

**Avaliação química e microbiológica do óleo de Pequi (*Caryocar
brasiliense*) comercializado em feira de São Luis - MA**

**Chemical and microbiological evaluation of Pequi oil (*Caryocar
brasiliense*) marketed at São Luis fair - MA**

DOI:10.34117/bjdv7n9-036

Recebimento dos originais: 07/08/2021

Aceitação para publicação: 02/09/2021

Luthian Melo Colares

Graduando em Farmácia

Instituto Florence de Ensino Superior

Rua Rio Branco, 216 - Centro, São Luís - MA, 65020-470

E-mail: luthyanncolares@hotmail.com

Lucimar Oliveira Moreira

Graduado em Ciências Biológicas

Instituição: Centro Universitário do Maranhão - UNICEUMA

Rua Josué Montello, Nº. 1, Bairro - Renascença II, São Luís - MA, 65075-120

E-mail: lucimar.moreira@hotmail.com

Diogo Brito Dias

Graduado em Química Licenciatura

Instituição: Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão-UEMASUL

Rua Godofredo Viana, 1300 - Centro, Imperatriz - MA

E-mail: diogobritodias@hotmail.com

Geyse Adriana Correa Ribeiro

Doutora em Biodiversidade e Biotecnologia

Universidade Federal do Maranhão

Av. dos Portugueses, 1966 - Vila Bacanga, São Luís - MA, 65080-805

E-mail: geyse.correa@ufma.com

Quésia Guedes da Silva Castilho

Doutora em Ciências

Instituição: Universidade Estadual do Maranhão - CESC

Morro do Alecrim, s/n - Caxias/MA, 65.600-000

E-mail: quesiaa@hotmail.com

Vera Lúcia Neves Dias Nunes

Doutora em Ciências

Instituição: Universidade Estadual do Maranhão

Endereço: Av. Oeste Externa, 2220 - São Cristóvão, São Luís - MA

E-mail: veraquim01@gmail.com

Lucy Rose de Maria Oliveira Moreira

Doutora em Biodiversidade e Biotecnologia

Instituto Florence de Ensino Superior

Rua Rio Branco, 216 - Centro, São Luís - MA, 65020-470
E-mail: lucyrose@ig.com.br

RESUMO

O nome científico do pequi é *Caryocar brasiliense* e a família botânica é a *Caryocaraceae*. Está presente em quase todos os agroecossistemas do Brasil. Essa diversidade de regiões produtoras, possivelmente propicia o desenvolvimento de frutos com uma vasta variedade de características químicas. E a qualidade do óleo de pequi, como a dos óleos vegetais, de uma maneira geral depende de vários fatores, o que merece ser cientificamente investigado. O objetivo deste trabalho foi avaliar a composição química e microbiológica do óleo de pequi (*Caryocar brasiliense*) comercializado em feira de São Luís - MA. Investigar quantitativamente os índices químicos de acidez, umidade, cinzas, determinação de metais pela técnica de espectrometria de emissão óptica com plasma indutivamente acoplado (ICP-OES), determinação dos grupos funcionais presentes no óleo de pequi por espectroscopia de absorção na região do infravermelho e crescimento de microorganismos por métodos microbiológicos. A avaliação dos resultados das análises químicas e microbiológicas permitiram constatar que o óleo de pequi se encontra conforme os padrões de qualidade exigidos. O óleo de pequi apresentou os seguintes metais: Ca (0,48 mg/L), Fe (0,40 mg/L), Na (0,31 mg/L), K (0,11 mg/L), Cr (0,09 mg/L), Pb (0,08 mg/L), Cd (0,006 mg/L) e Ni (0,002 mg/L). Os minerais juntos possuem função plástica, reguladoras e nutricionais no organismo. Na análise do espectro na região do infravermelho foi identificado bandas fortes (1737 cm^{-1} , 1373 cm^{-1} , 1178 cm^{-1} , 1114 cm^{-1} e 1035 cm^{-1}) na amostra que se referem ao grupo funcional carbonílico C=O e C-O da função ésteres que são característicos dos óleos e gorduras. Logo o óleo de pequi esta dentro dos padrões químicos e microbiológico aceito pela legislação vigente.

Palavras-chave: Óleo pequi, Químico, Microbiológico.

ABSTRACT

The scientific name of pequi is *Caryocar brasiliense* and its botanical family is the *Caryocaraceae*. It is present in almost all agroecosystems in Brazil. This diversity of producing regions possibly propitiates the development of fruits with a wide variety of chemical characteristics. And the quality of pequi oil, as the quality of vegetable oils, usually depends on several factors, which deserves to be scientifically investigated. The objective of this work was to evaluate the chemical and chemical chemistry of pequi (*Caryocar brasiliense*) oil marketed in. To investigate quantitatively the chemical indices of acidity, moisture, ashes, determination of metals by inductively coupled plasma optical emission spectrometry (ICP-OES), determination of functional groups not pequi oil for absorption spectroscopy in the infrared region and microorganisms growth by microbiological methods. The evaluation of chemical and microbiological analyzes results showed that pequi oil meets the required quality standards. Pequi oil presented the following metals: Ca (0,48 mg/L), Fe (0,40 mg/L), Na (0,31 mg/L), K (0,11 mg/L), Cr (0,09 mg/L), Pb (0,08 mg/L), Cd (0,006 mg/L) e Ni (0,002 mg/L). Together they have the plastic, regulatory and nutritional function of the organism. In the infrared analysis strong bands (1737 cm^{-1} , 1373 cm^{-1} , 1178 cm^{-1} , 1114 cm^{-1} and 1035 cm^{-1}) were identified in the sample that refer to the carbonic group C=O and C-O of the esters function which are characteristic of the oils and fats. Soon the pequi oil is within the chemical and microbiological standards accepted by the current legislation.

