insetos (STALIKAS, 2007). Se consumidos em proporções adequadas, tais compostos auxiliam na proteção do organismo contra diversos danos oxidativos. Entretanto, se consumidos em demasia, podem exercer papel inverso, atuando como pró-oxidantes.

Estruturalmente possuem um ou mais anéis aromáticos e pelo menos um grupo hidroxila (DAI e MUMPER, 2010). Os compostos antioxidantes fenólicos atuam como sequestradores de radicais e, algumas vezes como quelantes de metais, podendo agir tanto na etapa de iniciação quanto na etapa de propagação do processo oxidativo. Devido à ressonância do anel aromático apresentado nestes compostos, os produtos intermediários formados durante a ação antioxidante são estáveis. Assim, os compostos fenólicos tornam-se eficazes contra a oxidação lipídica (DUARTE ALMEIDA et al., 2006).

O método desenvolvido por Folin e Ciocauteu é amplamente utilizado para a determinação do teor de fenólicos em alimentos. Possui a vantagem de ser rápido e

simples e mensura a capacidade redutora destes compostos. É um método espectrofotométrico, onde o reagente utilizado é composto por uma mistura de ácidos fosfotungstato e fosfomolibdato em meio básico, o qual é reduzido para oxidar compostos fenólicos, originando o óxido de tungstênio azul (W_8O_{23}) e molibdênio (Mo_8O_{23}). A absorvância da cor azul desenvolvida é medida em aproximadamente 765 nm. Os resultados são expressos em massa de ácido gálico, por massa de amostra (KUSKOSKY et al., 2005).

2.5.2 Avaliação da Atividade Antioxidante

Os diversos testes propostos na literatura para a avaliação da capacidade antioxidante variam quanto ao tipo de radicais gerados, ao indicador de oxidação escolhido e ao método usado para sua detecção e quantificação (VASCONCELOS et al., 2007). Preconiza-se que um método ideal para avaliar a capacidade antioxidante de um determinado composto deve ser rápido, reprodutível, econômico e não ser afetado pelas propriedades físicas do composto. Vários métodos tem sido aplicados com o objetivo de mensurar a atividade antioxidante. Entretanto, não existe um método universal, por meio do qual possa se avaliar, precisa e quantitativamente a atividade antioxidante (OLDONI, 2010). A seguir, são abordadas as metodologias utilizadas para avaliar a atividade antioxidante dos FA desenvolvidos neste estudo.

2.5.2.1 Método de Sequestro do Radical ABTS

O método baseia-se na inibição por antioxidantes do cátion radical ABTS. A formação do radical se dá pela reação do ABTS (2,2 AZINO BIS (3-ethylbenzo thiazoline 6 sulfonic acid) diammoninum salt) com solução de persulfato de potássio (Figura 3). Este radical apresenta coloração azul-esverdeada e, quando adicionado em meio contendo antioxidante perde a cor. A redução do radical é medida em uma absorvância de 734 nm, sendo o resultado comparado à absorvância obtida pela mistura deste radical com o antioxidante sintético Trolox-(6-Hidroxi-2,5,7,8-tetrametilchroman-2-ácido carboxílico).

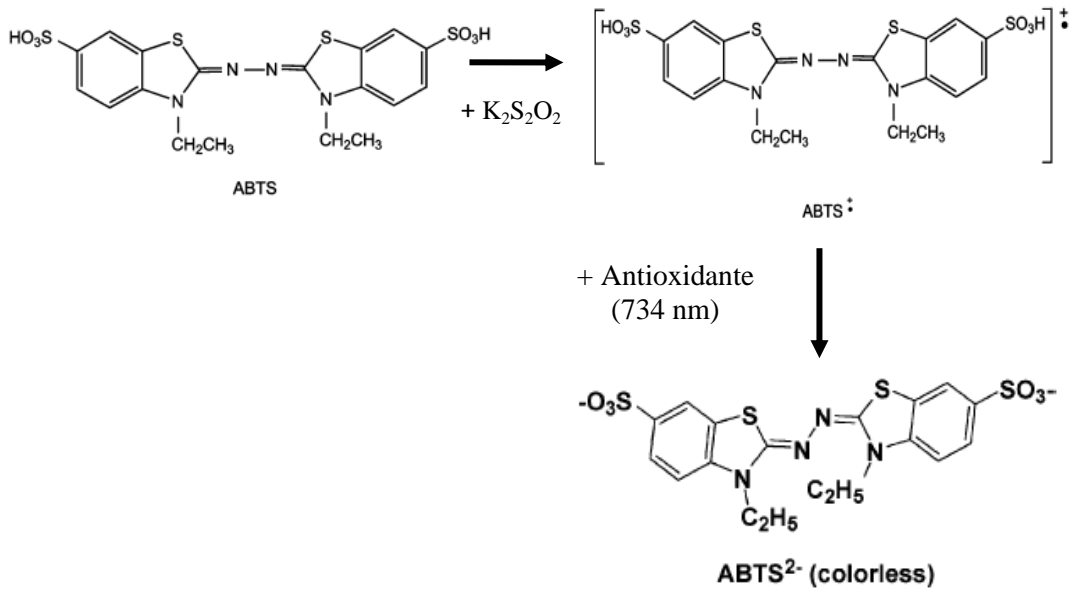


Figura 3: Reação de formação do radical estável ABTS com o persulfato de potássio e com o antioxidante

Fonte: Huang et al., 2005; Moon e Shibamoto, 2009.

Este método tem sido preferido em diversos estudos referentes a avaliação da atividade antioxidante em alimentos e bebidas por oferecer resultados reprodutíveis, além de permitir a avaliação da atividade antioxidante em compostos de natureza lipofílica e hidrofílica (KUSKOSKI et al., 2005). Entretanto, vale ressaltar que a reação com doadores de hidrogênio apresenta baixa seletividade e, dependendo do composto, a reação com o ABTS é bastante lenta, podendo influenciar no resultado (SURVESWARAN et al., 2007).

2.5.2.2 Método de Sequestro do Radical DPPH

A aplicação do método da captura do radical orgânico DPPH (2,2-Diphenyl-1-picryl-hidrazil) tornou-se bastante usual por se apresentar como um método simples e altamente sensível (OLDONI, 2010). Este composto pode aceitar um elétron ou um radical hidrogênio para se tornar estável (Figura 4). Ao fixar um H[•] removido do composto

antioxidante, observa-se uma diminuição da absorbância, o que permite calcular, após o estabelecimento do equilíbrio da reação, a quantidade de antioxidante gasta para reduzir 50% o radical DPPH• (BROINIZI et al., 2007). Quando na forma radicalar, o DPPH apresenta coloração roxa. Ao reagir com o antioxidante, perde a coloração de acordo com o número de elétrons capturados tornando-se mais clara ou amarela.

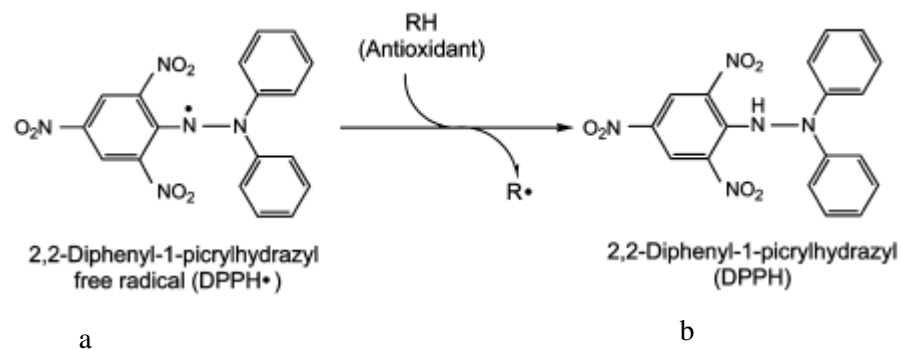


Figura 4: DPPH: a) forma radicalar; b) forma não radicalar.

Fonte: Moon e Shibamoto, 2009.

2.6 Fibras Alimentares e Propriedades Antioxidantes

As fibras alimentares e os antioxidantes são reconhecidos como dois fatores importantes para a prevenção de algumas doenças. As fibras alimentares (FAL) estão intimamente relacionadas com a regulação intestinal e redução dos riscos de desenvolvimento de doenças cardíacas, hipertensão, diabetes e outras. Os antioxidantes, por outro lado, protegem contra danos oxidativos no DNA, proteínas e lipídeos, e podem ter um impacto positivo sobre a regulação da expressão gênica (KAMP et al., 2010; SAURA-CALIXTO, 2011).

Existe atualmente uma vasta literatura sobre FAL e antioxidantes, tratando-os separadamente, como compostos não relacionados, provavelmente devido às diferenças substanciais em suas estruturas físico-químicas, químicas e biológicas. Entretanto, no trato gastrointestinal, seguem um processo fisiológico comum e sinérgico (SAURA-CALIXTO, 2011).

Os antioxidantes são compostos por um conjunto de moléculas como vitaminas C e E, carotenóides, polifenóis de baixo peso molecular, entre outros, solubilizados e total ou parcialmente absorvidos no intestino superior. Entretanto, se consumidos em quantidades apreciáveis, podem atravessar o intestino delgado intactos, em conjunto com as fibras alimentares, chegando ao cólon onde liberam a matriz da fibra e produzem metabólitos e um ambiente antioxidante pela ação da microbiota bacteriana (MANACH et al., 2005).

Assim, fibras com propriedades antioxidantes são definidas como um produto natural que combina os efeitos benéficos das FAL e antioxidantes naturais como, por exemplo, os polifenóis (SAURA-CALIXTO, 1998). Desta maneira, este tipo de fibras pode ser usado tanto para a prevenção de doenças cardiovasculares e do trato gastrointestinal, como também sob a forma de aditivo alimentar em frutos do mar e produtos cárneos como forma de evitar a oxidação lipídica (RUFINO et al., 2011).

Ruiz-Roso et al. (2010) avaliaram o efeito do consumo de fibras insolúveis de Alfarroba ricas em polifenóis na redução de colesterol LDL em 88 indivíduos hipercolesterolêmicos, e constataram que o consumo diário de 4g desta fibra (84% de polifenóis), duas vezes ao dia, acarretou, em quatro semanas, a redução de $17,8 \pm 6,1\%$ ($p < 0,05$) do colesterol total e $22,5 \pm 8,9\%$ ($p < 0,001$) do LDL.

Rufino et al. (2011) elaboraram um estudo para determinação da concentração de fibras alimentares e antioxidantes no fruto e no óleo de açaí (*Euterpe oleraceae*) com vistas de utilização destes compostos como fonte de antioxidantes em alimentos funcionais ou suplementos dietéticos. Os resultados mostraram que o fruto de açaí 'BRS-Pará' possui um alto teor de FAL tanto na matéria desengordurada (71% de matéria seca) quanto no óleo (20,82%), bem como uma elevada capacidade antioxidante em ambos. Assim, concluíram que o Fruto do Açaí 'BRS-Pará' pode ser considerado como uma excelente fonte de fibras alimentares antioxidantes. A capacidade antioxidante do óleo de açaí "BRS-Pará" pelo ensaio de DPPH também foi elevada, apresentando-se maior do que em azeites de oliva extra virgem.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Obtenção e Preparo da Matéria-Prima

3.1.1 Farelo de Trigo

O estudo foi conduzido com amostras de farelo de trigo comercial adquiridas em supermercados da cidade de Belo Horizonte. Desta maneira, foram eliminadas as etapas preliminares de limpeza do mesmo, podendo este ser utilizado diretamente.

3.1.2 Pericarpo de Pequi

Os pequis utilizados neste estudo foram provenientes da região de Paraopeba, Minas Gerais e foram adquiridos na CEASA/Contagem-MG. Os frutos sadios foram selecionados e os demais descartados. Os frutos selecionados foram então higienizados em duas etapas: 1) limpeza, com água corrente e detergente neutro, e 2) sanitização com imersão dos frutos em solução aquosa com 15 ppm de cloro ativo, por 15 minutos.

Para se verificar a influência do exocarpo (envoltório externo do fruto, de coloração esverdeada) e do processo de branqueamento nas características dos pós ricos em fibra obtidos, as amostras foram divididas em quatro grupos distintos;

P1: Utilizou-se o mesocarpo com exocarpo submetido ao processo de branqueamento;

P2: Utilizou-se apenas o mesocarpo submetido ao processo de branqueamento;

P3: Utilizou-se o mesocarpo com exocarpo. O branqueamento não foi realizado; e

P4: Utilizou-se apenas o mesocarpo sem exocarpo e sem branqueamento.

3.1.2.1 Branqueamento e Estocagem

Após o processo de limpeza, os frutos foram cortados com o auxílio de uma faca em aço inox nos diâmetros equatorial e longitudinal do fruto (Figura 5) para obtenção de partes com tamanhos mais uniformes. Para os frutos maiores, as partes obtidas foram novamente cortadas ao meio. Nos grupos sem epicarpo (grupos 2 e 4 descritos no item 3.1.2), o mesmo foi retirado antes do corte, com o auxílio de uma faca em aço inox. Ainda nesta etapa, os caroços foram retirados, acondicionados em sacos plásticos e congelados a $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$.



Figura 5: a) corte no diâmetro equatorial; b) corte no diâmetro longitudinal do pequi.

Feito isso, procedeu-se a etapa de branqueamento, com os objetivos de inativar enzimas do grupo polifenoloxidase (termo genérico para um grupo de enzimas que catalisam a oxidação dos compostos fenólicos e produzem pigmentos escuros na superfície de frutas cortadas e vegetais) (WHITAKER e CHANG, 1994) e, redução da carga microbiana inicial (AZEREDO, 2005). Os frutos dos grupos 1 e 2 (descritos no item 2.1.2) foram branqueados com água a $90^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$ na proporção de 1:10 de casca para água, durante 3 minutos (NDIAYE et al., 2009). Imediatamente após serem retiradas da água quente, as amostras foram acomodadas em recipiente contendo água e gelo (4°C), também por 3 minutos para cessar o cozimento (Figura 6).



Figura 6: Branqueamento do pericarpo de pequi: (a) água a 90°C/3min; (b) água a 4°C/3min.

As amostras de cada grupo (P1, P2, P3 e P4) foram estocadas em sacos plásticos e congeladas a -18 °C até o momento da utilização.

3.2 Desenvolvimento dos Pós Ricos em Fibra Alimentar (FA)

3.2.1 FA a Partir de Farelo de Trigo (FAT)

O processo de obtenção dos FAT é ilustrado na Figura 7. Para obtenção dos FA a partir do farelo de trigo, as amostras foram peneiradas manualmente para eliminação dos finos. Em seguida as amostras foram secas em estufa com circulação de ar a 50 °C (evitar a perda de compostos bioativos pelo calor) para se obter teor de umidade inferior a 9%, tal como proposto por Larrauri (1999). Por fim, o farelo foi moído em moinho de facas de bancada e, as partículas separadas por tamização. Foram utilizadas as partículas menores que 425 µm (LARRAURI, 1999), as quais foram denominadas FAT. O FAT foi estocado em embalagem de polietileno de baixa densidade (PEBD) em temperatura ambiente até o momento da utilização.

