

DOI: <http://dx.doi.org/10.20435/multi.v27i67.3352>  
Recebido em: 27/04/2021; aprovado para publicação em: 22/04/2022

**Efeito de tecnologia de frio para conservação de óleo da  
amêndoa de bacuri**

***Effect of cold technology for the conservation of bacuri  
almond oil***

***Efecto de la tecnología frío para la conservación de aceite de  
almendra de bacuri***

Mayara Pereira Vasconcelos<sup>1</sup>  
Fabiane La Flor Ziegler Sanches<sup>2</sup>

---

<sup>1</sup> Mestre em Biotecnologia pela Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Alimentos e Nutrição (FACFAN) da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS).  
Nutricionista em Campo Grande, MS. E-mail: [mayara.mpv@gmail.com](mailto:mayara.mpv@gmail.com),  
Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-0805-8875>

<sup>2</sup> Doutora em Alimentos e Nutrição pela Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP). Docente do Curso de Nutrição e do Programa de Pós-Graduação em Biotecnologia da Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Alimentos e Nutrição (FACFAN) da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS), Campo Grande, MS. E-mail: [fabiane.sanches@ufms.br](mailto:fabiane.sanches@ufms.br),  
Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-0096-3697>

**Resumo:** O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito da conservação do óleo da amêndoa de bacuri pelos métodos de congelamento lento e rápido sobre suas características físico-químicas, em diferentes tempos de armazenamento. As amostras de óleos obtidas foram divididas para receber congelamento lento (-18°C) e rápido (-22°C). As análises dos índices de iodo, saponificação e refração foram analisadas nos tempos de T0, T1 (55 dias) e T2 (75 dias), enquanto o índice de acidez e peróxido foram realizados em T0, T1 (50 dias), T2 (70 dias) e T3 (80 dias). Houve diferença significativa ( $p < 0,05$ ) no índice de iodo no tempo T1, enquanto o índice de saponificação e acidez nos tempos T1 e T2 teve valores superiores para o óleo de congelamento lento. No índice de peróxido, não houve diferença significativa entre os métodos de congelamento. A tecnologia de frio mostrou-se eficiente para aumentar a vida útil do óleo de bacuri.

**Palavras-chave:** frutos do Cerrado; óleos vegetais; lipídios; ultracongelamento; *Attalea phalerata* Mart. ex Spreng.

**Abstract:** This work aimed to evaluate the effect of preservation of bacuri almond oil by slow and fast freezing methods on its physical and chemical characteristics, in different storage times. We divided the oil samples obtained to receive slow (-18°C) and fast (-22°C) freezing. The analyzes of the iodine, saponification, and refraction indices were analyzed at T0, T1 (55 days), and T2 (75 days), while the acidity and peroxide index were performed at T0, T1 (50 days), T2 (70 days), and T3 (80 days). There was a significant difference ( $p < 0.05$ ) in the iodine index at time T1, while the saponification and acidity index at times T1 and T2 had higher values for slow freezing oil. In the peroxide index, there was no significant difference between the freezing methods. The cold technology proved to be efficient to increase the useful life of bacuri oil.

**Keywords:** Cerrado fruits; vegetable oils; lipids; deep freezing; *Attalea phalerata* Mart. ex Spreng.

**Resumen:** El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de la conservación del aceite de almendra de bacuri por métodos de congelación lenta y rápida sobre sus características físicas y químicas, en diferentes tiempos de almacenamiento. Las muestras de aceite obtenidas se dividieron para recibir una congelación lenta (-18°C), rápido (-22°C). Los análisis de los índices de yodo, saponificación y refracción se analizaron en T0, T1 (55 días) y T2 (75 días), mientras que los índices de acidez y peróxido se realizaron en T0, T1 (50 días), T2 (70 días) y T3 (80 días). Hubo una diferencia significativa ( $p < 0.05$ ) en el índice de yodo en el tiempo T1, mientras que el índice de saponificación y acidez en los momentos T1 y T2 tuvo valores más altos para el aceite de congelación lenta. En el índice de peróxido, no hubo diferencia significativa entre los métodos de congelación. La tecnología en frío demostró ser eficaz para aumentar la vida útil del aceite de bacuri.

**Palabras clave:** frutos de Cerrado; aceites vegetales; lípidos; congelación profunda; *Attalea phalerata* Mart. ex Spreng.

## **1 INTRODUÇÃO**

O Brasil tem 204 milhões de hectares da região de Cerrado, aproximadamente 25% do seu território nacional. Esta região apresenta grande diversificação faunística e florística em suas diferentes fisionomias vegetais. Existem mais de 58 espécies de frutas nativas nesta região que apresentam elevados teores de açúcares, proteínas, lipídios, vitaminas, sais minerais e compostos bioativos. Adicionalmente, têm elevados valores nutricionais, sendo riquíssimas também em antioxidantes que podem prevenir várias doenças.

Neste contexto, existem diversos frutos do Cerrado com potencial econômico, os quais podem ser processados pela população local. Entretanto, os trabalhos científicos a respeito de suas características químicas e do valor nutritivo ainda são insuficientes.

O bacuri (*Attalea phalerata* Mart. ex Spreng.) pertence à família Palmae, sendo amplamente distribuído nos Estados de Mato Grosso do Sul e Mato Grosso. O fruto verde é encontrado o ano inteiro nessas regiões. A polpa apresenta cor variando entre amarelo e laranja, devido a seu conteúdo de carotenoides, principalmente de betacaroteno, alfacaroteno, luteína, zeaxantina e licopeno. Por ser um fruto com períodos de safra, a estocagem e o processamento para obtenção de farinha possibilitariam o seu consumo mesmo durante o período de entressafra, reduzindo inclusive perdas.

São encontrados em grandes quantidades, na farinha da amêndoa de bacuri, elevados teores de lipídio (70,96%) e proteína (10,60%). Adicionalmente, o óleo da polpa é rico especialmente no ácido oleico, um ácido graxo monoinsaturado benéfico à saúde humana. No entanto, a caracterização em termos de perfil de ácidos graxos, bem como de sua qualidade nutricional, ainda precisa ser mais bem explorada na amêndoa desse fruto.

