



LÍVIA DE PAULA FRADE CALDONAZO

**PROPRIEDADES TÉRMICAS E TEXTURAIS DE OLEOGÉIS
A BASE DE ÓLEO DE AMÊNDOA DE MACAÚBA**

**LAVRAS - MG
2019**

LÍVIA DE PAULA FRADE CALDONAZO

**PROPRIEDADES TÉRMICAS E TEXTURAIS DE OLEOGÉIS A BASE DE ÓLEO
DE AMÊNDOA DE MACAÚBA**

Monografia apresentada ao Departamento de
Ciência dos Alimentos da Universidade Federal
de Lavras como parte das exigências do curso de
Engenharia de Alimentos, para a obtenção do
título de Bacharel em Engenharia de Alimentos.

Prof. Dr. Cleiton Antonio Nunes
Orientador
Mestra Ana Paula Lima Ribeiro
Coorientadora

**LAVRAS - MG
2019**

LÍVIA DE PAULA FRADE CALDONAZO

**PROPRIEDADES TÉRMICAS E TEXTURAIS DE OLEOGÉIS A BASE DE ÓLEO
DE AMÊNDOA DE MACAÚBA**

**THERMAL AND TEXTURAL PROPERTIES OF THE OLEOGEL FORMED BY
MACAÚBA KERNEL OIL**

Monografia apresentada ao Departamento de Ciência dos Alimentos da Universidade Federal de Lavras como parte das exigências do curso de Engenharia de Alimentos, para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Alimentos.

APROVADA em 28 de junho de 2019
Prof. Dr. Cleiton Antonio Nunes - UFLA
Profa. Dra. Sabrina Carvalho Bastos - UFLA
Mestra Ana Paula Lima Ribeiro - UFLA

Prof. Dr. Cleiton Antonio Nunes
Orientador
Mestra Ana Paula Lima Ribeiro
Coorientadora

**LAVRAS - MG
2019**

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Lavras (UFLA) e ao Departamento de Ciência dos Alimentos (DCA) por todas as oportunidades fornecidas durante esse período.

À Fundação de Amparo à Pesquisa de Estado de Minas Gerais (Fapemig) pelo financiamento desde projeto.

À Deus por ter me concedido capacidade e inteligência para realizar este sonho.

Aos meus pais, Luciene e Lupércio, por todos os esforços dedicados a mim nessa jornada e por acreditarem sempre no meu melhor. Essa conquista é graças ao apoio e amor incondicionais que vocês me deram ao longo dessa vida.

À toda a minha família, em especial, meus avós Antônio e Wilma, pelas orações dedicadas a mim, e minha tia Elaine e sua família, pelo apoio mais de perto nesses anos.

Aos meus amigos da graduação, pela amizade, paciência e pelos momentos de alegria. Por estarem ao meu lado e contribuírem para todas as boas memórias dessa etapa.

Ao meu orientador Professor Cleiton, por ter aceito me auxiliar neste momento, pelo ensinamento, ajuda, comprometimento e atenção.

A todos os professores, colaboradores e auxiliares da Universidade Federal de Lavras, por tanto contribuírem para minha formação pessoal e profissional.

RESUMO

Uma tecnologia que tem demonstrado potencial para substituição de gorduras com ácidos graxos *trans* nos alimentos se baseia em óleos estruturados em materiais de alto ponto de fusão, formando os oleogéis, os quais têm a vantagem de usar óleos não modificados, mantendo sua composição original com alto teor de ácidos insaturados, baixo teor de saturados e ausência de *trans*. Como a produção dos oleogéis não demanda necessariamente o uso de óleos refinados ou modificados quimicamente podem ser usados virgens, como o de Macaúba. O óleo da amêndoa desse fruto é rico em ácidos graxos saturados de cadeia curta e média, sendo os ácidos láurico e oleico os mais abundantes, tendo também uma alta estabilidade oxidativa e substâncias bioativas como os carotenoides e tocoferóis. Assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar as características térmicas e texturais de oleogéis a base do óleo de Macaúba, utilizando cera de abelha (CA) e ácido esteárico (AE) como agentes estruturantes. Os oleogéis foram preparados usando óleo da amêndoa da Macaúba com diferentes concentrações (2%, 5% e 10%) e proporções (1:3; 1:1; 3:1) dos agentes estruturantes em questão. O comportamento térmico foi avaliado por meio de um diagrama de fases qualitativo, o qual indicou que as amostras a base de AE necessitaram de maiores concentrações para formar gel no estado sólido. A textura foi avaliada por meio da firmeza, sendo observado que os oleogéis elaborados com CA tiveram valores superiores de firmeza em relação aos oleogéis elaboradas com AE. Observou-se ainda que a CA teve um efeito sinérgico na temperatura de fusão e na firmeza dos oleogéis quando ela foi misturada com AE e a mistura usada como estruturante. Concluiu-se que a cera de abelha teve um maior poder estruturante em relação ao ácido esteárico na formação de oleogéis a base de óleo de amêndoa de Macaúba. Assim, os oleogéis obtidos são potenciais substitutos de gorduras modificadas quimicamente, sendo necessários testes mais aprofundados para entender a aplicabilidade e viabilidade desses oleogéis em cada produto.

Palavras-chave: gorduras; firmeza; palmeira; cera de abelha; ácido esteárico.

ABSTRACT

A new technology that has been showing potential for being used as substitutes of trans fatty acids in food is based in structured oils made by oils with high fusion points, forming oleogels, that has the advantage of using oils with less modifications, maintaining their original compositions with high levels of unsaturated fatty acid, low levels of saturated acids and no *trans* fat. As the production of oleogels does not requires the using of modified oils, the virgins oils can be used, as the Macaúba oil. The Macaúba kernel oil is rich in saturated fatty acids with medium and long chain, and lauric acid and oleic acid are the most abundant of them, having a high oxidative stability and bioactive substances as carotenoids and tocopherols. By that, the main objective of this work was evaluate the thermal and textural properties of oleogels based in Macaúba oil using beeswax and stearic acid as structuring agents. The oleogels were prepared using Macaúba oil in different concentration (2%, 5% e 10%) and proportions (1:3; 1:1; 3:1) of structuring agents. A quality phase diagram was used to evaluate the thermal behavior, which indicated the samples prepared with stearic acid required higher concentrations to form the solid oleogel. The texture was evaluated by firmness, observing the oleogels elaborated with beeswax had higher results of firmness when compared with stearic acid oleogels. Noted yet that beeswax had a synergic effect in fusion temperature and firmness of the oleogels when mixed with stearic acid and used as structuring agents. It was possible to conclude that beeswax had a higher structuring power than stearic acid in formation of oleogels based by Macaúba kernel oil. The oleogels samples can be used as substitutes for chemically modified fats, after being done more studies about the applicability and viability of these oleogels in each product.

Keywords: fatty; firmness; palm tree; beeswax; stearic acid.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1
2. REFERENCIAL TEÓRICO	3
2.1 GORDURAS TRANS: RISCOS PARA A SAÚDE E ESTRATÉGIAS PARA SUBSTITUIÇÃO NOS ALIMENTOS	3
2.2 OLEOGÉIS	4
2.3 ÓLEO DE MACAÚBA	8
3. MATERIAIS E MÉTODOS	11
3.1 EXTRAÇÃO DO ÓLEO DE MACAÚBA	11
3.2 PREPARAÇÃO DAS AMOSTRAS	11
3.3 DIAGRAMA DE FASES QUALITATIVO	11
3.4 ANÁLISE DE TEXTURA	12
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	13
4.1 CARACTERÍSTICAS TÉRMICAS	13
4.2 CARACTERÍSTICAS TEXTURAIS	16
5. CONCLUSÃO	19
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	20

1. INTRODUÇÃO

É conhecido que as gorduras presentes nos alimentos são de grande importância nutricional e tecnológica. São importantes fontes de energia, além de fonte de ácidos graxos essenciais para o bom funcionamento do organismo. Não menos importante, as gorduras exercem grande função tecnológica, sendo responsáveis por conceder as características físicas e sensoriais a produtos alimentícios.