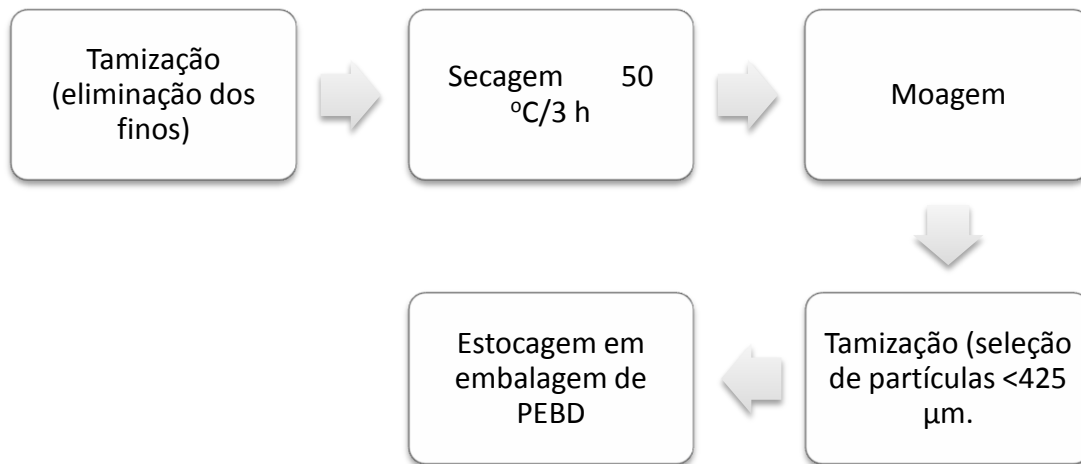


Figura 7: Fluxograma de obtenção do FAT.

3.2.2 FA a partir de Pericarpo de Pequi

A metodologia utilizada baseou-se em um estudo realizado por Hassan et al (2011) com ligeiras modificações. Amostras de pericarpo de pequi foram misturadas com água na proporção de 1:1, e cominuídas em Agitador mecânico com hélice Fisaton Mod: 712; Série: 0882317. A mistura foi espalhada em bandejas metálicas e secas em estufa a 50 ± 1 °C por 24 horas. Após a secagem, procedeu-se a etapa de segregação das partículas em Gral de porcelana até a obtenção de um pó fino. O pó obtido foi submetido a processo de tamização e as partículas menores que 425 µm (LARRAURI, 1999) foram selecionadas e estocadas em embalagem plástica de PEBD em temperatura ambiente. O processamento dos FA provenientes da casca de pequi é ilustrado na Figura 8. Os pós obtidos foram denominados FAP1, FAP2, FAP3 e FAP4 em correspondência aos grupos amostrais P1, P2, P3 e P4, respectivamente (vide seção 3.1.2).

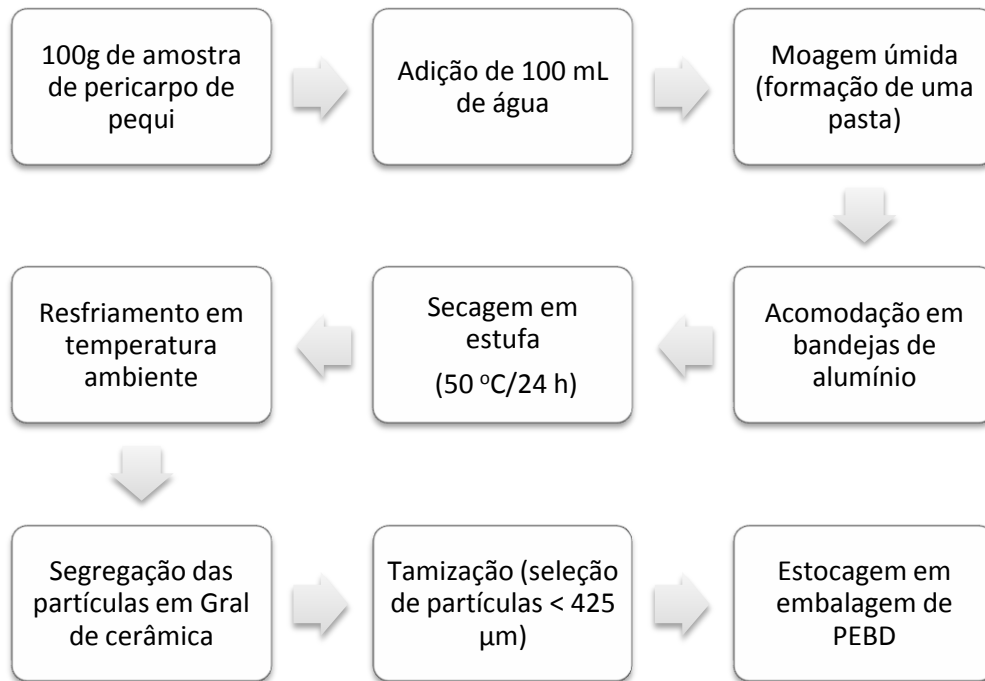


Figura 8: Fluxograma de produção dos FAP.

3.3 Caracterização Física dos Frutos de Pequi

A caracterização física dos frutos foi realizada com o objetivo de se avaliar a variabilidade de tais características dentro de um mesmo lote do fruto. Para tanto, foram mensurados: massa média de fruto (MMF), massa média da casca (MMC), massa média do caroço (MMCa) e as dimensões dos diâmetros maior (DM), menor (DME) e intermediário (DI) de uma amostra de 70 frutos tomados aleatoriamente. Na Figura 9 são ilustrados os diâmetros maior, menor e intermediário (RAMOS e SOUZA, 2011). As medidas de massa foram obtidas em balança digital e expressas em gramas, e as dimensões foram obtidas com o auxílio de um paquímetro digital e expressas em centímetros.

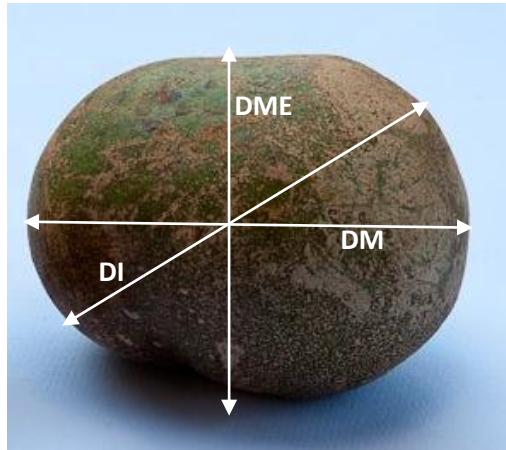


Figura 9: Diâmetro maior (DM); diâmetro menor (DME) e diâmetro intermediário (DI) do fruto do pequi.

3.4 Caracterização Físico-Química dos FA

Para a caracterização dos FA foram realizadas análises para quantificar o teor de Umidade, Extrato Etéreo e Resíduo Mineral, conforme AOAC (1990, 2007) e Instituto Adolfo Lutz - IAL (2008). A análise de Fibra Alimentar foi realizada de acordo com método enzimático gravimétrico proposto por ASP e colaboradores (1998).

3.4.1 Análise de Umidade

A umidade foi determinada pelo método gravimétrico, baseado na redução da massa da amostra após o emprego de calor. Inicialmente, cápsulas de porcelana foram limpas e secas em estufa com circulação de ar a 105 °C por 1 hora. Após este tempo, as mesmas foram transferidas para dessecador, onde permaneceram por 30 minutos para resfriamento. A massa das cápsulas vazias foi registrada. Dois gramas de amostra foram pesados em cada cápsula e, em seguida, o sistema foi transferido para estufa com circulação de ar onde permaneceu por 3 horas. Após este período, as cápsulas contendo a amostra foram transferidas para dessecador até o resfriamento. A massa do sistema foi aferida e o mesmo retornou à estufa por mais 1 hora. Este procedimento foi continuado

até se alcançar peso constante (IAL, 2008). A análise foi realizada em triplicata. O teor de umidade foi calculado de acordo com a equação 1.

$$U (\% \text{ m/m}) = \frac{100 \times N}{P} \quad (1)$$

Em que,

N = massa (g) de umidade (perda de massa em g)

P = massa (g) da amostra

3.4.2 Determinação do Teor de Extrato Etéreo

O teor de extrato etéreo foi determinado pelo método gravimétrico de Soxhlet Modificado (Método 4.5.05 AOAC, 2007). Foram pesados 5 gramas de amostra seca em cartucho de papel filtro qualitativo e, em seguida, o mesmo foi acomodado em equipamento extrator de Soxhlet Modificado com capacidade para seis amostras. A extração de lipídeos ocorreu em duas etapas, sendo a primeira a etapa de extração por imersão e a segunda por gotejamento, totalizando 4 horas de extração, tendo-se o Éter Etílico como solvente. O solvente foi então recuperado e os copos com lipídeos foram secos em estufa a 100 °C por 1 hora. O teor de Extrato Etéreo foi calculado pela diferença de massa do copo com lipídeos com a do copo vazio. A análise foi realizada em triplicata. O teor de Extrato Etéreo foi obtido de acordo com a equação 2.

$$EE (\% \text{ m/m}) = \frac{100 \times N}{P} \quad (2)$$

Em que,

N = massa (g) de lipídeos

P = massa (g) da amostra

3.4.3 Determinação de Resíduo Mineral (Cinzas) por Incineração

A determinação do teor de cinzas foi realizado por método gravimétrico baseando-se na perda de massa da amostra após processo de incineração, sendo o resíduo obtido neste processo denominado cinzas, ou resíduo mineral. Cápsulas de porcelana foram previamente incineradas por 2 horas a 550°C em mufla e, em seguida resfriadas em dessecador. Foram pesados 5 gramas de amostra moída nas cápsulas. Em seguida, o sistema foi levado à mufla por um período de 16 a 20 horas a 550°C, podendo permanecer por um tempo maior, caso existam ainda resíduos de carvão. O teor de cinzas foi calculado pela equação 3.

$$\text{Cinzas (\% m/m)} = \frac{100 \times N}{P} \quad (3)$$

Em que,

N = massa (g) de cinzas

P = massa (g) da amostra

3.4.4 Determinação de Nitrogênio Total

O teor de Nitrogênio Total foi determinado pelo método de micro-Kjeldahl, usando o fator de conversão 6,25 para cálculos dos teores protéicos. A análise é dividida em três etapas distintas: digestão, destilação e titulação.

Na etapa de digestão, a matéria orgânica existente na amostra foi decomposta com ácido sulfúrico e um catalisador (mistura digestora), onde o nitrogênio é transformado em sal amoniacal. Para a etapa de digestão, foram pesados 0,25 gramas da amostra em papel manteiga. O papel foi fechado cuidadosamente e transferido cuidadosamente para o tubo digestor. De forma semelhante, 0,3 gramas de mistura digestora (sulfato de potássio + dióxido de selênio + sulfato cúprico) foram pesados em papel manteiga, o qual foi fechado cuidadosamente e adicionado ao mesmo tudo em que se encontra a amostra. Em seguida, foram adicionados ao tubo, 5 mL de ácido sulfúrico e o sistema foi transferido ao digestor de proteínas até completa digestão da amostra.

Após a digestão, procedeu-se a etapa de destilação. Nesta etapa, a amônia é liberada do sal amoniacal pela reação com hidróxido de sódio e condensada em solução de ácido bórico, de volume e concentração conhecidos, contendo indicador misto. Após a destilação, a solução ácida que, inicialmente apresenta-se com coloração marrom-alaranjada, torna-se verde/azul.

Por fim, passou-se à etapa de titulação, na qual determina-se a quantidade de nitrogênio presente na amostra por meio de titulação do destilado com ácido clorídrico padronizado 0,1 mol/l.

O teor de Nitrogênio total foi dado pelo volume de HCl gasto na titulação sobre a massa da amostra x 100.

3.4.5 Determinação de Fibras Alimentares

Para a determinação das frações: fibra alimentar total, fibra alimentar solúvel e fibra alimentar insolúvel, foi utilizado o método enzimático-gravimétrico. Este método baseia-se na digestão enzimática sequencial da amostra com alfa amilase, pepsina e pancreatina para obtenção da fração resistente à digestão, a partir da qual serão obtidas as frações de fibras.

Para a etapa de digestão, 1 grama de amostra foi adicionado em erlenmeyer e solubilizado com solução tampão. Em seguida a alfa amilase foi adicionada e procede-se a digestão (100 °C/ 15 min). Para a próxima etapa, o pH foi ajustado para 1,5 e a pepsina foi adicionada. O sistema foi levado em banho-maria com agitação constante a 40 °C por 1 hora para que ocorresse o processo de digestão. Por fim, o pH foi ajustado para 6,8 e a pancreatina foi adicionada. O sistema retornou ao banho-maria com agitação constante, tal como para a digestão com pepsina.

Após a digestão procedeu-se a filtração. Esta etapa é subdividida em outras duas. Inicialmente, o conteúdo dos erlenmeyer foi filtrado em cadinho de vidro com fundo poroso previamente tratado contendo celite. O resíduo retido no cadinho foi utilizado para o cálculo da fração de fibra insolúvel (Equação 4).

Para se obter a fração de fibra solúvel o filtrado foi adicionado de etanol a 60 °C e a mistura deixada em repouso por 1 hora para solubilização da fibra insolúvel. Em seguida,

procedeu-se a filtragem em cadinhos de vidro com fundo poroso previamente tratado contendo celite. A massa de amostra digerida retida nesta etapa foi utilizada para o cálculo da fração de fibra solúvel (Equação 5). Por fim, a fração de fibra alimentar total foi obtida pela soma das frações solúvel e insolúvel.

$$FAI(\%) = \frac{D1-I1-B1}{W} \times 100 \quad (4)$$

Em que,

FAI = fibra alimentar insolúvel

D1 = massa do cadinho + resíduo após secagem a 105°C

I1 = massa do cadinho + resíduos após incineração a 550°C

B1 = (D1 – I1) do cadinho branco

W = massa da amostra.

$$FAS(\%) = \frac{D2-I2-B2}{W} \times 100 \quad (5)$$

Em que:

FAS = fibra alimentar solúvel

D2 = massa do cadinho + resíduo após secagem a 105°C

I2 = massa do cadinho + resíduos após incineração a 550°C

B2 = (D1 – I1) do cadinho branco

W = massa da amostra.

3.5 Determinação das Propriedades Funcionais dos FA

As propriedades funcionais dos pós rico em fibras foram determinadas de acordo com metodologia descrita por Seibel (2006), com ligeiras modificações. Foram determinados: Índice de Absorção de Óleo; Índice de Absorção de Água; Solubilidade em Água e; Volume de Intumescimento. Todas as análises, descritas a seguir, foram realizadas em triplicata.