Keywords: Pequi oil, Chemical, Microbiological.

1 INTRODUÇÃO

O pequi é um fruto drupáceo, globoso, áspero, verde acinzentado, de aspecto lobulado em função da presença de até quatro sementes volumosas, protegidas por endocarpo lenhoso, erizado de espinhos delgados e agudos, com uma amêndoa grande e carnosa.⁽¹⁾ Conhecido pelos nomes vulgares de pequi, piqui, pequá, amêndoa do espinho, grão de cavalo ou amêndoa do Brasil é uma espécie arbórea pertencente à família *Caryocaraceae*.⁽²⁾

Seus vários nomes vulgares são denominações comuns da espécie *Caryocar brasiliense* Camb e outras do mesmo gênero.⁽¹⁾ Ocorre em quase todos os agroecossistemas do país e tem seus frutos muito apreciados e utilizados na culinária da região Centro-Oeste, Norte e parte do Nordeste.⁽²⁾

O pequizeiro é uma planta típica do Cerrado, um bioma de grande variedade de sistemas ecológicos. Com ciclo de vida estimado de aproximadamente 50 anos, o pequizeiro atinge até 10 m de altura. Sua fase reprodutiva inicia-se a partir do oitavo ano.⁽³⁾ Sua floração ocorrendo normalmente entre os meses de novembro a dezembro. A frutificação acontece de janeiro a abril⁽¹⁾, produzindo frutos por 20 a 40 dias em média, com produção variável podendo chegar a 1000 frutos por pé.⁽³⁾

O pequizeiro é uma planta perene, que pode ser classificada como frutífera ou oleaginosa, em razão das suas características e formas de utilização.⁽⁴⁾ Da polpa e da amêndoa do fruto é extraído um óleo que apresenta grande versatilidade quanto ao seu uso, com aplicações que vão da culinária regional até a indústria cosmética, para a produção de sabonetes e cremes, além de apresentar potencial de uso para a produção de combustíveis e lubrificantes.⁽²⁾

A parte comestível do fruto é formada pela semente envolta por uma camada de polpa geralmente espessa, de coloração variando de alaranjada intensa, amarela e até branca, rica em óleo. Esta polpa é a preferida pelos consumidores. Na parte interna da camada de polpa localiza-se uma fina camada de espinhos, e mais internamente uma amêndoa de cor branca, bastante oleosa.⁽¹⁾

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.⁽⁵⁾

Na medicina popular, são atribuídas diversas propriedades medicinais à planta e seus frutos, as cascas da árvore e dos frutos são utilizadas em infusões como antifebris e diuréticos, as folhas no tratamento de resfriados, gripes, edemas e o óleo do fruto é usado para tratamento de queimadura, como afrodisíaco, e como bálsamo em casos de reumatismo.⁽²⁾

No óleo extraído da polpa foram encontrados antioxidantes naturais que diminuíram o estresse oxidativo e promoveu proteção contra danos ao DNA.⁽²⁾ Isso porque o pequi é um fruto encontrado em regiões que recebem alta exposição solar, o que favorece a geração de radicais livres e tanto a polpa quanto a amêndoa do pequi são ricas em lipídeos, predominando em ambas os ácidos graxos insaturados, que são susceptíveis à oxidação. Nestas condições, visando à proteção do vegetal, pode ocorrer à biossíntese de compostos secundários com propriedades antioxidantes, que se depositariam no fruto e na amêndoa.⁽¹⁾

O pequi também ajuda a prevenir doenças como o câncer, por combater radicais livres.⁽⁶⁾ Pois o pequi é rico em carotenoides, que possuem importantes funções biológicas no ser humano, atuando na prevenção de alguns tipos de câncer, na inibição das mucosas contra úlceras gástricas, na capacidade de prevenir a fotossensibilização em certas doenças de pele, no aumento da resposta imunológica a determinados tipos de infecção e nas propriedades antienvhecimento.⁽⁷⁾ Este metabólito confere proteção à pele impedindo a lipoperoxidação, evitando desta maneira a formação de radicais livres e conseqüentemente retardando envelhecimento cutâneo.⁽⁸⁾

O fruto é rico em vitaminas A, E, C, ácidos graxos, fósforo, potássio e magnésio. Essas substâncias são responsáveis pelo bom funcionamento do organismo de forma geral.⁽⁶⁾ Sua polpa é altamente calórica, fornecendo cerca de 358 Kcal/100 g de material. Cada 100 g de polpa de pequi contêm de 20,0 a 33,40 g de lipídeos, dos quais cerca de 61,35% de seus ácidos graxos constituintes são insaturados.⁽¹⁾

Os principais ácidos graxos no óleo da polpa de pequi são oléico e palmítico, 60% e 34%, respectivamente⁽⁹⁾, responsáveis pela coloração amarelada do óleo.⁽⁵⁾ Além de outros componentes minoritários como o palmitoléico, linoléico, linolênico, esteárico e araquídico.⁽¹⁾ Eles representam boa parte da composição do óleo, sendo, portanto determinantes da sua qualidade.⁽⁹⁾ Esses ácidos também conferem ao óleo, potencial comprovado em processos de fritura.⁽⁵⁾ O ácido oléico é considerado fundamental pelas propriedades benéficas na redução da oxidação do LDL (**lipoproteínas de baixa densidade**) colesterol, contribuindo na prevenção de doenças cardíacas.⁽⁹⁾

Perante os benefícios e a sazonalidade do fruto, o pequi torna-se de extrema importância econômica, gastronômica e nutricional.⁽⁶⁾ Esse extenso período de oferta de frutos, aliado à diversidade de regiões produtoras, possivelmente propicia o desenvolvimento de frutos com variadas características físicas e químicas, o que merece ser cientificamente investigado.⁽¹⁾