A perda de qualidade e vida de prateleira dos alimentos é um tema de amplo interesse, uma vez que em todos os estágios de processamento de alimentos ocorrem possíveis contaminações ocasionadas por microrganismos, enzimas e reações do oxigênio com o ar, alterando suas estruturas biológicas primárias. A tecnologia de alimentos desenvolve métodos e processos com o objetivo de reduzir as perdas, aumentar a disponibilidade

de alimentos e a validade do produto e, conseqüentemente, manter as características físico-químicas e nutricionais.

A conservação de alimentos envolve características físicas, químicas e biológicas, objetivando manter o alimento mais invariável possível. A conservação pelo uso do frio é um dos métodos mais utilizados em alimentos de origem animal e vegetal; logo, inibe ou retarda a proliferação de microrganismos, retarda também as reações químicas e enzimáticas, além de preservar as características iniciais dos nutrientes.

Entretanto, as baixas temperaturas promovem a formação de cristais de gelo durante o congelamento e, dependendo da velocidade deste processo, formam-se grandes ou menores cristais, podendo alterar a integridade de componentes celulares e, conseqüentemente, alterar as características originais do alimento. Desta forma, a menor formação de cristais de gelo, além dos seus tamanhos menores, ocasionaria impactos menos significativos sobre a condição do produto, considerando-se a aplicação de maior velocidade de congelamento.

É importante a identificação dos fatores intrínsecos e extrínsecos que levam às alterações sensoriais e químicas, as quais diminuem consideravelmente o tempo de vida de prateleira e a qualidade do produto. Para tal, a conservação de alimentos pelo método do frio fundamenta-se em preservar as características iniciais dos nutrientes e retardar a progressão de deterioração dos alimentos sem aditivos químicos. Assim, o presente estudo teve o objetivo de avaliar o efeito da conservação pelos métodos de congelamento lento e do congelamento rápido/ultracongelamento sobre as características físico-químicas do óleo da amêndoa de bacuri, em diferentes tempos de armazenamento.

## **2 METODOLOGIA**

### **2.1 Materiais**

Os frutos foram coletados em Campo Grande, nas coordenadas geográficas -20.4600517, -54.5962478, no Estado de Mato Grosso do Sul, apresentando o número do cadastro A516D8E do Sistema Nacional de

Gestão do Patrimônio Genético e do Conhecimento Tradicional Associado (SisGen), e transportados até os laboratórios da Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Alimentos e Nutrição (FACFAN) da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS). A floração do fruto é contínua durante todo o ano, enquanto a frutificação ocorre, normalmente, entre os meses de outubro e fevereiro (DAMASCENO JÚNIOR; SOUZA, 2010). Entretanto, os períodos de coleta dos frutos do presente estudo ocorreram entre os meses de julho e agosto de 2018.

## **2.2 Métodos**

### **2.2.1 Processamento dos frutos**

Os frutos coletados foram trazidos para o Laboratório de Preparo, Avaliação e Conservação de Amostras (LAPAC) da FACFAN/UFMS e passaram por procedimentos de limpeza em água corrente para remoção de sujidades presentes nas cascas. A desinfecção foi realizada com solução clorada a 200 ppm (0,02%), por 15 minutos, e as amostras receberam o enxague em água posterior. Após procedimentos iniciais de higienização, os frutos foram acondicionados em sacos plásticos escuros (marca V.A. Plast), por 15 dias, na sua forma íntegra, em temperatura ambiente.

Para obter a amostra de amêndoas, foi necessário 11,75 kg de fruto integral, que foram colocados em estufas de circulação forçada de ar a 45°C, por 24h, e houve redução do peso de 15,5%. O rendimento final de amêndoas na forma integral foi de 3,5%. Após a secagem, os frutos foram quebrados em equipamento adaptado e as amêndoas foram retiradas, acondicionadas em sacos plásticos da marca Rende Mais® (dimensões 25 cm x 35 cm), envolvidas com papel alumínio e com identificação e mantidas sob refrigeração por 7 dias.

As amêndoas de bacuri obtidas foram transportadas em bolsa térmica para a empresa Nutribel, em Campo Grande, MS, para realizar o armazenamento pelo método a frio. As amostras foram divididas em dois grupos, de acordo com os tipos de conservação distintos: a primeira amostra de amêndoas do fruto foi congelada em freezer horizontal a -18°C (freezer

marca Eletrolux, modelo H500), por período de 3 horas, enquanto a segunda amostra de amêndoas foi ultracongelada a  $-22^{\circ}\text{C}$  (ultracongelador marca Nova Climática, modelo Ultracold), por 30 minutos. Após a aplicação dos métodos de congelamento lento e rápido supracitados, ambas as amostras foram armazenadas em freezer convencional a  $-18^{\circ}\text{C}$ , por um período de 19 dias, conforme ilustrado na Figura 1.

Figura 1- Processamento das amêndoas de bacuri para obtenção do óleo



Legenda: (A) Palmeira de bacuri. (B) Frutos higienizados na estufa de circulação de ar. (C) Equipamento adaptado para a quebra dos frutos. (D) Amêndoas de bacuri. (E) Moinho. (F) Farinha integral. (G) Farinha integral em cartuchos submersos no éter de petróleo. (H) Rotaevaporador a  $45^{\circ}\text{C}$ . (I) Ultracongelador para o congelamento rápido do óleo. Fonte: Elaborada pelas autoras.