A indústria de alimentos utiliza processos tecnológicos capazes de transformar óleos líquidos em gorduras sólidas. Porém, alguns processos usados nessas transformações podem gerar grandes quantidades de ácidos graxos saturados ou ácidos graxos *trans*. O consumo desses ácidos graxos aumenta a quantidade de lipoproteínas de baixa densidade (LDL) e diminui a quantidade das lipoproteínas de alta densidade (HDL) no metabolismo. Esse efeito favorece o depósito de gorduras nas paredes internas das artérias diminuindo o fluxo de sangue. Assim, o alto consumo desses ácidos está comprovadamente relacionado com o aumento do risco de doenças cardiovasculares e do desenvolvimento de diabetes tipo II (ROCHE, 2005; WOODSIDE, KROMHOUT, 2005). Com isso, o desafio é reduzir a quantidade de gordura saturada e evitar o uso de gordura *trans* em alimentos, modificando o perfil de ácidos graxos das gorduras que ingerimos.

Para isso, novos processos estão sendo estudados para a produção de gorduras vegetais com aplicação tecnológica, objetivando baixos teores de ácidos graxos saturados e ácidos graxos *trans*. Na busca por alternativas que apresentem estrutura e comportamento físico semelhantes às gorduras, encontra-se os oleogéis. Os oleogéis são materiais viscoelásticos, compostos por uma fase líquida oleosa e uma formada por agentes estruturantes. Os agentes estruturantes têm a capacidade de imobilizar a fase oleosa do oleogel. Os principais compostos capazes de formar oleogéis possuem cadeias carbônicas bastante longas, como os ácidos graxos de cadeia longa, álcoois graxos, ceras, ésteres de cera e alcanos (DANIEL; RAJASEKHARAN, 2003).

Os oleogéis têm se apresentando como potenciais substitutos de gorduras modificadas com alto teor de ácidos graxos saturados ou *trans*, uma vez que a sua produção não causa mudança química na estrutura do triacilglicerol e mantém as características nutricionais do óleo sem incremento no teor de ácidos graxos saturados ou *trans* (SUNDRAM et al., 2007). Além disso, é possível usar óleos virgens, os quais podem adicionalmente contribuir com

compostos bioativos, abrindo oportunidades para explorar óleos com características especiais e alternativos aos comerciais, como é o caso do óleo de Macaúba.

A Macaúba (*Acrocomia aculeata*) é uma palmeira que se destaca por apresentar um alto teor lipídico no fruto e pela alta produtividade por área plantada, sendo apontada como uma promissora como fonte de óleo para os setores alimentícios e não alimentícios (PRATES-VALÉRIO; CELAYETA; CREN, 2019). O óleo extraído da amêndoa do fruto é rico em ácidos graxos saturados de cadeia curta e média, sendo os ácidos láurico e oleico os mais abundantes, o que confere ao óleo um ponto de fusão relativamente elevado e uma alta estabilidade oxidativa (COIMBRA; JORGE, 2011), além de substâncias bioativas como os carotenoides e tocoferóis (SCHEX et al., 2018; TEIXEIRA et al., 2010).

Nesse sentido, este trabalho teve como objetivo avaliar características térmicas e texturais de oleogéis formados a partir de óleo de amêndoa de Macaúba com cera de abelha e/ou ácido esteárico. Para isso, foram preparados oleogéis com óleo de amêndoa de Macaúba estruturados com diferentes concentrações cera de abelha ou de ácido esteárico, e ainda com diferentes proporções entre esses dois agentes estruturantes, sendo avaliadas a firmeza e o estado físico em diferentes temperaturas.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 GORDURAS TRANS: RISCOS PARA A SAÚDE E ESTRATÉGIAS PARA SUBSTITUIÇÃO NOS ALIMENTOS

Na década de 80, o National Institute of Health (NIH) estabeleceu que a diminuição do “colesterol ruim”, cientificamente chamado de Lipoproteínas de Baixa Densidade (LDL), e o aumento do “colesterol bom”, Lipoproteínas de Alta Densidade (HDL) resultaria na redução dos riscos de desenvolvimento da Doença Arterial Coronariana que se dá pelo entupimento das artérias, levando a redução do fluxo sanguíneo para o coração. Tempo depois, tornou-se obrigatória, pela determinação da NLEA (Nutrition Labeling and Education Act), a declaração de gorduras saturadas e colesterol nos rótulos dos alimentos. Junto a isso, já haviam estudos associando o consumo de gorduras saturadas e gordura animal ao desenvolvimento da Doença Arterial Coronariana (KODALI, 2014).

A partir disso, as indústrias de alimentos começaram a substituir essas gorduras por gorduras vegetais hidrogenadas. No processo de hidrogenação de óleos e gorduras ocorre uma reação paralela de isomerização das ligações duplas, onde parte dos isômeros *cis* é convertida em isômeros *trans*. Isso ocorre porque os isômeros *trans* são mais estáveis termodinamicamente, ou seja, menos energia é necessária para ocorrer a hidrogenação (KODALI, 2014).

No entanto outro problema passou a ser identificado, levando a restrições em relação ao consumo da gordura *trans* em decorrência dos problemas de saúde associados ao seu consumo. As gorduras *trans*, embora insaturadas, exercem papel diferente no organismo em relação à *cis*. Depois de ingerida, a do tipo *trans* aumenta os níveis da LDL e diminui os níveis de HDL. Assim, se seguiram estudos que corroboraram essas descobertas (KATAN et al., 1995; MENSINK et al., 1992). Uma pesquisa realizada por Martin, Matshushita e Souza (2004) mostrou que um aumento de 20 % na ingestão de gordura *trans* acarreta um aumento de 1 na razão LDL/HDL, elevando em 53% os riscos de desenvolvimento de doenças cardiovasculares.

Para substituição das gorduras *trans* em alimentos há quatro estratégias que podem ser seguidas, sendo elas: modificação da formulação, óleos aprimorados com ácidos graxos oleicos ou saturados, óleos tropicais e seus produtos fracionados, ou a interesterificação. Essas

tecnologias podem ser usadas separadamente ou em conjunto umas com as outras (KODALI, 2014).

Nas mudanças quanto à formulação, pode-se citar a utilização de misturas de gorduras duras ou completamente hidrogenadas com óleos; adição de antioxidantes nos produtos visando aumentar a vida útil e a estabilidade dos mesmos; ou utilização de frações de óleo de palma com uma quantidade desejada de gordura sólida (KODALI, 2014). Já o fracionamento é um processo de cristalização a temperaturas controladas que separa frações de acordo com o seu ponto de fusão. O óleo de palma é adequado para o processo de fracionamento devido ao alto teor de ácidos graxos saturados, apesar de as frações geradas não conterem ácidos graxos *trans*. Por outro lado, processo de interesterificação é utilizado para modificar a distribuição dos ácidos graxos no glicerol, já que a distribuição dos mesmos não é aleatória. A interesterificação pode ser realizada quimicamente ou enzimaticamente, modificando as propriedades dos óleos e gorduras naturais (KODALI, 2014).

Estudos em animais mostraram que o consumo de gorduras interesterificadas teve relação direta com a diminuição da secreção de insulina, causando aumento da relação LDL/HDL, além de aumento da pressão arterial (SUNDRAM et al., 2007). Além disso, um estudo realizado por Magri et al. (2015) mostrou que, conforme o aumento da ingestão de gorduras interesterificadas ingerida durante a gravidez e a lactação de animais, maior o índice de obesidade. Uma pesquisa recente mostrou também que consumo de gorduras interesterificadas ao longo da vida pode estar relacionado a danos oxidativos no cérebro, problemas de memória e modificações de neurotrofinas (proteínas que induzem a sobrevivência, desenvolvimento e a função dos neurónios), que coletivamente podem estar presentes em distúrbios neurológicos (D'AVILA et al., 2017).

Recentemente, outra tecnologia que tem demonstrado potencial para substituição de gorduras com ácidos graxos *trans* nos alimentos se baseia em óleos estruturados em materiais de alto ponto de fusão, formando os oleogéis, os quais têm a vantagem de usar óleos não modificados, mantendo sua composição original com alto teor de ácidos insaturados, baixo teor de saturados e ausência de *trans*.

