



UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA
FACULDADE DE FARMÁCIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DE ALIMENTOS

AGNES SOPHIA BRAGA ALVES

**VALORIZAÇÃO DO AZEITE DE DENDÊ HÍBRIDO HIE
OXG: UM ESTUDO DIAGNÓSTICO, DE CARACTERIZAÇÃO
FÍSICO-QUÍMICA E ESTABILIDADE OXIDATIVA**

UFBA

SALVADOR

2024

AGNES SOPHIA BRAGA ALVES

**VALORIZAÇÃO DO AZEITE DE DENDÊ HÍBRIDO HIE
OXG: UM ESTUDO DIAGNÓSTICO, DE CARACTERIZAÇÃO
FÍSICO-QUÍMICA E ESTABILIDADE OXIDATIVA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Ciência de Alimentos (PGAli) da Universidade Federal da Bahia, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Ciência de Alimentos.

Prof.^a Dr.^a Camila Duarte Ferreira Ribeiro

Orientadora

Prof.^a Dr.^a Deborah Murowaniecki Otero

Coorientadora

SALVADOR

2024

Dados internacionais de catalogação-na-publicação
(SIBI/UFBA/Biblioteca Universitária Reitor Macedo Costa)

Alves, Agnes Sophia Braga.

Valorização do azeite de dendê híbrido HIE OxG: um estudo diagnóstico, de caracterização físico-química e estabilidade oxidativa / Agnes Sophia Braga Alves. - 2024.
171 f.: il.

Orientadora: Profa. Dra. Camila Duarte Ferreira Ribeiro.

Coorientadora: Profa. Dra. Deborah Murowaniecki Otero.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal da Bahia, Faculdade de Farmácia, Salvador, 2024.

1. Tecnologia de alimentos. 2. Dendê. 3. Óleos vegetais. 4. Óleo de palmeira. 5. Óleo de palma bruto híbrido. I. Ribeiro, Camila Duarte Ferreira. II. Universidade Federal da Bahia. Faculdade de Farmácia. III. Título.

CDD - 664.3

CDU - 664.3



UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA
FACULDADE DE FARMÁCIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DE ALIMENTOS



TERMO DE APROVAÇÃO

AGNES SOPHIA BRAGA ALVES

VALORIZAÇÃO DO AZEITE DE DENDÊ HÍBRIDO HIE OXG: UM ESTUDO DIAGNÓSTICO, DE CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA E ESTABILIDADE OXIDATIVA

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Ciência de Alimentos (nível Mestrado Acadêmico) da Faculdade de Farmácia da Universidade Federal da Bahia, como requisito parcial para a obtenção do título de mestre em Ciência de Alimentos.

Aprovada em 16 de fevereiro de 2024.

BANCA EXAMINADORA



Documento assinado digitalmente

CAMILA DUARTE FERREIRA RIBEIRO

Data: 16/02/2024 16:35:37-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Dr^a. CAMILA DUARTE FERREIRA RIBEIRO (ORIENTADORA)
Universidade Federal da Bahia (UFBA, BA)

Electronically signed by:
Bruna Aparecida Souza Machado
CPF: ***.830.795-**
Date: 2/16/2024 5:17:34 PM -03:00



Dr^a. BRUNA APARECIDA SOUZA MACHADO (EXAMINADORA)
Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial (SENAI, BA)



Documento assinado digitalmente

CLAUDIO VAZ DI MAMBRO RIBEIRO

Data: 16/02/2024 16:30:32-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Dr. CLÁUDIO VAZ DI MAMBRO RIBEIRO (EXAMINADOR)
Universidade Federal da Bahia (UFBA, BA)

Dedico este trabalho,

Ao povo baiano que, ao longo dos séculos, preservou e cultivou a tradição de consumir o óleo de palma bruto, nosso azeite de dendê.

Meus agradecimentos,

À Deus, aos deuses, a Shiva, Oxum, Buda, Cristo, Sócrates, a todos os seres humanos que vieram antes de mim e influenciaram a cultura do saber;

À natureza, aos ciclos da Terra, à galáxia, à este espaço-tempo em que me materializei;

À frequência energética que esteve comigo em todo o processo de aprendizagem que me deu forças para me reinventar e ser resiliente frente às dificuldades;

Aos caminhos que escolhi, pude e poderei escolher... Graças ao livre-arbítrio e aos determinantes sociais aos quais estou inserida;

À minha mãe, Adautina, por me trazer ao mundo, me amar, me apoiar em todas as fases da minha vida;

Aos meus avós, Inês, Mara e Dudu, por se preocupar com o meu futuro e sempre me incentivado a estudar; ao falecido Lindolpho, que mesmo não tendo a chance de conhecer, influenciou meu nome: Sophia, a sabedoria com PH cheia de filosofia;

Ao meu irmão, por ser meu parceiro, meu cúmplice, por sempre me apoiar. Juntamente com Sibeles e Maiza;

À minha irmã, por existir, por poder amá-la, por me proporcionar cuidar dela e compreender minhas ausências;

Ao meu pai, Luis, que me possibilitava conversar, desabafar e ampliar minha percepção;

À minha prima, Aiala, por se orgulhar de mim, me encorajar para seguir em frente com organização, planejamento e rotina;

Aos meus primos-irmãos, Beatriz, Diego, Lucas e Gustavo, que estiveram ao meu lado desde os primeiros momentos da minha existência, quando eu ainda era a caçula mandona de personalidade forte. Agradeço por me permitirem liderar nossas brincadeiras na infância e por serem meu porto seguro e refúgio. Obrigada por todo o entretenimento e pelos vínculos que cultivamos ao longo dos anos;

Aos meus cachorros, Lua, Sol e Fred, que me ensinam diariamente sobre respeito, afetividade e a importância de existir uma rotina saudável;

Ao meu querido pé de aroeira, que recentemente nos deixou, você estava ali, diante da minha janela, sendo saudado todos os dias com um simples "Bom dia" proferido por mim. Você balançava suavemente ao sabor do vento, às vezes visitado por abelhas em seu ato de polinização. Eu observava atentamente, testemunhando a presença de formigas, pássaros e até mesmo micos que, vez ou outra, faziam uma visita. Da minha janela, eu os cumprimentava

calorosamente. Agradeço por toda a privacidade que me proporcionou e por ter contribuído para a melhora das minhas amigdalites. Seu legado será lembrado com carinho;

À minha família, por todo apoio que me concederam em todos os anos, pela compreensão da minha ausência em alguns momentos, e pelos momentos de distração da vida acadêmica;

Aos amigos, em especial, Sheila Maria, Sérgio Pinheiro, Maria Gualberto, e Helton Patrick por compreenderem minhas faltas, me apoiarem extensivamente e compartilharem palavras de afirmação;

Aos amigos da Escola de Nutrição, Igor Myron, Beatriz Alves, Tâmara Cerqueira, Cinthia Cristina, e Patrícia Freitas pelos compartilhamentos de conhecimentos, frustrações e alegrias durante essa longa jornada;

Ao técnico de laboratório e colega, Luis, por me aconselhar nas análises e nos ensinamentos da vida;

Ao Grupo de Pesquisa em Alimentos, Alimentação e Saúde (GPAAS), por possibilitar encontrar pessoas incríveis e inteligentes que me ensinaram muito. Em especial, Alana, Fabiane, Nicole, Michele, Roberta, Isabele, Juliana, Kaico, Maycon, Alessandro, Juan, Luis, Larissa Marinho, Tainara Oliveira e Larissa Assunção;

Ao teste de estabilidade conduzido por Tainara Oliveira, que permitiu me familiarizar com o laboratório, análises e fazer importantes conexões com pesquisadores;

Aos voluntários do teste de estabilidade e análise sensorial de azeite de dendê híbrido, adquirimos conhecimentos, práticas laboratoriais e algumas risadas ao longo do processo;

À Kleyton, Gabriela, Amanda e Andressa, que escolheram permanecer na pesquisa como voluntários e me auxiliaram nos processos;

Às amigas dos laboratórios, em especial Elba, Winnie e Diana, pelos momentos compartilhados;

À Leonardo, Karina, Carol, Nayah, Cláudio e Jaqueline, pela parceria nas análises de caracterização do azeite de dendê híbrido;

À Ingrid, Elton e Rafaela, que abraçaram a ideia da análise sensorial;

À minha orientadora Camila Duarte Ferreira Ribeiro, não apenas esclareceu minhas dúvidas, mas também me guiou, confiou-me responsabilidades e apoiou a criação de diversos produtos, como cards, resumos, banners e manuscritos;

À minha coorientadora Déborah Otero, por revisar meus manuscritos;

À Maria Cristina Teixeira Cangussu, pela disponibilidade e tempo em tirar minhas dúvidas, por me ensinar a usar o software Minitab e por ser facilitadora, sempre me recebendo com muito bom-humor, mesmo que tivesse muitas demandas;

Às professoras Itaciara e Jane que de tão longe me permitiram estabelecer parcerias e conexões;

À Deusdélia Texeira de Almeida, a quem admiro como profissional, por sempre cultivar sonhos e aspirações em minha mente e estabelecer conexões significativas;

À Lucia Helena Galvão e Rossandro Kinjley, pelos valiosos ensinamentos que compartilharam sobre a arte de viver, enfrentar desafios, se reinventar e seguir adiante nos caminhos da vida. Suas orientações foram verdadeiramente inspiradoras e têm sido fundamentais para o meu crescimento pessoal. Agradeço a generosidade em compartilhar suas experiências e sabedoria, proporcionando-me aprendizados que levarei para toda a vida;

Aos professores que compartilharam seus conhecimentos, e possibilitaram meu crescimento acadêmico;

Aos meus alunos do tirocínio, “meu time de basquete”, que me permitiram aprender, expor meus conhecimentos e praticar a docência;

Aos colegas do mestrado que compartilharam comigo momentos acadêmicos leves. Em especial a Beatriz, Luciana, Celi, Edna, Luis, Sthefane, Larissa e Lorena;

Aos funcionários da Escola de Nutrição, que me recebem com muito bom humor, sorrisos e me auxiliaram no processo. Em especial, Francisca, Vânia, Juan, Norma, Bela, Rose, Antônio, Vivaldo, Helton, Alessandra e Joel;

À banca, Bruna Machado e Cláudio Ribeiro, por aceitarem esse desafio em tão curto prazo. Agradeço a disponibilidade e o tempo de vocês;

Ao Programa de Pós-graduação em Ciência de Alimentos (PGALI), por todo apoio e sensibilidade no entendimento às demandas dos seus discentes;

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo financiamento do projeto (nº do processo: Universal. 409924/2021-0);

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado da Bahia (FAPESB) pela bolsa de estudos concedida (nº do processo: BOL1994/2022);

À Comissão Executiva do Plano da Lavoura Cacaueira (CEPLAC), pela doação do azeite de dendê híbrido;

À empresa Dandouro em Valença-BA, pela doação de azeite de dendê;

Especialmente à mestranda Alana e à graduanda Fabiane, que oportunizam coorientá-las nos trabalhos de conclusão de curso e por me apoiaram em todo o processo extensivamente, me encorajando, e me dando suporte;

E, finalmente, a todos que contribuíram de alguma forma para o fim deste ciclo tão importante na minha trajetória profissional e pessoal.

Agradeço imensamente!

“Foi-se a ideia de que cada um deixa sua pegada individual no mundo; quando eu piso no chão, não é o meu rastro que fica, é o nosso”

Ailton Krenank (2020)

RESUMO

O azeite de dendê ou óleo de palma bruto híbrido (OPBH) interespecífico de *Elaeis guineensis* e *Elaeis oleifera* (HIE OxG) foi desenvolvido por meio de técnicas de melhoramento genético. As vantagens dessa variedade são a maior resistência a doenças e pragas e o maior teor de bioativos no óleo. Nesse contexto, a presente pesquisa teve como objetivo investigar o OPBH HIE OxG em relação ao diagnóstico de conhecimento, percepção e potencial de consumo da população brasileira, bem como quanto aos aspectos físico-químicos e oxidativos desse óleo. Este trabalho foi dividido em três etapas. Inicialmente foi conduzido um estudo prospectivo sobre óleos de plantas híbridas utilizando as bases de dados *Espacenet®* e *Scopus*. Foram analisados 24 documentos de patentes e 187 artigos. As Ciências Agrárias e Biológicas foram as principais áreas de aplicação para patentes (79,2%) e artigos (49,3%). O primeiro documento de patente foi depositado em 1990, enquanto o primeiro artigo foi em 1969. A maioria das patentes foi depositada pelos Estados Unidos (42%) e Canadá (21%). Os resultados indicaram uma tendência crescente de patenteamento e publicação de artigos na área de óleos híbridos, oferecendo *insights* sobre possíveis tendências de pesquisa industrial, tecnológica e científica nos setores alimentício, farmacológico e de biocombustíveis. Além disso, uma pesquisa qualitativa e quantitativa foi conduzida na etapa 2 deste trabalho, por meio da aplicação de um questionário semiestruturado com 16 questões aplicado através do *Google Forms*. Este estudo envolveu 1.065 participantes do Brasil. A maioria das respostas (61,10%) não refletiu corretamente a definição desse tipo de óleo. A percepção geral sobre o OPBH foi predominantemente neutra. A pesquisa indicou que a maioria dos participantes (52,58%) manifestou interesse em experimentar o OPBH, enquanto 39,43% demonstraram probabilidade média ou alta de comprar produtos com esse óleo, sugerindo um potencial de aceitação no mercado brasileiro. Por fim, a etapa 3 objetivou avaliar o comportamento do OPBH Unaué HIE OxG durante o período de armazenamento acelerado. Para isso, foram realizados testes com o OPBH produzido na Bahia, nos dias 0, 3, 6, 9, 12, 15 e 18 a $65 \pm 5^\circ\text{C}$. O óleo de palma bruto (OPB) ou azeite de dendê convencional, da espécie africana, foi utilizado como controle, e as características nutricionais e oxidativas desses óleos foram analisadas. Em relação à composição de ácidos graxos, foi evidenciado um maior teor de ácido oleico (de $55,83 \pm 0,01\%$ a $56,23 \pm 0,01\%$) no OPBH. Ao longo do armazenamento, houve degradação dos carotenoides (de $1117,4 \pm 13,65 \mu\text{g/g}$ a $7,38 \pm 0,97 \mu\text{g/g}$), afetando a cor do OPBH de um tom alaranjado avermelhado para um amarelo médio-escuro. O OPBH apresentou resultados melhores em comparação com o OPB, com um índice de acidez menor variando de $0,94 \pm 0,05\%$ de ácido oleico a $1,10 \pm 0,48\%$ de ácido oleico. A geração de produtos primários de oxidação, como peróxidos e dienos conjugados, excedeu os limites aceitáveis após o terceiro dia de armazenamento. Enquanto isso, os produtos secundários de oxidação avaliados pela reação de substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBARS) aumentaram em 488% no OPBH, mas os trienos conjugados permaneceram estáveis (de $0,79 \pm 0,06$ a $1,01 \pm 0,07$). A deterioração do índice de estabilidade ao branqueamento (DOBI), após nove dias de armazenamento, indicou a qualidade inferior tanto do OPBH quanto do OPB. Dessa forma, para ambos os óleos, após 6 dias (meses) e 9 dias (meses) houve excesso de compostos primários de oxidação e perda da qualidade, respectivamente. Embora o OPBH HIE OxG seja objeto de estudo desde 1969, o interesse cresceu nos últimos 11 anos. Diante dos resultados obtidos nesta pesquisa, observa-se uma possível aceitação deste óleo pela população brasileira e teores mais elevados de carotenoides e ácido oleico em comparação com o OPB. Estudos futuros podem investigar aspectos genéticos, características físico-químicas, sua aplicação em novos produtos e os efeitos sobre a saúde humana.

Palavras-chave: *Elaeis guineensis*; *Elaeis oleifera*; Óleo de palma bruto híbrido; Óleo de palma com maior teor de ácido oleico; *Schaal oven test*.

ABSTRACT

Hybrid crude palm oil (HCPO) interspecific from *Elaeis guineensis* and *Elaeis oleifera* (HIE OxG) was developed through genetic improvement techniques. This variety offers increased resistance to diseases and pests and higher bioactive compound levels in the oil. In this context, this study aims to investigate HCPO HIE OxG regarding the diagnosis of knowledge, perception, and potential consumption by the Brazilian population, as well as its physicochemical and oxidative aspects. The study consisted of three stages. First, a prospective study on hybrid plant oils was conducted using the Espacenet® and Scopus databases, analyzing 24 patent documents and 187 articles. Agricultural and Biological Sciences were the main application areas for patents (79.2%) and articles (49.3%). The first patent document was deposited in 1990, while the first article was in 1969. Most patents were filed in the United States (42%) and Canada (21%). The results indicated a growing trend in patenting and publishing articles on hybrid oils, providing insights into potential industrial, technological, and scientific research trends in the food, pharmaceutical, and biofuel sectors. In the second stage, an online survey was conducted using a semi-structured questionnaire with 16 questions applied on Google Forms. This study involved 1,065 participants from Brazil. Most responses (61.10%) did not correctly reflect the definition of this type of oil. Overall, the perception of HCPO was predominantly neutral. The research indicated that most participants (52.58%) expressed interest in trying HCPO, while 39.43% showed a medium to high likelihood of buying products with this oil, suggesting market acceptance potential in Brazil. Finally, the third stage aimed to evaluate the behavior of HCPO Unaué HIE OxG during accelerated storage in an oven (Schaal Oven Test). Tests were conducted on HCPO produced in Bahia on days 0, 3, 6, 9, 12, 15, and 18 at $65 \pm 5^\circ\text{C}$. Conventional crude palm oil (CPO) from *Elaeis guineensis* was used as a control, and these oils' composition and oxidative characteristics were analyzed. Regarding fatty acid composition, a higher oleic acid content (from $55.83 \pm 0.01\%$ to $56.23 \pm 0.01\%$) was evidenced in HCPO. Over storage time, there was degradation of carotenoids (from $1117.4 \pm 13.65 \mu\text{g/g}$ to $7.38 \pm 0.97 \mu\text{g/g}$), affecting the color of HCPO from a reddish-orange hue to a medium-dark yellow. HCPO showed better results than CPO, with a lower acidity index ranging from $0.94 \pm 0.05\%$ oleic acid to $1.10 \pm 0.48\%$ oleic acid. The generation of primary oxidation products, such as peroxides and conjugated dienes, exceeded acceptable limits after the third day of storage. Meanwhile, secondary oxidation products assessed by the thiobarbituric acid reactive substances (TBARS) test increased by 488% in HCPO, but conjugated trienes remained stable (from 0.79 ± 0.06 to 1.01 ± 0.07). After nine days of storage, the Deterioration of Bleachability Index (DOBI) indicated inferior quality for HCPO and CPO. Thus, for both oils, after 6 days (months) and 9 days (months), there was an excess of primary oxidation compounds and a loss of quality, respectively. Although HCPO HIE OxG has been studied since 1969, interest has grown in the last 11 years. With potential market acceptance, this oil reveals higher carotenoids and oleic acid levels than CPO. Future studies may investigate genetic aspects, physicochemical characteristics, their application in new products, and their health effects.

Keywords: *Elaeis guineensis*; *Elaeis oleifera*; Review; Hybrid crude palm oil; Palm oil with a higher oleic acid; Schaal oven test.

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO I	20
Figura 1 Composição química de óleos vegetais e óleos essenciais.....	26
Figura 2 Linha do tempo dos experimentos com dendezeiros híbridos HIE OxG no Brasil	30
Figura 3 Estrutura química do β -caroteno e seu mecanismo de ação antioxidante ...	32
Figura 4 Estrutura química da Vitamina E e mecanismo de ação antioxidante	34
Figura 5 Mecanismo de autooxidação lipídica	38
CAPÍTULO II	54
Figure 1 Patent documents and articles flowchart used for this study	60
Figure 2 Main thematic area concerning the total number of patent documents	62
Figure 3 Main International Patent Classification Codes concerning oils from hybrid plants	63
Figure 4 Annual evolution publications of patent documents and articles found at Espacenet® and Scopus databases, respectively	65
Figure 5 Overlay visualization of keyword co-occurrence analysis of Scopus	73
Figure 6 Worldwide distribution of patent document (A) and articles (B) concerning hybrid vegetable oil or oilseed crops new products, methods, equipment, and studies	75
Figure 7 Common nationalities and names among patent documents inventors (A), and distribution of applicants of patent documents (B)	78
Figure 8 Distribution of publications per author (A) and the top 20 published article authors (B)	81
Figure 9 Top 13 funding agencies of scientific research (A) and countries of funding agencies of scientific research (B)	84
CAPÍTULO III	104
Figura 1 Frequência de respostas sobre o conhecimento de óleo de palma bruto híbrido	112
Figura 2 Análise de correspondência das percepções de OPBH e regiões no Brasil, com base em dados de pesquisa	122

Figura 3	Análise da correlação entre o interesse em experimentar o óleo de palma bruto híbrido (A), a probabilidade de comprar alimentos contendo óleo de palma bruto híbrido (B) com as regiões no Brasil, com base em dados de pesquisa	129
----------	--	-----

CAPÍTULO IV 136

Figura 1	Carotenoides totais obtidos durante o teste de estabilidade oxidativa sob armazenamento acelerado do OPBH e OPB	150
Figura 2	Parâmetros de cor L* (a), a* (b), b* (c), C* (d) e hab° (e) obtidos durante o teste de estabilidade oxidativa sob armazenamento acelerado do OPBH e OPB	153
Figura 3	Variação cromática do OPBH e OPB observada durante o teste de estabilidade oxidativa sob armazenamento acelerado	157
Figura 4	Índice de acidez (a) e índice de peróxidos (b) obtidos durante o teste de estabilidade oxidativa sob armazenamento acelerado do OPBH e OPB	158
Figura 5	Dienos (a) e trienos (b) conjugados obtidos durante o teste de estabilidade oxidativa sob armazenamento acelerado do OPBH e OPB	161
Figura 6	TBARS obtidos durante o teste de estabilidade oxidativa sob armazenamento acelerado do OPBH e OPB	164
Figura 7	DOBI obtidos durante o teste de estabilidade oxidativa sob armazenamento acelerado do OPBH e OPB	166

LISTA DE TABELAS

<i>CAPÍTULO I</i>	20
Tabela 1 Plantas Produtoras de Óleos Essenciais e Seus Principais Constituintes..	27
Tabela 2 Reação dos carotenoides com espécies reativas	33
Tabela 3 Estudos sobre estabilidade oxidativa de óleo pelo método <i>Schaal Oven Test</i>	41
 <i>CAPÍTULO II</i>	 54
Table 1 Oil types and hybrid plant species mentioned in patent document	65
Table 2 Interaction networks between the main affiliations and their respective countries of scientific articles.....	85
 <i>CAPÍTULO III</i>	 104
Tabela 1 Questionário aplicado para avaliar o conhecimento, percepção e potencial de consumo do óleo de palma bruto híbrido	109
Tabela 2 Dados socioeconômicos dos participantes da pesquisa	111
Tabela 3 Teste Qui-Quadrado da percepção dos participantes em relação ao óleo de palma bruto híbrido	115
Tabela 4 Teste do qui-quadrado do potencial de consumo entre os participantes em relação ao óleo de palma bruto híbrido	127
 <i>CAPÍTULO IV</i>	 136
Tabela 1 Perfil de ácidos graxos obtido durante o teste de estabilidade oxidativa sob armazenamento acelerado do OPBH e OPB	146
Tabela 2 Diferença total de cor (ΔE) do OPBH e OPB obtida durante o teste de estabilidade oxidativa sob armazenamento acelerado do OPBH e OPB	156

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

$^1\text{O}_2$	Radical Livre: Oxigênio Singlete
$^3\text{O}_2$	Radical Livre: Oxigênio Triplete
AF	Amarelecimento Fatal
AG	Ácidos Graxos
AGI	Ácido Graxo Insaturado
AGL	Ácido Graxo Livre
AGMI	Ácidos Graxos Monoinsaturados
AGPI	Ácidos Graxos Poli-Insaturados
AGS	Ácido Graxo Saturado
ANOVA	Análise de Variância
ANVISA	Agência Nacional de Vigilância Sanitária
AOCS	American Oil Chemists' Society
AR	Argentina
AU	Australia
AV	Anel Vermelho
BHT	Butilhidroxitolueno
BR	Brazil
BRS	Br = Brasil, S = Sementes
CA	Canada
CAAE	Certificado de Apresentação para Apreciação Ética
CEPLAC	Comissão Executiva do Plano da Lavoura Cacaueira
CIE	Comissão Internacional de Iluminação
CN	China
CO	Colombia
DC	Dienos Conjugados
DE	Germany
DNA	Ácido Desoxirribonucleico
DOBI	Índice de Deterioração de Branqueabilidade
DVA	Doenças Veiculadas por Alimentos
E1%1cm	Extinção Expecifica
Embrapa	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

ES	Spain
FAMEs	Ésteres Metílicos de Ácidos Graxos
FAO	Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura
FDA	Food and Drug Administration
FR	France
GB	United Kingdom
HIE OxG	Híbrido Interespecífico Entre <i>Elaeis Oleifera</i> X <i>Elaeis Guineensis</i>
IA	Índice de Acidez
IAN	Instituto Agronômico do Norte
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ID	Indonesia
IgE	Imunoglobulina E
IN	India
IP	Índice de Peróxido
IPC	International Patent Classification
ISO	International Organization for Standardization
IT	Italy
JP	Japan
KOH	Hidróxido de Potássio
KZ	Kazakhstan
MAPA	Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento
MDA	Malondialdeído
MY	Malaysia
NG	Nigeria
O ₂	Oxigênio
OECD	Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico
OGM	Organismo Geneticamente Modificado
OMS	Organização Mundial da Saúde
OPB	Óleo de Palma Bruto Tradicional
OPBH	Óleo De Palma Bruto Híbrido

PK	Pakistan
PL	Poland
R·	Radical Alquil Derivado de Ácidos Graxos/Acilgliceróis
RDC	Resolução Diretoria Colegiada
RGB	Modelo De Cores Red, Green, Blue
RH	Ácido Graxo Insaturado
ROO·	Radical Peroxído de Lipídio
RU	Russian Federation
SE	Sweden
TBA	Ácido 2-Tiobarbitúrico
TBARS	Dosagem De Substâncias Reativas Ao Ácido Tiobarbitúrico
TC	Trienos Conjugados
TCLE	Termo de Consentimento Livre e Esclarecido
TH	Thailand
UA	Ukraine
US	United States
USDA	United States Department of Agriculture
VE	Venezuela
WO	World Intellectual Property Organization
ΔE*	Diferença Total de Cor

SUMÁRIO

<i>CAPÍTULO I – Valorização do azeite de dendê híbrido HIE OxG: um estudo diagnóstico e de caracterização físico-química e estabilidade oxidativa.....</i>	20
1 INTRODUÇÃO.....	21
2 OBJETIVOS.....	24
3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	25
3.1 Panorama sobre tipos de óleos e óleos híbridos.....	25
3.2 Azeite de dendê híbrido no Brasil: histórico, aspectos gerais e nutricionais.....	28
3.3 Percepção dos consumidores sobre óleo de palma bruto e refinado.....	35
3.4 Oxidação de óleos.....	37
3.5 Determinação da estabilidade oxidativa e produtos de oxidação em óleos.....	39
4 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	45
 REFERÊNCIAS.....	46
 APÊNDICES.....	53
<i>CAPÍTULO II – Hybrid oils: a comprehensive review of current patent documents and article trends.....</i>	54
<i>CAPÍTULO III – Manuscrito: Avaliação do conhecimento, percepção e potencial de consumo do óleo de palma bruto híbrido HIE OxG pela população de diferentes regiões do Brasil.....</i>	104
<i>CAPÍTULO III – Azeite de dendê híbrido Unaué HIE OxG: Caracterização físico-química e estabilidade oxidativa.....</i>	136

Capítulo I

Dissertação: Valorização do azeite de dendê híbrido HIE OxG: um estudo diagnóstico e de caracterização físico-química e estabilidade oxidativa

1 INTRODUÇÃO

O óleo de palma bruto híbrido ou azeite de dendê híbrido (OPBH), como é mais conhecido no Brasil, é o óleo extraído do mesocarpo do fruto do dendezeiro híbrido interespecífico de palma (HIE OxG) proveniente do cruzamento entre as espécies *Elaeis oleifera*, palmeira americana Caiaué, e *Elaeis guineensis* Jacq, palmeira africana Tenera (Antoniassi *et al.*, 2018).

Na Colômbia, em 2021, estima-se que foram produzidas mais de 40 toneladas do fruto híbrido, com taxas de extração do óleo de mais de 25% e produção de mais de 10 toneladas de óleo por hectare por ano com o uso de polinização artificial (Romero; Ayala, 2021). No Brasil, onde foi conduzido o primeiro cruzamento do mundo entre estas espécies em 1949, foi efetuado o registro da cultivar BRS Manicoré pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) em 2010, e atualmente existem plantações de HIE OxG no Pará e na Bahia, principais estados produtores de azeite de dendê do país (Cunha & Lopes, 2010; Pinto *et al.*, 2019; USDA, 2024b). Em 2016, existiam aproximadamente 11.500 ha de HIE OxG plantados no Pará, com potencial de produção de mais de 40.000 toneladas de óleo por ano (Antoniassi *et al.*, 2018). Na Bahia, a Comissão Executiva do Plano da Lavoura Cacaueira (CEPLAC) cultivou uma variedade híbrida de dendê desenvolvida pela EMBRAPA, Amazônia Ocidental (Manaus-AM), no município de Una-Bahia desde 2009, batizada de Unaué HIE OxG (Embrapa, 2021; Pinto *et al.*, 2019).

Esta variedade está ganhando mais atenção dos pesquisadores principalmente por ser mais resistente a pragas e doenças em relação ao dendezeiro africano (Assunção *et al.*, 2024; Romero; Ayala, 2021; Almeida *et al.*, 2021; Pinto *et al.*, 2019; Antoniassi *et al.*, 2018; Mozzon, Foligni; Tylewicz, 2018; Homma, 2016a, Cunha; Lopes, 2010). Desde a década de 60 a dendeicultura latino-americana vem sendo ameaçada por doenças que causam a mortalidade dessas plantas, o amarelecimento fatal (AF) (*podrición del cogollo*, *bud rot* ou *spear rot*), (Boari, 2008; Romero; Ayala, 2021) e, mais recentemente, o anel vermelho (AV) (Pinto *et al.*, 2019), ambos provocando prejuízos econômicos. Por isso, no Brasil, Costa Rica, Colômbia e França existem programas de melhoramento genético de palma (Homma, 2016a; Romero; Ayala, 2021). Além da resistência a enfermidades, o dendezeiro híbrido herdou da Caiaué o crescimento mais lento em relação à altura, o que permite minimizar os custos da colheita e maximizar o tempo de exploração econômica (Pinto *et al.*, 2019).

Os produtores paraenses de dendezeiros híbridos entrevistados por Homma *et al.*, (2016b) apesar de considerarem a necessidade de polinização assistida no plantio de HIE OxG

uma desvantagem (71%), a maioria apresentava algum grau de satisfação com a cultura (64%), interesse em expandir esse plantio (81%) e intenção de continuar na atividade por muito tempo ou até quando a atividade compensasse (59%).

No entanto, há uma percepção negativa internacional entre os consumidores em relação ao óleo de palma bruto ou refinado de origem africana, abrangendo aspectos de saúde, questões sociais e impacto ambiental, conforme indicado por estudos recentes (Lieke, Spiller; Busch, 2023; Wassmann, Siegrist; Hartmann, 2023; Guadalupe, 2019; Ostfeld *et al.*, 2019; Mozzon, Foligni; Tylewicz, 2018; Hartmann *et al.*, 2018; Aguiar, Martinez; Caleman, 2018; Disdier, Marette; Millet, 2013). Dada a novidade do HIE OxG como uma variedade de óleo de palma, a aceitação por parte do consumidor pode ser influenciada pela percepção já estabelecida em relação à espécie africana.

Em relação ao padrão de identidade, qualidade e composição do óleo de palma HIE OxG, os parâmetros são estabelecidos pelo Codex (2023), o qual o definiu, em tradução literal, como “óleo de palma com maior teor de ácido oleico” (C18:1; 48- 60%). Estudos sugerem que este óleo híbrido possui menor quantidade de ácidos graxos livres (AGL) e ácidos graxos saturados (AGS), bem como alto conteúdo de carotenoides, vitamina E e ácidos graxos insaturados (AGI) em relação ao óleo bruto *E. guineenses* (Antoniassi *et al.*, 2018; Almeida *et al.*, 2021). Estes conteúdos de antioxidantes e de ácido oleico estão relacionados com efeitos benéficos à saúde, e o OPBH vem sendo comparado aos efeitos antioxidantes do azeite de oliva extravirgem no sangue humano (Mozzon, Foligni; Tylewicz, 2018).

O OPBH por apresentar alto teor de AGI, caracterizados pela presença de duplas ligações em sua estrutura molecular (Codex, 2023; Ahmed *et al.*, 2023), possui maior propensão à oxidação do que os AGS, isso, claro, sem levar em consideração outros fatores que acabam influenciando nesse processo como presença de compostos antioxidantes, calor, mudança de pH, contato com metais, entre outros. Dessa forma, a estabilidade à oxidação é um fator crucial que influencia a aplicação tecnológica e o período de validade de óleos vegetais comestíveis, sendo essencial para a qualidade final dos produtos (Maszewska *et al.*, 2018). O resultado da oxidação lipídica é a formação de compostos tóxicos, que impactam as características de sabor e odor (rancidez), como aldeídos, cetonas, hidrocarbonetos, ácidos orgânicos, compostos voláteis e poliméricos (Ahmed *et al.*, 2023; Sahin, 2019).

Devido ao interesse de expansão e a forte relação com a dendeicultura no país, sem contar os aspectos ambientais, nutricionais e sociais envolvidos, torna-se salutar a realização de uma análise cuidadosa dos aspectos científicos e tecnológicos relacionados aos óleos híbridos, bem como a investigação do conhecimento, percepção e potencial de consumo dos consumidores

brasileiros a respeito desta nova variedade de óleo, o OPBH, e ainda uma caracterização físico-química e avaliação oxidativa desse óleo.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

- ✓ Investigar o azeite de dendê híbrido HIE OxG quanto ao diagnóstico de conhecimento, percepção e potencial de consumo da população brasileira, bem como quanto aos aspectos físico-químicos e oxidativos.

2.2 Objetivos específicos

- ✓ Analisar documentos de patentes e artigos relacionados a óleos derivados de plantas híbridas;
- ✓ Avaliar o conhecimento, a percepção e o potencial de consumo acerca do azeite de dendê híbrido HIE OxG por brasileiros, por meio de questionário *on-line*;
- ✓ Determinar o efeito da estabilidade oxidativa acelerada em estufa (*Schaal oven test*) do OBPH e do OPB (controle) sobre o perfil de ácidos graxos, pigmentos, compostos de oxidação primária e secundária;
- ✓ Comparar os valores obtidos nas análises de oxidação com as legislações nacional e internacional vigentes para óleos e gorduras.

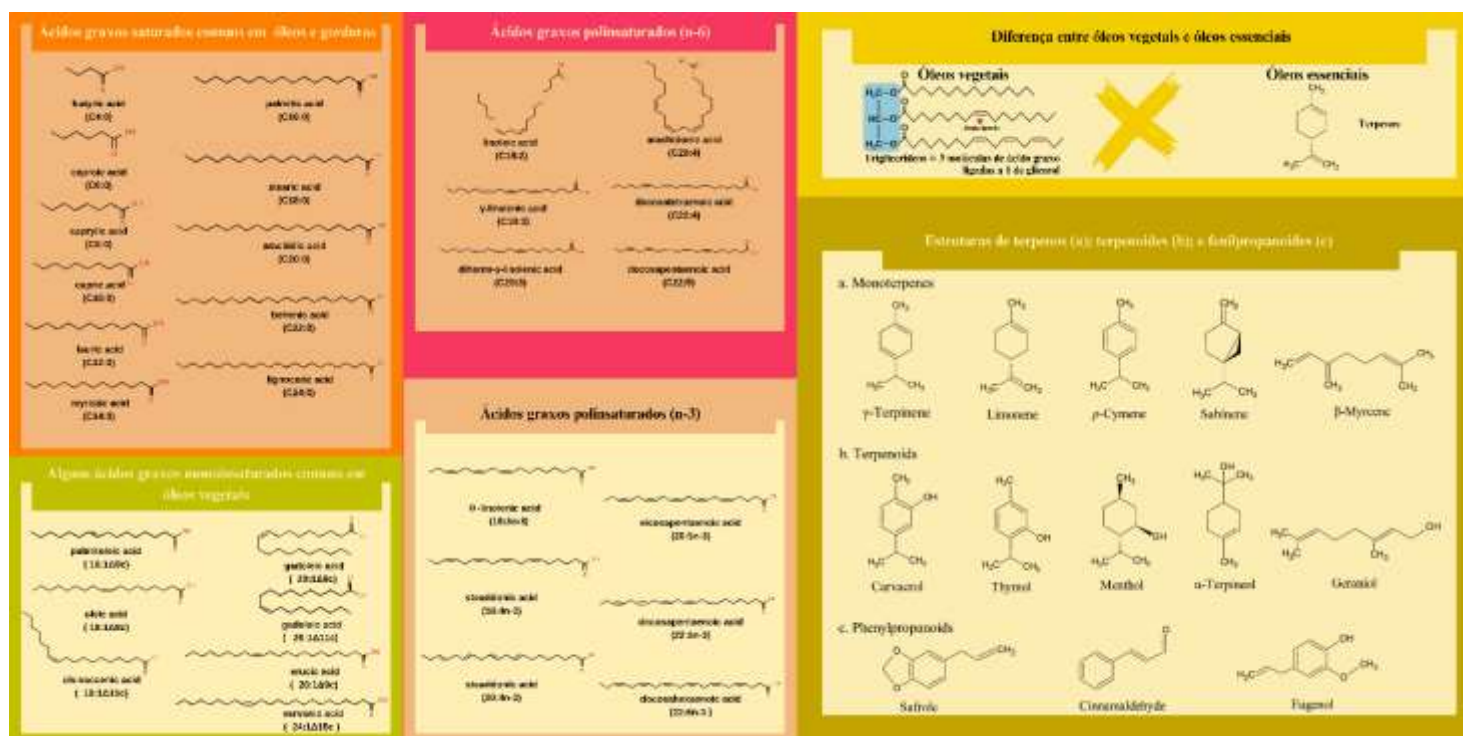
3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1 Panorama sobre tipos de óleos e óleos híbridos

O termo "óleo" é abrangente e pode se referir tanto a óleos vegetais comestíveis quanto não comestíveis, bem como a óleos essenciais (Codex, 23023; De Groot; Schmidt 2016). Cada tipo de óleo tem uma composição química distinta, sendo extraído de diferentes partes das plantas.