Destacando também que a qualidade do óleo de pequi depende de vários fatores, tais como tipo de processamento, forma de armazenagem, exposição à luz, ao oxigênio do ar, adição de adulterantes, calor e umidade.⁽⁹⁾ Esses fatores podem comprometer a estabilidade físico-química e microbiológica.⁽⁶⁾ Essa instabilidade propicia inúmeras reações de degradação, o que dificulta a conservação.⁽⁹⁾

2 OBJETIVO

Avaliar a composição química e microbiológica do óleo de pequi (*Caryocar brasiliense*) comercializado em feira de São Luis - MA. Investigar quantitativamente os índices químicos de acidez, umidade, cinzas, determinação de metais pela técnica de espectrometria de emissão óptica com plasma indutivamente acoplado (ICP-OES), determinação dos grupos funcionais presentes no óleo de pequi por espectroscopia de absorção na região do infravermelho e crescimento de microorganismos por métodos microbiológicos

3 METODOLOGIA

Com o intuito de avaliar a composição química e microbiológica do óleo de pequi (*Caryocar brasiliense*), comercializado em mercado central de São Luís – MA, foi realizado um estudo quantitativo e descritivo do mesmo. O estudo físico-químico foi realizado no Laboratório Multidisciplinar do IFES (Instituto Florence de Ensino Superior), no Laboratório Núcleo de Combustível, Catálise e Ambiental (NCCA) da UFMA (Universidade Federal do Maranhão) e no Laboratório de Solo da UEMA (Universidade Estadual do Maranhão). Foram determinados os índices de acidez, umidade, cinzas, e metais pela técnica de espectrometria de emissão óptica com plasma indutivamente acoplado (ICP-OES) e os grupos funcionais presentes no óleo de pequi por espectroscopia de absorção na região do infravermelho. O estudo microbiológico foi realizado no Laboratório de Microbiologia Clínica da UFMA, para determinação do crescimento bacteriano e fúngico nas amostras.

A caracterização das propriedades químicas do óleo de pequi foi realizada segundo o método do Instituto Adolfo Lutz - IAL (2008)⁽¹⁰⁾ e das análises microbiológicas de acordo com o método da Farmacopéia Brasileira 5º Ed. Volume 1 (2010).⁽¹¹⁾

4 RESULTADOS E DISCURSÕES

Segundo a RDC N°482/1999 a avaliação da identidade e qualidade de óleos e gorduras vegetais deverá ser realizada de acordo com os planos de amostragem e métodos de análise adotados e/ou recomendados pela Association of Official Analytical Chemists (AOAC), pela Organização Internacional de Normalização (ISO), pelo Instituto Adolfo Lutz, pela AMERICAN OIL CHEMIST'S SOCIETY (AOCS), pelo Food Chemicals Codex, pela American Public Health Association (APHA), pelo Bacteriological Analytical Manual (BAM) e pela Comissão do Codex Alimentarius e seus comitês específicos, até que venham a ser aprovados planos de amostragem e métodos de análises pelo Ministério da Saúde.⁽¹²⁾

De acordo com os métodos adotados por Adolfo Lutz, o óleo de pequi apresentou os seguintes resultados analíticos (tabela 1).⁽¹⁰⁾

Tabela 1. Análises físico-químicas do óleo de pequi comercializado em São Luis - MA. Análises

	Óleo de Pequi	Referência padrão limite
Índice de acidez (mg NaOH/g)	0,327	4,0
Acidez em ácido oléico (%)	0,139	0,3 (óleos refinados) 2,0 (óleos brutos)
Umidade 105 (°C) (%)	0,797	0,2
Cinzas 350 (°C) (%)	0,762	As normas nacionais e internacionais estabelecem padrões

Fonte: o próprio autor

4.1 DETERMINAÇÃO DA ACIDEZ

A determinação da acidez pode fornecer um dado importante na avaliação do estado de conservação do óleo. Um processo de decomposição, seja por hidrólise, oxidação ou fermentação, altera quase sempre a concentração dos íons hidrogênio. A decomposição dos glicerídeos é acelerada por aquecimento e pela luz, sendo a rancidez quase sempre acompanhada pela formação de ácidos graxos livres.⁽¹⁰⁾ Isso por que o óleo está sendo hidrolisado, ou seja, as ligações estão sendo quebradas ou rompidas nas cadeias de trigliceróis, liberando seus constituintes principais (ácidos graxos livres), e por esse motivo, o cálculo desse índice é de extrema importância na avaliação do estado de deterioração (rancidez hidrolítica) do óleo que consumimos.⁽¹³⁾

O óleo de pequi apresentou 0,327 mg NaOH/g de índice de acidez (Tabela 1). Um índice considerado adequado para óleos e gorduras com base na RDC N°270/2005 que aprova o "regulamento técnico para óleos vegetais, gorduras vegetais e creme vegetal". Pois o mesmo apresentou acidez abaixo de 4,0 mg NaOH/g e 10,0 mg NaOH/g para óleos prensados a frio e não refinados e óleo de palma virgem respectivamente.⁽¹⁴⁾ Resultado também confirmado por Aquino (2009) em que os resultados obtidos são inferiores à acidez normalmente encontrada em óleos brutos de palma, que normalmente apresentam acidez acima de 1% de ácidos graxos livres.⁽⁷⁾

Conforme Deus (2008), os óleos com acidez inferior a 1% são classificados como do tipo 1 e quando o óleo apresentar no máximo 2,5% de acidez livre é considerado do tipo 3, segundo a RDC 482/99 da ANVISA.^(12,13) Por tanto, o óleo de pequi pode ser considerado tipo 1, pois encontra-se inferior a 1%.