2.2 OLEOGÉIS

Os óleos e gorduras são essências na dieta humana não só por serem a principal fonte energética, mas também por possuírem elementos como vitaminas e esteroides precursores de

hormônios, além de contribuírem para a aceitação sensorial dos alimentos (GURR; HARWOOD, 1996). Além das qualidades nutricionais, conferem consistência e características de fusão específicas aos produtos que os contêm, atuam como meio de transferência de calor, podendo afetar a estrutura, estabilidade, qualidade na estocagem e características sensoriais dos alimentos (YOUNG, 1985).

Há uma tendência atual no setor alimentício de desenvolver produtos mais saudáveis. Uma das maneiras estudadas de diminuir o risco de doenças provocadas por ácidos graxos *trans* é o desenvolvimento de gorduras sólidas através de óleos vegetais comestíveis não modificados quimicamente, contendo agentes estruturantes (DA PIEVE et al., 2011).

Os oleogéis são definidos como um material viscoelástico composto por uma fase líquida e um agente estruturante, formando uma rede tridimensional. São sistemas semi-sólidos, onde a rede estruturante é capaz de imobilizar a fase líquida. A sua eficiência em formar essas estruturas e as características do oleogel formado dependem da natureza e simetria da molécula, seu peso molecular e de diferenças de solubilidade (PÉREZ-MONTERROZA, 2016).

Uma das principais características que tornam os oleogéis interessantes é o seu potencial para melhorar as características físicas de um produto para uso industrial, sem incrementar seu teor de ácidos graxos saturados ou ácidos graxos *trans*, tornando possível desenvolver produtos com teores mais baixos de ácidos graxos saturados, mantendo suas características reológicas (ROGERS et al, 2006). Uma vez que esse processo não causa qualquer alteração no nível de saturação de ácido graxo ou nas formas de isômeros, é considerado vantajoso, pois pode manter as características promotoras da saúde do óleo. (DASSANAYAKE; KODALI; UENO, 2011).

Para o uso alimentício, o caminho mais fácil para a escolha do agente estruturante é o uso daqueles previamente aprovados pelas agências reguladoras. Os ácidos graxos hidroxilados, ácidos graxos, alcoóis graxos, misturas de ácidos e alcoóis graxos, misturas de fitoesteróis, monostearato de sorbitana, ceras e misturas de lecitina e triestearato de sorbitana são comuns no uso alimentício (HUGHES et al, 2009). O uso de ceras vegetais como agentes estruturantes, por exemplo, traz o benefício de já serem aprovados pelo FDA (Food and Drug Administration), além de já apresentarem satisfação em relação às características tecnológicas e serem de baixo custo e fácil obtenção em comparação a outros estruturantes.

Oleogéis de cera de Candelilla (*Euphorbia antisiphilitica*) vem sendo bastante trabalhados no ramo alimentício. Estudo feito por Mert e Demirkesen (2016) avaliou a

utilização do óleo de canola com cera de Candelilla como alternativa para a substituição da gordura de biscoitos. Utilizou-se para a fabricação de biscoitos óleo puro, oleogel puro e uma mistura de gordura com oleogel. Obteve-se como resultado biscoitos com substituição total usando oleogéis com textura mais próximo a dos biscoitos a base de gorduras comerciais. Porém, tais biscoitos ainda não foram equivalentes aos obtidos com gordura comercial.

De maneira semelhante, Jang et al. (2015) desenvolveram biscoitos usando oleogéis de óleo de canola com cera de Candelilla e avaliaram as propriedades do mesmo. Os autores observaram uma menor resistência térmica e teores de ácidos graxos saturados, reduzido de 52,8% para 8% quando usado o oleogel. Apesar dos biscoitos produzidos com oleogel serem mais macios, eles foram bem aceitos pelos consumidores.

Rocha (2013) utilizou a cera de cana de açúcar para preparar oleogéis a partir do óleo de soja, e comparar suas características com aqueles a base de cera de Candelilla, já utilizada como agente estruturante em outros estudos (TORO-VAZQUEZ, 2007; SÁNCHEZ-BECERRILA, 2018; JANG et al, 2015). Um diagrama de fase mostrou que ambas as ceras podem formar oleogéis com óleo de soja como fase imobilizada. Porém o oleogel a base de cera de cana de açúcar obteve menor resistência térmica e mecânica. Assim, seria necessária uma utilização em maior quantidade da cera de cana de açúcar para a obtenção de um oleogel com características parecidas com aqueles elaborados através da cera de Candelilla.

Da Silva (2018) avaliou as propriedades físicas, térmicas, oxidativas e sensoriais, de margarinas produzidas com a tecnologia oleogel, em comparação com margarina comercial, ao longo da vida de prateleira das mesmas. Concluiu-se que é possível produzir margarinas com melhores propriedades nutricionais mantendo a aparência e vida de prateleira, além de melhorar a estabilidade térmica. Porém, alguns pontos foram observados como a necessidade de melhora do sabor e textura do produto, que foram fatores de fácil detecção por parte dos consumidores e que diferiu as amostras.

O objetivo do estudo feito por Ögütcü (2014) foi comparar o uso da cera de carnaúba e de um monoglicerídeo para o preparo de um oleogel a base de azeite virgem de oliva para ser usado como um produto tipo margarina. Os resultados foram comparados aos de uma margarina comercial quanto às características térmicas, físicas e reológicas. O estudo mostrou que a utilização de oleogéis em um produto espalhável tem grande potencial para ser usado em substituição à margarina tradicional. Em especial, a amostra de com 7% monoglicerídeos se assemelhou mais às propriedades texturais e térmicas da margarina comercial. Além disso, a estabilidade oxidativa dos oleogéis desenvolvidos também foi consideravelmente boa,

tornando os oleogéis uma alternativa de consumo para aqueles que já consomem produtos de azeite virgem de oliva.

Como parte da avaliação da viabilidade de aplicação dos oleogéis em produtos lipídicos, é de extrema importância realizar análises que sirvam para compreender o seu comportamento físico e químico. Assim, conhecendo as propriedades do oleogel em questão, pode-se entender a sua melhor aplicação nos alimentos.

A determinação do comportamento térmico é crucial para a compreensão de como materiais termorreversíveis se comportam. Como as gorduras industriais, os oleogéis apresentam a característica de termorreversibilidade. Assim, eles sofrem mudanças drásticas de fase em função da temperatura, sendo que normalmente acima de uma determinada temperatura se comportam como soluções de polímeros (BASHIR, 1992).

A capacidade de fornecer a textura adequada para os produtos alimentícios específicos é, de modo geral, mensurada pelo comportamento reológico do material, em especial a análise de textura. A compreensão das características reológicas do oleogel é de extrema importância para a indústria, para que os processos possam ser mais adequados e a qualidade dos produtos melhorada (NARINE; MARANGONI, 2002).

A rede formada pelas gorduras permite que os oleogéis tenham comportamento viscoelástico, assim como gorduras plásticas, ou seja, são materiais que apresentam resistência, mas espalham sob ação de trabalho mecânico a uma determinada temperatura, uma característica típica de materiais semissólidos (SHAHIDI, 2009). Para isso, é necessária a existência de uma rede tridimensional formada por um agente estruturante, o qual terá a função principal de imobilizar o óleo em tal estrutura. Entre os principais materiais usados como agentes estruturantes em oleogéis, estão as ceras, como a de abelha, e os ácidos graxos de cadeia longa, como o esteárico.

A cera de abelha é uma cera de origem animal, produzida pelo gênero *Apis mellifera* L. Essa cera possui a aprovação da Food And Drug Administration (FDA, 2018) assim como outras ceras, é capaz de atuar como um agente estruturante comestível para diferentes óleos (DASSANAYAKE; KODALI; UENO, 2009; ROCHA et al., 2013).