Os óleos vegetais comestíveis, derivados principalmente de sementes e frutas, são amplamente utilizados na culinária e têm propriedades nutricionais específicas (Sales *et al.*, 2023). Eles são utilizados em frituras e em produtos alimentícios como biscoitos, pão, bolos e laticínios, influenciando o sabor e a aceitação do consumidor, elevando a qualidade dos alimentos e estendendo a vida útil, quando encapsulados seus compostos bioativos são preservados e minimizam sabores indesejados (De Jesus *et al.*, 2023; Sales *et al.*, 2023). Por outro lado, os óleos não comestíveis podem ser utilizados em aplicações industriais, como biocombustíveis (OECD/FAO 2022). Estes óleos são compostos por ácidos graxos (AG) (Jorge, 2009). Os AG são compostos orgânicos que possuem pelo menos um grupo carboxila e uma longa cadeia de carbono, sendo essenciais como componentes principais das gorduras alimentares, derivados principalmente de triglicerídeos e fosfolipídios, e classificados em ácidos graxos saturados (AGS), monoinsaturados (AGMI) e poliinsaturados (AGPI) de acordo com o número de ligações duplas (**Figura 1**) (Chen, 2020).

Figura 1 – Composição química de óleos vegetais e óleos essenciais



Fonte: Adaptado de De Jesus et al. (2023), Da Silva et al. (2021) e Guerrero (2017).

Os óleos vegetais mais produzidos globalmente incluem uma variedade, com o óleo de palma liderando a produção (79.46%), seguido pelo óleo de soja (61.89%), óleo de canola (33.41%), óleo de girassol (21.63%), óleo de palma kernel (9.10%), óleo de amendoim (6.32%), óleo de algodão (4.94%), óleo de coco (3.76%), e óleo de oliva (2.31%) (USDA, 2024a).

Os maiores produtores de óleos vegetais no mundo, segundo a USDA (2024a), são liderados por países como a Indonésia, que detém uma posição destacada com uma produção consistente na faixa de 47.90 a 53.32 milhões de toneladas. Em seguida, a China mantém uma significativa produção, variando de 27.18 a 29.63 milhões de toneladas ao longo dos anos. A Malásia também se destaca, contribuindo com uma produção anual que varia de 19.98 a 21.27 milhões de toneladas. A União Europeia apresenta uma produção considerável, mantendo-se na faixa de 17.46 a 18.38 milhões de toneladas. Outros importantes produtores incluem os Estados Unidos, o Brasil e a Índia, com produções anuais que variam de 10.34 a 13.54 milhões, 9.11 a 11.90 milhões e 7.72 a 9.32 milhões de toneladas, respectivamente. Esses países desempenham papéis cruciais na produção global de óleos vegetais, influenciando os mercados alimentícios e industriais em todo o mundo.

Os óleos essenciais, por sua vez, são extraídos de diversas partes das plantas e são conhecidos por suas propriedades aromáticas e, em alguns casos, por benefícios terapêuticos devido à presença de compostos voláteis (**Tabela 1**) (Sales *et al.*, 2023).

Tabela 1 - Plantas Produtoras de Óleos Essenciais e Seus Principais Constituintes.

Nome Popular	Nome Científico	Principais Constituintes do Óleo Essencial	Referências
Pimenta-da-Jamaica	<i>Pimenta dioica</i> (L.) Merr.	β -Myrcene e eugenol	(Marques <i>et al.</i> , 2019)
Manjeriço	<i>Ocimum basilicum</i>	Linalol, α -bergamoteno, γ -cadineno e eugenol	(Hussain <i>et al.</i> , 2008; Pejčić <i>et al.</i> , 2020)
Pitanga	<i>Eugenia uniflora</i>	Seline-1,3,7 (11)-trien-8-one, seline epoxide -1,3,7 (11)-trien-8-one e germacrene B	(Santos <i>et al.</i> , 2018; Victoria <i>et al.</i> , 2012)
Canela	<i>Cinnamomum zeylanicum</i>	Cinamaldeído e trans-cinamaldeído	(Huang <i>et al.</i> , 2019; Zhang <i>et al.</i> , 2016)
Cravo-da-índia	<i>Syzygium aromaticum</i>	Eugenol, α -cariofileno, β -cariofileno e α -humuleno	(Hadidi <i>et al.</i> , 2020; Radünz <i>et al.</i> , 2019)
Coentro	<i>Coriandrum sativum</i>	Linalol, acetato de geranila, cânfora, γ -terpineno, α -pineno	(Burdock; Carabin, 2009; Micić <i>et al.</i> , 2019)
Alho	<i>Allium sativum</i>	Dissulfeto de dialila, trissulfeto de dialila e tetrasulfeto de dialila	(Esmaeili <i>et al.</i> , 2020; Rohani <i>et al.</i> , 2011)
Orégano	<i>Origanum vulgare</i>	Carvacrol, p-cimeno, γ -terpineno e timol	(Cui <i>et al.</i> , 2019; Khan <i>et al.</i> , 2018)
Alecrim	<i>Rosmarinus officinalis</i>	α -Pineno, 1,8-cineol e cânfora	(Jiang <i>et al.</i> , 2011; Sadeh <i>et al.</i> , 2019)
Sálvia	<i>Salvia officinalis</i>	Eucaliptol, borneol, cânfora e α -tujona	(Micić <i>et al.</i> , 2019; Pejčić <i>et al.</i> , 2020)
Tomilho	<i>Thymus vulgaris</i>	Timol, carvacrol, γ -terpineno, α -pineno e p-cimeno	(Liu <i>et al.</i> , 2021; Oliveira <i>et al.</i> , 2019)

Fonte: Da Silva *et al.* (2021).

Os óleos essenciais são complexas misturas multicomponentes, podendo ser identificadas até 400 substâncias químicas em óleos individuais, e o grupo predominante de substâncias químicas nesses óleos consiste em terpenos, que são compostos hidrocarbonetos derivados de unidades de isopreno de 5 carbonos (C₅H₈) (**Figura 1**) (De Groot; Schmidt, 2016). Os terpenos são compostos formados por combinações de moléculas de isopreno, classificados em monoterpenos, sesquiterpenos, diterpenos, tetraterpenos e politerpenos (Da Silva *et al.*, 2021). Monoterpenos, como limoneno e γ -terpineno, predominam em óleos essenciais, podendo formar terpenoides. Estes resultam de modificações enzimáticas, por reorganização de esqueletos de carbono ou por meio de oxidação e apresentam propriedades

antimicrobianas, como carvacrol e geraniol (Da Silva *et al.*, 2021; De Groot; Schmidt, 2016). Os fenilpropanoides, derivados da fenilalanina, são encontrados em pequenas proporções nos óleos essenciais (Da Silva *et al.*, 2021).

Em relação ao melhoramento genético, a hibridização de plantas (cruzamento entre diferentes plantas) molda profundamente a evolução das espécies e a biodiversidade, resultando na criação e diversificação de novas espécies e variedades (Jia *et al.*, 2023); isso ocorre naturalmente ou por intervenção humana (Song *et al.*, 2002; Zhang *et al.*, 2016). Vários tipos de híbridos, incluindo intraespecíficos, interespecíficos, intergênicos, interfamiliares e interordinais, contribuem para o desenvolvimento de variedades de plantas com características desejáveis, como maior rendimento, perfil nutricional aprimorado e resistência a pragas ou doenças (Jia *et al.*, 2023; Christov, 2013; Raboanatahiry *et al.*, 2021; Brandhorst; Davenport, 2001).

A geração híbrida F1, resultante do cruzamento entre diferentes tipos parentais, exibe vigor híbrido, sendo o primeiro filial de um cruzamento e desempenha um papel essencial na seleção genética para o aprimoramento de características em plantas (Khan, 2017). As culturas vegetais híbridas proporcionam vantagens econômicas e tecnológicas no cultivo, desempenhando um papel crucial na atenuação dos desafios das mudanças climáticas e na garantia da segurança alimentar (Singh *et al.*, 2023).

O óleo derivado de plantas híbridas resulta do cruzamento de espécies ou variedades de plantas (CODEX, 2023). Existem na literatura diversos estudos sobre óleos vegetais híbridos, principalmente dos óleos mais produzidos, como palma (Romero; Ayala, 2021, Antoniassi *et al.*, 2018), canola (Friedt, Tu; Fu, 2018, Harker *et al.*, 2003) e girassol (Dimitrijevic; Horn, 2018; Christov, 2013; Kaya, Jovic; Miladinovic, 2012). Há estudos que também retratam óleos essenciais de plantas híbridas, como de buchu (Posthumus *et al.*, 1996), de lavanda (Lesage-Meessen *et al.*, 2015), de eucalipto (Dhakad *et al.*, 2018) e de bergamota (Navarra *et al.*, 2015).

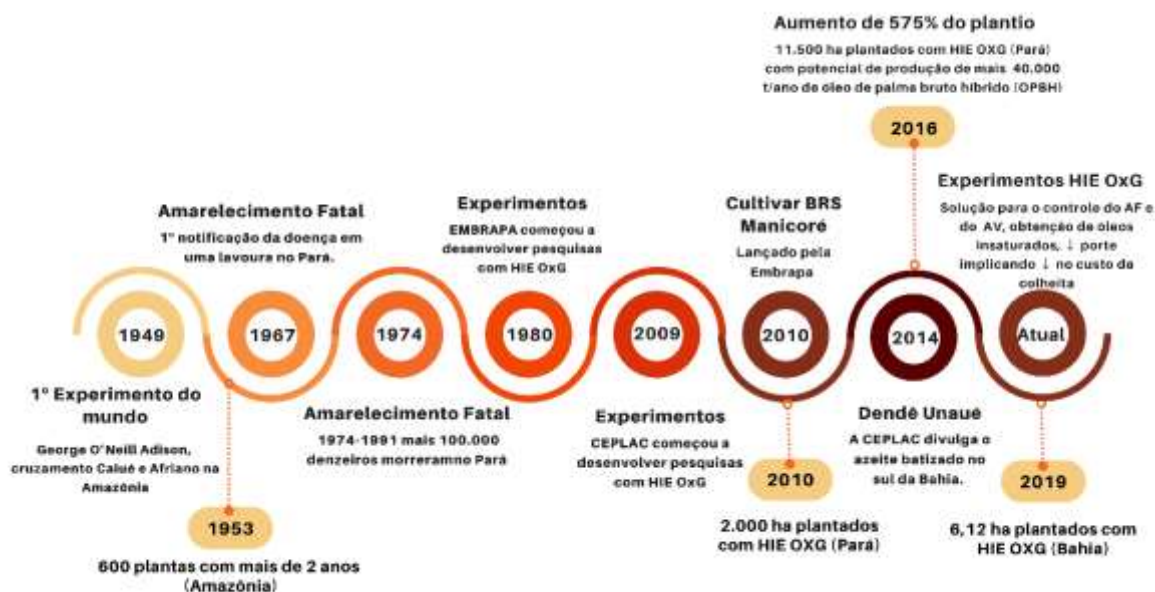
3.2 Azeite de dendê híbrido no Brasil: histórico, aspectos gerais e nutricionais

A cultura do dendê africano da espécie *Elaeis guineensis* tem grande importância socioeconômica e cultural no estado da Bahia e do Pará, por oferecer grandes oportunidades de retorno financeiro com preservação ambiental, podendo contribuir com o reflorestamento de áreas desmatadas ou sistemas agroflorestais, gerar maior renda para as comunidades locais com geração de emprego através da agricultura familiar, das “baianas de acarajé” e pequenos restaurantes que comercializam os pratos regionais (Pinto *et al.*, 2019; Silva, 2022). Contudo,

pragas e doenças podem ameaçar o plantio do dendezeiro africano e, por ser mais resistente às enfermidades, atualmente existem plantações de palmeiras interespecíficas híbridas de *Elaeis guineensis*, africano, e *Elaeis oleifera*, americano (HIE OxG) (Cunha; Lopes, 2010).

O primeiro plantio de cruzamento do mundo entre o dendezeiro africano Tenera, *Elaeis guineensis*, e americano Caiaué, *Elaeis oleifera*, foi realizado em 1949 por George O'Neill Adison, pesquisador do Instituto Agrônomo do Norte (IAN), na Amazônia, objetivando gerar palmeiras com porte reduzido e adequadas para ocupar as áreas de várzeas (Homma; Furlan Júnior, 2001; Homma, 2016a) (**Figura 2**). Com o aparecimento do amarelecimento fatal (AF), relatado pela primeira vez em 1967 em uma lavoura estabelecida, foram totalizados mais de 100 mil dendezeiros africanos sucumbidos em áreas paraenses entre 1974 e 1991 (Homma *et al.*, 2016b). Por isso, a partir da década de 1980, a EMBRAPA começou a desenvolver pesquisas para identificar o agente ou fator causal e possíveis soluções para o problema, iniciando também um programa de melhoramento genético visando desenvolver híbridos de palma (HIE OxG). Esses híbridos passaram a ser considerados como solução para o controle do AF e do anel vermelho (AV), que é o principal problema fitossanitário nos dendezaís baianos. O AV é resultante da ação do nematoide *Bursaphelencus cocophilus* Cobb., cujos vetores incluem besouros como *Rhynchophorus palmarum* L. (Coleoptera: *Dryophthoridae*) e *Rhinostomus barbirostris* F. (Coleoptera: *Curculionidae*) (Embrapa, 2021; Pinto *et al.*, 2019; Moura & Ferreira, 2017). Com a hibridização, foram obtidos óleos insaturados e árvores de menor porte, implicando em redução no custo da colheita, aumento da vida útil econômica com distribuição da produção ao longo dos anos e ocupação de áreas menos aptas para o dendezeiro africano (Cunha; Lopes, 2010; Homma, 2016a; Pinto *et al.*, 2019).

Figura 2 - Linha do tempo dos experimentos com dendezeiros híbridos HIE OxG no Brasil.



Fonte: Autoria própria (2024). Informações coletadas de Homma e Furlan Júnior (2001), Homma (2016a), Homma et al. (2016b), Cunha e Lopes (2010), Pinto et al. (2019), Antoniassi et al. (2018) e Moura et al. (2013).

Em 2010, a EMBRAPA lançou a cultivar BRS Manicoré, obtida a partir do cruzamento de Caiuê da origem Manicoré (Brasil) com dendezeiro da origem La Mé (Costa do Marfim), por meio dos resultados do HIE OxG plantados pela Denpasa, empresa do Pará que desde 1999 também introduziu plantações de HIE OxG da Colômbia (Cunha; Lopes, 2010; Homma, 2016a).

Em 1953 existiam cerca de 600 plantas híbridas HIE OxG com mais de 2 anos de idade. Até 2010, estimava-se que existiam aproximadamente 2 mil hectares em áreas de alta incidência de AF no Pará. Após 6 anos, o plantio aumentou em 575% (11.500 ha, com potencial de produção de mais de 40.000 toneladas de óleo por ano (Pires, 1953; Cunha; Lopes, 2010; Antoniassi et al., 2018).

Os experimentos na Bahia com o dendê americano tiveram início em 2009 e seus resultados foram divulgados em artigo publicado na revista *Agrotrópica*, em abril de 2019, assinado pelos pesquisadores Ricardo Lopes e Raimundo Cunha (EMBRAPA Amazônia Ocidental) e Sinval Pinto, Lindolfo Filho e José Moura (Ceplac) sobre plantações da cultivar brasileira em áreas afetadas pelo AV (Embrapa, 2021). Não há dados oficiais sobre a área plantada ou produção de cachos e óleo (Moura et al., 2013; Pinto et al., 2019). Entretanto, Pinto

et al. (2019) conduziram seus experimentos em uma área total de 6,12 hectares, constituída por 876 plantas em Una-BA.

A ausência de polinização assistida ou artificial resulta em aborto de inflorescências e redução no peso dos cachos, levando a uma produção inferior a 10 t/ha/ano, com taxa de extração de óleo reduzida para até 12% (Cunha; Lopes, 2010). Em contraste, com polinização assistida, a produção de cachos pode ser comparável à variedade africana Tenera, atingindo 25 a 30 t/ha/ano, a taxa de extração do óleo pode variar de 18 a 25%, permitindo uma produção anual de até 6 t/ha (Cunha; Lopes, 2010). O OPBH HIE OxG apresenta vantagens logísticas na colheita e transporte devido à baixa atividade da lipase, permitindo o processamento até 5 dias após a colheita (Homma *et al.*, 2016b). Isso contrasta com o Tenera, que requer beneficiamento em 24 horas para obter acidez e rendimento desejados. Com composição e produtividade semelhantes à espécie africana, o OPBH HIE OxG tem potencial para atender à crescente demanda global por óleos vegetais estimada em 249 milhões de toneladas métricas até 2031 (OCDE/FAO, 2022), com uma estimativa elevada de 340 milhões de toneladas métricas até 2050 (Beyer *et al.*, 2020; Corley, 2009).

Consumido há mais de 5.000 anos por diversas populações africanas, o óleo extraído do mesocarpo do dendê pode ser chamado de óleo de palma bruto (OPB) ou azeite de dendê e foi introduzido na América através de sementes trazidas pelos escravos africanos a partir do final do século XV (Souza, 2000; Trindade; Poltronieri; Furlan Júnior, 2005). No Brasil, o OPB é um ingrediente muito utilizado em pratos baianos como moquecas, vatapá, xinxim de galinha, caruru e acarajé, iguaria que foi considerada patrimônio histórico e imaterial do país (Almeida *et al.*, 2013).

O OPBH tem o potencial de substituir o OPB africano em preparações culinárias. Em relação ao convencional, o óleo híbrido possui baixa acidez, menor teor de AGS, alta concentração de antioxidantes (carotenoides, tocotrienóis e tocoferóis) e AGI (Cunha; Lopes, 2010; Antoniassi *et al.*, 2018; Almeida *et al.*, 2021; Codex Alimentarius, 2023).

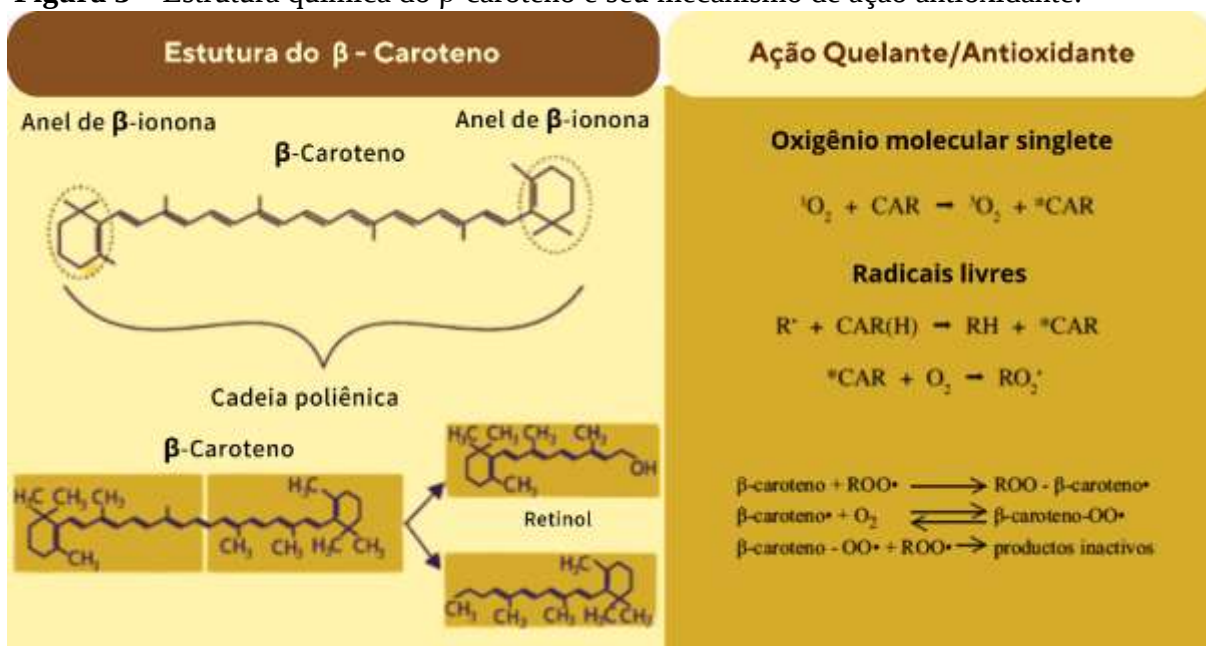
Ao analisarem o perfil de AG de OPBH paraense, Almeida *et al.* (2021) e Antoniassi *et al.* (2018), encontraram maior concentração de ácido oleico (C18:1), correspondendo de 52% a 57% do total (48-60%; Codex, 2023), em seguida, o palmítico (C16:0) ocupando de 25% a 30% (23-38%; Codex, 2023), o linoleico (C18:2) de 7% a 13% (9-17%; Codex, 2023), o esteárico (C18:0) de 3 a 4% (1,5-4,5%; Codex, 2023) e o ácido linolênico (C18:3), em menor quantidade, correspondendo 0,5 a 2% (0-0,6%; Codex, 2023) do total de AG.

Por ter a capacidade possuir até 60% de ácido oleico em sua composição de AG o Codex (2023), que estabelece os parâmetros de identidade, composição e qualidade do OPBH, o

denominou como “óleo de palma com maior teor de ácido oleico”. O consumo de AG oleico vem sendo discutido internacionalmente por apresentar potencial de redução de doença cardíaca coronária em substituição as gorduras saturadas. De acordo com a carta de atualização de Kavanaugh (2020) em relação ao posicionamento da *Food and Drug Administration* (FDA), a recomendação mínima é de 15 gramas/dia de ácido oleico. Essa quantidade equivale de 25 a 31,25 gramas/dia de azeite de dendê híbrido, considerando a faixa de composição deste AG no OPBH no Codex (40-60%) (Codex, 2023).

Nos estudos de Almeida *et al.* (2021) e Antoniassi *et al.* (2018) os carotenoides totais (CT) variaram entre 830 a 1633 mg/kg de óleo, representado em maior quantidade pelo β -caroteno (504 mg/kg - 60% dos CT), seguido pelo α -caroteno (60 mg/kg - 7% dos CT). Os carotenoides são pigmentos naturais que variam da coloração amarela ao vermelho e apresentam em sua estrutura química 40 átomos de carbono (tetraterpenóides), apresentando insaturações em sua cadeia, por isso são sensíveis à luz, temperatura, acidez, bem como reações de oxidação (Maoka, 2019) (**Figura 3**).

Figura 3 – Estrutura química do β -caroteno e seu mecanismo de ação antioxidante.



Fonte: Adaptado de Ambrósio *et al.* (2006).

Por apresentar carotenoides em sua composição, o OPBH tem potencial antioxidante. A reação dos carotenoides com espécies reativas, ou seja, suas propriedades de eliminação, podem ocorrer por meio de 1) oxidação, 2) redução, 3) abstração de átomo de hidrogênio e 4) reações de adição (Ribeiro *et al.*, 2018). As reações dos carotenoides com radicais livres levam à

transferência de elétrons ($R^{\circ+} + CAR(H) \rightarrow RH + ^*CAR$) ou possíveis reações adicionais induzindo à formação de peróxido ou produtos inativos ($^*CAR + O_2 \rightleftharpoons RO_2^{\circ}$) (**Tabela 2**). A capacidade de um determinado carotenoide em quelar o radical livre está relacionado com o número de duplas ligações conjugadas e aos grupos ligados às extremidades da cadeia (Ribeiro *et al.*, 2018). A ação dos carotenoides no corpo humano tem demonstrado efeitos benéficos na prevenção de doenças crônicas, incluindo doenças cardiovasculares, diabetes tipo 2, obesidade, e estão associados à redução da mortalidade total (Bohn *et al.*, 2021).

Tabela 2 - Reação dos carotenoides com espécies reativas.

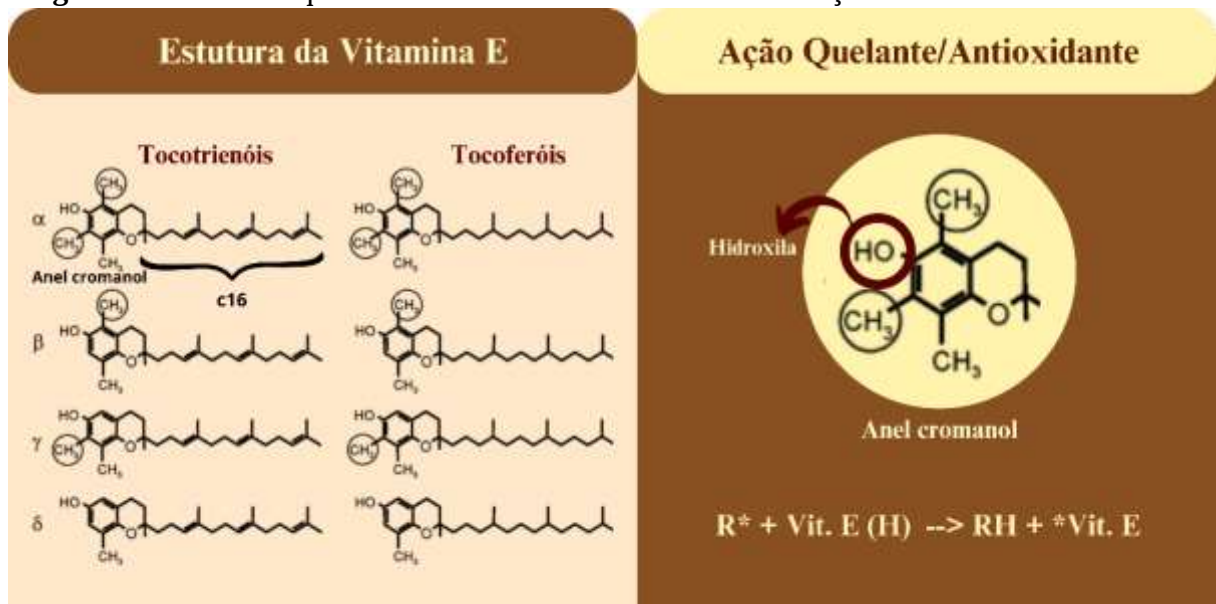
Nº	Reação	Mecanismo
1)	$Car + R^{\bullet+} \rightarrow Car^{\bullet+} + R$	Espécies radicais oxidantes ($R^{\bullet+}$) com alto potencial redox podem remover um elétron do carotenoide (Car), formando cátions radicalares de carotenoide ($Car^{\bullet+}$).
2)	$Car + e^- \rightarrow Car^{\bullet-}$	A redução dos carotenoides resulta na formação de um ânion radicalar de carotenoide ($Car^{\bullet-}$).
3)	$Car[H] + R^{\bullet} \rightarrow Car^{\bullet} + RH$	A abstração do átomo de hidrogênio dos carotenoides resulta na formação de um radical estabilizado por ressonância ($Car^{\bullet} + RH$).
4)	$Car + ROO^{\bullet} \rightarrow [Car-ROO]^{\bullet}$	Em reações adicionais, espécies radicais [(por exemplo, peroxila ($ROO^{\bullet}$), hidroxila ($HO^{\bullet}$))] são adicionadas à cadeia polieno, formando um aduto com carotenoides ($[Car-ROO]^{\bullet}$).
5)	$[Car-ROO]^{\bullet} + ROO^{\bullet} \rightarrow ROO-Car-ROO$	Esse aduto pode reagir com outra espécie radical, $ROO^{\bullet}$, e formar um produto não-radicalar ($ROO-Car-ROO$) (mecanismo de quebra de cadeia radicalar), com baixa concentração de oxigênio.
6)	$Car^{\bullet} + O_2 \rightarrow Car-OO^{\bullet}$	Com concentrações mais altas de oxigênio, o radical de carotenoide pode reagir com o dióxido de carbono (O_2) formando um radical de peroxila de carotenoide ($Car-OO^{\bullet}$) (auto-oxidação).
7)	$Car-OO^{\bullet} + LH \rightarrow Car-OOH + L^{\bullet}$	Esses radicais atuam como pró-oxidantes, causando peroxidação lipídica e promovendo danos oxidativos em outras biomoléculas (por exemplo, DNA, proteínas).

Nº	Reação	Mecanismo
8)	$L\cdot + O_2 \rightarrow LOO\cdot$	O lipídio hidrofóbico ($LOO\cdot$) pode reagir com carotenoides para produzir produtos de oxidação que serão posteriormente metabolizados e eliminados do corpo.

Fonte: Ribeiro *et al.* (2018).

Outro composto antioxidante presente no OPBH é a vitamina E, segundo Almeida *et al.* (2021) e Antoniassi *et al.* (2018) os teores de tocoferóis e tocotrienóis no óleo variaram de 540 a 1293 mg/kg de óleo (562- 1417 mg/kg; Codex, 2023), sendo o componente principal o γ -tocotrienol com 603 mg/kg (406- 887 mg/kg; Codex, 2023). Existem oito isômeros de moléculas de vitamina E de forma natural, variando a saturação, o número e a localização do anel cromanol, enquanto os tocoferóis apresentam a cadeia toda saturada, os tocotrienóis apresentam três duplas ligações em sua estrutura (Hunter; Cahoon, 2007) (**Figura 4**).

Figura 4 – Estrutura química da Vitamina E e mecanismo de ação antioxidante.



Fonte: Adaptado de Peh *et al.* (2016), Hunter e Cahoon, 2007.

A propriedade antioxidante é atribuída ao grupo hidroxila do anel aromático dos tococromanóis, que doa hidrogênio para neutralizar radicais livres ou espécies reativas de oxigênio (ROS) (PEH *et al.*, 2016). Peh *et al.* (2016) encontraram estudos em sua revisão de literatura que demonstraram que os tocotrienóis, rico no OPBH, possuíam propriedades antioxidantes e anti-inflamatórias superiores ao α -tocoferol, bem como, ação protetora em doenças ósseas, cardiovasculares, oculares, nefrológicas e neurológicas.

No óleo, ambos os compostos antioxidantes têm potencial de estender a vida de prateleira deste produto por ser capaz de retardar a autooxidação. Os óleos vegetais virgens inicialmente contêm diversos antioxidantes naturais, como, como compostos fenólicos, tocoferóis, fitoesteróis e carotenoides, que os protege dos processos oxidativos (Redondo-Cuevas *et al.*, 2018).

3.3 Percepção dos consumidores sobre óleo de palma bruto e refinado

O óleo de palma bruto (OPB), extraído do mesocarpo do fruto da palmeira africana, é a commodity mais produzida mundialmente, totalizando 79,5 milhões de toneladas (USDA, 2024a, Codex, 2023). Sua alta demanda impulsionou a expansão da monocultura de palma, resultando em impactos sociais e ambientais negativos, como desflorestamento e prejuízos à biodiversidade, principalmente no sudeste asiático (QAIM *et al.*, 2020).

Na América Latina destacam-se na produção de OPB, a Colômbia (4º) e Brasil (10º), principalmente no Pará e Bahia (USDA, 2024b). Amplamente utilizado na indústria alimentícia e não alimentícia (farmacêutica e biodiesel) devido às suas propriedades de processamento e baixo custo (Hartmann *et al.*, 2018; OECD/FAO, 2022), o OPB é consumido em preparações regionais no Brasil e África (Almeida *et al.*, 2013), embora seja a sua forma refinada mais utilizada pelas indústrias (Mozzon; Foligni; Tylewicz, 2018). O processo de refino resulta em perdas de cor e sabor, além de redução de compostos antioxidantes e potencial formação de substâncias tóxicas, como 3-monocloropropano-1,2-diol (3-MCPD) e 2-monocloropropano-1,3-diol (2-MCPD) (Mozzon; Foligni; Tylewicz, 2018).

Além disso, o alto teor de gordura saturada no óleo de palma o relaciona a níveis elevados de colesterol no sangue e a um aumento do risco de doenças cardiovasculares, conforme indicado por Sacks *et al.* (2017) e Sun *et al.* (2015).

Apesar dos impactos negativos, o uso do óleo de palma refinado apresenta vantagens econômicas e ambientais, como menor emissão de gases de efeito estufa e rendimentos superiores comparados a outros óleos vegetais (Wassmann *et al.*, 2023). Isso se deve ao fato de que o óleo de palma bruto possui um rendimento até dez vezes maior do que as culturas alternativas, resultando em uma pegada de carbono menor em comparação com outras oleaginosas (Beyer *et al.*, 2020; Lieke, Spiller; Busch, 2023).

A crescente demanda global por óleo vegetal, impulsionada pelo crescimento populacional, torna inviável interromper a produção de OPB (OECD/FAO, 2022). Além disso, o óleo de palma sustenta milhões de pessoas em países em desenvolvimento (ESPO, 2017). A

Mesa Redonda sobre Óleo de Palma Sustentável (RSPO), estabelecida em 2004, busca promover melhores padrões de produção com um esquema de certificação específico, embora o reconhecimento do rótulo RSPO seja baixo entre os consumidores (Wassmann *et al.*, 2023; Ostfeld *et al.*, 2019).

A maioria das pesquisas sobre o óleo de palma, que se referem à variedade africana em sua forma bruta ou refinada, é internacional (Lieke; Spiller; Busch, 2023; Wassmann; Siegrist; Hartmann, 2023; Guadalupe, 2019; Ostfeld *et al.*, 2019; Mozzon; Foligni; Tylewicz, 2018; Hartmann *et al.*, 2018; Aguiar; Martinez; Caleman, 2018; Disdier; Marette; Millet, 2013).

Em um estudo francês, a disposição dos consumidores para pagar por pãezinhos de leite com ou sem óleo de palma foi avaliada após receberem informações sobre os impactos ambientais e para a saúde desse óleo, indicando uma influência negativa dessas informações na disposição para pagar (Disdier; Marette; Millet, 2013). Outro estudo no Reino Unido revelou que a percepção de insustentabilidade na produção do óleo de palma afeta negativamente a avaliação de produtos que o contêm (Aguiar; Martinez; Caleman, 2018).

O óleo de palma é considerado o pior óleo comestível em termos de saúde e impacto ambiental por consumidores na França, Bélgica francesa e Itália, enquanto em países não europeus, como EUA, Reino Unido, Canadá, Austrália, China e Arábia Saudita, a desaprovação é menos pronunciada (Mozzon; Foligni; Tylewicz, 2018). Na Suíça, os participantes percebem o óleo de palma negativamente, classificando-o como menos saudável, menos sustentável, de qualidade inferior, menos saboroso e menos requintado (Wassmann; Siegrist; Hartmann, 2023). Danos ambientais, como desflorestação e incêndios florestais, foram as associações mais frequentemente mencionadas, seguidas pelos impactos na saúde, enquanto associações sociais e éticas foram menos destacadas, evidenciando a ênfase dos consumidores em questões ambientais e de saúde em relação às sociais no contexto do óleo de palma.

Na Espanha, o óleo de palma também é considerado prejudicial à saúde, mas os peruanos acreditam no contrário, que esse óleo é bom para a saúde, sugerindo uma influência significativa de fatores culturais e regionais na formação de opiniões sobre o óleo de palma refinado entre os consumidores (Guadalupe, 2019).

Em pesquisa com entrevistados alemães, predominam associações negativas, destacando o "desmatamento da floresta tropical" e impactos ambientais, enquanto questões sociais e de saúde, como más condições de trabalho, também são citadas pelos entrevistados ambientais (Lieke; Spiller; Busch, 2023).

Ademais, consumidores preocupados com saúde e impactos ambientais demonstram desconfiança em relação a alimentos processados, impulsionando o movimento "Clean label"

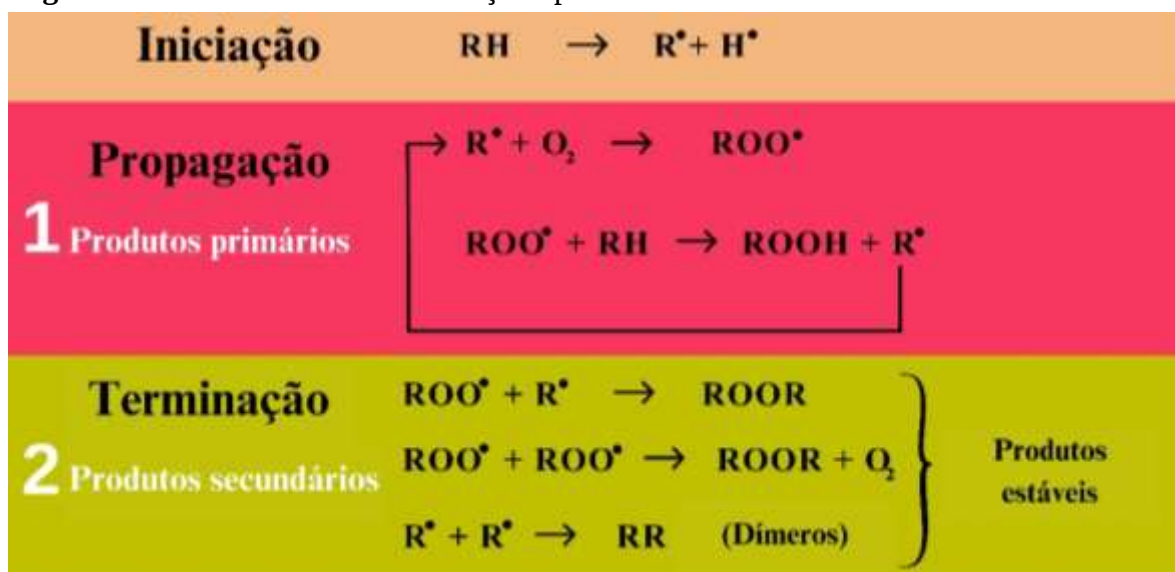
que favorece rótulos simples com ingredientes naturais (Asioli *et al.*, 2017). Dessa forma, a ausência de ingredientes como o óleo de palma exerce uma influência positiva na avaliação da saudabilidade, especialmente na França, Polônia e Suécia, conforme indicado por um estudo europeu (Hartmann *et al.*, 2018). Além disso, esses participantes de diferentes países consideraram produtos sem óleo de palma mais saudáveis, principalmente entre aqueles interessados em alegações e informações nutricionais nas embalagens. O aumento do conhecimento nutricional foi associado a uma maior probabilidade de considerar produtos sem óleo de palma mais saudáveis. Ainda, a resistência a pagar um preço mais elevado por produtos com óleo de palma prevaleceu entre a maioria dos consumidores em todas as regiões europeias estudadas. Os autores também discutem a relevância da cobertura negativa da mídia e da possível proibição fiscal sobre o óleo de palma, ressaltando a complexidade dessas influências na percepção dos consumidores.

