



**MILTON COSME RIBEIRO**

**ÓLEO DE PEQUI: QUALIDADE FÍSICO-  
QUÍMICA, TEOR DE CAROTENÓIDES E USO EM  
ANIMAIS COM CARÊNCIA DE VITAMINA A**

**LAVRAS - MG  
2010**

**MILTON COSME RIBEIRO**

**ÓLEO DE PEQUI: QUALIDADE FÍSICO-QUÍMICA, TEOR DE  
CAROTENÓIDES E USO EM ANIMAIS COM CARÊNCIA DE  
VITAMINA A**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciência dos Alimentos, área de concentração em Ciência dos Alimentos, para a obtenção do título de Mestre.

Orientador

Dr. Eduardo Valério de Barros Vilas Boas

Co-orientadores

Dr<sup>a</sup>. Tania Regina Riul

Dr. Alexandre Soares dos Santos

**LAVRAS – MG**

**2010**

**Ficha Catalográfica Preparada pela Divisão de Processos Técnicos da  
Biblioteca Central da UFLA**

Ribeiro, Milton Cosme.

Óleo de pequi: qualidade físico-química, teor de carotenóides e uso em animais com carência de vitamina A / Milton Cosme Ribeiro. – Lavras : UFLA, 2010.  
85 p. : il.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Lavras, 2010.  
Orientador: Eduardo Valério de Barros Vilas Boas.  
Bibliografia.

1. *Caryocar brasiliense*. 2.  $\beta$ -caroteno. 3. Hipovitaminose A. 4. Nutrição animal. 5. Cerrado. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD – 664.07

**MILTON COSME RIBEIRO**

**ÓLEO DE PEQUI: QUALIDADE FÍSICO-QUÍMICA, TEOR DE  
CAROTENÓIDES E USO EM ANIMAIS COM CARÊNCIA DE  
VITAMINA A**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciência dos Alimentos, área de concentração em Ciência dos Alimentos, para a obtenção do título de Mestre.

APROVADA em 30 de abril de 2010

Dr.<sup>a</sup> Tania Reginal Riul

UFVJM

Dr.<sup>a</sup> Maria de Fátima Piccolo

UFLA

Dr. Eduardo Valério de Barros Vilas Boas  
UFLA  
(Orientador)

Dr. Alexandre Soares dos Santos  
(Co-orientador)

**LAVRAS - MG  
2010**

*“Se quiseres construir um navio, não reúna pessoas para elaborar planos, distribuir tarefas, buscar ferramentas, cortar madeira, mas desperte neles o desejo de buscar a amplidão dos mares. Então, construirão o navio por si”*

**Antoine de Saint-Exupéry**

A minha mãe, por estar sempre presente na minha vida como símbolo de amor, determinação e coragem.

DEDICO.

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, por me dar a vida e iluminar meus pensamentos nos momentos de aflição e dúvida.

A minha família, pais e irmãs, pelo apoio e por me suportarem nos meus piores dias.

A minha amada Vanessa, pelos vários momentos de felicidade, paciência e cumplicidade.

As Universidades Federais de Lavras (UFLA) e dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri (UFVJM) por oferecerem todas as ferramentas necessárias.

Ao Departamento de Ciência dos Alimentos da UFLA pelo acolhimento e oportunidade.

Ao Prof. Eduardo Valério de Barros Vilas Boas pela orientação e confiança depositada.

Aos professores Tania Regina Riul, Alexandre Soares dos Santos, Lillian Pantoja e Helyde Albuquerque Marinho pela fundamental contribuição e oportunidade.

Aos colegas Gilson Gilbertoni Burgarelli e Ana Paula Fernandes de Souza pela valiosa contribuição.

Aos amigos vigilantes, Maria Geralda, Nara, Gabriel, Rosélia e Francisco, pela compreensão, contribuição e apoio.

A Emanuelle, Márcia, Cleuber, Joyce, Débora, Carol, André, Luca, Julimar, Rafael, Ari, Elisângela e Alexandre pela amizade e contribuição.

Ao apoio financeiro fornecido pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG) e pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES).

Enfim, meus sinceros agradecimentos a todos àqueles que torceram e de alguma forma me ajudaram nesta jornada.

## RESUMO

Em vista da importância econômica e nutricional, o pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.) e seu óleo têm sido alvos de várias pesquisas na atualidade. No segundo capítulo deste estudo, foram analisadas as propriedades físico-químicas e o teor de carotenóides do óleo de pequi extraído por diferentes métodos e em três tempos de armazenamento. A extração do óleo ocorreu por: solventes, prensagem mecânica e cocção dos frutos e o armazenado ao ambiente durante 0, 90 e 180 dias. Realizou-se análise da acidez, dos índices de peróxido, saponificação e iodo, da cor e do teor de carotenóides. O óleo obtido na extração mecânica apresentou maior acidez e índice de peróxidos; o óleo de pequi tem alto teor de carotenóides, em especial  $\beta$ -caroteno e; ao longo do armazenamento houve aumento da acidez, aumento do índice de peróxido, escurecimento do óleo, redução da cor avermelhada e queda do teor de carotenóides. No terceiro capítulo, foi avaliado o efeito do consumo do óleo de pequi no peso corporal e nos níveis de vitamina A do fígado de ratos carentes nesta vitamina, bem como alterações no consumo, níveis de colesterol e triglicérides. Utilizou-se, aleatoriamente, 6 lactantes e 32 filhotes machos para formar 4 grupos (n = 8): Controle (C) – filhotes criados por mães que receberam ração completa na lactação e que foram tratados com a mesma ração na pós-lactação; Hipovitaminose A (H) – filhotes criados por mães alimentadas com ração isenta de vitamina A na lactação e que receberam o mesmo tratamento na pós-lactação; Hipovitaminose A Óleo de Pequi (HO) – filhotes criados por mães que receberam ração isenta de vitamina A na lactação e tratados com ração isenta de vitamina A acrescida de óleo de pequi na pós-lactação e Hipovitaminose A Recuperado (HR) - filhotes criados por mães alimentadas com ração isenta de vitamina A na lactação e tratados com ração completa na pós-lactação. Foram determinados os teores de vitamina A do fígado e o perfil de triglicérides e colesterol do soro sanguíneo dos animais. Concluiu-se que o óleo de pequi não contribuiu na recuperação do peso corporal, mas contribuiu na deposição de vitamina A no fígado de ratos carentes em vitamina A e não influenciou no perfil de colesterol e triglicérides.

Palavras-chave: *Caryocar brasiliense*.  $\beta$ -caroteno. Hipovitaminose A. Nutrição animal. Cerrado.

## ABSTRACT

In view of the economic and nutritional importance, the peki (*Caryocar brasiliense* Camb.) and its oil have been the target of much present day research. In the second chapter of this study the physicochemical proprieties and the carotenoid levels of the peki oil extracted by different methods and in three different storage durations were analyzed. The extraction of the oil occurred by: solvents, mechanical press and cooking the fruits and storage occurred at room temperature for 0, 90 and 180 days. Acidity, peroxide index, saponification, iodine, color and carotenoid level analyzes were conducted. The oil obtained from the mechanical extraction presented higher acidity and peroxide indices; the peki oil has high carotenoid levels, especially  $\beta$ -carotene and during storage the increase of acidity, the peroxide index, darkening of the oil, red color reduction and a decrease of the carotenoid levels occurred. In the third chapter the effect of the consumption of the peki oil on the body weigh and on the level of vitamin A in the livers mice lacking in this vitamin as well as alterations in consumption, cholesterol and triglycerid levels were evaluated. Randomly, 6 lactating mice and 32 male cubs were used in order to form 4 groups (n=8): Control (C) - cubs that had been raised by mothers that received complete feed during lactation and had been treated with the same feed post-lactation; Hypovitaminosis A (H) - cubs that had been raised by mothers that received feed without vitamin A during lactation and that had received the same treatment during post-lactation; Hypovitaminosis A with peki oil (HO)- cubs that had been raised by mothers that received feed without vitamin A during lactation and treated with feed without vitamin A but with the addition of the peki oil during post-lactation and recuperated Hypovitaminosis A (RH)- cubs that had been raised by mothers that had been fed with feed without vitamin A during lactation and treated with complete feed during post-lactation. The level of vitamin A in the liver and the blood serum triglyceride and cholesterol profile of the animals were determined. It was concluded that the peki oil did not contribute to the recuperation of body weight but contribute to the deposition of hepatic vitamin A of those lacking it, and the oil did not affect the cholesterol and triglyceride profiles.

Keywords: *Caryocar brasiliense*.  $\beta$ -carotene. Hypovitaminosis A. Animal nutrition. Cerrado.



## SUMÁRIO

	<b>CAPÍTULO 1 INTRODUÇÃO GERAL.....</b>	<b>9</b>
<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>10</b>
<b>2</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO.....</b>	<b>12</b>
<b>2.1</b>	<b>O Cerrado e seus frutos.....</b>	<b>12</b>
<b>2.2</b>	<b>O pequi.....</b>	<b>13</b>
<b>2.3</b>	<b>O óleo de pequi.....</b>	<b>18</b>
<b>2.3.1</b>	<b>Extração do óleo de pequi.....</b>	<b>20</b>
<b>2.3.2</b>	<b>Características do óleo de pequi.....</b>	<b>22</b>
<b>2.3.3</b>	<b>Propriedades físico-químicas do óleo de pequi.....</b>	<b>24</b>
<b>2.4</b>	<b>Carotenóides provitamina A.....</b>	<b>27</b>
<b>2.5</b>	<b>A deficiência de vitamina A.....</b>	<b>30</b>
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>34</b>
	<b>CAPÍTULO 2 INFLUÊNCIA DO MÉTODO DE EXTRAÇÃO SOBRE AS PROPRIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS E O TEOR DE CAROTENÓIDES DO ÓLEO DE PEQUI.....</b>	<b>40</b>
<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>41</b>
<b>2</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>43</b>
<b>2.1</b>	<b>Extração do óleo de pequi.....</b>	<b>43</b>
<b>2.2</b>	<b>Análises físico-químicas.....</b>	<b>44</b>
<b>2.3</b>	<b>Análise do teor de carotenóides.....</b>	<b>45</b>
<b>2.4</b>	<b>Avaliação da cor.....</b>	<b>45</b>
<b>2.5</b>	<b>Delineamento experimental.....</b>	<b>46</b>
<b>3</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>47</b>
<b>4</b>	<b>CONCLUSÕES.....</b>	<b>58</b>
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>59</b>
	<b>CAPÍTULO 3 EFEITOS DA ADMINISTRAÇÃO DO ÓLEO DE PEQUI NA ALIMENTAÇÃO DE RATOS SUBMETIDOS À CARÊNCIA DE VITAMINA A.....</b>	<b>63</b>
<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>64</b>
<b>2</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>66</b>
<b>2.1</b>	<b>Extração do óleo de pequi.....</b>	<b>66</b>
<b>2.2</b>	<b>Ensaio biológico.....</b>	<b>66</b>
<b>2.3</b>	<b>Delineamento experimental.....</b>	<b>69</b>
<b>3</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>70</b>
<b>4</b>	<b>CONCLUSÕES.....</b>	<b>80</b>
<b>5</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>81</b>
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>82</b>

## **CAPÍTULO 1**

### **INTRODUÇÃO GERAL**

## 1 INTRODUÇÃO

O óleo de pequi é um produto extraído do Pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.), que é um fruto encontrado na região do Cerrado brasileiro. O fruto e o óleo de pequi possuem grande importância econômica regional, pois contribuem na geração de emprego e renda para a população.

O pequi é muito utilizado na alimentação humana, seja no preparo de pratos como arroz e frango com pequi, bem como na fabricação de conservas, doces, licores, entre outros alimentos. Pesquisas apontam o fruto como fonte de lipídios, proteínas, minerais, vitaminas, fibras e compostos bioativos.

Em muitos casos, o óleo de pequi é utilizado como substituto do fruto para atingir o *flavor* desejado nas preparações culinárias. E como o pequi é um fruto sazonal, a produção e a comercialização do seu óleo tem se transformado em um mercado de grande crescimento.

Além de utilizado na alimentação, o óleo de pequi tem potencial comprovado na fabricação de cosméticos e em processos de fritura.

Entre os componentes predominantes e de maior relevância no óleo de pequi, destacam-se os ácidos graxos oléico, palmítico e os carotenóides. Estes últimos responsáveis pela coloração amarelada do óleo.

Após a extração do óleo de pequi a partir da polpa, altos teores de carotenóides são encontrados. Entretanto, os tipos de carotenóides presentes neste óleo ainda são desconhecidos.

Sabe-se que os carotenóides, assim que absorvidos no trato gastrointestinal atuam como antioxidantes no organismo e eliminam radicais livres. Outra característica ímpar de alguns destes pigmentos é a sua capacidade de conversão em vitamina A, assim denominados como carotenóides provitamina A.

A carência de vitamina A ainda atinge algumas regiões menos favorecidas, especialmente o Vale do Jequitinhonha e o Nordeste do Brasil, locais endêmicos nesta hipovitaminose, onde, desde 1994, é desenvolvido um programa governamental de suplementação com vitamina A, com vistas à erradicação da doença.

Entre as alternativas fundamentais para o sucesso dos programas de combate à deficiência de vitamina A estão o incentivo ao consumo de alimentos, veículos dessa vitamina e o enriquecimento de alimentos com fontes naturais de carotenóides pro vitamina A. Tendo em vista que o país apresenta uma enorme variedade de alimentos ricos em carotenóides, e estes possuem menor custo em relação aos alimentos de origem animal.

Diante do exposto, este trabalho teve como objetivos gerais: analisar as propriedades físico-químicas e o teor de carotenóides do óleo de pequi e avaliar os efeitos do consumo deste óleo nos níveis hepáticos de vitamina A de ratos submetidos à carência desta vitamina; e específicos: extrair o óleo de pequi por diferentes métodos, comparar as propriedades físico-químicas e o teor de carotenóides entre estes métodos e verificar a ocorrência de possíveis alterações nesses parâmetros em decorrência do método e do tempo de armazenamento.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 O Cerrado e seus frutos

A fauna e a flora do Brasil estão distribuídas geograficamente em seis grandes biomas: Campo Limpo, Floresta Atlântica, Caatinga, Floresta Amazônica, Pantanal Mato-Grossense e Cerrado (POZO, 1997). Entre estes, o Cerrado é considerado o segundo maior bioma nacional e ocupa cerca de um quarto do território brasileiro, aproximadamente 2.064.676 km<sup>2</sup> (SILVA et al., 2001).

O Cerrado está localizado na maior parte do Brasil Central (Figura 1). Sobretudo, está presente nos estados: Mato Grosso, Goiás, Tocantins, Mato Grosso do Sul, Bahia, Minas Gerais e Distrito Federal (POZO, 1997).



Figura 1 Mapa da região do Cerrado no Brasil  
Fonte: Almeida (1998)

A região do Cerrado apresenta clima tropical, com uma estação seca e fria e outra chuvosa e quente (CORREIA, 1999). Este bioma detém um terço das espécies brasileiras, o que significa algo em torno de 320.000 espécies de vírus, bactérias, fungos, algas, plantas inferiores, plantas com flores e animais (SALES et al., 1997).

De acordo com Carvalho e Sawyer (2007) o Cerrado apresenta uma grande variedade de frutos nativos como o araçá (*Psidium araca*), a fruta-de-leite (*Pouteria* sp.), a pitomba (*Talisia esculenta*) e a macambira (Bromeliaceae); e exóticos (provenientes de cultivos agroecológicos) como o coquinho azedo ou coco-butiá (*Butia capitata*), a mangaba (*Hancornia speciosa*), o maracujá nativo (*Passiflora cincinnata*), o panã ou araticum (*Annona crassiflora*) e o pequi (*Caryocar brasiliensis*), entre outros.

Essa diversidade de frutos do Cerrado, com sabores marcantes e peculiares, é consumida tanto na forma natural quanto na forma de doces, vitaminas, bolos, pães, biscoitos, geléias, licores, etc (SILVA et al., 2001). Além disso, o aproveitamento sustentável destes frutos, entre eles do pequi, pode contribuir na geração de renda para diversas famílias de extrativistas e ao mesmo tempo promover a valorização e a conservação da biodiversidade e dos recursos naturais (CARVALHO; SAWYER, 2007; POZO, 1997).

## 2.2 O pequi

O pequi é fruto do pequizeiro, planta arbórea da família Caryocaraceae e gênero *Caryocar*, que abrange, aproximadamente, vinte espécies. A planta floresce entre os meses de setembro e novembro e os frutos iniciam a maturação em meados de novembro (HARRI, 2002).

No Brasil, ocorrem pelo menos oito espécies do gênero *Caryocar*, a maioria de porte alto e compondo a vegetação da floresta amazônica. Duas

espécies são importantes fora dos limites da floresta tropical úmida da Amazônia: a *Caryocar coriaceum* Wittm., encontrada nos campos do Nordeste e a *Caryocar brasiliense* Camb., encontrada entre as espécies de maior incidência no Brasil Central, constituindo a típica paisagem do Cerrado (BRASIL, 1985).

O pequi, que também é conhecido como piqui, piquiá-bravo, amêndoa-de-espinho, grão-de-cavalo, pequiá, pequiá-pedra, pequerim, suari e piquiá, pode ser encontrado, principalmente, em Minas Gerais, Mato Grosso do Sul, Goiás e Mato Grosso (HARRI, 2002). Segundo Almeida et al. (1998), a espécie *Caryocar brasiliense* ainda pode ocorrer no Ceará, Distrito Federal, Maranhão, Pará, Piauí, Rio de Janeiro, São Paulo e Tocantins.