### 2.2.2 Obtenção do óleo

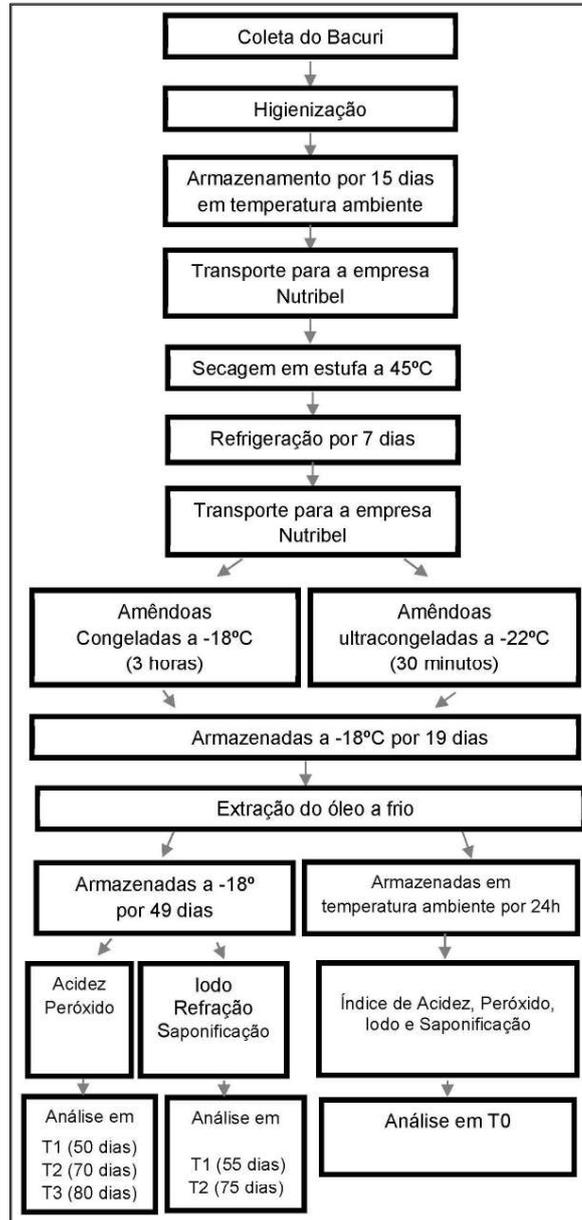
As amêndoas foram descongeladas sob refrigeração, por 24 horas, e mantidas sob temperatura ambiente para trituração. Para este procedimento,

utilizou-se o moinho (marca TECNAL, modelo TE-631), para constituir uma farinha de base integral.

Para a obtenção do óleo, utilizou-se um método químico de extração a frio, com utilização do solvente. Na extração com rotaevaporador, utilizou-se o éter de petróleo como solvente. As amostras foram colocadas em cartuchos de celulose, cerca de 100 g de amostra em cada cartucho, e armazenadas em dois frascos de vidro. Em seguida, foi adicionado 1 litro de éter de petróleo em cada recipiente, para que toda a amostra ficasse submersa no solvente. Os frascos foram mantidos em sala escura, com temperatura ambiente, por uma semana. Em seguida, o líquido do frasco foi transferido para balões e acoplados no rotaevaporador a 45°C, para remover o solvente presente na amostra (BRASIL, 2005). A duração dessa etapa foi de 48 horas, e o óleo obtido manteve-se protegido da luz e em refrigeração, por 24 horas.

Posteriormente, o óleo foi solubilizado em banho-maria, a 45°C, sendo acondicionado em potes de vidro devidamente higienizados, e, em seguida, esses foram envolvidos com papel-alumínio, para proteção da luz. Logo após, as amostras de óleo foram submetidas aos métodos de armazenamento a frio de ultracongelamento e congelamento lento, por um período de até 80 dias. Do óleo que não sofreu congelamento, as análises foram realizadas após 24h de extração, sendo esse mantido em temperatura ambiente de armazenamento, nas mesmas condições descritas do acondicionamento, conforme fluxograma da Figura 2.

Figura 2 - Fluxograma do processamento do fruto e da extração do óleo das amêndoas



Legenda: T - Tempo de dias que se realizaram as análises dos índices de óleos e gorduras, após a extração. Fonte: Elaborada pelas autoras.

### **2.2.3 Caracterização físico-química dos óleos**

As análises dos óleos foram realizadas no Laboratório de Físico-Química da FACFAN/UFMS, em tempos distintos de armazenamento, devido à logística laboratorial durante a realização da pesquisa, considerando-se que o protocolo experimental foi baseado nos parâmetros de conservação e qualidade das amostras, conforme preconizado na literatura.

Foram determinados os índices utilizados para identificar e avaliar os óleos vegetais, segundo o padrão de qualidade estabelecido pelo Instituto Adolfo Lutz (2005). Os índices de qualidade de óleos determinados foram de refração (método n. 327/IV) e saponificação (método n. 328/IV); o índice de iodo por método de Wijs (método nº 329/IV) foi analisado em 55 e 75 dias de armazenamento; e os índices de conservação de óleos analisados foram o de acidez (método n. 325/IV) e de peróxido (método n. 326/IV) determinados em 50, 70 e 80 dias de armazenamento.

### **2.3 Análise estatística**

Os dados foram expressos por meio de média e desvio-padrão. O teste de Kolmogorov-Smirnov foi utilizado para verificar a normalidade dos dados, sendo realizada a aplicação do teste T para amostras independentes, na comparação entre o óleo por congelamento rápido e o óleo ultracongelado, e do teste T para amostras pareadas na comparação de cada amostra ao longo do tempo de armazenamento. Foi adotado  $p < 0,05$  como nível de significância. O *software* utilizado foi o *Statistical Package for the Social Sciences* (SPSS).