Igualmente a Facioli (1998), o óleo de pequi também apresentou porcentagem abaixo do limite para acidez de ácido oléico conforme legislação, sendo seu valor 0,139% e a legislação preconiza por 0,3 % para a maioria dos óleos refinados e 2,0% para óleos brutos.^(12,15)

Quanto à acidez, nos óleos provenientes de frutos que apresentam alta umidade, e ainda no caso do pequi em que o fruto foi coletado após queda do fruto, é esperado que ocorra a hidrólise enzimática pela presença de lipases, hidrolisando os triacilgliceróis e liberando ácidos graxos livres.⁽⁷⁾ Ainda assim, observa-se que os índices de acidez do óleo de pequi apresentaram resultado positivo, indicando bom estado inicial de conservação, e que, apesar das condições adversas de armazenamento, estas condições não foram suficientemente agressivas para a deterioração do óleo segundo os limites de aceitabilidade explicitados na legislação.^(9,12)

4.2 DETERMINAÇÃO DA UMIDADE

Todos os alimentos, qualquer que seja o método de industrialização a que tenham sido submetidos, contêm água em maior ou menor proporção. A determinação da umidade e matéria volátil é um dos parâmetros legais para a avaliação da qualidade de óleos e gorduras.⁽¹⁰⁾

O óleo de pequi apresentou perda 0,797% de umidade (Tabela 1). Assim como Barbosa (2009) o resultado do teste de umidade mostrou um valor um pouco acima do valor estipulado pela RDC 482/1999, (0,2%) para óleos comestíveis, este fato pode ter sido causado por fatores relacionados ao processo de extração.^(12,16)

Segundo Deus (2008), o óleo de pequi pode ser classificado como óleo industrial do tipo 1 quando apresentar, no máximo, 0,5% de umidade. O óleo apresentou um valor de umidade um pouco acima deste.⁽¹³⁾ Como já foi mencionado na discussão dos resultados da acidez do óleo de pequi, segundo Aquino (2009), os óleos provenientes de frutos que apresentam alta umidade é esperado que ocorra a hidrólise enzimática.⁽⁷⁾ Mas no entanto o óleo apresentou bom índice de acidez, por tanto o fato da amostra apresentar umidade acima de 0,2% ou 0,5% não interferiu na qualidade do mesmo.

Igualmente a Costa (2015) os valores para as análises de umidade percentual foram inferiores a 1,0% para os óleos fixos artesanais de diferentes regiões do estado do Maranhão. Uma porcentagem mínima de água representa a quantidade de água não combinada na amostra, caracterizando-o como um produto de melhor qualidade e com maior durabilidade.⁽¹⁷⁾

4.3 DETERMINAÇÃO DE RESÍDUOS POR INCINERAÇÃO (CINZAS)

O óleo de pequi apresentou 0,762% de cinzas (Tabela 1), Resultado dentro do encontrado por Costa (2015) que houve variação de 0,123 a 3,543 % em matéria mineral para os óleos fixos artesanais de diferentes regiões do estado do Maranhão. As normas nacionais e internacionais que se adotou como referência neste trabalho não estabelece padrões para este parâmetro.⁽¹⁶⁾

Durante a realização do teste de cinzas percebeu-se que a amostra quando submetida a 550°C, como preconiza a metodologia, todo o óleo era consumido, não observando cinzas para realização da pesagem. Diante disto houve a modificação da temperatura de 550°C para 350°C e assim se obteve cinzas. Sugerindo que o óleo de pequi tem grande facilidade de decomposição em altas temperaturas quando comparado com outros óleos.

Segundo Lopes (2012) a polpa de pequi apresenta teor médio de óleo bastante elevado (média de 30,9 %) quando comparado com outras fruta oleaginosas. Esse alto teor lipídico poderia explicar a grande facilidade da amostra em decompor a altas temperaturas, não apresentando cinzas quando submetido a 550°C como preconiza a metodologia.⁽¹⁸⁾

4.4 ESPECTROMETRIA DE EMISSÃO ÓPTICA COM PLASMA INDUTIVAMENTE ACOPLADO (ICP OES)

Segundo Freitas (2013) a espectrometria de emissão óptica com fonte de plasma indutivamente acoplado (ICP OES) é utilizada para identificar metais e não metais. Os metais com funções essenciais na matéria viva são sódio (Na), potássio (K), magnésio (Mg), cálcio (Ca), fósforo (P), manganês (Mn), ferro (Fe), cobalto (Co), níquel (Ni), cobre (Cu), zinco (Zn), molibdênio (Mo), e tungstênio (W). Os cinco primeiros são requeridos como elementos construtores no meio intracelular e, por isso mesmo, suas concentrações costumam ser maiores que 100mg/dia, sendo conhecidos como macronutrientes. Já os metais como Co, Ni, Zn, Fe, Mn e Mo são necessários em baixíssimas concentrações, denominados micronutrientes.⁽¹⁹⁾

Para Costa (2014) e Chaves Júnior (2014) os minerais e metais são substâncias de origem inorgânica que fazem parte dos tecidos duros do organismo, como ossos e dentes. Também encontrados nos tecidos moles como músculos, células sanguíneas e sistema nervoso. Possuem função plástica e reguladora, contribuindo para a função osmótica, equilíbrio ácido-básico, estímulos nervosos, ritmo cardíaco e atividade metabólica.^(20,21) Os metais encontrados no óleo de pequi em ordem decrescente de concentração foram: cálcio (Ca), ferro (Fe), sódio (Na), potássio (K), cromo (Cr), chumbo (Pb), cádmio (Cd) e níquel (Ni) como mostra a tabela 2.