O Estado de Minas Gerais é o principal produtor e consumidor do pequi, sendo que, no ano de 2003, foram comercializados aproximadamente 20.000 kg de pequi. O que se justifica em função do potencial deste fruto, que pode ser utilizado integralmente (casca, polpa e amêndoa) para a fabricação de diversos produtos (LIMA, 2006; PASSOS, 2004).

Segundo Carvalho e Sawyer (2007), baseados em dados da Cooperativa Grande Sertão no Norte de Minas, nas safras ocorridas entre setembro de 2002 e abril de 2006, foram entregues, por agricultores extrativistas do Norte de Minas, aproximadamente 72 toneladas de frutos do Cerrado, para a produção de polpa congelada, gerando uma renda bruta total de cerca de R\$ 35 mil aos fornecedores. A renda gerada aos agricultores pela entrega do pequi à Cooperativa nestas quatro safras foi algo em torno de noventa mil reais.

Etimologicamente, a denominação pequi origina-se do tupi e cuja língua denomina-se pyqui (py = casca e qui = espinho), que significa casca espinhosa. Possivelmente, devido ao caroço do fruto ser revestido por finos espinhos (AMEIDA; SILVA, 1994).

Segundo Lima et al. (2007), o fruto é constituído pelo exocarpo (coloração esverdeada ou marrom-esverdeada), mesocarpo externo (coloração

amarelo claro) e mesocarpo interno (coloração amarelo-alaranjado), que constitui uma das porções comestíveis do fruto. No interior, existe o endocarpo (coloração vermelha), que é espinhoso e protege a semente ou amêndoa, que também é comestível e revestida por um tegumento fino e marrom (Figura 2).

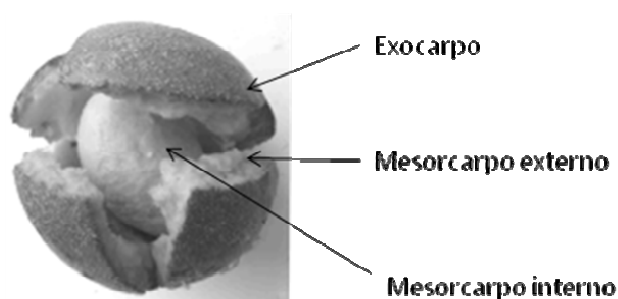


Figura 2 Caracterização do pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.)

Quando maduro, o pequi exala forte aroma e deve ser coletado entre os meses de outubro a janeiro. A coleta deve ser realizada ao chão logo após a queda natural para obter frutos de melhor valor nutricional (OLIVEIRA et al., 2006).

A principal utilização do pequi é na alimentação, muitas vezes considerado um reforço alimentar indispensável na mesa das famílias que vivem no Cerrado. Entre as formas tradicionais de consumo estão o arroz com pequi ou, simplesmente, o pequi cozido em água e sal (POZO, 1997). O fruto também pode ser associado à carne moída e frango, bem como utilizado na fabricação de conservas, doces, licores, entre outros (ALMEIDA, 1998; PASSOS, 2004).

Nas Tabelas 1 e 2, são apresentados os resultados da composição centesimal da polpa e da amêndoa do pequi. Segundo Pozo (1997), o fruto



apresenta-se como uma fonte de nutrientes de grande importância como riboflavina, tiamina e carotenóides.

Tabela 1 Composição centesimal da polpa do pequi.

<b>Constituintes</b>	<b>Rodrigues et al. (2004)</b>	<b>Lima et al. (2007)</b>	<b>Macedo et al. (2009)</b>
Umidade (%)	49,2	41,50	51,32
Cinzas (g)	0,4	0,63	0,55
Proteína (g)	4,2	3,00	3,39
Lipídios (g)	20,5	33,40	29,66
Carboidratos (g)	18,9	11,45	11,4
Fibra (g)	6,8	10,02	3,68

Tabela 2 Composição centesimal da amêndoa do pequi.

<b>Constituintes</b>	<b>Rodrigues et al. (2004)</b>	<b>Lima et al. (2007)</b>	<b>Macedo et al. (2009)</b>
Umidade (%)	59,1	8,68	31,71
Cinzas (g)	0,5	4,01	3,02
Proteína (g)	2,2	25,27	20,79
Lipídios (g)	25,1	51,51	32,53
Carboidratos (g)	8,2	8,33	10,9
Fibra (g)	4,9	2,20	1,05

Outros autores relatam que a polpa do pequi é altamente rica em vitamina A, vitaminas do complexo B e fósforo (ALMEIDA, 1998; POZO, 1997).

Na polpa do pequi são encontrados em maior quantidade os ácidos graxos oléico e o palmítico (GARCIA et al., 2007; LIMA et al., 2007).

O fruto também se destaca pelo alto teor de carotenóides na polpa. Segundo Lima et al. (2007), a polpa do pequi possui um teor de carotenóides totais de 7,25 mg/100g (equivalente a 72,5 µg/g), já Ramos et al. (2001) encontraram maiores teores, 231,09 µg/g e 154,06 µg/g de carotenóides, na polpa crua e cozida, respectivamente.

De acordo com Oliveira et al. (2006), o β-caroteno é o carotenóide predominante na polpa do fruto, equivale a 90% do total de carotenóides encontrados no pequi. Ramos et al. (2001), encontraram em maiores quantidades β-caroteno, ζ-caroteno, criptoflavina, ζ-criptoxantina, anteraxantina, zeaxantina e mutatoxantina. Já nas análises realizadas por Azevedo-Meleiro e Rodriguez-Amaya (2004), os principais carotenóides encontrados foram: violaxantina, luteína e zeaxantina.

Outro potencial do fruto é a amêndoa retirada de dentro dos pirênios, que é utilizada na alimentação em sua forma natural, na fabricação de óleo, na produção de paçoca e na fabricação de sabão (BRANDÃO, 1992; POZO, 1997).

No estudo de Lima et al. (2007), a amêndoa do pequi, de forma semelhante à polpa, apresenta predomínio em sua composição dos ácidos palmítico e oléico em quantidades muito semelhantes, 43,76% e 43,59%, respectivamente. Também estão presentes em quantidades menos expressivas o ácido linoléico (5,51%), esteárico (2,04%) e palmitoléico (1,23%).

Baseados em dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE, Almeida et al. (1998), informaram que, no período de 1988 a 1992, houve indícios de aumento de 1.400 para 2.150 toneladas/ano na produção nacional de amêndoa de pequi. Em 1995, essa produção teria alcançado 2.454 toneladas, distribuindo-se por oito estados: Minas Gerais (34,55), Goiás (29,3%), Bahia (14,9%), Pará (9,1%), Ceará (4,0%), Mato Grosso (2,9%) e Maranhão (0,12%).

O caroço do pequi também pode ser utilizado para geração de renda, já que o óleo vegetal obtido a partir deste caroço apresenta adequada composição para a produção do biodiesel (ANTONIOSI FILHO, 2006).

Outro produto derivado do pequi é o óleo obtido a partir da polpa do fruto, que no Norte de Minas Gerais, representa 54,75% da renda anual dos trabalhadores na comercialização do pequi e seus derivados no mercado varejista (POZO, 1997).

Por ser um fruto sazonal, e não serem adotados métodos adequados de armazenamento e conservação do pequi, seu consumo fora da temporada de safra, torna-se bastante limitado. Motivo que tem feito da produção do óleo de pequi um mercado de grande crescimento e uma importante fonte de geração de renda.

### **2.3 O óleo de pequi**

Os óleos são substâncias insolúveis em água (hidrofóbicas), de origem vegetal, formados predominantemente de triacilgliceróis, produtos resultantes da esterificação entre glicerol e ácidos graxos (FETT; MORETTO, 1998).

Os óleos vegetais representam um dos principais produtos extraídos de plantas na atualidade e cerca de dois terços são usados em produtos alimentícios, fazendo parte da alimentação humana (CARNEIRO; REDA, 2007).

De acordo com Batista (1999 citado por CARNEIRO; REDA, 2007), a obtenção do óleo vegetal é feita por meio de métodos físicos e químicos sobre as sementes de oleaginosas usando prensagem ou solvente químico como extrator. Após esse processo, o óleo vegetal contém impurezas prejudiciais à qualidade e estabilidade do produto, sendo necessário remover estas impurezas pelo processo de refino, que envolve a remoção do solvente, a degomagem, o branqueamento, a desacidificação e a desodorização.

A grande biodiversidade de plantas encontrada no país tem encorajado pesquisas de novas fontes de óleos comestíveis, como é o caso do óleo de pequi (Figura 3). Até o momento, a extração deste óleo ocorre, predominantemente, de maneira artesanal, por meio do cozimento dos frutos (POZO, 2007). Entretanto, devido ao seu potencial econômico e nutricional, várias técnicas para extração do óleo de pequi estão sendo desenvolvidas para obter melhores rendimentos e conservação das propriedades físico-químicas do óleo (AQUINO, 2007).



Figura 3 Fotografia ilustrando o óleo de pequi

O óleo extraído da polpa do pequi geralmente é utilizado na cocção junto ao arroz com o objetivo de adicionar aroma e uma coloração amarelo claro ao alimento conforme descrito por Araújo (1995 citado por SEGALL et al., 2006).

Além do uso no arroz, o óleo da polpa do pequi é usado popularmente como tempero em saladas, carnes, peixes e aves, e no tratamento de doenças respiratórias e definhamento do organismo. Muitas vezes, também usado como bálsamo em casos de reumatismo e processos inflamatórios em ferimentos (POZO, 1997).

O teor do óleo de pequi varia muito e essa variação depende da espécie do fruto, de fatores climáticos e regionais e do processo de extração (AQUINO, 2007).

### **2.3.1 Extração do óleo de pequi**

Até o momento são conhecidas três formas de se extrair o óleo de pequi: por cozimento dos frutos, por extrusão mecânica e por meio de solventes.

**Extração por cozimento** – trata-se de uma antiga prática artesanal de se obter o óleo de pequi, na qual os pequis são colocados em um recipiente de metal com água e submetidos ao cozimento por cerca de 40 minutos. Após o cozimento, os frutos são separados da água com o auxílio de uma escumadeira. Uma vez frios, são despolidos com uma colher e a polpa resultante é levada novamente para o fogo. Durante o processo, adiciona-se água fria para que o óleo liberado fique suspenso. Ao passo que o óleo começa a surgir na superfície da água, este é retirado com o auxílio de uma colher, colocado em outro recipiente e levado ao fogo para evaporação do restante da água (POZO, 1997).

**Extração mecânica** - Os pequis (putâmens) são levados para secar em estufa. Após a eliminação da umidade são cortados em 4 partes e as amêndoas são retiradas com o auxílio de uma faca. Em seguida são levados para a prensa

elétrica, modelo utilizado comumente para extrair óleo de sementes oleaginosas (Figura 4). O extrato obtido é primeiramente filtrado em peneira fina ao ambiente, para separação do óleo e da torta. Após a primeira filtragem, o óleo passa por uma nova filtração em papel filtro até a separação de todo o óleo (RIBEIRO et al., 2008).

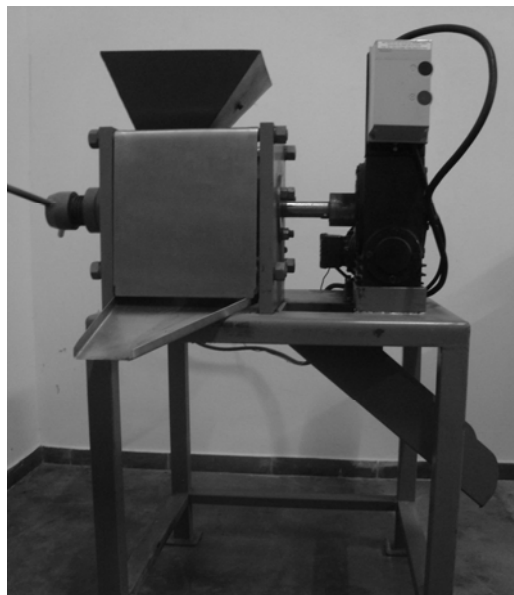


Figura 4 Prensa elétrica utilizada na extração mecânica

**Extração com uso de solventes** - Inicialmente os frutos *in natura* são despolidos. Em seguida a polpa é seca em estufa e triturada em multiprocessador até a obtenção de uma farinha. A farinha da polpa de pequi obtida é colocada em balões junto a um solvente apolar. A extração segue por um sistema de batelada em uma incubadora, momento em que são monitoradas as variáveis: temperatura, razão sólido-líquido, agitação e tempo. Conforme

pode ser visualizado na Figura 5, o material é filtrado e levado em estufa para recuperação do solvente (AQUINO, 2007).



Figura 5 Extração do óleo de pequi com solventes, etapa de filtração

### 2.3.2 Características do óleo de pequi

A estabilidade térmica dos óleos vegetais depende de suas estruturas químicas, em especial dos tipos de ácidos graxos encontrados nos triacilgliceróis. Segundo Garcia et al. (2007), quanto maior a quantidade de insaturações nos ácidos graxos, menor a sua estabilidade.

As propriedades físicas de uma gordura ou óleo dependem do tipo de ácido graxo e da sua posição na molécula do glicerol (FACIOLI; GONÇALVES, 1998).

Conforme representado na Tabela 3, assim como ocorre na polpa, os ácidos graxos majoritários encontrados no óleo de pequi são o oléico e palmítico

(AQUINO, 2007; FACIOLI; GONÇALVES, 1998; GARCIA et al., 2007; SEGALL et al., 2006).

Segundo Segall et al. (2006), com base nesta composição, o óleo de pequi pode ser utilizado sem fracionamento ou hidrogenação em processos de frituras ou cocção.

Tabela 3 Composição (%) de ácidos graxos do óleo de pequi.

<b>Ácidos graxos</b>	<b>Facioli e Gonçalves (1998)</b>	<b>Segall et al. (2006)</b>	<b>Garcia et al. (2007)</b>	<b>Aquino (2007)</b>
Mirístico	-	-	0,20	0,08
Palmítico	40,20	44,28	41,10	40,48
Palmitoléico	1,40	-	0,50	1,07
Esteárico	2,30	2,58	1,90	2,58
Oléico	53,90	48,71	54,00	54,09
Cis-vacênico	-	-	0,30	-
Linoléico	1,50	4,43	0,90	1,11
$\alpha$ -linolênico	0,70	-	-	0,21
Araquídico	0,20	-	0,20	0,20
Gadoléico	-	-	0,70	0,16

No óleo de pequi, entre os triacilgliceróis, verifica-se a presença, principalmente, do trioleoil glicerol (OOO), do palmitoil dioleoil glicerol (POO) e do dipalmitoil oleoil glicerol (POP) (SEGALL et al., 2006). Segundo Facioli e Gonçalves (1998), além dos anteriores, o palmitoil oleoil glicerol (POS) também é outro triacilglicerol encontrado em grande quantidade no óleo de pequi.

Estudos realizados por Facioli e Gonçalves (1998), a partir da modificação enzimática do óleo de pequi visando uma composição triglicéridica



similar à da manteiga de cacau, demonstraram que a interesterificação enzimática deste óleo com ácido esteárico (C18:0), catalisada por uma lipase *sn* 1,3 específica é adequada para a obtenção de equivalente de manteiga de cacau. Fato que pode promover a elaboração de produtos com composição triglicéridica similar à da manteiga de cacau e gerar impactos positivos na realidade sócio-econômica da região produtora.

Ao avaliarem os óleos dos frutos do Cerrado, amburana, baru e pequi, Garcia et al. (2007) comprovaram que estes apresentam altos rendimentos de extração em relação ao óleo de soja, e que apresentam, entre si, estabilidade térmica semelhante em atmosfera com nitrogênio ( $100\text{mL min}^{-1}$ ), mas devido à grande quantidade de ácidos graxos de cadeia curta, o óleo de pequi foi o que apresentou menor atividade térmica em atmosfera com ar sintético.

De acordo Sales e Schlemmer (2008) o óleo de pequi apresenta estágio de decomposição em uma temperatura em torno de  $420\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

Pianovski et al. (2008), a partir das avaliações de pH, viscosidade e comportamento reológico do óleo de pequi, encontraram características desejáveis no óleo para a fabricação de cosméticos. Segundo estes autores, os altos teores de ácido oléico e  $\beta$ -caroteno são as características de maior relevância do produto. O primeiro é fundamental para a hidratação cutânea e o último confere proteção à pele impedindo a lipoperoxidação, evitando desta maneira a formação de radicais livres e conseqüentemente retardando o envelhecimento cutâneo.

### **2.3.3 Propriedades físico-químicas do óleo de pequi**

Facioli e Gonçalves (1998) encontraram no óleo de pequi extraído por cocção 0,065% de umidade, 0,27% de acidez (em ácido oléico), 1,38 meq/kg de índice de peróxido, 50  $\text{I}_2/\text{g}$  de índice de iodo e 200 mg KOH/g de índice de

saponificação. Já Faria et al. (2009) encontraram 0,46% de umidade, 4,26% de acidez (em ácido oléico), 1,02 meq/kg índice de peróxido, 233,11 mg KOH/g de índice de saponificação e 48,30 I<sub>2</sub>/g de índice de iodo. Com esses resultados concluíram que o óleo de pequi apresenta boa qualidade na extração, pelo baixo teor de ácidos graxos livres e pelo bom estado oxidativo, com base no índice de peróxido.