## **3 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

O estudo das características físico-químicas de óleos e gorduras é considerado importante, por designar ao lipídio suas propriedades por meio das análises de índices que determinam sua qualidade. Os resultados analíticos dos índices de iodo, saponificação e refração estão apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 - Comparação da caracterização físico-química dos índices de qualidade de óleos de bacuri armazenados sob diferentes métodos a frio e tempos

Variáveis*	Tempos	Congelamento Lento	Congelamento Rápido	Valor de p**
Iodo (g I/100 g)	T1	28,18 ±5,02	10,99±4,18	0,010***
	T2	32,52±8,78	36,09±5,23	0,578
Saponificação (mg KOH/g)	T1	197,07±2,16	191,54±2,52	0,045***
	T2	236,82±3,26	198,56±8,71	0,002***
Refratância a 40°C	T1	1,455±0,00	1,455±0,00	---
	T2	1,461±0,00	1,455±0,00	---

T1: 55 dias. T2: 75 dias. \*Valores médios das determinações em triplicata ± desvio-padrão. \*\* Valor p obtido pelo Teste T para amostras independentes representando a comparação entre os métodos a frio, congelado (lento) e ultracongelado (rápido), em cada tempo de armazenamento de cada variável. \*\*\*p<0,05. Fonte: Elaborada pelas autoras (2019).

Verificou-se que houve diferença significativa ( $p < 0,05$ ) no índice de iodo entre as amostras congeladas e ultracongeladas apenas no tempo T1, uma vez que, após 75 dias de armazenamento, não houve diferença entre os métodos com emprego de frio avaliados no presente estudo. Evidencia-se também que, com 55 dias de armazenamento (T1), o valor de iodo no óleo congelado foi superior ao óleo ultracongelado, mostrando maior insaturação na amostra congelada. Destaca-se que o processo de congelamento lento (processo de 3 a 12 horas em temperatura inferior a 0°C, com formação de cristais de gelo) reduz as reações enzimáticas, porém não inativa a oxidação lipídica, enquanto no congelamento rápido (temperaturas inferiores a -18°C, processo completo em alguns minutos) a oxidação de lipídios ocorre em menor velocidade (VASCONCELOS; MELO FILHO, 2010).

Analisando-se a Tabela 1, o índice de iodo no tempo T2 para o congelamento rápido foi numericamente superior ao congelamento lento. Este fato pode ser explicado conforme o estudo de Mendonça *et al.* (2008): quando as insaturações forem rompidas por reações de oxidação, menor será a quantidade de iodo absorvida. Em um estudo com óleo de soja, que é altamente insaturado, foi realizado um ensaio para comparação entre o óleo de soja novo e envelhecido. Os resultados mostraram que o índice de

iodo do óleo novo foi superior ao óleo envelhecido, bem como, na amostra de óleo de soja novo, verificaram-se valores crescentes no índice de iodo, enquanto no óleo envelhecido houve um decréscimo desses valores. Portanto, quanto menor o resultado deste índice em relação ao tempo de armazenamento, maior é a oxidação sofrida no óleo.

No caso do presente estudo, observou-se um aumento nos índices de iodo entre os períodos T1 e T2 para ambos os tratamentos a frio aplicados, sugerindo-se que uma menor oxidação pode ter ocorrido nas amostras durante o tempo de armazenamento. Conforme Silva *et al.* (1999), recomenda-se reduzir a oxidação das insaturações de óleos vegetais com o emprego de processos com menor tratamento térmico e redução de temperaturas na armazenagem. Em destaque, a tecnologia de ultracongelamento empregada na amostra de óleo de bacuri apresentou maior eficiência em relação ao congelamento lento, pois, quanto maior o resultado do índice de iodo em relação ao tempo de armazenamento, menor a oxidação sofrida.

Os valores obtidos no índice do iodo de 28,18 g e 10,99 g l/100 g no tempo T1 das amostras por congelamento lento e rápido, respectivamente, evidenciam que o resultado do valor do óleo no congelamento rápido ficou próximo do estudo realizado por Barreto, Nunomura e Correia (2008), com o óleo da amêndoa de bacuri obtido por prensagem mecânica apresentando 13,5 g l/100 g, enquanto no estudo de Hiane *et al.* (2003) foi analisado o óleo da polpa do fruto por extração a quente, apresentando de 43 g – 46 g l/100 g na amostra *in natura*. De acordo com os estudos mencionados, o óleo da polpa possui maior insaturação do que o óleo da amêndoa.

Os resultados deste estudo mostram que, no índice de saponificação, obteve-se diferença significativa entre as amostras congeladas e ultracongeladas nos tempos T1 e T2, tendo valores superiores para o óleo congelado. Tal fato pode estar relacionado com a conservação do óleo pela metodologia do frio, que não inativa totalmente a oxidação; porém, com o congelamento rápido, essa velocidade diminui com relação ao congelamento lento (VASCONCELOS; MELO FILHO, 2010).

O índice de saponificação é importante para estabelecer o grau de deterioração e a estabilidade, bem como verificar se as propriedades dos óleos estão de acordo com as especificações e identificar possíveis fraudes

e adulterações. A finalidade deste índice é o indicativo relativo à composição de ácidos graxos de alto e baixo peso molecular, assim, um índice de saponificação elevado indica ácidos graxos de pesos moleculares baixos e vice-versa (BRASIL, 2005).

Os óleos vegetais com finalidade alimentícia mais consumidos apresentam maiores valores de saponificação e o peso molecular baixo. No Brasil, a maior parte dos óleos vegetais consumidos apresenta o valor para saponificação de 181 mg a 265 mg KOH/g (2005). Nesse contexto, verificou-se que o valor nas amostras obtidas por congelamento e ultracongelamento ficou dentro desse intervalo de recomendação, indicando um potencial para a comercialização. Entretanto, o óleo de bacuri avaliado no presente estudo denomina-se como “bruto”, devido à extração com solvente, e, para possível comercialização e consumo, seria necessário realizar as etapas de refino (RAMALHO; SUAREZ, 2013).