3.5.1 Índice de Absorção em Óleo (IAO)

Para determinação do índice de absorção de óleo, 2 gramas de amostra foram misturados em 20 ml de óleo de soja comercial à temperatura ambiente em tubos de centrífuga de 50 ml, previamente pesados. O sistema foi mantido sob agitação constante (75 rpm a 20 °C por 30 minutos) em Incubadora com Agitação Orbital Mod. Marco Q-250 e, em seguida, centrifugado a 3500 rpm por 10 minutos em centrífuga de bancada Celm Mod. Combate. O sobrenadante de cada tubo foi descartado e a massa do tubo contendo o resíduo embebido em óleo foi aferida. Para a obtenção do IAO, dividiu-se a massa do sedimento embebido em óleo pela massa da amostra seca (Equação 6). O resultado foi expresso em grama de óleo absorvido / grama de matéria seca.

$$IAO = \frac{MO}{MS} \quad (6)$$

Em que,

MO= massa (g) de amostra com óleo

MS= massa (g) de amostra seca

3.5.2 Índice de Absorção de Água (IAA)

O índice de absorção de água foi determinado tal como o IAO substituindo-se o óleo de soja comercial por água destilada. O resultado foi obtido de acordo com a equação 7. O sobrenadante obtido após a centrifugação foi utilizado para determinação do Índice de Solubilidade em Água.

$$IAA = \frac{MA}{MS} \quad (7)$$

Em que,

MA= massa (g) de amostra com água

MS= massa (g) de amostra seca

3.5.3 Índice de Solubilidade em Água (ISA)

Para o índice de solubilidade em água, coletou-se o sobrenadante obtido na análise de IAA (item 3.5.2) em cápsulas de porcelana previamente secas e pesadas. O sistema foi levado em estufa a 100 °C por 15 horas para completa secagem do material. Feito isso, as cápsulas foram transferidas para dessecador para resfriamento e, em seguida, a massa das mesmas foi aferida. O ISA foi calculado pela relação (massa de pó de fibra presente no sobrenadante/massa de pó de fibra da amostra)x100 (Equação 8).

$$ISA = \frac{(CS-C)}{M} \times 100 \quad (8)$$

Em que,

CS= massa (g) da cápsula com resíduo seco

C= massa (g) da cápsula vazia

M= massa (g) de amostra utilizada

3.5.4 Volume de Intumescimento (VI)

Para determinação do volume de intumescimento, um grama de amostra foi adicionado em proveta de 100 ml. Em seguida, a amostra foi misturada em excesso de água destilada e o sistema agitado continuamente a 230 rpm por 2 horas em Incubadora com Agitação Orbital Mod. Marco Q-250. Após este processo, o sistema foi deixado em repouso por aproximadamente 15 horas, até completa decantação. O volume final ocupado pela amostra na proveta foi denominado volume de intumescimento e foi expresso em ml/grama de amostra seca.

3.6 Análise Colorimétrica

A análise de cor foi realizada em colorímetro tristímulus (HunterLab Colorflex 45/0 Spectrophotometer, Hunter Laboratories, VA, EUA) utilizando-se ângulo de observação de 10° e iluminante padrão D65 (luz diurna). Foram realizadas três leituras subsequentes para cada amostra com as frações de interesse obtidas pelo ensaio granulométrico. Os parâmetros medidos foram L* (luminosidade), coordenada a* (conteúdo de vermelho a verde) e coordenada b* (conteúdo de amarelo a azul). Para obtenção da cor propriamente dita, foram calculados os parâmetros h* (tonalidade) e c* (intensidade da cor) (Equações 9 e 10).

$$h^* = \arctan b^*/a^* \quad (9)$$

$$c^* = [(a^*)^2 + (b^*)^2]^{1/2} \quad (10)$$

3.7 Avaliação da Capacidade Antioxidante dos FA Produzidos

Para a avaliação da capacidade antioxidante dos FA produzidos, determinou-se o teor de Fenólicos Totais bem como a capacidade de sequestrar radicais, por meio das análises de ABTS e DPPH. Para a realização destas análises fez-se necessária a obtenção de diferentes extratos dos FA. A massa de FA utilizada em cada extrato foi utilizada para a quantificação da capacidade antioxidante.

3.7.1 Preparação dos Extratos

3.7.1.1 Otimização dos Parâmetros para Extração

Devido à escassa literatura sobre pericarpo de pequi e ausência de dados sobre sua composição fenólica, bem como de outros compostos com capacidade antioxidante, fez-se necessária a otimização do processo de extração. Para o farelo de trigo, embora existam alguns estudos avaliando sua capacidade antioxidante, os testes foram conduzidos com o objetivo de avaliar se a metodologia de extração aplicada era, de fato, a mais eficaz. Tal processo consistiu da otimização dos seguintes parâmetros: tipo de solvente; número de extrações e tempo das extrações.

Os parâmetros citados anteriormente, foram estudados, posto que, de acordo com Wang e Weller (2006) e Stalikas (2007), afetam de forma significativa a composição do extrato e a quantidade de compostos extraídos. Os testes foram baseados em estudos anteriores com frutos do cerrado (SOUZA et al., 2008) e com subprodutos vegetais (CHANTARO et al., 2008; MOHDALLI et al., 2009; HASSAN et al., 2011).

Os solventes definidos foram: solução de álcool etílico 80% (v/v), solução de metanol 50% (v/v) e solução de acetona 70% (v/v) combinados ou não. O número de extrações variou de uma a três. Os tempos de extração testados foram: 0, 10, 20, 40 e 60 minutos.

3.7.2 Determinação de Fenólicos Totais

Para a determinação de fenólicos totais foi executada metodologia analítica proposta por Singleton et al. (1999), com adaptações. O método de determinação fundamenta-se na redução do ácido fosfomolibdico-fosfotúngstico pelas hidroxilas fenólicas, produzindo um complexo de coloração azul que foi mensurado por absorção a 760 nm. O carbonato de sódio foi adicionado à solução para mantê-la alcalina, favorecendo a formação de fenolato, o que permite a redução dos ânions molibdo e tungstofosfato.

3.7.2.1 Análise de Fenólicos Totais

A determinação de fenólicos totais foi realizada de acordo com metodologia descrita por Singleton, Orthofer e Lamuela-Raventos (1999) com algumas adaptações. Para a determinação de fenólicos totais em pós ricos em fibras a partir de pericarpo de pequi (FAP), diluiu-se o extrato 20 vezes e, em seguida transferiu-se uma alíquota de 1 ml do mesmo para tubos Falcon (recobertos por papel alumínio) com capacidade para 15 ml. Para o FAT (pós ricos em fibras a partir de farelo de trigo), tomou-se uma alíquota de 0,5 ml de extrato, e completou-se o volume para 1 ml com solução de acetona 70% (v/v). Posteriormente, foi adicionado às alíquotas 5 ml do reagente de Folin–Ciocalteu e então os tubos foram agitados por aproximadamente 5 segundos. Esperou-se 1 minuto e acrescentou-se, em cada tubo, 4 ml de solução de carbonato de cálcio. Os tubos foram novamente agitados e então deixados em repouso por 2 horas em ambiente escuro. Por fim, a leitura foi realizada a 760 nm em Espectrofotômetro Micronal AJX 1900. A curva padrão foi construída com o ácido gálico, na faixa de 2,0 a 7,0 µg/ml. A equação da reta foi utilizada para o cálculo das concentrações equivalentes de ácido gálico das amostras avaliadas. As análises foram conduzidas em triplicata.

3.7.3 Determinação da Atividade Antioxidante pelo Método ABTS

A determinação da atividade antioxidante pelo sequestro do radical ABTS foi realizada com base na metodologia descrita pela EMBRAPA (2007). Uma curva padrão foi determinada utilizando-se 5 diferentes concentrações de Trolox (6-Hidroxi-2,5,7,8-tetrametilchroman-2-ácido carboxílico) (PM = 250,29) em triplicata. A partir dos extratos foram preparadas um total de cinco diferentes diluições dos mesmos. Para os FAP (pós ricos em fibras a partir de pericarpo de pequi) definiram-se as diluições 1:10; 1:20; 1:30; 1:40 e 1:50 (v/v). Para o FAT (pós ricos em fibras a partir de farelo de trigo) as diluições utilizadas foram 1; 1:1; 1:2; 1:3 e 1:4 (v/v). Feito isso, o radical ABTS foi preparado por meio da reação de 5 ml da solução estoque de ABTS (192 mg de ABTS em 50 ml de água destilada) com 88 µL de solução de persulfato de potássio (378,4 mg de persulfato de

potássio em 10 ml de água destilada). A mistura foi mantida ao abrigo da luz, à temperatura ambiente, por 16 horas. Em seguida, diluiu-se 1 ml desta mistura em álcool etílico até a obtenção de uma absorbância de $0,70 \text{ nm} \pm 0,05 \text{ nm}$ a 734 nm. Uma vez determinado o volume de álcool etílico necessário para se alcançar a absorbância de 0,7 nm, diluiu-se proporcionalmente neste reagente os 4 ml de ABTS restantes para posterior utilização.

Para a realização da análise, transferiu-se, em ambiente escuro, 30 μL de cada extrato para tubos de ensaio com 3 ml do radical ABTS. Os tubos foram agitados por 5 segundos em agitador de tubos e, após 6 minutos prosseguiu-se a leitura em Espectrofotômetro Micronal AJX 1900 a 734 nm. Quanto maior o decréscimo da absorbância, maior a capacidade sequestrante do composto antioxidante. Os resultados obtidos foram expressos em μM trolox/grama de amostra seca.

3.7.4 Determinação da Atividade Antioxidante pelo Método DPPH

O procedimento realizado para esta análise, baseou-se em metodologia descrita pela EMBRAPA (2007). O método fundamenta-se no sequestro do radical DPPH pelo analito, causando uma redução na absorbância a 515 nm. Para cada extrato definiram-se 5 diferentes diluições, sendo selecionadas para os FAP as diluições 1:5; 1:10; 1:15; 1:20 e 1:25 (v/v). Para o FAT definiram-se as diluições 1; 1:1; 1:2; 1:3 e 1:4 (v/v).

Primeiramente, foi produzida uma solução inicial de DPPH (60 μM). A partir desta solução, uma curva padrão foi determinada utilizando-se soluções variando a concentração de 10 μM a 60 μM . Para a realização da análise, uma alíquota de 0,1 ml de cada diluição do extrato foi transferida para tubos de ensaio e, posteriormente foram adicionados 3,9 ml de solução inicial de DPPH. Realizou-se também um controle contendo apenas 0,1 ml de solução água-acetona-metanol e 3,9 ml de solução de DPPH. As leituras (515 nm) foram monitoradas a cada minuto, onde foi observada a redução da absorbância até sua estabilização. A leitura da absorbância final para o cálculo do EC50 somente foi realizada após a estabilização da absorbância (tempo EC50). Os resultados foram expressos em g amostra/ g DPPH. A análise foi conduzida em triplicata.

3.8 Análise Estatística

Todas as análises foram conduzidas em triplicata, calculando-se média e desvio padrão para cada resultado obtido. Os resultados obtidos foram analisados por ANOVA e o Teste de Tukey, com intervalo de confiança de 95%, foi utilizado para comparação da diferença entre as médias obtidas em cada grupo amostral.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Caracterização Física dos Frutos de Pequi

Os resultados obtidos em referência a caracterização física dos frutos de Pequi são apresentados na Tabela 2. Todos os parâmetros avaliados apresentaram elevada variabilidade. Isto pode ser explicado uma vez que, o pequizeiro, sendo uma planta nativa e não domesticada, tende a apresentar grande variação de massa de seus frutos, inclusive entre aqueles de uma mesma árvore (VERA et al., 2005). O valor médio da massa do fruto foi de 124,87 gramas. Valor aproximado (125,06 g) foi obtido por Vera et al. (2005) ao caracterizar fisicamente frutos de pequi da região de Goiás. A massa média dos frutos foi, entretanto, menor que as encontradas em frutos do Estado do Piauí (190,33 g) e Maranhão (142,77 g) (RAMOS e SOUZA, 2011) e, maior que a massa média de frutos do Norte de Minas Gerais (76,41 g) (BRASIL, 2010).

Com relação à massa média do caroço, o valor encontrado para os frutos estudados foi de 32,27 g, correspondendo a 26,3% da massa do fruto. Valores comparáveis foram encontrados em frutos do Norte de MG (30,75 g) (BRASIL, 2010) e ligeiramente menores em frutos do Maranhão (22,13 g) e Piauí (26,67 g) (RAMOS e SOUZA, 2011). A massa média obtida para a casca foi de 90,39 gramas, o que corresponde a 72,15 % da massa do fruto. Este valor é similar aos encontrados em frutos do cerrado mineiro (70,73 %) (RIBEIRO, 2011) e no Maranhão (72,15 %) e, ligeiramente inferior aos valores médios reportados para frutos do Piauí (76,9 %). A variação dos diâmetros maior, menor e intermediário foi menor em relação aos demais parâmetros analisados.

Tabela 2. Características físicas dos frutos de Pequi provenientes da Região de Paraopeba/MG.

Característica	Frutos da Região de Paraopeba/MG			
	Fruto	Máx.	Mín.	Média
MF (g)	302,7	53,79	124,87	37,94
MCa (g)	91,01	12,38	32,27	40,3
MC (g)	218,35	37,51	90,39	36,48
DM (cm)	9,84	5,27	6,75	12,07
DME (cm)	7,48	3,24	5,82	15,52
DI (cm)	9,12	4,6	6,37	16,00

CV*: coeficiente de variação (%).

4.2 Secagem do Farelo de Trigo e Pericarpo de Pequi

A umidade do farelo de trigo antes da secagem era de aproximadamente 10,4 % em base úmida. Após secagem a 50 °C por 3 horas em estufa com circulação de ar, o teor de umidade foi reduzido para 5,94% atendendo aos requisitos propostos por Larrauri (1999) (umidade inferior a 9%) para conservação e comercialização de pós ricos em fibras. Para fibras alimentares de subprodutos agrícolas valores entre 3 e 7% de umidade tem sido utilizados (CHANTARRO et al., 2008; NAVARRO-GONZÁLEZ et al., 2011; HASSAN et al., 2011).

Os valores iniciais de umidade dos grupos de pericarpo de pequi e farelo de trigo são apresentados na Tabela 3. As amostras de casca de pequi branqueadas apresentaram teor de umidade maior, ao nível de 5 % de significância, que as amostras não branqueadas. Este comportamento já era esperado uma vez que, durante o branqueamento, as amostras podem absorver umidade. A presença do exocarpo não alterou significativamente o teor de umidade entre estes grupos.

Tabela 3. Umidade inicial nas amostras de farelo de trigo e pericarpo de pequi.

Umidade inicial nas amostras de farelo de trigo e casca de pequi		
Grupo de amostra	Descrição dos grupos	Média (%)
FT	Farelo de Trigo	10,4 ± 0,09 d
P1	Mesocarpo + exocarpo + branqueamento	87,12 ± 0,16 a
P2	Mesocarpo + branqueamento	86,97 ± 0,12 a
P3	Mesocarpo + exocarpo	80,37 ± 0,64 c
P4	Mesocarpo	82,83 ± 0,79 b

Valores médios ± desvio padrão. Médias seguidas de mesma letra, numa mesma coluna, não diferem entre si, pelo Teste de Tukey, a 5% de significância.

Como pode ser visto na Tabela 4, a umidade final desejada (menor que 9%) foi alcançada com o processo de moagem úmida seguido por secagem das amostras a 50 °C por 24 horas. Os tratamentos sem exocarpo (FAP2 e FAP4) apresentaram teores de umidade ligeiramente superiores aos grupos com exocarpo (FAP1 e FAP3). Hassan et al. (2011), obtiveram uma umidade próxima de 4% para os pós produzidos com casca de manga. Chantarro et al. (2008) obteve pós rico em fibras a partir de casca de cenoura com umidades entre 3 e 7%. Souza et al. (2008) relatam uma umidade de 6% para fibras comerciais de casca de maracujá. Assim, os resultados obtidos para umidade das fibras de casca de pequi estão similares aos demais resultados listados na literatura para fibras obtidas a partir de resíduos alimentares.

Tabela 4. Teores de umidade final obtidos para os FAP produzidos.

Umidade final nas amostras de pericarpo de pequi moídas e secas		
Grupo de amostra	Descrição dos grupos	Média (%)
FAP1	Mesocarpo + exocarpo + branqueamento	6,39 ± 0,13 d
FAP2	Mesocarpo + branqueamento	8,03 ± 0,21 b
FAP3	Mesocarpo + exocarpo	6,9 ± 0,11 c
FAP4	Mesocarpo	8,53 ± 0,1 a

Valores médios ± desvio padrão. Médias seguidas de mesma letra, numa mesma coluna, não diferem entre si, pelo Teste de Tukey, a 5% de significância.