De acordo com a Resolução da Diretoria Colegiada (AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA - ANVISA, 2005), os óleos prensados a frio e não refinados devem possuir no máximo 4,0 mg KOH/g de acidez e 15 meq/Kg de índice de peróxidos. Acima desses valores são considerados impróprios para o consumo humano.

Na extração com o uso de solvente, alguns parâmetros de qualidade podem ser alterados de acordo com a temperatura e o tempo de secagem da polpa do pequi. De acordo com Aquino et al. (2009), a secagem à temperatura de 60°C e 16 horas em estufa, promove menor deterioração do óleo de pequi que a secagem do fruto ao sol. Além disso, menores valores de peróxido são obtidos na secagem da polpa a 40°C e a 60°C por 4 horas (Tabela 4).

Tabela 4 Parâmetros físico-químicos do óleo de pequi, para os diferentes tratamentos de secagem, adaptado de Aquino et al. (2009).

<b>Tratamento (Tempo)</b>	<b>Rendimento (%)</b>	<b>Umidade (%)</b>	<b>Acidez (%)</b>	<b>Índice de Peróxido (meq kg<sup>-1</sup>)</b>	<b>Carotenóides (µg g<sup>-1</sup>)</b>
Sol (4h)	42,5 <sup>CD</sup>	10,37 <sup>B</sup>	0,69 <sup>C</sup>	47,17 <sup>A</sup>	8,54 <sup>C</sup>
Sol (12h)	59,0 <sup>A</sup>	2,93 <sup>D</sup>	0,65 <sup>C</sup>	45,45 <sup>A</sup>	14,50 <sup>C</sup>
40°C (4h)*	46,0 <sup>C</sup>	20,53 <sup>A</sup>	1,03 <sup>A</sup>	4,47 <sup>C</sup>	213,75 <sup>A</sup>
40°C (19h)*	52,2 <sup>B</sup>	0,96 <sup>D</sup>	1,09 <sup>A</sup>	1,24 <sup>C</sup>	246,70 <sup>A</sup>
60°C (4h)*	39,1 <sup>D</sup>	7,41 <sup>C</sup>	0,70 <sup>C</sup>	8,09 <sup>C</sup>	111,99 <sup>B</sup>
60°C (16h)*	59,4 <sup>A</sup>	1,36 <sup>D</sup>	0,82 <sup>B</sup>	22,19 <sup>B</sup>	10,45 <sup>C</sup>

Médias seguidas da mesma letra maiúscula na coluna são iguais entre si, pelo teste de Tukey (5% de significância) \*Secagem em estufa

O óleo de pequi conserva uma boa quantidade dos carotenóides presentes na polpa do fruto após o processo de extração. O teor desses pigmentos também depende da temperatura e do tempo de secagem da polpa. Sendo que, a secagem da polpa em estufa a 40 °C por 19 horas é o método que promove maior preservação dos carotenóides (AQUINO et al., 2009).

Maiores teores de carotenóides no óleo de pequi podem ser obtidos com o emprego de acetona (300,50 µg/g) e álcool etílico (298,59 µg/g) como solventes puros. Enquanto, os maiores rendimentos de óleo podem ser obtidos na extração com acetona (61,07%) e hexano (60,17%), principalmente quando associados com álcool etílico, embora o extrato obtido a partir de álcool etílico apresente maior acidez (AQUINO, 2007).

O cozimento dos frutos reduz o rendimento de extração do óleo, pelo aumento do teor de umidade da polpa, enquanto que, a secagem da polpa ao sol ou em estufa, a despeito do tempo de secagem, aumenta o poder de extração dos solventes apolares, pela redução da umidade da polpa (AQUINO et al., 2009).

## 2.4 Carotenóides provitamina A

Os carotenóides são pigmentos naturais muito difundidos na natureza, cuja coloração pode variar entre o amarelo claro, o alaranjado e o vermelho. Desta maneira, são empregados como corantes naturais ou idênticos aos naturais em alimentos, bebidas e cosméticos (BOBBIO; BOBBIO, 2001).

Todos os carotenóides são compostos hidrofóbicos, lipofílicos, insolúveis em água e solúveis em solventes como acetona, álcool e clorofórmio (AMBRÓSIO et al., 2006).

Quimicamente, os carotenóides são divididos em dois grupos: hidrocarbonetos, composto de carotenóides ( $\alpha$ ,  $\beta$  e  $\gamma$ -carotenos), e derivados oxigenados, composto de xantofilas ou oxicarotenóides (criptoxantina, luteocromo, 5, 6, 5', 6', diepóxi- $\beta$ -caroteno) (PENTEADO, 2003).

Os carotenóides são altamente estáveis quando estão na célula da planta. Assim que a célula é rompida, podem ser degradados pela ação das lipoxigenases, que catalisam a oxidação dos carotenóides (PENTEADO, 2003). Além disso, podem sofrer reações de oxidação e isomerização devido à sensibilidade a ação de fatores como luz, calor e ácidos (GODOY; RODRIGUEZ-AMAYA, 1998).

Há mais de um século, os carotenóides têm despertado interesse em estudiosos de diversas áreas. Isso se deve ao fato de que quando presentes nos alimentos, além de contribuírem com a cor, alguns carotenóides podem ser convertidos em vitamina A no organismo, desempenhando um importante papel nutricional (PENTEADO, 2003).

De acordo com Bobbio e Bobbio (2001), aproximadamente 600 carotenóides são encontrados na natureza e cerca de 50 deles podem ser convertidos em vitamina A.

Apenas os carotenóides que possuem o anel  $\beta$ -ionona ligado à cadeia poliênica terminal com um mínimo de 11 carbonos apresentam atividade pró-vitamínica A (AMBRÓSIO et al., 2006).

O  $\beta$ -caroteno é constituído de 2 anéis  $\beta$ -ionona, ligados a uma estrutura poliênica de 22 carbonos, sendo um anel em cada lado da cadeia. Por esse motivo possui a mais alta atividade e pode ser convertido à vitamina A com 100% de eficiência em comparação com outros carotenóides (CANNIATTI BRAZACA; GERMANO, 2004; BARLETA; ESTEVES; ESTEVES, 2006).

Assim que ingeridos, os carotenóides são liberados das proteínas pela ação da pepsina do estômago e pelas enzimas proteolíticas do intestino delgado. No estômago, os carotenóides livres tendem a agregar aos glóbulos de gordura e com eles entram no duodeno. Na presença de sais biliares, os glóbulos são quebrados em agregados lipídicos menores que podem ser mais facilmente digeridos pela lipase pancreática (PENTEADO, 2003).

Para serem absorvidos os carotenóides são incorporados em micelas mistas constituídas de ácidos biliares, ácidos graxos livres, monoacilgliceróis e fosfolipídeos. As micelas então se difundem na camada de glicoproteínas que fica em volta das microvilosidades e são absorvidas nas células mucosas. Nas células mucosas os carotenóides provitamina A são clivados a retinal e possivelmente, em parte, em grupo de apocarotenais com cadeias mais longas que o retinal. A enzima 15, 15' – dioxigenase- $\beta$ -caroteno catalisa a clivagem central dos carotenóides provitamina A e a conversão oxidativa de alguns  $\beta$ -apocarotenais até o retinol. Posteriormente o retinol é transportado, na forma de ésteres de retinol, por meio dos vasos linfáticos ao fígado através dos quilomícrons (AMBRÓSIO et al., 2006; CANNIATTI BRAZACA; GERMANO, 2004; PENTEADO, 2003).

A clivagem central divide o  $\beta$ -caroteno na dupla ligação central (15-15') e o produto resultante é o retinol, que pode ser convertido de forma reversível a retinol e irreversível a ácido retinóico (AMBRÓSIO et al., 2006).

Para obter 1 Equivalente de atividade de Retinol (ERA), que corresponde a 1 $\mu$ g de retinol são necessários pelo menos 12 $\mu$ g de  $\beta$ -caroteno ou 24 $\mu$ g de outros carotenóides provitamínicos de uma dieta mista em vegetais (INSTITUTE OF MEDICINE - IOM, 2001).

A ação dos carotenóides não se restringe apenas na função de precursor da vitamina A no organismo. Vários estudos também associam o seu consumo com a redução do risco de desenvolver câncer e outras doenças crônicas não transmissíveis, o que é atribuído ao seu potencial antioxidante. Tudo indica que agem no sequestro de formas altamente reativas de oxigênio e outros radicais livres, que promovem a oxidação das membranas celulares (ARAÚJO, 1999; GOMES, 2007; KRINSKY; PALOZZA, 1992). Fato que pode contribuir na prevenção do envelhecimento precoce (COSTA; VIEIRA, 2007).

Grande parte das regiões endêmicas em hipovitaminose A possuem uma gama de alimentos regionais considerados fonte de carotenóides, inclusive do  $\beta$ -caroteno, cuja ingestão excessiva não traz danos à saúde, já que, a eficiência da absorção do  $\beta$ -caroteno decresce à medida que aumenta a quantidade ingerida e a conversão em vitamina A é regulada pelas reservas do indivíduo (CANNIATTI BRAZACA; GERMANO, 2004).

De acordo com AMBRÓSIO et al. (2006), diversos são os alimentos ricos em carotenóides como abóbora, cenoura, manga, espinafre, mostarda, couve, entre outros. Entre os alimentos regionais brasileiros fontes de carotenóides destacam-se o buriti (*Mauritia vinifera*), o dendê (*Elaeis guineensis*), o tucumã (*Astrocaryum aculeatum*), a macaúba (*Acrocomia aculeata*), a pupunha (*Bactris gasipaes*) e o pequi (*Caryocar brasiliense*).

Nas populações de baixa renda, onde há maior incidência de hipovitaminose A, o aporte desta vitamina por meio da alimentação é representado basicamente por fontes de provitamina A presentes nos alimentos de origem vegetal. Portanto, em saúde pública é relevante o papel dos carotenóides com atividade pró-vitáminica A e imperativa a geração de técnicas analíticas eficazes na determinação do conteúdo desses carotenóides em alimentos (PENTEADO, 2003).

## **2.5 A deficiência de vitamina A**

Uma das maiores deficiências nutricionais na atualidade é a hipovitaminose A, caracterizada pela carência de vitamina A no organismo, que atinge de forma grave ou moderada cerca de 254 milhões de crianças menores de cinco anos, em todo o mundo (WORLD HEALTH ORGANIZATION - WHO, 1995). As consequências dessa deficiência são tão sérias que em vários países, destacando-se os africanos, considera-se a principal causa de morte infantil prematura e o maior fator de risco durante a gestação (DAVEY et al., 2006).

No Brasil, a carência de vitamina A atinge principalmente as regiões economicamente mais vulneráveis, prevalecendo em áreas do norte, nordeste e sudeste do país (CANNIATTI BRAZACA; GERMANO, 2004). Segundo uma revisão de literatura realizada por Geraldo et al. (2003) esta enfermidade é considerada um grave problema de saúde pública em várias regiões do Amazonas, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco, Bahia, Minas Gerais, São Paulo e Santa Catarina.

A vitamina A é imprescindível em diversos processos vitais, atuando na manutenção da visão, na integridade do sistema imunológico, na formação e

manutenção do tecido epitelial e das estruturas ósseas, na diferenciação e proliferação celular, na reprodução e no crescimento (RONCADA, 1998).

A deficiência de vitamina A, ao exame clínico é definida pela presença de cegueira noturna, manchas de Bitot, xerose e/ou ulcerações corneanas e cicatrizes corneanas relacionadas à xeroftalmia e atinge na maioria das vezes crianças pré-escolares, gestantes e lactantes (GERALDO et al., 2003).

O termo vitamina A refere-se a todos os retinóides com atividade biológica de vitamina A (retinol, retinal e ácido retinóico), incluindo uma ampla variedade de compostos naturais e sintéticos. O retinol é a forma encontrada somente em alimentos de origem animal, principalmente fígado, peixes, ovos, leite integral e derivados. Já nos vegetais, em especial os amarelos, alaranjados e verdes-escuros, se apresenta sob a forma de carotenóides, considerados provitaminas A (CANNIATTI BRAZACA; GERMANO, 2004).

O fígado contém 90% da vitamina A do organismo. Destes, aproximadamente 40% são prontamente utilizados, enquanto o restante permanece armazenado. No fígado, o retinol é liberado a partir do palmitato de retinol, por meio da ação de uma retinil-éster-hidrolase e, posteriormente, ou se liga à proteína de ligação ao retinol plasmática (PLR), para passar ao plasma ou é captado por uma proteína citoplasmática e levado aos sítios de estocagem, que são os adipócitos, onde são armazenados na forma de éster de retinol, por meio da ação da retinol-acil-transferase (AMBRÓSIO et al., 2006).

Ao entrar na célula o retinol se fixa a outra proteína, que o transporta ao sítio de ação. Além disso, o retinol pode ser oxidado e se transformar em ácido retinóico, que se liga a receptores nucleares específicos (AMBRÓSIO et al., 2006).

Em 2001, o Institute of Medicine (IOM) elaborou a Ingestão Dietética de Referência (Dietary Reference Intakes), que permitiu estabelecer as faixas de ingestão mínima de diversos nutrientes. Segundo este estudo, para garantir um



nível sérico adequado de vitamina A e prevenir sintomas de deficiência faz-se necessária uma ingestão de 500 a 600µg para indivíduos adultos, de 200 a 300µg para crianças, de 550µg para gestantes e de 900µg de vitamina A para lactantes.

Esforços estão sendo realizados pelo Ministério da Saúde por meio de um programa de suplementação, criado em 1994, visando o combate da hipovitaminose A em regiões endêmicas do Nordeste do país e do Vale do Jequitinhonha em Minas Gerais, com a administração de megadoses da vitamina A em crianças de 6 a 59 meses e puérperas (BRASIL, 2005).

O programa de suplementação fornece em dose única, com intervalo de 4 a 6 meses, o equivalente a 30.000µg (100.000 UI) de retinol para as crianças com idade de 6 a 11 meses e 60.000µg (200.000 UI) para crianças de 12 a 59 meses, de forma a garantir uma reserva hepática de vitamina A por cerca de 6 meses (BRASIL, 2005; MARTINS et al., 2007).

Em 2001 o programa foi ampliado para o atendimento a puérperas no pós-parto imediato, através de suplementação com cápsulas de 200.000 UI na maternidade, como estratégia para garantir a adequação das reservas corporais maternas e através do leite materno, suprir as necessidades das crianças menores de 6 meses (BRASIL, 2005).

Segundo Angelis (1999), a suplementação é uma estratégia a ser utilizada quando a população é de alto risco, até que outros programas possam ser implementados.

Apesar dos problemas provocados pela carência de vitamina A, sua ingestão excessiva pode levar a inúmeras consequências para a saúde, como cefaléia, náuseas, fadiga, sonolência, cansaço, descamação da pele, perda do apetite, perda dos cabelos e aumento da pressão craniana (CANNIATTI BRAZACA; GERMANO, 2004; FRANCO, 2002).

Madatuwa et al. (2007) ao analisarem um programa nacional de suplementação com vitamina A no Siri Lanka verificaram que doses de 100.000

IU de vitamina A mantinham os níveis séricos de retinol por 6 meses nas crianças em idade escolar, mas que o nível de retinol reduz, gradativamente, quando a suplementação ocorre por um período maior. Além disso, constataram uma prevalência muito baixa de sinais e sintomas de deficiência nas crianças, indiferentemente de terem sido suplementadas ou não. Os mesmos sugeriram que a suplementação de vitamina A deveria ser associada com outras formas de intervenções.

Entre as alternativas para o sucesso dos programas de combate à deficiência de vitamina A, destacam-se o enriquecimento de alimentos e o incentivo ao consumo de alimentos, os quais são fontes dessa vitamina, com especial atenção para os alimentos ricos em carotenóides provitamina A, tendo em vista que o Brasil apresenta uma enorme variedade de vegetais ricos em carotenóides (AMBRÓSIO et al., 2006; CAMPOS; ROSADO, 2005).

## REFERÊNCIAS

- AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. Resolução RDC n°. 270, de 22 de setembro de 2005. Aprova o regulamento técnico para óleos vegetais, gorduras vegetais e creme vegetal. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, 23 de setembro de 2005.
- ALMEIDA, S. P. **Cerrado**: aproveitamento alimentar. Planaltina: EMBRAPA-CPAC, 1998.
- ALMEIDA, S. P. et al. **Cerrado**: espécies úteis. Planaltina: EMBRAPA/CPAC, 1998. p. 106-112.
- AMBRÓSIO, C. L. B.; CAMPOS, F. A. C.; FARO, Z. P. Carotenóides como alternativa contra a hipovitaminose A. **Revista de Nutrição**, Campinas, v. 19, n. 2, p. 233-243, mar./abr. 2006.
- ANGELIS, R. C. **Fome oculta**: impacto para a população do Brasil. São Paulo: Atheneu, 1999.
- ANTONIOSI FILHO, N. R. Biodiesel: a oportunidade para Goiás praticar o desenvolvimento sustentado. **Revista UFG**, Goiânia, v. 8, n. 1, p. 30-36, jun. 2006.
- AQUINO, L. P. **Extração do óleo da polpa de pequi (*Caryocar brasiliense*): influência das variáveis operacionais**. 2007. 95 p. Dissertação (Mestrado em Ciências dos Alimentos) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2007.
- AQUINO, L. P. et al. Influência da secagem do pequi (*Caryocar brasiliense* Camb) na qualidade do óleo extraído. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 29, n. 2, p. 354-357, abr./jun. 2009.
- ARAÚJO, J. M. A. **Química de alimentos**: teoria e prática. 2. ed. Viçosa, MG: UFV, 1999.
- AZEVEDO-MELEIRO, C. H.; RODRIGUEZ-AMAYA, D. B. Confirmation of the identity of the carotenoids of tropical fruits by HPLC-DAD and HPLC – MS. **Journal of Food Composition and Analysis**, Campinas, v. 17, p. 385-396, fev. 2004.