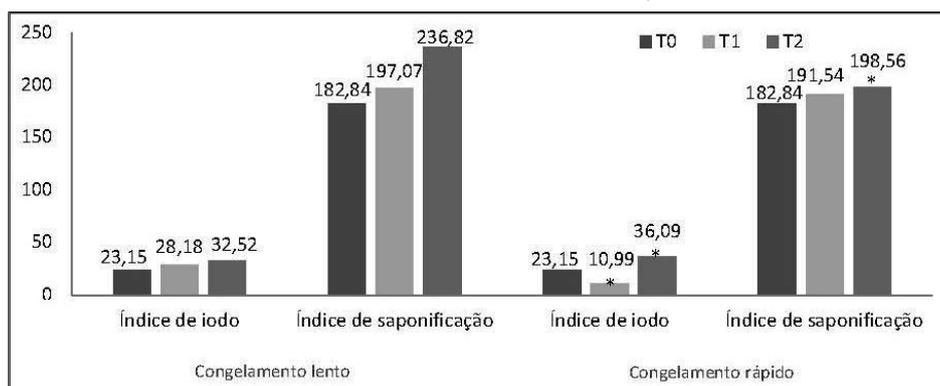
No trabalho de Hiane *et al.* (2003), o índice de refração obtido do óleo da polpa de bacuri foi de 1,457; no estudo de Miyahira *et al.* (2010), obteve-se 1,458 para o óleo da amêndoa do fruto, muito semelhante ao verificado nas amostras do óleo da presente pesquisa, que variaram de 1,455 a 1,461.

O índice de refração é muito usado como critério de qualidade e identidade de óleos e gorduras. Os óleos e as gorduras têm poderes de refração diferentes e, de acordo com sua natureza, desviam, com maior ou menor intensidade, os raios luminosos que os atravessam. Esse índice depende do número de insaturações presentes e do comprimento de cadeia carbônica (CECCHI, 2003).

A composição de ácidos graxos do óleo da amêndoa de bacuri verificada na literatura é predominantemente composta pelo ácido graxo saturado láurico (C12:0), com 37,9%; e pelo ácido graxo poli-insaturado linolênico (C18:3), com 15,5% (BARRETO; NUNOMURA; CORREIA, 2008). Em outro estudo, observou-se um perfil do óleo da amêndoa de bacuri de 35,11% para o ácido graxo láurico e 22,64% para o ácido graxo monoinsaturado oleico (MIYAHIRA *et al.*, 2010).

Os resultados analíticos dos índices de iodo e saponificação na comparação no decorrer do tempo de armazenamento em temperatura ambiente, congelamento lento e rápido estão apresentados na Figura 3.

Figura 3 - Comparação da caracterização físico-química dos índices de qualidade das amostras de óleos de bacuri em temperatura ambiente e armazenadas sob diferentes métodos a frio e tempos



Índice de iodo (g l/100 g), índice de saponificação (mg KOH/g) e índice de refração a 40°C. T0: Óleo que não sofreu congelamento, análises foram realizadas após 24h de extração, sendo ele mantido em temperatura ambiente de armazenamento. T1 – 55 dias. T2 – 75 dias. Valor p obtido pelo Teste T para amostras pareadas representando a comparação de cada amostra ao longo do tempo de armazenamento. \*Diferença significativa ( $p < 0,05$ ) entre cada tempo em relação ao T0. Fonte: Elaborada pelas autoras (2019).

Para a amostra de óleo de bacuri congelada pelo método de congelamento lento, não foi verificada alteração significativa ( $p > 0,05$ ) ao longo do tempo de armazenamento avaliado (T0 vs. T1 vs. T2) para ambas as variáveis analisadas. Por outro lado, na amostra ultracongelada pelo método rápido, percebeu-se que houve diferença significativa ( $p < 0,05$ ) tanto no índice de iodo nos tempos T1 e T2 como no índice de saponificação, no tempo T2 em relação ao T0.

O índice de iodo é um parâmetro usado para avaliar a caracterização da amostra e mensura a insaturação do óleo, sendo que seu valor diminui com aumento da degradação do óleo (TOSCANO *et al.*, 2012). Observou-se que, durante o período de armazenamento pelos métodos a frio, os valores do índice de iodo aumentaram, podendo ser um indicativo de que não houve sua degradação ou de que, se ocorreu, foi mínima.

Quanto ao estado de oxidação de óleos e gorduras, há um grande interesse em sua avaliação, devido a distintos fatores que afetam a qualidade. Os índices obtidos de acidez e de peróxido estão apresentados na Tabela 2.

Tabela 2 - Comparação dos índices de acidez e de peróxido dos óleos de bacuri armazenados sob diferentes métodos a frio e tempos

Variáveis*	Tempos	Congelamento Lento	Congelamento Rápido	Valor de p**
Acidez (mg KOH/g)	T1	0,42 ± 0,21	0,33±0,12	0,006***
	T2	1,16 ± 0,056	0,77±0,84	0,015***
	T3	1,16 ± 0,29	0,96±0,15	0,349
Peróxido (mEq/kg)	T1	0,18 ± 0,17	0,00±0,00	0,150
	T2	0,46 ± 0,11	0,39±0,32	0,729
	T3	1,18 ± 0,24	0,53±0,23	0,057

T1 – 50 dias. T2 – 70 dias; T3 – 80 dias. \*Valores médios das determinações em triplicata ± desvio-padrão. \*\* Valor p obtido pelo Teste T para amostras independentes representando a comparação entre os métodos a frio, congelado (lento) e ultracongelado (rápido), em cada tempo de armazenamento de cada variável. \*\*\* $p < 0,05$ . Fonte: Elaborada pelas autoras (2019).

Os resultados do estudo apresentaram diferença significativa ( $p < 0,05$ ) na variável de acidez entre os óleos de bacuri congelados e ultracongelados nos tempos T1 e T2, nos quais se verificou superioridade nos valores da amostra congelada em comparação ao ultracongelamento, não se diferindo significativamente entre si, com 80 dias de armazenamento ( $p = 0,349$ ). Na RDC n. 270 da ANVISA, a quantidade recomendada para acidez de óleos e gorduras refinados é de 0,6 mg KOH/g. Como mencionado anteriormente, o óleo do estudo não passou por processo de refinação, estava em sua forma bruta, assim justificando os valores encontrados em T2 e T3 ficarem superiores a 0,6 mg KOH/g. Por outro lado, até 50 dias de armazenamento, as amostras de óleo de bacuri congelado e ultracongelado mantiveram valores adequados de acidez, conforme preconizado pela legislação brasileira.