Cera de abelha é composta por uma mistura compostos químicos baseados em ácidos com cadeia linear de até 36 carbonos, além dos ácidos hidroxílicos C18, como ésteres, diésteres e triésteres (Fratini et al., 2016). Além de ter um grande potencial para uso como agente estruturante, a cera de abelha também tem sido aplicada como um agente de revestimento, texturizante para base de goma de mascar e como transportador de aditivos. O

oleogel a base de cera de abelha também foi produzido com sucesso com diferentes óleos e aplicado na produção de margarina (ÖĞÜTCÜ; ARIFOĞLU; YILMAZ, 2015), biscoito (YILMAZ; ÖĞÜTCÜ, 2015) e recheios de confeitaria (DOAN et al., 2016).

Já o ácido esteárico é um ácido graxo com cadeia de 18 carbonos e é o segundo ácido graxo saturado mais encontrado naturalmente em gorduras vegetais e animais, depois do ácido palmítico (YE, 2003). Além disso, o ácido também é aprovado pelo FDA (FDA, 2018) e seu consumo já está sendo associado com a redução dos níveis de colesterol LDL (HUNTER; ZHANG; KRIS-ETHERTON, 2010).

O ácido esteárico detém excelentes propriedades, incluindo: elevado ponto de fusão, alta estabilidade química e fusão congruente (WANG; MENG, 2010). O fato de ser abundantemente encontrado torna-o economicamente mais viável que outros ácidos graxos saturados.

Portanto, os oleogéis parecem ser potenciais substitutos de gorduras com alto teor de ácidos graxos saturados ou *trans*. Além disso, podem ser usados óleos virgens na sua elaboração, o que pode contribuir para disponibilidade de compostos bioativos nos produtos, abrindo oportunidades para explorar óleos com características especiais e alternativos aos comerciais, como o óleo de Macaúba.

2.3 ÓLEO DE MACAÚBA

A Macaúba (*Acrocomia aculeata*) é uma palmeira perene, heliófila, de 4 a 15 m de altura, com um estipe cilíndrico fusiforme glabro, densamente acular e anelado. Apresenta de 20 a 40 folhas aglomeradas no ápice do estipe, compósitos pinados, 4 a 5m de comprimento, peciolado; folhetos alternativos desigualmente distribuídos ao longo da coluna vertebral podem conter numerosos espinhos. Inflorescências interfoliares e ramificadas, possuem um ráquis longos com vários ramos de igual tamanho, multifloros. As flores pistiladas estão sempre formando tríades e flores estampadas em grande número no ápice. A espécie é monóica, protogênica e com floração sazonal anual. No Brasil, a Palmeira de Macaúba floresce entre setembro e fevereiro, tendo seu pico em novembro e dezembro (BERTON, 2013; LORENZI, 2006). Já a frutificação ocorre ao longo do ano, e as frutas ficam maduras cerca de um ano após a fertilização (MONTROYA et al., 2015).

A Macaúba é uma das palmeiras mais difundida nos trópicos, encontrada principalmente nas Américas Central e do Sul (HENDERSON et al. 1995). Segundo

Hernández et al (2013) a Macaúba tolera elevadas temperaturas e grandes secas, não sofrendo de doenças, quando comparada a outras culturas. No Brasil, essa espécie possui área de ocorrência desde o Pará até São Paulo, Rio de Janeiro e Mato Grosso do Sul, apresentando vários nomes regionais, entre eles, macaúva, macaíba, bocaiuva, macajuba, mucajá, mucajuba, Macaúba e coco de espinho (LORENZI, 2006). No caso do Brasil, um país com uma longa tradição de agricultura, principalmente de commodities, com uma grande área arável e uma tecnologia agrícola de alto desempenho, a Macaúba deve encontrar todas as condições necessárias para o seu surgimento sustentável como uma nova cultura de oleaginosas para os trópicos (COLOMBO, 2018).

A polpa da Macaúba pode ser consumida in natura ou em preparações culinárias, como sorvetes, sucos, licores, geleias e doces diversos (HIANE et al., 2006). Além disso, apresenta elevados teores de açúcares, proteínas, sais minerais, ácidos graxos, vitaminas do complexo B e carotenoides (MOOZ; CASTELUCCI; SPOTO, 2012). A polpa da fruta caracteriza-se por ter baixa acidez, favorecendo as características sensoriais e principalmente apresentando maior tempo de conservação, devido à minimização do desenvolvimento de microrganismos (MAGRO et al., 2006).

O fruto é uma drupa comestível de 3,0–5,0 cm de diâmetro, globosa, com um mesocarpo fibroso mucilaginoso de várias cores e sabor adocicado. O endocarpo adere fortemente ao mesocarpo e a semente apresenta um grande endosperma, com até quatro sementes por fruto. (BERTON, 2013; HENDERSON et al., 1995; LORENZI et al., 2010). Os frutos compõem-se de aproximadamente 40% de polpa, 33% de endocarpo, 20% de casca e 7% de amêndoa (BERTON, 2013).

Além da sua importância no setor alimentício, a Macaúba tem um alto potencial para a produção de petróleo e para a diversificação de coprodutos com algum potencial de agregação de valor (COLOMBO, 2017).

A Macaúba é uma grande fonte de óleo que pode ser obtido da polpa e da amêndoa. A amêndoa possui cerca de 22 a 50% de proteínas e 34 a 64% de fibras. Assim, após a extração do óleo, a amêndoa pode ser usada como um subproduto para a fabricação de ração animal ou outras formulações alimentícias com o objetivo de aumentar esses nutrientes na dieta. Além disso, foram encontradas concentrações consideráveis de minerais na fruta como: cálcio, magnésio, cobre, manganês, ferro e zinco. (HERNÁNDEZ, 2013; TRENTINI, 2019).

A maior parte do óleo é obtido da amêndoa, e contém altas concentrações de ácidos graxos saturados, principalmente ácido láurico, cerca de 50% da fração lipídica da amêndoa, e

oleico. Além disso, o óleo da amêndoa da Macaúba também apresenta altos níveis de ácido oleico (TRENTINI, 2019; BELÉN CAMACHO, et al. 2005). Apesar do ácido láurico ser um ácido graxo saturado, aos quais são atribuídos efeitos negativos para a saúde, estudos mostram que o consumo regular de certos ácidos graxos saturados, incluindo o ácido láurico, contribui para a prevenção e tratamento da hipertensão em pacientes idosos (NAKAMURA, 2019; ALVES et al, 2017).

Assim, acredita-se que o óleo de amêndoa de Macaúba pode ser usado para obtenção de oleogéis com potencial para substituir gorduras com alto teor de ácidos graxos saturados ou *trans* na elaboração de alimentos.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 EXTRAÇÃO DO ÓLEO DE MACAÚBA

Os frutos da Macaúba foram coletados no estágio maduro e quebrados em uma prensa hidráulica (Marcon, MA098). As amêndoas foram separadas com a ajuda de uma espátula. A extração do óleo de amêndoa de Macaúba foi realizada por esmagamento em prensa contínua Expeller (Home Up Gourmet Yoda). Em seguida o óleo foi centrifugado por 5 min a 4000 rpm (força centrífuga relativa de 2150g) para separação das partículas finas e armazenado sob refrigeração.

3.2 PREPARAÇÃO DAS AMOSTRAS

Os oleogéis foram preparados com 15g da mistura de óleo de Macaúba com ácido esteárico e cera de abelha como agentes estruturantes. As amostras foram preparadas com 2%, 5% e 10% de ácido esteárico, e as mesmas quantidades para as amostras preparadas com cera de abelha, além das amostras com 5% da mistura de cera de abelha e ácido esteárico nas proporções 1:3, 1:1 e 3:1, resultando em 9 amostras distintas.

Para a formação do oleogel, as amostras foram pesadas e aquecidas a 80°C durante 15 minutos, seguindo para a homogeneização no agitador Vortex por 1 minuto e sendo novamente aquecidas por 2 minutos. Esse procedimento foi realizado 3 vezes com cada amostra que, posteriormente, foi armazenada em uma BOD por 24 horas a uma temperatura de 25°C.

3.3 DIAGRAMA DE FASES QUALITATIVO

Para construção de diagramas de fases experimental, as amostras foram colocadas em tubos de vidro de 5 ml tampados e mantidos invertidos em temperaturas de 10 a 40°C, com intervalos de 5°C, sendo cada uma delas mantidas armazenadas por um período de 24 horas. Foi avaliada visualmente a mudança de fases sendo descrita como sólido, líquido espesso ou líquido.