BARLETA, V. C. N.; ESTEVES, A. C.; ESTEVES, P. C. D. Extração de  $\beta$ -caroteno por cromatografia em coluna em cenouras (*Daucus carota l.*). **Cadernos UNIFOA**, Volta Redonda, n. 1, 2006. Não paginado.

BOBBIO, P. A.; BOBBIO, F. O. **Química do processamento de alimentos**. 2. ed. São Paulo: Varela, 2001.

BRANDÃO, M.; CARVALHO, P. G. S.; JESUÉ, G. **Guia ilustrado de plantas do cerrado de Minas**. Belo Horizonte: CEMIG, 1992. 78 p.

BRASIL. Ministério da Indústria e do Comércio. Secretaria de Tecnologia Industrial. **Produção de combustíveis líquidos a partir de óleos vegetais**. Brasília, 1985. p. 163-194.

BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria nº 729, de 13 de maio de 2005. Institui o Programa Nacional de Suplementação de Vitamina A e dá outras providências. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 16 maio 2005. Disponível em: <<http://dtr2001.saude.gov.br/sas/PORTARIAS/Port2005/GM/GM-729.htm>>. Acesso em: 5 mar. 2009.

CAMPOS, F. M.; ROSADO, G. P. Novos fatores de conversão de carotenóides provitamínicos A. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 25, n. 3, p. 571-578, jul./set. 2005.

CANNIATTI BRAZACA, S. G.; GERMANO, R. M. A. Vitamina A: importância na nutrição humana. **Nutrire**, São Paulo, v. 27, p. 55-68, jun. 2004.

CARNEIRO, P. B.; REDA, S. Y. Óleos e gorduras: aplicações e implicações. **Revista Analytica**, São Paulo, n. 27, p. 60-67, fev./mar. 2007.

CARVALHO, I. S. H.; SAWYER, D. R. Potenciais e limitações do uso da biodiversidade do cerrado: um estudo de caso da Cooperativa Grande Sertão no Norte de Minas. **Revista Brasileira de Agroecologia**, Cruz Alta, v. 2, p. 1449-1452, out. 2007.

COSTA, T. S.A.; VIEIRA, R. F. **Frutas nativas do cerrado**: qualidade nutricional e sabor peculiar. Brasília: EMBRAPA Recursos Genéticos e Biotecnologia, 2007. Disponível em: <<http://www.cenargen.embrapa.br/cenargenda/pdf/nativacerrado.pdf>>. Acesso em: 20 jun. 2009.

CORREIA, J. R. Solos, paisagens e conservação da biodiversidade do cerrado. In: WORKSHOP DE PLANTAS MEDICINAIS DO CERRADO: PLANTAS MEDICINAIS DO CERRADO: PERSPECTIVAS COMUNITÁRIAS PARA A SAÚDE, O MEIO AMBIENTE E O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL, 1., 1998, Mineiros. **Anais...** Mineiros: Fundação Integrada Municipal de Ensino Superior/Projeto Centro Comunitário de Plantas Mediciniais, 1999.

DAVEY, M. W.; KEULEMANS, J.; SWENNEN, R. Methods for the efficient quantification of fruit provitamin A contents. **Journal of Chromatography**, Belgium, v. 1136, p. 176-184, 2006.

FACIOLI, N. L.; GONÇALVES, L. A. G. Modificação por via enzimática da composição triglicéridica do óleo de piqui (*Caryocar brasiliense* Camb.). **Química Nova**, São Paulo, v. 21, n. 1, p. 16-19, 1998.

FARIA, L. A. et al. Estudos preliminares sobre a composição físico-química de óleos do cerrado mineiro produzidos artesanalmente. In: ENCONTRO NACIONAL DE ANALISTAS DE ALIMENTOS, 16.; CONGRESSO LATINO AMERICANO DE ANALISTAS DE ALIMENTOS, 2., 2009, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: Sociedade Brasileira de Analistas de Alimentos, 2009.

FETT, R.; MORETTO, E. **Tecnologia de óleos e gorduras vegetais na indústria de alimentos**. São Paulo: Varela, 1998.

FRANCO, G. **Tabela de composição química dos alimentos**. 9. ed. São Paulo: Atheneu, 2002.

GARCIA, C. C. et al. Thermal stability studies of some cerrado plant oils. **Journal of Thermal Analysis and Calorimetry**, Dordrecht, v. 87, n. 3, p. 645-648, 2007.

GERALDO, R. R. C. et al. Distribuição da hipovitaminose A no Brasil nas últimas quatro décadas: ingestão alimentar, sinais clínicos e dados bioquímicos **Revista de Nutrição**, Campinas, v. 16, n. 4, p. 443-460, 2003.

GODOY, H. T.; RODRIGUEZ-AMAYA, D. B. Carotenoid composition of Brazilian nectarine (*Prunus pérsica*). **Revista do Instituto Adolfo Lutz**, Rio de Janeiro, v. 1, n. 57, p. 73-79, 1998.

GOMES, F. S. Carotenóides: uma possível proteção contra o desenvolvimento de câncer. **Revista de Nutrição**, Campinas, v. 20, n. 5, p. 537-548, set./out. 2007.

HARRI, L. **Árvores brasileiras**: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas de Brasil. 4. ed. São Paulo: Instituto Plantarum, 2002. v. 1.

INSTITUTE OF MEDICINE. **Food and nutrition board**: evaluation of dietary deference intakes for, vitamin A, vitamin E, cromium, copper, iodine, iron, manganese, molybdenium, nickel, silicon, vanadium and zinc. Washington, National Academy, 2001.

KRINSKY, N. I.; PALOZZA, P. Antioxidant effects of carotenoids *in vivo* and *in vitro*: an overview. In: CHERESH, D. A. **Methods in enzymology**. New York : Academic, 1992. p. 403-420.

LIMA, A. Ouro do cerrado: processamento agroindustrial da polpa de pequi garante renda a agricultores na entressafra. **Revista Minas Faz Ciência**, Belo Horizonte, n. 27, p. 38-41, set./dez. 2006.

LIMA, A. et al. Composição química e compostos bioativos presentes na polpa e na amêndoa do pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.). **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 29, n. 3, p. 695-698, dez. 2007.

MACEDO, A. L. et al. Aproveitamento do farelo de pequi, no contexto do biodiesel, para produção de bioetanol. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE BIOPROCESSOS, 17., 2009, Natal. **Anais...** Natal: SINFERM, 2009.

MADATUWA, T. M. J. C. et al. Evaluation of the effectiveness of the national vitamin A supplementation programme among school children in Sri Lanka. **British Journal of Nutrition**, London, v. 97, p. 153-159, 2007.

MARTINS, M. C. et al. Avaliação de políticas públicas de segurança alimentar e combate à fome no período 1995-2002. Programa Nacional de Controle da Deficiência de Vitamina A. **Caderno de Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v. 23, n. 9, p. 2081-2093, 2007.

OLIVEIRA, M. N. S. et al. Estádio de maturação dos frutos e fatores relacionados aos aspectos nutritivos e de textura da polpa de pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.). **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 28, n. 3, p. 380-386, dez. 2006.

PASSOS, T. S. **Qualidade microbiológica de conservas de pequi**. 2004. 60 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Alimentos) - Universidade Católica de Goiás, Goiânia, 2004.

PENTEADO, M. V. C. **Vitaminas**: aspectos nutricionais bioquímicos, clínicos e analíticos. Barueri: Manole, 2003.

POZO, O. V. C. **O pequi (*Caryocar brasiliense*): uma alternativa para o desenvolvimento sustentável do cerrado no Norte de Minas Gerais**. 1997. 100 p. Dissertação (Mestrado em Administração Rural) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 1997.

RAMOS, M. I. L. et al. Efeito do cozimento convencional sobre os carotenóides próvitamínicos "A" da polpa do piqui (*Caryocar brasiliense* Camb). **B. CEPPA**, Curitiba, v. 19, n. 1, p. 23-32, jan./jun. 2001.

REIS, G. C. L.; SALES, A. H.; ZURLO, M. A. **Horto medicinal do cerrado**. 2. ed. rev. e ampl. Brasília: Jardim Botânico, 1997.

RIBEIRO, M. C. et al. Uso de miniprensa na extração do óleo de pequi e análise da composição centesimal da torta. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PLANTAS OLEAGINOSAS, ÓLEOS, GORDURAS E BIODIESEL, 5., 2008, Lavras. **Anais...** Lavras: UFLA, 2008.

RODRIGUES, L. J. et al. Caracterização físico-química da amêndoa e polpa do pequi (*Caryocar brasiliense* Camb) produzidos nas regiões Norte e Sul de Minas Gerais. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 18., 2004, Florianópolis. **Anais...** Jaboticabal: Sociedade Brasileira de Fruticultura, 2004.

RONCADA, M. J. Vitaminas lipossolúveis. In: OLIVEIRA, L. E. D.; MARCHINI, J. S. **Ciências nutricionais**. São Paulo: Savier, 1998. p. 167-177.

SALES, M. J. A.; SCHLEMMER, D. Thermoplastic starch films with vegetable oils of brazilian cerrado. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON TIMES OF POLYMERS (TOP) AND COMPOSITES, 4., 2008, Ischia. **Anais...** Ischia: American Institute of Physics, 2008.

SEGALL, S. D. et al. Triacylglycerol analysis of pequi (*Caryocar brasiliensis* Camb.) oil electrospray and a tandem mass spectrometry. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, Oxford, v. 86, p. 445-452, 2006.

SILVA, D. B. et al. **Frutas do cerrado**. Brasília: EMBRAPA, 2001.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Global prevalence of vitamin A deficiency**: micronutrient deficiency information. Geneva, 1995. (System Working Paper, 2).



## **CAPÍTULO 2**

### **INFLUÊNCIA DO MÉTODO DE EXTRAÇÃO SOBRE AS PROPRIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS E O TEOR DE CAROTENÓIDES DO ÓLEO DE PEQUI**

## 1 INTRODUÇÃO

Os óleos vegetais representam um dos principais produtos extraídos de plantas, utilizados atualmente na alimentação (CARNEIRO; REDA, 2007). No Brasil, devido à grande biodiversidade de oleaginosas, várias pesquisas estão sendo desenvolvidas com o objetivo de analisar as características desses óleos.

Entre os óleos vegetais encontramos um óleo que é extraído da polpa do pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.), fruto encontrado na região do Cerrado brasileiro, utilizado no preparo de pratos que levam arroz, carne moída e frango, bem como na fabricação de doces, conservas e licores (LIMA, 2006; POZO, 1997).

Tanto o pequi quanto o óleo de pequi são produtos de grande importância na geração de emprego e renda, principalmente nos estados do centro oeste e o sudeste do país (CARVALHO; SAWYER, 2007).

Na medicina popular, o óleo de pequi é considerado um tonificante e pode ser utilizado no tratamento de bronquites, gripes, resfriados e manifestações relacionadas à deficiência de vitamina A (BRANDÃO et al., 2002; RIBEIRO, 1996).

Mais recentemente, estudos apontam um grande potencial do óleo da polpa do pequi na fabricação de cosméticos (PIANOUVSKI et al., 2008). Além disso, devido ao baixo teor de ácidos graxos polinsaturados e alta concentração de ácido monoinsaturado, este óleo pode ser usado em processos que envolvem fritura e cocção (LOLOS et al., 1999; SEGALL et al., 2006).

Assim como o fruto, o óleo de pequi é composto, predominantemente, de ácido oléico e palmítico (FASCIOLI; GARCIA et al., GONÇALVES, 1998; 2007; SEGALL et al., 2006). Além disso, ele possui em menores quantidades os ácidos esteárico, linoléico e palmitoléico (AQUINO, 2007; FASCIOLI; GONÇALVES, 1998).

Óleos ricos em ácidos graxos saturados com mais de 10 átomos de carbono, como o ácido palmítico, e com menores teores de ácido linoléico são mais estáveis ao processo degradativo da rancidez auto-oxidativa (FETT, MORETTO, 1998).

Entre os triacilgliceróis presentes no óleo de pequi são encontrados, em sua maioria, o trioleoil glicerol, o palmitoil dioleoil glicerol e o dipalmitoil oleoil glicerol (SEGALL et al., 2006).

Várias pesquisas apontam a polpa do pequi como fonte de carotenóides, de acordo com Azevedo-Meleiro; Rodriguez-Amaya (2004), Lima et al. (2007), Oliveira et al. (2006), Ramos et al. (2001) e dependendo do processo de extração, elevados teores de carotenóides também podem ser encontrados no óleo de pequi (AQUINO et al., 2009).

O método de extração pode provocar alterações nas propriedades físico-químicas dos óleos, segundo Carneiro e Reda (2007), alterações estas que podem tornar o óleo impróprio para o consumo humano, de acordo com os padrões de identidade e qualidade dos óleos (AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA - ANVISA, 2005). Altas temperaturas, longo tempo de exposição a tratamentos térmicos, irradiações e alta concentração de oxigênio, levam à oxidação lipídica e afetam as propriedades físico-químicas dos óleos (RAMESH et al., 1995).

Devido à importância econômica e nutricional do óleo de pequi, estudos estão sendo desenvolvidos para obter melhores rendimentos na extração do óleo e conservação de suas propriedades físico-químicas (AQUINO, 2007).

Diante disso, o presente estudo teve os objetivos de determinar as propriedades físico-químicas, o teor de carotenóides totais, em especial de  $\beta$ -caroteno, do óleo de pequi extraído por diferentes métodos, bem como analisar as alterações nestes parâmetros em função do tempo de armazenamento.

## **2 MATERIAL E MÉTODOS**

Os pequis utilizados no experimento foram adquiridos maduros em feira livre na cidade de Diamantina/MG durante o mês de janeiro de 2009 e posteriormente foram selecionados quanto ao tamanho, uniformidade e ausência de podridões. Após a seleção, eles foram lavados, submersos em solução de hipoclorito de sódio a 50 ppm por 15 minutos e armazenados em freezer a -18 °C até o momento da extração.

Praticamente todo o experimento foi conduzido no Laboratório de Biomassas e Frutos do Cerrado da Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri (UFVJM). As exceções foram: à análise da coloração, que foi realizada no Laboratório de Pós-Colheita de Frutas e Hortaliças do Departamento de Ciência dos Alimentos da Universidade Federal de Lavras (UFLA) e a determinação do teor de  $\beta$ -caroteno, que ocorreu no Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA).

### **2.1 Extração do óleo de pequi**

O óleo de pequi foi extraído por três métodos distintos: solventes, extração mecânica e cozimento dos frutos.

Para se extrair o óleo a partir de solventes, os frutos foram despulpados com o uso de uma faca e a polpa foi seca em estufa a 60°C por 24 horas. O material seco foi triturado em multiprocessador METVISA modelo LQ-6 até a obtenção de uma farinha. Esta farinha foi colocada em dois balões de fundo chato, um com 1 litro de acetona e o outro com 1 litro de éter etílico. Os balões foram envolvidos com papel alumínio e deixados ao ambiente por cerca de 4 horas. O material então foi filtrado, em papel filtro Whatman e levado para

recuperação dos solventes em aparelho Soxhlet a 60°C. O método descrito foi adaptado (AQUINO, 2007).

A extração mecânica foi baseada na metodologia descrita por Ribeiro et al. (2008), na qual os frutos foram cortados para retirada das amêndoas. Logo após, foram levados para secar em estufa a 60°C, por um período de 24 horas. Em seguida, foram colocados em uma prensa expeller da marca WEQ<sup>®</sup>, com capacidade de 90L. O extrato obtido foi primeiramente filtrado em peneira fina ao ambiente (28°C) e depois em papel filtro Whatman dentro de uma estufa ventilada (60°C).

O método de extração por cozimento trata-se de uma antiga prática artesanal de se obter o óleo de pequi (POZO, 1997). Neste método, os pequis (putâmen) foram colocados em um recipiente com água e submetidos ao cozimento, por cerca de 40 minutos. Após este processo, os frutos foram separados da água e despulpados com auxílio de uma colher. Uma vez fria, a polpa foi levada para novo cozimento em água. Ao passo que o óleo começou a surgir na superfície da água, este foi retirado com o auxílio de uma colher, colocado em um recipiente e aquecido até a evaporação total da água ainda presente.

Ao final de cada extração o rendimento foi calculado (massa em gramas de óleo x 100/peso em gramas de matéria seca) e o óleo foi mantido a temperatura ambiente, em frasco escuro, tampado e protegido da luz.