Tabela 2. Concentração e porcentagem dos metais presentes no óleo de pequi.

Metais	Concentração (mg/L)	Resultados em %
Ca	0,49	32,42
Fe	0,40	26,64
Na	0,31	20,96
K	0,11	7,46
Cr	0,09	6,15
Pb	0,09	5,72
Cd	0,007	0,46
Ni	0,003	0,19

Fonte: o próprio autor.

O metal que apresentou em maior concentração na amostra foi o Ca com 0,49 mg/L (Tabela 2). Considerando que segundo a RDC nº 269 de 2005 a ingestão diária recomendada de Ca, é de 1000 mg.⁽²²⁾ Costa (2014) e Chaves Júnior (2014) também dizem que o cálcio é um dos elementos mais abundantes do organismo. Representa 1,5 a 2% do peso corporal e 39% dos minerais corporais. Entretanto 99% desse mineral encontram-se nos ossos e dentes e apenas (1%) esta no sangue. Portanto é necessário

ingerir cálcio em quantidades suficientes para a constituição do esqueleto e dos dentes, além de ser indispensável para a coagulação sangüínea, ativação de enzimas, condução de impulsos nervosos e contração muscular. A carência desse mineral causa retardo do crescimento, dentes e ossos frágeis, raquitismo.^(20,21)

O mineral com a segunda maior concentração na amostra é o Fe com 0,40 mg/L (Tabela 2). Considerando que segundo a RDC nº 269 de 2005 a ingestão diária recomendada de Fe é de 14 mg.⁽²²⁾ Para Chaves Júnior (2014) o ferro é reconhecido como um nutriente essencial para a vida à mais de um século. Homens adultos saudáveis possuem cerca de 3,6 g de ferro corporal, enquanto as mulheres tem cerca de 2,4 g. Faz parte da formação da hemoglobina, oxidação celular e participa de reações enzimáticas, a sua carência leva anemia hipocrômica e microcítica, glóbulos vermelhos diminuídos, palidez, fraqueza, fadiga, falta de ar e cefaléia. O seu excesso leva a convulsões, náuseas, vômito hipotensão e paladar metálico.⁽²¹⁾

A concentração de K no óleo foi de 0,11 mg/L (Tabela 2). De acordo com Costa (2014) e Chaves Júnior (2014) cerca de 85% do potássio ingerido pela dieta é absorvido. É um eletrólito importante para a transmissão nervosa, contração muscular, equilíbrio de fluidos no organismo, manutenção do líquido intracelular, frequência cardíaca, produção de energia, e síntese de proteínas e ácidos nucleicos. A carência leva a alguns sintomas como cansaço, fadiga, fraqueza, dores musculares, hipotensão, vômitos e dilatação cardíaca.^(20,21)

Os quatros minerais mais abundantes (Ca, Fe, Na e K) na amostra, também foram encontrados por Oliveira et al (2010) tanto na polpa como na amêndoa do pequi (Figura 1).⁽²³⁾ O Na foi o terceiro mineral mais encontrado na amostra, com 0,31 mg/L (20,96%). O óleo de pequi apresentou 0,09 mg/L de Cr. Considerando que segundo a RDC nº 269 de 2005 a ingestão diária recomendada de Cr é de 35 mg/L.⁽²²⁾ O Ni foi o mineral que apresentou a menor concentração, 0,003 mg/L, correspondendo a 0,19% de todos os minerais presentes no óleo de pequi (Tabela 2).

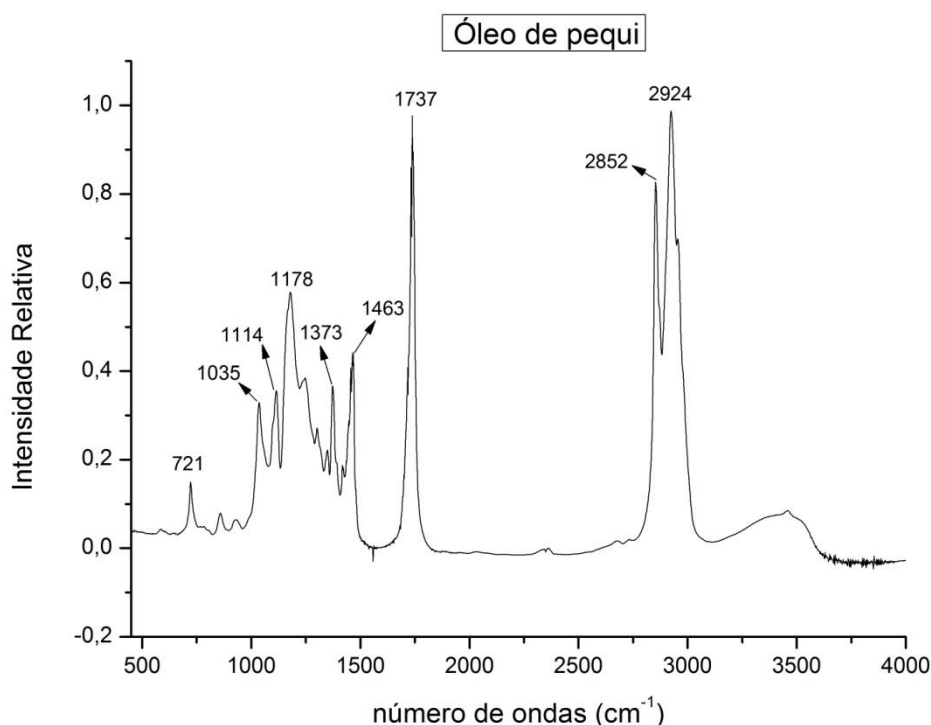
Com vistas a minimizar os riscos à saúde humana é indispensável o estabelecimento de regulamentos técnicos sobre contaminantes em alimentos, como a RDC Nº42, de 29 de agosto de 2013 e a Portaria nº 685, de 27 de agosto de 1998. Estes regulamentos técnicos estabelecem os limites máximos de tolerância dos contaminantes: chumbo e cádmio, nos tipos de metais relacionados na Tabela 2. O limite máximo de Pb para óleos e gorduras é 0,10 mg/kg para ambas as regulamentações. O óleo de pequi apresentou 0,09 mg/kg de chumbo, estando conforme.