Os índices de acidez e peróxidos são requisitos específicos da RDC n. 270, da ANVISA, por avaliarem o estado de conservação de óleos e gorduras, determinado pela acidez, um processo de alteração do óleo, que pode ser por oxidação, hidrólise e fermentação, sendo o resultado quase sempre uma alteração na concentração dos íons de hidrogênio (BRASIL, 2005).

A decomposição dos triglicerídeos é acelerada por aquecimento, e a luz, no caso de rancidez, é acompanhada da formação de ácido graxo livre. O teor de ácidos graxos livres é um dos parâmetros utilizados para verificar a

estabilidade, sendo o índice de acidez definido como o número de miligramas de hidróxido de potássio necessário para neutralizar os ácidos livres presentes em um grama de óleo, geralmente o ácido oleico (FREIRE *et al.*, 2013).

A temperatura durante o processamento da amêndoa de bacuri e a extração não ultrapassou 45°C, enquanto, para o armazenamento do óleo, distinguiu-se entre o congelamento lento (-18°C) e o ultracongelamento (-22°C), e o tempo de armazenamento para ambas as amostras de óleos foram iguais. Sabe-se que a formação de acidez será crescente, quanto maior o tempo de armazenamento de óleos, como pode ser evidenciado nos resultados do estudo (Figura 4). Este fato explica-se pelos fatores influenciáveis para a oxidação, como a composição de ácidos graxos, as condições de estocagem e o tempo de duração do armazenamento (FREIRE *et al.*, 2013).

Portanto, conforme citados anteriormente sobre os índices de iodo e saponificação, os óleos com maior insaturação contribuirão para a formação de acidez crescente, ou seja, maior será a decomposição lipídica. Como mencionado anteriormente, o óleo da amêndoa de bacuri apresentou 5,12% de ácido linoleico, 22,54% de ácido oleico (MIYAHURA *et al.*, 2010) e 15,5% de ácido linolênico (BARRETO; NUNOMURA; CORREIA, 2008). A composição de ácidos graxos insaturados e o grau de saturação têm influxo importante na oxidação, no qual os ácidos graxos linoleico e linolênico oxidam-se 64 e 100 vezes mais rápido do que o ácido oleico, respectivamente. Além disso, a presença de oxigênio é um fator primordial para a oxidação (OS TIPOS..., 2014). Na pesquisa atual, as amostras foram vedadas com papel-alumínio, para não entrarem em contato com a luz, e cada recipiente foi aberto apenas no momento de análise, uma vez que as reações de oxidação são aceleradas pela exposição à luz, quantidade de oxigênio e temperatura maior de armazenamento (2014).

O índice de peróxido mostra de forma quantitativa o quanto os lipídios da amostra sofreram oxidação, tendo como fatores influenciáveis a composição em ácidos graxos, as condições de estocagem e o tempo. Além disso, são precursores dos compostos finais de degradação (aldeídos, cetonas, álcoois), possibilitando a observação do grau de degradação lipídica (ARAÚJO, 2008).

Apesar dos resultados para o índice de peróxido não apresentarem diferença significativa entre os métodos de congelamento a frio, pode-se

observar tendência de valores inferiores no óleo de bacuri ultracongelado, destacando-se que, no tempo T1, no óleo congelado, identificou-se um valor de 0,18 mEq/kg, enquanto no ultracongelado não foi detectado o índice de peróxido (0,0 mEq/Kg). Com esses resultados, podemos propor que quanto menor a temperatura de congelamento e menor o tempo para total solidificação dos óleos, melhores os índices de conservação que podem ser obtidos. Tal conclusão corrobora o estudo de Souza *et al.* (2013), o qual relata que quanto menor a temperatura para conservar o alimento, mais lentas serão as reações químicas, a atividade enzimática e o crescimento microbiano, destacando que, com o aumento do tempo de armazenamento, a rancificação é crescente em óleos com maior insaturação.

No perfil lipídico do óleo da amêndoa de bacuri, a predominância é de ácido graxo saturado e monoinsaturado por meio da presença do ácido graxo láurico, com 35,11%, e do ácido graxo oleico, com 22,64%, respectivamente (MIYAHIRA *et al.*, 2010). O óleo de soja é um dos mais susceptíveis à oxidação, devido ao perfil lipídico predominante de insaturações (ácido linolênico e linoleico) (JORGE *et al.*, 2018). Nesse sentido, o óleo da amêndoa de bacuri, por apresentar menos insaturações em comparação ao óleo de soja, poderia ser considerado mais resistente à oxidação lipídica.

De acordo com a legislação de óleos e gorduras, esses devem apresentar um índice de peróxido máximo de 10 mEq/kg para óleos refinados (BRASIL, 2005). Apesar dos óleos de bacuri desta pesquisa não serem refinados, os valores obtidos em ambos os métodos de conservação a frio estavam bem inferiores aos valores máximos preconizados na RDC n. 270, de 2005.