## **2.2 Análises físico-químicas**

A umidade da polpa dos frutos foi determinada conforme as normas da Association of the Official Analytical Chemists - AOAC (1990). Para caracterização das propriedades físico-químicas do óleo de pequi foram realizadas as análises da acidez titulável (AT), segundo o método do Instituto

Adolfo Lutz - IAL (2008) e dos índices de peróxido (IP), saponificação (IS) e iodo (II) de acordo com o método da American Oil Chemists' Society - AOCS (1990).

### **2.3 Análise do teor de carotenóides**

Para determinação do teor de carotenóides totais do óleo de pequi utilizou-se um espectrofotômetro SP-22 da marca Biospectro<sup>®</sup>. A leitura das amostras foi realizada no espectro visível a 450 nm utilizando hexano, como solvente. Os cálculos do teor de carotenóides foram realizados de acordo com Higby (1962) utilizando-se a seguinte fórmula:  $\text{absorbância} \times 100 / 250 \times 1 \times [\text{peso da amostra(g)} \times 0,01]$ .

A determinação do  $\beta$ -caroteno foi realizada por cromatografia de coluna aberta conforme metodologia descrita (RODRIGUEZ-AMAYA, 1989). Para esta análise, as amostras passaram por saponificação com KOH a 10% e separação em coluna de vidro empacotada a seco (2 cm de diâmetro x 30cm de altura), com uma mistura de Hyflosupercel e MgO (2:1). Foram utilizadas placas de 20x20 cm e 0,25 cm de espessura de sílica gel 60g e uma fase móvel com solução de 3% de metanol em benzeno.

Os valores dos coeficientes de extinção para o cálculo do teor de  $\beta$ -caroteno seguiram aqueles citados na tabela (DAVIES, 1976).

Todas as etapas, desde a obtenção da amostra até a identificação e quantificação do  $\beta$ -caroteno foram realizadas ao abrigo da luz.

### **2.4 Avaliação da cor**

A aferição da cor do óleo de pequi ocorreu em três pontos distintos de um frasco de vidro transparente que continha o óleo. Foram determinadas as

coordenadas no modo CIE L a\*b\*, utilizando o Colorímetro Minolta® CR - 400. A coordenada L indica a coloração que vai do claro (100) ao escuro (0); a coordenada a\* assume valores de -80 a +100, em que os extremos correspondem ao verde e ao vermelho, respectivamente, e a coordenada b\* assume valores que podem variar de -50 (azul) a +70 (amarelo).

## **2.5 Delineamento experimental**

As análises das propriedades físico-químicas, dos carotenóides totais e do teor de  $\beta$ -caroteno contaram com 4 tratamentos ou métodos de extrações (cocção, mecânica, éter etílico e acetona), 3 repetições e 3 tempos (0, 90 e 180 dias de armazenamento). Apenas a análise da coloração não seguiu este delineamento, já que foram realizadas com 10 repetições e 2 tempos (0 e 180 dias de armazenamento).

As médias dos diferentes tratamentos aplicados foram comparadas pela análise de variância (ANOVA) ao nível de significância de 5%, exceto para a análise da cor e carotenóides. Para as variáveis nas quais foram detectadas diferenças significativas foi utilizado o teste de Tukey ( $p < 0,05$ ).

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A polpa do pequi apresentou teor de umidade de 54,60%. Resultado semelhante aos de Vera et al. (2007) e Aquino (2007), que identificaram 48,13% e 51,71% de umidade nas polpas dos frutos provenientes do estado de Goiás e Minas Gerais, respectivamente. Segundo estes autores, a variação no teor de umidade na polpa do pequi pode estar relacionada a fatores climáticos e às diferentes variedades destes frutos encontradas em cada região.

Conforme os dados observados na Tabela 1, os maiores rendimentos na extração do óleo de pequi foram obtidos com o uso dos solventes: acetona (60,53%) e éter etílico (58,47%). Por outro lado, o método de cocção promoveu o menor rendimento de extração do óleo de pequi (19,37%), mostrando que este método não remove a maior parte do óleo presente na polpa.

Tabela 1 Teor de óleo de pequi extraído por diferentes métodos

<b>Método de extração</b>	<b>Teor de óleo (%)</b>
Éter etílico	58,47
Acetona	60,53
Mecânica	22,41
Cocção	19,37

De acordo com Aquino et al. (2009), quanto menor a umidade da polpa do pequi, maior o poder de extração dos solventes apolares. Este autor também demonstrou que o cozimento dos frutos reduz o rendimento do óleo de pequi devido ao aumento do teor de umidade da polpa.



O resultado obtido na extração com acetona foi próximo ao de Aquino (2007), que encontrou 61,07% usando o mesmo solvente.

O rendimento encontrado na extração do óleo de pequi, com uso de solventes foi superior aos rendimentos encontrados nos estudos de Segall et al. (2006), que obtiveram 48,73% de óleo na polpa do pequi extraído com hexano e Garcia et al. (2007), que avaliaram os teores de óleos dos frutos do Cerrado amburana (21,5%), baru (37,6%) e pequi (51,9%), também extraídos com hexano.

A extração mecânica não gerou um alto rendimento de óleo, provavelmente, por ter resíduo de óleo retido na torta. Apesar disso, tal rendimento é similar aos observados na extração mecânica dos óleos de soja e de algodão (18 a 20%) (TURATTI, 2000).

Conforme Tabela 2, o método de extração do óleo de pequi que utilizou a prensa mecânica foi o que resultou em maior valor de acidez titulável ( $3,88 \text{ NaOH.g}^{-1}$ ), por outro lado o método de cocção foi o que apresentou o menor valor neste parâmetro ( $1,03 \text{ NaOH.g}^{-1}$ ), indicando que o óleo obtido no primeiro método possui maiores teores de ácidos graxos livres resultantes das reações de hidrólise dos triacilgliceróis.

O índice de peróxido também foi maior no óleo obtido mecanicamente ( $1,07 \text{ meq.kg}^{-1}$ ), demonstrando uma maior vulnerabilidade deste à oxidação lipídica durante o processo de extração.

Não foram encontradas diferenças significativas nos índices de saponificação dos óleos resultantes das diferentes extrações. Este resultado sugere uma quantidade semelhante de ácidos graxos de baixo peso molecular nos óleos.

O índice de iodo do óleo de pequi, também não diferiu entre os óleos analisados, sinal que todos eles apresentam uma quantidade praticamente igual de insaturações nas cadeias dos ácidos graxos.

Tabela 2 Resultados encontrados nas análises físico-químicas do óleo de pequi obtido por diferentes métodos logo após a extração.

Método de extração	Parâmetros físico-químicos			
	A.T. (mg de NaOH.g <sup>-1</sup> )	I.P. (meq.kg <sup>-1</sup> )	I.S. (mg de KOH.g <sup>-1</sup> )	I.I. (%)
Éter Etilico	2,31 <sup>C</sup>	0,75 <sup>A</sup>	218,66 <sup>A</sup>	55,18 <sup>A</sup>
Acetona	1,93 <sup>B</sup>	0,72 <sup>A</sup>	217,31 <sup>A</sup>	58,55 <sup>A</sup>
Mecânica	3,88 <sup>D</sup>	1,07 <sup>B</sup>	225,09 <sup>A</sup>	51,35 <sup>A</sup>
Cocção	1,03 <sup>A</sup>	0,76 <sup>A</sup>	214,36 <sup>A</sup>	55,91 <sup>A</sup>

A.T. = Acidez Titulável; I.P. Índice de Peróxido; I.S. Índice de Saponificação; I.I.=Índice de Iodo. Médias seguidas da mesma letra maiúscula nas colunas não apresentam diferenças significativas pelo teste de Tukey (p < 0,05)

Os valores dos parâmetros das variáveis físico-químicas do óleo de pequi extraído com acetona, podem ser comparados com os do estudo de Aquino (2007), que encontrou com o uso do mesmo solvente, 1,75 mg NaOH/g de acidez titulável, 197,2 mg de KOH/g de índice de saponificação e 50,15% de índice de iodo.

Em relação ao método de cocção, os achados nas análises de acidez e índice de peróxido foram diferentes aos de Facioli e Gonçalves (1998), que encontraram acidez de 0,27% em ácido oléico (equivalente a 0,537 mg de NaOH.g<sup>-1</sup>) e índice de peróxido de 1,38 meq.kg<sup>-1</sup> na análise do óleo de pequi. Contudo, foram próximos no que diz respeito ao índice de iodo e ao índice de saponificação, 50% e 200 mg de KOH.g<sup>-1</sup>, respectivamente.

Analisando a Tabela 3, a acidez do óleo de pequi aumentou ao longo do período de armazenamento para todos os óleos, mas significativamente apenas para os óleos originados da extração mecânica e da cocção, possivelmente, devido à ocorrência de reações de hidrólise dos triacilgliceróis durante o armazenamento.

Tabela 3 Valores encontrados na análise da acidez titulável do óleo de pequi extraído por diferentes métodos e armazenado por 180 dias.

Parâmetro	Método de Extração	Tempo de armazenamento		
		0 Dias	90 Dias	180 Dias
Acidez titulável (mg de NaOH.g <sup>-1</sup> )	Éter Etílico	2,310 <sup>aC</sup>	2,245 <sup>aC</sup>	2,497 <sup>aB</sup>
	Acetona	1,930 <sup>aB</sup>	1,968 <sup>aB</sup>	2,201 <sup>aAB</sup>
	Mecânica	3,880 <sup>aD</sup>	3,844 <sup>aD</sup>	4,319 <sup>bC</sup>
	Cocção	1,030 <sup>aA</sup>	1,217 <sup>aA</sup>	2,081 <sup>Ba</sup>

Médias seguidas da mesma letra minúscula nas linhas e maiúsculas nas colunas não apresentam diferença significativa pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ )

O alto teor de acidez do óleo obtido pelo método mecânico indica que houve maior decomposição do óleo. Segundo Ramesh (1995), Carneiro e Reda (2007), tal decomposição pode ocorrer por meio de reações de oxidação e hidrólise dos ácidos graxos. Fato que provavelmente ocorreu pela alta temperatura gerada no momento da extração do óleo. Vale ressaltar que, valores de acidez acima 4,0 mg KOH.g<sup>-1</sup> tornam o óleo inapropriado para o consumo humano (ANVISA, 2005).

Uma forma de reduzir essa decomposição do óleo de pequi seria pela neutralização, que faz parte do processo de refino de óleos vegetais (FETT; MORETTO, 1998).

A extração mecânica também foi o método que resultou em maior índice de peróxido (Tabela 4). Apesar disso, os valores são aceitáveis para o consumo humano, segundo o critério da ANVISA (2005), que estabelece o limite máximo de 15 meq kg<sup>-1</sup> para óleos vegetais.

Tabela 4 Valores encontrados na análise do índice de peróxido do óleo de pequi extraído por diferentes métodos e armazenado por 180 dias.

Parâmetro	Método de Extração	Tempo de armazenamento		
		0 Dias	90 Dias	180 Dias
Índice de peróxido (meq.kg <sup>-1</sup> )	Éter Etílico	0,752 <sup>aA</sup>	0,754 <sup>aA</sup>	0,938 <sup>bA</sup>
	Acetona	0,725 <sup>aA</sup>	0,706 <sup>aA</sup>	0,884 <sup>aA</sup>
	Mecânica	1,070 <sup>aB</sup>	2,078 <sup>aB</sup>	2,877 <sup>aB</sup>
	Cocção	0,760 <sup>aA</sup>	0,938 <sup>aA</sup>	1,024 <sup>aA</sup>

Médias seguidas da mesma letra minúscula nas linhas e maiúsculas nas colunas não apresentam diferença significativa pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ )

De acordo com Gonçalves e Lima (1994) e Ramesh (1995), a elevação do índice de peróxido demonstra o aumento das reações de oxidação térmica e lipídica, formando hidroperóxidos, que podem comprometer o aroma, a cor e o sabor dos óleos, culminando no processo de rancificação do óleo.

A acidez e o índice de peróxidos são os principais parâmetros que refletem a qualidade de um óleo. As alterações nesses parâmetros verificadas no óleo de pequi podem ter sido ocasionadas não só pelo método de extração, mas pela elevada quantidade de ácidos graxos de cadeia curta, presentes no óleo de pequi, que segundo Garcia et al. (2007), conferem menor estabilidade ao óleo.

Dos óleos analisados, apenas o obtido na extração mecânica sofreu alterações no índice de saponificação durante o período de armazenamento (Tabela 5). De acordo com Fett e Moretto (1998), este índice corresponde à quantidade de hidróxido de sódio necessária para saponificar os ácidos graxos, resultantes da hidrólise de um grama da amostra. Assim, o resultado demonstra que após 90 dias de armazenamento o óleo obtido na extração mecânica sofreu redução no tamanho das cadeias de seus ácidos graxos.

Tabela 5 Valores encontrados na análise do índice de saponificação do óleo de pequi extraído por diferentes métodos e armazenado por 180 dias.

Parâmetro	Método de Extração	Tempo de armazenamento		
		0 Dias	90 Dias	180 Dias
Índice de saponificação (mg KOH.g <sup>-1</sup> )	Éter Etilico	218,66 <sup>aA</sup>	223,50 <sup>aBC</sup>	212,40 <sup>aAB</sup>
	Acetona	217,31 <sup>aA</sup>	214,15 <sup>aAB</sup>	214,14 <sup>aAB</sup>
	Mecânica	225,09 <sup>bA</sup>	227,44 <sup>bC</sup>	217,30 <sup>aB</sup>
	Cocção	214,36 <sup>aA</sup>	205,42 <sup>aA</sup>	205,64 <sup>aA</sup>

Médias seguidas da mesma letra minúscula nas linhas e maiúsculas nas colunas não apresentam diferença significativa pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ )

A queda do índice de saponificação, o aumento nos teores de acidez titulável e índice de peróxido do óleo de pequi obtido pela extração mecânica indicam a ocorrência de reações de hidrólise dos ácidos graxos durante o armazenamento.

Os valores de índice de iodo dos óleos de pequi obtidos com éter etílico, acetona, prensa mecânica e cocção não sofreram alterações significativas durante o período de armazenamento. Como o índice de iodo relaciona-se com a quantidade de duplas ligações presentes na amostra de Gonçalves e Lima (1994), não ocorreram alterações no número de insaturações dos ácidos graxos do óleo de pequi com 180 dias de armazenamento.

Houve redução nos valores de L, a\* e b\* na avaliação da cor do óleo de pequi ao longo do armazenamento, a despeito do método de extração (Tabela 6). Tal redução sugere que houve escurecimento do óleo, bem como perda da intensidade da coloração avermelhada do mesmo.

Tabela 6 Valores de cromaticidade (coeficiente de claridade L e coordenadas a\* e b\*) aferidos ao longo do armazenamento do óleo de pequi extraído por diferentes métodos.

Método de extração	Valores de cromaticidade (tempo de armazenamento/dias)					
	L (0)	L (180)	a* (0)	a* (180)	b* (0)	b* (180)
Éter Etilico	51,8 <sup>ba</sup>	46,0 <sup>aa</sup>	10,9 <sup>bb</sup>	8,9 <sup>ab</sup>	38,6 <sup>ba</sup>	20,9 <sup>aa</sup>
Acetona	55,5 <sup>ba</sup>	47,1 <sup>aa</sup>	10,3 <sup>bb</sup>	9,1 <sup>ab</sup>	43,5 <sup>bb</sup>	23,2 <sup>ab</sup>
Mecânica	53,7 <sup>ba</sup>	44,4 <sup>aa</sup>	8,9 <sup>ba</sup>	7,3 <sup>aa</sup>	42,4 <sup>bb</sup>	20,0 <sup>aa</sup>
Cocção	53,6 <sup>ba</sup>	46,9 <sup>aa</sup>	14,1 <sup>bc</sup>	10,7 <sup>ab</sup>	35,4 <sup>ba</sup>	21,6 <sup>aa</sup>

L = valores de 0 (preto) a 100 (branco); a\* = valores de -80 (verde) a +100 (vermelho); b\* = valores de -50 (azul) a +70 (amarelo). Médias seguidas da mesma letra minúscula nas linhas e maiúsculas nas colunas não apresentam diferença significativa pelo teste de Tukey (p<0,05)

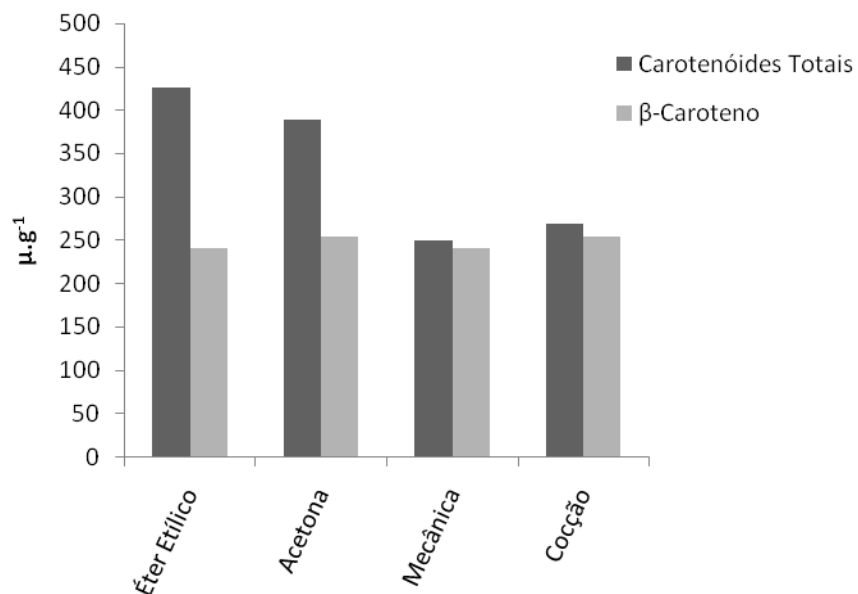


Figura 1 Resultados encontrados nas análises de carotenóides total e de  $\beta$ -caroteno do óleo de pequi extraído por diferentes métodos

O escurecimento do óleo de pequi pode estar relacionado com o grau de decomposição dos ácidos graxos e degradação dos carotenóides ao longo do armazenamento. De acordo com Carneiro e Reda (2007), essa decomposição dos ácidos graxos pode ocorrer por processos de hidrólise, oxidação e polimerização. Já a degradação dos carotenóides, por meio de processos de oxidação ou ação de enzimas, como as lipoxigenases, que catalisam significativamente a oxidação dos carotenóides e liberação de ácidos graxos promovendo isomerizações (AMAYA-FARFAN; KIMURA; RODRIGUEZ-AMAYA, 2008; GODOY; RODRIGUEZ-AMAYA et al., 1998).