Não existem estudos que avaliem o conhecimento, percepção ou potencial de consumo do óleo da variedade HIE OxG. Dada a novidade do HIE OxG como uma variedade de óleo de palma, a aceitação por parte do consumidor pode ser influenciada pela percepção já estabelecida em relação à espécie africana.

3.4 Oxidação de óleos

O processo oxidativo ocorre de forma natural em óleos e gorduras pela decomposição de AG na presença de oxigênio (O₂) (Jorge, 2009). Enzimas, metaloproteínas, microrganismos e as condições de armazenamento influenciam esse processo (Ahmed, 2023; Flores, 2021).

Dentre as vias de oxidação lipídica em alimentos, autooxidação, fotoxidação, oxidação enzimática e hidrolítica, a autooxidação é o principal mecanismo (Wang D., *et. al.*, 2023; Ahmed *et al.*, 2023). Na autooxidação existem 3 fases: iniciação, propagação e terminação (**Figura 5**).

Figura 5 – Mecanismo de autooxidação lipídica.

Nota: RH: ácido graxo insaturado (AGI), $R^{\bullet}$ radical de ácido graxo, $ROO^{\bullet}$ radical peroxila, $ROOH$: hidroperóxido.

Fonte: Adaptados de De Jesus et al., (2023).

Na fase de iniciação é necessária uma alta energia de ativação. Portanto, diversos fatores podem ser catalizadores, como a exposição à luz visível, radiação ultravioleta, metais como cobre, ferro, níquel, cobalto ou manganês, variação de temperatura (calor), presença de antioxidantes, pró-oxidantes, bem como a presença de insaturações nos AG (Ahmed, 2023; Jorge, 2009). O óleo de palma bruto híbrido, como a maior parte dos óleos comestíveis é predominantemente constituída por AGI, caracterizados pela presença de duplas ligações em sua estrutura molecular (Codex, 2023; Ahmed *et al.*, 2023). A natureza química das duplas ligações torna os AGI mais propensos a alterações oxidativas, pois a quebra da dupla ligação requer menos energia formando mais nuvens eletrônicas (Khanra *et al.*, 2018). Como exemplo, observa-se que o ácido oleico (C18:1), caracterizado por uma insaturação em sua cadeia, exibe uma propensão à oxidação mais gradual em comparação com os ácidos linoleico (C18:2) e linolênico (C18:3), dotados de 2 e 3 insaturações, respectivamente (Jorge, 2009).

Na fase de indução, radicais livres de AG, elementos altamente reativos devido a um número ímpar de elétrons na última camada eletrônica, são formados. Eles são capazes de interagir com compostos próximos à sua órbita externa e começam a se comportar como oxidantes ou redutores de elétrons (Jorge, 2009). O processo de oxidação é atribuível a duas estruturas de oxigênio, conhecidas como oxigênio singlete (1O_2) e oxigênio triplet (3O_2), essas espécies também são conhecidas como Espécies Reativas de Oxigênio (Sahin, 2019).

O produto primário da oxidação é produzido entre o radical alquil ($R\cdot$) dos AGI (RH) com o oxigênio (O_2) (Sahin, 2019). Subsequentemente, $R\cdot$ forma $ROO\cdot$ (radical peróxido de lipídio) por meio da reação com o 3O_2 . Até esta etapa a taxa de reação é lenta, os compostos gerados durante esse período são peróxidos, principalmente hidroperóxidos, conhecidos como produtos primários, também conhecidos como intermediários (Ahmed *et al.*, 2023).

O próximo passo é a propagação, no qual o radical livre reage com o O_2 para originar um $ROO\cdot$. Este composto retira hidrogênio do carbono α -metileno de outro AGI adjacente, produzindo hidroperóxidos e outro radical livre que retroalimenta a reação de oxidação. Essa reação é em cadeia, isto é, pode ocorrer inúmeras vezes (Sahin, 2019; Jorge, 2009).

Na fase de terminação, a reação é encerrada quando os radicais alquil de lipídios reagem entre si para formar uma molécula ou quando se combinam com um antioxidante estável (Ahmed *et al.*, 2023). Os hidroperóxidos formados podem ser decompostos, catalisados por íons metálicos como cobre e ferro, gerando hidrocarbonetos, radicais livres, aldeídos, cetonas e compostos voláteis como carbonila. Estes compostos tóxicos afetam propriedades sensoriais de sabor e odor no óleo (rancidez) (Ahmed *et al.*, 2023; Sahin, 2019; Jorge, 2009). Os produtos da oxidação também representam riscos à saúde dos consumidores e a oxidação de lipídios prejudica a qualidade de alimentos (Sahin, 2019).

Nesta fase, as reações são rápidas, e os radicais livres formados são mais reativos, com alto consumo de oxigênio. Todos os AGI podem ser consumidos se o oxigênio for ilimitado. Assim, esta etapa depende da disponibilidade de O_2 e AGI (Jorge, 2009).

3.5 Determinação da estabilidade oxidativa e produtos de oxidação em óleos

A estabilidade à oxidação é um parâmetro crítico para óleos vegetais comestíveis, afetando sua aplicação tecnológica e prazo de validade (Maszewska *et al.*, 2018). Este parâmetro é frequentemente quantificado pelo tempo necessário para que uma amostra de óleo atinja um ponto crítico de oxidação, onde podem ocorrer tanto uma aceleração abrupta do processo oxidativo quanto uma alteração na resposta sensorial (Ahmed, 2023; Carvalho, 2023; Flores, 2021). Dessa forma, o armazenamento adequado pós-fabricação é crucial, pois as condições impactam diretamente na taxa de oxidação e, consequentemente, na qualidade do óleo (Ahmed *et al.*, 2023).

A fim de garantir a qualidade nutricional de alimentos é necessária a avaliação da oxidação lipídica bem como de produtos primários e secundários originados desse processo de degradação. O Codex Alimentarius 210 (2023) regulamenta internacionalmente as

características de óleos vegetais. A Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), no Brasil, dispõe sobre os requisitos sanitários para óleos e gorduras vegetais através da Resolução Normativa Colegiada (RDC) N° 481, de 15 de março de 2021 (BRASIL, 2021a). Dentre eles, incluem a necessidade de padrões aceitáveis dos níveis de acidez e índice de peróxido estabelecidos da Instrução Normativa N° 87, de 2021 (BRASIL, 2021b).

O grau ou extensão da oxidação pode ser determinado usando diferentes metodologias, que produzirão a quantidade de intermediários ou produtos formados durante uma etapa específica da reação (Ahmed *et al.*, 2023). Para criar condições aceleradas de envelhecimento de óleos, a temperatura de armazenamento deve ser superior a ambiente (aproximadamente 25°C), mas inferior a 80°C, como recomendado pela Sociedade Americana de Químicos de Óleos (AOCS) (1997) (Cg 5-97). Temperaturas elevadas, geralmente acima de 80°C, não são representativas dos mesmos mecanismos de oxidação que ocorrem a 25°C. A faixa de 25 a 80°C proporciona aceleração na oxidação, mantendo os mecanismos de oxidação em temperaturas mais baixas, sem os problemas associados a longos períodos de armazenamento.

O teste de estabilidade oxidativa acelerada em estufa, *Schaal Oven Test*, pode utilizar uma temperatura constante de cerca de 60-70°C, apresentando boa correlação com condições normais de armazenamento (Sahin, 2019; Cao *et al.*, 2014). Baseado em estudos colaborativos da AOCS e em pesquisas publicadas, a temperatura de armazenamento de 60°C é recomendada. Cada dia na estufa equivale a 1 mês de armazenamento do óleo à temperatura ambiente, permitindo uma avaliação eficiente da estabilidade dos óleos (Ng *et al.*, 2014). Além disso, os testes de armazenamento devem ser conduzidos no escuro para evitar mais de um mecanismo de oxidação, como calor e luz, bem como os óleos iniciais devem apresentar o mínimo possível de oxidação para evitar que produtos de oxidação atuem como catalisadores para mais oxidação (AOCS, 1997).

O aumento da temperatura age como um catalisador e permite reações de oxidação, bem como a medição de sua evolução, tanto organolepticamente (cor, odor, sabor) quanto por análises químicas. O *Schaal Oven Test* possui algumas vantagens, como sua simplicidade e sua padronização entre os métodos referenciados no banco de dados da AOCS (Botosoa; Karoui, 2022). Esse teste requer métodos analíticos adicionais para determinação dos compostos de oxidação que se formarão ao longo dos dias na estufa (Sahin, 2019). Estudos aplicam esses métodos para investigar a oxidação de diversos óleos, destacando a importância da avaliação contínua para garantir a qualidade e segurança dos produtos lipídicos (**Tabela 3**).

Tabela 3 – Estudos sobre estabilidade oxidativa de óleo pelo método *Schaal Oven Test*.

Condições das análises (<i>Schaal Oven Test</i>)	Amostra	Objetivo do Estudo	Referência
62°C, 24 dias, análises a cada 6 dias	Óleo de soja, Óleo de farelo de arroz, Óleo de semente de algodão	Investigar o efeito do extrato de alecrim no aprimoramento da estabilidade do óleo	Yang <i>et al.</i> (2016)
70°C, 16 dias, análises a cada 10 dias	Palma oleína	Investigar o efeito do extrato de flor de graviola no aprimoramento da estabilidade do óleo	Womeni <i>et al.</i> (2016)
60°C, 16 dias, análises a cada 2 dias	Óleo de girassol	Investigar o efeito do óleo de cominho preto no aprimoramento da estabilidade do óleo	Kiralan <i>et al.</i> (2017)
60°C, 30 dias, análises após 1, 2, 5 e 16 dias	Óleo de chia	Monitorar a estabilidade térmica oxidativa do óleo	Souza <i>et al.</i> (2017)
70°C, 30 dias, análises a cada 10 dias	Palma oleína refinada	Investigar o efeito do extrato de raiz de gengibre no aprimoramento da estabilidade do óleo	Djikeng <i>et al.</i> (2018)
60°C, 16 dias, análises diárias	Óleo de moringa, Óleo de oliva, Óleo de canola	Monitorar os resultados comparativos da estabilidade térmica oxidativa dos óleos	Duarte <i>et al.</i> (2018)
63°C	Óleo de amendoim, Óleo de milho, Óleo de farelo de arroz, Óleo de semente de uva, Óleo de colza	Monitorar os resultados comparativos da estabilidade térmica oxidativa dos óleos durante 12 meses de armazenamento	Maszewska <i>et al.</i> (2018)
60°C, 45 dias, análises a cada 3 dias	Óleo de nozes	Investigar o efeito do licopeno no aprimoramento da estabilidade do óleo	Xie <i>et al.</i> (2018)

Condições das análises (<i>Schaal Oven Test</i>)	Amostra	Objetivo do Estudo	Referência
60°C, 6 dias, análises diárias	Óleo de semente de uva, Óleo de linhaça, Óleo de semente de cominho preto	Monitorar os resultados comparativos da estabilidade térmica oxidativa dos óleos	Kiralan <i>et al.</i> (2019)

Fonte: Sahin (2019).

Métodos volumétricos são aplicados para determinar os produtos primários de oxidação de óleos comestíveis produzidos como resultado da oxidação em estágios iniciais de armazenamento (Ahmed *et al.*, 2023; Anwar *et al.*, 2010; Mohammad *et al.*, 2016). Esses métodos incluem o valor de AGL e o valor de peróxidos, realizando titulações ácido-base e iodométricas, respectivamente (AOCS, 2003).

O Índice de acidez (IA) indica a formação de AGL provenientes da reação de hidrólise dos triglicerídeos, acelerada pelo aquecimento (Cecchi, 2003; IAL, 2008). O Codex 210 (2023) e a ANVISA estabelecem para óleos e gorduras refinados 0,6 mg KOH/g, óleos prensados a frio e não refinados 4,0 mg KOH/g. Já a ANVISA estabelece um limite para óleo de palma virgem de 10,0 mg KOH/g (Brasil, 2021), enquanto o Codex (2023) estabelece até 5% de AGL (como ácido palmítico). A determinação do valor de AGL é de importância primordial porque fornece informações sobre a decomposição ou deterioração do óleo e a presença de AGL pode exibir um impacto pró-oxidante que está associado à porcentagem de AGL (Ahmed *et al.*, 2023).

Outro indicador da qualidade do óleo é o Índice de Peróxido (IP). O valor de IP é principalmente descrito como miliequivalentes de conteúdo de oxigênio de peróxidos como resultado da oxidação por um quilograma de óleo (AOCS, 2003). Os hidroperóxidos são os primeiros compostos formados na oxidação dos lipídios, que por reações paralelas produzem aldeídos, cetonas, álcoois, hidrocarbonetos, entre outros produtos, responsáveis pelo odor e o ranço, característicos da deterioração dos óleos e gorduras (Shahidi; Zhong, 2010; Cecchi, 2003). Segundo o Codex 210 (Codex, 2023) e a ANVISA (Brasil, 2021), a concentração máxima permitida desses compostos é de até Tipo de óleo ou gordura Valor máximo do índice de peróxidos Óleos e gorduras refinados 10 meq/kg Óleos prensados a frio e não refinados 15 meq/kg.

Métodos espectroscópicos, como colorimetria e espectrofotometria, desempenham um papel crucial na avaliação de alimentos. A cor e a aparência dos alimentos são critérios essenciais para a aceitação do consumidor, sendo a colorimetria e a espectrofotometria métodos relevantes para determinar a cor dos alimentos (Lee, Tomas e Jafari, 2020). A colorimetria, utilizando um colorímetro ou tintômetro, analisa cores em solução pela medição da absorção relativa da luz visível. Por outro lado, a espectrofotometria mensura a quantidade de luz que atravessa a amostra (Vulcane, Cinkmanis e Sabovic, 2022).

O colorímetro, mede a intensidade da luz com base nas cores primárias: vermelho, verde e azul, representadas pelas coordenadas X, Y e Z. Sistemas de coordenadas como RGB, HunterLab, CIE Lab*, CIE XYZ, CIE Luv*, CIE Yxy e CIE LCH são utilizados para representar cores, sendo L* (luminosidade), a* (intensidade da cor vermelha/verde), b* (intensidade da cor amarela/azul), C* (croma) e Hab° (ângulo de tonalidade) parâmetros fundamentais na descrição colorimétrica (Haghighi *et al.*, 2019; Andreu-Sevilla *et al.*, 2008). O sistema mais adotado é o espaço de cores CIELab devido à sua distribuição uniforme e proximidade com a percepção humana da cor (Lee, Tomas e Jafari, 2020).

Compostos de oxidação pode afetar as cores dos óleos (Sahin, 2019). Para avaliar a diferença total de cor (ΔE^*), mede-se a alteração global em comparação com uma cor de referência (Haghighi *et al.*, 2019). O ΔE é crucial para capturar todas as alterações nos parâmetros de cor, sendo considerado significativo quando a diferença de cor entre duas amostras é de pelo menos 3 unidades CIELab (Dattner; Bohn, 2015).

Em estágios iniciais de oxidação, peróxidos são formados, resultando na formação de dienos e trienos conjugados (Ahmed *et al.*, 2023). A absorbância dessas estruturas na região ultravioleta pode ser medida por um espectrofotômetro (AOCS, 2003). O valor de dienos conjugados é determinado com uma absorbância em torno de 232-234 nm, e o valor de trienos é detectado na região de aproximadamente 268 nm (Haghighi *et al.*, 2019).

O malondialdeído (MDA) é amplamente utilizado como marcador de oxidação secundária (Ahmed *et al.*, 2023). A reação entre MDA e o ácido tiobarbitúrico (TBA) forma um composto colorido de cor vermelha medido espectrofotometricamente a 532 nm de comprimento de onda e de acordo com a metodologia, esse comprimento de onda pode variar, situando-se ao redor de 500 a 550 nm (Yuan *et al.*, 2018; Osawa *et al.*, 2005).

Em óleos brutos como o de palma, a quantificação de carotenoides totais pode diminuir em óleos por diversos processos oxidativos, sendo realizada por espectrofotometria UV-Vis, com leitura das amostras a 450 nm (Almeida *et al.*, 2019). A metodologia de Rodriguez-Amaya

e Kimura (2004) é comumente aplicada, utilizando solventes como éter de petróleo P.A ou acetona P.A. para diluir as amostras.

O Índice da Deterioração da Branqueabilidade (DOBI) é essencial na avaliação da qualidade do óleo de palma bruto, medindo a relação entre carotenoides e produtos de oxidação secundária (Assis, 2021). Sua obtenção envolve a razão de absorbância a 446 nm (carotenoides) para a absorbância a 269 nm (produtos de oxidação secundária) por espectrofotometria (Wong *et al.*, 2023). A qualidade do óleo, expressa pelo valor de DOBI, é categorizada em quatro níveis de acordo com a norma técnica ISO 17932/2011, proporcionando uma referência padronizada e proporciona uma compreensão rápida da resistência do óleo à oxidação, sendo valores mais altos indicativos de maior estabilidade oxidativa e, portanto, melhor qualidade do óleo. Um DOBI entre 1,68 e 2,3 indica qualidade ruim, entre 2,31 e 2,92 é considerado intermediário, enquanto valores entre 2,93 e 3,24 são classificados como bons. DOBI superior a 3,24 é considerado excelente. Esse valor é influenciado por diversos fatores, incluindo a qualidade do fruto da palma, maturação, processamento e armazenamento (Wong *et al.*, 2023).

No âmbito dos resultados e discussão do capítulo IV, abordou-se o comportamento do óleo de palma bruto africano (OPB) e do óleo de palma bruto híbrido (OPBH), bem como outros óleos analisando os resultados obtidos por meio dos parâmetros de avaliação da oxidação lipídica apresentados neste item.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O referencial teórico deste estudo elucidou os tipos de óleos e óleos híbridos, aspectos históricos da plantação de híbridos de palma (HIE OxG) no Brasil, abordou aspectos gerais e nutricionais, pesquisas com consumidores sobre óleo de palma bruto ou refinado, e esclareceu como os compostos, AGI e antioxidantes interagem com o oxigênio, influenciando sua estabilidade oxidativa. Além disso, foram discutidos os parâmetros para a determinação da estabilidade e dos produtos de oxidação.

O OPBH HIE OxG vem sendo estudado amplamente no mundo e no Brasil. Esta variedade se destaca pela sua maior resistência a doenças, alta produtividade em óleo e baixo custo de produção, quando comparado ao óleo de palma bruto. Embora o primeiro artigo publicado internacionalmente sobre o OPBH HIE OxG seja objeto de estudo desde 1969 na Malásia, relatórios da EMBRAPA mostram que houve estudos desde 1949, com maior intensidade dos experimentos em 1980 por conta de pragas e doenças que estavam afetando os dendezeiros africanos na América Latina, o que incluiu o Brasil. As publicações científicas a respeito dos aspectos agrônômicos, genéticos e caracterização físico-química dos óleos dos híbridos do gênero *Elaeis ssp.* cresceram nos últimos 11 anos.

A produção do OPBH surge como uma alternativa para abordar os desafios nutricionais, sociais, ambientais e econômicos relacionados à produção de óleo de palma bruto. Especialmente para o Brasil, onde a demanda por óleo vegetal está em constante crescimento, a adoção do OPBH pode não apenas promover a segurança alimentar e nutricional, mas também beneficiar a economia agrícola do país. A pesquisa com potenciais consumidores brasileiros mostrou que o conhecimento sobre o óleo de palma bruto híbrido é limitado, mas demonstram interesse significativo em experimentar e comprar produtos com esse óleo, indicando um potencial de aceitação no mercado brasileiro. Portanto, é essencial ampliar a compreensão do OPBH, considerando sua possível integração em pratos regionais como substituto do óleo de palma bruto africano convencional.

Esse óleo revela teores mais elevados de carotenoides e ácido oleico em comparação com o convencional. Apesar de produzir mais compostos de oxidação primária e secundária, a estabilidade oxidativa do óleo híbrido se equipara ao do tradicionalmente vendido mercado, pois ambos os óleos, após 6 dias (meses) e 9 dias (meses) houve excesso de compostos primários de oxidação e perda da qualidade, respectivamente. Estudos futuros podem investigar aspectos genéticos, características físico-químicas, sua aplicação em novos produtos e os efeitos sobre a saúde humana.

REFERÊNCIAS

- AGUIAR, L. K.; MARTINEZ, D. C.; CALEMAN, S. M. Q. Consumer awareness of palm oil as an ingredient in food and non-food products. **Journal of Food Products Marketing**, v. 24, n. 3, p. 297-310, 2018.
- AHMED, I. *et al.* Unraveling the challenges of oxidative stability and methods to assess the oxidation of commercial oils: a review. **Journal of Chemistry and Environment**, v.2, n.01, p. 52–97, 2023.
- ALMEIDA, D. T. *et al.* A quality assessment of crude palm oil marketed in Bahia, Brazil. **Grasas y aceites**, v.64, n.4, p. 387–394, 2013. doi: 10.3989/gya.118412.
- ALMEIDA, E.S. de *et al.* Thermal and Physical Properties of Crude Palm Oil with Higher Oleic Content. **Applied Sciences**. v.11, n. 7049, 2021.
- AMERICAN OIL CHEMISTS' SOCIETY –AOCS. **Official methods of recommended practices of the American Oil Chemists' Society**, Methods Ca 5a-40, Cd 8-53, Cd 18-90, Ch 5-91. 5ª edição. 2003.
- AMERICAN OIL CHEMISTS' SOCIETY –AOCS. **Official methods of recommended practices of the American Oil Chemists' Society**, Methods Cg 5-9, 1997.
- ANDREU-SEVILLA, A. *et al.* Mathematical quantification of total carotenoids in Sioma oil using color coordinates and multiple linear regression during deep-frying simulations. **European Food Research and Technology**, v. 226, p. 1283 –1291, 2008.
- ANTONIASSI, R. *et al.* Óleo de palma de alto oleico produzido no Brasil no ano de 2016. **Embrapa Agroindústria de Alimentos**. Comunicado Técnico, 229, 2018.
- ANWAR, F. *et al.* Antioxidant activity of 100% and 80% methanol extracts from barley seeds (*Hordeum vulgare* L.): stabilization of sunflower oil. **Grasas y aceites**, v. 61, n. 3, p. 237-243, 2010.
- ASSUNÇÃO, L. S. *et al.* Optimization and Characterization of Interspecific Hybrid Crude Palm Oil Unaué HIE OxG Nanoparticles with Vegetable By-Products as Encapsulants. **Foods**, v. 13, n. 4, p. 523, 2024.
- BEYER, R. M. *et al.* The environmental impacts of palm oil and its alternatives. **Biorxiv**, p. 2020.02. 16.951301, 2020.
- BOARI, A. J. Estudos realizados sobre o amarelecimento fatal do dendezeiro (*Elaeis Guineensis* Jacq). Belém, PA: **Embrapa Amazônia Oriental**, 2008.
- BOHN, T. *et al.* Mechanistic aspects of the health benefits of carotenoids – where are we now? **Nutrition Research Reviews**, v.34, n.2, p. 276-302, 2021.
- BOTOSOA, E. P.; KAROUI, R. 3D front face fluorescence spectroscopy as a tool for monitoring the oxidation level of edible vegetable oil during storage at 60° C. **LWT**, v. 154, p. 112659, 2022.

BRASIL ministério da saúde. Agência Nacional de vigilância Sanitária. Resolução RDC nº 481, de 15 de março de 2021. **Dispoe sobre os requisitos sanitários para óleos e gorduras vegetais**. Brasília: Anvisa; 2021a.

BRASIL. Ministério da Agricultura, pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa IN. Nº 87, de 15 de março de 2021. **Estabelece a lista de espécies vegetais autorizadas, as designações, a composição de ácidos graxos e os valores máximos de acidez e de índice de peróxidos para óleos e gorduras vegetais**. Brasília: Anvisa; 2021b.

CAO, J. *et al.* Novel approach to evaluate the oxidation state of vegetable oils using characteristic oxidation indicators. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 62, n. 52, p. 12545-12552, 2014.

CARVALHO, D. L. *et al.* Alterações físico-químicas de óleos submetidos ao processo de fritura. **Brazilian Journal of Development**, v. 9, n. 10, p. 28448-28454, 2023.

CECCHI, H. M. **Fundamentos Teóricos e Práticos em Análise de Alimentos**. 2. ed. Campinas: Ed. da Unicamp, 2003.

CHEN, J.; LIU, H. Nutritional indices for assessing fatty acids: A mini-review. **International Journal of Molecular Sciences**, v. 21, n. 16, p. 5695, 2020.

CHRISTOV, M. F. Contribution of interspecific and intergeneric hybridization to sunflower breeding. **Helia**, v. 36, n. 58, p. 1-18, 2013.

CODEX ALIMENTARIUS. **Codex Standard for named vegetable oils (CODEX STAN 210 - CXS 210-199)**, 2023.

CORLEY, R.H.V. How much palm oil do we need? **Environmental Science & Policy**, v. 12, p. 134 - 139, 2009.

CUNHA, R. N. V. da; LOPES, R. BRS Manicoré: Híbrido Interespecífico entre o Caiaué e o Dendzeiro Africano Recomendado para Áreas de Incidência de Amarelecimento-Fatal. **Embrapa Agroindústria de Alimentos**. Comunicado Técnico, 85, 2010.

DA SILVA, B. D. *et al.* Chemical composition, extraction sources and action mechanisms of essential oils: Natural preservative and limitations of use in meat products. **Meat Science**, v. 176, p. 108463, 2021.

DATTNER, M.; BOHN, D. Characterization of Print Quality in Terms of Colorimetric Aspects. In: IZDEBSKA, J.; THOMAS, S. (Ed.). DATTNER, M.; BOHN, D. **Printing on Polymers: Fundamentals and Applications**; Elsevier Inc.: Amsterdam, The Netherlands, p. 329-345, 2015.

DE GROOT, A. C.; SCHMIDT, E. Essential oils, part III: chemical composition. **Dermatitis**, v. 27, n. 4, p. 161-169, 2016.

DE JESUS, F. do E. S. *et al.* Edible Oils and Development of New Products: Sensory, Microbiological, and Cytotoxic Aspects. **Current Organic Chemistry**, v.27, p.1917-1945, 2023.

DHAKAD, A. K. *et al.* Biological, medicinal and toxicological significance of Eucalyptus leaf essential oil: a review. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 98, n. 3, p. 833-848, 2018.

DIMITRIJEVIC, A.; HORN, R. Sunflower hybrid breeding: from markers to genomic selection. **Frontiers in Plant Science**, v. 8, p. 2238, 2018.

DISDIER, A. C.; MARETTE, S.; MILLET, G. Are consumers concerned about palm oil? Evidence from a lab experiment. **Food Policy**, v. 43, p. 180-189, 2013.

DJIKENG, F. T. *et al.* Effects of natural antioxidants extracted from Cameroonian ginger roots on the oxidative stability of refined palm olein. **European Food Research and Technology**, v. 244, p. 1015-1025, 2018.

DUARTE, A. M. *et al.* A comparative study of the thermal and oxidative stability of moringa oil with olive and canola oils. **Journal of Thermal Analysis and Calorimetry**, v. 134, p. 1943-1952, 2018.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Com menor acidez, novo azeite de dendê agrega valor à culinária baiana. Notícias. Agricultura familiar Agroindústria Melhoramento genético Produção vegetal Manejo Integrado de Pragas. **EMBRAPA**, 2021.

ESPO. European Sustainable Palm Oil. **Making sustainable palm oil the norm in Europe: progress report on the import and use of sustainable palm oil in Europe**. 2017.

FLORES, M. *et al.* Edible oil parameters during deterioration processes. **International Journal of Food Science**, v. 2021, 2021.

FRIEDT, W.; TU, J.; FU, T. Academic and economic importance of Brassica napus rapeseed. In: LIU, Shengyi; SNOWDON, Rod; CHALHOUB, Boulos (Ed.). **The Brassica napus genome**, p. 1-20, 2018.

GUADALUPE, G. A. *et al.* Presence of palm oil in foodstuffs: consumers' perception. **British Food Journal**, v. 121, n. 9, p. 2148- 2162, 2019.

GUERRERO VEGA, A. **The dietary and thermoregulatory role of blubber as revealed by fatty acids**. 2017. Tese de Doutorado. UNSW Sydney.

HAGHIGHI, H. *et al.* Comprehensive characterization of active chitosan-gelatin blend films enriched with different essential oils. **Food Hydrocolloids**, v. 95, p. 33-42, 2019.

HARKER, K. N. *et al.* Seeding rate, herbicide timing and competitive hybrids contribute to integrated weed management in canola (Brassica napus). **Canadian Journal of Plant Science**, v. 83, n. 2, p. 433-440, 2003.

HARTMANN, C. *et al.* European consumer healthiness evaluation of 'Free-from' labelled food products. **Food quality and preference**, v. 68, p. 377-388, 2018.

HOMMA, A. K. O. Histórico do Desenvolvimento de Híbridos Interespecíficos entre Caiaué e Dendzeiro. Belém, PA: **Embrapa Amazônia Ocidental**, 2016a.

HOMMA, A. K. O.; FURLAN JÚNIOR, J. Desenvolvimento da dendeicultura na Amazônia: cronologia. In: MÜLLER, A. A.; FURLAN JÚNIOR, J. Agronegócio do dendê: uma alternativa social, econômica e ambiental para o desenvolvimento sustentável da Amazônia. Belém, PA: **Embrapa Amazônia Ocidental**, 2001. p. 193-207.

HOMMA, A. K. O. *et al.* Produtores Comerciais de Dendzeiros Híbridos Interespecíficos (HIE – Oleífera x Guineensis) Integrados à Denpasa, no Nordeste Paraense. Belém, PA: **Embrapa Amazônia Ocidental**, 2016b.

HUNTER, S.C., CAHOON, E.B. Enhancing Vitamin E in Oilseeds: Unraveling Tocopherol and Tocotrienol Biosynthesis. **Lipids** 42, 97–108 (2007).

IAL. INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. São Paulo: IAL, 2008. 593 p.

JORGE N. **Química e Tecnologia de Óleos Vegetais**. São Paulo: Cultura Acadêmica Editora, 2009. 165 p.

KAVANAUGH, C. Letter Updating the Qualifying Level of Oleic Acid for the Oleic Acid From Edible Oils and Coronary Heart Disease (Corbion Biotech Petition) Qualified Health Claim. **Food and Drug Administration**. 2020

KAYA, Y.; JOCIC, S.; MILADINOVIC, D. Sunflower. In: Gupta, S.K. **Technological Innovations in Major World Oil Crops**, Volume 1: Breeding, p. 85-129, 2012.

KHANRA, A. *et al.* Application of unsaturated fatty acid molecules derived from microalgae toward mild steel corrosion inhibition in HCl solution: a novel approach for metal–inhibitor association. **ACS omega**, v. 3, n. 10, p. 12369-12382, 2018.

KIRALAN, M. *et al.* Blends of Cold Pressed Black Cumin Oil and Sunflower Oil with Improved Stability: A Study Based on Changes in the Levels of Volatiles, Tocopherols and Thymoquinone during Accelerated Oxidation Conditions. **Journal of Food Biochemistry**, v. 41, p. 12272, 2017.

KIRALAN, M. *et al.* Stability and volatile oxidation compounds of grape seed, flax seed and black cumin seed cold-pressed oils as affected by thermal oxidation. **Grasas y aceites**, v. 70, p. 295, 2019.

KRENAK, Ailton. **A vida não é útil**. São Paulo: Companhia das Letras, 1ª edição, 2020.

LEE, C. C.; TOMAS, M.; JAFARI, S. M. Chapter Fourteen - Optical analysis of nanoencapsulated food ingredients by color measurement. In: JAFARI, S. M. (Ed.). **Characterization of Nanoencapsulated Food Ingredients**. Academic Press: In **Nanoencapsulation in the Food Industry**, 2020. p. 505–528.

LESAGE-MEESSEN, L. *et al.* Essential oils and distilled straws of lavender and lavandin: a review of current use and potential application in white biotechnology. **Applied microbiology and biotechnology**, v. 99, p. 3375-3385, 2015.

LIEKE, S. D.; SPILLER, A.; BUSCH, G. Can consumers understand that there is more to palm oil than deforestation? **Sustainable Production and Consumption**, 2023.

- MAOKA, T. Carotenoids as natural functional pigments. **Journal of natural medicines**, v. 74, n. 1, p. 1-16, 2020.
- MASZEWSKA, M. *et al.* Oxidative Stability of Selected Edible Oils. **Molecules**, v. 23, p. 1746, 2018.
- MOHAMMADI, A. *et al.* Application of nano-encapsulated olive leaf extract in controlling the oxidative stability of soybean oil. **Food chemistry**, v. 190, p. 513-519, 2016.
- MOURA, J. I. L. *et al.* Preferência do bicudo-das-palmeiras por dendezeiro, caiaué e por seu híbrido interespecífico. **Pesquisa Agropecuária Brasileira** [online]. v. 48, n. 4, 2013.
- MOURA, J. I. L.; FERREIRA, J. M. S. *Rhynchophorus palmarum* In: Moura, J. I. L.; Argolo, R.C. eds. **Manejo integrado das pragas das palmeiras**. Ilhéus, BA. pp.13-48, 2017.
- MOZZON, M.; FOLIGNI, R.; TYLEWICZ, U. Chemical Characteristics and Nutritional Properties of Hybrid Palm Oils. In: Waisundara, V., editor. **Palm Oil** [Internet]. London: IntechOpen; 2018.
- NAVARRA, M. *et al.* Citrus bergamia essential oil: from basic research to clinical application. **Frontiers in pharmacology**, v. 6, p. 36, 2015.
- NG, S. *et al.* Effect of total solids content in feed emulsion on the physical properties and oxidative stability of microencapsulated kenaf seed oil. **Lwt -Food Science and Technology**, v. 58, n.2, p. 627-632, 2014.
- OECD/FAO. **Agricultural Outlook 2022-2031**. OECD Publishing, Paris, 2022.
- OSAWA, C. C. *et al.* Teste de TBA Aplicado a Carnes E Derivados: Métodos Tradicionais, Modificados E Alternativos. **Química Nova**, v. 28, n. 4, p. 655–663, 2005.
- OSTFELD, R. *et al.* Peeling back the label—exploring sustainable palm oil ecolabelling and consumption in the United Kingdom. **Environmental Research Letters**, v. 14, n. 1, p. 014001, 2019.
- PEH, H. Y. *et al.* Vitamin E therapy beyond cancer: tocopherol versus tocotrienol. **Pharmacology & therapeutics**, v.162, p. 152-169, 2016.
- PINTO, S. S. *et al.* Produção e Composição de Cachos e Incidência do Anel Vermelho em Híbridos Interespecíficos de Caiaué com Dendezeiro no Sul da Bahia. **Agrotrópica**, v. 31, n. 1, p. 5 -16, 2019.
- PIRES, J. M. **Algumas palmeiras oleaginosas**. Norte Agrônômico, Belém, PA, v. 1, n. 1, p. 21-33, nov. 1953.
- POSTHUMUS, M. A. *et al.* Chemical composition of the essential oils of *Agathosma betulina*, *A. crenulata* and an *A. betulina* x *crenulata* hybrid (buchu). **Journal of Essential Oil Research**, v. 8, n. 3, p. 223-228, 1996.
- QAIM, M. *et al.* Environmental, Economic, and Social Consequences of the Oil Palm Boom. **Annual Review of Resource Economics**, v. 12, p. 321-344, 2020

REDONDO-CUEVAS, L. *et al.* Revealing the relationship between vegetable oil composition and oxidative stability: A multifactorial approach. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 66, p. 221-229, 2018.

RIBEIRO, D. *et al.* Antioxidant and pro-oxidant activities of carotenoids and their oxidation products. **Food and Chemical Toxicology**, v. 120, p. 681-699, 2018.

RODRIGUEZ-AMAYA, D. B., KIMURA, M. Harvest Plus Handbook for Carotenoid Analysis. **Harvest Plus Technical Monograph** 2, 2004.

ROMERO, H. M.; AYALA, I. M. Cómo alcanzar 10 toneladas de aceite por hectárea: tecnologías de manejo de los híbridos interespecíficos OxG hacia una producción altamente eficiente. **Palmas**, v.42, n.1, p.55-64, 2021.

SACKS, F. M. *et al.* Dietary fats and cardiovascular disease: a presidential advisory from the American Heart Association. **Circulation**, v. 136, n. 3, p. e1-e23, 2017.

SAHIN, S. Evaluation of Stability against Oxidation in Edible Fats and Oils. **Journal of Food Science and Nutrition Research**, v. 2, p. 283-297, 2019.

SHAHIDI, F.; ZHONG, Y. Lipid oxidation and improving the oxidative stability. **Chemical Society Reviews**, v.39, n.11, p. 4067, 2010.

SILVA, A. B. P. **Produção sustentável de óleo de palma: estudo de caso da denpasa**. Dissertação (Mestrado em Agronegócio). Escola de Economia de São Paulo da Fundação Getúlio Vargas. São Paulo, 2022.

SOUZA, A. L. *et al.* A complete evaluation of thermal and oxidative stability of chia oil. **Journal of Thermal Analysis and Calorimetry**, v. 130, p. 1307-1315, 2017.

SOUZA, J. **Dendê**. Ceplac: Notícias. Mato Grosso do Sul. 2000.

SUN, Y. *et al.* Palm oil consumption increases LDL cholesterol compared with vegetable oils low in saturated fat in a meta-analysis of clinical trials. **The Journal of nutrition**, v. 145, n. 7, p. 1549-1558, 2015.

TRINDADE, D. R.; POLTRONIERI, L. S.; FURLAN JÚNIOR, J. Abordagem sobre o estado atual das pesquisas para a identificação do agente causal do amarelecimento fatal do dendezeiro. In: POLTRONIERI, L. S.; TRINDADE, D. R.; SANTOS, I. P. (Ed.). **Pragas e doenças de cultivos amazônicos**. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2005.