Materiais que não fluíram foram nomeados como sólido, materiais que fluíram parcialmente foram nomeados como líquido espesso e os materiais que fluíram completamente foram nomeados como líquidos (ROCHA, 2013).

3.4 ANÁLISE DE TEXTURA

As amostras foram pré-condicionadas a 15°C por 24 horas. A firmeza das amostras foi determinada utilizando um texturômetro (TA.XT.plus) realizadas no modo de penetração de acordo com as seguintes condições: velocidade de pré-ensaio de 1,0 mm/s, velocidade de teste de 2,0 mm/s, velocidade pós-teste de 2,0 mm/s, distância de 12 mm e uma compressão com uma sonda de alumínio 5 mm de diâmetro cilíndrico.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A princípio, por meio de análise visual, foi constatado que é possível obter materiais na forma de oleogéis a partir de óleo de amêndoa de Macaúba estruturado com cera de abelha ou ácido esteárico. Verificou-se ainda que o aspecto desses oleogéis muda em função do tipo de agente estruturante e da sua concentração. Para uma descrição mais precisa do aspecto dos oleogéis obtidos, eles foram analisados quanto a características térmicas e texturais.

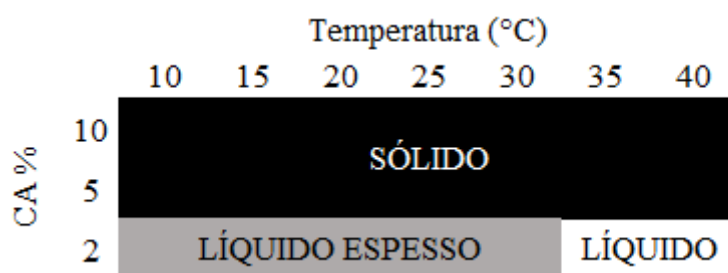
4.1 CARACTERÍSTICAS TÉRMICAS

O processo de gelatinização é a consequência da associação de estruturas microcristalinas capazes de construir uma rede tridimensional, forte o suficiente para aprisionar a fase oleosa, formando assim um oleogel (MARTINS et al., 2016).

A fim de avaliar o estado físico dos oleogéis em diferentes temperaturas, foi construído um diagrama de fases qualitativo, em que o estado visual das amostras foi classificado como “sólido”, “líquido espesso” ou “líquido”.

Considerando um mesmo agente estruturante, a única variável estudada foi a proporção do mesmo. Portanto, o aumento dessa concentração deve estar diretamente relacionado com a mudança de fase do oleogel. As amostras contendo 5% ou mais de cera de abelha conseguiram se manter como oleogel mesmo na temperatura mais elevada avaliada (40°C) (Figura 1). Pela observação dos resultados das 3 proporções, à medida que se aumenta a concentração do agente estruturante, mais elevado deve ser a temperatura de fusão do produto. Observou-se também que para a concentração de 2% de cera de abelha, o mesmo apresenta característica de líquido espesso em temperatura ambiente (25°C). Essa característica é determinante para a correta aplicação do oleogel em produtos alimentícios, já que a depender da aplicação seria necessária uma maior concentração do agente estruturante para se ter estruturas mais firmes.

Figura 1 – Diagrama de fases das amostras de oleogel de óleo de amêndoa de Macaúba com cera de abelha (CA).



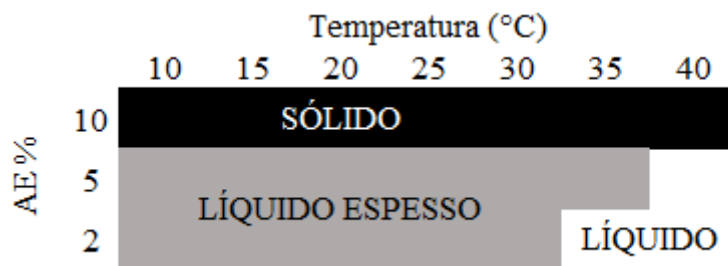
Fonte: Do autor (2019)

Em Martins et al. (2016), estudou-se a influência da concentração de cera de abelha como agente estruturante, assim como o tipo de óleo (cadeia média ou longa nos triacilgliceróis) no processo de gelatinização. Observou-se que apenas amostras com concentrações maiores que 4% de cera de abelha obtiveram características semelhantes às características de um oleogel, sendo que em temperaturas acima de 40°C e 35°C, para cadeia média e longa respectivamente, os oleogéis começaram a se fundir.

As diferenças encontradas entre os dois trabalhos podem ter origem da composição de ácidos graxos dos óleos utilizados em cada pesquisa, resultando em diferentes pontos de fusão dos oleogéis. No perfil de composição do óleo da amêndoa de Macaúba observa-se que o mesmo possui majoritariamente ácidos graxos saturados em sua composição, o que contribui para um maior ponto de fusão (DUARTE, 2010). Estudos demonstraram que quanto maior o teor de saturação do óleo utilizado, menor quantidade de agente estruturante necessária para a formação do gel (SAGIRI, 2015; MARTINS et al., 2016).

Para as amostras elaboradas com ácido esteárico observou-se que apenas a partir da concentração de 10% de agente estruturante houve a formação de uma estrutura sólida (Figura 2). A amostra contendo 5% de ácido esteárico se manteve em estado líquido espesso até 40°C, onde se fundiu por completo. Já a amostra com 2% sofreu essa transformação a uma temperatura mais baixa (35°C). Constatou-se, portanto, que a concentração de ácido esteárico requerida para conferir a estrutura sólida no oleogel foi maior que a requerida de cera de abelha.

Figura 2 - Diagrama de fases das amostras de oleogel de óleo amêndoa de Macaúba a base de ácido esteárico (AE).

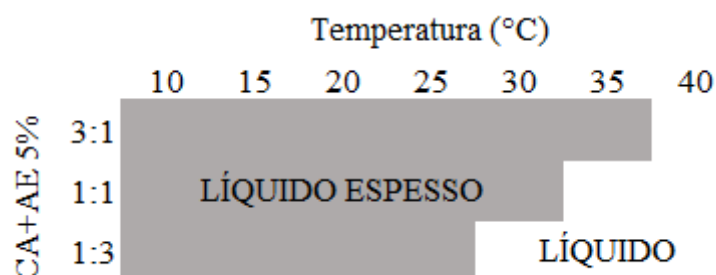


Fonte: Do autor (2019)

Em Sagiri (2015), avaliou-se o papel do ácido esteárico nas propriedades físico químicas dos oleogéis de óleo de soja e gergelim. Para isso, prepararam-se amostras com concentrações de ácido esteárico variando de 1 a 25% para cada óleo. Ao determinar o ponto crítico de gelatinização, observou-se o comportamento de oleogel a 25°C apenas acima das concentrações de 16% e 19% de ácido esteárico para óleos de gergelim e soja respectivamente. No presente estudo, a formação do oleogel a base de óleo de amêndoa de Macaúba utilizando o ácido esteárico como agente estruturante ocorreu com concentração a partir de 10%, o que corrobora a influência do perfil de composição de ácidos graxos no comportamento térmico do oleogel.

O efeito da mistura de cera de abelha e ácido esteárico sobre as características de fusão também foi avaliado.

Figura 3 – Diagrama de fases das amostras de oleogel de amêndoa de Macaúba preparadas com misturas de cera de abelha (CA) e ácido esteárico (AE).