Conforme observado na Figura 1, o óleo de pequi possui elevado teor de carotenóides, sendo fonte predominante de  $\beta$ -caroteno. Destaca-se nesta figura que, as extrações que utilizam solventes promovem maior preservação dos

carotenóides totais do óleo de pequi. Entretanto o teor de  $\beta$ -caroteno encontrado foi muito semelhante ao obtido por cocção e por prensa elétrica.

Os maiores teores de carotenóides totais obtidos nos óleos extraídos com solventes, ao que tudo indica, estão relacionados com a exposição do óleo a menores temperaturas durante o processo de extração em relação aos outros métodos. De acordo com Godoy e Rodriguez-Amaya (1998), a temperatura elevada é um dos fatores que contribui para a degradação dos carotenóides presentes nos alimentos.

Os teores de carotenóides dos óleos extraídos, com uso de solventes neste estudo foram superiores aos encontrados por Aquino (2007), que extraiu óleo de pequi com acetona ( $300,5 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ ), hexano ( $246,70 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ ) e álcool etílico ( $296,10 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ ).

O teor de carotenóides do óleo de pequi, independente do método de extração, foi superior aos encontrados na polpa do fruto nos estudos de Lima et al. (2007), que encontraram  $7,25 \text{ mg } 100\cdot\text{g}^{-1}$  (equivalente a  $72,5 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ ) de carotenóides e aos de Ramos et al. (2001), que encontraram teores de  $231,09 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$  e  $154,06 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$  de carotenóides, na polpa crua e cozida, respectivamente. Este achado demonstra que o óleo de pequi, assim como o fruto, apresenta-se como uma excelente fonte de carotenóides.

O  $\beta$ -caroteno mostrou ser o principal carotenóide presente no óleo de pequi, chegando a representar mais de 50% do total de carotenóides no óleo obtido, com uso de solventes e mais de 90% no óleo extraído por cocção e por prensa elétrica. Este último achado condiz com os resultados de Oliveira et al. (2006), no qual o  $\beta$ -caroteno também representa 90% do teor de carotenóides totais presentes na polpa do fruto.

Os resultados deste estudo podem ser correlacionados com os estudos de Ramos et al. (2001), que demonstram o  $\beta$ -caroteno como um dos principais carotenóides da polpa do pequi crua ( $9,35\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ ) e cozida ( $12,17\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ ).



Entretanto, contrariam os estudos de Azevedo-Meleiro e Rodriguez Amaya (2004), que apontam como principais carotenóides da polpa do pequi a violaxantina, a luteína e a zeaxantina. Demonstrando a necessidade de novas pesquisas sobre a identidade e quantidade dos carotenóides presentes no óleo e na polpa deste fruto.

Ressalta-se que, quando comparado às análises de Amaya-Farfan, Kimura e Rodriguez-Amaya (2008), o óleo de pequi possui uma quantidade de  $\beta$ -caroteno superior a manga (*Mangifera indica*) ( $180 \mu\text{g.g}^{-1}$ ), próxima a pupunha (*Bactris gasipaes*) ( $264 \mu\text{g.g}^{-1}$ ). Por outro lado, inferior a acerola (*Malpighia glabra*) ( $312 \mu\text{g.g}^{-1}$ ) e a cenoura crua (*Daucus carota*) ( $408 \mu\text{g.g}^{-1}$ ).

Observando os resultados das Tabelas 7 e 8, com exceção dos teores de carotenóides totais do óleo obtido por cocção, todos os óleos apresentaram quedas nos teores de carotenóides totais e de  $\beta$ -caroteno ao longo do armazenamento. O que indica que os carotenóides do óleo extraído por cocção demonstram maior estabilidade em 180 dias de armazenamento à temperatura ambiente. Embora, o óleo extraído com solventes manteve a estabilidade dos carotenóides entre 90 e 180 dias de armazenamento.

Tabela 7 Valores encontrados na análise de carotenóides totais do óleo de pequi extraído por diferentes métodos e armazenado por 180 dias.

Parâmetro	Método de Extração	Tempo de armazenamento		
		0 dias	90 dias	180 dias
Carotenóides totais ( $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ )	Éter Etilico	426,6 <sup>bC</sup>	267,8 <sup>aB</sup>	266,3 <sup>aB</sup>
	Acetona	389,5 <sup>bBC</sup>	277,3 <sup>aB</sup>	245,0 <sup>aB</sup>
	Mecânica	249,6 <sup>cA</sup>	170,0 <sup>bA</sup>	80,0 <sup>aA</sup>
	Cocção	268,7 <sup>aA</sup>	250,4 <sup>aB</sup>	222,4 <sup>aB</sup>

Médias seguidas da mesma letra minúscula nas linhas e maiúsculas nas colunas não apresentam diferença significativa pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ )

Tabela 8 Valores encontrados na análise de  $\beta$ -caroteno do óleo de pequi extraído por diferentes métodos e armazenado por 180 dias.

Parâmetro	Método de Extração	Tempo de armazenamento		
		0 dias	90 dias	180 dias
$\beta$ -caroteno ( $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ )	Éter Etilico	240,2	177,8	Nd
	Acetona	254,1	Nd	90,6
	Mecânica	240,2	228,4	47,2
	Cocção	254,7	218,7	115,2

Nd = Não determinado

O óleo de pequi oriundo da extração mecânica foi o que apresentou maior queda dos teores de carotenóides e de  $\beta$ -caroteno ao longo dos 180 dias de armazenamento, provavelmente em função da maior degradação do óleo durante a extração. Segundo Amaya-Farfan, Kimura e Rodriguez-Amaya (2008), o corte e a trituração dos alimentos promovem a liberação de enzimas que catalisam a oxidação, bem como aumentam a exposição dos carotenóides ao oxigênio.

#### 4 CONCLUSÕES

Diante dos resultados, pelos maiores valores de acidez e índice de peróxido, a extração mecânica é o método mais prejudicial à qualidade do óleo de pequi, devido à maior degradação do óleo durante a extração.

O óleo obtido por extração mecânica apresenta menor vida útil, tornando-se impróprio para o consumo humano, pela acidez elevada, com 180 dias de armazenamento.

O óleo de pequi apresentou escurecimento e redução da intensidade da coloração avermelhada após 180 dias de armazenamento. A perda de carotenóides durante este período é um dos motivos que levou a mudança de cor.

O uso de éter etílico e de acetona na extração do óleo de pequi garante maior teor de óleo e preservação dos carotenóides. Entretanto, os carotenóides do óleo obtido por cocção apresentam mais estabilidade durante o armazenamento.

O óleo de pequi apresenta-se como um alimento rico em carotenóides, predominantemente,  $\beta$ -caroteno.

## REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. Resolução RDC n°. 270, de 22 de setembro de 2005. Dispõe sobre o regulamento técnico para óleos vegetais, gorduras vegetais e creme vegetal. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, 23 de set. 2005.

AMAYA-FARFAN, J.; KIMURA, M.; RODRIGUES-AMAYA, D. B. **Fontes brasileiras de carotenóides**: tabela brasileira de composição de carotenóides em alimentos. Brasília: MMA/SBF, 2008.

AMERICAN OIL CHEMISTS' SOCIETY. **Official methods and recommended practices of the American Oil Chemists' Society**. 4. ed. Champaign, 1990.

AQUINO, L. P. **Extração do óleo da polpa de pequi (*Caryocar brasiliense*): influência das variáveis operacionais**. 2007. 95 p. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2007.

AQUINO, L. P. et al. Influência da secagem do pequi (*Caryocar brasiliense* Camb) na qualidade do óleo extraído. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 29, n. 2, p. 354-357, abr./jun. 2009.

ASSOCIATION OF THE OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis of the Association of the Official Analytical Chemists**. Arlington, 1990.

AZEVEDO-MELEIRO, C. H.; RODRIGUEZ-AMAYA, D. B. Confirmation of the identity of the carotenoids of tropical fruits by HPLC-DAD and HPLC-MS. **Journal of Food Composition and Analysis**, Campinas, v.17, p. 385-396, fev. 2004.

BRANDÃO, M.; LACA-BUENDÍA, J. P.; MACEDO, J. F. **Árvores nativas e exóticas do Estado de Minas Gerais**. Belo Horizonte: EPAMIG, 2002.

CARNEIRO, P. B.; REDA, S. Y. Óleos e gorduras: aplicações e implicações. **Revista Analytica**, São Paulo, n. 27, p. 60-67, fev./mar. 2007.

CARVALHO, I. S. H.; SAWYER, D. R. Potenciais e limitações do uso da biodiversidade do cerrado: um estudo de caso da Cooperativa Grande Sertão no Norte de Minas. **Revista Brasileira de Agroecologia**, Cruz Alta, v. 2, p. 1449-1452, out. 2007.

DAVIES, B. H. Carotenoids. In: GOODWIN, T. W. **Chemistry and biochemistry of plant pigments**. 2. ed. London: Academic, 1976. v. 2, p. 38-165.

FACIOLI, N. L.; GONÇALVES, L. A. G. Modificação por via enzimática da composição triglicéridica do óleo de piqui (*Caryocar brasiliense* Camb.). **Química Nova**, São Paulo, v. 21, n. 1, p.16-19, out. 1998.

FETT, E.; MORETTO, E. **Tecnologia de óleos e gorduras vegetais na indústria de alimentos**. São Paulo: Varela, 1998.

GARCIA, C. C. et al. Thermal stability studies of some cerrado plant oils. **Journal of Thermal Analysis and Calorimetry**, Dordrecht, v. 87, n. 3, p. 645-648, 2007.

GODOY, H. T.; RODRIGUEZ-AMAYA, D. B. Carotenoid composition of Brazilian nectarine (*Prunus pérsica*). **Revista do Instituto Adolfo Lutz**, Rio de Janeiro, v. 1, n. 57, p. 73-79, 1998.

GONÇALVES, L. A. G.; LIMA, J. Parâmetros de avaliação da qualidade de óleo de soja utilizado para fritura. **Química Nova**, São Paulo, v. 17, n. 5, p. 292-296, jun.1994.

HIGBY, W. K. A simplified method for determination of some the carotenoid distribution in natura and carotene: fortified orange juice. **Journal Food Science**, Chicago, v. 27, p. 42-49, 1962.

INSTITUTE OF MEDICINE. **Food and nutrition board**: evaluation of dietary deference intakes for, vitamin A, vitamin E, cromium, copper, iodine, iron, manganese, molybdenium, nickel, silicon, vanadium and zinc. Washington: National Academy, 2001.

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

KIMURA, M. ; RODRIGUEZ-AMAYA, D. B. Carotenóides e valor de vitamina A em cajá (*Spondias lutea*). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 9, n. 2, p. 148-162, 1989.

LIMA, A. Ouro do cerrado: processamento industrial da polpa de pequi garante renda a agricultores na entressafra. **Revista Minas faz Ciência**, Belo Horizonte, n. 27, p. 34-42, set./nov. 2006.

LIMA, A. et al. Composição química e compostos bioativos presentes na polpa e na amêndoa do pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.). **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 29, n. 3, p. 695-698, 2007.

LOLOS, M.; OREOPOULOU, V.; TZIA, C. Oxidative stability of potato chips: effect of frying oil type, temperature and antioxidants. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, London, v. 79, n. 11, p. 1524-1528, 1999.

OLIVEIRA, M. N. S. et al. Estádio de maturação dos frutos e fatores relacionados aos aspectos nutritivos e de textura da polpa de pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.). **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 28, n. 3, p. 380-386, dez. 2006.

POZO, O. V. C. **O pequi (*Caryocar brasiliense*): uma alternativa para o desenvolvimento sustentável do cerrado no Norte de Minas Gerais**. 1997. 100 p. Dissertação (Mestrado em Administração Rural) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 1997.

RAMESH, M. Microwave treatment of groundnut (*Arachis hypogaea*): extractability and quality of oil and its relation to lipase and lipoxygenase activity. **Lebensmittel Wissenschaft und Technologie**, London, v. 28, n. 1, p. 96-99, 1995.

RAMOS, M. I. L. et al. Efeito do cozimento convencional sobre os carotenóides próvitamínicos "A" da polpa do piqui (*Caryocar brasiliense* Camb.). **B. CEPPA**, Curitiba, v. 19, n. 1, p. 23-32, jan./jun. 2001.

RIBEIRO, A. E. O espaço, o homem e o seu destino no norte de Minas. In: UNIVERSIDADE FEDERAL DE LAVRAS. Departamento de Administração e Economia. **Manejo sustentado do cerrado para uso múltiplo: subprojeto agroecologia e desenvolvimento**. Lavras, 1996.

RIBEIRO, M. C. et al. Uso de miniprensa na extração do óleo de pequi e análise da composição centesimal da torta. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PLANTAS OLEAGINOSAS, ÓLEOS, GORDURAS E BIODIESEL, 5., 2008, Lavras. **Anais...** Lavras: UFLA, 2008.

SEGALL, S. D. et al. Triacylglycerol analysis of pequi (*Caryocar brasiliensis* Camb.) oil electrospray and a tandem mass spectrometry. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, Oxford, v. 86, p. 445-452, jun. 2006.

TURATTI, J. M. Óleos vegetais como fontes de alimentos funcionais. In: SIMPÓSIO SOBRE ALIMENTOS FUNCIONAIS PARA O NOVO MILÊNIO: QUALIDADE DE VIDA E SAÚDE, 2000, Campinas. **Anais...** Campinas: UNICAMP, 2000. p. 12-14.

VERA, R. et al. Caracterização física e química de frutos do pequizeiro (*Caryocar brasiliense* Camb.) oriundos de duas regiões no Estado de Goiás, Brasil. **Revista Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 37, n. 2, p. 93-99, jun. 2007.

### **CAPÍTULO 3**

#### **EFEITOS DA ADMINISTRAÇÃO DO ÓLEO DE PEQUI EM RATOS SUBMETIDOS À CARÊNCIA DE VITAMINA A**



## 1 INTRODUÇÃO

No Brasil, a carência de vitamina A atinge, principalmente, as regiões economicamente mais vulneráveis, prevalecendo em áreas do norte, nordeste e sudeste do país (BRASIL, 2005; CANNIATTI BRAZACA; GERMANO, 2004).

De acordo com Geraldo et al. (2003), esta enfermidade é considerada um grave problema de saúde pública em vários estados do país.

As principais estratégias utilizadas no combate à deficiência de vitamina A são: a suplementação medicamentosa, a fortificação de alimentos e as mudanças na alimentação, incluindo maior consumo de vegetais ricos em carotenóides (AMBRÓSIO et al., 2006; CAMPOS; ROSADO, 2005).

Segundo Rodriguez-Amaya (1989), a vitamina A é encontrada em alimentos de origem animal nas formas de retinol, retinil, retinal e ácido retinóico. Por outro lado, os vegetais fornecem carotenóides que podem ser convertidos em vitamina A no organismo como o  $\alpha$  e o  $\beta$ -caroteno e a  $\beta$ -criptoxantina, conhecidos como carotenóides provitamina A.

O (INSTITUTE OF MEDICINE - IOM, 2001) estabeleceu que a ingestão de 12 $\mu$ g de  $\beta$ -caroteno ou 24 $\mu$ g de outros carotenóides provitamínicos de uma dieta mista em vegetais, corresponde a 1 $\mu$ g de retinol ou Equivalente de Atividade de Retinol (ERA).

Estudos *in vivo* realizados por Cozzolino e Yuyama (1996), Ramos et al. (2007), comprovaram a eficiência do uso de alimentos regionais ricos em carotenóides na recuperação dos níveis de vitamina A do fígado de ratos submetidos à carência desta vitamina.

Entre os diversos frutos ricos em carotenóides, destaca-se o pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.), também conhecido como piqui, pequiá ou pequiá-bravo, fruto do Cerrado encontrado com predominância na região central do Brasil (BRASIL, 2002).

O pequi, além de ser consumido sozinho ou junto a outros alimentos, é utilizado na fabricação de licores, conservas, sabões, doces e óleos (POZO, 1997). Por estas e outras utilidades, o pequi é uma importante fonte de emprego e renda para a população que reside no Cerrado (CARVALHO; SAWYER, 2007).