USDA. UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE. Foreign Agricultural Service. Production, supply, and distribution online. **Oilseeds: World Markets and Trade**. Office of Global Analysis, 2024a.

USDA. UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE. Foreign Agricultural Service. Crop Explorer. **Oil, Palm 2024**. Global Production, 2024b.

VUCĀNE, S.; CINKMANIS, I.; ŠABOVICS, M. Colorimetric Measurements of Vegetable Oils by Smartphone-Based Image Analysis. **Proceedings of the Latvian Academy of Sciences**, v. 76, n. 1, p. 110–115, 2022.

WANG, D. *et al.* Lipid Oxidation in Food Science and Nutritional Health: A Comprehensive Review. **Oil Crop Science**, v. 8, n. 1, 2023.

WASSMANN, B.; SIEGRIST, M.; HARTMANN, C. Palm oil and the Roundtable of Sustainable Palm Oil (RSPO) label: Are Swiss consumers aware and concerned? **Food Quality and Preference**, v. 103, p. 104686, 2023.

WOMENI, H. M. *et al.* Valorization of soursop flowers (*Annona muricata* L.) as potent source of natural antioxidants for stabilization of palm olein during accelerated storage. **Food Science & Nutrition**, v. 4, p. 802-810, 2016.

WONG, F. H.; LIM, M. D. W.; TIONG, T. J. Relationship between the deterioration of bleachability index (DOBI) value and hydrogenation performance for the hydrogenation of split-crude palm oil (s-CPO) in the oleochemical industry. **Asia-Pacific Journal of Chemical Engineering**, v. 18, n. e2973, p. 1-9, 2023.

XIE, C. *et al.* Storage quality of walnut oil containing lycopene during accelerated oxidation. **Journal of Food Science and Technology**, v. 55, p. 1387-1395, 2018.

YANG, Y. *et al.* Rosemary extract can be used as a synthetic antioxidant to improve vegetable oil oxidative stability. **Industrial Crops and Products**, v. 80, p. 141-147, 2016.

YUAN, J.; SHOEMAN, D. W.; CSALLANY, A. S. Formation of 4-Hydroxy-2-Trans-Nonenal, a Toxic Aldehyde, in Thermally Treated Olive and Sunflower Oils. **Journal of the American Oil Chemists' Society**, v. 95, n. 7, p. 813-823, 2018.

APÊNDICE

APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO ONLINE

Questões socioeconômicas

- 1- Qual é a sua faixa etária?
- 2- Em qual estado você mora?
- 3- Com qual gênero você se identifica?
- 4- Qual é o seu grau de escolaridade?
- 5- Qual é a sua ocupação atual?
- 6- Quantas pessoas moram na sua residência, incluindo você?
- 7- Somando a sua renda com a da(s) pessoa(s) que mora(m) com você, qual é a renda familiar aproximada?

Questões do óleo de palma híbrido

O QUE VOCÊ ENTENDE QUE SEJA O ÓLEO DE PALMA HÍBRIDO?

- 1- Que é um(a): (Mais de uma marcação)
- () Óleo extraído do cruzamento entre duas espécies
- () Alimento transgênico
- () Mistura de dois óleos diferentes
- () Óleo que foi extraído de forma artesanal
- () Mistura de óleo e água
- () Óleo que tem duas fases (líquida/sólida)
- () Óleo artificial/sintético
- () Óleo produzido em laboratório
- () Azeite de dendê light
- () Não sei responder

O QUE VOCÊ ACHA DO ÓLEO DE PALMA HÍBRIDO?

2- Indique sua concordância com as questões abaixo sobre o óleo de palma híbrido:

1- Concordo; 2- concordo parcialmente; 3 – Neutro; 4- Discordo parcialmente; 5- Discordo

	1	2	3	4	5
O óleo de palma híbrido tem mais nutrientes do que o óleo de palma bruto.					
A acidez do óleo de palma bruto tradicionalmente vendido no mercado é maior do que a do óleo de palma híbrido.					
A popularização e o consumo do óleo de palma híbrido não irá descaracterizar os pratos regionais baianos.					
O óleo de palma híbrido não provoca sintomas gastrointestinais como dores abdominais ao ser consumido.					
Eu tenho interesse em experimentar o óleo de palma híbrido.					

3- De 1 a 5, o quanto você considera saudável os tipos de óleo de palma? Sabendo que (1) é não-saudável, (2) pouco saudável, (3) neutro, (4) moderadamente saudável e (5) saudável. (Marcar apenas uma por linha)

Óleo de palma bruto híbrido	1	2	3	4	5
-----------------------------	---	---	---	---	---

4- De 1 a 5, qual a chance de você comprar produtos com os tipos de óleo de palma abaixo? Sabendo que (1) é nenhuma, (2) pouca, (3) neutra, (4) muita e (5) muitíssima (Marcar apenas uma por linha)

Óleo de palma bruto híbrido	1	2	3	4	5
-----------------------------	---	---	---	---	---

Capítulo II

Manuscrito: Hybrid oils: a comprehensive review of current patent documents and article trends

HYBRID OILS: A COMPREHENSIVE REVIEW OF CURRENT PATENT DOCUMENTS AND ARTICLE TRENDS

Agnes Sophia Braga Alves^a, Deborah Murowaniecki Otero^{a,b}, Alana Moreira Bispo^b, Fabiane do Espírito Santo de Jesus^b, Juan Messias Souza Santos^b, Carolina Oliveira de Souza^a, Camila Duarte Ferreira Ribeiro^{a,b*}

^a Graduate Program in Food Science, Faculty of Pharmacy, Federal University of Bahia, Campus Ondina, Salvador, Bahia, 40170-115, Brazil

^b Nutrition School, Federal University of Bahia, Campus Canela, Salvador, Bahia, 40110-907, Brazil.

<i>Periódico a ser submetido (1ª submissão):</i>	<i>Food Chemistry</i>
	ISSN 0308-8146
<i>Maior percentil (Scopus):</i>	97%
<i>Periódico a ser submetido (2ª submissão):</i>	<i>Food Research International</i>
	ON-LINE ISSN 1873-7145
<i>Maior percentil (Scopus):</i>	95%

*Corresponding author: Camila Duarte Ferreira Ribeiro (Graduate Program in Food Science, Faculty of Pharmacy, Federal University of Bahia, Campus Ondina, Salvador, Bahia, 40170-115, Brazil; Graduate Program in Food, Nutrition and Health, Nutrition School, Federal University of Bahia, Campus Canela, Salvador, Bahia, 40110-907, Brazil.). E-mail: camiladuartef@ufba.br

ABSTRACT

The oil derived from hybrid plants results from crossbreeding different plant species or varieties. This review focuses on oil extracted from hybrid plants and their patent documents and articles analyzed. Data were gathered from the Espacenet® and Scopus databases. Out of 178 patent documents, only 24 met the inclusion criteria, while 234 articles were identified, with 187 meeting the inclusion criteria. The Agricultural and Biological Sciences was the primary application area. An annual review of published literature unveiled ongoing exploration dating back to 1969. *Brassica ssp.* emerged as the most extensively researched species in both patent documents and scientific publications. Most patent documents were deposited in United States (42%) and Canada (21%). More than 60% of the authors of scientific articles had between 2 and 5 publications. This paper underscores the significance of sustainable agricultural practices, genetic diversity in hybrid plants, and international collaboration.

Keywords: Edible Oil; Essential Oil; Interspecific Hybrid, Intraspecific Hybrid, Bibliometrics.

1 INTRODUCTION

The oil derived from hybrid plants results from crossbreeding plant species or varieties (Vollmann & Rajcan, 2010), as oil with a higher content of oleic acid or low erucic acid (CODEX, 2023). "Oil" includes essential and edible and non-edible vegetable oils (Da Silva et al., 2021; CODEX, 2023). Each type of oil exhibits a distinct chemical composition derived from various plant parts.

Essential oils are intricate mixtures containing up to 400 chemical substances, primarily characterized by terpenes and hydrocarbon compounds derived from 5-carbon isoprene units (C₅H₈) (De Groot & Schmidt, 2016). Edible vegetable oils, mainly extracted from seeds and fruits, are widely used in cooking due to their specific nutritional properties, influencing taste and consumer acceptance (Sales et al., 2023; De Jesus et al., 2023). On the other hand, non-edible vegetable oils find industrial applications, such as biofuels (OECD/FAO, 2022). These oils consist of fatty acids classified as saturated, monounsaturated, and polyunsaturated (Chen, 2020).

According to USDA (2024) reports, major oilseed productions include soybean, rapeseed, sunflower seed, peanut, cottonseed, palm kernel, and copra, with Brazil, the United States, China, Argentina, and India being the leading countries in oilseed production. Regarding

primary vegetable oil production, palm oil, soybean oil, rapeseed oil, and sunflower seed oil are the dominant players. Indonesia, China, Malaysia, the European Union, the United States, Brazil, and India are primary vegetable oil production and trade players. The increasing demand for vegetable oil is expected to reach 249 million metric tons by 2031 (OECD/FAO, 2022), with a high estimate of 340 million metric tons by 2050 (Beyer et al., 2020).

Hybrid vegetable crops provide economic and technological advantages in cultivation, and they play a crucial role in mitigating climate change challenges and ensuring food security (Singh et al., 2023). Plant hybridization profoundly shapes species evolution and biodiversity, creating and diversifying new species (Jia et al., 2023); it occurs naturally or through human intervention for genetic improvement (Song et al., 2002; Zhang et al., 2016). Various types of hybrids, including intraspecific, interspecific, intergenic, interfamilial, and inter-ordinal hybrids, contribute to the development of plant varieties with desirable traits such as improved yield, nutritional profile, and pest or disease resistance (Jia et al., 2023; Christov, 2013; Raboanatahiry et al., 2021; Brandhorst & Davenport, 2001).

In the literature, various studies on hybrid vegetable oils are present, mainly focusing on highly produced oils such as palm (Romero & Ayala, 2021; Antoniassi et al., 2018), canola (Friedt et al., 2018; Harker et al., 2003), and sunflower (Dimitrijevic & Horn, 2018; Christov, 2013; Kaya et al., 2012). There are also studies exploring essential oils from hybrid plants, including buchu (Posthumus et al., 1996), lavender (Lesage-Meessen et al., 2015), eucalyptus (Dhakad et al., 2018), and bergamot (Navarra et al., 2015).

This paper analyzes patent documents and articles on oils derived from hybrid plants to comprehend current trends, stakeholders, and application areas for future developments. The findings will inform researchers, industry stakeholders, and policymakers, supporting sustainable agriculture, genetic improvement, and novel applications.

2 METHODOLOGY

We searched for patents and scientific papers related to hybrid vegetable oil or oilseed plants on the Scopus and Espacenet® databases between May and June 2023.

2.1 Patent Documents Search

The search strategy on the European Patent Office (EPO) database, the Espacenet®, involved combining the keywords in the fields of "title," "abstract," "keywords," and

"IPC/CPC." The term "oil" was specifically selected to encompass various forms of oils, and it was combined with the word "hybrid*" because the paper focuses on hybrid vegetable oil or oilseed plants. Furthermore, we chose the code "A23" to preferably retrieve documents directly linked to the food industry in our search. The code "A23" is used for patents related to foods or foodstuffs and their treatment, not covered by other classes. The Boolean operators (OR) and (AND) were employed to ensure that each evaluated document contained at least one code and keyword. We utilized the truncation operator (*) to locate the keywords' derivatives.

After reading titles, abstracts, and claims, we included patent documents that mentioned hybrid oil plants or hybrid vegetable oil, including specific commodities such as palm, maize, and rapeseed. Transgenic or genetically modified organisms that are not created through a combination of hybridization methods and other hybrids that are not oilseed plants, such as animals (pig, fish, chicken, duck, goose, sheep, snake, and turtle), grasses (*Pennisetum* and *Giant napier*), peptides, capsules, gels, methods, food, feed, equipment, and similar subjects were excluded from the patent documents analysis.

2.2 Scientific Documents Search

The search strategy on the Scopus database involved combining the terms in the fields of "title," "abstract," and "keywords." The keywords "interspecific hybrid," "intraspecific hybrid," "intergeneric hybrid," "interfamily hybrid," and "interordinal hybrid" were combined with the word "oil*" to align with the theme of this review. Incorporating these specific hybridization terms allows for a comprehensive exploration of relevant literature related to this topic. We also utilized Boolean operators (OR) and (AND) as well as the truncation operator (*), similar to the patent documents search. Additionally, we used parentheses "()" to group complex search queries and indicate the priority of execution and quotation marks ("") to retrieve the exact terms chosen for the search.

After reading titles and abstracts, we included articles that mentioned hybrid oil plants or hybrid vegetable oil, including specific commodities such as palm, sunflower, and rapeseed. We excluded materials not written in English, Portuguese, or Spanish, book chapters, notes, conference papers, data papers, reviews, short communications, transgenic or genetically modified organisms that were not created through a combination of hybridization methods, non-plant hybrids, and other hybrids that were not oilseed plants, such as animals (fish or insects), and similar subjects from the article analysis.

2.3. Data Analysis and Visualization Tools

Both data were retrieved in Excel (Redmond, United States of America). In addition, we utilized the platforms Canva (Sydney, Australia; www.canva.com) and Infogram (Riga, Latvia; www.infogram.com), as well as the software VOSviewer (Leiden, Netherlands), to analyze and create tables, graphs, and other figures. These tools facilitated the examination of application areas, International Patent Classification (IPC), annual evolution, keyword co-occurrence, mapping geographic coverage, inventors, patent document applicants, and other relevant aspects. We thoroughly read all abstracts and extracted and discussed the information in this review's documents.

3 RESULTS AND DISCUSSION

We collected 178 and 234 documents from Espacenet® and Scopus databases, respectively. After the eligibility analysis, information was collected, and data from 24 potential patent documents and 187 articles were processed (**Fig. 1**). The results and discussion were divided into four parts: 1) Analysis of Thematic Areas and International Patent Classification; 2) Patent Documents and Articles Annual Evaluation and Keyword Co-occurrence; 3) Mapping Geographic Coverage; 4) Main Inventors, Applicants, Authors, Funding Sponsors, and Cooperation Networks.

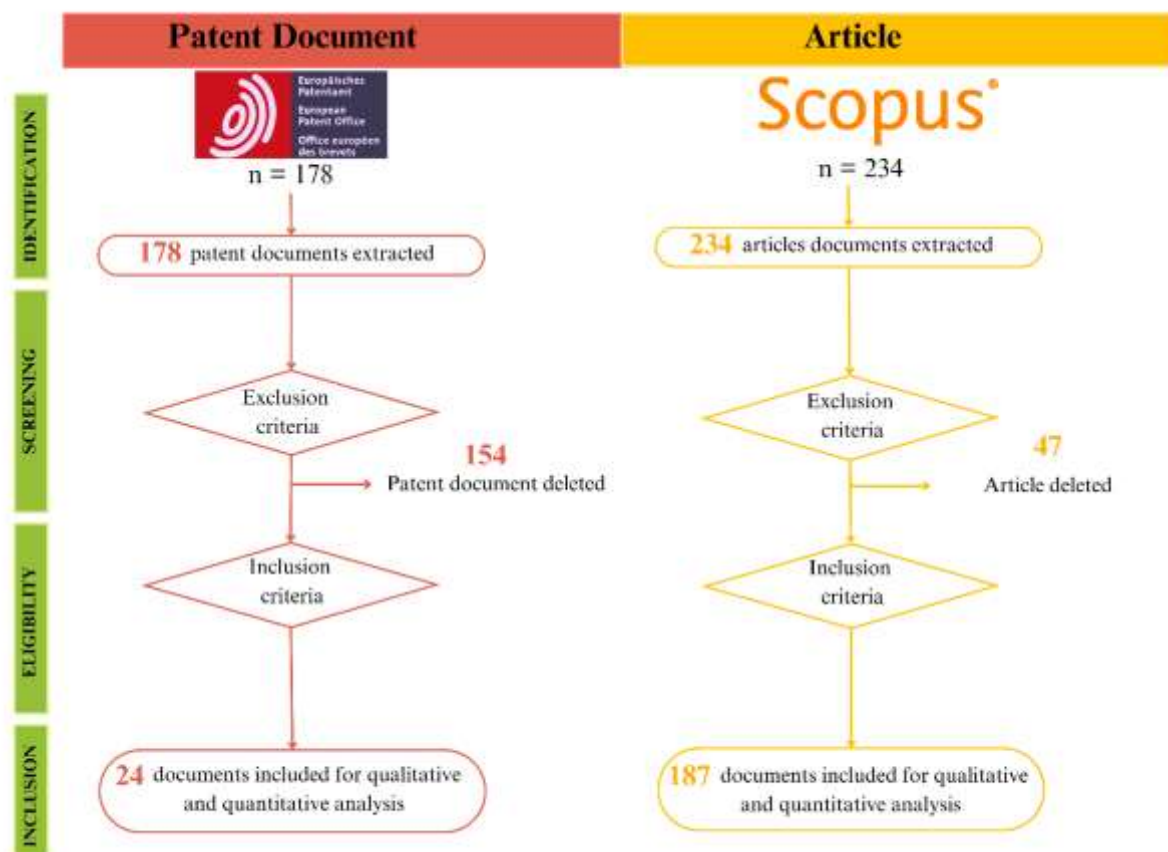


Fig. 1. Patent documents and articles flowchart used for this study.

3.1 Analysis of Thematic Areas and International Patent Classification

The Agricultural and Biological Sciences area represents 79.2% of the total articles, followed by Energy and Biochemistry, Genetics, and Molecular Biology, both with 8.3% each and Engineering with 4.2% (**Fig. 2A**). The findings align with vegetable oil's significant role and importance in various industries. Vegetable oil is a vital ingredient in the food industry, accounting for 66% of the sector, and plays a significant role in biodiesel production, representing 15% of the total output (OECD/FAO, 2022).

The category of Agricultural and Biological Sciences constitutes 49.33% of the total articles, followed by Biochemistry, Genetics, and Molecular Biology with 26.85%, Chemistry with 5.37%, and so forth (**Fig. 2B**). The distribution of thematic areas observed in the dataset reflects the multidisciplinary nature of efforts to meet these demands and optimize the production and utilization of vegetable oils. The increasing global demand for vegetable oils (OECD/FAO, 2022) necessitates continuous research and innovation to ensure sustainable

production practices, improve crop yields, enhance nutritional profiles, and address challenges related to pests and diseases (Labroo et al., 2021; Chen et al., 2021; Ortiz et al., 2020).

The patent documents included International Patent Classification (IPC) codes distributed among three sections, eight classes, and twenty subclasses (**Fig. 3**).

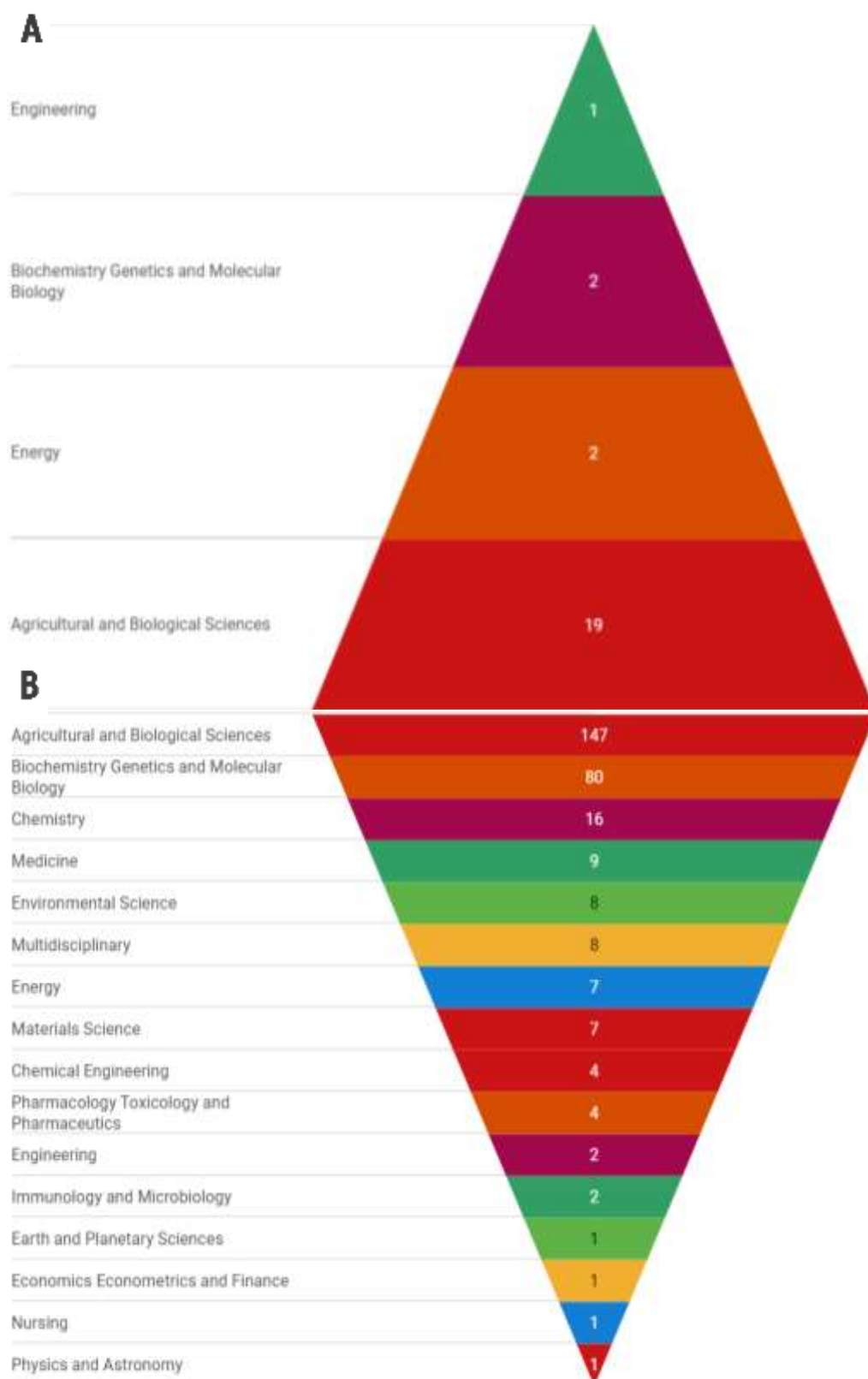


Fig. 2. Main thematic area concerning the total number of patent documents (A) and articles (B) found at Espacenet® and Scopus databases, respectively.



Fig. 3. Main International Patent Classification Codes concerning oils from hybrid plants.

The most relevant sections were Section A (Human Necessities; Agriculture), with a predominant share of 74%; Section B (Various Industrial Techniques), with 2%; and Section C (Chemistry; Metallurgy), with 24%. Among them, the most frequent classes were A01 (31%), A23 (25%), A61 (17%), C12 (12%), and C11 (10%).

Within Class A01 (Agriculture; Forestry; Animal Husbandry; Hunting; Trapping; Fishing), subclass A01H (New plants or non-transgenic processes for obtaining them; Plant reproduction by tissue culture techniques) accounted for the highest frequency, comprising 31% of the IPC codes in the patent documents. Among the most frequent subgroups were A01H5/10 (Seed), A01H5/00, and A01H1/02. These subgroups protect products related to Angiosperms, i.e., flowering plants characterized by their plant parts. They also encompass processes such as methods or apparatus for hybridization, artificial pollination, or fertility. This finding highlights the importance of developing hybrid plants for vegetable oil production.

Class A23 (Foods or Foodstuffs; Treatment Thereof, not Covered by Other Classes) proved to be significant, with several mentioned subclasses, including A23C (Dairy Products, e.g., Milk, Butter or Cheese; Milk or Cheese Substitutes; Making Thereof) at 8%, A23L (Foods,

foodstuffs, or non-alcoholic beverages; Their preparation or treatment, e.g., Cooking, modification of nutritive qualities, physical treatment (shaping or working); Preservation of foods or foodstuffs, in general) at 8%, and A23D (Fats; Oils; Edible Fats; Waxes) at 5%. These subclasses emphasize the development of food products and the processing of fats and oils related to hybrid plants.

In Class A61 (Medical or Veterinary Science; Hygiene), subclasses A61K (Preparations for Medical, Dental, or Hygienic Purposes) at 16% and A61Q (Specific Use of Cosmetics or Similar Compositions for Skincare) at 3% were identified, indicating the relevance of hybrid vegetable oil in the formulation of medical, dental, and cosmetic products. In Class C12 (Biochemistry; Beer; Spirits; Wine; Vinegar; Microbiology; Enzymology; Mutation or Genetic Engineering), subclass C12N (Microorganisms or Enzymes; Compositions Thereof; Propagating, Preserving, or Maintaining Microorganisms; Mutation or Genetic Engineering; Culture Media) accounted for 11% of the IPC codes. This subclass encompasses genetic engineering techniques involving species hybridization. Class C11 (Chemical Products or Processes in General) also showed relevance, with subclass C11B (Obtaining Oils, Fats, Waxes, or Derivatives by Chemical Processes) at 9%. This subclass highlights patent documents related to the production of oils and fats regarding extraction processes, such as essential oils, and the chemical refining of hybrid vegetable oils and fats.

3.2 Patent Documents and Articles Annual Evaluation and Keyword Co-occurrence

As shown in **Fig. 4**, 24 patent documents related to hybrid vegetable oil or oilseed crops have been published from 1990 to March 2021. This result indicates that research and innovation in this area have been ongoing for approximately three decades, with a considerable time gap of around 30 years between the earliest and the most recent patent documents. On the other hand, trends in article publications were collected from 1969 until March 2023, indicating that the research in this area has been ongoing for approximately five decades. The number of publications about hybrid vegetable oil or oilseed crops has generally increased, although some fluctuations have been observed. The patent documents compilation reveals a wide range of oils being explored. The main was hybrid canola or rapeseed oil (33%), mint essential oil (21%), corn or maize oil (12.5%), sunflower oil (12.5%), safflower oil (8%), and palm oil (8%) (**Table 1**). These oils play a significant role in various industries and have diverse applications in food, biodiesel production, and other sectors (Cavalcanti et al., 2022; OECD/FAO, 2022).

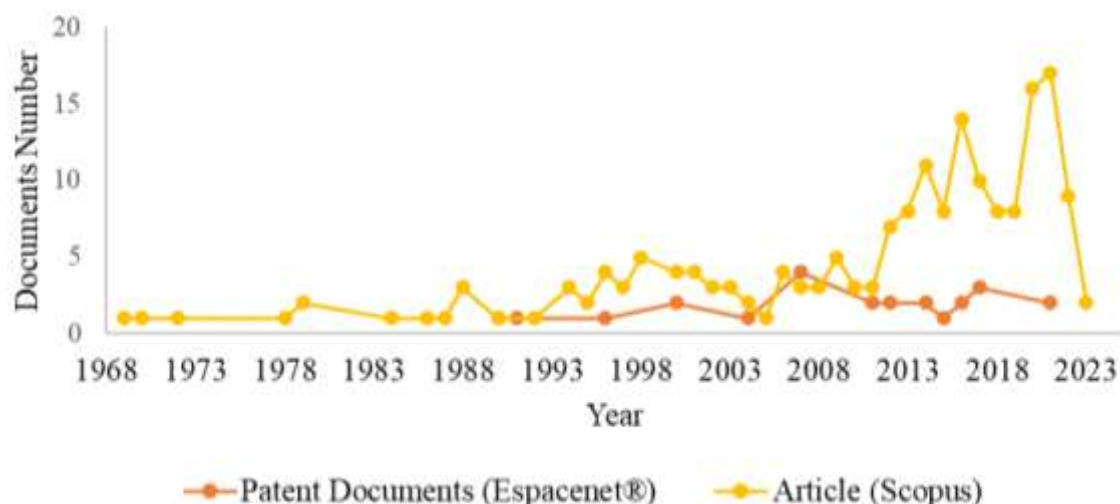


Fig. 4. Annual evolution publications of patent documents and articles found at Espacenet® and Scopus databases, respectively.

Table 1 - Oil types and hybrid plant species mentioned in patent document.

Title	Oil Type	Hybrid Plant Specie	Reference
High oil hybrid brassica line 46P50	Canola Oil	<i>Brassica napus</i> L	WO2008134402A1
Canola oil from hybrid brassica varieties	Canola Oil	<i>B. napus</i> , <i>B. juncea</i> , and <i>B. rapa</i> species of Brassica	WO2006034059A1
Method for cultivation of hybrid mint plant designated 13-S12-2 for production of essential oil composition	Mint Essential Oil	<i>Mentha</i> spp. L	WO2017222675A1
Method for cultivation of hybrid mint plant designated 13-A36-13 for production of essential oil composition	Mint Essential Oil	<i>Mentha</i> spp. L	WO2017222676A1
<i>Jatropha curcas</i> hybrid nandan-2 for high oil content and construction of molecular markers specific to it	Jatropha Curcas Oil	<i>Jatropha curcas</i> L.	WO2009072142A2 WO2009072142A3 WO2009072142A4
Method for cultivation of hybrid mint plant designated 14-27-71 for production of essential oil composition	Mint Essential Oil	<i>Mentha</i> spp. L	US2018352767A1
Method for cultivation of hybrid mint plant designated 14-41-16 for production of essential oil composition	Mint Essential Oil	<i>Mentha</i> spp. L	US2018352766A1

Method for cultivation of hybrid mint plant designated 14-27-89 for production of essential oil composition	Mint Essential Oil	<i>Mentha spp. L</i>	<u>US201911254</u> <u>7A1</u>
Hybrid canola quality brassica juncea	Canola Oil	<i>Brassica juncea</i>	<u>CA2765353A</u> <u>1</u>
Mutagenized tobacco plant as seed culture for the production of oil for energetic, industrial and alimentary uses	Tobacco Seed Oil	<i>Nicotiana spp.</i>	<u>CA2681169A</u> <u>1</u> <u>CA2681169C</u>
Method for manufacturing oil extract component, whitening agent, hyperpigmentation improving agent, oral composition for whitening, and oral composition for improving hyperpigmentation	Madarins and Citrons Oil	<i>Citrus spp.</i>	<u>WO20222105</u> <u>22A1</u>
Brassica with resistance to an ahas-inhibitor herbicide and blackleg disease	Canola Oil	<i>Brassica spp.</i>	<u>CA2326285A</u> <u>1</u> <u>CA2326285C</u>
Brassica napus with early maturity (early napus) and resistance to an ahas-inhibitor herbicide	Canola Oil	<i>Brassica napus</i>	<u>CA2326283A</u> <u>1</u> <u>CA2326283C</u>
Method for preparing corylus avellana-corylus heterophylla fish hybrid hazelnut oil by aqueous enzymatic method	Hazelnut Oil	<i>Corylus avellana</i> <i>Corylus heterophylla</i>	<u>CN1031943</u> <u>09A</u>
Oil-used paeonia lactiflora first-generation hybrid seed production method and seed uses	Oil-Used Paeonia	<i>Paeonia lactiflora</i>	<u>CN105325282</u> <u>A</u> <u>CN105325282</u> <u>B</u> <u>US200913664</u> <u>6A1</u> <u>US9161502B</u> <u>2</u>
Brassica juncea lines with a canola fatty acid profile	Canola Oil	<i>Brassica napus</i>	<u>US200913664</u> <u>6A1</u> <u>US9161502B</u> <u>2</u>
Materials and methods for producing pufa and pufa-containing compositions	Canola Oil	<i>Brassica napus</i>	<u>JP202118474</u> <u>4A</u>
Manufacture of antioxidisable spice extract	Hybrid Sunflower Oil Hybrid Safflower Oil	<i>Helianthus spp.</i> <i>Carthamus spp.</i>	<u>JP2642273B2</u> <u>EP0507064B1</u> <u>JPH05153932</u> <u>A</u>

Methods of increasing protein, oil, and/or amino acid content in a plant	Corn Oil	<i>Zea spp.</i>	<u>US201304532</u> <u>5A1</u>
Trans free and low saturated fat cocoa butter alternative	High Oleic Sunflower, High Oleic Safflower, High Oleic Rapeseed, High Oleic Canola, High Oleic Soybean, Palm Oil	<i>Helianthus spp.</i> <i>Carthamus spp.</i> <i>Brassica spp.</i> <i>Glycine spp.</i> <i>Elaes spp.</i>	<u>WO20151936</u> <u>93A1</u>
Conditioner and feeder for palm fruit press	Palm Oil	<i>Elaes spp.</i>	<u>WO20230578</u> <u>65A1</u>
Methods of increasing protein, oil, and/or amino acid content in a plant	Corn Oil	<i>Zea spp.</i>	<u>US201304532</u> <u>4A1</u>
Dietetic balanced milk product	Sunflower Oil	<i>Helianthus spp.</i>	<u>RU2183068C</u> <u>2</u>
Method for producing maize corn, maize plant and hybrid	Corn Oil	<i>e.g., Zea mays L</i>	<u>HUT60588A</u> <u>WO9201367A</u> <u>1</u>

The first patent document related to the involvement of hybrid oilseed crops in developing hybrid plants and their methods was registered in 1990 through the World Intellectual Property Organization (WIPO) (WO9201367A1, 1992). This patent document focused on developing a subgroup of corn varieties and lines of plants that produce seeds with an oleic acid value ranging from 45% to 57%. These seeds can be predictably used to produce high oleic corn material using conventional methods.

Between 1990 and 1996, the number of patent document application filed was relatively small, with only one publication each year. From 2000 to 2007, there was a modest increase in registered patent documents, with an increase from 2 in 2000 to 4 in 2007. In 2007, two patent documents were related to producing hybrid varieties of *Brassica spp.* The first patent document, US2009136646A1 (2009), disclosed a new *Brassica juncea* variety with an oleic acid content of over 55% per weight of total fatty acid and methods for producing the same. The second patent document, WO2008134402A1 (2008), described an improved *Brassica* hybrid plant and its seeds, designated as 46P50, which produced seeds with an average weight of oil per gram of mature dried seed that was 2.7 to 3.3 percentage points higher than that produced by current commercial hybrids under the same environmental conditions.

The third patent document application filed in 2007, WO2009072142A2 (2009a), relates to a process for constructing a hybrid-specific molecular marker responsible for high

seed yield and its progeny using various means such as vegetative, sexual, asexual, tissue culture, and clonal propagation. It also describes a new and distinct intraspecific hybrid of *Jatropha curcas* named Nandan-2, which exhibits high oil content. This oil is nonedible for human consumption, and therefore, the patent also protects the process of producing biodiesel as a biofuel.

With the increasing demand for cleaner and more sustainable energy alternatives (Amerit et al., 2022), biodiesel produced from hybrid plants as a source of vegetable oil offers a viable and renewable alternative to fossil fuels. Vegetable oil has been the fastest-growing commodity in recent years, driven mainly by biofuel policies (OECD/FAO, 2023).

The last one, CA2681169A1 (2007a), relates to the development of tobacco plants, modified through mutagenesis techniques and interspecific hybridization followed by polyploidization and recombinant DNA technologies, characterized by the fact of being capable of producing a very high number of seeds and their use to produce oil for energetic and industrial scopes, such as combustion oil, biodiesel, and lubricating oil, and animal and human alimentation.

Between 2011 and 2015, registered patent documents remained stable, with 1 to 2 patent documents registered each year. With an increasing public concern for health and well-being, there has been a demand for substitutes for saturated fats. Hybrid plants as vegetable oil sources can provide oils with unsaturated fat profiles (CODEX, 2023). For example, in 2014, the patent document WO2015193693A1 (2015) was registered as a *trans*-free and low-saturated fat cocoa butter alternative. The fat may contain 16-38% unsaturated fatty acid content, including 15-30% oleic acid content, 10% linoleic acid content, and 4% linolenic acid content, along with 28-95% interesterified fat mixture of lauric and non-lauric vegetable oils. The fat may contain 2-40% vegetable oil such as sunflower, safflower, low erucic rapeseed, canola, soybean, high oleic sunflower, high oleic safflower, high oleic rapeseed, high oleic canola, high oleic soybean, palm fractions, hybrid palm, or olive oils.

Between 2016 and 2017, there was a slight increase in registered patent documents, from 2 in 2016 to 3 in 2017. All five patent documents were related to producing hybrid mint plants characterized by an essential oil composition profile in both years. These patent documents also covered methods of cultivating the hybrid mint plants and producing an essential oil composition with the essential oil composition profile using the hybrid mint plants (WO2017222675A1, 2017a; WO2017222676A1, 2017b; US2018352767A1, 2018a; US2018352766A1, 2018b; US2019112547A1, 2019). Essential oils are volatile compounds extracted from plants and possess therapeutic and aromatic properties. Yeshi & Wangchuk's

(2022) review finds that 3000 essential oils have been obtained from angiosperms, such as the Asteraceae, Lamiaceae, Myrtaceae, Rutaceae, and Zingiberaceae families. The demand for natural essential oils has been growing in the food industry as antioxidant and antimicrobial additives (Raza et al., 2022; Puvača et al., 2023), as well as in cosmetics, perfumery, alternative therapies, and well-being (Abelan et al., 2022; Yeshe & Wangchuk, 2022).

In 2021, the last two patent documents were filled. WO2023057865A1 (2023a) provides a press designed for oil extraction in facilities, benefiting the palm-growing industry. This press incorporates a fruit conditioner and feeder for working primarily with *Elaeis guineensis* fruit and the *Elaeis guineensis* x *Elaeis oleifera* hybrid. It aims to increase pressing capacity and reduce fiber loss, increasing the oil extraction rate (OER). On the other hand, WO2022210522A1 (2022) describes a method for manufacturing an oil extract component. The method involves a crushing step to crush the fruit in vegetable oil and a separation step to separate the extracted oil from the mixture obtained during the crushing process. The fruit used in this method includes various types, such as mandarins, mandarin hybrids, citrons, and yuzus.

Therefore, the increase in the number of patent documents from the 2000s can be attributed to the demand for saturated fat substitutes, the search for pest and pesticide resistance in hybrid plants, the need for alternative energy sources like biodiesel, as well as the focus on methods of producing plants that yield more oil and the growing research related to essential oils. Looking at the percentage distribution of patent documents over the years, we can identify that the years with the highest registered patent documents are 2007 (4; 16%) and 2017 (3; 12%). These years likely reflect peaks of activity and investment in research and development, demonstrating significant interest and effort during those specific periods.