Fonte: Do autor (2019)

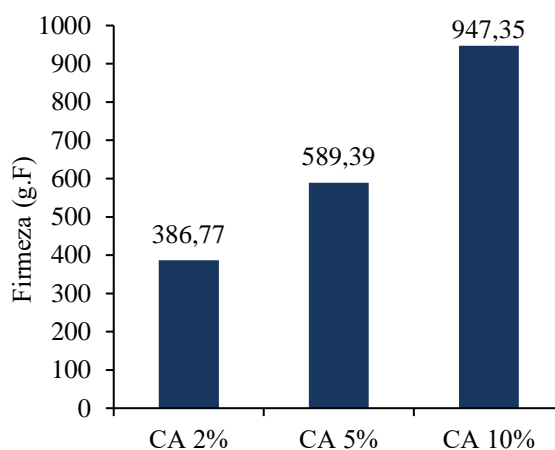
Percebeu-se que a composição mista de agentes estruturantes no oleogel de óleo de amêndoa de Macaúba não gerou um oleogel homogêneo e sólido (Figura 3). Observou-se ainda que, mesmo com aspecto de líquido espesso ou líquido, quanto maior a concentração de

cera de abelha, maior foi a temperatura de fusão completa da mistura. Isso está de acordo com o que foi observado quando cada agente estruturante foi usado separadamente, ou seja, para uma mesma concentração, a cera de abelha tem maior poder estruturante que o ácido esteárico. Constatou-se também, como o esperado, que, devido a quantidade de ambos os agentes estruturantes nas proporções das misturas não ser equivalente ou superior àquela concentração mínima observada nas amostras individuais, o oleogel não formou uma estrutura sólida.

4.2 CARACTERÍSTICAS TEXTURAIIS

Em produtos alimentícios, a determinação das propriedades texturais tem grande importância tecnológica, principalmente quando se deseja fazer a comparação entre produtos similares. Além disso, a análise dessas propriedades pode ser usada para a correlação com a aceitação do produto pelos consumidores. Assim, a textura dos oleogéis obtidos foi determinada por meio da firmeza.

Gráfico 1 – Firmeza das amostras de oleogel de óleo de amêndoa de Macaúba com cera de abelha (CA).



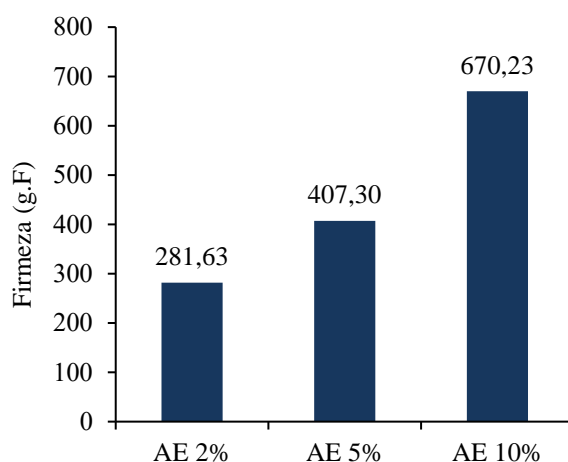
Fonte: Do autor (2019)

O oleogel com 2% de Cera de Abelha em sua composição apresentou a menor firmeza, a qual aumentou proporcionalmente à quantidade de agente estruturante (Gráfico 1). Silva et al. (2018) elaborou margarinas usando oleogel e avaliou aspectos físicos, térmicos, oxidativos e sensoriais. A firmeza do oleogel de óleo de amêndoa de macaúba com 2% de cera de abelha foi próximo ao reportado nesse trabalho para uma margarina comercial (cerca de 400gF) e superior aos encontrados para margarinas elaboradas com oleogel (inferior a

100gF). Isso sugere que um oleogel de óleo de amêndoa de macaúba com baixo teor de cera de abelha pode ter bom desempenho na manutenção da textura de margarinas.

Em Yilmaz e Ögütcü (2014) foi avaliada a produção de oleogel de óleo de avelã utilizando cera de abelha e monoglicerídeo como agentes estruturantes. Para isso, amostras foram preparadas com 3, 7 e 10% de cada agente, as quais apresentaram firmeza de 8,20, 114,87 e 545,79 gF respectivamente. Tais valores são menores do que os encontrados no presente estudo, o que também pode ser explicado pelo tipo de óleo utilizado e sua composição de ácidos graxos, sendo que o óleo de avelã tem composição majoritariamente insaturada, sendo necessárias maiores concentrações de agentes estruturantes para obtenção de valores elevados de firmeza.

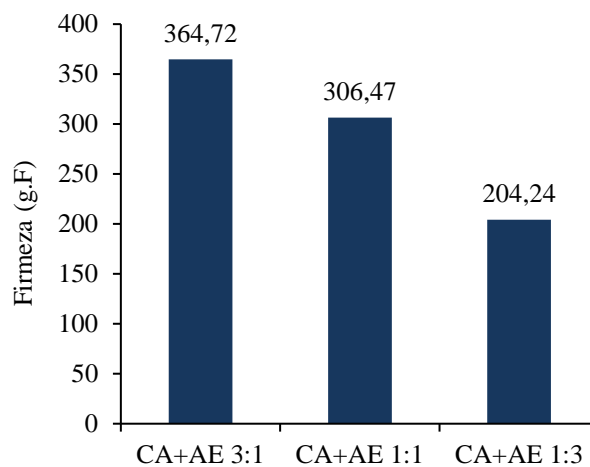
Gráfico 2 – Firmeza das amostras de oleogel de óleo amêndoa de Macaúba a base de ácido esteárico (AE).



Fonte: Do autor (2019)

A firmeza dos oleogéis preparados com ácido esteárico aumentou proporcionalmente à concentração do agente estruturante, mas foram inferiores às firmezas apresentadas pelas amostras elaboradas com cera de abelha em cada concentração (Gráfico 2). Assim, seria necessária uma maior concentração de ácido esteárico para obter uma firmeza equivalente ao produto preparado com cera de abelha. Novamente pode-se inferir que a cera de abelha tem maior poder estruturante que o ácido esteárico.

Gráfico 3 – Firmeza das amostras de oleogel de amêndoa de Macaúba preparadas com misturas de cera de abelha (CA) e ácido esteárico (AE).



Fonte: Do autor (2019)

Ao considerar a firmeza dos produtos obtidos a partir da combinação dos agentes estruturantes (Gráfico 3) constatou-se que quanto maior a proporção de cera de abelha em relação ao ácido esteárico, maior foi a firmeza. Quando se compara a textura dos produtos elaborados com 5% das misturas de cera de abelha e ácido esteárico com a textura das amostras elaboradas com 5% de cada agente individualmente (Gráficos 1 e 2), verifica-se que a mistura comprometeu a firmeza dos oleogéis, independente da proporção. No entanto, ainda assim, foi observado um efeito sinérgico da cera de abelha na mistura com ácido esteárico sobre a firmeza dos oleogéis. O efeito de misturas de agentes estruturantes sobre a textura também foi objeto de análise de outros autores. Yang et al (2017) avaliaram características de oleogéis preparados com óleo de girassol com a utilização de β -Sitosterol (Sit) e ácido esteárico. Amostras foram produzidas utilizando 20% de misturas dos agentes estruturante em diferentes proporções. Apesar da firmeza ter aumentado com a proporção de ácido esteárico, foi verificada um ponto em que a firmeza do oleogel com 1:4 Sit:AE foi maior que naquele com 0:1. Os autores concluíram que a presença de Sit nessa proporção contribui para preencher espaços entre os cristais de ácido esteárico na rede estruturante, aumentando assim a firmeza do material. Portanto, a firmeza do oleogel pode ser modulada pela proporção dos agentes estruturantes em casos onde misturas são usadas, além da concentração total de estruturante.