As figuras 10 a, b, c e d ilustram os FAP obtidos após o processo de moagem úmida e após secagem, segregação das partículas e tamização para os grupos FAP1, FAP2, FAP3 e FAP4, respectivamente.

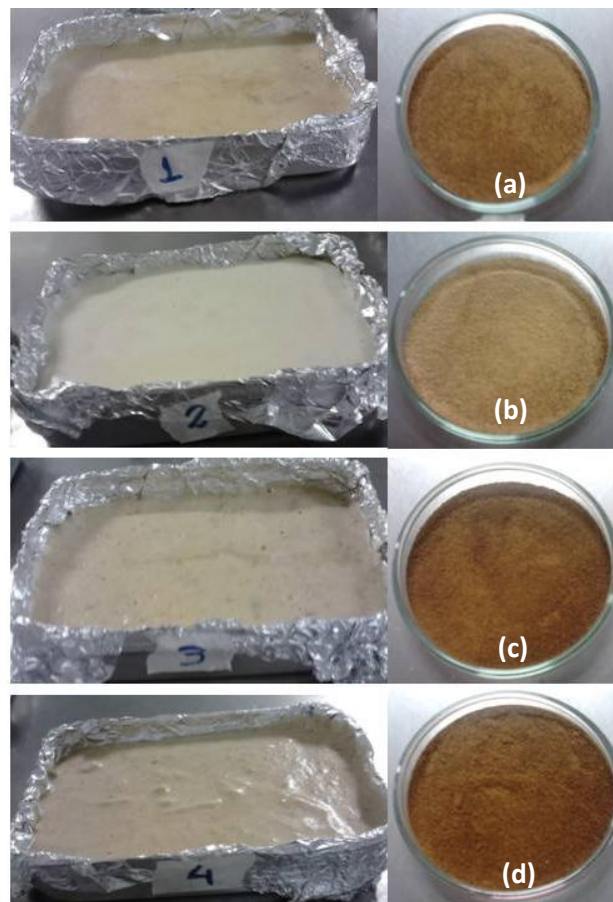


Figura 10: FAP obtido após etapas de moagem úmida, secagem, segregação de partículas e tamização. FAP1 (a); FAP2 (b); FAP3 (c) e FAP4 (d).

4.3 Composição Físico-Química dos FA Produzidos

Na Tabela 5, é apresentada a composição centesimal dos FA obtidos a partir de farelo de trigo e pericarpo de pequi.

Tabela 5. Composição centesimal dos FAT e FAP obtidos.

Valores expressos em porcentagem						
Componente						
Grupo	Umidade	Proteína	Gordura	Cinzas	Carboidrato*	
FAT	5,94±0,08 a	16,16±0,33a	4,24±0,04 a	5,80±0,29 a	67,87	
FAP1	6,39±0,13 b	3,25±0,19 b	0,32±0,02bc	2,34±0,03 b	87,70	
FAP2	8,03±0,21 c	3,36±0,18 b	0,17±0,02 d	2,28±0,06 b	86,16	
FAP3	6,90 ±0,11 d	4,05±0,21 c	0,32±0,01 b	2,48±0,08 b	86,25	
FAP4	8,53±0,13 e	4,86±0,02 d	0,24±0,06 c	2,51±0,10 b	83,86	

Valores médios ± desvio padrão. Médias seguidas de mesma letra, numa mesma coluna, não diferem entre si, pelo Teste de Tukey, a 5% de significância.

*Porcentagem de carboidrato calculada por diferença.

O teor de proteína encontrado para os pós ricos em fibras a partir do farelo de trigo (FAT) foi ligeiramente superior ao descrito por Generoso et al. (2008) para farelo de trigo (15,12%) e foi significativamente superior aos encontrados para os FAP, ao nível de 5% de significância. Dentre estes, os grupos FAP1 e FAP2 apresentaram os menores teores de proteína e não diferiram significativamente. Sugere-se que o menor teor de proteína encontrado para tais grupos deve-se à perda de proteínas solúveis durante o processo de branqueamento. Lima et al. (2007) descrevem valores de 3% de proteína para a polpa de pequi e 25,27% para a semente.

Os resultados mostraram diferenças expressivas nos teores de gordura do farelo de trigo em comparação com o pericarpo de pequi. São descritos na literatura, teores de gordura na faixa de 2 a 6% para o farelo de trigo. Desta maneira, o teor encontrado está condizente com os encontrados em outros estudos como o descrito por Sant'Anna et al. (2000) (4,26 %) e apresenta-se ligeiramente superior aos descritos por Generoso et al. (2008) (3,54 %) e Henz et al. (2009) (3,34%). Os teores de gordura encontrados para os grupos de amostras de pericarpo de pequi foram inferiores aos descritos por Ferreira et al. (1988) (1,31%) e Couto (2007) (1,1%). Entre os grupos estudados, percebe-se um teor mais elevado de gordura naqueles que contém o exocarpo. Isto pode ser explicado pela

presença de estruturas de defesa mecânica de origem lipídica na parede celular de plantas terrestres, como ceras e resinas (SOARES e MACHADO, 2007).

O FAT apresentou teor de resíduo mineral superior aos encontrados para os FAP. Este valor foi também superior ao relatado por Generoso e colaboradores (2008) para farelo de trigo (4,35 %). No que tange o teor de resíduo mineral nos FAP, os valores encontrados são similares aos descritos por Couto (2007) e Soares Júnior et al (2010), que obtiveram valores de 2,54% e 2,86%, respectivamente. Os valores encontrados foram entretanto, superiores, ao encontrado por Barbosa & Amante (1,78%) e inferiores ao descrito por Ferreira et al. (1988) (4%). A grande variabilidade entre os resultados descritos na literatura para o teor de cinzas no FAP pode ser devido ao fato de se tratar de um fruto nativo e não domesticado, podendo-se ocorrer variações relevantes até mesmo em frutos de uma mesma árvore.

Na Tabela 6 são apresentados os valores de fibra alimentar total (FALT), fibra alimentar insolúvel (FALI) e fibra alimentar solúvel (FALS) encontrados para os FA.

Tabela 6. Porcentagem de FALT, FALI e FALS encontrada para os pós ricos em fibras a partir de farelo de trigo (FAT) e pericarpo de pequi (FAP).

Valores expressos em porcentagem				
Grupo	Descrição dos grupos	FALT	FALI	FALS
FAT	Farelo de trigo	48,16 ± 1,05 a	44,79 ± 0,9 a	3,77 ± 0,16a
FAP1	Mesocarpo + exocarpo + branqueamento	43,32 ± 0,72 bc	33,94 ± 1,43b	9,38 ± 0,93b
FAP2	Mesocarpo + branqueamento	39,79 ± 2,52 c	30,3 ± 0,46 b	9,5 ± 2,4 b
FAP3	Mesocarpo + exocarpo	45,84 ± 2,08 b	35,15 ± 3,05b	10,4 ± 2,88b
FAP4	Mesocarpo	40,4 ± 2,08 c	29,7 ± 2,03 b	9,66 ± 0,4 b

Valores médios ± desvio padrão. Médias seguidas de mesma letra, numa mesma coluna, não diferem entre si, pelo Teste de Tukey, a 5% de significância.

De acordo com Gutkoski e Pedó, (2000) o farelo de trigo contém 47,31% de fibra alimentar. Este valor é compatível com o encontrado neste estudo (48,16%) e com o

referenciado na embalagem do produto (46%). Com relação aos teores de FAL nas amostras de FAP, os teores encontrados foram equivalentes aos descritos por Barbosa e Amante (2002) (39,97%).

Os grupos FAP2 e FAP4 apresentaram teores significativamente menores de FAL ao nível de 5% de significância, quando comparados aos grupos FAP1 e FAP3. Desta maneira, pode-se inferir que o maior teor de FAL deveu-se à presença do exocarpo nestes grupos. Comparando-se os grupos de FAP com o FAT observou-se que os FAT apresentaram maior teor de fibra alimentar total (95% de confiança) que os grupos de FAP.

Os teores de fibra alimentar solúvel (FALS) dos grupos de amostras de FAP com o do FAT diferiram, ao nível de 5% de significância, sendo que o segundo apresentou valores significativamente inferiores aos encontrados para as amostras de FAP. Em contrapartida, o branqueamento e a presença de exocarpo não tiveram efeito significativo no teor de FALS. Em todas as amostras analisadas, o teor de FALI foi expressivamente superior que o de FALS, porém os FAP apresentaram um maior balanço de FALS/FALI que os FAT. Este comportamento já era esperado, uma vez que frutos, de uma maneira geral, apresentam uma maior proporção deste tipo de FAL (HASSAN et al., 2011).

Do ponto de vista tecnológico, um maior teor de fibras solúveis é importante para conferir viscosidade e melhorar o rendimento do produto, dada a sua maior capacidade de absorção de água. Avaliando-se o papel fisiológico, estas fibras desempenham papel importante como agente hipocolesterolêmico e hipoglicêmico. Em contrapartida, as fibras insolúveis apresentam maior densidade e porosidade sendo importantes para o aumento do volume fecal e para o bom funcionamento intestinal (FLEURY e LAHAYE, 1990). A adição destas fibras em produtos alimentícios agrega valor aos mesmos, posto seu papel como alimento funcional.

4.4 Propriedades Funcionais Tecnológicas dos FA

Separadamente do objetivo nutricional, a fibra pode ser utilizada com propósitos econômicos e tecnológicos (GUILLON & CHAMP, 2000), sendo o conhecimento das propriedades funcionais importante para a aplicação em alimentos. Desta maneira, tais propriedades tem recebido atenção, principalmente em novos ingredientes alimentícios, uma vez que podem afetar as características nutricionais e sensoriais dos produtos. Além disso, desempenham importante papel na elaboração, conservação e estocagem de produtos alimentícios (SEIBEL, 2006). Os resultados obtidos para estas análises são apresentados na Tabela 7.

Tabela 7. Propriedades funcionais de FAT e FAP.

Grupo	Descrição dos grupos	Propriedade Funcional			
		IAA (g/g ms)	IAO (g/g ms)	VI (ml/g ms)	ISA (%)
FAT	Farelo de trigo	2,75±0,14 c	1,26±0,1 b	4,13±0,52 c	8,21±1,42 b
FAP1	Mesocarpo + exocarpo + branqueamento	3,98±0,04 b	1,35±0,03 b	8,82±0,36 b	16,7±0,48 a
FAP2	Mesocarpo + branqueamento	3,74±0,44 b	1,23±0,03 b	11,34±0,92 a	19,84±4,0 a
FAP3	Mesocarpo + exocarpo	4,41±0,12 ab	1,81±0,08 a	10,65±0,16 ab	16,93±1,48 a
FAP4	Mesocarpo	5,01±0,37 a	1,84±0,15 a	9,69±0,06 b	16,57±2,53 a

Valores médios ± desvio padrão.

Médias seguidas de mesma letra, numa mesma coluna, não diferem entre si, pelo Teste de Tukey, a 5% de significância.

Os resultados obtidos pelas análises das propriedades funcionais tecnológicas, revelaram que, de maneira geral, as amostras de FAP branqueado apresentaram menores valores de IAA e IAO quando comparadas às amostras não branqueadas. Por outro lado, todas as amostras de FAP apresentaram valores maiores de IAA, ISA e VI que os obtidos para o FAT. Este comportamento era esperado, uma vez que um teor mais elevado de fibras alimentares solúveis, bem como uma maior proporção de fibra alimentar

solúvel/fibra alimentar insolúvel influenciam positivamente as propriedades funcionais, especialmente as propriedades de hidratação (FIGUEROLA, 2005; HASSAN et al. 2011).

O valor obtido para o IAA do FAT foi significativamente menor que os encontrados para os FAP. Este fato pode ser explicado pelo teor significativamente menor de fibras solúveis nos FAT em relação aos FAP. Comparando-se os grupos de FAP, percebe-se que aqueles branqueados apresentaram IAA ligeiramente inferior. Tal fato nos permite inferir que compostos, como proteínas solúveis tenham sido lixiviados durante o branqueamento, reduzindo a capacidade de absorção de água.

Quanto ao Índice de Absorção de Óleo, percebe-se que os grupos branqueados de FAP não diferiram significativamente (95% de confiança) do FAT. Em contrapartida, os grupos FAP3 e FAP4 apresentaram valores significativamente superior aos demais grupos de FAP, deixando clara a influência do branqueamento no IAO. A presença do exocarpo, todavia, não afetou de forma significativa este parâmetro.

O IAA obtido para todos os grupos foi inferior ao encontrado para fibras de casca de manga (11,6 g/g ms) (HASSAN et al., 2011) e aos citados por Elleuch et al. (2011) para fibras de laranja (7,3 g/g ms) (GRIGELMO-MIGUEL e MARTINA-BELLOSO, 1999b) e fibras de cenoura (18,6 g/g ms) (EIM et al., 2008). Em contrapartida, foram compatíveis aos valores encontrados por Seibel (2006) para farinha desengordurada de cotilédones de soja (3,8 g/g ms) e superiores aos encontrados para bagaço de maçã (1,78 g/g ms), casca de laranja (1,65 g/g ms) e casca de limão (1,85 g/g ms) (FIGUEROLA et al., 2005). O IAA do FAT foi similar ao encontrado no estudo de Caprez et al. (1986) para farelo de trigo (2,8 g/g). Fibras alimentares com alta capacidade de absorção de água podem ser utilizadas como ingredientes funcionais para evitar o processo de sinérese e modificar a viscosidade e textura de alguns alimentos formulados (GRIGELMO-MIGUEL e MARTINA-BELLOSO, 1999a).

O IAO encontrado para todos os grupos amostrais foi equivalente aos relatados por Figuerola et al. (2005) para bagaço de maçã (1,45 g/g ms), casca de laranja (1,81 g/g ms) e casca de limão (1,48) e inferiores ao descrito por Hassan et al. (2011) para casca de manga (3,33 g/g ms). Caprez e colaboradores (1986) encontraram valores de IAO ligeiramente superiores ao descrito no presente estudo para farelo de trigo (1,6 g/g). A absorção de óleo em derivados de cereais como o farelo de trigo, por exemplo, está

relacionada principalmente com as propriedades de superfície das partículas do farelo (ELLEUCH et al., 2011). O IAO é importante para a identificação do potencial do aditivo como agente emulsificante. Os emulsificantes em geral apresentam um segmento de sua molécula com propriedades hidrofílicas e outro segmento lipofílico, servindo por isso, para compatibilizar a mistura de água com óleos, fazendo pontes entre esses componentes, formando emulsões. Na indústria de alimentos, apresentam grande importância tendo varias aplicações, como por exemplo melhoradores de textura e da vida de prateleira de produtos contendo amido, pela formação de complexos com os componentes destes; melhoradores de textura de produtos à base de gorduras, pelo controle de polimorfismo e da estrutura cristalina das gorduras e promover a solubilização de aromas (SANTOS, 2008).

O maior índice de solubilidade em água (pH 7,0) dos FAP é obviamente explicado pelo maior teor de fibras alimentares solúveis nessas amostras, em relação aos FAT. O menor VI do FAT em relação aos grupos de FAP pode estar associado à sua menor capacidade de absorção de água (SEIBEL, 2006). Com relação ao VI dos FAP não se pode inferir sobre o efeito do branqueamento e da presença do exocarpo nesses grupos.