However, patent documents filled in 2022 are absent. Patent applications submitted to a patent office undergo a confidentiality period before publication, lasting 18 to 36 months from the filing date. The documents remain under the department's jurisdiction without public disclosure during this time. Consequently, only after this period elapses can the documents be published and included in the database (De Souza et al., 2023; Otero et al., 2022). As a result, all applications filed in 2022 are confidential, elucidating the lack of publications in 2022 and 2023 within the Espacenet® database.

The publication period of the articles ranges from 1969 to 2023 (**Fig. 4**). The most significant changes can be identified by observing the time intervals in which published scientific articles had a noticeable increase or decrease. In 1969, Hardon J.J. published an article titled "Interspecific hybrids in the genus *elaeis* II. vegetative growth and yield of F1 hybrids *E. guineensis* x *E. oleifera* (HIE OxG) in South Malaysia in the journal *Euphytica*. The

characteristics were compared with those of the two parental species. The height increment of the hybrids was significantly lower than that of *E. guineensis*, but the annual frond production was approximately the same. The yield of the hybrids in terms of total fruit weight showed promise, but the oil content of the mesocarp was intermediate between the parental species and lower than in *E. guineensis*. The *E. oleifera* exhibited a notable tendency towards producing parthenocarpic fruits, which was dominant in the hybrid. As a result, the percentage of fruit per bunch in the hybrids tended to be higher than in *E. guineensis*, partially compensating for the lower percentage of oil in the mesocarp. The composition of the hybrid oil was intermediate between *E. oleifera* and *E. guineensis*. The hybrid oil had a higher oleic content (48 - 52.5%), carotene content (1070 - 1800µg/g), and a higher iodine value (indicating higher unsaturation; 62 - 70.7). These values follow the recommendations provided by the Codex (2023), which specify oleic acid content of 48-60% and iodine value of 58–75. Although the Codex does not provide specific values for total carotenoids for this hybrid oil, it does provide values for unbleached palm oil with a carotenoid content ranging from 500 to 2000 ppm. Hardon suggested that the hybrid oil remains fluid at room temperature due to the higher unsaturation, which may be an economic advantage.

Between 1970 and 1979, the number of scientific articles published remained relatively stable, with only one publication each year, except for 1979, when there were two publications. However, there was a six-year gap between the publication of articles from 1972 to 1978. Between 1984 and 1992, the number of publications mainly stayed the same, except for 1988, when three articles were published.

From 1994 to 2003, there was a slight increase in the number of scientific articles published. It went from three articles in 1994 to four in 1996, 2000, and subsequent years. Starting from the 2000s, the time between article publications decreased, and there were publications yearly. From 2004 to 2011, the number of scientific articles published remained relatively stable, ranging from one to five articles per year.

There has been variation in the main subjects studied over time. Until 2008, the primary keywords in the articles were focused on the *Brassica spp.* species, which is a source of rapeseed or canola oil (CODEX, 2023). These studies generally addressed the production of transgenic plants for disease resistance and herbicide tolerance. Genetic studies on gene flow and variations were also being researched during this period (**Fig. 5**).

Brassica napus, commonly known as rapeseed or oilseed rape, is a significant source of vegetable oil globally, ranking third in production (CODEX, 2023; USDA, 2024). The oil is extracted from the seeds, which contain approximately 20% protein and 40%-50% oil in the

embryo. This versatile crop is an amphidiploid species resulting from the interspecies hybridization of *Brassica oleracea* ($2n = 18$, CC) and *Brassica rapa* ($2n = 20$, AA), followed by chromosome doubling that occurred approximately 7,500 years ago (Ton, Neik and Batley, 2020). This evolutionary event led to the emergence of *Brassica napus*, which exhibits desirable traits for oil production.

From 2010 to 2012, we can observe a shift in interest towards producing interspecific hybrids, morphology studies, plant breeding, and other species such as *Helianthus spp.* (sunflower) and essential oils (**Fig. 5**). In 2012, seven articles were published, and there was subsequent publication growth. In 2014, eleven articles were published, and genetic studies became more prevalent, marking a significant development in this field (**Fig. 5**). The main keywords included gene marker, genotype, genetic and genetic hybridization. Phenotype was also one of the most keywords used. Another area of interest in this period was the study of hybrids of the *Elaeis spp.*, which is the source of palm oil, the most produced oil in the world (USDA, 2024). Although the first study on HIE OxG was published in 1969 by Hardon, the interest in this species intensified only in the last 11 years.

This hybrid variety is gaining more attention from researchers, mainly due to its resistance to pests and diseases compared to African palm oil. Since the 1960s, Latin American oil palm cultivation has been threatened by diseases that cause plant mortality, such as bud rot or spear rot ("*pudrición del cogollo*," or "*amarelecimento fatal*"), resulting in economic losses (Boari, 2008; Pinto et al., 2019; Romero & Ayala, 2021). Therefore, palm genetic improvement programs exist in Brazil, Costa Rica, Colombia, and France (Homma, 2016; Romero & Ayala, 2021).

In 2021, the Codex Alimentarius (210) introduced the standard for the identity, quality, and composition of HIE OxG palm oil, defining it as "high oleic palm oil" due to its higher content of this fatty acid (C18:1; 48-60%) compared to the African species *E. guineensis* (C18:1; 36-44%). According to Kavanaugh's update letter (2020) regarding the Food and Drug Administration's (FDA) position, oleic fatty acid has been internationally discussed for its potential to reduce coronary heart disease by replacing saturated fats. The minimum recommended intake of oleic acid is 15 grams per day. This amount is equivalent to 25 to 31.25 grams per day of hybrid palm oil, considering the fatty acid composition range of 40-60% in HIE OxG (CODEX, 2023).

Studies suggest that this hybrid oil has lower amounts of free fatty acids and saturated fatty acids, as well as a high content of carotenoids, vitamin E, and unsaturated fatty acids compared to crude *E. guineensis* oil (Antoniassi et al., 2018; Almeida et al., 2021). In humans,

research conducted with crude hybrid palm oil, as found in the review on HIE OxG by Mozzon, Foligni & Tylewicz (2018), suggests that it can be used as a tropical equivalent of extra virgin olive oil due to its potential anticancer properties and ability to significantly increase total phenolic content and antioxidant capacity of human plasma. However, it is estimated that only a quarter of palm oil worldwide is used as crude oil.

Jatropha spp. also appeared in genetic studies as a feedstock for the energy industry in biodiesel production, as mentioned in the previous section of this review.

Between 2016 and 2021, there was an increase in the number of scientific articles published, with 14 articles in 2016 and 17 articles in 2021.

In 2022, the number of articles decreased to 9 publications. We can see that the same pattern in the pandemic scenario was repeated with scientific production. However, it affected it on a smaller scale than patent document publications. The last year of publication was in March 2023, indicating the ongoing activities of scientific article publication up to the present moment. In comparison, Ferrer et al. (2023) studied the correspondence between the compositional and aromatic diversity of leaf and fruit essential oils and the pomological diversity of 43 sweet oranges (*Citrus x aurantium var sinensis L.*), while Changjalern et al. (2023) developed microsatellite, gene-specific, and species-specific markers for the hybrid detection of plants in the *Jatropha* genus. This annual evaluation demonstrates the growth and periods of stability in the number of scientific articles published over the years. These intervals highlight moments of change and intense research and scientific publication activity.

We analyzed keyword co-occurrences and thematic trends to forecast future research paths in oil-based hybrid plant studies. Keywords offer a concise introduction to academic articles and help researchers grasp prevalent themes and potential future directions within a field (Gao et al., 2021). Using VOSviewer, we created a keyword co-occurrence graph (**Fig. 5**) by setting a minimum of 6 occurrences of a keyword to analysis among all 1389 keywords, and only 52 keywords meet the threshold. This analysis maps out connections between topics based on the frequency and relationships of keywords. Node size represents keyword frequency, while distance and line thickness illustrate keyword associations. Node colors depict clusters of related keywords, indicating prevalent research topics in the field (Gao et al., 2021; Gu, Meng, and Farrukh, 2021).

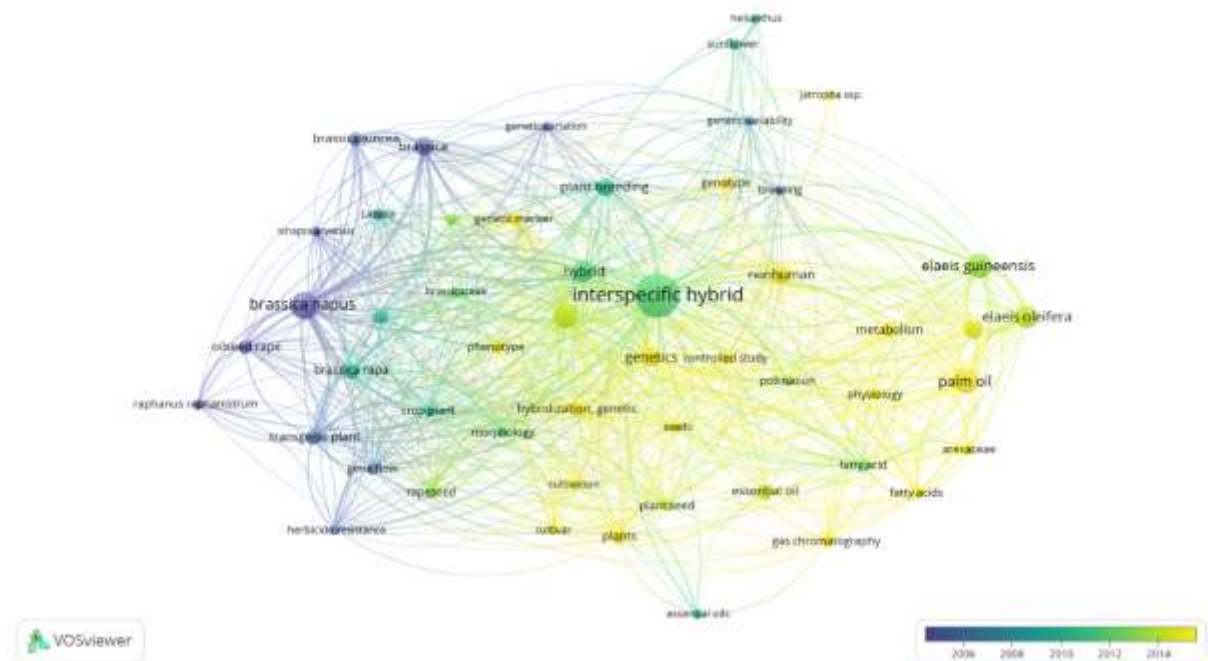


Fig. 5. Overlay visualization of keyword co-occurrence analysis of Scopus.

The density visualization provides valuable insights. One of the primary focuses of researchers is the study of interspecific hybrids of *Brassica spp.* and *Elaeis spp.* species. These hybrid plants hold great potential in various fields, including agriculture, genetics, and biotechnology (Laviola et al., 2022; Raboanatahiry et al., 2021; Ton, Neik and Batley, 2020; Mozzon, Foligni and Mannozi, 2020).

Cluster 1 (20 items): This cluster centers around terms associated with the Brassicaceae family and related plants such as *Brassica napus*, *Brassica oleracea*, and *Brassica rapa*. It encompasses terms related to genetics, genetic markers, and traits like herbicide resistance, hybridization, and gene introgression in transgenic plants. The primary focus is genetic manipulation, phenotypes, and characteristics of brassica crops, including studies on rapeseed oil (canola) and its production.

Cluster 2 (13 items): This cluster stands out for terms associated with palms, particularly the species *Elaeis guineensis* and *Elaeis oleifera*, related to palm oil production. The terms address metabolic, physiological, and genetic aspects of fatty acids and palm oil production. Additionally, it includes topics such as pollination and plant seeds of the *Arecaceae* genus.

Cluster 3 (11 items): This cluster is related to plant breeding and genetic variability, focusing on terms such as breeding, interspecific hybridization, genetic variability, and

genotype studies. It also mentions specific plants, such as *Helianthus* and *Jatropha spp.*, highlighting the importance of genetic variability in plant breeding.

Cluster 4 (8 items): This cluster addresses topics related to plant cultivation and physical characteristics. It includes terms such as cultivar, cultivation, plant morphology, essential oils, and gas chromatography analysis. This cluster focuses on identifying and cultivating plant varieties with specific characteristics and analyzing organic compounds like essential oils.

3.3 Mapping Geographic Coverage

Based on the country-wise patent documents registrations related to hybrid plants as vegetable oil sources, the results reveal significant interest in this research field across three continents (**Fig. 6A**). America holds the highest share at 71% (North 62.5%), followed by Asia at 25% and Europe at 4%.

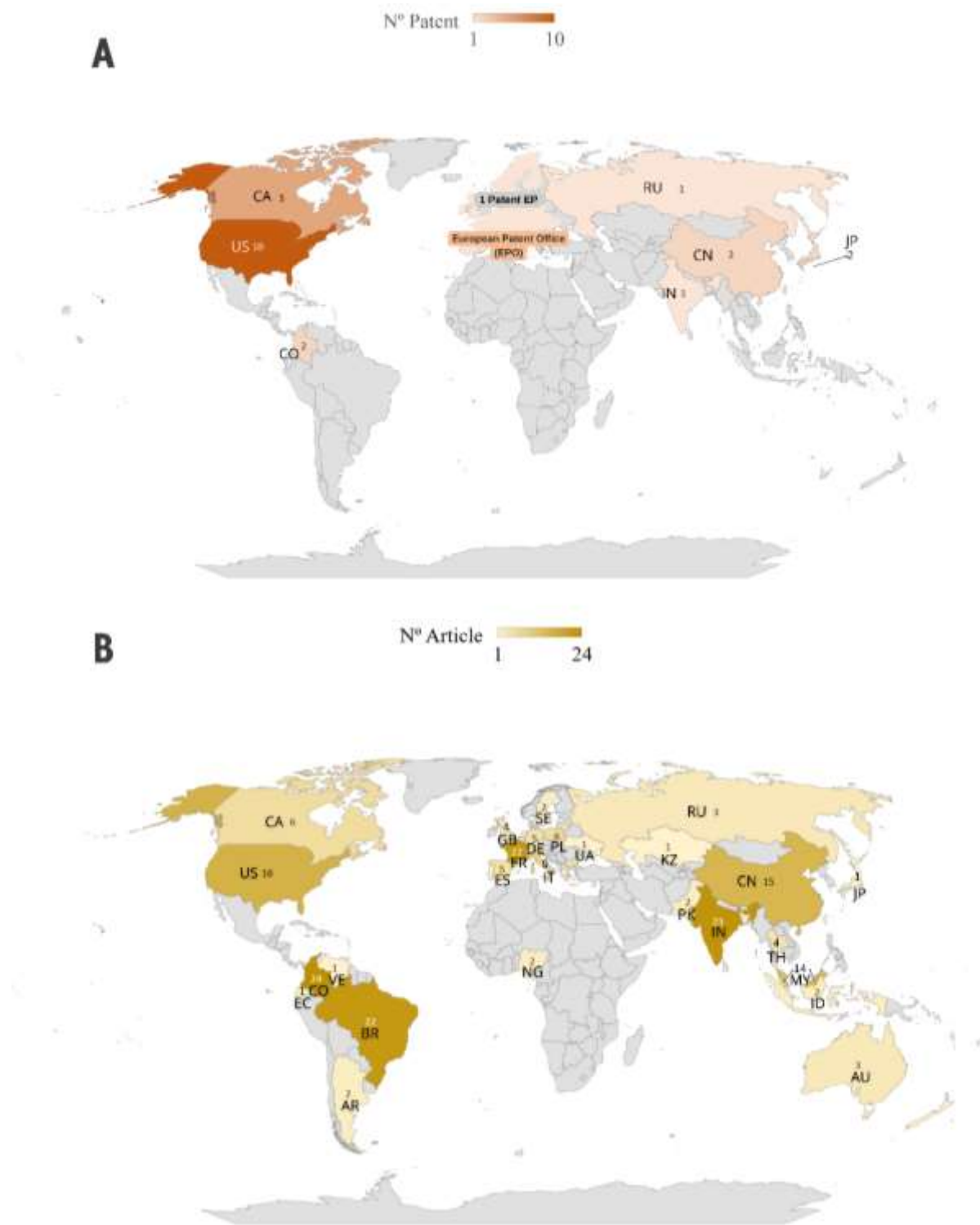


Fig. 6. Worldwide distribution of patent document (A) and articles (B) concerning hybrid vegetable oil or oilseed crops new products, methods, equipment, and studies.

Note: CA: Canada; US: United States; VE: Venezuela; CO: Colombia; EC: Ecuador; BR: Brazil; AR: Argentina; NG: Nigeria; ES: Spain; DE: Germany; FR: France; GB: United Kingdom; SE: Sweden; PL: Poland; IT: Italy; UA: Ukraine; KZ: Kazakhstan; PK: Pakistan; RU: Russian Federation; IN: India; CN: China; JP: Japan; TH: Thailand; MY: Malaysia; ID: Indonesia; AU: Australia.

The United States, as the second-largest producer of major oilseeds and the fifth-largest producer of vegetable oil (USDA, 2024), occupies a prominent position in patent documents registrations, accounting for 42% of the total deposited patent documents. While the country's high production of soybeans and soybean oil, peanut oil, and cottonseed oil contributes to its relevance in the industry (USDA, 2024), it is noteworthy that the registered patent documents primarily focus on rapeseed, mint, and maize hybrids (US2018352767A1, 2018a; US2018352766A1, 2018b; US2019112547A1, 2019; US2009136646A1, 2009; US9161502B2, 2008; US2013045325A1, 2013; US2013045324A1).

Canada also holds a substantial share of patent document registrations, accounting for 21%. Notably, Canada surpassed the European Union in the 2023/24 season, leading in rapeseed production, with 20,300 thousand metric tons (USDA, 2024). Additionally, Canada ranks as the third-largest producer of rapeseed oil. These production statistics align with the content of the registered patent documents, with approximately 12.5% related to *Brassica* spp. species, and 4% associated with tobacco (CA2765353A1, 2012; CA2681169A1, 2007a; CA2681169C, 2007b; CA2326285A1, 2000a; CA2326285C, 2000b; CA2326283A1, 2000a; CA2326283C, 2000b).

China, Japan, and Colombia each account for 8% of the registrations, while countries such as Russia, India, and the European Patent Office (EPO) contribute patent documents, each representing approximately 4%. These results indicate global interest and diversified activity in developing hybrid plants as sources of vegetables or essential oils, with technological advancements and innovations occurring worldwide.

Concerning published articles, most papers are concentrated in the Americas and Asia, accounting for approximately 75% of the total. The Americas recorded 92 articles, corresponding to 41.07% of the total, while Asia had 78 articles, representing 34.82% (**Fig. 6B**). Europe contributed with 51 articles (22.77%), followed by Oceania with 7 (3.13%) and Africa with 6 (2.68%).

Highlighting the leading countries, we can identify those that lead regarding the number of articles. Colombia stands out with 24 articles (10.71% of the total), followed by India with 23 (10.27%). France and Brazil are tied, with 22 articles, representing 9.82% each of the total. The United States completes the list of the top five countries with 16 articles (7.14%). Notably, China also makes a substantial contribution, with 15 articles representing 6.70% of the total.

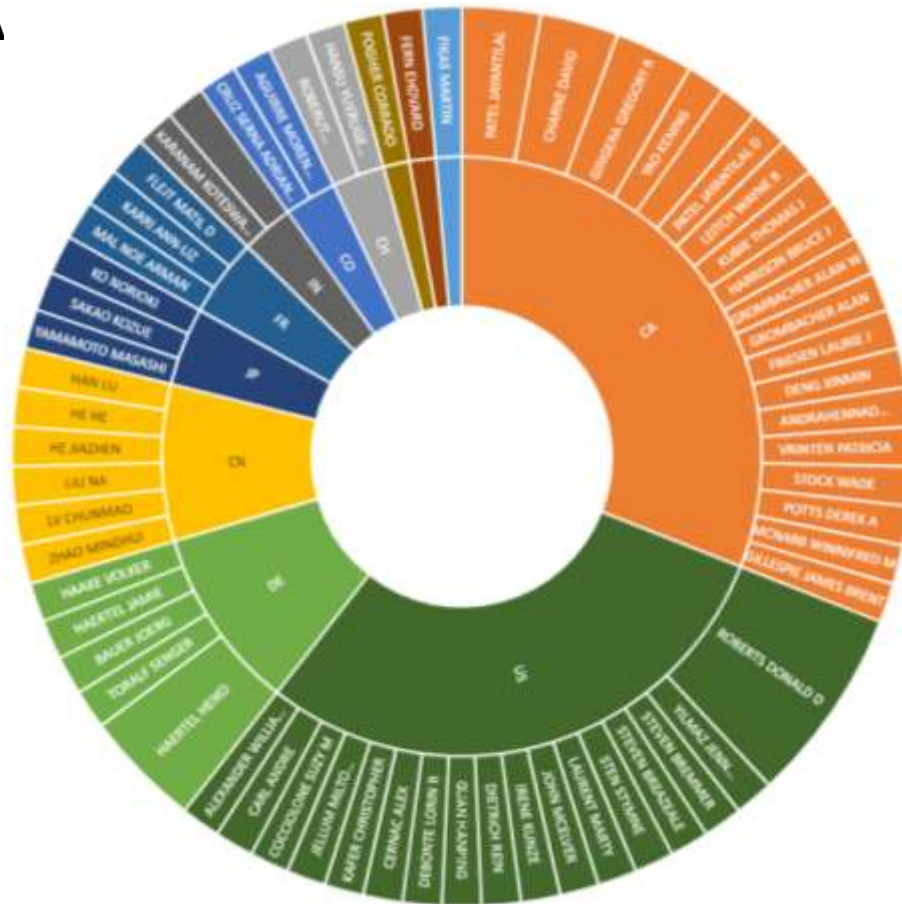
These six countries (Colombia, India, France, Brazil, the United States, and China) account for approximately 55% of the total articles. However, it is essential to acknowledge that other countries also play a significant role in scientific production. Colombia's significant

contribution can be attributed to its status as the fourth-largest palm oil producer globally (USDA, 2024). Conversely, India ranks fifth in oilseed production and seventh in vegetable oil production, focusing on soybean, rapeseed, peanut oil, and cottonseed oil. Brazil, the world's largest oilseed producer and the sixth-largest vegetable oil producer, primarily relies on soybean and palm oil production. France is part of the European Union, responsible for producing rapeseed, sunflower seed, peanut, cottonseed, and olive oil. China's prominent position as the third-largest oilseed producer and second-largest vegetable oil producer, focusing on soybean, rapeseed, peanut, cottonseed, and olive oil, further solidifies its significant scientific contribution. These correlations between scientific contributions and oilseed/vegetable oil production are supported by the USDA 2024 report titled "Oilseeds: World Markets and Trade." The USDA provides comprehensive data and insights into global agricultural production, including oilseed and vegetable oil production.

3.4 Main Inventors, Applicants, Authors, Funding Sponsors, and Cooperation Networks

Among the most frequent patent documents inventors' nationalities, Canada (CA) stands out with 19 frequencies, representing 35% (**Fig. 7A**). Next, we have the United States (US) with nine frequencies, corresponding to 17%. China (CN) has six frequencies, representing 11%, while Germany (DE) has five frequencies, equivalent to 9% of the total. France (FR) and Japan (JP) have three frequencies, representing 6% each. India (IN), Switzerland (CH), and Colombia (CO) have two frequencies, representing 4% each. Other nationalities, such as United Kingdom (GB), Austria (AT), and Italy (IT), have only one frequency, totaling 2% each.

A



B



Fig. 7. Common nationalities and names among patent documents inventors (A), and distribution of applicants of patent documents (B).

Note: CA: Canada; US: United States; CN: China; DE: Germany; FR: France; JP: Japan; IN: India; CO: Colombia; CH: Switzerland; GB: United Kingdom; AT: Austria; IT: Italy.

Roberts Donald D., an inventor from the United States, holds the record for the most registered patent documents, with five documents listed. All of this inventor's publications are related to hybrid mint plants and their essential oil (WO2017222675A1, 2017a; WO2017222676A1, 2017b; US2018352767A1, 2018a; US2018352766A1, 2018b; US2019112547A1, 2019). The patent documents cover various aspects, including the product and methods of cultivating hybrid mint plants and producing essential oil compositions with specific essential oil profiles (**Fig. 7A**).

Also, Haertel Heiko is the most frequently used name in German patent documents, with three mentions. In all these patent documents, he focuses on transgenic plants and methods for preparing plants, plant cells, or plant parts with increased content in one or more of protein, oil, PUFA (Polyunsaturated Fatty Acids), or one or more amino acids, producing interspecific hybrids with the desired characteristics. The first two patent documents, published in 2013, were related to maize varieties (US2013045325A, US2013045325A). The most recent patent document, published in 2021 (JP2021184744A, 2021), pertains to providing plants or seeds of *Brassica napus* with a genotype that confers a heritable phenotype of seed oil VLC-PUFA content, as well as methods for preparing the plant.

In Canada, we have the name Patel Jayantilal mentioned three times, indicating their relevance and contribution to the field of invention in that country. Gregory Ginger R and David Charne, also from Canada, appear twice each, demonstrating their active participation and the impact of their inventions on Canadian patent documents. These three inventors protect inventions related to the production of hybrid *Brassica ssp.* with improved characteristics, such as herbicide resistance, disease resistance, early maturity, high oil content, and modulation of fatty acid profiles (WO2008134402A1, 2008; CA2326285A1, 2000a; CA2326285C, 2000b; CA2326283A1, 2000a; CA2326283C, 2000b). They share some collaborations, and in the patent document where all three are co-inventors (WO2008134402A1, 2008), improved varieties of *Brassica napus* with early maturity ("Early Napus") and resistance to an AHAS-inhibitor herbicide, such as an imidazolinone, are provided. These varieties can be used to produce inbreds, hybrids, vegetable oil, and meal. This prominent presence reinforces the importance of Canada as a hub of innovation.

The review exhibits a significant presence of independent inventors, comprising 54% of the patent document deposits (**Fig. 7B**). This highlights the entrepreneurial spirit and ingenuity of individuals contributing to innovation within the industry. Private companies also play a substantial role, accounting for 40% of the patent documents deposits. These companies typically have dedicated research and development departments and substantial resources to

invest in innovation. Although representing a smaller portion at 6%, universities contribute to the sector's patent documents deposits. Academic institutions are known for focusing on research and fostering a culture of innovation.

It is worth noting that there is often collaboration and cooperation between independent inventors and private companies in the United States (US2009136646A1, 2009; US2013045324A1, US2013045325A1, 2013). These partnerships can involve technology transfer agreements, joint research projects, or licensing agreements. Such collaborations leverage the strengths and resources of each party, leading to more comprehensive and impactful innovations. The cooperation between independent inventors, private companies, government institutions, and universities reflects the interconnected nature of the innovation ecosystem. By working together, these stakeholders can pool their expertise, share knowledge, and advance technology collaboratively and synergistically (Martínez-Ardila, Castro-Rodriguez, and Camacho-Pico, 2023).

In terms of the prominent authors of scientific articles, the majority were involved in four to five documents (33.2%), followed by two to three (30.4%), and a minority (8.2%) contributed to six or more articles (**Fig. 8A**).

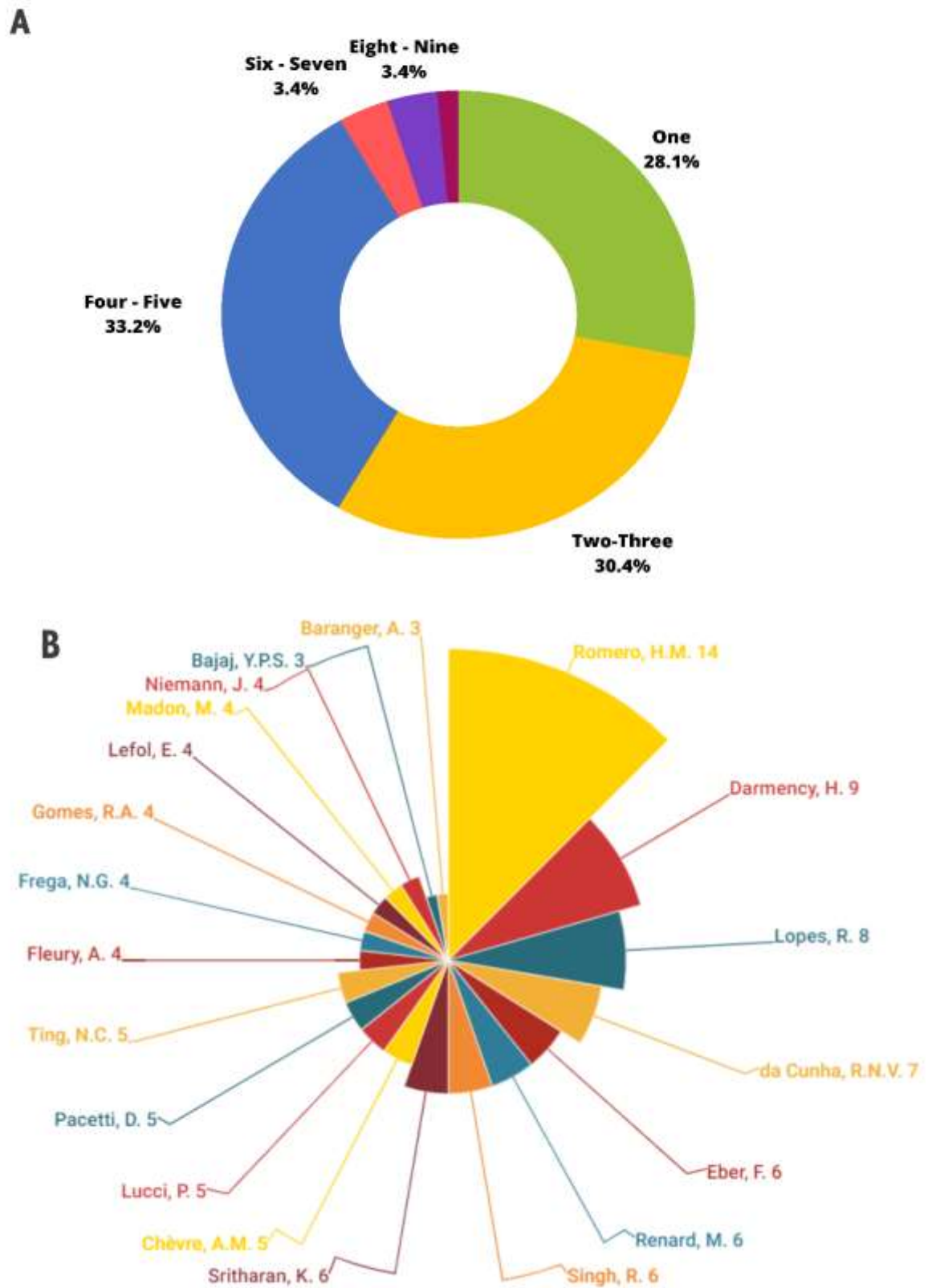


Fig. 8. Distribution of publications per author (A) and the top 20 published article authors (B).

Dr. Hernan Mauricio Romero, affiliated with the Colombian Oil Palm Research Center, stands out as the most prolific author with 14 publications (7%), focusing on agronomic aspects of the hybrid interspecific palm (HIE OxG) between *Elaeis oleifera* and *Elaeis guineensis* in Colombia. His diverse expertise spans Agricultural and Biological Sciences, Biochemistry, Genetics and Molecular Biology, Energy, Environmental Science, Medicine, Materials Science, Engineering, Chemistry, Multidisciplinary, Business, Management and Accounting, and Nursing, reflected in 609 citations, 56 articles, and an h-index of 15 (**Fig. 8B**) (Romero et al., 2021; Daza et al., 2020; Ávila-Méndez et al., 2019; Rivera-Méndez and Romero, 2017; Bayona-Rodríguez, Ochoa-Cadavid, and Romero, 2016; Avila-Diazgranados et al., 2016; Navia et al., 2014; Rivera-Méndez et al., 2014; Ávila et al., 2014; Rivera-Méndez, Moreno-Chacon, and Romero, Hernán et al., 2013; Rincón et al., 2013; Galindo-Castañeda, and Romero, 2013; Cadena et al., 2013; Méndez et al., 2012).

Henri Darmency, a significant contributor with nine publications (5%), is affiliated with L'Institut Agro Dijon in France, boasting 1,528 citations, 115 articles, and an h-index of 29 according to his Scopus profile. His expertise spans Agricultural and Biological Sciences, Biochemistry, Genetics and Molecular Biology, Environmental Science, Medicine, Engineering, Social Sciences, Immunology and Microbiology, and Chemistry. Darmency's notable contributions in this review focus on agronomy and genetics aspects, particularly gene flow, gene dispersal, and genome discrimination of intergeneric hybrids of *Brassica spp.* (Wei and Darmency, 2008; Benabdelmouna et al., 2003; Darmency and Fleury, 2000; Chèvre et al., 2000; Chadoeuf et al., 1998; Darmency, Lefol, and Fleury, 1998; Lefol, Fleury, and Darmency, 1996; Lefol, Danielou, and Darmency, 1996; Lefol et al., 1995).

Ricardo Lopes and Raimundo Nonato Vieira da Cunha, both affiliated with Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) in Brasília, Brazil, have notable contributions, with Lopes publishing eight articles (4%) and da Cunha publishing seven (4%). Lopes, cited in 680 documents, has an h-index of 14, while da Cunha, cited in 166 documents, has an h-index of 8. Their research spans Agricultural and Biological Sciences, Biochemistry, Genetics and Molecular Biology, Environmental Science, Medicine, and Veterinary, with a focus on agronomic aspects like heat treatment, germination, and oil physicochemical characteristics, as well as genetic aspects such as somatic embryogenesis competence acquisition and genotype-dependent changes in gene expression during somatic embryogenesis in the HIE OxG palm in Brazil. All analyzed documents in this review are joint publications by Lopes and da Cunha (Gomes Junior et al., 2021; Almeida et al., 2019; Gomes et al., 2019;

Santos et al., 2018; Gomes Junior et al., 2016; Lima et al., 2014; Gomes Junior et al., 2014; Chia et al., 2009).

These findings highlight the significance of the work conducted by EMBRAPA (**Fig. 9A**), and underscore the valuable contributions of these authors to the field of hybrid oil palm research. Their research findings contribute to the ongoing development of innovative practices and improvements in oil palm cultivation techniques in Brazil (Gomes Junior et al., 2021; Almeida et al., 2019; Gomes et al., 2019; Santos et al., 2018; Gomes Junior et al., 2016; Lima et al., 2014; Gomes Junior et al., 2014; Chia et al., 2009).

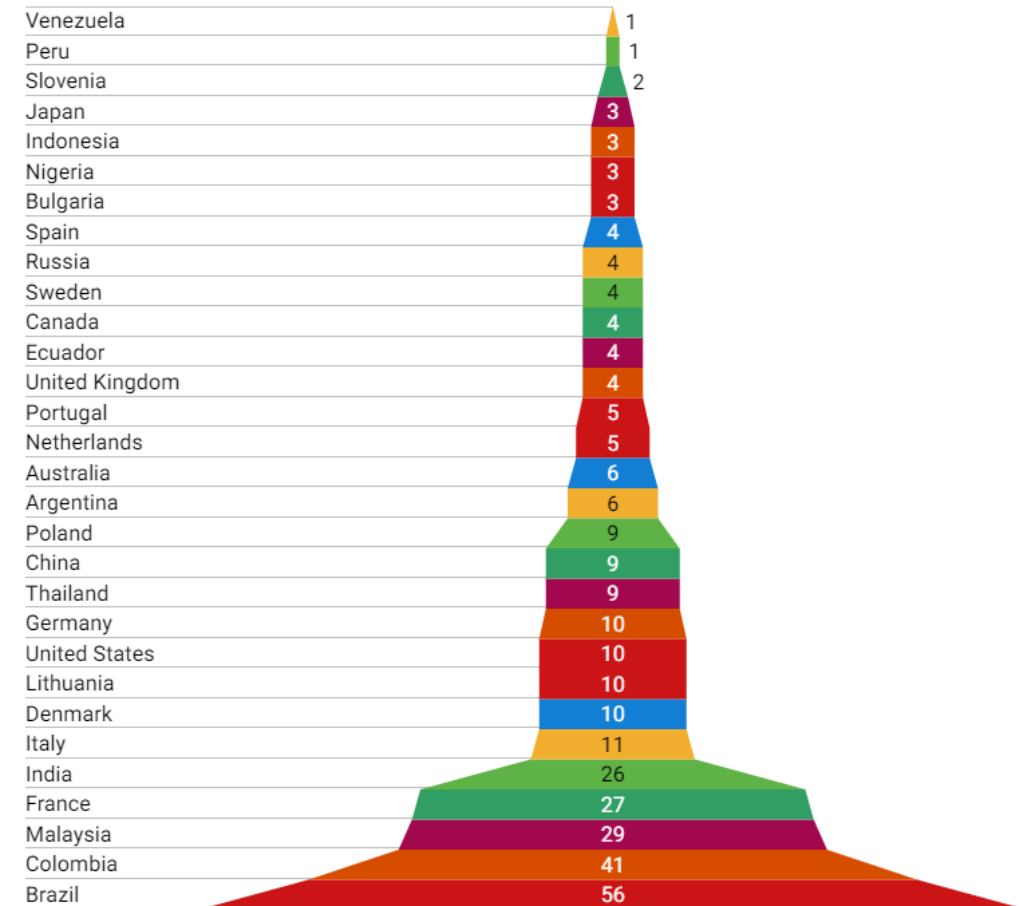
A**B**

Fig. 9. Top 13 funding agencies of scientific research (A) and countries of funding agencies of scientific research (B).

When analyzing **Fig. 9B**, it is possible to observe that Brazil stands out with 56 frequencies (17.55%), reflecting Brazilian institutions' relevance and significant contribution in the respective field, mainly by the EMBRAPA, a public company linked to the government ministry “*Ministério da Agricultura e Pecuária*” (MAPA), which was created in 1973 to develop the technological basis of a genuinely tropical agriculture and livestock model (BRASIL, 2023).

In Brazil, EMBRAPA is responsible for conducting various studies with palm oil. On its official website, when searching for publications (“Palma OR Dendê”), 1,895 publications between 2003 and 2023 can be found, with the most frequent type of study being book chapters, followed by journal articles and conference proceedings, among others. Searching for the same terms in the technology section, at least 17 results can be found, ranging from conventional cultivars to equipment, software, and cartographic assets. The Brazilian Forest Code stands out among the main related themes, followed by genetic improvement, crop production, drought resilience, and family farming.