De acordo com Aquino (2007), o óleo de pequi possui um teor de carotenóides que pode variar de 8 a 246  $\mu\text{g/g}$ . Outro estudo aponta de 268,4 a 426,6  $\mu\text{g/g}$  de carotenóides neste óleo, com um teor de  $\beta$ -caroteno de 240,2 a 254,7  $\mu\text{g/g}$  (RIBEIRO, 2010). Cerca de 20 vezes maior que o encontrado na polpa do pequi cozida, que é de 12,17  $\mu\text{g/g}$  (RAMOS et al., 2001).

Sabe-se que, absorção de carotenóides concentrados em óleo é maior que a absorção de carotenóides presentes em outros alimentos (CAMPOS; ROSADO, 2005).

Segundo a National Academy of Science - NAS (1989), cada 2 $\mu\text{g}$  de  $\beta$ -caroteno em óleo, corresponde a 1 $\mu\text{g}$  de retinol.

De acordo com Garcia et al. (2007), o óleo da polpa do pequi é rico em ácido palmítico (41,1%) e ácido oléico (54%). A ingestão de ácidos graxos saturados, como o palmítico, relaciona-se com a elevação dos níveis de colesterol (Fuentes, 1998). E a ingestão de ácidos monoinsaturados, como o oléico, pode promover redução dos níveis de colesterol (AGUILA et al., 2002).

Pelo fato do óleo de pequi ser um produto regional, rico em precursores de vitamina A e fazer parte dos hábitos alimentares da população residente em áreas do Cerrado endêmicas em hipovitaminose A, este estudo foi conduzido com os objetivos de avaliar os efeitos do consumo do óleo de pequi, nos níveis de vitamina A de ratos submetidos à carência desta vitamina, bem como verificar possíveis alterações no peso, no consumo e nos níveis de triglicerídeos e colesterol destes animais.

## **2 MATERIAL E MÉTODOS**

Os pequis utilizados no experimento foram adquiridos maduros em feira livre na cidade de Diamantina/MG durante o mês de janeiro de 2009. Em seguida foram conduzidos para o Laboratório de Biomassas e Frutos do Cerrado da Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri/UFVJM, onde foram selecionados quanto ao tamanho, estágio de maturação e ausência de podridões. Após a seleção, foram lavados, submersos em solução de hipoclorito de sódio a 50 ppm por 15 minutos e armazenados em freezer a -18 °C até o momento da extração do óleo.

### **2.1 Extração do óleo de pequi**

Inicialmente os frutos *in natura* foram pesados e despolidos. Em seguida a polpa foi seca em estufa a 60 °C por 24 horas. O material seco foi triturado em multiprocessador METVISA® modelo LQ-6 até a obtenção de uma farinha. A farinha da polpa de pequi obtida foi colocada em balões de fundo chato contendo um litro de acetona. Os balões foram recobertos com folha de alumínio e deixados em ambiente escuro por uma noite. No dia seguinte, o material foi filtrado em papel filtro Whatman e levado para recuperação do solvente em aparelho Soxhlet a 60°C, restando ao final do processo, o óleo de pequi puro. Em seguida o óleo foi mantido à temperatura ambiente ( $26 \pm 2^\circ\text{C}$ ), em frasco tampado e protegido da luz.

### **2.2 Ensaio biológico**

No período pré-experimental, foram utilizadas 6 ratas adultas e grávidas da linhagem Wistar provenientes do Laboratório de Nutrição Experimental da

Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri (UFVJM). As ratas foram alimentadas com ração para animais de laboratório (Nuvilab, da Nuvital®) e água *ad libitum* até o parto.

Após o parto, formou-se aleatoriamente 6 ninhadas com 7 filhotes machos cada. Destas, três lactantes foram alimentadas com ração a base de caseína e completa em nutrientes, conforme a formulação recomendada pelo American Institute of Nutrition AIN-93G (REEVES et al., 1993). Enquanto as outras três receberam a mesma ração, porém isenta de vitamina A, visando à obtenção de animais recém desmamados deficientes nesta vitamina.

Passados 21 dias, ocorreu o desmame, sendo 32 filhotes separados aleatoriamente das mães para formar 4 grupos com 8 animais cada:

- Grupo Controle (C) – filhotes criados por mães que receberam ração AIN-93G completa em nutrientes no período de lactação e que receberam o mesmo tratamento na pós lactação;

- Grupo Hipovitaminose A (H) – filhotes criados por mães alimentadas com ração AIN-93G isenta de vitamina A na fase de lactação e que receberam o mesmo tratamento na pós lactação;

- Grupo Hipovitaminose A com Óleo de Pequi (HO) – filhotes criados por mães que receberam ração AIN-93G isenta de vitamina A na lactação e que foram tratados com ração AIN-93G isenta de vitamina A acrescida com 70g de óleo de pequi por quilograma de ração na pós-lactação;

- Grupo Hipovitaminose A Recuperado (HR) – filhotes criados por ratas alimentadas com ração AIN-93G isenta de vitamina A na lactação e que foram tratados com ração completa em nutrientes na pós-lactação.

O tratamento na pós-lactação durou 28 dias. Sendo que, tanto na lactação, quanto na pós-lactação, os animais foram alimentados com água e ração *ad libitum*, mantidos em gaiolas individuais forradas com maravalha e em local com iluminação e temperatura ambiente ( $26 \pm 2^\circ\text{C}$ ).

O crescimento dos animais foi acompanhado durante todo o estudo, por meio de pesagens semanais, e a ingestão de ração foi quantificada diariamente no mesmo horário, entre 12 e 14h.

No 27º dia, os animais foram colocados em jejum e no dia seguinte foram anestesiados com CO<sub>2</sub> para retirada do sangue ( $\pm 2$  mL). O sangue foi retirado por punção cardíaca e as amostras foram colocadas em tubos de ensaios e centrifugadas por 10 minutos para retirada do soro sanguíneo. As amostras deste soro foram encaminhadas para um laboratório de análises clínicas local, para que fossem realizadas as análises de triglicerídeos, colesterol total e frações (Lipoproteína de Alta Densidade/HDL-c, Lipoproteína de Baixa Densidade/LDL-c e Lipoproteína de muito Baixa Densidade/VLDL-c).

Após a morte os animais tiveram o fígado extraído. Este passou por uma lavagem em solução salina (0,9%), foi envolvido com papel alumínio e estocado a -18°C até o momento da análise de vitamina A, que ocorreu no laboratório de Biomassas e Frutos do Cerrado da UFVJM.

Todos os procedimentos realizados com os animais neste experimento foram aprovados pela Comissão de Bioética na Utilização de Animais (CBA) do Núcleo de Inovação Tecnológica (NINTEC) da Universidade Federal de Lavras.

Para a análise da vitamina A utilizou-se um método colorimétrico com posterior leitura das amostras em espectrofotômetro. O preparo da amostra para análise do teor de vitamina A do fígado dos animais foi baseado em Ramos et al. (2007) até a centrifugação da amostra, que promoveu a separação do material orgânico. Material que foi retirado com auxílio de uma pipeta e acondicionado em tubo de ensaio envolto com papel alumínio.

A determinação da vitamina A, foi realizada de acordo com Dugan (1964) e para tanto, elaborou-se uma curva utilizando uma solução comercial de palmitato de retinil (5.500 µg/mL de vitamina A). Inicialmente, 50µl desta solução comercial foram pipetados em balão de 10 mL e o volume completado

com hexano (solução padrão). Desta solução padrão preparou-se uma curva com 10 volumes entre 0 a 24,75 µg/g de palmitado de retinil e adicionou-se 1 mL de hexano. A leitura foi realizada no espectrofotômetro SP-22 da marca Biospectro<sup>®</sup> (comprimento de onda de 610 nm) logo após a adição de 1 mL de uma solução saturada com hexano e ácido tricloroacético, momento em que uma coloração azul era observada nas amostras. Seguiu-se o mesmo procedimento para as leituras das amostras dos fígados dos animais, que foram realizadas em triplicata. A partir da equação da curva obtida na leitura da solução padrão, foram calculados os teores de vitamina A de cada amostra de fígado.

### **2.3 Delineamento experimental**

Os dados foram submetidos à Análise de Variância (ANOVA) para verificar se houve diferenças entre as variáveis. Para o ganho de massa foram avaliados os fatores: dieta com 4 níveis (C, H, HR e HO) e tempo com 5 níveis (0, 7, 14, 21 e 28 dias). Para o consumo de ração os fatores: dieta com 4 níveis (C, H, HR e HO) e tempo com 4 níveis (1, 2, 3 e 4 semanas). Para análises de triglicerídeos e colesterol avaliou-se somente o fator dieta com 4 níveis (C, H, HR e, HO). Para aquelas variáveis que apresentaram diferenças significativas foi utilizado o teste de Newman Keuls. Os teores de vitamina A dos fígados dos animais foram submetidos ao teste T, considerando dieta com 4 níveis (C. H. HR e HO). As análises foram feitas considerando 5% de probabilidade. Para os fatores triglicerídeos, colesterol e vitamina A, cada animal representou uma repetição.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Conforme os dados apresentados na Tabela 1, o ganho de massa dos grupos H e HO foi inferior ao dos grupos HR e C. O grupo H foi o que consumiu menos durante todo o período, o que justifica o menor ganho de massa em relação aos outros. O grupo HO, apesar de ter consumido a mesma quantidade de ração que o grupo C, estatisticamente, ganhou menos de massa que o mesmo. E o grupo HR ingeriu uma quantidade de ração igual ao grupo C e apresentou um ganho de massa idêntico estatisticamente.

Tabela 1 Ganho de massa corporal e consumo de ração dos grupos de animais em 28 dias de tratamento.

<b>Grupos</b>	<b>Ganho de massa (g)</b>	<b>Consumo de ração (g)</b>
<b>C</b>	89,57 <sup>A</sup>	427,96 <sup>BC</sup>
<b>H</b>	58,65 <sup>B</sup>	341,78 <sup>A</sup>
<b>HO</b>	62,33 <sup>B</sup>	378,46 <sup>AB</sup>
<b>HR</b>	85,37 <sup>A</sup>	463,00 <sup>C</sup>

Controle (C); Hipovitaminose A (H); Hipovitaminose A com óleo de pequi (HO) e Hipovitaminose Recuperado (HR). Médias seguidas da mesma letra maiúscula nas colunas não apresentam diferenças significativas pelo teste de Newman Keuls ( $p < 0,05$ )

Na análise de variância do ganho de massa dos animais foram encontradas diferenças estatísticas em relação ao tipo de tratamento:  $F_{(3,1931,65)} = 6,12$ ,  $p < 0,005$ ; a idade em semanas:  $F_{(4,29398,39)} = 737,49$ ,  $p < 0,0001$  e ao tratamento e idade em semanas:  $F_{(12,338,58)} = 8,49$ ,  $p < 0,0001$ .

Pode ser observado no Gráfico 1, um aumento de massa dos grupos ao longo de todo experimento. Entretanto, as diferenças significativas entre os

grupos foram identificadas a partir da terceira semana de tratamento, período em que o peso médio dos animais dos grupos H (63,28g) e HO (66,86g) se apresentavam inferiores aos dos grupos HR (73,11g) e C (75,43g). E ao final do experimento, os pesos médios dos animais grupos H (95,31g), HO (95,74g) se mantiveram estatisticamente inferiores aos dos grupos HR (120,30g) e C (126,63g).

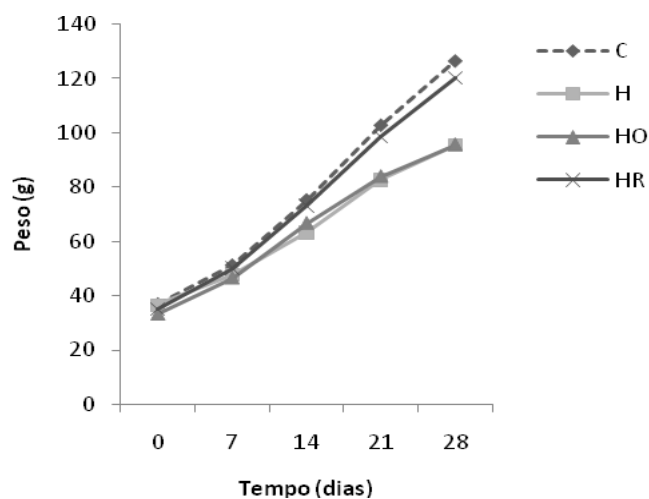


Gráfico 1 Média de ganho de massa corporal dos grupos de animais ao longo de 28 dias de tratamento. Controle (C); Hipovitaminose A (H), Hipovitaminose A com óleo de pequi (HO) e Hipovitaminose recuperado (HR)

Os menores ganhos de massa dos grupos H e HO podem estar associados ao menor aporte de vitamina A da dieta, já que, a vitamina A, segundo Canniatti Brazaca e Germano (2004), Roncada (1998), atua na proliferação, na diferenciação celular e no crescimento.



O óleo de pequi não promoveu um ganho de massa em quantidade satisfatória nos animais. Entretanto, Ramos et al. (2007) forneceram a polpa da bocaiúva (*Acrocomia aculeata*), fruto rico em  $\beta$ -caroteno e verificam um ganho de massa adequado aos animais, após 28 dias de repleção e 21 dias de tratamento.

Na análise de variância do consumo de ração dos animais verificou-se que houve diferenças significativas em relação ao tipo de tratamento:  $F_{(3,116,6465)} = 8,36$ ,  $p < 0,0005$ ; a idade em semanas:  $F_{(3,461,5970)} = 230,73$ ,  $p < 0,0001$  e ao tratamento e idade em semanas:  $F_{(9,14,4885)} = 7,24$ ,  $p < 0,0001$ .

Conforme visualizado no Gráfico 2, a média de consumo semanal de ração dos animais apresentou diferenças significativas a partir do 14º dia de tratamento, na qual os animais do grupo H (11,75g) consumiram menos que os do grupo HR (15,15g) e C (13,82g). Entretanto, neste mesmo período, os animais do grupo HO (13,14g) consumiram a mesma quantidade de ração que o grupo C. No 28º dia de experimento, a média de consumo semanal de ração dos animais do grupo H (14,02g) e HO (16,31g) foram inferiores aos dos grupos HR (21,71g) e C (20,34g) (Figura 2).

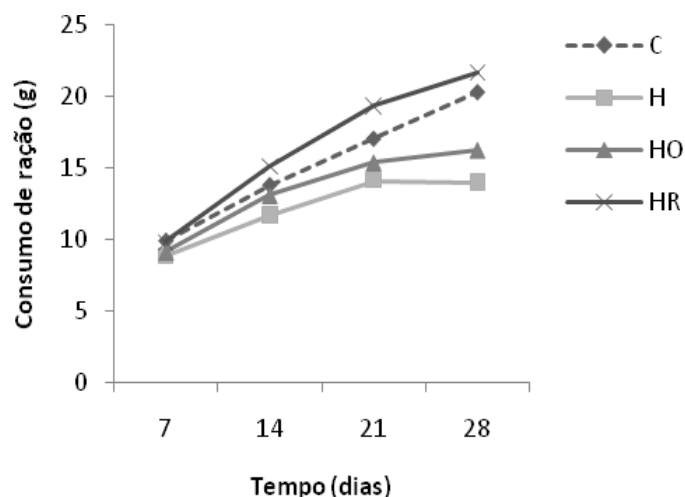


Gráfico 2 Média de consumo de ração dos grupos de animais ao longo de 28 dias de tratamento. Controle (C); Hipovitaminose A (H), Hipovitaminose A com óleo de pequi (HO) e Hipovitaminose recuperado (HR)

Os animais dos grupos H e HO podem ter desenvolvido hipovitaminose A durante o tratamento, uma vez que, a dieta era deficiente em vitamina A e o consumo de ração manteve-se constante entre a terceira e quarta semana. De acordo com Bondi e Sklan (1984), a redução do consumo de ração tem sido vista como um sinal prévio de hipovitaminose A em ratos.

Pelos resultados apresentados no Gráfico 3 e na Tabela 2, os níveis de triglicerídeos e colesterol dos grupos experimentais não foram influenciados pelo tipo de tratamento.

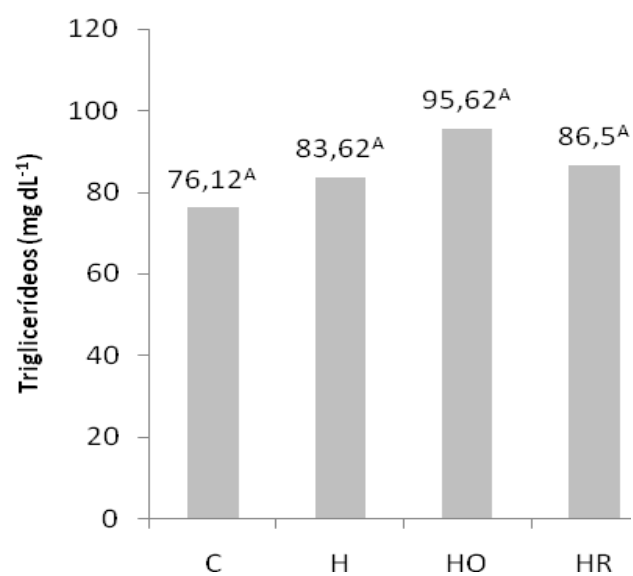


Gráfico 3 Níveis sanguíneos de triglicerídeos dos grupos de animais após 28 dias de tratamento. Controle (C), Hipovitaminose A (H); Hipovitaminose A com óleo de pequi (HO) e Hipovitaminose Recuperado (HR). Médias seguidas da mesma letra maiúscula nas barras não apresentam diferenças significativas pelo teste de Newman Keuls ( $p < 0,05$ )

Tabela 2 Níveis sanguíneos de colesterol dos grupos de animais após 28 dias de tratamento.