Tecnologicamente, as fibras são utilizadas como agentes de textura e volume, especialmente em produtos com baixo valor calórico, além de serem utilizadas para agregar valor aos produtos uma vez que incrementam seu valor nutricional além de proporcionarem benefícios à saúde (FLEURY e LAHAYE, 1990). Quando adicionadas em produtos de panificação são capazes de prolongar o frescor dos produtos graças à sua capacidade de retenção de água. Comparando-se com as fibras insolúveis, para o processamento de alimentos, as fibras solúveis apresentam melhores condições de utilização, posto sua habilidade em aumentar a viscosidade, formar géis ou atuar como agente emulsificante sem acarretar perda de textura e sabor. Além destes fatores, as fibras solúveis podem ser incorporadas mais facilmente ao processo de alimentos e bebidas (ELLEUCH et al., 2011). Estas propriedades estão intimamente relacionadas às suas capacidades de absorção e retenção de água. Sendo assim, devido aos resultados obtidos para as propriedades de hidratação, percebe-se um uso mais promissor como aditivo alimentar para os FAP. Em contrapartida, a incorporação de fibras insolúveis aos

alimentos é de suma importância, dados os benefícios fisiológicos que seu consumo regular pode trazer ao organismo.

4.5 Análise Colorimétrica

A análise colorimétrica foi realizada com o objetivo de se avaliar o efeito do branqueamento na cor dos FAP e, também, comparar a coloração destes com os FAT. Na Tabela 8, estão descritos os parâmetros de cor dos cinco grupos amostrais estudados.

Tabela 8. Determinação dos parâmetros de cor para FAT e FAP.

Grupo	Descrição dos grupos	L*	h*	c*
FAT	Farelo de trigo	65,83±0,82 a	70,35±0,32 b	19,55±0,22 c
FAP1	Mesocarpo + exocarpo + branqueamento	45,21 ± 1,06c	70,21 ± 0,45 b	28,90±1,19ab
FAP2	Mesocarpo + branqueamento	55,19 ± 0,01b	72,55± 0,11 a	30,64 ± 0,11a
FAP3	Mesocarpo + exocarpo	38,19 ± 0,57d	66,07 ±0,23 c	27,33 ± 0,69b
FAP4	Mesocarpo	37,11 ± 0,62d	65,2 ± 0,02 d	29,99 ± 0,69a

Valores médios ± desvio padrão. Médias seguidas de mesma letra, numa mesma coluna, não diferem entre si, pelo Teste de Tukey, a 5% de significância.

O parâmetro L* representa a escala de cor preto-branco que varia de 0 a 100. Desta forma, quanto mais clara a amostra mais próximo de 100 será seu valor de L*. Desta maneira, percebe-se que dentre todas as amostras, as de FAT apresentaram-se mais claras. Comparando-se as amostras de FAP, pode-se observar que o branqueamento afetou de forma significativa a luminosidade, sendo as amostras branqueadas (FAP1 e FAP2) mais claras que as não branqueadas (FAP3 e FAP4) e a diferença de luminosidade entre as amostras FAP1 e FAP2 deve-se à presença do

exocarpo, posto que, esta parte do fruto exibe um grande poder colorífico, sendo, inclusive utilizado em processos de tingimento artesanal (OLIVEIRA et al., 2008).

A variável a^* posiciona a cor do objeto no eixo verde-vermelho, enquanto a variável b^* descreve a cor no objeto no eixo amarelo-azul. Entretanto, não é possível efetuar uma avaliação comparativa das amostras avaliando estes parâmetros separadamente, uma vez que um parâmetro afeta o outro. Desta maneira, a discussão dos resultados será efetuada com base nos parâmetros L^* , h^* e c^* . O parâmetro h^* descreve a tonalidade definindo a cor propriamente dita. O parâmetro c^* , por sua vez, descreve a intensidade da cor. Quanto maiores os valores de c^* , mais intensa é a cor. Os resultados encontrados para estes parâmetros são apresentados na Tabela 8. A tabela contendo todos os parâmetros analisados é apresentada no ANEXO A.

Quanto à cor propriamente dita, percebe-se pela análise do parâmetro h^* que as amostras de FAT e FAP1 apresentam tonalidade semelhante, não diferindo a 5% de significância. Entretanto, a intensidade da cor do FAT é menor que a do FAP1 e de todos os demais FAP.

De maneira geral, as amostras de FAT apresentaram-se mais claras que todas as amostras de FAP, com menor intensidade de cor, e com tonalidade próxima à do FAP1. Nas amostras de FAT, FAP1 e FAP2 há prevalência de tons amarelados. Para as amostras FAP1 e FAP2, esta tonalidade deveu-se ao processo de branqueamento, enquanto nas amostras de FAP3 e FAP4 (não branqueadas) há prevalência de tons vermelho-amarronzados.

A cor é um dos principais parâmetros sensoriais, podendo afetar diretamente a aceitação de um produto. Sendo assim, pelos resultados obtidos, a utilização das amostras seria viável em produtos de coloração mais escura como molhos de tomate, produtos à base de chocolate e café e produtos integrais, por exemplo. Por outro lado, deve-se considerar também que, com o alto teor de carboidratos, o tratamento térmico dos FAP poderia acarretar alteração da coloração do produto final, dado o processo de caramelização, bem como reação de Maillard.

4.6 Avaliação da Capacidade Antioxidante

4.6.1 Obtenção dos Extratos

O melhor extrato de pericarpo de pequi para a análise de compostos fenólicos foi obtido por meio de duas extrações sequenciais com solução de metanol 50% (v/v) e solução de acetona 70% (v/v) utilizando-se 60 minutos de extração para cada solvente, em sistema agitado em Incubadora com Agitação Orbital Mod. Marco Q-250 a 200 rpm a 25 °C. A massa de FAP utilizada foi de 250 mg de cada grupo de amostra. Após cada extração a mistura foi centrifugada a 3500 rpm por 10 minutos em centrífuga de bancada Celm Mod. Combate. Os sobrenadantes foram combinados e congelados a -18 °C até o momento da análise. Para o farelo de trigo, entretanto, o melhor extrato foi obtido por meio de três extrações sequenciais com acetona 70% utilizando-se um tempo de 20 minutos para cada extração. Foram pesados 5 mg de farelo de trigo em Ependorf e utilizado um volume total de 1,4 ml de solvente. Após cada extração, a mistura foi centrifugada a 5 °C por 15 minutos em Centrífuga Sigma Refrigerada. N° de série 94495, Modelo 2K15, e os sobrenadantes combinados. Os extratos foram preparados e utilizados no dia da análise.

Para obtenção dos extratos de FAP para as análises de ABTS e DPPH, procedeu-se a mesma metodologia utilizada para os extratos utilizados na análise de compostos fenólicos, porém, utilizando-se massa de 500 mg para a obtenção dos mesmos. Para o farelo de trigo, o melhor extrato para a análise de ABTS foi obtido com duas extrações sequenciais com solução de acetona 70% utilizando-se 60 minutos em cada extração, procedendo-se a extração conforme descrito acima para os extratos de FAP. Para a análise de DPPH o processo de extração foi o mesmo, porém o melhor solvente para esta análise foi a solução de metanol 50%.

4.6.2 Determinação de Fenólicos Totais

O teor de fenólicos totais obtido é apresentado na Tabela 9. O FAP4 apresentou o maior teor de compostos fenólicos dentre os grupos testados. O FAT apresentou o menor teor, sendo cerca de 20 vezes inferior aos encontrados para os FAP.

Tabela 9- Teores médios de fenólicos totais (g EAG.100g⁻¹ de amostra seca) obtidos para FAT e FAP.

Grupo amostral	Descrição dos grupos	Valores médios ± Desvio Padrão
FAT	Farelo de trigo	0,75 ± 0,05 c
FAP1	Mesocarpo + exocarpo + branqueamento	17,42 ± 0,53 ab
FAP2	Mesocarpo + branqueamento	15,49 ± 0,43 b
FAP3	Mesocarpo + exocarpo	15,84 ± 0,48 b
FAP4	Mesocarpo	18,98 ± 0,85 a

Valores médios ± desvio padrão. Médias seguidas de mesma letra, numa mesma coluna, não diferem entre si, pelo Teste de Tukey, a 5% de significância.

O FAT apresentou o menor teor de fenólicos totais. Os grupos de FAP apresentaram valores expressivamente superiores ao do FAT sendo o conteúdo da amostra FAP4 ligeiramente superior aos demais grupos sem diferir, entretanto, dos resultados obtidos para FP1.

O teor de compostos fenólicos encontrado para o FAT (0,75 g EAG/100g de amostra) foi superior aos relatados por Vaher et al. (2010) para farelo de trigo de diferentes variedades de trigo provenientes da Estônia (0,126 a 0,316 g EAG/ 100g de amostra). O resultado encontrado no presente estudo, foi superior também, ao relatado por Zhu et al. (2010) (0,124 g EAG/ 100g de amostra). A grande variação no teor de compostos fenólicos entre amostras de farelo de trigo pode ser explicada uma vez que, está intimamente associada ao genótipo do trigo. O FAT ainda apresentou maior teor de compostos fenólicos quando comparados a fibras de outros subprodutos agrícolas, tais como fibras de casca de tomate (0,158 g EAG/100g de amostra) (NAVARRO-GONZÁLEZ

et al., 2011); e fibras de casca de laranja (*C. aurantium* cv. Canoneta) (0.51 mg GAE/100 g de amostra (GARAU et al., 2007).

Dentre os grupos de FAP, esperava-se que o branqueamento e a remoção do exocarpo reduzissem o teor de fenólicos totais das amostras. De acordo com o esperado, o grupo FAP2 (mesocarpo branqueado) apresentou menor conteúdo de fenólicos totais do que o FAP4 (mesocarpo). Por outro lado, os demais grupos não seguiram as expectativas, sendo o FAP3 (mesocarpo com exocarpo e sem branqueamento) com conteúdo de fenólicos totais semelhante ao FAP2.

O FAP4 (mesocarpo sem branqueamento) apresentou o maior conteúdo de fenólicos totais. Quando comparado ao FAP2, pode-se inferir que o branqueamento afetou de forma significativa o teor destes compostos. Quanto à presença do exocarpo, percebe-se, contrastando-se os grupos branqueados (FAP1 X FAP2), que aquele com exocarpo (FAP1) apresentou teor significativamente maior que o grupo sem exocarpo (FAP2). Este resultado indica a presença de compostos fenólicos no exocarpo. Entretanto, quando analisados os grupos não branqueados (FAP3 e FAP4), este comportamento não se repete, sendo o grupo sem exocarpo (FAP4) com maior teor de fenólicos. Desta maneira, não se pode chegar a uma conclusão segura do efeito do exocarpo (envoltório externo de coloração verde-amarelada) no teor de compostos fenólicos totais dos grupos estudados.

Embora tenha havido uma ligeira diferença nos teores de compostos fenólicos entre os grupos de FAP, todos apresentaram valores expressivamente superiores aos encontrados na literatura para polpa ($0,209 \pm 0,05$ g EAG/100g) e amêndoa de pequi (0,122 g EAG/100g) (LIMA et al., 2007) e para outros subprodutos agrícolas.

Hassan et al. (2011), relatam valores de 9,83 g EAG/100g em pós ricos em fibras a partir de casca de manga (*Mangifera pajang* K.). Natividade (2010) relata em seu estudo, teores de fenólicos totais variando entre 5,5 a 6,6 g EAG/100g de amostra de farinhas produzidas com resíduos de diferentes variedades de uva. Em um estudo com pós ricos em fibras de casca de cenoura, Chantaro et al. (2008), encontraram valores entre 0,88 e 1,37 g EAG/100g de amostra.

Os teores de fenólicos totais encontrados neste estudo foram superiores também aos encontrados por Souza et al. (2012) para polpa de frutos do cerrado como o marolo

(3,73 g EAG/100g); o murici (4,86 g EAG/100g); o jenipapo (0,74 g EAG/100g); o maracujá doce (1,54 g EAG/100g) e a graviola (2,40 g EAG/100g).

De acordo com o proposto por Vasco, Ruales, e Kamal-Eldin (2008), pode-se classificar os frutos em baixo (<0,1 g GAE/100 g), médio (100–500 mg GAE/100 g) e alto teor de compostos fenólicos (>0,5 g GAE/100 g). Seguindo esta classificação, todos os FAP, assim como o FAT enquadram-se grupo com alto teor de compostos fenólicos.

4.6.3 Avaliação da Capacidade Antioxidante pelo Método ABTS

Na tabela 10 são apresentados os resultados para a análise de atividade antioxidante pelo método ABTS dos extratos dos FAT e FAP. Os resultados são apresentados em atividade antioxidante equivalente ao Trolox por grama de matéria seca (μM de Trolox/g ms).

Tabela 10: Atividade antioxidante equivalente ao trolox dos extratos de FAT e FAP.

Grupo amostral	Atividade Antioxidante (μM de Trolox/g m.s.)
FAT	6,15 \pm 0,03 b
FAP1	1154,40 \pm 98,70 a
FAP2	986,90 \pm 33,50 a
FAP3	997,80 \pm 108,90 a
FAP4	1117,90 \pm 21,70 a

Valores médios \pm desvio padrão.

Médias seguidas de mesma letra, numa mesma coluna, não diferem entre si, pelo Teste de Tukey, a 5% de significância.

Os resultados expressam o quão antioxidante é a amostra em comparação com o padrão Trolox. Isto é, cada grama (matéria seca) de amostra apresenta capacidade antioxidante equivalente a uma concentração em μM de Trolox. Os FAP apresentaram valores elevados de atividade antioxidante, na ordem de 1000 μM de Trolox/g m.s. Os grupos de FAP não diferiram significativamente ao nível de 5% de significância. Este resultado permite inferir que os fatores branqueamento e presença de exocarpo não afetaram significativamente a atividade antioxidante dos FAP. Assim como no teor de

compostos fenólicos, os FAP apresentaram valores expressivamente superiores aos encontrados para os FAT.

Os valores para FAT são comparáveis, porém superiores aos relatados por Verma e colaboradores (2009) para extratos etanólicos de farelos de diferentes variedades de trigo, sendo estes de 2,9 a 4,4 μM de Trolox equivalente. A diferença nos valores pode ser explicada pela variedade e também pela diferença no solvente utilizado no extrato. No presente estudo, testou-se extratos com diferentes solventes, sendo a acetona 70% o eleito por acarretar uma maior redução na absorbância quando comparado a extratos de outros solventes.

Os FAP apresentaram valores de atividade antioxidante muito superiores aos encontrados para outros frutos do cerrado como o Marolo (657,9 μM de Trolox/g), o Jenipapo (112,46 μM de Trolox/g) e o Maracujá Doce (67,75 μM de Trolox/g). O fruto do Murici, por outro lado, apresentou valor mais aproximado dos obtidos para os FAP (817 μM de Trolox/g) (SOUZA et al., 2012).

4.6.4 Avaliação da Capacidade Antioxidante pelo Método DPPH

Na Tabela 11 são expressos os valores de atividade antioxidante para os FA produzidos expressos em EC_{50} (g m.s/g DPPH). Estes resultados expressam quantos gramas são necessários para reduzir em 50% a concentração do radical DPPH. Mais uma vez, percebe-se uma grande diferença entre a capacidade antioxidante dos FAP quando comparados ao FAT, sendo a massa necessária para reduzir o DPPH muito maior que a necessária pelos FAP.

Tabela 11: Atividade antioxidante dos FA expressa em g m.s./g DPPH.