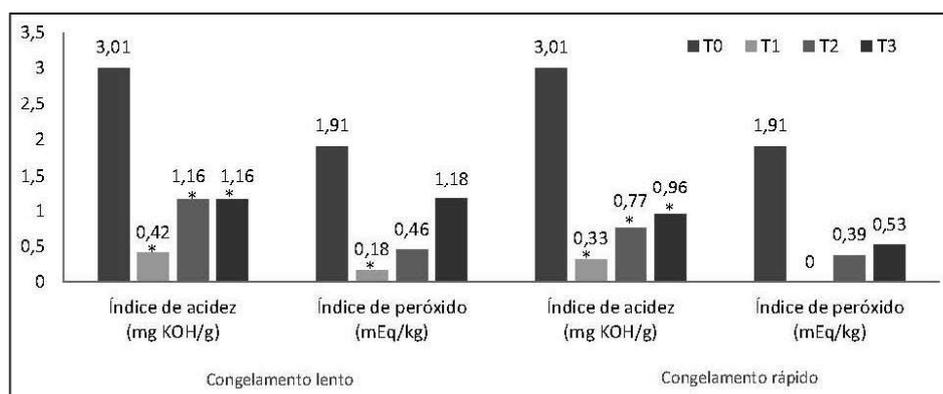
Em um estudo realizado com óleos vegetais insaturados tradicionais na comercialização para consumo da população (milho, soja, girassol, canola), as amostras desses óleos, em suas embalagens originais, foram armazenadas em armários fechados, em temperatura ambiente e na ausência de luz, por oito semanas. Os resultados para o índice de peróxido foram de 0,8204 mEq/kg (óleo de milho), 0,3161 mEq/kg (óleo de canola), 0,7586 mEq/kg (óleo de soja), 0,4714 mEq/kg (óleo de girassol) (FILHO *et al.*, 2013). No óleo da amêndoa de bacuri que sofreu o ultracongelamento, o maior índice de peróxido foi no tempo T3 (80 dias), com resultado de 0,53 mEq/kg, o qual se mostrou inferior aos resultados do óleo de milho e soja, armazenados por

60 dias, enquanto no óleo de bacuri com congelamento lento, no tempo de 70 dias (T2), o índice foi de 0,46 mEq/kg, um resultado inferior ao do óleo de milho, canola e soja.

Diante do exposto, nos óleos com maior perfil de insaturações, como milho, soja, girassol e canola, o processo de rancificação tende a ser crescente e mais intenso quando comparado com óleos com perfil de ácidos graxos contendo menos insaturações, como no caso do óleo das amêndoas de bacuri. Conforme o estudo de Siqueira *et al.* (2016), realizado com óleo da amêndoa de baru (*Dipteryx alata oil*), o teor de peróxido foi de 1,61 mEq/kg, estando adequado de acordo com a RDC n. 270, de 2005, e superior aos valores encontrados para o óleo de bacuri, uma vez que o óleo de baru tem alto grau de insaturações e cerca de 50% de ácido graxo oleico.

Na Figura 4, estão apresentados os resultados de comparação ao longo do tempo de armazenamento dos óleos de bacuri em temperatura ambiente, congelados e ultracongelados, em que se avaliam a oxidação e rancificação lipídica.

Figura 4 - Comparação dos índices de acidez e de peróxido dos óleos de bacuri em temperatura ambiente e armazenados sob diferentes métodos a frio e tempos



T0: Óleo que não sofreu congelamento, análises foram realizadas após 24h de extração, sendo ele mantido em temperatura ambiente de armazenamento. T1 – 50 dias. T2 – 70 dias. T3 – 80 dias. Valor p obtido pelo Teste T para amostras pareadas representando a comparação de cada amostra ao longo do tempo de armazenamento. \*Diferença significativa ( $p < 0,05$ ) entre cada tempo em relação ao T0. Fonte: Elaborada pelas autoras (2019).

Em todos os tempos de armazenamento, as amostras do congelamento lento apresentaram, em relação ao T0 em temperatura ambiente, diferença significativa ( $p < 0,05$ ) no índice de acidez, enquanto para o índice de peróxido apenas no tempo T1 houve diferença significativa ( $p = 0,033$ ).

O valor de acidez para o óleo em T0 foi de 3,01 mg KOH/g, muito superior aos resultados dos óleos congelados e ultracongelados. O valor obtido ficou dentro da recomendação para óleos e gordura prensados a frio e não refinados ( $< 4,0$  mg KOH/g) da RDC n. 270 da ANVISA. Ressalta-se que o óleo permaneceu em temperatura ambiente em frasco de vidro e vedado, para não ter exposição à luz e ao oxigênio, por 24 horas. Após esse período, o único contato com o oxigênio e a luz foi no laboratório, durante o tempo para realizar as análises, não justificando esse alto teor de acidez encontrado.

O processamento do fruto é fundamental para manter a qualidade, desde o momento da coleta do fruto até a extração do óleo, sendo pontos importantes para minimizar a oxidação. No estudo, os frutos permaneceram com casca por 2 meses e 15 dias, e, em seguida, foram secos em estufa (45°C) para a remoção de amêndoas, as quais foram acondicionadas em sacos plásticos escuros e refrigeradas por 7 dias, para completar a coleta, e, posteriormente, houve o congelamento lento e rápido. As amêndoas ficaram congeladas por 19 dias, para posterior extração do óleo, que ficou armazenado congelado por até 80 dias; assim, o óleo de bacuri teve uma resistência de ranço de aproximadamente 6 meses, considerando todo o período de processamento desde a coleta, com base nos resultados do índice de peróxido. De acordo com a *Food Ingredients Brasil* (2014), a cada aumento de 10°C na temperatura, duplica-se a reação do oxigênio com o óleo insaturado, além de maior exposição à luz e ao oxigênio. Uma forma de minimizar este efeito é por meio de refrigeração e congelamento para aumentar a duração de armazenamento.

Segundo um estudo realizado com castanhas-do-pará, os autores avaliaram o armazenamento dessa oleaginosa com o uso de casca e sem, além do emprego de frio (2°C a 15°C), para verificar a resistência à rancificação. Conforme os resultados, a casca mostrou-se eficiente para conservar as amêndoas de agentes oxidantes. As temperaturas baixas de armazenamento

também contribuíram para que as castanhas com casca e descascadas se mantivessem com qualidade por, pelo menos, quatro meses. Conclui-se que o congelamento foi superior na eficiência de conservação de alimentos com relação à refrigeração, e, desta forma, prolongou-se a vida útil do produto (RIBEIRO *et al.*, 1993).