Não foi estabelecido o limite máximo de Cd para óleos e gorduras, mas o menor limite máximo para os alimentos presentes nestes regulamentos foi 0,02 mg/kg. E a amostra estudada apresentou 0,007 mg/kg, estando bem abaixo limite para todos alimentos constantes na RDC N°- 42/2013 e na Portaria N° 685/1998.^(24,25)

4.5 ESPECTROSCOPIA DE ABSORÇÃO NA REGIÃO DO INFRAVERMELHO

Segundo Allinger (1978) os espectros na região do infravermelho são regularmente usados pelos químicos orgânicos para facilitar a identificação de grupos funcionais. Os resultados são comparados através dos espectros de compostos conhecidos com espectro de compostos desconhecidos e assim identificar os grupos funcionais presentes nos desconhecidos. Na Figura 1, percebeu-se no espectro que a intensidade relativa é próxima de 1,0 (100%), significando que o óleo de pequi é transparente a radiação daquelas frequências.⁽²⁶⁾

Figura 1. Espectro no infravermelho do óleo de pequi.



Fonte: o próprio autor.

Segundo Silverstein (2000), as regiões mais importantes do espectro na região do infravermelho estão no início e no final do mesmo, e compreendem as faixas de 4000-1300 cm⁻¹ (2,5-7,7 μm) e 900-690 cm⁻¹ (11-15,4 μm). O que explica que segundo Allinger

(1978) a região de frequência de 721 cm^{-1} (intensidade media) presente na Tabela 1, seja geralmente considerada não tão relevante. A ausência de bandas fortes na região de $900\text{-}690\text{ cm}^{-1}$ ($11\text{-}15,4\text{ }\mu\text{m}$) indica ausência de esqueleto aromático na estrutura.^(26,27)

Tabela 3. Frequência de absorção dos grupos funcionais no infravermelho do óleo de pequi.

Frequência (cm^{-1})	Intensidade	Grupo	Classe de compostos
2924	Muito forte	C -- H	Alcano
2852	Muito forte	C -- H	Alcano
1737	Muito forte	C = O	Éster
1463	Forte	--CH ₂ --	----
1373	Forte	----	Éster
1178	Forte	C – O	Álcool, éster, ácido carboxílico, éter
1114	Forte	----	Ester
1035	Forte	----	Ester
721	Media	C -- H	Alcano

Fonte: o próprio autor.

Na região inicial do espectro foram encontradas as seguintes frequências de alta intensidade: 2924 cm^{-1} , 2852 cm^{-1} , 1737 cm^{-1} , 1463 cm^{-1} e 1373 cm^{-1} . Representando as ligações C-H da cadeia carbônica dos ésteres para os três primeiros respectivamente (Tabela 3). Notou-se nas fortes bandas de absorção a 3000 e 1300 cm^{-1} , que segundo Alliger (1978), resultam dos movimentos de deformação axial angular da ligação C -- H. Se observa também a forte absorção na região de 1737 cm^{-1} atribuindo a vibração de deformação axial da carbonila (C=O).^(26,27)

De acordo com Silverstein (2000) a região intermediária, que compreende a faixa de $1300\text{-}900\text{ cm}^{-1}$ ($7,7\text{-}11\text{ }\mu\text{m}$) é conhecida como região de impressão digital por ser muito importante para a determinação da estrutura. De acordo com Alliger (1978), o óleo apresentou nessa região uma deformação axial de C – O a 1178 cm^{-1} . Sendo possível uma das seguintes classes de compostos: Álcool, éster, ácido carboxílico e éter (Tabela 3). Um éster sempre exibe uma ou duas bandas fortes na região de $1300\text{-}1000\text{ cm}^{-1}$. As três bandas fortes (1178 cm^{-1} , 1114 cm^{-1} e 1035 cm^{-1}) próximas a 1200 cm^{-1} se referem ao grupo funcional éster. Determinando o grupo funcional característico dos óleos e gorduras que é o caso da amostra analisada.^(26,27)

Conforme Lopes et al (2012) o pequi tem a presença de ésteres metílicos de ácidos graxos de cadeia curta, com predominância do ácido hexanoico ou caproico (C6:0). E o hexanoato de etila constituiu 52% dos voláteis encontrados no pequi. Estes ésteres metílicos contribuem para o aroma de frutas tropicais, o que explicaria a formação do aroma frutal típico do pequi.⁽¹⁸⁾

4.6 ENSAIOS MICROBIOLÓGICOS

É muito importante a realização do controle microbiológica dos óleos vegetais. Tanto pelas exigências da Agência Nacional de Vigilância Sanitária frente aos produtos disponíveis para o consumo da população quanto pelo fato de que a contaminação microbiana pode levar ao comprometimento do desempenho do produto (alterações em suas propriedades físicas e químicas) e, conseqüentemente, a prejuízos a saúde do usuário.⁽¹¹⁾

Sousa (2013) argumenta que a escolha da técnica Pour-Plate para estudar a população microbiana permiti o desenvolvimento de todas as unidades viáveis, possibilitando a determinação quantitativa com maior exatidão dos microrganismos. Também argumenta a importância do método spread plate para a contagem total de fungos filamentosos e leveduras em alimentos.⁽²⁸⁾ Para efetuar a contagem total de bactérias usou-se a técnica de Pour-Plate. E para a identificação de fungos usou-se o método Spread-Plate. Em ambas as técnicas o óleo de pequi não apresentou crescimento bacteriano e fúngico como mostra a Tabela 4. Portanto o produto analisado não apresenta contaminação microbiana e fúngica.