Grupos	Colesterol (mg dL <sup>-1</sup> )			
	CT-c	HDL-c	LDL-c	VLDL-c
<b>C</b>	134,00 <sup>A</sup>	40,37 <sup>A</sup>	78,37 <sup>A</sup>	15,25 <sup>A</sup>
<b>H</b>	139,12 <sup>A</sup>	40,50 <sup>A</sup>	81,87 <sup>A</sup>	16,75 <sup>A</sup>
<b>HO</b>	148,00 <sup>A</sup>	44,00 <sup>A</sup>	84,87 <sup>A</sup>	19,12 <sup>A</sup>
<b>HR</b>	138,25 <sup>A</sup>	41,87 <sup>A</sup>	76,62 <sup>A</sup>	19,75 <sup>A</sup>

Controle (C), Hipovitaminose A (H), Hipovitaminose A com óleo de pequi (HO) e Hipovitaminose recuperado (HR). Colesterol total (CT-c); Lipoproteína de alta densidade (HDL-c); Lipoproteína de baixa densidade (LDL-c) e Lipoproteína de muito baixa densidade (VLDL-c). Médias seguidas da mesma letra maiúscula nas colunas não apresentam diferenças significativas pelo teste de Newman Keuls ( $p < 0,05$ )

Apesar de não existirem diferenças significativas no perfil de triglicérides entre os grupos pode-se perceber que o teor deste, no soro dos animais do grupo HO foi ligeiramente superior aos demais, podendo inclusive estar acima do valor que classifica estes animais como eutróficos. Provavelmente, se o experimento fosse executado em mais de 28 dias os resultados poderiam apresentar diferenças significativas.

Outra observação interessante diz respeito aos maiores valores de HDL-c e LDL-c do grupo HO, pois apesar de serem estatisticamente semelhantes com os demais grupos, sugerem uma possível relação com a composição do óleo de pequi, que de acordo com Garcia et al. (2007) é composto principalmente dos ácidos oléico e palmítico. A ingestão de HDL-c segundo Aguila et al. (2002), tem uma relação diretamente proporcional à redução do colesterol, e a de LDL-c, pelos estudos de Fuentes (1998), pode aumentar os níveis de colesterol sanguíneo.

Com relação aos níveis de vitamina A detectados no fígado dos animais, os grupos H e HO apresentaram valores significativamente inferiores aos grupos HR e C (Gráfico 4).

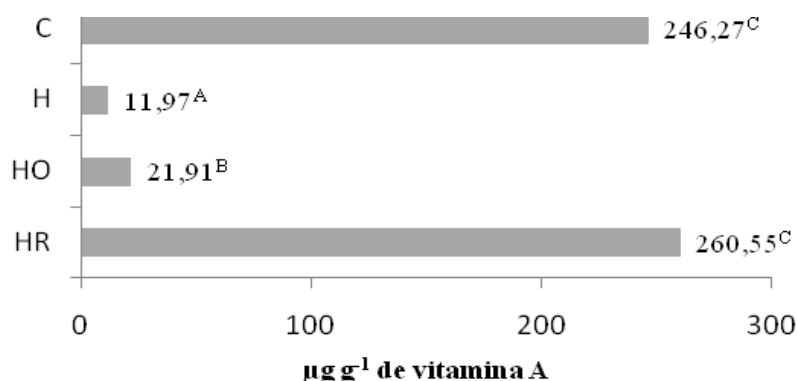


Gráfico 4 Níveis hepáticos de vitamina A dos grupos de animais após 28 dias de tratamento. Controle (C); Hipovitaminose A (H); Hipovitaminose A com óleo de pequi (HO) e Hipovitaminose Recuperado (HR). Médias seguidas da mesma letra maiúsculas nas barras não diferem estatisticamente pelo teste T ( $p < 0,05$ )

Destaca-se que o teor de vitamina A do fígado do grupo HO foi estatisticamente superior ao grupo H, demonstrando que o óleo de pequi contribuiu na reposição dos estoques de vitamina A no fígado dos animais.

A contribuição do óleo de pequi, provavelmente, não foi mais expressiva por que os animais do grupo HO, pelo menor ganho de massa corporal observado em relação aos grupos C e HR, poderiam estar desnutridos, o que certamente teria comprometido a produção de proteína transportadora de retinol e com isso dificultado não só a depleção como a deposição do retinol para o armazenamento no fígado.

De acordo com Reeves et al. (1993), a ração AIN-93G contém 4 UI/g ou ERA/g de vitamina A. Já no óleo de pequi extraído com acetona, Ribeiro (2010) encontrou 251,1 µg/g de β-caroteno. Caso for utilizado o fator de conversão que considera a ingestão de β-caroteno puro em óleo de 2:1 proposto pela NAS (1989), o valor de vitamina A do óleo de pequi seria 6 vezes maior, ou seja, 8,78 ERA/g de ração, valor 2,19 vezes maior que a ração AIN-93G.

Vale ressaltar que, o consumo de ração do grupo HO durante as últimas semanas de tratamento foi estatisticamente inferior ao do C, o que demonstra não só uma menor ingestão de vitamina A como uma possível redução na aceitação da dieta pelo grupo HO. Vários fatores podem estar relacionados a esta menor aceitação, inclusive o cheiro residual de acetona verificado na ração fornecida a este grupo.

Os teores de vitamina A do fígado dos animais alimentados com óleo de pequi foram superiores aos encontrados por Ortega-Flores et al. (2003), que utilizaram folha de mandioca (*Manihot esculenta*) na alimentação dos ratos e encontraram 2,58 µg/g de vitamina A no fígado dos animais. Por outro lado, foram inferiores aos obtidos por Cozzolino e Yuyama (1996), que forneceram aos ratos uma dieta regional de Manaus/AM suplementada com pupunha (*Bactris gasipaes*) e obtiveram um teor hepático de 43,3 µg/g de vitamina A.

A taxa de absorção intestinal dos carotenóides pode ter sido afetada pelo alto teor de β-caroteno presente no óleo de pequi. Segundo Auron, Ben-Amotz e Mokady (1988), a eficiência da conversão a retinol é reduzida quando ratos são alimentados com dietas ricas em β-caroteno. Não obstante, pesquisas de Van Vliet et al. (1996) comprovam que a clivagem intestinal do β-caroteno pela enzima 15, 15' – dioxigenase-β-caroteno em vitamina A é mais elevada em ratos com deficiência de vitamina A.

É importante observar que os animais alimentados com uma ração AIN-93G completa em nutrientes após o período de depleção em vitamina A

conseguem recuperar o peso e os estoques hepáticos desta vitamina dentro de 28 dias.

Como neste estudo não foi realizada a análise da vitamina A presente no soro, assim os dados representam os estoques hepáticos de vitamina A, mas não o teor desta no sangue dos animais.

É importante relatar que, o método químico de análise utilizado neste experimento envolve reações de pouca especificidade, pois o ácido tricloroacético também reage com alguns interferentes intrínsecos como: carotenóides, produtos da degradação de vitamina A, esteróides (com e sem função vitamínica) e colesterol (BALL, 1988; PAIXÃO; STAMFORD, 2004).

O óleo de pequi foi aquecido para recuperação do solvente e durante este período ficou sob ação da luz e calor, com isso parte dos carotenóides pode ter sofrido reações de isomerização e oxidação. Segundo Godoy e Rodriguez-Amaya (1998), os carotenóides são compostos insaturados e sensíveis a ação do calor, da disponibilidade de oxigênio, da acidez, exposição à luz e da presença de metais, o que diminui sua atividade provitamínica.

Segundo Tamai et al. (1995), o isômero 9-cis do  $\beta$ -caroteno não é absorvido diretamente no intestino, porém pode ser encontrado nas células. Não obstante, Costa et al. (2002), comprovaram que, desde que não tenha ocorrido re-isomerização antes da absorção no trato gastrintestinal, este isômero pode ser absorvido no intestino, já que ratos alimentados apenas com o isômero 9-cis apresentaram 65,2% e 34,8% de isômeros todo-trans e 9-cis armazenados no fígado, respectivamente.

Apesar de estudos apontarem o todo-trans como o isômero predominante no fígado de ratos alimentados com  $\beta$ -caroteno como fonte de vitamina A, Costa et al. (2002) ainda não está esclarecido, qual é a forma absorvida e como ocorre o metabolismo destes isômeros após a absorção.

De acordo com Ambrósio et al. (2006), a biodisponibilidade dos carotenóides pode ser influenciada por múltiplos fatores endógenos e exógenos tais como: tipos e quantidade consumida, presença de fatores inibidores e facilitadores da absorção, estado nutricional do indivíduo, fatores genéticos e interações durante os processos de absorção, metabolismo e transporte dos carotenóides.



#### **4 CONCLUSÕES**

Conclui-se com os resultados que, o óleo de pequi não contribuiu na recuperação do peso corporal dos ratos submetidos à carência de vitamina A. Por outro lado, contribuiu para a deposição de vitamina A no fígado e não influenciou nos níveis de triglicérides e no perfil de colesterol dos animais. Constatou-se também que, a carência de vitamina A promoveu menor consumo de ração e, conseqüentemente, menor ganho de massa dos ratos ao longo do experimento.

## **5 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

O programa de suplementação com vitamina A é uma estratégia criada no país para reduzir a incidência e as graves consequências da hipovitaminose A nas regiões mais atingidas. Não obstante, são necessárias medidas que visem sanar o problema de maneira definitiva, ou seja, erradicando a doença. Uma das formas seria a partir da análise e da divulgação das diversas fontes de alimentos ricos em provitaminas A encontrados na flora brasileira. O pequi e seu óleo estão incluídos entre os alimentos mais ricos nestes compostos, entretanto, ainda são necessários outros estudos que abordem formas de extrações menos prejudiciais à qualidade do óleo, assim como a identificação dos tipos de carotenóides presentes e dos fatores que interferem na biodisponibilidade destes nutrientes.

## REFERÊNCIAS

- AGUILA, M. B. et al. Lipid metabolism in rats fed diets containing different types of lipids. **Arquivos Brasileiros de Cardiologia**, Rio de Janeiro, v. 78, n. 1, p. 32-38, 2002.
- AMBRÓSIO, C. L. B.; CAMPOS, F. A. C.; FARO, Z. P. Carotenóides como alternativa contra a hipovitaminose A. **Revista de Nutrição**, Campinas, v. 19, n. 2, p. 233-243, mar./abr. 2006.
- AQUINO, L. P. **Extração do óleo da polpa de pequi (*Caryocar brasiliense*): influência das variáveis operacionais**. 2007. 95 p. Dissertação (Mestrado em Ciências dos Alimentos) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2007.
- AURON, M.; BEN-AMOTZ, A.; MOKADY, S. The  $\beta$ -carotene rich alga *Dunaliella bardawil* as a source of retinol in a rat diet. **Brazilian Journal Nutrition**, Campinas, v. 54, p. 443-449, 1988.
- BALL, G. F. M. **Em fat-soluble vitamin assays in food analysis**. 2. ed. England: Elsevier Science, 1988.
- BONDI, A.; SKLAN, D. Vitamin A and carotene in animal nutrition. **Progress Food Nutrition Science**, Oxford, v. 8, p.165-191, 1984.
- BRASIL. Ministério da Saúde. **Portaria nº 729/GM** publicada em 13 de maio de 2005. Institui o Programa Nacional de Suplementação de Vitamina A e dá outras providências. Disponível em: < <http://dtr2001.saude.gov.br/sas/PORTARIAS/Port2005/GM/GM-729.htm>>. Acesso em: 5 mar. 2009.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Políticas de Saúde. **Alimentos regionais brasileiros**. Brasília, 2002.
- CAMPOS, F. M.; ROSADO, G. P. Novos fatores de conversão de carotenóides provitamínicos A. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 25, n. 3, p. 571-578, jul./set. 2005.
- CANNIATTI BRAZACA, S. G.; GERMANO, R. M. A. Vitamina A: importância na nutrição humana. **Nutrire**, São Paulo, v. 27, p. 55-68, jun. 2004.

- CARVALHO, I. S. H.; SAWYER, D. R. Potenciais e limitações do uso da biodiversidade do cerrado: um estudo de caso da Cooperativa Grande Sertão no Norte de Minas. **Revista Brasileira de Agroecologia**, Cruz Alta, v. 2, p.1449-1452, 2007.
- COSTA, A. A. L.; ORTEGA-FLORES, C. I.; PENTEADO, M. V. C. Alterações estruturais *in vivo* dos isômeros todo-trans, 9-cis e 13-cis do  $\beta$ -caroteno. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 22, n. 3, p. 224-228, set./dez. 2002.
- COZZOLINO, S. M. F.; YUYAMA, L. K. O. Efeito da suplementação com pupunha como fonte de vitamina A em dieta: estudo em ratos. **Revista de Saúde Pública**, São Paulo, v. 30, n.1, p. 61-66, fev. 1996.
- DUGAN, R. E. et al. Colorimetric determination of vitamin A and its derivatives with trifluoroacetic acid. **Analytical Chemistry**, Washington, v. 36, n. 1, p. 114-117, jan. 1964.
- FUENTES, J. A. G. Que alimentos convêm ao coração? **Higiene Alimentar**, São Paulo, v. 12, n. 53, p. 7-11, 1998.
- GARCIA, C. C. et al. Thermal stability studies of some Cerrado plant oils. **Journal of Thermal Analysis and Calorimetry**, Dordrecht, v. 87, n. 3, p. 645-648, 2007.
- GERALDO, R. R. C. et al. Distribuição da hipovitaminose A no Brasil nas últimas quatro décadas: ingestão alimentar, sinais clínicos e dados bioquímicos. **Revista de Nutrição**, Campinas, v. 16, n. 4, p. 443-460, out./dez. 2003.
- GODOY, H. T.; RODRIGUEZ-AMAYA, D. B. Carotenoid composition of Brazilian nectarine (*Prunus pérsica*). **Revista do Instituto Adolfo Lutz**, Rio de Janeiro, v. 1, n. 57, p. 73-79, 1998.
- INSTITUTE OF MEDICINE. **Food and Nutrition Board**: evaluation of dietary reference intakes for, vitamin A, vitamin E, chromium, copper, iodine, iron, manganese, molybdenum, nickel, silicon, vanadium and zinc. Washington: National Academy, 2001.
- NATIONAL ACADEMY OF SCIENCE. **Recommended dietary allowances**. 9. ed. Washington, 1989. p. 78-92.

- ORTEGA-FLORES, C. I. et al. Biodisponibilidade do  $\beta$ -caroteno da folha desidratada de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz). **Revista de Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 23, n. 3, p. 473-477, set./dez. 2003.
- PAIXÃO, J. A.; STAMFORD, T. L. M. Vitaminas lipossolúveis em alimentos: uma abordagem analítica. **Química Nova**, São Paulo, v. 27, n. 1, p. 96-105, 2004.
- POZO, O. V. C. **O pequi (*Caryocar brasiliense*): uma alternativa para o desenvolvimento sustentável do Cerrado no Norte de Minas Gerais**. 1997. 100 p. Dissertação (Mestrado em Administração Rural) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 1997.
- RAMOS, M. I. L. et al. Bocaiuva (*Acrocomia aculeata* (jacq.) Lodd) improved vitamin A status in rats. **Journal Agriculture Food Chemistry**, Washington, v. 55, p. 3186-3190, 2007.
- RAMOS, M. I. L. et al. Efeito do cozimento convencional sobre os carotenóides próvitamínicos "A" da polpa do piqui (*Caryocar brasiliense* Camb). **B. CEPPA**, Curitiba, v. 19, n. 1, p. 23-32, 2001.
- REEVES, P. G. et al. AIN - 93 purified diets for laboratory rodents: final report of the American Institute of Nutrition ad hoc writing committee on the reformulation of the AIN - 76A rodent diet. **The Journal of Nutrition**, London, v. 123, p. 1939-1951, 1993.
- RIBEIRO, M. C. Efeito do método de extração sobre as propriedades físico-químicas e o teor de carotenóides do óleo de pequi. In: \_\_\_\_\_. **Óleo de pequi: qualidade físico-química, teor de carotenóides e uso em animais com carência de vitamina A**. 2010. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2010. cap. 2, p. 34-58.
- RODRIGUEZ-AMAYA, D. B. Critical review of provitamin A determination in plant foods. **Journal of Micronutrient Analysis**, Oxford, v. 5, n. 3, p.191-225, 1989.
- RONCADA, M. J. Vitaminas lipossolúveis. In: OLIVEIRA, L. E. D.; MARCHINI, J. S. **Ciências nutricionais**. São Paulo: Savier, 1998. p. 167-177.
- TAMAI, H. et al. 9-cis- $\beta$ -carotene in human plasma and blood cells after ingestion of  $\beta$ -carotene. **Lipids**, Champaign, v. 30, p. 493-498, 1995.

VAN VLIET, T. et al.  $\beta$ -carotene absorption and cleavage in rats is affected by the vitamin A concentration of the diet. **Journal of Nutrition**, London, v. 126, n. 2, p. 499-508, 1996.