5. CONCLUSÃO

Foi possível obter oleogéis de óleo de amêndoa de Macaúba estruturados com cera de abelha ou ácido esteárico. Misturas de óleo de amêndoa de Macaúba com cera de abelha formaram oleogéis com proporções menores de agente estruturante quando comparado a misturas com ácido esteárico. Assim, a cera de abelha teve um poder estruturante maior que o ácido esteárico na formação de oleogéis com óleo de amêndoa de Macaúba. Portanto, esses oleogéis têm potencial tecnológico para serem substitutos de gorduras modificadas quimicamente na elaboração de alimentos. Porém, testes na elaboração de produtos, bem como análises sensoriais são necessárias para avaliar a real aplicabilidade e viabilidade da substituição desses oleogéis desenvolvidos em cada tipo de aplicação a ser realizada.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVES, N. F. B.; DE QUEIROZ T. M.; TRAVASSOS R. A.; MAGNANI M.; BRAGA V. A. Acute Treatment with Lauric Acid Reduces Blood Pressure and Oxidative Stress in Spontaneously Hypertensive Rats. **Basic & Clinical Pharmacology & Toxicology**, v. 120, p. 348–353, 2017.
- BASHIR, Z. Thermoreversible gels of polyacrylonitrile. **Journal of Polymer Science Part B: Polymer Physics**, v. 30, p. 1299, 1992.
- BELÉN-CAMACHO, D. R.; LÓPEZ, I.; GARCÍA, D.; GONZÁLEZ, M.; MORENO-ÁLVAREZ, M. J.; MEDINA, C. Evaluación físico-química de la semilla y del aceite de corozo (*Acrocomia aculeata* Jacq.). **Grasas Aceites**, v. 56, p. 311–316, 2005.
- BERTON, L. H. C. **Avaliação de populações naturais, estimativas de parâmetros genéticos e seleção de genótipos elite de Macaúba (*Acrocomia aculeata*)**. Tese de Doutorado em Agricultura Tropical e Subtropical - Instituto Agronômico de Campinas, Campinas, 2013.
- CAMPOS, R. Experimental Methodology. **Fat Crystal Networks**, v. 41, n. 3, p. 267–348, 2005.
- COIMBRA, M. C JORGE, N. Characterization of the Pulp and Kernel Oils from *Syagrus oleracea*, *Syagrus romanzoffiana*, and *Acrocomia aculeata*. **Journal of Food Science**, v. 76, p. 1156-1161, 2011.
- COLOMBO, C. A.; BERTON, L. H. C.; DIAZ, B. G.; FERRARI, R. A. Macaúba: a promising tropical palm for the production of vegetable oil. **Oilseeds & fats Crops and Lipids**, v. 25, n 1, 2018.
- D'AVILA, L. F.; DIAS, V. T.; VEY, L. T.; MILANESI, L. H.; ROVERSI, K.; EMANUELLI, T.; BÜRGER, M. E.; TREVIZOL, F.; MAURER, H. L. Toxicological aspects of interesterified fat: Brain damages in rats. **Toxicology Letters**, v. 276, p. 122-128, 2017.
- DA PIEVE, S.; CALLIGARIS, S.; PANOZZO, A.; ARRIGHETTI, G.; NICOLI, M. C. Effect of monoglyceride organogel structure on cod liver oil stability. **Food Research International**, v. 44, p. 2978-2983, 2011.
- DA SILVA, T. L.; CHAVES, K. F.; FERNANDES, G. D.; RODRIGUES, J. B.; BOLINI, H. M. A.; ARELLANO, D. B. Sensory and Technological Evaluation of Margarines With Reduced Saturated Fatty Acid Contents Using Oleogel Technology. **Journal of the American Oil Chemists' Society**, v. 95, p. 376-685, jun. 2018.
- DANIEL, J.; RAJASEKHARAN, R. Organogelation of plant oils and hydrocarbons by long-chain saturated FA, fatty alcohols, wax esters, and dicarboxylic acids. **Journal of the American Oil Chemists' Society**, v. 80, n. 5, p. 417-421, 2003.
- DASSANAYAKE, L.S.K.; KODALI, D.R.; UENO, S. Formation of oleogels based on edible lipid materials. **Current Opinion in Colloid Interface Science**, v. 16, p. 432–439, 2011.

DASSANAYAKE, L.S.K.; KODALI, D.R.; UENO, S. Physical properties of rice bran wax in bulk and organogels. **Journal of the American Oil Chemists' Society**, v. 86, 1163–1173, 2009.

DOAN, C. D.; PATEL, A. R.; TAVERNIER, I.; DE CLERCQ, N.; RAEMDONCK, K. V.; DE WALLE, D. V.; DELBAERE, C.; DEWETTINCK, K. The feasibility of wax-based oleogel as a potential costructurant with palm oil in low-saturated fat confectionery fillings. **European Journal of Lipid Science and Technology**, v. 118, p.1903–1914, 2016.

DUARTE, I. D.; ROGÉRIO, J. B.; ANTONIASSI, R.; BIZZO, H. R.; JUNQUEIRA, N. T. V. Variação da composição de ácidos graxos de óleos de polpa e amêndoa de Macaúba. In: Congresso da Rede Brasileira de Tecnologia de Biodiesel, 4.; Congresso Brasileiro de Plantas Oleaginosas, Óleos, Gorduras e Biodiesel, 7., 2010, Belo Horizonte. Biodiesel: inovação tecnológica e qualidade: **anais**: trabalhos científicos. Lavras: UFLA, 2010. v. 1, p. 63-64.

FDA. U.S. Food and Drug Administration. **Food Additive Status List**. 2018. Disponível em: <https://www.fda.gov/food/food-additives-petitions/food-additive-status-list>. Acesso em: 31 de maio 2019.

FRATINI, F. CILIA, G.; TURCHI, B.; FELICOLI, A. Beeswax: A minireview of its antimicrobial activity and its application in medicine. **Asian Pacific Journal of Tropical Medicine**, v. 9, p. 839–843, 2016.

GURR, M.; HARWOOD, J. Lipid Biochemistry: An Introduction. **Chapman & Hall**, p. 162-243, 1996.

HENDERSON A, GALEANO G, BERNAL R. **Field guide to the palms of the Americas**, Princeton (NJ): Princeton University Press, 1995. 352 p.

HERNÁNDEZ, B. C. R.; HERNÁNDEZ, J. Z.; DE ALBA VERDUZCO, J. E. G.; FRIER, J. P. D.; BARRIOS, E. P.; MARTÍNEZ, M. A. G. Importância agroecológica del coyol (Acrocomia mexicana Karw, ex Mart.). **Estudios Sociales**, v. 21, p. 97–113, 2013.

HIANE, P. A.; BALDASSO, P. A.; MARANGONI, S.; MACEDO, M. L. R. Chemical and nutritional evaluation of kernels of bocaiuva, *Acrocomia aculeata* (Jacq.) Lodd.. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 26, n3, p. 683-689, 2006.

HIMAWAN, C.; STAROV, V. M.; STAPLEY, A. G. F. Thermodynamic and kinetic aspects of fat crystallization. **Advances in colloid and interface science**, v. 122, n. 1-3, p. 3–33, 2006.

HUGHES, P. A.; BRIERLEY, S. M.; MARTIN, C. M.; BROOKES, S. J.; LINDEN, D. R.; BLACKSHAW, L. A. Post-inflammatory colonic afferent sensitisation: Different subtypes, different pathways and different time courses. **Gut**, v. 58, p. 1333–1341, 2009.

HUNTER, J.E.; ZHANG, J.; KRIS-ETHERTON, P.M. Cardiovascular disease risk of dietary stearic acid compared with trans, other saturated, and unsaturated fatty acids: a systematic review. **The American Journal of Clinical Nutrition**, v. 91, p. 46–63, 2010.