Tabela 4. Análises do crescimento microbiano do óleo de pequi comercializado em feira de São Luis - MA.

Técnicas	Resultados
Pour-Plate	Não se observou crescimento bacteriano
Spread-Plate	Não se observou crescimento de fungos
Número mais provável (NMP)	Não se observou crescimento bacteriano
Placas de cultivo	Não se observou crescimento bacteriano

Fonte: o próprio autor.

Com base em Silva Filho (2007), a avaliação dos coliformes totais é baseada nas características do grupo bastonetes gram-negativos, que produz ácido e gás a partir de lactose. Para detectar estas bactérias utilizou-se o teste presuntivo que presume que os microrganismos que crescem e produzem gás a partir da lactose sejam coliformes. Entretanto, como não há outras informações sobre o microrganismo, são necessários outros testes confirmatórios, mas em nenhuma das triplicadas do teste, a amostra estudada apresentou formação de gás no caldo lauril, logo, resultado negativo para presença de coliformes fecais (Tabela 4), não sendo necessários os testes confirmatórios.⁽²⁹⁾

Segundo Silva Filho (2007), o estudo dos microrganismos, identificação e a avaliação de suas populações nos diferentes materiais e ambientes requerem seu cultivo. As placas para cultivo são ideais para o crescimento desses microrganismos. Os meios de

cultura são substratos adequados ao crescimento, multiplicação e desenvolvimento de microrganismos fora do seu habitat natural. Para o cultivo foram utilizados os meios de culturas: Agar sangue, Agar MacConkey, Manitol e Cetrimida. Em nenhum desses meios apresentou crescimento bacteriano (tabela 4). Confirmando os resultados dos testes microbiológicos anteriores, mesmo submetendo a amostra a diferentes meios, o que permite o crescimento de um grande numero de espécies microbianas.⁽²⁹⁾

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A avaliação dos resultados das análises químicas e microbiológicas permitiram constatar que o óleo de pequi se encontra conforme os padrões de qualidade exigidos. Pois embora o óleo de pequi não siga os padrões de produção, estocagem, transporte e armazenamento mais adequados, ele não sofreu comprometimento das suas propriedades físico-químicas e microbiológicas.

O óleo de pequi apresentou os seguintes metais: cálcio (0,49 mg/L), ferro(0,40 mg/L), sódio (0,31 mg/L), potássio (0,11 mg/L), cromo(0,09 mg/L), chumbo (0,09 mg/L), cádmio (0,006 mg/L) e níquel (0,002 mg/L). Juntos possuem função plástica, reguladoras e nutricionais do organismo.

Na análise do espectro na região do infravermelho foi identificado bandas fortes (1737 cm^{-1} , 1373 cm^{-1} , 1178 cm^{-1} , 1114 cm^{-1} e 1035 cm^{-1}) que se referem as ligações C=O e C-O do grupo funcional éster. Um grupo característico dos óleos e gorduras.

Essas conformidades na qualidade do óleo de pequi aliados aos benefícios nutricionais, terapêuticos e aproveitamento da planta como o todo, torna o pequi de extrema importância econômica, medicinal, gastronômica e nutricional. Permitindo um maior desenvolvimento do extrativismo do fruto do piquizeiro, constituindo-se uma importante atividade econômica, geradora de renda e emprego.

REFERÊNCIAS

- Oliveira LR. Avaliação dos compostos fenólicos e das propriedades antioxidantes da polpa do pequi (*Caryocar spp*) processado e *in natura*. São Paulo, 2010.
- Batista JS. et al. Avaliação da atividade cicatrizante do óleo de pequi (*Caryocar coriaceum* wittm) em feridas cutâneas produzidas experimentalmente em ratos. Arq. Inst. Biol., São Paulo, v.77, n.3, p.441-447, jul./set., 2010.
- Carrazza LR, D'Ávila JCC. Manual tecnológico de aproveitamento integral do fruto do pequi. Brasília – DF. Instituto Sociedade, População e Natureza (ISPN). Brasil, 2010. 48 p.; il. - (Série Manual Tecnológico).
- Oliveira MEB, Guerra NB, Barros LM, Alves RE. Aspectos agrônômicos e de qualidade do pequi. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2008.
- Ribeiro MC. Óleo de pequi: qualidade físico-química, teor de carotenóides e uso em animais com carência de vitamina a. – Lavras : UFLA, 2010. 85 p. : il.
- Santos et al. Avaliação físico-química e sensorial do pequi (*Caryocar brasiliensis camb.*) Submetido à desidratação. Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais, Campina Grande, v.12, n.2, p.115-123, 2010.
- Aquino LP, Ferrua FQ, Borges SV, Antoniass R, Correa JLG, Cirillo MA. Influência da secagem do pequi (*Caryocar brasiliense camb.*) Na qualidade do óleo extraído - Ciênc. Tecnol. Aliment., Campinas abr.-jun. 2009; 29(2): 354-357.
- Pianovski AR, Vilela AFG, Silva AAS, Lima CG, Silva KK, Carvalho VFM, Musis CR. Uso do óleo de pequi (*Caryocar brasiliense*) em emulsões cosméticas: desenvolvimento e avaliação da estabilidade física - Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas Brazilian Journal of Pharmaceutical Sciences 2008; vol. 44, n. 2, abr./jun.
- Brasil RV, Cavallieri ÂLF, Costa ALM, Gonçalves MÁB. Caracterização física e química do óleo de pequi exposto a diferentes condições de armazenamento. Universidade Federal de Goiás (UFG), PIBIC 2010/2011.
- Instituto Adolfo Lutz (São Paulo). Métodos físico-químicos para análise de alimentos /coordenadores Odair Zenebon, Neus Sadocco Pascuet e Paulo Tiglea -- São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2008. p. 1020.
- Brasil. Farmacopeia Brasileira, v. 1. 5. ed. Brasília, DF: ANVISA; 2010.
- Brasil. Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). Resolução nº 482, de 23 de setembro de 1999. Regulamento técnico para fixação de identidade e qualidade de óleos e gorduras vegetais. Diário Oficial da União, Brasília-DF, v. 196, 13 out. 1999. Seção I, p. 82-87.
- Deus TN. Extração e caracterização de óleo do pequi (*Caryocar brasiliensis Camb.*) para o uso sustentável em formulações cosméticas óleo/água (o/a). 2008. 75 f. Dissertação (Mestrado em Ecologia e Produção Sustentável) - Universidade Católica de Goiás, Goiânia, 2008.