Grupo amostral	Atividade Antioxidante (g m.s./g DPPH.)
FAT	25729,3 ± 21,16 b
FAP1	44,43 ± 2,49 a
FAP2	48,01 ± 2,61 a
FAP3	50,79 ± 1,75 a
FAP4	45,07 ± 2,21 a

Valores médios ± desvio padrão. Médias seguidas de mesma letra, numa mesma coluna, não diferem entre si, pelo Teste de Tukey, a 5% de significância.

A capacidade antioxidante pode ser avaliada também pela porcentagem de sequestro dos radicais (Tabelas 12 (a) e (b)). De maneira geral, quanto maior a concentração do extrato, maior a porcentagem de redução do radical DPPH. Embora o extrato do FAT tenha sido cerca de 100 vezes mais concentrado que os do FAP, os últimos ainda apresentaram uma maior capacidade antioxidante que o FAT.

Tabela 12 (a): Atividade antioxidante dos extratos dos FAP produzidos: % de redução do radical DPPH.

Concentração do Extrato (mg/L)	% de redução do radical DPPH			
	FAP1	FAP2	FAP3	FAP4
1562,5	93,21 ± 0,24 a	89,89 ± 0,55a	81,05 ± 1,46 a	92,84 ± 0,55 a
694,4	60,16 ± 1,76 b	59,67 ± 2,35b	55,35 ± 0,80 b	63,84 ± 1,99b
446,4	48,20 ± 0,67 c	46,38 ± 0,82 c	41,17 ± 1,3 c	45,53 ± 0,78 c
328,94	44,00 ± 1,27 d	41,70 ± 0,73 d	39,79 ± 0,50 d	44,56 ± 0,82c
260,41	41,05 ± 0,50 d	38,62 ± 0,70 d	36,60 ± 0,48 e	40,08 ± 0,60d

Valores médios ± desvio padrão.

Médias seguidas de mesma letra, numa mesma coluna, não diferem entre si, pelo Teste de Tukey, a 5% de significância.

Tabela 12 (b): Atividade antioxidante dos extratos dos FAT produzidos: % de redução do radical DPPH.

Concentração do Extrato (mg/L)	% de redução do radical DPPH
	FAT
125000	32,12 ± 0,25 a
62500	26,67 ± 0,30 b
41,666	24,60 ± 0,07 c
31250	23,35 ± 0,09 d
25000	22,90 ± 0,24 d

Valores médios ± desvio padrão.

Médias seguidas de mesma letra, numa mesma coluna, não diferem entre si, pelo Teste de Tukey, a 5% de significância.

Com o decréscimo da concentração dos extratos, a diferença entre as porcentagens de redução do DPPH é reduzida. Pela análise de comparação de médias de Tukey percebe-se que, de maneira geral, os dois extratos menos concentrados não diferem significativamente ao nível de 5 % de significância, salvo nos extratos do FAP3, onde há uma ligeira diferença entre a porcentagem de redução causada pelas duas menores concentrações. A análise deste fator é relevante ao se pensar na utilização dos FA como aditivo alimentar. Se uma menor concentração causa redução semelhante a uma concentração mais elevada, torna-se economicamente viável se utilizar uma menor quantidade de FA. O aspecto sensorial torna-se também relevante nesta escolha, uma vez que, há uma forte tendência de maiores alterações sensoriais, que podem descaracterizar ou mesmo levar à rejeição de um dado produto, ocorrerem com uma maior adição de fibras, ou outro aditivo alimentar.

Mohdaly e colaboradores (2009) avaliaram a capacidade de sequestro do radical DPPH em três diferentes subprodutos agrícolas de relevância na Alemanha: casca de batata, polpa de beterraba e torta de gergelim. Os resultados encontrados por estes autores seguiram a mesma tendência apresentada no presente estudo, com uma redução de radicais proporcional à concentração do extrato. Os extratos de metanol apresentaram maior poder de redução dos radicais DPPH. A casca de batata apresentou a maior porcentagem de redução dos radicais de DPPH em todas as concentrações testadas, seguida pela polpa de beterraba e a torta de gergelim.

4.7 Correlação de Pearson para Atividade Antioxidante

Diversos estudos tem demonstrado uma correlação direta entre a atividade antioxidante total e o conteúdo de compostos fenólicos, sendo estes considerados os mais representativos entre as substâncias bioativas com atividade antioxidante. Na Tabela 13 são apresentados os teores de fenólicos totais bem como a atividade antioxidante (AOX) dos FA produzidos pelos métodos ABTS e DPPH.

Tabela 13: Tabela comparativa dos teores de compostos fenólicos e atividade antioxidante dos FA pelos métodos ABTS e DPPH.

Grupo Amostral	Descrição do Grupo	Fenólicos (g EAG.100g ⁻¹ de amostra seca)	AOX-ABT(μM de Trolox/g m.s.)	AOX-DPPH (g m.s./g DPPH.)
FAT	Farelo de trigo	0,75 ± 0,05 d	6,15 ± 0,03 b	25729,3 ± 21,16 b
FAP1	Mesocarpo + exocarpo + branqueamento	17,42 ± 0,53 b	1154,4 ± 98,7 a	44,43 ± 2,49 a
FAP2	Mesocarpo + branqueamento	15,49 ± 0,43 c	986,9 ± 33,5 a	48,01 ± 2,61 a
FAP3	Mesocarpo + exocarpo	15,84 ± 0,48 c	997,8 ± 108,9 a	50,79 ± 1,75 a
FAP4	Mesocarpo	18,98 ± 0,85 a	1117,9 ± 21,7 a	45,07 ± 2,21 a

Valores médios ± desvio padrão.

Médias seguidas de mesma letra, numa mesma coluna, não diferem entre si, pelo Teste de Tukey, a 5% de significância

O teste de correlação de Pearson foi realizado com o objetivo de averiguar se houve ou não correlação entre o elevado teor de fenólicos com a elevada atividade antioxidante, especialmente no caso dos FAP, avaliada pelos métodos ABTS e DPPH. Apresentam-se na Tabela 14 os coeficientes de correlação de Pearson encontrados.

Tabela 14: Coeficientes de Correlação de Pearson (R) entre parâmetros de capacidade antioxidante e conteúdo de fenólicos totais em FAT e FAP.

	Fen. Totais (g EAG/100g ms)	AAT (µm de trolox/ g m.s.)	EC ₅₀ (g m.s./g DPPH)
Fen. Totais (g EAG/100g ms)	1,00	0,96**	-0,98**
AAT (µm de trolox/ g m.s.)	0,96**	1,00	-0,99**
EC ₅₀ (g m.s./g DPPH)	-0,98**	-0,99**	1,00

** indicam correlações significativas a 1% de probabilidade.

Os resultados demonstraram que existe uma correlação positiva significativa muito forte entre o conteúdo de fenólicos totais e os valores de atividade antioxidante encontrados pelo método ABTS para os FA. Por outro lado, foi encontrada uma correlação negativa significativa muito forte entre o teor de fenólicos totais e atividade antioxidante encontrada pelo método DPPH. Uma correlação negativa significativa indica que, quando uma variável tende a aumentar, o valor da outra tende a diminuir e vice-versa. Desta maneira, a correlação encontrada indica que, quanto maior o teor de fenólicos, menor o EC₅₀ e, conseqüentemente, maior a atividade antioxidante. Assim, pode-se inferir que, ambos os testes (ABTS e DPPH) foram eficientes para a avaliação da atividade antioxidante e que esta está relacionada ao teor de fenólicos encontrado nas amostras de FA.

Pereira (2009), em seu estudo para avaliar compostos bioativos e atividade antioxidante de frutas tropicais e cítricas produzidas no Ceará, encontrou correlações positivas fortes entre a atividade antioxidante total pelo método ABTS com o conteúdo de fenólicos totais ($r=0,892$), demonstrando que estes compostos apresentaram uma maior contribuição para a atividade antioxidante dos frutos analisados.

Rufino et al. (2010), avaliaram os compostos bioativos e a capacidade antioxidante de 18 frutas brasileiras e encontraram correlações positivas significativas entre o conteúdo de fenólicos e atividade antioxidante pelo método ABTS ($r=0,7$) e correlações negativas significativa entre o conteúdo de fenólicos e a atividade antioxidante pelo método DPPH.

Os autores justificam a correlação ser negativa pelo fato de o método DPPH produzir resultados inversamente proporcionais, tal como a correlação encontrada para este método no presente estudo.

Ao determinar os compostos bioativos e a capacidade antioxidante de diferentes frutos do cerrado brasileiro, Souza e colaboradores (2012) encontraram correlação positiva significativa muito forte entre o conteúdo de fenólicos e a atividade antioxidante (ABTS) dos frutos analisados. Por outro lado, Vasco et al. (2008) reportam uma correlação positiva moderada entre teor de compostos fenólicos e atividade antioxidante pelo método ABTS para frutas típicas do Equador. Os autores justificam que, a intensidade da correlação depende do solvente de extração, da hidrofiliabilidade dos compostos, da amostra e do tipo de compostos fenólicos, o que significa que os compostos fenólicos diferentes reagem de maneiras diferentes nesses ensaios.

5 CONCLUSÕES

A metodologia desenvolvida para a obtenção dos FA foi eficiente, sendo possível se alcançar os parâmetros pré-estabelecidos como teor de umidade e tamanho das partículas, mantendo-se um alto teor de fibras alimentares. Os resultados das análises de caracterização dos FA produzidos permite inferir que ambos (FAP e FAT) são excelentes fontes de fibras alimentares, sendo considerados, de acordo com a definição da ANVISA, alimentos ricos em fibras alimentares. Os FAP apresentaram um maior conteúdo de fibras solúveis, sendo nutricionalmente mais interessantes e possuindo uma maior aplicação na indústria de alimentos, uma vez que um maior teor de fibras solúveis implica em melhora das propriedades de hidratação como absorção de água, volume de intumescimento e, obviamente, solubilidade em água. Por outro lado, a grande proporção de fibras insolúveis encontrada no FAT torna-se interessante especialmente para produtos de panificação. Dada sua maior porosidade, consegue reter por mais tempo a água no produto, prolongando o frescor dos alimentos, além dos benefícios fisiológicos que seu consumo regular pode trazer ao organismo.

O branqueamento afetou de forma significativa (95%) a coloração dos FAP, sendo que os grupos branqueados apresentaram-se mais claros que os grupos não

branqueados. A presença do exocarpo também afetou de forma significativa a tonalidade e luminosidade das amostras. No grupo branqueado, a amostra com exocarpo apresentou-se mais escura e no grupo sem branqueamento, com maior intensidade de pigmentos marrom-avermelhados. De todos os FA produzidos, o FAT foi o mais claro.

No que tange o teor de compostos fenólicos, estes foram expressivamente maiores nos FAP. O teor de compostos fenólicos nos FAT foram, entretanto, comparáveis aos encontrados em outros subprodutos agrícolas. Quanto à atividade antioxidante, o mesmo comportamento foi encontrado, com valores muito superiores para os FAP em comparação com o FAT. Entre os grupos de FAP, não houve diferença significativa entre os tratamentos, sendo assim, a presença do branqueamento e/ou exocarpo não afetou a atividade antioxidante total dos FA. Os métodos ABTS e DPPH foram eficientes para avaliação da atividade antioxidante de todos os FA que correlacionou-se de forma significativa com o teor de compostos fenólicos.

6 ESTUDOS POSTERIORES

Os resultados obtidos no presente estudo revelaram o grande potencial dos substratos avaliados (Farelo de Trigo e Pericarpo de Pequi) como fontes de fibras alimentares, bem como de compostos antioxidantes. Entretanto, faz-se necessário o aprofundamento das pesquisas para a caracterização e classificação das fibras encontradas. Para tanto, sugere-se a avaliação das fibras produzidas por meio da análise cromatográfica, com o objetivo de definir os componentes presentes em cada uma delas. Esta análise, permitirá inferir sobre as possibilidades de utilização das fibras como aditivo alimentar além de permitir uma avaliação mais profunda sobre os compostos antioxidantes contidos nas mesmas.

Uma vez discriminados os componentes presentes nas fibras, uma avaliação microbiológica deve ser realizada, seguindo os parâmetros pré-estabelecidos pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) para este tipo de produto, visando a segurança alimentar do consumidor. Posteriormente, faz-se necessário um estudo *in vivo* para avaliação dos efeitos fisiológicos das mesmas.

Por fim, sugere-se a incorporação de diferentes concentrações das fibras em um alimento previamente selecionado, para se avaliar as modificações sensoriais resultantes desta adição. Para tanto, são necessários, primordialmente, dois estudos: uma Análise Descritiva Quantitativa (ADQ), realizada com provadores treinados, com o objetivo de avaliar quais parâmetros sensoriais (cor, brilho, textura, aroma, sabor, etc.) foram alterados pela incorporação das fibras quando comparado ao produto comercial padrão; e uma análise de aceitação do consumidor com relação ao produto adicionado das fibras alimentares produzidas.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABITRIGO. Associação Brasileira das Indústrias do Trigo. Disponível em: <<http://www.abitrigo.com.br/trigo.asp>>. Acesso em: 30/05/2011.
- ABREU, A. S.D.; SOUZA, G. C.; SILVA, J.M.A.; TUDELS, A.; FREIRE, A. K.F.; PEREIRA, M. B.; GAZOLA, R. M. B. Estudo Comparativo do Consumo Semanal de Alimentos Fontes de Fibras em Dois Bairros de Porto Velho – Ro. SABER CIENTÍFICO, Porto Velho, v.1, n.2, p. 189 - 200, 2008.
- AOAC. Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists. 16th ed., 1995.
- AOAC (Association of Official Analytical Chemists). Official Methods of Analysis of the AOAC International. 18th ed. Rev. 2. HORWITZ, W.; LATIMER JR., G. W. (Editors) Gaithersburg, Maryland: AOAC, 2007. (Método 4.5.05).
- ASP, N.G.; JOHANSSON, C.G.; HALMMER, H.; SILJESTROM, M. Rapid enzymatic assay of insoluble and soluble dietary fiber. J. Agric. Food Chem., v.31, p. 476-482. 1998.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. Official methods of analysis. 12. ed. Washigton: Association of Official Analytical Chemists, 1990.
- ÁREAS MA; REAIS FGR. Fibras alimentares: Diabetes Melemos. Sociedade Brasileira de Alimentação e Nutrição. v.12, p. 01-08, 1996.
- AUTRAN, C. L.; GONÇALEZ, J.C.; Caracterização colorimétrica das madeiras de Muirapuranga (*Brosimum rubescens* Taub) e de Seringueira (*Hevea brasiliensis*, clone Tjir 16 Müll Arg.) visando à utilização em interiores. Ciência Florestal, Santa Maria, v. 16, n.4, p. 445-451, 2006.
- AZEREDO, Henriette Monteiro Cordeiro de. Fundamentos de estabilidade de alimentos. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2004. 195 p.
- BARBOSA, R. C. M. V.; AMANTE, E. R. Farinha da casca do pequi (*Caryocar brasiliense*). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 17., 2002, Belém. Anais... Belém: SBF, 2002.
- BARROTO, B., LARRAURI, J. A., & CRIBEIRO, A. Particle size influence on water holding capacity of citrus and pineapple dietary fiber. Alimentaria, v. 268, p. 89–90, 1995.
- BONFÁ, H.C., RUFINO, L.M.A., RIBEIRO JÚNIOR, C.S., GERESSEV, L.C., RIBEIRO, F.L.A.. Efeitos dos níveis de inclusão do farelo da casca de pequi sobre a digestibilidade aparente em caprinos, Zootec 2009, Águas de Lindóia, 4p., 2009.