- JANG, A.; BAE, W.; HWANG, H.; LEE, H. G.; LEE, S. Evaluation of canola oil oleogels with candelilla wax as an alternative to shortening in baked goods. **Food Chemistry**, v. 187, p. 525-529, 2015.
- KATAN, M. B.; ZOCK, P. L.; MENSINK, R. P. *Trans* Fatty Acids and Their Effects on Lipoproteins in Humans. **Annual Review of Nutrition**, v. 15, p. 473–493, 1995.
- KODALI, D. R., *Trans* Fats: Health, Chemistry, Functionality, and Potential Replacement Solutions. In: KODALI, D. R. **Trans Fats: Replacement Solutions**. Urbana, Illinois: AOCS Press, 2014, p. 1- 41.
- LORENZI, G. M. A. C. **Acrocomia aculeata (jacq.) Lodd. ex Mart. - Arecaceae: bases para o Extrativismo Sustentável**. 2006. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2006.
- MAGRI, T.P.R. FERNANDES, F. S.; SOUZA, A. S.; LANGHI, L. G.; BARBOZA, T.; MISAN, V.; MUCCI, D. B.; SANTOS, R. M.; NUNES, T. F.; SOUZA, S. A.; DE MELLO COELHO, V.; DO CARMO, M. T. Interesterified fat or palm oil as substitutes for partially hydrogenated fat in maternal diet can predispose obesity in adult male offspring. **The American Journal of Clinical Nutrition**, v. 14, p. 242-248, 2015.
- MAGRO, N. G. D.; COELHO, S. R. M.; HAIDA, K. S.; BERTÉ, S. D.; DE MORAES S. S. Comparação físico-química de frutos congelados de Butiá *Eriosepatha* (Mart.) Becc. do Paraná e Santa Catarina – Brasil. **Revista Varia Scientia, Cascavel**, v. 06, n. 11, p.33, 2006.
- MARTIN, C. A.; MATSHUSHITA, M.; SOUZA, N. E. Ácidos graxos *trans*: implicações nutricionais e fontes na dieta. **Revista de Nutrição**, v.17 n.3, 2004.
- MARTINS, A. J.; CERQUEIRA, M. A.; FASOLIN, L. H.; CUNHA, R. L.; VICENTE, A. A. Beeswax organogels: Influence of gelator concentration and oil type in the gelation process. **Food Research International**, v. 84, p. 170 – 179, 2016.
- MENSINK, R. P.; ZOCK, P. L.; KATAN, M. B.; HORNSTRA, G. Effect of Dietary *Cis* and *Trans* Fatty Acids on Serum Lipoprotein[a] Levels in Humans. **The Journal of Lipid Research**, v. 33, p. 1493–1501,1992.
- MERT, B.; DEMIRKESEN, I. Reducing saturated fat with oleogel/shortening blends in a baked product. **Food Chemistry**, v. 199, p. 809– 816, 2016.
- MONTOYA, S. G.; MOTOIKE, S.; KUKI, K. N.; DE OLIVEIRA, C. M.; HONÓRIO, I. G. Registro da presença e danos causados por coleopteros em macaúba. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 35, p. 159–162, 2015.
- MOOZ, E. D.; CASTELUCCI, A. C. L.; SPOTO, M. H. F. Potencial tecnológico e alimentício de frutos de Macaúba *Acrocomia Aculeata* (Jacq.) Lodd. **Revista Brasileira de Pesquisa em Alimentos**, v. 3, n. 2, p. 86-89, 2012.
- NAKAMURA, H. Relationship between saturated fatty acid intake and hypertension and oxidative stress. **Nutrition**, v. 61, p. 8-15, 2019.
- NARINE, S. S.; MARANGONI, A. G. Structure and mechanical properties of fat crystal networks. **Advances in food and nutrition research**, v. 44, p. 33–145, 2002.

- ÖĞÜTCÜ, M.; YILMAZ, E. Oleogels of virgin olive oil with carnauba wax and monoglyceride as spreadable products. **Grasas y Aceites**, v.65, 2014.
- ÖĞÜTCÜ, M.; ARIFOĞLU, N.; YILMAZ, E. Preparation and characterization of virgin olive oil-beeswax oleogel emulsion products. **Journal of the American Oil Chemists' Society**, v. 92, p. 459 - 471, 2015.
- PRATES-VALÉRIO, P.; CELAYETA, J. M. F.; CREN, E. C. Quality Parameters of Mechanically Extracted Edible Macauba Oils (*Acrocomia aculeata*) for Potential Food and Alternative Industrial Feedstock Application. **European Journal of Lipid Science and Technology**, v. 121, 1800329.
- PÉREZ-MONTERROZA, E. J.; CIRO-VELÁSQUEZ, H. J.; TOBÓN, J. C. A. Study of the crystallization and polymorphic structures formed in oleogels from avocado oil. **Revista Facultad Nacional de Agronomía**, v. 69, n.2. p. 7945 – 7954, 2016.
- ROCHA, J. C. B.; LOPES, J. D.; MASCARENHAS, M. C. N.; ARELLANO, D. B.; GUERREIRO, L. M. R.; DA CUNHA, L. R. Thermal and rheological properties of organogels formed by sugarcane or candelilla wax in soybean oil. **Food Research International**, v. 50, p. 318-323, 2013.
- ROCHE, H. M. Fatty acids and the metabolic syndrome. **Proceedings of the Nutritional Society**, v. 64, p. 23–29, 2005.
- ROGERS, M. A.; WRIGHT, A. J.; MARANGONI, A. G. Oil organogels: the fat of the future? **Soft Matter**, v. 5, n. 8, p. 1594, 2009.
- SAGIRI, S.S.; SINGH, V. K.; PAL, K.; BANERJEE, I.; BASAK, P. Stearic acid based oleogels: A study on the molecular, thermal and mechanical properties. **Materials Science and Engineering C**, v. 48, p. 688-699, 2015.
- SÁNCHEZ-BECERRILA, M.; MARANGONI, A. G.; PEREA-FLORES, M. J.; CAYETANO-CASTRO, N.; MARTÍNEZ-GUTIÉRREZ, H.; ANDRACA-ADAME, J. A.; PÉREZ-MARTÍNEZ, J. D. Characterization of the micro and nanostructure of the candelilla wax organogels crystal networks. **Food Structure**, v. 6, p. 1-7, 2018.
- SCHEX, R. HPLC-DAD-APCI/ESI-MSⁿ analysis of carotenoids and α -tocopherol in Costa Rican *Acrocomia aculeata* fruits of varying maturity stages. **Food Research International**, v. 105, p. 645-653, 2018.
- SHAHIDI, F. **Bailey's Industrial Oil and Fat: Edible oil and fat products: edible oils**. New Jersey: Hoboken, 2009. 749 p.
- SUNDRAM, K.; KARUPAIAH, T.; HAYES, K. C. Stearic acid-rich interesterified fat and trans-rich fat raise the LDL/HDL ratio and plasma glucose relative to palm olein in humans. **Nutrition & metabolismo**, v. 4, p. 3, 2007.
- TEIXEIRA, A. C.T.; GARCIA A. R.; ILHARCO, L. M.; DA SILVA, A. M. P. S. G.; FERNANDES, A. C. Phase behaviour of oleanolic acid, pure and mixed with stearic acid: Interactions and crystallinity. **Chemistry and Physics of Lipids**, v. 163, p.655 – 666, 2010.

TORO-VAZQUEZ, J. Thermal and Textural Properties of Organogels Developed by Candelilla Wax in Safflower Oil. **Journal of Oil & Fat Industries**, v. 84, 2007.

TRENTINI, C. P. Extraction of Macaúba Kernel Oil using Supercritical Carbon Dioxide and Compressed Propane, **The Canadian Journal Of Chemical Engineering**, v. 97, p. 785-792, 2019.

WANG, L.; MENG, D. Fatty acid eutectic/polymethyl methacrylate composite as form-stable phase change material for thermal energy storage. **AppliedEnergy**, v. 87, p. 2660–2665, 2010.

WOODSIDE, J. V.; KROMHOUT, D. Fatty acids and CHD. **Proceeding of the Nutrition Society**, v. 64, p. 554–564, 2005.

YANG, S.; LI, G.; SALEH, A. S. M.; YANG, H.; WANG, N.; WANG, P.; YUE, X.; XIAO, Z. Functional Characteristics of Oleogel Prepared from Sunflower Oil with β -Sitosterol and Stearic Acid. **Journal of the American Oil Chemists' Society**, v. 94, p. 1153-1164, 2017.

YE, S.; NODA, H.; MORITA, S.; UOSAKI, K.; OSAWA, M. Surface molecular structures of Langmuir–Blodgett films of stearic acid on solid substrates studied by sum frequency generation spectroscopy. **American Chemical Society**, v.19, p. 2238–2242, 2003.

YILMAZ, E., ÖĞÜTCÜ, M. Properties and stability of hazelnut oil organogels with beeswax and monoglyceride. **Journal of the American Oil Chemists' Society**, v. 91, p. 1007–1017, 2014.

YOUNG, F. V. K. Interchangeability of fats and oils. **Journal of the American Oil Chemists' Society**, v. 62p. 372–376, 1985.