Colombia also demonstrates a significant presence with 41 frequencies (12.85%), followed by Malaysia with 29 (9.09%). Other competing countries include France (8.46%), India (8.15%), Italy (3.45%), and Denmark (3.13%), each with a considerable sum of frequencies. These results highlight the importance of these countries in research and scientific collaboration in this area.

There are 24 countries involved in the network, with a total frequency of sixty-one. The primary countries that appear most frequently are the United States (16%), Italy (10%), Malaysia, China, and Colombia (8% each) (**Table 2**).

Table 2 - Interaction networks between the main affiliations and their respective countries of scientific articles.

Affiliations	Countries Network	Reference
Department of Biological Sciences, University of Southern California, Los Angeles, CA, United States; Malaysian Palm Oil Board, Kajang, Selangor, Malaysia; United Plantations Bhd., Teluk Intan, Perak, Malaysia; Peter the Great State Polytechnical University, Saint Petersburg, Russian Federation	United States Malaysia Russian Federation	Shin et al. (2021)

Affiliations	Countries Network	Reference
Saskatoon Research and Development Centre, Agriculture and Agri-Food Canada, Saskatoon, SK, Canada; Department of Plant Breeding, IFZ Research Centre for Biosystems, Land Use and Nutrition, Justus Liebig University Giessen, Giessen, Germany; Department of Plant Breeding, INRES, University of Bonn, Bonn, Germany	Canada Germany	Roslinsky et al. (2021)
Instituto de Biología Experimental, Universidad Central de Venezuela, Apartado 47114, Caracas, 1041-A, Venezuela; Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Técnica Luis Vargas Torres, Estación Experimental MutileEsmeraldas, Ecuador	Ecuador Venezuela	Tezara et al. (2021)
Key Laboratory of Cultivation and Protection for Non-Wood Forest Trees, Ministry of Education, Forestry college, Central South University of Forestry and Technology, Changsha, Hunan, 410004, China; Small Acreage Horticultural Crops, Texas A&M Agri Life Extension, Texas A&M University System, 1710 FM 3053 N, Overton, TX 75684, United States	United States China	Zhao et al. (2021)
Advanced Biotechnology and Breeding Centre, Malaysian Palm Oil Board (MPOB), P.O. Box 10620, Kuala Lumpur, 50720, Malaysia; Biotechnology Research Centre, School of Biosciences, University of Nottingham Malaysia Campus, Jalan Broga, Semenyih, Selangor 43500, Malaysia; Quantitative and Computational Biology Section, University of Southern California, 1050 Childs Way, Los Angeles, CA, United States; Codon Genomics Sdn. Bhd. Malaysia, No. 26, Jalan Dutamas 7, Taman Dutamas, Balakong, Seri Kembangan, Selangor 43200, Malaysia; United Plantations Bhd, Jendarata Estate, Teluk Intan, Perak 36009, Malaysia; Plant and Crop Sciences, Sutton Bonington Campus, Sutton Bonington, University of Nottingham, Loughborough, LE12 5RD, United Kingdom; Molecular and Computational Biology Section, University of Southern California, 1050 Childs Way, Los Angeles, CA, United States	United States Malaysia United Kingdom	Ting et al. (2020)

Affiliations	Countries Network	Reference
Malaysian Palm Oil Board (MPOB), 6 Persiaran Institusi, Bandar Baru Bangi, Kajang, Selangor, 43000, Malaysia; United Plantations Bhd., Jendarata Estate, Teluk Intan, Perak 36009, Malaysia; Wageningen University and Research Centre, P.O. Box 100, Wageningen, 6700 AC, Netherlands	Malaysia Netherlands	Yaakub et al. (2020)
Malaysian Palm Oil Board, 6 Persiaran Institusi, Bandar Baru Bangi, Kajang, Selangor 43000, Malaysia; United Plantations Bhd, Jendarata Estate, Perak, Teluk Intan 36009, Malaysia; Biometris, Wageningen University and Research Centre, P.O. Box 100, Wageningen, 6700 AC, Netherlands; Codon Genomics Sdn Bhd, 26 Jalan Dutamas 7, Taman Dutamas, Balakong, Selangor, Seri Kembangan 43200, Malaysia	Malaysia Netherlands	Zulkifli et al. (2020)
NEIKER Tecnalia, Campus Agroalimentario de Arkaute, Apdo 46, Vitoria-Gasteiz, 01080, Spain; CIRAD, UMR AGAP, Montpellier, 34398, France; Univ Montpellier, CIRAD, INRA, Montpellier SupAgro, Montpellier, France; South Green Bioinformatics Platform, Bioversity, CIRAD, INRA, IRD, Montpellier, France; La Fabril SA, Km 5.5 via Manta – Montecristi, Avenida 113, Manta, Ecuador; Energy & Palma SA, Av. Atahualpa E3-49 y Juan Gonzales Ed. Fundación Pérez Pallarez Oficina 4A, Quito, Ecuador; Department of Research and Development, PT Sampoerna Agro Tbk., Jl. Basuki Rahmat No. 788, Palembang, 30127, Indonesia	Spain France Ecuador Indonesia	Astorkia et al. (2020)

Affiliations	Countries Network	Reference
Department of Plant Breeding, Swedish University of Agricultural Sciences, Sundesvagen 10, Alnarp, Box 101, SE-23053, Sweden; Department of Plant Anatomy and Cytology, University of Silesia, Jagiellonska 28, Katowice, 40-032, Poland; Mirpur University of Science and Technology (MUST), Mirpur AJK, Pakistan; School of Biosciences, University of Birmingham, Birmingham, B 15 2TT, United Kingdom; Laboratory of Molecular Biology and Cytometry, Department of Agricultural Biotechnology, UTP University of Science and Technology, Kaliskiego Ave. 7, Bydgoszcz, 85-789, Poland; Agriculture and Agri-Food Canada, 107 Science Place, Saskatoon, SK S7N0X2, Canada; Department of Animal Breeding and Genetics, Swedish University of Agricultural Sciences, Uppsala, Box 7023, SE 75007, Sweden	Sweden Pakistan United Kingdom Poland Canada	Desta et al. (2019)
Dipartimento di AGRARIA Research Unit SACEG, University of Sassari, Sassari, 07100, Italy; Laboratory of Genomics, Department of Agronomy Food Natural Resources Animals and Environment, University of Padova, Legnaro Padova, 35020, Italy; Unite Mixte de Recherche Amelioration Genetique et Adaptation des Plantes (UMR Agap), Institut National de la Recherche Agronomique (INRA), San Giuliano, F-20230, France	Italy France	Viglietti et al. (2019)
Department of Tropical Plant & Soil Sciences, St. John Plant Science Lab, Room 102, 3190 Maile Way, Honolulu, HI 96822, United States; Biodiversity Research Centre and Department of Botany, University of British Columbia, 3529-6270 University Boulevard, Vancouver, BC V6T 1Z4, Canada; Department of Agronomy and Plant Genetics, University of Minnesota, 411 Borlaug Hall, 1991 Upper Buford Circle, St. Paul, MN 55108, United States; Department of Biotechnology, Tel-Hai Academic College, Upper Galilee 12210, Israel; MIGAL—Galilee Research Institute, Kiryat Shmona, 11016, Israel; Department of Plant and Microbial Biology, 123 Snyder Hall, 1475 Gortner Ave, Saint Paul, MN 55108, United States	United States Canada Israel	Kantar et al. (2018)

Affiliations	Countries Network	Reference
Faculty of Sciences, Department of Nutrition and Biochemistry, Pontificia Universidad Javeriana, Bogota D.C., Colombia; Faculty of Sciences, Department of Chemistry, Pontificia Universidad Javeriana, Bogota D.C., Colombia; Faculty of Sciences, Department of Microbiology, Pontificia Universidad Javeriana, Bogota D.C., Colombia; Department of Internal Medicine, School of Medicine, Pontificia Universidad Javeriana, Bogota D.C., Colombia; Department of Agricultural, Food, and Environmental Sciences, Università Politecnica delle Marche, Ancona, Italy; Department of Agri-Food, Animal and Environmental Sciences, University of Udine, Udine, Italy	Colombia Italy	Ojeda et al. (2017)
IRD/UM2, UMR DIADE, Montpellier, F-34394, France; CIRAD, UMR DIADE, Montpellier, F-34398, France; PalmElit SAS, Parc Agropolis, 2214 Boulevard de la Lironde, Montferrier-sur-Lez, F-34980, France; Department of Genetics, Faculty of Science, Kasetsart University, 50 Phahonyothin Road, Jatujak, Thailand; CIRAD, UMR AGAP, Montpellier, F-34398, France; National Center for Genetic Engineering and Biotechnology, 113 Thailand Science Park, Pathum Thani, 12120, Thailand	France Thailand	Fooyontphanich et al. (2014)
Department of Nutrition and Biochemistry, Faculty of Sciences, Pontificia Universidad Javeriana, Bogota D.C., Colombia; Department of Agricultural Food, and Environmental Sciences, Polytechnic University of Marche, Via Brecce Bianche, Ancona, Italy; Department of Analytical Chemistry, University of Barcelona, Martí i Franquès 1-11, Barcelona, 08028, Spain; Research Institute in Food Nutrition and Food Safety (InSA), University of Barcelona, Barcelona, Spain; Department of Pharmacy, Health and Nutritional Sciences, University of Calabria, Arcavacata di Rende, Italy; Department of Food Science, University of Udine, via Sondrio 2/a, Udine, 33100, Italy	Colombia Spain Italy	Rodríguez et al. (2016)

Affiliations	Countries Network	Reference
Department of Plant and Environmental Sciences, New Mexico State University, Las Cruces, NM, United States; State Key Laboratory of Cotton Biology, Institute of Cotton Research, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Anyang, 455000, China	United States China	Zhang et al. (2016)
Embrapa Pecuária Sudeste, São Carlos, SP, Brazil; Embrapa Agroenergia, Brasília, DF, Brazil; Texas Agrilife Research, Texas A and M University, Stephenville, TX, United States; Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, Brasília, DF, Brazil; Departamento de Genética, Escola Superior de Agricultura ‘Luiz de Queiroz’, Universidade de São Paulo, Piracicaba, SP, Brazil	Brazil United States	Fávero et al. (2015)
Department of Nutrition and Biochemistry, Faculty of Sciences, Pontificia Universidad Javeriana, Bogota DC, Colombia; Department of Agricultural, Food, and Environmental Sciences, Università Politecnica delle Marche, Ancona, Italy	Italy Colombia	Lucci et al. (2015)
Department of Agricultural, Food, and Environmental Sciences, Università Politecnica Delle Marche, Via Brecce Bianche, Ancona, 60131, Italy; Department of Nutrition and Biochemistry, Faculty of Sciences, Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá D.C., Colombia	Italy Colombia	Mozzon et al. (2015)
Crop Improvement Section, Directorate of Oilseeds Research, Rajendranagar, Hyderabad 500 030, India; JATROPOWER AG, Haldenstrasse 5, CH-6342 Baar, Switzerland	India Switzerland	Mulpuri, Muddanuru, and Francis (2013)
Department of Agricultural, Food, and Environmental Sciences, Università Politecnica Delle Marche, Via Brecce Bianche, 60131 Ancona, Italy; Department of Nutrition and Biochemistry, Faculty of Sciences, Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá D.C., Colombia	Colombia Italy	Mozzon et al. (2013)
National Key Laboratory of Cotton Biology, Key Laboratory of Cotton Genetic Improvement, Cotton Research Institute, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Ministry of Agriculture, Anyang 455112 Henan, China; Department of Plant and Environmental Sciences, New Mexico State University, Las Cruces, NM 88003, United States	China United States	Yu et al. (2012)

Affiliations	Countries Network	Reference
Institute of Botany, Chinese Academy of Sciences, 20 Nanxincun, Xiangshan, Beijing 100093, China; Graduate University of the, Chinese Academy of Sciences, Beijing, China; Department of Plant Sciences, University of Tennessee, Knoxville, TN 37996, United States	China United States	Lei et al. (2011)
Centre for Plant Breeding and Genetics, Tamil Nadu Agricultural University, Coimbatore, 641 003 Tamil Nadu, India; Institute of Molecular Biology, National Chung Hsing University, Taichung, 402, Taiwan; Foundation for Research and Development, P.P.G. Institute of Health Sciences Campus, Saravanampatty, Coimbatore 641 035, Tamil Nadu, India	India Taiwan	Rajeswari, Thiruvengadam, and Ramaswamy (2010)
National Key Laboratory of Vegetation and Environmental Change, Institute of Botany, Chinese Academy of Science, 20 Nanxincun, Beijing 100093, China; Unité Mixte de Recherche Sur la Biologie et la Gestion des Adventices, Institut National de la Recherche Agronomique, INRA, 17 rue Sully, Dijon, 21065, France	China France	Wei and Darmency (2008)
Department of Pomology, University of California, Davis, CA 95616, United States; Departamento de Mejora y Patología Vegetal, CEBAS-CSIC, PO Box 4158, Murcia, Spain	United States Spain	Gradziel et al. (2001)
Chemara Research Station, Layang, Johore, Malaysia; Michigan State University, Department of Crop and Soil Sciences, East Lansing, Michigan, 48823, United States	Malaysia United States	Thomas, Ng, and Chan (1970)

Among the countries that engaged in this type of partnership network, the primary one is between Colombia and Italy (18%), followed by China and the United States (14%), and Malaysia and the United States (11%).

The United States has established the most cooperation networks with countries in Asia, Europe, and North America. This result highlights the active involvement of the United States in collaborating with researchers and institutions from various regions. These cooperation networks play a crucial role in fostering international collaborations, sharing knowledge, and driving scientific advancements in the field.

4 CONSIDERATIONS AND FUTURE PERSPECTIVES

Our findings revealed that the primary application area in both databases was Agricultural and Biological. *Brassica ssp.* was the most studied species among patent documents and scientific articles. At the same time, the principal topics *Elaeis spp.*, genetic analysis, and fatty acids analysis through gas chromatography received significant attention in scientific articles. Regarding the International Patent Classification (IPC), the most relevant sections were in the Section of human necessities and agriculture (A), with a subgroup of new plants or non-transgenic processes for obtaining them and plant reproduction by tissue culture techniques (A01H) being the most frequent IPC code.

Most patent documents were deposited in the United States and Canada. The essential inventors of patent documents were primarily from Canada and the United States, with patent document applications filed mainly by independent inventors and private companies. Regarding article publications, notable countries were Colombia, India, Brazil, and France. Brazil, China, and Malaysia emerged as the primary sources of funding. The United States stood out as the country with the most cooperation networks with Asian, European, and North American countries.

Overall, this comprehensive analysis provides valuable insights into the landscape of hybrid vegetable oil and oilseed crops, identifying key players, trends, and application areas. Future perspectives in the field of hybrid vegetable oil and oilseed crops include enhancing collaboration between countries, promoting sustainable agricultural practices, exploring genetic diversity for trait improvement, developing novel applications and value-added products, and strengthening intellectual property protection. These perspectives aim to advance research and innovation, address global challenges, and meet the growing demand for high-quality vegetable oils in an environmentally sustainable and socially responsible manner. By focusing on these areas, researchers, industry stakeholders, and policymakers can contribute to the development of innovative solutions and the long-term growth of the hybrid vegetable oil and oilseed crop sector.

REFERENCES

- Abelan, U. S., De Oliveira, A. C., Cacoci, É. S. P., Martins, T. E. A., Giacon, V. M., Velasco, M.V.R., & Lima, C. R. R. D. C. (2022). Potential use of essential oils in cosmetic and dermatological hair products: A review. *Journal of Cosmetic Dermatology*, 21, 1407–1418. <https://doi.org/10.1111/jocd.14286>.
- Aeschbach, R., & Wille, H-J. (1992). EP0507064B1.
- Aeschbach, R., & Wille, H-J. (1992). JPH05153932A.
- Aeschbach, R., & Wille, H-J. (1992). JP2642273B2.
- Alexander, W. L., & Jellum, M. D. (1991). HUT60588A.
- Alexander, W. L., & Jellum, M. D. (1992). WO9201367A1.
- Almeida, E. D. S., Damaceno, D. D. S., Carvalho, L., Victor, P. A., Dos Passos, R. M., De Almeida, P. V. P., Cunha-Filho, M., Sampaio, K. A., & Monteiro, S. (2021). Thermal and physical properties of crude palm oil with higher oleic content. *Applied Sciences*, 11 (15), 7049. <https://doi.org/10.3390/app11157094>.
- Almeida, R. F., Santos, I. R., Meira, F. S., Grynberg, P., Lopes, R., Cunha, R. N. V., Franco, O. L., & Scherwinski-Pereira, J. E. (2019). Differential protein profiles in interspecific hybrids between *Elaeis oleifera* and *E. guineensis* with contrasting responses to somatic embryogenesis competence acquisition. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture (PCTOC)*, 137, 11-21. <https://doi.org/10.1007/s11240-018-01545-8>.
- Amerit, B., Ntayi, J. M., Ngoma, M. Bashir, H., Echegu, S., & Nantongo, M. (2022). Commercialization of biofuel products: a systematic literature review. *Renewable Energy Focus*, 44, 223-236. <https://doi.org/10.1016/j.ref.2022.12.008>.
- Antoniassi, R., Machado, A. F. de F., Wilhelm, A. E., Guedes, A. M. M., Bizzo, H. R., Oliveira, M. E. C., Yokoyama, R., & Lopes, R. (2018). Óleo de palma de alto oleico produzido no brasil no ano de 2016. *Embrapa Agroindústria de Alimentos*, 229, 1-6. Retrieved from <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/193393/1/CT-229-oleo-palma-alto-oleico.pdf>.
- Astorkia, M., Hernández, M., Bocs, S., Ponce, K., León, O., Morales, S., Quezada, N., Orellana, F., Wendra, F., Sembriring, Z., Asmono, D., & Ritter, E. (2020). Analysis of the allelic variation in the Shell gene homolog of *E. oleifera* and design of species specific Shell primers. *Euphytica*, 216, 5. <https://doi.org/10.1007/s10681-019-2538-7>.
- Avila-Diazgranados, R. A., Daza, E. S., Navia, E., & Romero, H. M. (2016). Response of various oil palm materials (*Elaeis guineensis* and *Elaeis oleifera* × *Elaeis guineensis* interspecific hybrids) to bud rot disease in the southwestern oil palm-growing area of Colombia. *Agronomía Colombiana*, 34(1), 74–81. <https://doi.org/10.15446/agron.colomb.v34n1.53760>.
- Ávila-Méndez, K., Avila-Diazgranados, R., Pardo, A., Herrera, M., Sarria, G., & Romero, H. M. (2019). Response of in vitro obtained oil palm and interspecific OxG hybrids to

inoculation with *Phytophthora palmivora*. *Forest Pathology*, 49(2), e12486. <https://doi.org/10.1111/efp.12486>.

Benabdelmouna, A., Guéritaine, G., Abirached-Darmency, M., & Darmency, H. (2003). Genome discrimination in progeny of interspecific hybrids between *Brassica napus* and *Raphanus raphanistrum*. *Genome*, 46(3), 469–472. <https://doi.org/10.1139/g03-020>.

Beyer, R. M., Durán, A. P., Rademacher, T. T., Martin, P., Tayleur, C., Brooks, S. E., Coomes, D., Donald, P. F., & Sanderson, F. J. (2020). The environmental impacts of palm oil and its alternatives. *BioRxiv*. <https://doi.org/10.1101/2020.02.16.951301>.

Brandhorst, B. P., & Davenport, R. (2001). Skeletogenesis in sea urchin interordinal hybrid embryos. *Cell and tissue research*, 305(1), 159–167. <https://doi.org/10.1007/s004410100381>

Brasil. Embrapa. (2023). *Memória Embrapa - História da Embrapa*. Retrieved from <https://www.embrapa.br/memoria-embrapa/a-embrapa>. Accessed January 9, 2023.

Cadena, T., F. Prada, A. Perea, and H.M. Romero (2013). Lipase activity, mesocarp oil content, and iodine value in oil palm fruits of *Elaeis guineensis*, *Elaeis oleifera*, and the interspecific hybrid OG (*E. oleifera* × *E. guineensis*). *J. Sci. Food Agric*. 93:674–680. doi:10.1002/jsfa.5940

Carl, A., Heiko, A. H., Toralf, S., Bauer, J., Dietrich, R., Irene, K, Laurent, M., John, M., Yilmaz, J. L., Steven, B, Vrinten, P., & Sten, S. (2021). JP2021184744A.

Cavalcanti, C.P.L., Macedo, T.J.S., Gois, G.C., Meneze, V.G., Monte, A.P.O., Silva, A.D., Silva, D.J.M., Silva, E.O., Araújo, G.G.L., Rodrigues, R.T.S., Wischral, A., Matos, M.H.T., Queiroz, M.A.A. (2022). Licuri oil improves feedlot performance and modifies ruminal fauna of Santa Inês ewes. *Livest. Sci*. 265. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2022.105093>

Chadoeuf, R., Darmency, H., Maillet, J., & Renard, M. (1998). Survival of buried seeds of interspecific hybrids between oilseed rape, hoary mustard and wild radish. *Field Crops Research*, 58(3), 197–204. [https://doi.org/10.1016/s0378-4290\(98\)00095-1](https://doi.org/10.1016/s0378-4290(98)00095-1).

Charne, D., Patel, J., & Gingera, G. R. (2000a). CA2326285A1.

Charne, D., Patel, J., & Gingera, G. R. (2000b). CA2326285C.

Charne, D., Patel, J., & Grombacher, A. (2000a). CA2326283A1.

Charne, D., Patel, J., & Grombacher, A. (2000b). CA2326283C.

Changjalern, M., Srinophakun, P., & Hongtrakul, V. (2023). Development of microsatellite, gene-specific and species-specific markers for hybrid detection of plants in *Jatropha* genus. *Agriculture and Natural Resources*, 57(1), 31–42. Retrieved from <https://li01.tci-thaijo.org/index.php/anres/article/view/258251>.

Chen, Guimin et al. (2021). Gene editing to facilitate hybrid crop production. *Biotechnology Advances*, 46, 107676.

Chen, J., & Liu, H. (2020). Nutritional indices for assessing fatty acids: A mini-review. *International Journal of Molecular Sciences*, 21(16), 5695.

Chèvre, A. M., Eber, F., Darmency, H., Fleury, A., Picault, H., Letanneur, J. C., & Renard, M. (2000). Assessment of interspecific hybridization between transgenic oilseed rape and wild radish under normal agronomic conditions. *Theoretical and Applied Genetics*, 100(8), 1233–1239. <https://doi.org/10.1007/s001220051429>.

Chia, G. S., Lopes, R., Cunha, R. N. V. da, Rocha, R. N. C. da, & Lopes, M. T. G. (2009). Repetibilidade da produção de cachos de híbridos interespecíficos entre o caiaué e o dendezeiro. *Acta Amazonica*, 39(2), 249–253. <https://doi.org/10.1590/s0044-59672009000200001>.

Christov, M. (2013). Contribution of interspecific and intergeneric hybridization to sunflower breeding. *Helia*, 36(58), 1-18.

Codex Alimentarius. (2021). *Codex standard for named vegetable oils: codex-stan 210*. FAO/WHO.

Codex Alimentarius. (2023). *Codex standard for named vegetable oils: codex-stan 210*. FAO/WHO.

Da Silva, B. D., Bernardes, P. C., Pinheiro, P. F., Fantuzzi, E., & Roberto, C. D. (2021). Chemical composition, extraction sources and action mechanisms of essential oils: Natural preservative and limitations of use in meat products. *Meat Science*, 176, 108463.

Darmency, H., Lefol, E., & Fleury, A. (1998). Spontaneous hybridizations between oilseed rape and wild radish. *Molecular Ecology*, 7(11), 1467–1473. <https://doi.org/10.1046/j.1365-294x.1998.00464.x>.

Darmency; Fleury (2000). Mating system in *Hirschfeldia incana* and hybridization to oilseed rape. *Weed Research*, v. 40 (2), 231-238.

Daza, E., Ayala-Díaz, I., Ruiz-Romero, R., & Romero, H. M. (2020). Effect of the application of plant hormones on the formation of parthenocarpic fruits and oil production in oil palm interspecific hybrids (*Elaeis oleifera* Cortes x *Elaeis guineensis* Jacq.). *Plant Production Science*, 24(3), 354–362. <https://doi.org/10.1080/1343943x.2020.1862681>.

De Groot, A. C., & Schmidt, E. (2016). Essential oils, part III: chemical composition. *Dermatitis*, 27(4), 161-169.

De Jesus, F. E. S., Freitas, T. J., Bispo, A. M., Santos, L. M., Alves, A. S. B., Machado, B. A. S., & Ribeiro, C. D. F. (2023). Edible oils and development of new products: Sensory, microbiological, and cytotoxic aspects. *Current Organic Chemistry*, 27(22), 1917–1945. <https://doi.org/10.2174/0113852728267166231123111707>.

De Souza, K. D., Marinho, L. Q. de M., Alves, A. S. B., Silva, V. de L., Colauto, G. A. L., Colauto, N. B., Otero, D. M., Costa, M. M., de Souza, C. O., & Ribeiro, C. D. F. (2023). Gastronomy and the development of new food products: Technological prospection. *International Journal of Gastronomy and Food Science*, 33, Article 100769. <https://doi.org/10.1016/j.ijgfs.2023.100769>.

Debonte, L. R., Deng, X., & Stock, W. (2006). WO2006034059A1.

- Desta, Z. A., Kolano, B., Shamim, Z., Armstrong, S. J., Rewers, M., Śliwińska, E., Kushwaha, S. K., Parkin, I. A. P., Ortíz, R., & Koning, D. J. (2019). Field cress genome mapping: Integrating linkage and comparative maps with cytogenetic analysis for rDNA carrying chromosomes. *Scientific Reports*, 9(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-019-53320-0>.
- Dhakad, A. K., Pandey, V. V., Beg, S., Rawat, J. M., & Singh, A. (2018). Biological, medicinal and toxicological significance of Eucalyptus leaf essential oil: a review. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 98(3), 833-848.
- Dimitrijevic, A., & Horn, R. (2018). Sunflower hybrid breeding: from markers to genomic selection. *Frontiers in Plant Science*, 8, 2238.
- Fávero, A. P., Santos, R. F. dos, Simpson, C. E., Valls, J. F. M., & Vello, N. A. (2015). Successful crosses between fungal-resistant wild species of *Arachis* (section *Arachis*) and *Arachis hypogaea*. *Genetics and Molecular Biology*, 38(3), 353–365. <https://doi.org/10.1590/s1415-475738320140376>
- Ferrer, V., Paymal, N., Costantino, G., Paoli, M., Quinton, C., Tomi, F., & Luro, F. (2023). Correspondence between the compositional and aromatic diversity of leaf and fruit essential oils and the pomological diversity of 43 sweet oranges (*Citrus x aurantium var sinensis* L.). *Plants*, 12(5), 990–990. <https://doi.org/10.3390/plants12050990>.
- Fogher, C. (2007a). CA2681169A1.
- Fogher, C. (2007b). CA2681169C.
- Fooyontphanich, K., Morcillo, F., Amblard, P., Collin, M., Jantasuriyarat, C., Verdeil, J.L., Tangphatsornruang, S., Tranbarger, T.J. (2014). A phenotypic test for delay of abscission and non-abscission oil palm fruit and validation by abscission marker gene expression analysis. *Acta Hort.* 1119, 97-104. 10.17660/ActaHortic.2016.1119.13
- Friedt, W., Tu, J., & Fu, T. (2018). Academic and economic importance of Brassica napus rapeseed. *The Brassica napus genome*, 1-20.
- Galindo-Castañeda, T., & Romero, H. M. (2013). Mycorrhization in oil palm (*Elaeis guineensis* and *E. oleifera* x *Elaeis guineensis*) in the pre-nursery stage. *Agronomía Colombiana*, 31(1), 95-102. Retrieved from <http://revistas.unal.edu.co/index.php/agrocol>.
- Gao, S., Meng, F., Gu, Z., Liu, Z., & Farrukh, M. (2021). Mapping and clustering analysis on environmental, social and governance field a bibliometric analysis using Scopus. *Sustainability*, 13(13), 7304. <https://doi.org/10.3390/su13137304>.
- Gomes Junior, R. A., Gurgel, F. de L., Peixoto, L. de A., Bhering, L. L., da Cunha, R. N. V., Lopes, R., Pina, A. J. de A., & Veiga, A. S. (2014). Evaluation of interspecific hybrids of palm oil reveals great genetic variability and potential selection gain. *Industrial Crops and Products*, 52, 512–518. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2013.10.036>.
- Gomes Junior, R. A., Lopes, R., Cunha, R. N. V. da, Pina, A. J. de A., Quaresma, C. E., Santos, R. R., & Resende, M. D. V. de. (2016). Bunch yield of interspecific hybrids of american oil palm with oil palm in the juvenile phase. *Crop Breeding and Applied Biotechnology*, 16(2), 86–94. <https://doi.org/10.1590/1984-70332016v16n2a14>.

Gomes Junior, R. A., Freitas, A. F. de, Cunha, R. N. V. da, Pina, A. J. de A., Campos, H. O. B., & Lopes, R. (2021). Selection gains for the palm oil production from progenies of American oil palm with oil palm. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 56. <https://doi.org/10.1590/s1678-3921.pab2021.v56.02321>.

Gomes Junior, R. A., Lopes, R., Cunha, R. N. V., Pina, A. J. A., Quaresma, C., E., Campelo, R., D., & Resende, M. D. V. (2019). Selection gains for bunch production in interspecific hybrids between “caiaué” and oil palm. *Pesquisa Agropecuaria Brasileira*, 54. <https://doi.org/10.1590/s1678-3921.pab2019.v54.00819>.

Gradziel, T. M., Martinez-Gomez, P., Dicenta, F., Kester, D. E. (2001). The utilization of related prunus species for almond variety improvement. *American Pomological Society*, 55, (2), 100-108. Retrieved from <https://www.proquest.com/openview/fc4a4ead00b1205c18a2c962c71ec578/1?pq-origsite=gscholar&cbl=46215>.

Gregory, R. G., & Gillespie, B. (2009). US2009136646A1.

Gregory, R. G., & Gillespie, B. (2008). US9161502B2.

Gu, Z., Meng, F., & Farrukh, M. (2021). Mapping the research on knowledge transfer: A scientometrics approach. *IEEE Access*, 9, 34647–34659. <https://doi.org/10.1109/access.2021.3061576>.

Guan Hanping, Haertel Heiko, Cocciolone Suzy. (2013). US2013045324A1.

Hardon, J. J. (1969). Interspecific hybrids in the genus *Elaeis* II. vegetative growth and yield of F1 hybrids *E. guineensis* x *E. oleifera*. *Euphytica*, 18(3), 380–388. <https://doi.org/10.1007/bf00397785>.

Harker, K. N., Clayton, G. W., Blackshaw, R. E., O'Donovan, J. T., & Stevenson, F. C. (2003). Seeding rate, herbicide timing and competitive hybrids contribute to integrated weed management in canola (*Brassica napus*). *Canadian Journal of Plant Science*, 83(2), 433-440.

Härtel, H., Haake, V., Cernac, A., Härtel, J., & Kafer, C. (2013). US20130045324A1.

Härtel, H., Haake, V., Cernac, A., Härtel, J., & Kafer, C. (2013). US20130045325A1.

He, J., & He, H. (2015a). CN105325282A.

He, J., & He, H. (2015b). CN105325282B.

Homma, A. K. O. (2016). Histórico do desenvolvimento de híbridos interespecíficos entre caiaué e dendezeiro. Belém, Pa: Embrapa Amazônia Ocidental, *Embrapa Agroindústria de Alimentos*, 421, 1-34. Retrieved from <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/144433/1/TC-16-16-DOC-421-AINFO.pdf>.

Jia, Y., Liu, M.-L., López-Pujol, J., Jia, R.-W., Kou, Y., Yue, M., Guan, T.-X., & Li, Z.-H. (2023). The hybridization origin of the Chinese endemic herb genus *Notopterygium* (Apiaceae): Evidence from population genomics and ecological niche analysis. *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 182, 107736–107736. <https://doi.org/10.1016/j.ympev.2023.107736>.

- Kantar, M., Hüber, S., Herman, A., Bock, D., Baute, G., Betts, K., Ott, M., Brandvain, Y., Wyse, D., Stupar, R., & Rieseberg, L. (2018). Neo-domestication of an interspecific tetraploid *Helianthus annuus* × *Helianthus tuberosus* population that segregates for perennial habit. *genes*, 9(9), 422. <https://doi.org/10.3390/genes9090422>.
- Karanam, K. R., & Bhavanasi, J. (2009a). WO2009072142A2.
- Karanam, K. R., & Bhavanasi, J. (2009b). WO2009072142A3.
- Karanam, K. R., & Bhavanasi, J. (2009c). WO2009072142A4.
- Kaya, Y., Jovic, S., & Miladinovic, D. (2012). Sunflower. *Technological Innovations in Major World Oil Crops, Volume 1: Breeding*, 85-129.
- Labroo, M. R.; Studer, A. J.; Rutkoski, J. E. (2021). Heterosis and hybrid crop breeding: a multidisciplinary review. *Frontiers in Genetics*, 12, 643761.
- Laviola, B. G., Rodrigues, E. V., dos Santos, A., Teodoro, L. P. R., Peixoto, L. A., Teodoro, P. E., & Bhering, L. L. (2022). Breeding strategies to consolidate canola among the main crops for biofuels. *Euphytica*, 218(1). <https://doi.org/10.1007/s10681-021-02955-0>.
- Lefol, E., Danielou, V., Darmency, H., Boucher, F., Maillet, J., & Renard, M. (1995). Gene dispersal from transgenic crops. i. growth of interspecific hybrids between oilseed rape and the wild hoary mustard. *Journal of Applied Ecology*, 32(4), 803–803. <https://doi.org/10.2307/2404819>.
- Lefol, E., Danielou, V., & Darmency, H. (1996). Predicting hybridization between transgenic oilseed rape and wild mustard. *Field Crops Research*, 45(1-3), 153–161. [https://doi.org/10.1016/0378-4290\(95\)00067-4](https://doi.org/10.1016/0378-4290(95)00067-4).
- Lefol, E., Fleury, A., & Darmency, H. (1996). Gene dispersal from transgenic crops. *Sexual Plant Reproduction*, 9(4), 189–196. <https://doi.org/10.1007/bf02173097>.
- Lei, L., Stewart, C. N., Tang, Z.-X., & Wei, W. (2011). Dynamic expression of green fluorescent protein and *Bacillus thuringiensis* Cry1Ac endotoxin in interspecific hybrids and successive backcross generations (BC1 and BC2) between transgenic *Brassica napus* crop and wild *Brassica juncea*. *Annals of Applied Biology*, 159(2), 212–219. <https://doi.org/10.1111/j.1744-7348.2011.00486.x>.
- Lesage-Meessen, L., Bou, M., Sigoillot, J. C., Faulds, C. B., & Lomascolo, A. (2015). Essential oils and distilled straws of lavender and lavandin: a review of current use and potential application in white biotechnology. *Applied microbiology and biotechnology*, 99, 3375-3385.
- Lima, W. A. A., Lopes, R., Green, M., Cunha, R. N. V., Abreu, S. C., & Cysne, A. Q. (2014). Heat treatment and germination of seeds of interspecific hybrid between American oil palm (*Elaeis oleifera* (H.B.K) Cortes) and African oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.). *Journal of Seed Science*, 36(4), 451–457. <https://doi.org/10.1590/2317-1545v36n41034>
- Lu, C-M, Liu, N., Zhao, M-H., & Han, L. (2012). CN103194309A.

- Lucci, P., Pacetti, D., Frega, N. G., & Mozzon, M. (2015). Phytonutrient concentration and unsaturation of glycerides predict optimal harvest time for *Elaeis oleifera* × *E. guineensis* palm oil hybrids. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 117(7), 1027–1036. <https://doi.org/10.1002/ejlt.201400599>.
- Martínez-Ardila, H., Castro-Rodriguez, Á., & Camacho-Pico, J. (2023). Examining the impact of university-industry collaborations on spin-off creation: Evidence from joint patents. *Heliyon*, 9(9), e19533. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e19533>.
- Méndez, Y. D. R., Chacón, L. M., Bayona, C. J., & Romero, H. M. (2012). Physiological response of oil palm interspecific hybrids (*Elaeis oleifera* H.B.K. Cortes versus *Elaeis guineensis* Jacq.) to water deficit. *Brazilian Journal of Plant Physiology*, 24(4), 273–280. <https://doi.org/10.1590/s1677-04202012000400006>.
- Moreno, M. R. A. (2023a). WO2023057865A1.
- Mozzon, M., Foligni, R., & Mannozi, C. (2020). Current knowledge on interspecific hybrid palm oils as food and food ingredient. *Foods*, 9(5), 631. <https://doi.org/10.3390/foods9050631>.
- Mozzon, M., Foligni, R., & Tylewicz, U. (2018). Chemical characteristics and nutritional properties of hybrid palm oils. In V. Waisundara (Ed.), *Palm Oil*. IntechOpen. <https://doi.org/10.5772/intechopen.75421>.
- Mozzon, M., Pacetti, D., Frega, N. G., & Lucci, P. (2015). crude palm oil from interspecific hybrid *Elaeis oleifera* × *E. guineensis*: Alcoholic constituents of unsaponifiable matter. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 92(5), 717–724. <https://doi.org/10.1007/s11746-015-2628-1>.
- Mozzon, M., Pacetti, D., Lucci, P., Balzano, M., & Frega, N. G. (2013). Crude palm oil from interspecific hybrid *Elaeis oleifera* × *Elaeis guineensis*: Fatty acid regiodistribution and molecular species of glycerides. *Food Chemistry*, 141(1), 245–252. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.03.016>.
- Mulpuri, S., Muddanuru, T., & Francis, G. (2013). Start codon targeted (SCoT) polymorphism in toxic and non-toxic accessions of *Jatropha curcas* L. and development of a codominant SCAR marker. *Plant Science*, 207, 117–127. <https://doi.org/10.1016/j.plantsci.2013.02.013>.
- Navarra, M., Mannucci, C., Delbò, M., & Calapai, G. (2015). Citrus bergamia essential oil: from basic research to clinical application. *Frontiers in pharmacology*, 6, 36.
- Navia, E. A., Ávila, R. A., Daza, E. E., Restrepo, E. F., & Romero, H. M. (2014). Assessment of tolerance to bud rot in oil palm under field conditions. *European Journal of Plant Pathology*, 140(4), 711–720. <https://doi.org/10.1007/s10658-014-0491-9>.
- OECD/FAO (2022), *OECD-FAO Agricultural Outlook 2022-2031*, OECD Publishing, Paris. <https://doi.org/10.1787/f1b0b29c-en>.
- Ojeda, M., Borrero, M., Sequeda, G., Diez, O., Castro, V., García, A., Ruiz, A., Pacetti, D., Frega, N., Gagliardi, R., & Lucci, P. (2017). Hybrid palm oil (*Elaeis oleifera* × *Elaeis guineensis*) supplementation improves plasma antioxidant capacity in humans. *European*

Journal of Lipid Science and Technology, 119(2), Article 1600070.
<https://doi.org/10.1002/ejlt.201600070>

Ortiz, R. et al. (2020). Oil crops for the future. *Current opinion in plant biology*, 56, 181-189.