- BORTOLUZZI, R. C. Aplicação de fibra obtida da polpa de laranja na elaboração de mortadela de frango. Universidade de São Paulo. Faculdade de Ciências Farmacêuticas. São Paulo, 2009. 83p
- BOTELHO, L.; CONCEIÇÃO, A.; CARVALHO, V. D. Caracterização de fibras alimentares da casca e cilindro central do abacaxi 'smooth cayenne'. *Ciênc. agrotec.*, Lavras, v.26, n.2, p.362-367, 2002.
- BRASIL. Manual tecnológico de aproveitamento integral do fruto do Pequi (*Cariocar brasiliense*). Brasília – DF. Instituto Sociedade, População e Natureza (ISPN). Brasil, 2010.
- BRASIL. Ministério da agricultura, Pecuária e Abastecimento. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Sistemas de Produção, 4 ISSN 1809-2985 Versão Eletrônica, 2009.
- BRASIL. Ministério da agricultura, Pecuária e Abastecimento. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Disponível em: <http://www.cnpt.embrapa.br/culturas/trigo/index.htm>. Acesso em: 21/05/2011.
- BRASIL. Ministério da agricultura, Pecuária e Abastecimento. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Disponível em: <http://www.brasil.gov.br/noticias/arquivos/2011/06/14/brasil-avanca-na-producao-mundial-de-alimentos> Acesso em: 05/12/2012.
- BRASIL. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em: http://www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/noticia_visualiza.php?id_noticia=2188&id_pagina=1 Acesso em: 05/12/2012.
- BREWER, S. M. D. Fitter Food. Marshall Editions Developments Limited, p. 35-36, 1997.
- CALIXTO, F.S. Fibra dietética de manzana: hacia nuevos tipos de fibras de alta calidad. *Alimentaria*, Madrid, v.4, n.1, p.57-61, 1993.
- CALIXTO, F. S. Dietary Fiber as a Carrier of Dietary Antioxidants: An Essential Physiological Function. *J. Agric. Food Chem.* v. 59, p.43–49, 2011.
- CHANTARO, P., DEVAHASTIN, S., CHIEWCHAN, N. Production of antioxidant high dietary fiber powder from carrot peels. *LWT - Food Science and Technology*, v. 4, p. 1987-1994, 2008.
- COUTO, E.M. Utilização da farinha de casca de pequi (*Caryocar brasiliense* camb.) na elaboração de pão de forma, Dissertação, UFLA, Ciências dos Alimentos, 2007.
- DAI, J., MUMPER, R. J. Plant Phenolics: Extraction, Analysis and Their Antioxidant and Anticancer Properties *Molecules* v. 15, p. 7313-7352, 2010.

- DAIUTO, E. R.; CEREDA, M.P. Influência da granulometria de grânulos de amido sobre a densidade aparente de extratos atomizados. *Revista Ciências Farmacêuticas Básica Apl.*, v. 27, n.1, p.51-56, 2006.
- DUARTE-ALMEIDA, J. M.; SANTOS, R. J.; GENOVESE, M. I.; LAJOLO, F. M. Avaliação da atividade antioxidante utilizando sistema B-caroteno/ácido linoléico e método de sequestro de radicais DPPH. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, Campinas, v.26, n. 2, p. 446-452,2006.
- ELLEUCH, M.; BEDIGIAN D.; ROISEUX O.; BESBES S.;BLECKER C.; ATTIA H. Dietary fiber and fiber-rich by-products of food processing: Characterisation, technological functionality and commercial applications: A review. *Food Chemistry* v.124, p. 411–421, 2011.
- EIM, V. S., SIMAL, S., ROSSELLO, C., & FEMENIA, A. (2008). Effects of addition of carrot dietary fiber on the ripening process of a dry fermented sausage (sobrassada). *Meat Science*, 80, 173–182. In: ELLEUCH, M.; BEDIGIAN D.; ROISEUX O.; BESBES S.;BLECKER C.; ATTIA H. Dietary fiber and fiber-rich by-products of food processing:Characterisation, technological functionality and commercial applications: A review. *Food Chemistry* v.124, p. 411–421, 2011.
- ESPOSITO, F., ARLOTTI, G., BONIFATI, A.M., NAPOLITANO, A., VITALE, D., FOGLIANO, V. Antioxidant activity and dietary fiber in durum wheat bran by-products, *Food Research International*, v. 38, p. 1167-1173, 2005.
- FERNÁNDEZ-GINÉS, J.M.; FERNÁNDEZ-LOPEZ, J.; SAYAS-BARBERÁ, E.;SENDRA, E.; PÉREZ-ALVAREZ, J.A. Effect of storage conditions on quality characteristics of Bologna sausages made with citrus Fiber. *Journal of Food Science*, v.68, p.710-715, 2003.
- FERREIRA, F. R.; BIANCO, S.; DURIGAN, J.F.; BELINGIERI, P.A. Caracterização física e química de frutos maduros de pequi. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 9., 1987, Campinas, Anais... Campinas: Sociedade Brasileira de Fruticultura. v. 2, p. 643-646, 1988.
- FIGUEROLA, F.; HURTADO, M.L.; ESTÉVEZ, A.M.; CHIFFELLE, I.; ASENJO, F. Fiber concentrates from apple pomace and citrus peel as potential fiber sources for food enrichment. *Facultad de Ciencias Agrarias, Instituto de Ciencia y Tecnologia de Alimentos, Universidad Austral de Chile*, Chile, 2005.
- FOOD AND NUTRITION BOARD. Dietary reference intakes: proposed definition of dietary fiber. Washington: National Academy Pres. p.1-64, 2001.
- GALVEZ J, RODRIGUEZ CME, ZARZUELO A. 2005. Effect of dietary fiber on inflammatory bowel disease. *Mol Nutr Food Res*. v. 49, n.6, p. 601–608.

- GARAU, M.C.; SIMAL, S.; ROSSELLO, C.; FEMENIA, A. Effect of air-drying temperature on physico-chemical properties of dietary fiber and antioxidant capacity of orange (*Citrus aurantium* v. *Canoneta*) by-products. *Food Chemistry* 104 ,1014–1024, 2007.
- GENEROSO, R.A.R.; GOMES, P.C.; ROSTAGNO, H.S.; ALBINO, L.F.T.; BARRETO, S.L.T.; BRUMANO, G. Composição química e energética de alguns alimentos para frangos de corte em duas idades. *R. Bras. Zootec.*, v.37, n.7, p.1251-1256, 2008
- GIUNTINI EB; LAJOLO FM; MENEZES EW. Potencial de fibra alimentar em países iberoamericanos: alimentos, produtos e resíduos. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*. v. 53, p. 1, 2003.
- GRIGELMO-MIGUEL, N., e MARTINA-BELLOSO, O. (1999a). Characterization of dietary fiber from orange juice extraction. *Food Research International*, 131, 355–361.
- GRIGELMO-MIGUEL, N., e MARTINA-BELLOSO, O. (1999b). Influence of fruit dietary fiber addition on physical and sensorial properties of strawberry jams. *Journal of FoodEngineering*, 41, 13–21. In: ELLEUCH, M.; BEDIGIAN D.; ROISEUX O.; BESBES S.; BLECKER C.; ATTIA H. Dietary fiber and fiber-rich by-products of food processing: Characterisation, technological functionality and commercial applications: A review. *Food Chemistry* v.124, p. 411–421, 2011.
- GUILLON, F., CHAMP, M. Structural and physical properties of dietary fibres, and consequences of processing on human physiology. *Food Research International*, v.33, p.233-245, 2000.
- GUTKOSKI, L. C.; PEDÓ, I. **Aveia**: composição química, valor nutricional e processamento. São Paulo:Varela, 2000. 191 p.
- Halliwell, B.; *The Lancet*, 355, p. 1179, 2000.
- HARBER, G.B. Depletion and disruption of dietary fiber. Effects on satiety, plasma glucose and serum insulin. *Lancet*, v.12, p.682-697, 1997.
- HASSAN,F.A.; ISMAIL, A.; HAMID, A. A.; AZLAN, A.; AL-SHERAJI, S. H. Characterisation of fiber-rich powder and antioxidant capacity of *Mangifera pajang* K. fruit peels. *Food Chemistry* v.126, p.283–288, 2011.
- HAVSTEEN, B. H. The biochemistry and medical significance of flavonoids. *Pharmacology and Therapeutics*, London, v. 96, p.67-202, 2002.
- HEMERY, Y., ROUAU, X., LULLIEN-PELLERIN, V., BARRON, C., ABECASSIS, J. Dry processes to develop wheat fractions and products with enhanced nutritional quality, *Journal of Cereal Science*, v. 46, p. 327-347, 2007.

- HENZ, J.R.; NUNES, R.V.; SILVA, W.T.M.; Schenknecht, S.A.; FRANK, R.; POZZA, P.C.; NUNES, C.G.V. composição química e valores energéticos de diferentes farelos de trigo para aves. Associação Brasileira de Zootecnia-ZOOTEC, 2009.
- HUANG, D.; OU, B.; PRIOR, R.L. The Chemistry behind Antioxidant Capacity Assays. *J. Agric. Food Chem.*, 53, 1841-1856, 2005.
- INSTITUTO ADOLFO LUTZ (São Paulo). Métodos físico-químicos para análise de alimentos /coordenadores Odair Zenebon, Neus Sadocco Pascuet e Paulo Tiglea -- São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2008 p. 95-96.
- INSTITUTO ADOLFO LUTZ (São Paulo). Métodos físico-químicos para análise de alimentos/coordenadores Odair Zenebon, Neus Sadocco Pascuet e Paulo Tiglea -- São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2008 p.103
- JANUZZI, A. G.V.A. Características físico-químicas, microbiológicas e sensoriais de produto tipo presunto cozido desenvolvido com adição de fibras solúveis e insolúveis. Belo Horizonte: Faculdade de Farmácia da UFMG. 2007. 82p. (Dissertação, Mestrado em Ciência dos Alimentos).
- JÚNIOR, M. S. S., REIS, R. C., BASSINELLO, P.Z., LACERDA, D. B. C., KOAKUZU, S. N., CALIARI, M. Qualidade de biscoitos formulados com diferentes teores de farinha de casca de pequi. *Pesquisa Agropecuária Tropical* v. 39, n. 2, p. 98-104, 2009.
- KUSKOSKI, E.M.; ASUERO, A. G.; TRONCOSO, A.M.; MANCINI-FILHO, J.; FETT, R. APLICACIÓN DE DIVERSOS MÉTODOS QUÍMICOS PARA DETERMINAR ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE EN PULPA DE FRUTOS. *Ciênc. Tecnol. Aliment.*, Campinas, 25(4): 726-732, out.-dez. 2005.
- LAMEIRO, M. G. S.; MOURA, F. A.; NUNES, D. V.; PEREIRA, J. M.; HELBIG, E.; DIAS, A. R. G. Efeito das fibras de trigo e maracujá na umidade das fezes de ratos Wistar adultos. In: XVI Congresso de Iniciação Científica. DCTA/FAEM/UFPel, 2007.
- LARRAURI, J. A.; RUPÉREZ, P.; SAURA-CALIXTO, F. Effect of drying temperature on the stability of polyphenols and antioxidant activity of red grape pomace peels. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, Washington, v. 45, n. 4, p. 1390-1393, Apr. 1997.
- LARRAURI, J. A. New approaches in the preparation of high dietary fiber powders from fruit by-products. *Food Science & Technology*, n. 10, p. 3-8, 1999.
- LAWTHER, J. M., SUN, R., & BANKS, W. B. Extraction, fractionation, and characterization of structural polysaccharides from wheat straw. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, v. 43, p.667-675, 1995.
- LEACH, H.W., 1959. Structure of starch granule I – swelling and solubility various patters of starches. *Cereal Chemistry* 36, 534-544.

- LIMA, A.; SILVA, A. M. O.; TRINDADE, R. A.; TORRES, R. P.; MANCINI-FILHO, J. COMPOSIÇÃO QUÍMICA E COMPOSTOS BIOATIVOS PRESENTES NA POLPA E NA AMÊNDOA DO PEQUI (*Caryocar brasiliense*, Camb.). *Rev. Bras. Frutic.*, Jaboticabal - SP, v. 29, n. 3, p. 695-698, Dezembro 2007.
- LIMA, A. Caracterização química, avaliação da atividade antioxidante, *in vitro* e *in vivo* e identificação dos compostos fenólicos presentes no Pequi (*Caryocar brasiliense*, Camb.). São Paulo: Faculdade de Ciências Farmacêuticas-USP, 2008, 182p. (Tese, Doutorado em Ciências Farmacêuticas).
- LIU, L., DESEO, M. A., MORRIS, C., WINTER, K. M., LEACH, D. N. Investigation of α -glucosidase inhibitory activity of wheat bran and germ. *Food Chemistry* v. 126 p. 553–561, 2011.
- LLOBERA, A., CANELLAS, J. Dietary fiber content and antioxidant activity of Manto Negro red grape (*Vitis vinifera*): pomace and stem, *Food Chemistry*, v. 101, p. 659-666, 2007.
- MANACH, C.; WILLIAMSON, G.; MORAND, C.; SCALBERT, A.; REMESY, C. Bioavailability and bioefficacy of polyphenols in humans. I. Review of 97 bioavailability studies. *Am. J. Clin. Nutr.* v. 81, p. 230S-242S, 2005.
- MARSMAN, G.J.P. et al. *In vitro* accessibility of untreated, toasted, and extruded soybean meals for proteases and carbohydrases. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, v.45, p.4088-4095. 1997.
- MARX, F., ANDRADE, E. H. A., & MAIA, J. G. Chemical composition of the fruit of *Caryocar villosum*. *Zeitschrift fur Lebensmittel-Untersuchung und-Forschung*, v. 204, n.6, p.442–446, 1997.
- MELLO, V.D. Dietary fibers: current trends and health benefits in the metabolic syndrome and type 2 diabetes. *Arquivos Brasileiros Endocrinol Metab.* 53/5, 2009.
- MELO JUNIOR, A. F. de; CARVALHO, D. de; PÓVOA, J.S.R. ; BEARZOLI, E. Estrutura genética de populações naturais de pequizeiro (*Caryocar brasiliense* Camb). *Scientia Forestalis*, Piracicaba, v.66, p.56-65, 2004.
- MIRA, G.S.; GRAF, H.; CÂNDIDO L. M. B. Visão retrospectiva em fibras alimentares com ênfase em beta-glucanas no tratamento do diabetes. *Brazilian Journal of Pharmaceutical Sciences* v. 45, n. 1, jan./mar., 2009.
- MIRANDA-VILELA, A.L., PEREIRA, L.C.S., GONCALVES, C.A., GRISOLIA, C.K. Pequi fruit (*Caryocar brasiliense* Camb.) pulp oil reduces exercise-induced inflammatory markers and blood pressure of male and female runners, *Nutrition Research*, v. 29, p. 850-858, 2009.
- NATIVIDADE, M. M. P. Desenvolvimento, caracterização e aplicação tecnológica de farinhas elaboradas com resíduos da produção de suco de uva. Lavras: Programa de

Pós-Graduação em Ciência dos Alimentos da Universidade Federal de Lavras, 2010.202 p. (Dissertação: Mestrado em Ciência dos Alimentos).