#### **4 CONCLUSÃO**

A conservação pelo emprego da tecnologia de frio mostrou-se eficiente, com destaque para o ultracongelamento em todos os períodos de armazenamento avaliados, evidenciando uma maior conservação e preservação do óleo da amêndoa de bacuri. Os resultados da caracterização físico-química também demonstraram boa estabilidade quanto à rancidez oxidativa, podendo ser uma alternativa de fonte vegetal lipídica para comercialização. Assim, o conhecimento dos frutos do Cerrado em relação à sua composição nutricional pode incentivar sua aplicabilidade de fonte vegetal e fortalecer o desenvolvimento sustentável de matérias-primas regionais, bem como viabilizar uma fonte econômica.

#### **REFERÊNCIAS**

ARAÚJO, L. A. *Estudo das propriedades físicas, químicas e termofísicas de óleos regionais e suas misturas*. 2008. 127 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de alimentos) - Universidade Federal do Pará, Belém, 2008.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária [ANVISA]. *Métodos físicos-químicos para análise de alimentos*. Brasília: Ministério da Saúde, 2005.

CECCHI, H. M. *Fundamentos teóricos e práticos em análise de alimentos*. 2. ed. Campinas: Unicamp, 2003.

DAMASCENO JÚNIOR, G. A.; SOUZA, P. R. *Sabores do Cerrado & Pantanal: receitas e boas práticas de aproveitamento*. Campo Grande: UFMS, 2010.

FILHO, S. T.; SENA, M. F. M.; SILVA, E. R.; MATTOS, U. A.; LEAL, I. P. M. Avaliação do nível de deterioração do óleo vegetal utilizado em estabelecimentos comerciais de Duque de Caxias – RJ. *Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia*

*Ambiental-REGET*, Santa Maria, v. 13, n. 13, p. 2710-715, ago. 2013.

FREIRE, P. C. M.; MANCINI-FILHO, J. M.; FERREIRA, T. A. P. C. Principais alterações físico-químicas em óleos e gorduras submetidos ao processo de fritura por imersão: regulamentação e efeitos na saúde. *Revista de Nutrição*, Campinas, v. 26, n. 3, p. 353-36, maio/jun. 2013.

HIANE, P. A.; BOGO, D.; RAMOS, M. I. L.; RAMOS FILHO, M. M. Carotenoides pró-vitamínicos A e composição em ácidos graxos do fruto e da farinha do bacuri (*Scheelea phalerata* Mart.). *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, Campinas, v. 23, n. 2, p. 206-9, 2003.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. *Normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz: Métodos físico-químicos para análise de alimentos*. 4. ed. Brasília: Ministério da Saúde; Agência Nacional de Vigilância Sanitária, 2005.

JORGE, N.; PIETRO, T. A.; LUZIA, D. M. M.; VERONEZI, C. M. Caracterização fitoquímica do óleo de soja adicionado de extrato de *Portulaca oleracea* L. *Revista Ceres*, Viçosa, v. 65, n. 1, p. 1-6, jan./fev. 2018.

MENDONÇA, M. A.; BORGIO, L. A.; ARAÚJO, W. M. C.; NOVAES, M. R. C. G. Alterações físico-químicas em óleos de soja submetidos ao processo de fritura em unidades de produção de refeição no Distrito Federal. *Ciência e Saúde*, Brasília, v. 19, n. 2, p. 115-22, abr./jun. 2008.

MIYAHIRA, M. A. M.; FAVARO, S. P.; CICONINI, G.; SOUZA, C. F. T.; KORB, R. A. P.; SANTOS, G. P. Caracterização do óleo da amêndoa do bacuri (*Scheelea phalerata* mart.). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MAMONA, 4.; SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE OLEAGINOSAS ENERGÉTICAS, 1., 2010. João Pessoa. *Anais [...]*. João Pessoa: Embrapa Algodão, p. 1827-831, 2010.

OS TIPOS e os efeitos da rancidez oxidativa em alimentos. *Revista Food Ingredients Brasil* [online], São Paulo, n. 29, p. 43-9, 2014.

RAMALHO, H. F.; SUAREZ, P. A. Z. A Química dos Óleos e Gorduras e seus Processos de Extração e Refino. *Revista Virtual de Química*, Niterói, v. 5, n. 1, p. 2-15, jan./fev. 2013.

RIBEIRO, M. A. A.; REGITANO-D' ARCE, M. A. B.; LIMA, U. A.; BAGGIO, C. E. Armazenamento da castanha-do-pará com e sem casca: efeito da temperatura na resistência ao ranço. *Scientia Agrícola*, Piracicaba, v. 50, n. 3, p. 343-48, 1993.

*Efeito de tecnologia de frio para conservação de óleo da amêndoa de bacuri*

SILVA, F. A. M.; BORGES, M. F. M.; FERREIRA, M. A. Métodos para avaliação do grau de oxidação lipídica e da capacidade antioxidante. *Química Nova*, Porto, v. 1, n. 22, p. 94-103, 1999.

SIQUEIRA, A. P. S.; CASTRO, C. F. S.; SILVEIRA, E. V.; LOURENÇO, M. F. C. Chemical quality of Baru almond (*Dipteryx alata* oil). *Ciência Rural*, Santa Maria, v. 46, n. 10, p. 1865-867, out. 2016.

SOUZA, M. C.; TEIXEIRA, L. J. Q.; ROCHA, C. T.; FERREIRA, G. A. M.; LIMA TARCÍSIO, L. Emprego do frio na conservação de alimentos. *Centro Científico Conhecer*, Goiânia, v. 9, n. 16, p. 1027, 2013.

TOSCANO, G.; RIVA, G.; FOPPA PEDRETTI, E.; DUCA, D. Vegetable oil and fat viscosity forecast models based on iodine number and saponification number. *Biomass and Bioenergy*, Oxford, v. 46, p. 511-16, 2012.

VASCONCELOS, M. A. S.; MELO FILHO, A. B. *Conservação de alimentos*. Recife: Ed. UFRPE, 2010.