Otero, D. M., Mendes, G. da R. L., Lucas, A. J. da S., Christ-Ribeiro, A., & Ribeiro, C. D. F. (2022). Exploring alternative protein sources: Evidence from patents and articles focusing on food markets. *Food Chemistry*, 394, Article 133486.
<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2022.133486>.

Patel Jayantilal, Thoonen Ferdinand, Leitch Wayne, Mcnabb Winnifred. (2008). WO2008134402A1

Pinto, S. S., Lopes, R., Cunha, R. N. V., Filho, L. P. dos S., Moura, J. I. L. (2019). Produção e composição de cachos e incidência do anel vermelho em híbridos interespecíficos de caiaué com dendezeiro no sul da Bahia. *Agrotrópica*, 31 (1), 5 -16. Retrieved from
<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/197420/1/agrotropica-31-1-1.pdf>.

Posthumus, M. A., van Beek, T. A., Collins, N. F., & Graven, E. H. (1996). Chemical composition of the essential oils of *Agathosma betulina*, *A. crenulata* and an *A. betulina* x *crenulata* hybrid (buchu). *Journal of Essential Oil Research*, 8(3), 223-228.

Puvača, N., Tufarelli, V., & Giannenas, I. (2022). essential oils in broiler chicken production, immunity and meat quality: Review of *thymus vulgaris*, *origanum vulgare*, and *rosmarinus officinalis*. *Agriculture*, 12(6), Article 874. <https://doi.org/10.3390/agriculture12060874>.

Raboanatahiry, N., Li, H., Yu, L., & Li, M. (2021). Rapeseed (*Brassica napus*): Processing, utilization, and genetic improvement. *Agronomy*, 11(9), Article 1776.
<https://doi.org/10.3390/agronomy11091776>.

Rajeswari, S., Thiruvengadam, V., & Ramaswamy, N. M. (2010). Production of interspecific hybrids between *Sesamum alatum* Thonn and *Sesamum indicum* L. through ovule culture and screening for phyllody disease resistance. *South African Journal of Botany*, 76(2), 252–258.
<https://doi.org/10.1016/j.sajb.2009.11.003>.

Raza, Q. S., Saleemi, M. K., Gul, S. T., Irshad, H., Fayyaz, A., Zaheer, I., Tahir, M. W., Fatima, Z., Chohan, T. Z., Imran, M., Ali, H., Khalid, H. M. S., Jamil, M., Zaheer, M. I., & Khan, A. (2021). Role of essential oils/volatile oils in poultry production - a review on present, past and future contemplations. *Agrobiological Records*, 7, 40-56.
<https://doi.org/10.47278/journal.abr/2021.013>.

Rincón, S. M., Hormaza, P. A., Moreno, L. P., Prada, F., Portillo, D. J., García, J. A., & Romero, H. M. (2013). Use of phenological stages of the fruits and physicochemical characteristics of the oil to determine the optimal harvest time of oil palm interspecific OxG hybrid fruits. *Industrial Crops and Products*, 49, 204–210.
<https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2013.04.035>.

Rivera-Mendes, Y. D., & Romero, H. M. (2017). Fitting of photosynthetic response curves to photosynthetically active radiation in oil palm. *Agronomía Colombiana*, 35(3), 323–329.
<https://doi.org/10.15446/agron.colomb.v35n3.63119>.

Rivera-Mendes, Y. D., Chacón, A. L. M., & Romero, H. M. (2014). Response of the roots of oil palm O×G interspecific hybrids (*Elaeis oleifera* × *Elaeis guineensis*) to aluminum (Al³⁺) toxicity. *Australian Journal of Crop Science*, 8(11), 1526-1533. Retrieved from https://www.cropj.com/mendez_8_11_2014_1526_1533.pdf.

Rivera-Méndez, Y. D., Moreno-Chacón, A. L., Romero, H. (2013). Biochemical and physiological characterization of oil palm interspecific hybrids (*Elaeis oleifera* × *Elaeis guineensis*) grown in hydroponics. *Acta Biologica Colombiana*, 18(3), 465-472. Retrieved from <https://www.redalyc.org/pdf/3190/319029232005.pdf>.

Roberts, D. D. (2017a). WO2017222675A1.

Roberts, D. D. (2017b). WO2017222676A1.

Roberts, D. D. (2018a). US2018352767A1.

Roberts, D. D. (2018b). US2018352766A1.

Roberts, D. D. (2019). US2019112547A1.

Rodríguez, J. C., Gómez, D., Pacetti, D., Núñez, Ó., Gagliardi, R., Frega, N. G., Ojeda-Arredondo, M., Loizzo, M. R., Tundis, R., & Lucci, P. (2016). Effects of the fruit ripening stage on antioxidant capacity, total phenolics, and polyphenolic composition of crude palm oil from interspecific hybrid *Elaeis oleifera* × *Elaeis guineensis*. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 64(4), 852–859. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.5b04990>.

Romero, H. M., & Ayala, I. M. (2021). Cómo alcanzar 10 toneladas de aceite por hectárea: tecnologías de manejo de los híbridos interespecíficos OxG hacia una producción altamente eficiente. *Palmas*, 42(1), 55–64. Retrieved from <https://publicaciones.fedepalma.org/index.php/palmas/article/view/13449>.

Romero, H. M., Daza, E., Ayala-Díaz, I., & Ruiz-Romero, R. (2021). High-oleic palm oil (HOPO) production from parthenocarpic fruits in oil palm interspecific hybrids using naphthalene acetic acid. *Agronomy*, 11(2), 290. <https://doi.org/10.3390/agronomy11020290>

Roslinsky, V., Falk, K. C., Gaebelien, R., Mason, A. S., & Eynck, C. (2021). Development of *B. carinata* with super-high erucic acid content through interspecific hybridization. *Theoretical and Applied Genetics*, 134(10), 3167–3181. <https://doi.org/10.1007/s00122-021-03883-2>.

Sakao, K., Yamamoto, M., & Hou, D-X. (2022). WO2022210522A1.

Sales, I. S., Freitas, T. J., Schappo, F. B., Machado, B. A. S., Nunes, I. L., & Ribeiro, C. D. F. (2023). Edible and essential oils nanoparticles in food: a review on the production, characterization, application, stability, and market scenario. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 1–28. <https://doi.org/10.1080/10408398.2023.2252067>.

Santos, I. R., Maximiano, M. R., Almeida, R. F., Cunha, R. N. V., Lopes, R., Scherwinski-Pereira, J. E., & Mehta, Â. (2018). Genotype-dependent changes of gene expression during somatic embryogenesis in oil palm hybrids (*Elaeis oleifera* × *E. guineensis*). *PLOS ONE*, 13(12), Article e0209445. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0209445>.

Serna, A. F. C. (2015). WO2015193693A1.

- Shin, M.-G., Ithnin, M., Vu, W., Kamaruddin, K., Chin, T. N., Yaakub, Z., Chang, P. L., Sritharan, K., Nuzhdin, S. V., & Singh, R. (2021). Association mapping analysis of oil palm interspecific hybrid populations and predicting phenotypic values via machine learning algorithms. *Plant Breeding*, 140(6), 1150–1165. <https://doi.org/10.1111/pbr.12967>
- Singh, H., Sekhon, B. S., Kumar, P., Dhall, R. K., Devi, R., Dhillon, T. S., Sharma, S., Khar, A., Yadav, R. K., Tomar, B. S., Ntanasi, T., Sabatino, L., & Ntatsi, G. (2023). Genetic Mechanisms for Hybrid Breeding in Vegetable Crops. *Plants*, 12(12), 2294–2294. <https://doi.org/10.3390/plants12122294>.
- Song, B.; Wang, X.; Wang, X.; Sun, L. S.; Hong, D.; Peng, P. (2002). Maternal lineages of *Pinus densata*, a diploid hybrid, 11(6), 1057–1063. doi:10.1046/j.1365-294x.2002.01502.x
- Tezara, W., Domínguez, T. S. T., Loyaga, D. W., Ortiz, R. N., Chila, V. H. R., & Ortega, M. J. B. (2021). Photosynthetic activity of oil palm (*Elaeis guineensis*) and interspecific hybrid genotypes (*Elaeis oleifera* × *Elaeis guineensis*), and response of hybrids to water deficit. *Scientia Horticulturae*, 287, Article 110263. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2021.110263>.
- Thomas, R. L., Ng S. C., & Chan, K. W. (1970). Phyllotaxis in the oil palm: Applications in selection of interspecific hybrids. *Annals of Botany*, 34(138), 1025–1035. <http://www.jstor.org/stable/42908816>.
- Ting, N., Sherbina, K., Khoo, J.-S., Kamaruddin, K., Chan, P.-L., Chan, K., Halim, M. A. A., Sritharan, K., Yaakub, K., Mayes, S., Massawe, F., Chang, P. L., Nuzhdin, S. V., Sambanthamurthi, R., & Singh, R. (2020). Expression of fatty acid and triacylglycerol synthesis genes in interspecific hybrids of oil palm. *Scientific Reports*, 10(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-020-73170-5>.
- Ton, L. B., Neik, T. X., & Batley, J. (2020). The use of genetic and gene technologies in shaping modern rapeseed cultivars (*Brassica napus* L.). *Genes*, 11(10), 1161. <https://doi.org/10.3390/genes11101161>.
- USDA. (2024). Oilseeds: World Markets and Trade. United States Department of agriculture foreign agriculture services. Retrieved from <https://apps.fas.usda.gov/psdonline/circulars/oilseeds.pdf>.
- Viglietti, G., Galla, G., Porceddu, A., Barcaccia, G., Curk, F., Luro, F., & Scarpa, G. (2019). karyological analysis and DNA barcoding of pompia citron: A first step toward the identification of its relatives. *Plants*, 8(4), 83. <https://doi.org/10.3390/plants8040083>.
- Vollmann, J., & Rajcan, I. (2010). *Oil crop breeding and genetics* (pp. 1-30). Springer New York.
- Wei, W., & Darmency, H. (2008). Gene flow hampered by low seed size of hybrids between oilseed rape and five wild relatives. *Seed Science Research*, 18(2), 115-123. doi:10.1017/S096025850897433X.
- Yaakub, Z., Kamaruddin, K., Singh, R., Mustafa, S., Marjuni, M., Ting, N., Amiruddin, M. D., Low, L. E-T., Cheng-Li, O. L., Sritharan, K., Rajanaidu, N., Jansen, J., & Ong-Abdullah, M. (2020). An integrated linkage map of interspecific backcross 2 (BC2) populations reveals QTLs associated with fatty acid composition and vegetative parameters influencing

compactness in oil palm. *BMC Plant Biology*, 20, Article 356. <https://doi.org/10.1186/s12870-020-02563-5>.

Yeshe, K., Wangchuk, P. (2022). Essential oils and their bioactive molecules in healthcare. In S. C. Mandal, A. K. Nayak, & A. K. Dhara (Eds.), *Herbal Biomolecules in Healthcare Applications* (pp. 215-237). Cambridge. <https://doi.org/10.1016/C2020-0-02699-X>.

Yu, J.-A., Yu, S., Fan, S., Song, M., Zhai, H.-C., Li, X., & Zhang, J. (2012). Mapping quantitative trait loci for cottonseed oil, protein and gossypol content in a *Gossypium hirsutum* × *Gossypium barbadense* backcross inbred line population. *Euphytica*, 187(2), 191–201. <https://doi.org/10.1007/s10681-012-0630-3>.

Zhang, J., Wu, M., Yu, J., Li, X., & Pei, W. (2016). Breeding potential of introgression lines developed from interspecific crossing between upland cotton (*Gossypium hirsutum*) and *Gossypium barbadense*: Heterosis, combining ability and genetic effects. *PLOS ONE*, 11(1), Article e0143646. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0143646>.

Zhao, R., Hu, X., Yuan, D., Masabni, J., Xiong, H., & Zou, F. (2021). Orthogonal test design for optimizing culture medium for in vitro pollen germination of interspecific oil tea hybrids. *Anais Da Academia Brasileira de Ciências*, 93(2). <https://doi.org/10.1590/0001-3765202120190431>

Zulkifli, Y., Rajinder, S., Ting, N. C., Marhalil, M., Xaviar, A., Rajanaidu, N., Jansen, J., Mohd-Din, A., Ong-Abdullah, M., Chie, T. Y., Kushairi, A. (2020). Quantitative trait loci (QTL) linked to compactness in an interspecific backcross two (BC₂) population of oil palm. *journal of oil palm research*, 32(2), 201-210. <https://doi.org/10.21894/jopr.2020.0019>.

ФЛЕЙТ, М., КАРПИ, А., МАЛЬНОВЕ, А., ФИКАС, М., ФЕРН, Э. (1997). RU2183068C2.

Capítulo III

Manuscrito: Avaliação do conhecimento, percepção e potencial de consumo do óleo de palma bruto híbrido HIE OxG pela população de diferentes regiões do Brasil

AVALIAÇÃO DO CONHECIMENTO, PERCEPÇÃO E POTENCIAL DE CONSUMO DO ÓLEO DE PALMA BRUTO HÍBRIDO HIE O_xG PELA POPULAÇÃO DE DIFERENTES REGIÕES DO BRASIL

Agnes Sophia Braga Alves¹; Deborah Murowaniecki Otero^{1,2}; Alana Moreira Bispo²; Edilene Ferreira da Silva³; Itaciara Larroza Nunes³; Maria Cristina Teixeira Cangussu⁴; Camila Duarte Ferreira Ribeiro^{1,2*}

¹ Programa de Pós-graduação em Ciência dos Alimentos, Faculdade de Farmácia, Universidade Federal da Bahia, *Campus Ondina*, Salvador, Bahia, 40170-115, Brasil.

² Programa de Pós-graduação em Alimentos, Nutrição e Saúde, Escola de Nutrição, Universidade Federal da Bahia, *Campus Canela*, Salvador, Bahia, 40110-907, Brasil.

³ Programa de Pós-Graduação em Ciência dos Alimentos, Departamento de Ciência e Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal de Santa Catarina, Rodovia Admar Gonzaga, 1346, Itacorubi, Florianópolis, Santa Catarina 88034-000, Brasil.

⁴ Programa de Pós-Graduação em Odontologia e Saúde, Faculdade de Odontologia, Universidade Federal da Bahia, 62 - *Campus Canela*, Salvador, Bahia, 40110-150, Brasil.

Periódico a ser submetido (1ª submissão):	<i>Food Quality and Preference</i> ISSN 1873-6343
<i>Maior percentil (Scopus):</i>	93%
Periódico a ser submetido (2ª submissão):	<i>Food Research International</i> ON-LINE ISSN 1873-7145
<i>Maior percentil (Scopus):</i>	95%

* **Autor correspondente:** Escola de Nutrição, Universidade Federal da Bahia, Rua Basílio da Gama, s/n - *Campus Canela*, Salvador, Bahia, 40110-907, Brasil; Programa de Pós-graduação em Ciência dos Alimentos, Faculdade de Farmácia, Universidade Federal da Bahia, *Campus Ondina*, Salvador, Bahia, 40170-115, Brasil. E-mail: camiladuarte@ufba.br (C. D. Ferreira Ribeiro).

RESUMO

O óleo de palma bruto híbrido (OPBH) interespecífico entre *Elaeis oleifera* x *guineensis*, quando comparado ao óleo de palma bruto tradicional (OPB), apresenta maiores teores de ácido oleico, vitamina E e carotenoides, bem como possui vantagens agronômicas de exploração. O objetivo deste estudo foi analisar a percepção, o conhecimento e o potencial de consumo do óleo de palma bruto híbrido em diferentes regiões do Brasil. Através da compilação dos dados de um questionário on-line com 16 perguntas, notou-se que os consumidores brasileiros (n=1.065). A maioria das respostas (61,10%) não refletiu corretamente a definição desse tipo de óleo. A percepção geral sobre o OPBH foi predominantemente neutra. A pesquisa indicou que a maioria dos participantes (52,58%) manifestou interesse em experimentar o OPBH, enquanto 39,43% demonstraram probabilidade média ou alta de comprar produtos com esse óleo, sugerindo um potencial de aceitação no mercado brasileiro. Estudos futuros podem impulsionar a popularização desse óleo, como por meio da caracterização, desenvolvimento de produtos alimentícios e efeitos sobre a saúde.

Palavras-chave: *Elaeis guineensis*; *Elaeis oleifera*; Azeite de dendê híbrido; Óleo de palma de alto oleico Questionário on-line; Consumidor.

1 INTRODUÇÃO

O óleo de palma bruto (OPB), originário do fruto da palmeira africana *Elaeis guineensis* ou da espécie americana *Elaeis oleifera* (Mancini et al., 2015; Astorkia et al., 2020), é o óleo vegetal mais produzido, exportado e importado em todo o mundo, com produção de 79,46 milhões de toneladas em 2023/24 (USDA, 2024a). Sua alta produção é alvo de uma discussão global devido aos seus impactos ambientais, incluindo desmatamento, aumento das emissões de gases de efeito estufa e perda de *habitat* para várias espécies animais (Qaim et al., 2020).

O cruzamento das duas espécies mencionadas tem como resultado uma variedade híbrida, o HIE OxG (Híbrido Interespecífico entre *Elaeis oleifera* x *Elaeis guineensis*) (Antoniassi et al., 2018). No Brasil, a primeira variedade híbrida foi lançada em 2010, representada pela cultivar BRS Manicoré, fruto do cruzamento entre as palmeiras Caiaué da origem Manicoré (Brasil) com dendezeiro da origem La Mé (Costa do Marfim), pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) (Cunha & Lopes, 2010). Apesar de não existirem dados oficiais sobre a área plantada ou produção de cachos e óleo (Moura et al., 2013;

Pinto et al., 2019), em 2016, existiam aproximadamente 11.500 ha de HIE OxG plantados no Pará, com potencial de produção de mais de 40.000 toneladas de óleo por ano (Antoniassi et al., 2018). E sabe-se que Pinto et al. (2019) conduziram seus experimentos em uma área total de 6,12 hectares, constituída por 876 plantas em Una-BA.

Comparada à espécie africana *Elaeis guineensis*, amplamente utilizada comercialmente, essa planta híbrida apresenta vantagens agronômicas significativas, como um crescimento mais controlado e maior resistência a pragas e doenças. Além disso, o óleo bruto extraído da BRS Manicoré possui propriedades nutricionais superiores, com teores mais elevados de vitamina E, carotenoides e ácido graxo oleico (18:1 cis-9/ômega 9), além de menores níveis de ácidos graxos saturados (AGS) (Pinto et al., 2019; Choon et al., 2021; Sambanthamurthi et al., 2000).

O óleo de palma bruto híbrido (OPBH) vem sendo amplamente estudado sob diferentes perspectivas, especialmente quanto aos aspectos antioxidantes. Pesquisas sugerem que ele pode ser utilizado como equivalente tropical do azeite de oliva extravirgem, pelo potencial anticancerígeno, capacidade de aumentar significativamente o conteúdo de fenólico total e a capacidade antioxidante do plasma humano (Mozzon, Foligni & Tylewicz, 2018). Entretanto, há uma escassez de trabalhos que tenham explorado o conhecimento, a percepção e o potencial de consumo dessa matriz alimentícia que têm se mostrado promissora para diferentes campos, especialmente para a indústria de alimentos e saúde.

Os estudos internacionais existentes abordam a variedade africana em sua forma bruta ou refinada, e predominantemente as populações têm percepção negativa desse óleo, abrangendo aspectos de saúde, questões sociais e impacto ambiental (Lieke, Spiller & Busch, 2023; Wassmann, Siegrist & Hartmann, 2023; Guadalupe, 2019; Ostfeld et al., 2019; Mozzon, Foligni & Tylewicz, 2018; Hartmann et al., 2018; Aguiar, Martinez & Coleman, 2018; Disdier, Marette & Millet, 2013). Contudo, interromper a produção de OPB se torna inviável, uma vez que a demanda global por óleo vegetal é impulsionada pelo crescimento populacional (OECD/FAO, 2022). Isso se deve ao fato de que o óleo de palma bruto possui um rendimento até dez vezes maior do que as culturas alternativas, resultando em uma pegada de carbono menor em comparação com outras oleaginosas (Beyer et al., 2020; Lieke, Spiller & Busch, 2023). Dada a novidade do HIE OxG como uma variedade de óleo de palma, a aceitação por parte do consumidor pode ser influenciada pela percepção já estabelecida em relação à espécie africana.

Em suma, a produção do OPBH representa uma alternativa para enfrentar os desafios nutricionais, sociais, ambientais e econômicos associados à produção de óleo de palma. Especificamente para o Brasil, onde a demanda por óleo vegetal continua a crescer, a adoção

do OPBH pode não apenas impulsionar a segurança alimentar e nutricional, mas também beneficiar a economia agrícola do país. No entanto, o conhecimento sobre essa variedade híbrida ainda é limitado, destacando a necessidade de mais pesquisas e estudos para avaliar seu impacto em diferentes aspectos. Assim, o objetivo deste estudo foi analisar a percepção, o conhecimento e o potencial de consumo do OPBH em diferentes regiões brasileiras.

2 METODOLOGIA

2.1 Participantes

Durante o período compreendido entre março e julho de 2022, foi realizada a coleta de dados por meio da plataforma de pesquisa *Google Form*, mediante aprovação da pesquisa no Comitê de Ética da Universidade Federal da Bahia, Brasil (registro número: 5.306.483; Certificado de Apresentação para Apreciação Ética (CAAE) número: 56357822.1.0000.5023). A pesquisa recrutou participantes por meio de links de mídia social como e-mail, redes sociais e aplicativos de mensagens. Os critérios de inclusão determinaram que os participantes deveriam ser residentes no Brasil, ter idade igual ou superior a 18 anos, dispor de acesso à internet e concordar com o termo de consentimento livre e esclarecido (TCLE) informado. Pessoas que não assinaram o TCLE ou marcaram errado a pergunta de verificação ao final do questionário, foram excluídas. A confidencialidade e anonimato dos participantes foram mantidos.

2.2 Coleta de dados

Foi realizada a análise do conhecimento, percepção e potencial de consumo do público-alvo de forma qualitativa e quantitativa, totalizando 16 questões, distribuídas da seguinte forma: sete perguntas gerais a respeito de aspectos socioeconômicos e oito perguntas para análise da percepção, conhecimento, cognição, preferência e potencial de consumo do óleo de palma bruto híbrido e uma pergunta de verificação.

Para avaliação de conhecimento foi realizada uma pergunta com dez alternativas, onde o participante poderia marcar mais de uma alternativa (**Tabela 1**). Para a avaliação da percepção, e potencial de consumo foi utilizada a escala *likert* de 5 pontos, de concordo, concordo parcialmente, não concordo nem discordo, discordo parcialmente, discordo; não-

saudável, pouco saudável, neutro, moderadamente saudável a saudável; nunca, semestralmente, mensalmente, quinzenalmente, diariamente; e de nenhuma, pouca, neutro, muita a muitíssima.

Tabela 1 - Questionário aplicado para avaliar o conhecimento, percepção e potencial de consumo do óleo de palma bruto híbrido.

Área	Perguntas/Afirmativas
Conhecimento	1. O que você entende que seja o óleo de palma bruto híbrido?
Percepção	2. A acidez do óleo de palma bruto tradicionalmente vendido no mercado é maior do que a do óleo de palma bruto híbrido. 3. O óleo de palma bruto híbrido tem mais nutrientes do que o óleo de palma bruto. 4. A popularização e o consumo do óleo de palma bruto híbrido não irão descaracterizar os pratos regionais baianos. 5. O óleo de palma bruto híbrido não provoca sintomas gastrointestinais como dores abdominais ao ser consumido. 6. De 1 a 5, o quanto você considera saudável os tipos de óleo de palma bruto?
Potencial de Consumo	7. Eu tenho interesse em experimentar o óleo de palma bruto híbrido. 8. De 1 a 5, qual a chance de você comprar produtos com os tipos de óleo de palma abaixo?

Para avaliação dos atributos foram utilizados os seguintes critérios: Percepção positiva se apresentasse no mínimo 3 fatores a seguir: saudável, tem mais nutrientes que seus genitores, apresenta baixa acidez, não causa sintomas gastrointestinais e não descaracteriza os pratos regionais baianos; Percepção negativa se apresentasse no mínimo 3 fatores a seguir: não-saudável, tem menos nutrientes que seus genitores, apresenta alta acidez, causa sintomas gastrointestinais e descaracteriza os pratos regionais baianos; Percepção neutra se apresentasse ao menos 3 respostas neutras quanto aos fatores citados acima.

3.4 Análise estatística

Os dados foram expressos em frequências absolutas e relativas, sendo dispostos em tabelas, gráficos e figuras. A análise de correspondência foi utilizada para identificar associações entre as categorias relacionadas a região de residência com perguntas de percepção e potencial de compra. A análise qui-quadrado foi utilizada para comparar os dados de gênero, idade, renda familiar e região. Os dados foram avaliados estatisticamente usando o *software* STATISTICA versão 7.0 e MINITAB versão 14.0. Outras tabelas, gráficos ou figuras foram criados a partir do programa Excel e do site de design gráfico CANVA (Sydney, Austrália-2012).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Perfil do consumidor

Neste estudo, 1.082 pessoas responderam à pesquisa. Dezesete participantes foram excluídos devido a respostas incorretas a uma pergunta de verificação, culminando em uma amostra final de 1.065 brasileiros incluídos, sendo a maioria residente na região Nordeste (40,37%). Os participantes eram predominantemente mulheres (69,76%), com idades entre 30 e 39 anos (27,51%) e vivendo sozinhos (12,68%). A maior parte deles possuía pós-graduação (63%), estava empregada em tempo integral (61,60%) e tinha uma renda superior a nove salários-mínimos (35,87%) (**Tabela 2**).

Tabela 2 - Dados socioeconômicos dos participantes da pesquisa.

Variável	Resposta	N	%
Região de residência	Nordeste	430	40,38
	Sul	368	34,56
	Sudeste	134	12,58
	Norte	78	7,32
	Centro-Oeste	55	5,16
Gênero com o qual se identifica	Feminino	743	69,77
	Masculino	317	29,76
	Prefiro não informar	3	0,28
	Não binário	2	0,19
Faixa etária	Entre 18 e 29 anos	275	25,82
	Entre 30 e 39 anos	293	27,51
	Entre 40 e 49 anos	266	24,98
	Entre 50 e 59 anos	160	15,02
	60 anos ou mais	71	6,67
Quantas pessoas moram na residência	1	135	12,68
	2	336	31,55
	3	294	27,60
	4	212	19,91
	5	68	6,38
	Mais de 5	20	1,88
Grau de escolaridade	Pós-graduação	671	63
	Superior completo	146	13,71
	Médio completo	233	21,88
	Fundamental completo	8	0,75
	Fundamental incompleto	2	0,19
	Prefiro não responder	5	0,47
Ocupação	Trabalha em tempo integral / parcial	768	72,11
	Estudante de graduação / pós-graduação	244	22,91
	Não trabalha / não estuda	38	3,57
	Prefiro não responder	15	1,41
Renda familiar aproximada*	Menor que 1 salário-mínimo	53	4,98
	Entre 1 e 3 salários-mínimos	206	19,34
	Entre 3 e 6 salários-mínimos	200	18,78
	Entre 6 e 9 salários-mínimos	163	15,30
	Mais de 9 salários-mínimos	382	35,87
	Prefiro não informar	61	5,73

Legenda: N= número de respondentes; % = porcentagem de respostas em relação ao total; * Renda familiar foi baseada no salário-mínimo de 2022 equivalente a R\$ 1.212,00.

Fonte: Bispo *et al.* (2024).

O fato da maioria dos participantes residirem na região nordeste (40,38%) pode ter correlação com o consumo de óleo de palma bruto em pratos típicos da região, como acarajé,

abará, vatapá, xinxim de galinha e entre outros (Almeida et al., 2013). A predominância de mulheres na amostra (69,77%), pode ser explicada pela maior disseminação do estudo no meio acadêmico. Conforme apontado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) em 2021, as mulheres brasileiras têm, em média, maior nível de instrução do que os homens, com acesso mais amplo ao ensino superior, especialmente em faixas etárias abaixo de 65 anos. Essa distribuição reflete as mudanças nos padrões educacionais, indicando um avanço na igualdade de gênero no acesso à educação. A concentração na faixa etária de 30 a 39 anos sugere uma participação significativa da geração *millennial* na pesquisa. Essa geração tem sido reconhecida por sua maior preocupação com a saúde e conscientização sobre questões nutricionais (IFIC, 2023). No que diz respeito ao nível educacional e à renda, a alta porcentagem de participantes com pós-graduação, empregados em tempo integral e com renda superior a nove salários-mínimos sugere uma forte presença no meio acadêmico com a presença de docentes. O modo de compartilhamento, tanto por meio de disseminação acadêmica quanto em redes sociais, pode ter contribuído para essa demografia.

3.2 Conhecimento sobre o OPBH

Os resultados do questionário *on-line* sobre o conhecimento do óleo de palma bruto híbrido revelaram que a maioria das repostas (61,10%) não condiziam corretamente as características desse tipo de óleo (**Figura 1**).

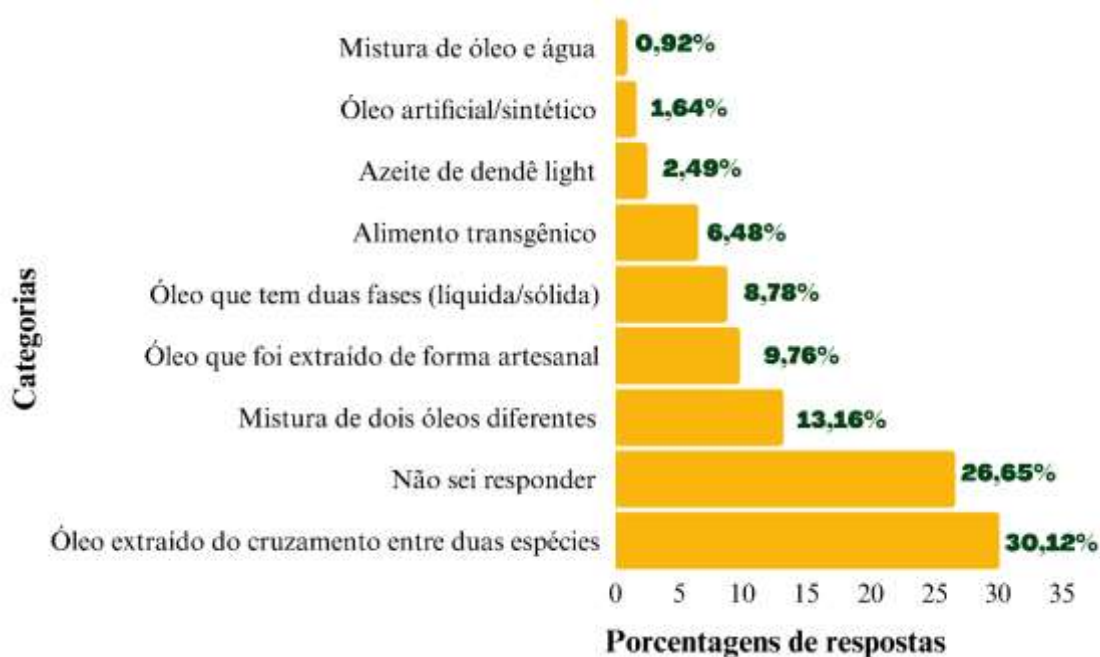


Figura 1 – Frequência de repostas sobre o conhecimento de óleo de palma bruto híbrido.

A alternativa "Cruzamento entre duas espécies", que corretamente descreve o processo de hibridização, foi selecionada por 30,12% dos participantes, representando o maior percentual de respostas corretas. Somando com a frequência de resposta "Óleo com duas fases (líquido/sólido)" (8,78%), aproximadamente 38,90% das respostas foram corretas.

A hibridização exerce uma influência significativa na evolução das espécies e na promoção da biodiversidade, resultando na formação e diversificação de novas variedades (Jia et al., 2023). Esse processo pode ocorrer de maneira natural ou ser induzido pela intervenção humana com o objetivo de aprimoramento genético (Song et al., 2002; Zhang et al., 2016). Assim, o cultivo de óleos vegetais híbridos oferece benefícios econômicos e tecnológicos, desempenhando um papel essencial na abordagem dos desafios das mudanças climáticas e na asseguuração da disponibilidade de alimentos (Singh et al., 2023).

O óleo proveniente de plantas híbridas, gerado a partir do cruzamento entre diferentes espécies ou variedades de plantas (Codex, 2023), emerge como uma fonte alternativa promissora para atender à crescente demanda global por óleos vegetais (OECD/FAO, 2022). No caso do dendezeiro, a planta híbrida interespecífica entre as espécies *Elaeis guineensis* e *Elaeis oleífera* foi gerada com o intuito de conferir maior resistência às doenças que afetam as palmeiras africanas. A primeira espécie é conhecida como palmeira africana (*Elaeis guineensis* Jacq.) com origem nas regiões costeiras da Guiné, enquanto a outra espécie é conhecida como palmeira americana (*Elaeis oleífera*) (Silva et al., 2020; Henson, 2012).

Além disso, a parcela que respondeu ser um óleo de duas fases (8,78%) demonstra uma compreensão da característica física do OPBH, uma vez que ele se apresenta em duas frações, oleína (fração líquida) e estearina (fração sólida) assim como OPB africano, convencional (Yilmaz e Agagunduz, 2022; Almeida et al., 2019).

No entanto, uma porcentagem alta de participantes admitiu não ter conhecimento sobre o óleo de palma híbrido (26,65%) ou optou por respostas incorretas (34,45%), destacando uma falta de informação sobre o produto. Esses resultados destacam a necessidade de esclarecimento sobre as características do óleo de palma bruto híbrido, especialmente em relação ao processo de cruzamento entre duas espécies.

Essa lacuna pode ser atribuída, em parte, ao fato de que, embora a hibridização entre as espécies *Elaeis guineensis* e *Elaeis oleífera* seja objeto de estudo desde a década de 1940, somente em 2010 foi lançado no Brasil o cultivar BRS Manicoré. Além disso, apenas em 2014, a Comissão Executiva do Plano da Lavoura Cacaueira (CEPLAC) apresentou o azeite produzido no sul da Bahia, mais precisamente em Una (Homma, 2016; Cunha e Lopes, 2010; Tupinambá, 2021). Notavelmente, foi somente em 2021 que houve uma maior circulação de

notícias relacionadas a esse óleo (Correio, 2021; Bittencourt, 2021). Por outro lado, é essencial reconhecer que a disseminação de conhecimento sobre produtos inovadores, como o óleo de palma híbrido, é um processo gradual. O impacto dessas descobertas científicas muitas vezes requer tempo para alcançar o conhecimento público. Portanto, é visto a importância de estudos como este, que busca ampliar o conhecimento sobre este óleo.

Outra parcela das respostas (9,76%) considerou que é um óleo extraído de forma artesanal. Essas respostas podem estar relacionadas à falta de informação, além de um possível desconhecimento dos métodos de extração do óleo. Na Bahia, Brasil, a extração do OPB é feita artesanalmente pela técnica ancestral dos povos africanos usando pilão (Watkins, 2015). Entretanto uma fábrica de óleo de palma bruto normalmente adota um processo sem solventes que utiliza vapor e água para extração de óleo e maquinários, as principais operações unitárias incluem esterilização, extração, digestão e prensagem, clarificação, secagem e armazenamento (Chew et al., 2021).

Uma minoria dos participantes (6,48%) associa erroneamente o OPBH a alimentos transgênicos. Esse equívoco pode ser resultado de desconhecimento dos conceitos. O OPBH não é classificado como um alimento transgênico, pois transgênico é sinônimo para Organismos Geneticamente Modificados (OGMs) que são definidos pela Organização Mundial da Saúde (OMS) como aqueles nos quais o material genético (DNA) foi modificado de uma forma que não ocorre naturalmente por acasalamento e/ou recombinação natural (Rabiul et al., 2020).

Outras questões que foram menos associadas ao OPBH foi óleos artificiais ou sintéticos (1,64%) e azeite de dendê *light/fit* (2,49%). Por ser um produto relativamente novo no mercado e por não conhecerem a palavra “híbrido”, os consumidores brasileiros poderiam achar que fosse um óleo com qualidade nutricional diferente.

3.2 Percepção sobre o OPBH

A predominância das respostas sobre todas as afirmativas ou questões sobre a percepção do OPBH foi “Neutro” (**Tabela 3**). Os resultados da afirmativa “A acidez do OPB tradicionalmente vendido no mercado é maior acidez do que a do OPBH” indicam que a maioria dos participantes (66,20%) considera essa afirmação como “Neutro”, independentemente do gênero ($p = 0,191$) e faixas etárias ($p = 0,122$). A análise de correspondência gerou duas dimensões, sendo que a primeira (Dim. 1) representou 77,83% e a segunda (Dim. 2) representou 17,20%, explicando 95,03% dos dados (**Figura 2**).