- NAVARRO-GONZÁLEZ, I.; GARCÍA-VALVERDE, V.; GARCÍA-ALONSO, J.; PERIAGO, M. A. Chemical profile, functional and antioxidant properties of tomato peel fiber. *Food Research International* 44 , 1528–1535, 2011.
- NDIAYE, C., XU, S.Y., WANG, Z. Steam blanching effect on polyphenoloxidase, peroxidase and colour of mango (*Mangifera indica* L.) slices. *Food Chemistry* v.113, p. 92–95, 2009.
- NESS, A. R. e POWLES J. W. Fruit and Vegetables, and Cardiovascular Disease: A Review. *International Journal of Epidemiology*. v. 26, n. 1, p 1-13, 1997.
- NESTLÉ NUTRITION SERVICES. Tópicos em nutrição clínica: fibras em nutrição enteral, questões contemporâneas. [S.l.], 27p., 2000.
- NEVES, G. A.R.1; SANTANA, M. F. S.; VALENÇA, R. S. F.; Capacidade higroscópica de farinhas de diferentes frutas. In: VI Seminário de Iniciação Científica da UFRA e XII Seminário de Iniciação Científica da EMBRAPA Amazônia Oriental, 2008.
- NILNAKARA, S., CHIEWCHAN, N., DEVAHASTIN, S. Production of antioxidant dietary fiber powder from cabbage outer leaves, *Food and Bioproducts Processing*, v.87, n. 4, p. 301-307, 2009.
- NOGUEIRA DE DEUS, T. Extração e caracterização de óleo do pequi (*Caryocar brasiliense* camb.) para o uso sustentável em formulações cosméticas óleo água. Dissertação, Universidade Estadual de Goiás, Ecologia e Produção Sustentável. 2008.
- OLIVEIRA, M. E. B.; GUERRA, N. B.; BARROS L. M.; ALVES R. .E. Aspectos Agronômicos e de Qualidade do Pequi. EMBRAPA, 33p., 2008.
- OLIVEIRA, M.L.M., NUNES-PINHEIRO, D.C.S., TOME, A.R., MOTA, E.F., LIMA-VERDE, I.A., PINHEIRO, F.G.M., CAMPELLO, C.C., MORAIS, S.M. In vivo topical anti-inflammatory and wound healing activities of the fixed oil of *Caryocar coriaceum* Wittm. seeds, *Journal of Ethnopharmacology*. v.129, p. 214-219, 2010a.
- ONYENEHO SN, HETTIARACHCHY NS Antioxidant activity of durum wheat bran. *J Agric Food Chem* v.40, n.9, p.1496–1500, 1992.
- PEREIRA, A. C. S. Qualidade, compostos bioativos e atividade antioxidante total de frutas tropicais e cítricas produzidas no Ceará. Fortaleza: Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos da Universidade Federal do Ceará, 2009. 120p. (Dissertação: Mestrado em Tecnologia de Alimentos).

- PEREZ, E. Diagnose fitoquímica dos frutos de *caryocar brasiliense* camb., caryocaraceae. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Paraná. Faculdade de Farmácia, 2004.
- POMERANZ, Y. Chemical composition of kernel structures. 1998. In: Y. Pomeranz, Editor, *Wheat: Chemistry and Technology* vol. 4, AACC, St. Paul, MN, pp. 97–158, 1988.
- PROTZEK, E. C.; FREITAS, R. J.S.; WASCZINSKJ, N. Aproveitamento do bagaço de maçã na elaboração de biscoitos ricos em fibra alimentar. B.CEPPA, Curitiba, v. 16, n.2, p. 263-275, 1998.
- QUIRINO, G.S., LEITE, G.O., REBELO, L.M., TOME, A.R., COSTA, J.G.M., CARDOSO, A.H., CAMPOS, A.R. Healing potential of Pequi (*Caryocar coriaceum* Wittm.) fruit pulp oil, *Phytochemistry Letters*, v. 2 p. 179-183, 2009.
- RAMAMOORTHY P.K., BONGO A. Antioxidant activity total phenolic and flavonoid content of *Morinda Citrifolia* fruit extracts from various extraction processes. *J Eng Sci Technol* v.2(1) p.:70–80, 2007.
- RAMOS, K. M. C; SOUZA, V.A.B. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS E QUÍMICO-NUTRICIONAIS DE FRUTOS DE PEQUIZEIRO (*Caryocar coriaceum* WITTM.) EM POPULAÇÕES NATURAIS DA REGIÃO MEIO-NORTE DO BRASIL. *Rev. Bras. Frutic.*, Jaboticabal - SP, v. 33, n. 2, p. 500-508, 2011.
- REIS, R.C. ; BARBOSA, L.S. ; ASCHERI, D.P.R. ; DEVILLA, I.A.; LEÃO, F.R.; BALLADÃO, V.A.C. Propriedades Funcionais do Mesocarpo Externo da Fruta *Swartzia Langsdorffii* ("Banha de Galinha"). 50^o Congresso Brasileiro de Química. Agroindústria, Qualidade de Vida e Biomas Brasileiros, 2010.
- RIBEIRO, R. F. Pequi: o rei do cerrado. Belo Horizonte: Rede Cerrado, 62p., 2000.
- RIBEIRO, D. M. Propriedades físicas, químicas e bioquímicas de Pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.) de diferentes regiões do cerrado. Brasília: Departamento de Nutrição da Universidade de Brasília, 2011. 63 p. (Dissertação, Mestrado em Nutrição Humana).
- RIGUEIRA, J.A. Pequi - cultivo, caracterização físico-química e processamento. Monografia de Especialização, Universidade de Brasília, Qualidade de Alimentos. 2003.
- ROESLER, R., CATHARINO, R. R., MALTA, L. G., EBERLIN, M. N., PASTORE, G. Antioxidant activity of *Caryocar brasiliense* (pequi) and characterization of components by electrospray ionization mass spectrometry. *Food Chemistry* v.110, p. 711–717, 2008.
- RUFINO, M. S.; PÉREZ-JIMÉNEZ, J.; ARRANZ, S.; ALVES, R. E.; BRITO, E. S.; OLIVEIRA M. S.P.; SAURA-CALIXTO, F. Açaí (*Euterpe oleraceae*) 'BRS Pará': A

- tropical fruit source of antioxidant dietary fiber and high antioxidant capacity oil. *Food Research International* v. 44 p. 2100–2106, 2011.
- RUIZ-ROSO, B.; QUINTELLA, J. C.; FUENTE, E.; HAYA J.; PÉREZ-OLLEROS L. Insoluble Carob Fiber Rich in Polyphenols Lowers Total and LDL Cholesterol in Hypercholesterolemic Subjects. *Plant Foods Hum Nutr.* v. 65 p.50–56, 2010.
- RUPASINGHE, H.P.V., WANG, L., HUBER, G.M., Pitts, N.L. Effect of baking on dietary fiber and phenolics of muffins incorporated with apple skin powder, *Food Chemistry*, v. 107, p. 1217-1224, 2008.
- SAURA-CALIXTO, F. Antioxidant dietary fiber product: A new concept and a potential food ingredient. *Journal of Agricultural and Food Chemistry.* v. 48. p. 4303–4306, 1998.
- SAURA-CALIXTO, F. Dietary Fiber as a Carrier of Dietary Antioxidants: An Essential Physiological Function. *Journal of Agricultural and Food Chemistry.* v. 59, p. 43–49, 2011.
- SEIBEL, N. F. Caracterização, fracionamento e hidrólise enzimática dos componentes do resíduo do processamento da soja [*Glycine max* (L.) Merrill], fibras dos cotilédones. Londrina: Departamento de Tecnologia de Alimentos e Medicamentos da Universidade Estadual de Londrina, 2006. 111 p. (Tese, Doutorado em Ciência dos Alimentos).
- SEIBEL, N. F.; BELEIA, A. Obtenção de novos ingredientes alimentares por hidrólise enzimática de fibra de cotilédones de soja (*Glycine max* (L.) Merrill). Publ. UEPG Ci. Exatas Terra, Ci. Agr. Eng., Ponta Grossa, v.14, n. 2, p. 171-175, 2008
- SEZINI, A. M. Aspectos alimentares em crianças com constipação Intestinal funcional que apresentam boa resposta ao Tratamento com laxantes. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Minas Gerais. Faculdade de Medicina Belo Horizonte, 2007.
- SHEEMAN BO. Building scientific consensus: the importance of dietary fiber. *Am J Clin Nutr*, 69 (1). 1999.
- SHENOY, A. H.; PRAKASH, J. Wheat bran (*triticum aestwum*): composition, functionality and incorporation in unleavened bread. *Journal of Food Quality* 25 197-211, 2002.
- SHRIVASTVA S, GOYAL GK. Therapeutic benefits of pro and prebiotics: a review. *Indian Food Ind* 26(2):41–9, 2007.
- SILVA MAM; BARCELOS MFP; SOUSA RV; LIMA HM; FALCO IR; LIMA AL; PEREIRA MCA. Efeito das fibras dos farelos de trigo e aveia sobre o perfil lipídico no sangue de ratos (*Rattus norvegicus*) Wistar. *Ciência Agrotécnica*.27(6):1321-1329, 2003.
- SILVA, M.N.S. 2009. Territorialidades do pequi: Montes Claros e o norte de Minas Gerais em questão, XIX ENGA, p. 1-16.

- SINGH, B.; SHARMA H. K.; SARKAR B. C.; Optimization of extraction of antioxidants from wheat bran (*Triticum spp.*) using response surface methodology. *Journal of Food Science and Technology*. 2011.
- SINGLETON, V. L.; ORTHOFER, R.; LAMUELA-RAVENTO´ S, R. M. Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of Folin–Ciocalteu reagent. In: Packer, L. *Methods in Enzymology*, 1999.
- SOARES, A.M.S.; MACHADO, O.L.T. Defesa de plantas: Sinalização química e espécies reativas de oxigênio. *Revista Tropica – Ciencias Agrarias e Biológicas V.1, n. 1, p. 9, 2007.*
- SOUZA, A.I., SALVIANO, A. A cultura do Pequi (*Caryocar brasiliense*), Relatório Informação Tecnológica, EMATER-MG, 10 p. 2002.
- SOUZA, M. W. S.; FERREIRA, T. B. O.; VIEIRA, I. F.R. Composição centesimal e propriedades funcionais tecnológicas da farinha da casca do maracujá. *Alim. Nutr., Araraquara, v.19, n.1, p. 33-36, jan./mar. 2008.*
- SOUZA V. R.; PEREIRA,P.A.P.; QUEIROZ, F.; BORGES,S. B.; CARNEIRO, J.D.S. Determination of bioactive compounds, antioxidant activity and chemical composition of Cerrado Brazilian fruits. *Food Chemistry v.134, p. 381–386, 2012.*
- STALIKAS, C.D. Extraction, separation, and detection methods for phenolic acids and flavonoids. *J. Sep. Sci. v. 30, p. 3268 – 3295, 2007.*
- SURVESWARAN, S.; CAI, Y. Z.; CORKE, H.; SUN, M. Systematic evaluation of natural phenolic antioxidants from 133 Indian medicinal plants. *Food Chemistry, Barking, v. 102, p. 938-953, 2007.*
- SWENNEN, K.; COURTIN, C. M.; LINDEMANS, G. CJE; DELCOUR, J. A. Large-scale production and characterisation of wheat bran arabinoxyloligosaccharides. *Journal of the Science of Food and Agriculture. V. 86 p.1722–1731.2006.*
- TARDIDO, A. P. e FALCÃO, M. C. O impacto da modernização na transição nutricional e obesidade. *Revista Brasileira de Nutrição Clínica; 21(2):117-24, 2006.*
- THARANATHAN, R.N.; MAHADEVAMMA, S. Grain legumes: a boon to human nutrition. *Trends in Food Science & Technology, v.14, p.507-518, 2003.*
- VADLAMANI, K.R.; SEIB, P.A. Reduced browning in raw oriental noodles by heat and moisture treatment of wheat. *Cereal Chemistry, v.73, n.1, p.88-95,1996.*
- VAHER, M.; MATSO, K.; LEVANDI, T.; HELMJA, K.; KALJURAND, M. Phenolic compounds and the antioxidant activity of the bran, flour and whole grain of different wheat varieties. *Procedia Chemistry 2, 76–82, 2010.*

- VASCO, C., RUALES, J., & KAMAL-ELDIN, A. (2008). Total phenolic compounds and antioxidant capacities of major fruits from Ecuador. *Food Chemistry*, 111, 816–823.
- VERMA, B.; HULCL, P.; CHIBBAR, R.N. Phenolic acid composition and antioxidant capacity of acid and alkali hydrolysed wheat bran fractions. *Food Chemistry* v. 116, p.947–954, 2009.
- VERA, R., NAVES, R.V., NASCIMENTO, J. L., CHAVES, L.J., LEANDRO, W. M., SOUZA, E.R.B. Caracterização física de frutos do pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.) no estado de Goiás. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, 35 (2): 71-79, 2005 .
- VIEIRA, V.C.R; PRIORE, S. E; RIBEIRO, S. M. R; FRANCESCHINI, S. C. C; ALMEIDA, L. P. Perfil socioeconômico, nutricional e de saúde de adolescentes recém: ingressos em uma universidade pública brasileira. *Rev Nutr.*15(3):273-82. 2002.
- VINHOLES, D. B.; ASSUNÇÃO, M. C. F.; NEUTZLING, M. B. Freqüência de hábitos saudáveis de alimentação medidos a partir dos 10 Passos da Alimentação Saudável do Ministério da Saúde. Pelotas, Rio Grande do Sul, Brasil. *Cad. Saúde Pública*, Rio de Janeiro, 25(4):791-799, abr, 2009.
- VITAGLIONE, P., NAPOLITANO, A., FOGLIANO, V. Cereal dietary fiber: A natural functional ingredient to deliver phenolic compounds into the gut. *Trends in Food Science and Technology*, v.19, p. 451–463. 2008.
- WILLEM VAN DER KAMP, J., JONES, J., MACCLEARY, B., TOPPING, D., Eds. *Dietary Fiber: New Frontiers for Food and Health*; Wageningen Academic Publishers: Wageningen, The Netherlands; pp 1-586, 2010.
- YUAN, X., WANG, J., YAO, H. Antioxidant activity of feruloylated oligosaccharides from wheat bran, *Food Chemistry*, v. 90, p. 759-764, 2005.
- ZHOU K, S.U. L., YU L. Phytochemical and antioxidant properties in wheat bran. *J. Agric. Food Chem.*,v. 52 p. 6108–6114, 2004.
- ZHU, K. X.; HUANG, S.; PENG, W.; QIAN, H.F.; ZHOU, H.M. Effect of ultrafine grinding on hydration and antioxidant properties of wheat bran dietary fiber. *Food Research International* 43, 943–948, 2010.

ANEXO A – Parâmetros Avaliados para Realização da Análise Colorimétrica

Grupo Amostral	L*	a*	b*	h*	c*
FAT	65,83±0,82a	6,57±0,18e	18,41±0,18d	70,35±0,32b	19,55±0,22c
FAP1	45,21 ± 1,06c	9,79 ± 0,2c	27,21 ± 1,2b	70,21±0,45c	28,90±1,19ab
FAP2	55,19 ± 0,01b	9,19 ± 0,05d	29,23 ± 0,11a	72,55± 0,11a	30,64 ± 0,11a
FAP3	38,19 ± 0,57d	11,09 ± 0,18b	24,99 ± 0,68c	66,07 ±0,23d	27,33 ± 0,69b
FAP4	37,11 ± 0,62d	12,58 ± 0,28a	27,23 ± 0,63b	65,2 ± 0,02e	29,99 ± 0,69a

Valores médios ± desvio padrão.

Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si, pelo Teste de Tukey, a 5% de significância.