Brasil. ANVISA. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC nº 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, DF, 23 set. 2005. Disponível em: <<http://portal.anvisa.gov.br/legislacao#/visualizar/27630>> Acesso em: 29 nov 2016. Brasil.

Facioli NL, Gonçalves LAG. Modificação por via enzimática da composição triglicéridica do óleo de piqui (*Caryocar brasiliense Camb*). Química Nova 19; 21(1), 1998.

Barbosa EA, antunes RA, farias TM, lopes NPS. Análise da Qualidade do Óleo de Pequi Produzido e Comercializado no Município de Januária-MG, Brasil. Rev. Bras. De Agroecologia/nov. 2009 Vol. 4 No. 2.

Costa CL et al. Caracterização físico-química de óleos fixos artesanais do coco babaçu (*Orbignya phalerata*) de regiões ecológicas do estado do Maranhão, Brasil. Pesquisa em Foco, São Luís, vol. 20, n. 1, p. 27-38. 2015. ISSN: 2176-0136.

Lopes et al. Composição de ácidos graxos em polpa de frutas nativas do cerrado. Rev. Bras. Frutic., Jaboticabal - SP, v. 34, n. 2, p. 635-640, Junho 2012.

Freitas NM, Santos AMCM, Moreira LRMO. Avaliação fitoquímica e determinação de minerais em amostras de *Hibiscus sabdariffa L* (vinagreira). Cad. Pesq.UFMA, São Luís, v. 20, n. 3, set./dez. 2013.

Costa MHA, Santos AMCM, Batista MCA, Moreira LRMO. Avaliação da composição química da hortaliça couve-flor (*Brassica oleracea L.*) comercializada em São Luís – MA. Revista Florence. Instituto Florence de Ensino Superior, São Luís – MA. v. 4, n. 1, p.28-35, Maio 2014.

Chaves Júnior JS, Santos AMCM, Batista MCA, Moreira LRMO. Avaliar a composição química da casca da laranja (*Citrus sinensis*) obtida em feira de São Luís – MA. Revista Florence. Instituto Florence de Ensino Superior, São Luís – MA. v. 4, n. 1, p.19-26, Julho 2014.

Brasil. Ministério da Saúde. Visalegis: Legislação em Vigilância Sanitária. Resolução da Diretoria Colegiada - RDC n. 269, de 22 de setembro de 2005. Regulamento Técnico sobre a Ingestão Diária Recomendada (IDR) de Proteína, Vitaminas e Minerais. Disponível em: <http://portal.anvisa.gov.br/documents/33916/394219/RDC_269_2005.pdf/2e95553c-a482-45c3-bdd1-f96162d607b3>. Acesso em: 29 nov 2016. Brasil.

Oliveira MEB et al. Características químicas e físico-químicas de pequis da chapada do araripe, Ceara. Rev. Bras. Frutic., Jaboticabal - SP, v. 32, n. 1, p. 114-125, Março 2010.

Brasil. Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). Resolução - RDC Nº- 42, de 29 de agosto de 2013. Dispõe sobre o Regulamento Técnico MERCOSUL sobre Limites Máximos de Contaminantes Inorgânicos em Alimentos. Diário Oficial da União, Brasília-DF, v. 168, 13 agosto 2013. Seção I, p. 33-34.

SVS/MS - Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância Sanitária. Portaria nº 685, de 27 de agosto de 1998. Aprova o Regulamento Técnico: "Princípios Gerais para o Estabelecimento de Níveis Máximos de Contaminantes Químicos em Alimentos" e seu Anexo: "Limites máximos de tolerância para contaminantes inorgânicos". D.O.U. - Diário Oficial da União; Poder Executivo, de 28 de agosto de 1998.

Allinger NL, Cava MP, Jongh DC, Johnson CR, Lebel NA, Stevens CL. Química Orgânica, 2. Ed. Rio de Janeiro: Guanabara dói, 1978.

Silverstein RM, Bassler GC, Morrill TC. Identificação espectrométrica de compostos orgânicos. 6. ed. Rio de Janeiro: Guanabara, 460p, 2000.

Sousa AWB, Cardoso Filho FC, Costa APR, Carneiro RM, Paixão IO, Muratori MCS. Contagem de fungos filamentosos e leveduras em camarões salgados secos comercializados em Teresina-PI. *Acta Veterinaria Brasilica*, v.7, n.2, p.171-175; 2013.

Silva Filho GN, Oliveira VL. Microbiologia: manual de aulas práticas. 2. ed. rev. Florianópolis: Ed. da UFSC, 2007. 42-115p.