[illegible]

													0,016
Gênero													
Masculino	49	15,46	48	15,14	200	63,09	5	1,58	15	4,73	317	100	
Feminino	157	21,13	125	16,82	397	53,43	31	4,17	33	4,44	743	100	
Total	206	19,34	174	16,34	600	56,34	36	3,38	49	4,60	1060*	100	
Idade													<0,001
18–29	52	18,91	68	24,73	132	48,00	13	4,73	10	3,64	275	100	
30–39	70	23,89	39	13,31	158	53,92	11	3,75	15	5,12	293	100	
40–49	39	14,66	41	15,41	162	60,90	9	3,38	15	5,64	266	100	
50–59	33	20,63	13	8,13	107	66,88	1	0,63	6	3,75	160	100	
60 +	12	16,90	13	18,31	41	57,75	2	2,82	3	4,23	71	100	
Total	206	19,34	174	16,34	600	56,34	36	3,38	49	4,60	1065	100	
Renda													<0,001
< R\$1.212	18	33,96	12	22,64	18	33,96	3	5,66	2	3,77	53	100	
R\$1.212–3.636	46	22,33	57	27,67	88	42,72	8	3,88	7	3,40	206	100	
R\$3.637–7.272	50	25,00	27	13,50	109	54,50	7	3,50	7	3,50	200	100	
R\$7.274–10.908	33	20,25	24	14,72	93	57,06	5	3,07	8	4,91	163	100	
≥ R\$10.909	51	13,35	44	11,52	256	67,02	12	3,14	19	4,97	382	100	
Prefiro não responder	8	13,11	10	16,39	36	59,02	1	1,64	6	9,84	61	100	
Total	206	19,34	174	16,34	600	56,34	36	3,38	49	4,60	1065	100	
Região													<0,001
Norte	9	11,54	14	17,95	50	60,10	1	1,28	4	5,13	78	100	
Nordeste	100	23,26	81	18	212	49,30	18	4,19	19	4,42	430	100	

	Centro-oeste	11	20,00	6	10,96	33	60,00	1	1,82	4	7,27	78	100	
	Sudeste	39	29,10	30	22,39	56	41,79	4	2,99	5	3,73	134	100	
	Sul	46	12,76	43	11,68	249	67,66	12	3,26	17	4,62	368	100	
	Total	206	19,34	174	16,34	600	56,34	36	3,38	49	4,60	1065	100	
Questão	Variáveis	Concordo		Concordo Parcialmente		Neutro		Discordo Parcialmente		Discordo		Total		Qui-quadrado (p-valor)
		N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	
A popularização e o consumo do OPBH não irão descaracterizar os pratos regionais baianos.	Gênero													0,631
	Masculino	72	22,71	55	17,35	161	50,79	14	4,42	15	4,73	317	100	
	Feminino	181	24,36	129	17,36	346	46,57	38	5,11	49	6,59	743	100	
	Total	253	23,87	184	17,36	507	47,83	52	4,91	64	6,04	1060*	100	
	Idade													0,070
	18–29	68	24,73	61	22,18	107	38,91	17	6,18	22	8,00	275	100	
	30–39	79	26,96	40	13,65	146	49,83	15	5,12	40	13,65	293	100	
	40–49	57	21,43	49	18,42	136	51,13	12	4,51	12	4,51	266	100	
	50–59	34	21,25	25	15,63	85	53,13	8	5,00	8	5,00	160	100	
	60 +	15	21,13	9	12,68	37	52,11	2	2,82	8	11,27	71	100	
	Total	253	23,76	184	17,28	511	47,98	52	4,88	65	10,89	1065	100	
	Renda													0,001
	< R\$1.212	19	35,85	11	20,75	18	33,96	2	3,77	3	4,92	53	100	
	R\$1.212–3.636	56	27,18	53	25,73	71	34,47	13	6,31	13	6,31	206	100	
	R\$3.637–7.272	50	25,00	31	15,50	91	45,50	11	5,50	17	8,50	200	100	
	R\$7.274–10.908	33	20,25	27	16,56	87	53,37	5	3,07	11	6,75	163	100	

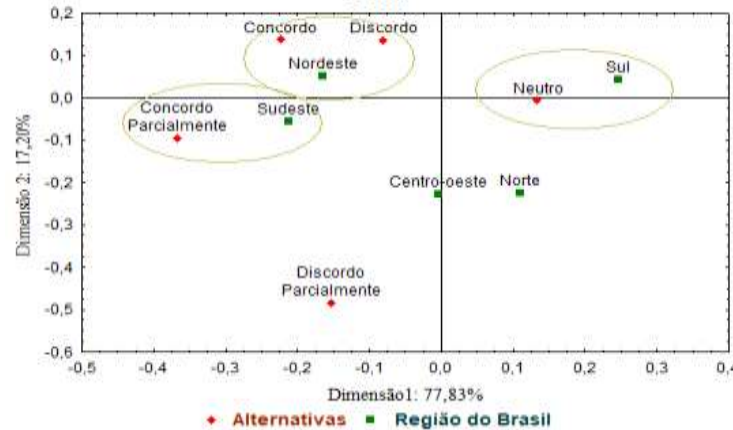
	≥ R\$10.909	88	23,04	53	13,87	205	53,66	18	4,71	49	12,83	382	100	
	Prefiro não responder	7	11,48	9	14,75	39	63,93	3	4,92	3	5,66	61	100	
	Total	253	23,76	184	17,28	511	47,98	52	4,88	65	6,10	1065	100	
	Região													<0,001
	Norte	20	25,64	9	11,54	44	56,41	1	1,28	4	5,13	78	100	
	Nordeste	111	25,81	85	19,77	174	40,47	24	5,58	36	8,37	430	100	
	Centro-oeste	11	20,00	2	3,64	32	58,18	5	9,09	5	9,09	55	100	
	Sudeste	32	23,88	36	26,87	54	40,30	8	5,97	4	2,99	134	100	
	Sul	79	21,47	52	14,13	207	56,25	14	3,80	16	4,35	368	100	
	Total	253	23,76	184	17,28	511	47,98	52	4,88	65	6,10	1065	100	
Questão	Variáveis	Concordo		Concordo Parcialmente		Neutro		Discordo Parcialmente		Discordo		Total		Qui-quadrado (p-valor)
		N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	
O OPBH não provoca sintomas gastrointestinais como dores abdominais ao ser consumido.	Gênero													0,398
	Masculino	43	13,56	26	8,20	229	72,24	7	2,21	12	3,79	317	100	
	Feminino	94	12,65	78	10,50	509	68,51	30	4,04	32	4,31	743	100	
	Total	137	12,92	104	9,81	738	69,62	37	3,49	44	4,15	1060*	100	
	Idade													0,888
	18–29	36	13,09	33	12,00	184	66,91	13	4,73	9	3,27	275	100	
	30–39	44	15,02	24	8,19	202	68,94	10	3,41	13	4,44	293	100	
	40–49	27	10,15	26	9,77	194	72,93	6	2,26	13	4,89	266	100	
	50–59	23	14,38	14	8,75	112	70,00	5	3,13	6	3,75	160	100	
	60 +	8	11,27	7	9,86	50	70,42	3	4,23	3	4,23	71	100	
	Total	138	12,96	104	9,77	742	69,67	37	3,47	44	4,13	1065	100	

	Renda													<0,001
	< R\$1.212	14	26,42	9	16,98	28	52,83	0	0,00	2	3,77	53	100	
	R\$1.212–3.636	35	16,99	32	15,53	114	55,34	16	7,77	9	4,37	206	100	
	R\$3.637–7.272	28	14,00	17	8,50	140	70,00	6	3,00	9	4,50	200	100	
	R\$7.274–10.908	18	11,04	17	10,43	119	73,01	3	1,84	6	3,68	163	100	
	≥ R\$10.909	39	10,21	24	6,28	292	76,44	11	2,88	16	4,19	382	100	
	Prefiro não responder	4	6,56	5	8,20	49	80,33	1	1,64	2	3,28	61	100	
	Total	138	12,96	104	9,77	742	69,67	37	3,47	44	4,13	1065	100	
	Região													0,001
	Norte	12	15,35	9	11,54	41	74,55	2	2,56	3	3,85	78	100	
	Nordeste	62	14,42	41	9,53	283	65,81	25	5,81	19	4,42	430	100	
	Centro-oeste	7	12,73	3	5,45	41	74,55	1	1,82	3	5,45	55	100	
	Sudeste	25	18,66	23	17,16	78	58,21	4	2,99	4	2,99	134	100	
	Sul	32	8,70	28	7,61	288	78,26	5	1,36	15	4,08	368	100	
	Total	138	12,96	104	9,77	742	69,67	37	3,47	44	4,13	1065	100	
	Questão	Variáveis	Saudável	Moderadame nte Saudável	Neutro	Pouco Saudável	Não Saudável	Total	Qui- quadrado (p-valor)					
			N	%	N	%	N	%	N	%	N	%		
O quanto você considera o OPBH saudável?	Gênero													0,070
	Masculino	60	18,93	89	28,08	133	41,96	20	6,31	15	4,73	317	100	
	Feminino	151	20,32	212	28,53	256	34,45	78	10,50	46	6,19	743	100	

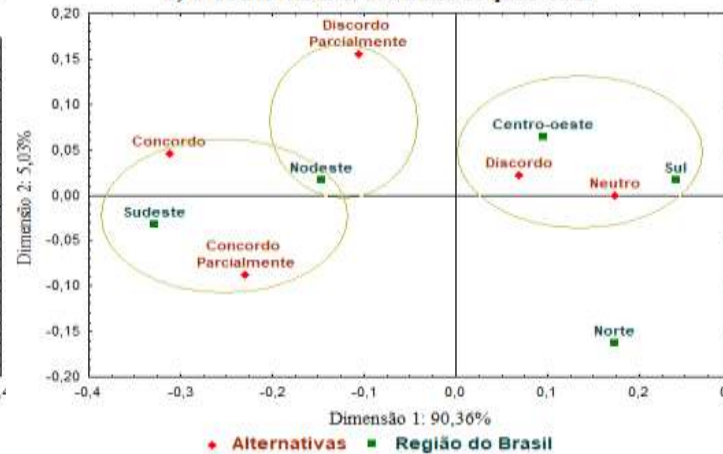
Total	206	19,34	174	16,34	600	56,34	36	3,38	49	4,60	1060*	100	0,035
Idade													
18–29	47	17,09	81	29,45	109	39,64	30	10,91	8	2,91	275	100	
30–39	66	22,53	72	24,57	109	37,20	31	10,58	15	5,12	293	100	
40–49	47	17,67	75	28,20	103	38,72	23	8,65	18	6,77	266	100	
50–59	40	25,00	45	28,13	53	33,13	10	6,25	12	7,50	160	100	
60 +	11	15,49	29	40,85	18	25,35	5	7,04	8	11,27	71	100	
Total	211	19,81	302	28,36	392	36,81	99	9,30	61	5,73	1065	100	0,990
Renda													
< R\$1.212	15	28,30	13	24,53	18	33,96	4	7,55	3	5,66	53	100	
R\$1.212–3.636	37	17,96	62	30,10	75	36,41	20	9,71	12	5,83	206	100	
R\$3.637–7.272	39	19,50	56	28,00	74	37,00	20	10,00	11	5,50	200	100	
R\$7.274–10.908	34	20,86	46	28,22	61	37,42	16	9,82	6	3,68	163	100	
≥ R\$10.909	73	19,11	111	29,06	137	35,86	36	9,42	25	6,54	382	100	
Prefiro não responder	13	21,31	14	22,95	27	44,26	3	4,92	4	6,56	61	100	0,603
Total	211	19,81	302	28,36	392	36,81	99	9,30	61	5,73	1065	100	
Região													
Norte	14	17,95	20	25,64	31	39,74	9	11,54	4	5,13	78	100	
Nordeste	88	20,47	129	30,00	146	33,95	39	9,07	28	6,51	430	100	
Centro-oeste	6	10,91	14	25,45	23	41,82	9	16,36	3	5,45	55	100	
Sudeste	33	24,63	41	30,60	44	32,84	9	6,72	7	5,22	134	100	
Sul	70	19,02	98	26,63	148	40,22	33	8,97	19	5,16	368	100	

Total	206	19,34	174	16,34	600	56,34	36	3,38	49	4,60	1065	100
-------	-----	-------	-----	-------	-----	-------	----	------	----	------	------	-----

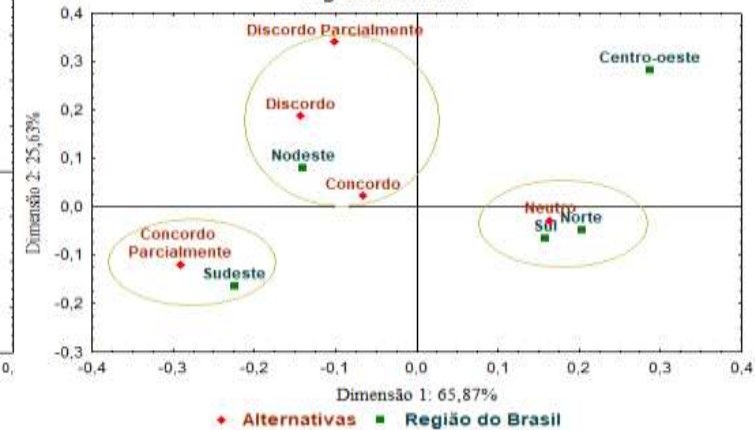
A) A acidez do OPB tradicionalmente vendido no mercado é maior do que a do OPBH.



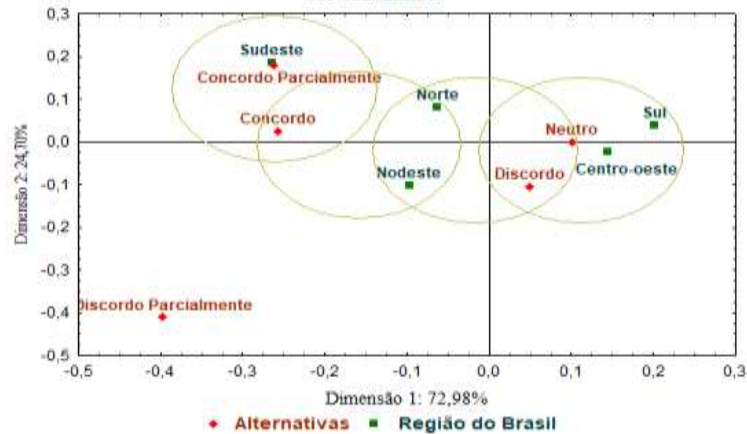
B) O OPBH tem mais nutrientes do que o OPB.



C) A popularização e o consumo do OPBH não irão descaracterizar os pratos regionais baianos.



D) O OPBH não provoca sintomas gastrointestinais como dores abdominais ao ser consumido.



E) O quanto você considera o OPBH saudável?

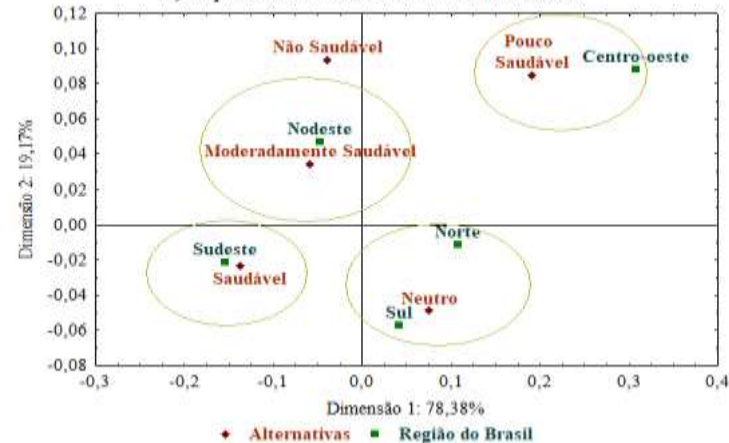


Figura 2 - Análise de correspondência das percepções de OPBH e regiões no Brasil, com base em dados de pesquisa.

A região Sul associou a opção “Neutro”, enquanto as regiões Nordeste e Sudeste se correlacionaram com as opções “Concordo” e “Discordo”. A última região se correlacionou também com a opção “Concordo parcialmente”, dessa forma o Sudeste tendeu a ter uma correlação positiva em relação à acidez do OPBH. O OPBH possui menor acidez que o OPB, devido a característica do próprio fruto. Essa característica poderia ser crucial para a aceitação do óleo na culinária baiana (Tupinambá, 2021).

Em relação à crença de que o OPBH possui mais nutrientes do que o OPB, os resultados sugerem que a percepção varia significativamente entre diferentes grupos demográficos, destacando a importância de considerar esses fatores ao comunicar informações. O teste qui-quadrado revelou uma diferença estatística entre os gêneros ($p = 0,047$). As mulheres demonstraram uma maior concordância (21,13% concordaram fortemente e 16,82% concordaram) em comparação com os homens (15,46% concordaram fortemente e 15,14% concordaram). Observa-se que a concordância com a afirmação sobre o óleo de palma híbrido diminui com o aumento da faixa etária ($p < 0,001$). A concordância foi mais expressiva nas faixas de renda mais baixas, diminuindo nas faixas de renda mais altas ($p < 0,001$). A região de residência dos participantes também teve impacto nas respostas ($p < 0,001$). A região Nordeste apresentou a maior concordância (23,26% concordaram fortemente e 18,41% concordaram), enquanto outras regiões demonstraram variações nos níveis de concordância. A análise de correspondência gerou duas dimensões, sendo que a primeira (Dim. 1) representou 90,36% e a segunda (Dim. 2) representou 5,03%, explicando 95,39% dos dados (**Figura 2**).

As regiões Sul e Centro-oeste associaram a opção “Neutro” e “Discordo”, enquanto as regiões Nordeste e Sudeste se correlacionaram com as opções “Concordo” e “Concordo parcialmente”, possuindo uma percepção mais positiva em relação aos nutrientes do OPBH. O OPB é constituído predominantemente por triacilgliceróis, correspondendo a 95% da sua composição, sendo 50% AGS, 40% monoinsaturados e 10% poli-insaturados - representados principalmente pelo palmítico (16:0), sendo 44% do total, seguido do oleico (cis - 18:1) (39%), linoleico (18: 2) (11%), esteárico (18:0) (5%) e mirístico (1%) Dentre os seus principais micronutrientes, destacam-se a vitamina E (150-1500 mg/kg), e carotenoides, especialmente o β -caroteno (500 a 2000 $\mu\text{g/g}$) (Codex, 2023). Em contraste, o perfil de ácidos graxos (AG) do OPBH apresenta de 52% a 57% de ácido oleico, 25% a 30% de ácido palmítico, de 11% a 13% de ácido linoleico, de 3 a 4% de ácido esteárico e o ácido linolênico, em menor quantidade, corresponde a

até 0,5% do total. Apresenta também ampla faixa de vitamina E (100 a 2200 mg/kg), bem como um alto conteúdo de carotenoides que podem atingir 2700 µg/g. Esses resultados indicam que o OPBH, de fato, contém uma quantidade superior de nutrientes em comparação com o OPB (Mozzon, Foligni & Tylewicz, 2018; Antoniassi *et al.*, 2018).

Quando questionados sobre a possibilidade de a popularização e o consumo do OPBH descaracterizar os pratos regionais baianos, a percepção em sua maioria foi neutra. Os dados também indicam que a percepção sobre a manutenção da autenticidade dos pratos tradicionais da Bahia em decorrência da popularização e consumo do OPBH varia significativamente com base na renda ($p = 0,001$) e região geográfica ($p < 0,001$). A análise de correspondência gerou duas dimensões, sendo que a primeira (Dim. 1) representou 65,87% e a segunda (Dim. 2) representou 25,63%, explicando 91,50% dos dados (**Figura 2**). As regiões Norte e Sul apresentaram neutralidade de opinião. A região Sudeste possui visão positiva ao OPBH. Como a Bahia é um estado da região Nordeste, onde o consumo do OPB é mais popular, esta localidade teve correlação tanto com a opção “Discordo” quanto “Concordo”, mostrando ambiguidade em relação às opiniões. A cultura forte do OPB e o estranhamento ao novo OPBH pode ter gerado essa reação.

O OPB na Bahia representa uma rica variedade de significados sociais, sendo central nas práticas religiosas (Candomblé), gastronômicas e culturais, dessa forma, tanto turistas quanto moradores locais associam o estado e a cidade de Salvador à autenticidade africana (Castañeda, 2024). É um ingrediente essencial em pratos regionais, como acarajé, moqueca e vatapá (Almeida *et al.*, 2013). A forte ligação entre o dendê e a Bahia é também reforçada nas práticas linguísticas cotidianas: dizer que algo é “do dendê” remete à Bahia e a diásporas africanas (Castañeda, 2021).

Apesar da maioria (69,67%) dos participantes apresentar percepção “Neutro” em relação à afirmação de que o OPBH não causa sintomas gastrointestinais, como dores abdominais, houve variações significativas entre diferentes grupos demográficos (**Tabela 3**). Não há diferenças significativas entre gênero ou entre diferentes faixas etárias ($p > 0,05$). No entanto, a variável renda influenciou significativamente as respostas, indicando que participantes com renda mais baixa tendem a concordar mais fortemente com a afirmação ($p < 0,001$) (**Figura 2**). A região geográfica também desempenhou um papel significativo, com participantes da região Sudeste demonstrando uma concordância maior em comparação com aqueles do Sul ($p = 0,001$). A análise de correspondência gerou duas dimensões, sendo que a primeira (Dim. 1) representou 72,98% e a segunda (Dim. 2) representou 24,70%, explicando 97,68% dos dados (**Figura 2**). As regiões Sul e Centro-

oeste apresentaram neutralidade de opinião. A região Sudeste possui visão positiva ao OPBH, enquanto a região Nordeste teve correlação com uma percepção negativa.

Devido à sua maior produção nos estados da região Norte e Nordeste, especialmente no Pará, Bahia e Roraima (USDA, 2024b), o OPB pode ser mais conhecido e consumido por participantes dessas regiões, possivelmente influenciando a percepção sobre a possibilidade de causar sintomas gastrointestinais.

O OPB é comumente associado a sintomas gastrointestinais, como dor de barriga e diarreias, especialmente entre turistas na Bahia (Bittencourt, 2021). No entanto, essa conexão pode ser permeada por preconceitos em relação a alimentos relacionados a tradições africanas (Correio, 2021). Estes sintomas são clássicos de doenças veiculadas por alimentos (DVA's), estudos que avaliaram as saladas cruas do tipo vinagrete que acompanham os acarajés (Goes et al., 2022), bem como os acarajés (Amaral et al., 2012), vatapá e camarão (Serenó, Cardoso & Guimarães, 2011) comercializados em Salvador e Belo Horizonte (Brasil) encontraram níveis elevados de bactérias patogênicas. Diversos fatores estão associados a estes achados, como a exposição do alimento por longos períodos à temperatura ambiente, recontaminação pós-processamento, deficiência nos procedimentos de higienização dos vegetais e manipulação dos alimentos.

Os sintomas mencionados também podem indicar o início agudo de reações alérgicas (Tedner *et al.*, 2022). Entre os principais ingredientes da culinária regional baiana, amendoim, castanhas e camarão (Cardoso *et al.*, 2021; Lody, 2020) destacam-se como alérgenos alimentares clinicamente relevantes, com respostas mediadas por imunoglobulina E (IgE) (Krisnawati et al., 2022; Francis *et al.*, 2020). Dessa forma outros motivos podem ser a causa dos sintomas gastrointestinais relatados e não o OPB.

Apesar de muitos participantes (56,34%) se manterem neutros, existem diferenças estatisticamente significativas nas respostas sobre o quão saudável é o OPBH entre diferentes grupos demográficos. Ao considerar gênero, renda, e região não houve associações significativas ($p > 0,05$). Por outro lado, a faixa etária mostrou uma associação significativa ($p = 0,035$), indicando variações nas respostas com a idade. Observa-se que participantes acima de 60 anos são mais propensos a classificá-lo com algum grau de saudabilidade (56,34%) e com pouco ou não saudável (18,31%), enquanto os mais jovens optaram por uma percepção mais neutra. A análise de correspondência gerou duas dimensões, sendo que a primeira (Dim. 1) representou 78,38% e a segunda (Dim. 2) representou 19,17%, explicando 97,55% dos dados (**Figura 2**). A região Sul e Norte apresentaram neutralidade de opinião. A região Centro-oeste correlaciona-se com

a opção pouco saudável, enquanto a região Nordeste e Sudeste se correlaciona com percepções positivas de saudabilidade.

O óleo de palma bruto híbrido, rico em ácido oleico e compostos bioativos naturais, é considerado seguro dentro dos limites diários recomendados de lipídios. Atualmente, muitos alimentos no mercado ostentam alegações de propriedades funcionais, destacando a redução ou eliminação de açúcares, gordura saturada e sal, bem como a incorporação de compostos bioativos e fibras alimentares (Duarte, Teixeira e Costa-Silva, 2021). Além das preocupações com a saúde, os consumidores contemporâneos estão atentos a questões como pesticidas, ingredientes artificiais e impactos ambientais, impulsionando o destaque do movimento "Clean label", que promove rótulos simples com ingredientes naturais (Asioli et al., 2017). Portanto, esse óleo apresenta potencial para ser utilizado em novos produtos.

3.5 Potencial de compra de produtos com OPBH

Nesta categoria foram abordados dois questionamentos, o interesse em experimentar o OPBH e a intenção de comprar produtos que o contivesse (**Tabela 4**). A maioria dos participantes (52,58%) expressou interesse em experimentar OPBH, marcando a alternativa "concordo". Os resultados da análise de qui-quadrado indicam que não há diferenças estatisticamente significativas nas respostas sobre o interesse em experimentar OPBH entre os gêneros ($p = 0,818$), faixas etárias ($p = 0,149$), níveis de renda ($p = 0,76$) e regiões geográficas ($p = 0,052$). De maneira geral, a maioria dos participantes concorda ou concorda fortemente com a afirmação de estar interessado em experimentar o OPBH. Em seu estudo, Lieke, Spiller e Bush (2023) perceberam que os consumidores do norte global preferem alimentos com alegação “livre de óleo de palma”, tendo os consumidores brasileiros uma percepção contrária. A análise de correspondência gerou duas dimensões, sendo que a primeira (Dim. 1) representou 53,71% e a segunda (Dim. 2) representou 34,89%, explicando 88,60% dos dados (**Figura 3**).

Tabela 4 - Teste do qui-quadrado do potencial de consumo entre os participantes em relação ao óleo de palma bruto híbrido.

Questão	Variáveis	Concordo		Concordo Parcialmente		Neutro		Discordo Parcialmente		Discordo		Total		Qui-quadrado (p-valor)
		N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	
Eu tenho interesse em experimentar o OPBH.	Gênero													0,818
	Masculino	163	51,42	48	15,14	85	26,81	5	1,58	16	5,5	317	100	
	Feminino	397	53,43	113	15,21	175	23,55	14	1,88	44	5,2	743	100	
	Total	560	52,58	162	15,21	263	24,69	19	1,88	49	4,0	1060*	100	
	Idade													0,149
	18–29	158	45,07	48	17,45	52	18,91	6	2,18	11	4,00	275	100	
	30–39	152	51,88	48	16,38	68	23,21	8	2,73	17	5,80	293	100	
	40–49	134	50,38	42	15,79	71	26,69	2	0,75	17	6,39	266	100	
	50–59	84	52,50	16	10,00	49	30,63	2	1,25	9	5,63	160	100	
	60 +	32	45,07	8	11,27	23	32,39	2	2,82	6	8,45	71	100	
	Total	560	52,58	162	15,21	263	24,69	20	1,88	60	5,63	1065	100	
	Renda													0,76
	< R\$1.212	28	39,34	10	18,87	12	22,64	0	0,00	3	4,92	53	100	
	R\$1.212–3.636	122	59,22	34	16,50	35	16,99	3	1,46	12	5,83	206	100	
	R\$3.637–7.272	112	56,00	24	12,00	49	24,50	6	3,00	9	4,50	200	100	
	R\$7.274–10.908	90	55,21	23	14,11	40	24,54	1	0,61	9	5,52	163	100	
	≥ R\$10.909	184	48,17	62	16,23	105	27,49	7	1,83	24	6,28	382	100	
	Prefiro não responder	24	39,34	9	14,75	22	36,07	3	4,92	3	4,92	61	100	
	Total	560	52,58	162	15,21	263	24,69	20	1,88	60	5,63	1065	100	
	Região													0,052
	Norte	38	48,72	11	14,10	25	32,05	1	1,28	3	3,85	78	100	
	Nordeste	249	57,91	53	12,33	96	22,33	7	1,63	25	5,81	430	100	

	Centro-oeste	26	47,27	7	12,73	17	30,91	0	0,00	5	9,09	55	100	
	Sudeste	76	56,72	28	20,90	21	15,67	3	2,24	6	4,48	134	100	
	Sul	171	46,47	63	17,12	104	28,26	9	2,45	21	5,71	368	100	
	Total	560	52,58	162	15,21	263	24,69	20	1,88	60	5,63	1065	100	
Questão	Variáveis	Muitíssima		Muita		Neutro		Pouca		Nenhuma		Total		Qui-quadrado (p-valor)
		N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	
Qual a chance de você comprar produtos com OPBH?	Masculino	55	17,35	89	28,08	98	30,91	45	14,20	30	9,46	317	100	0,141
	Feminino	105	14,13	169	22,75	260	34,99	123	16,55	86	11,57	743	100	
	Total	160	15,02	260	24,41	358	33,62	171	16,06	116	10,89	1060*	100	
	Idade													0,576
	18–29	40	14,55	63	22,91	104	37,82	43	15,64	25	2,91	275	100	
	30–39	43	14,68	77	26,28	96	32,76	48	16,38	29	9,90	293	100	
	40–49	38	14,29	61	22,93	90	33,83	47	17,67	30	1,28	266	100	
	50–59	27	16,88	38	23,75	52	32,50	25	15,63	18	1,25	160	100	
	60 +	12	16,90	21	29,58	16	22,54	8	11,27	14	19,72	71	100	
	Total	160	15,02	260	24,41	358	33,62	171	16,06	116	10,89	1065	100	
	Renda													0,189
	< R\$1.212	12	22,64	11	20,75	16	30,19	8	15,09	6	6,11	53	100	
	R\$1.212–3.636	28	13,59	53	25,75	76	36,89	29	14,08	20	9,71	206	100	
	R\$3.637–7.272	23	14,11	37	22,70	74	45,40	18	11,04	11	6,75	200	100	
	R\$7.274–10.908	34	20,86	46	28,22	61	37,42	16	9,2	6	3,68	163	100	
	≥ R\$10.909	60	15,71	94	24,61	114	29,84	65	17,02	49	12,83	382	100	
	Prefiro não responder	7	11,48	13	21,31	23	37,70	11	18,03	7	11,48	61	100	
	Total	160	15,02	260	24,41	358	33,62	171	16,06	116	10,89	1065	100	
	Região													0,476
	Norte	13	16,67	18	23,08	24	30,77	11	14,10	12	15,38	78	100	

Nordeste	65	15,12	94	21,86	151	35,12	73	16,98	47	10,93	430	100
Centro-oeste	6	10,91	11	20,00	21	38,18	10	18,18	7	12,73	55	100
Sudeste	24	17,91	44	32,84	43	32,09	14	10,45	9	6,2	134	100
Sul	52	14,13	93	25,27	119	32,34	63	17,12	41	11,14	368	100
Total	160	15,02	260	24,41	358	33,62	171	16,06	116	10,89	1065	100

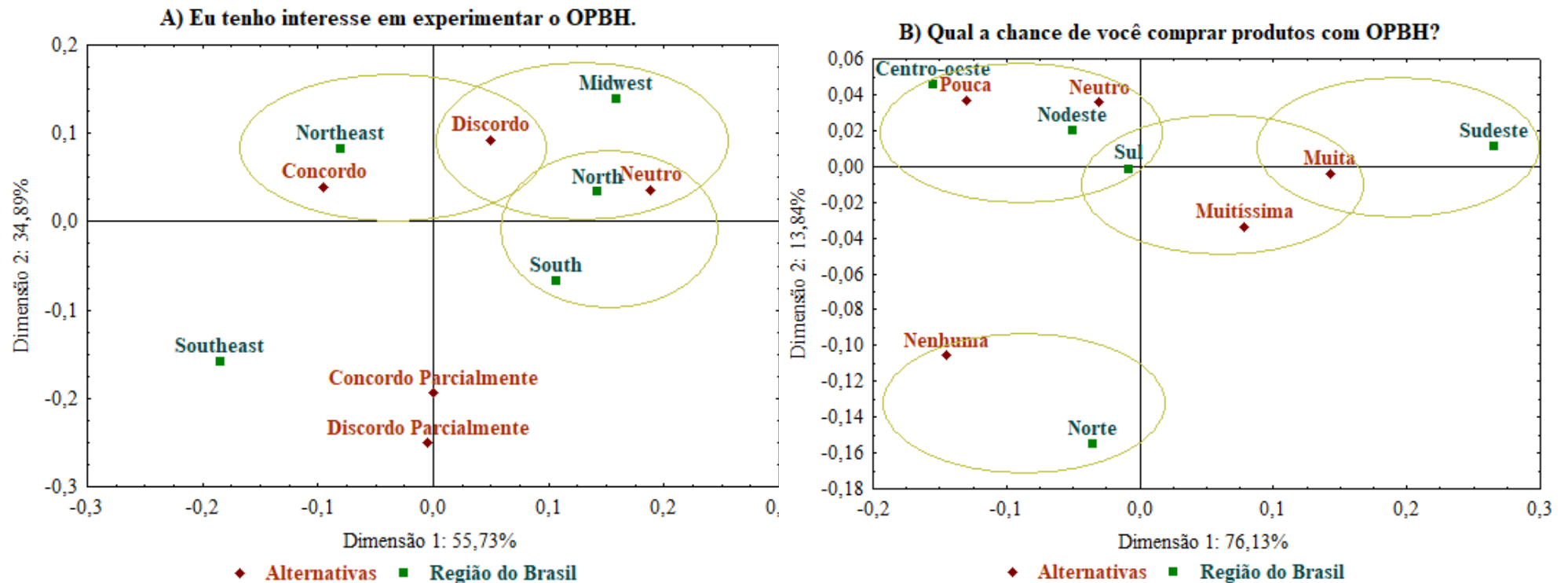


Figura 3 - Análise da correlação entre o interesse em experimentar o óleo de palma bruto híbrido (A), a probabilidade de comprar alimentos contendo óleo de palma bruto híbrido (B) com as regiões no Brasil, com base em dados de pesquisa.

A região Nordeste concorda com a afirmativa, indicando forte interesse de experimentar. Isso pode ser explicado pela familiaridade e consumo estabelecido do OPB na região, impulsionado pelas tradições alimentares locais (Almeida et al., 2013). Mas também se correlacionou com a opção discordo, mostrando ambiguidade de opinião entre os participantes. Em contraste, Centro-oeste e Norte apresentaram discordância plena e neutralidade em experimentar, sugerindo resistência ou falta de entusiasmo. Essa atitude pode estar associada a preferências regionais distintas. Vale ressaltar que a amostra dessas regiões pode ter influenciado esses resultados, dada a menor participação dos estados. Quanto ao Sudeste, houve uma concordância em experimentar, indicando uma abertura ao possível consumo do OPBH. No entanto, no Sudeste, uma parcela discordou, apontando uma relutância em experimentar esse óleo. Essa divergência sugere que algumas pessoas na população ainda têm desconhecimento desse óleo, preocupações com a saúde ou preferências alimentares regionais específicas.

As respostas sobre a probabilidade de compra de produtos com OPBH não mostram diferenças estatisticamente significativas entre os grupos de gênero ($p = 0,141$), faixas etárias ($p = 0,576$), níveis de renda ($p = 0,189$) e regiões geográficas ($p = 0,476$). A maioria dos participantes (39,43%) expressa uma probabilidade média ou alta de comprar produtos com OPBH, com poucas variações significativas entre os diferentes segmentos analisados. Isso sinaliza uma predisposição positiva para experimentar um novo produto, apesar de lacunas no conhecimento sobre algumas questões nutricionais. A análise de correspondência gerou duas dimensões, sendo que a primeira (Dim. 1) representou 76,13% e a segunda (Dim. 2) representou 13,84%, explicando 89,97% dos dados (**Figura 3**). A região sudeste se correlacionou com interesse de comprar os produtos com OPBH. Contudo, as regiões Nordeste e Sul correlacionaram-se com neutralidade de opinião. Enquanto a região Centro-oeste correlacionou-se com um menor interesse em comprar os produtos, e na região Norte com nenhum interesse de compra.

Escolhas alimentares são influenciadas por diversos fatores, incluindo socioculturais, situacionais, biológicos, fisiológicos e psicológicos, além das características intrínsecas e extrínsecas dos alimentos (Asioli et. al., 2017). Diversos fatores podem influenciar a toma de decisão de compra do consumidor em relação a produtos com alegações nutricionais e de saúde, bem como aos óleos de palma bruto ou refinado, os mais comuns são composição nutricional, preço, propriedades sensoriais (sabor, cor, odor, textura, aparência), selo de sustentabilidade (Duarte, Teixeira e Costa-Silva, 2021; Hinkes & Christoph-Schulz, 2020; Guadalupe et al., 2019; Reardon, Padfield & Salim, 2019).

4 CONCLUSÃO E PERSPECTIVAS FUTURAS

Os brasileiros demonstraram possuir um entendimento limitado sobre o OPBH, apresentando percepções nutricionais e culturais neutras em relação a esse óleo. No entanto, há um expressivo interesse dos participantes em experimentar ou adquirir produtos que contenham OPBH, indicando um potencial de aceitação no mercado brasileiro. A região Sudeste destacou-se com ideias mais positivas sobre o OPBH, sugerindo a necessidade de estratégias de conscientização mais direcionadas nas outras localidades. Em relação à percepção desse óleo, as diferenças estatisticamente significativas entre grupos demográficos indicam a importância de abordagens personalizadas de divulgação do conhecimento. Nesse sentido, perspectivas futuras podem envolver campanhas de conscientização específicas para aumentar a aceitação e a compreensão do OPBH, considerando sua possível integração em pratos regionais como substituto do OPB. Além disso, outras pesquisas podem impulsionar a popularização desse óleo, como por meio da caracterização, desenvolvimento de produtos alimentícios e avaliação de seus efeitos sobre a saúde.

REFERÊNCIAS

- Aguiar, L. K., Martinez, D. C., & Caleman, S. M. (2018). Consumer awareness of palm oil as an ingredient in food and non-food products. *Journal of Food Products Marketing*, 24(3), 297-310.
- Almeida, D. T., Nunes, I. L., Conde, P. L., Rosa, R.P.S., Rogério, W. F. & Machado, E. R. (2013). A quality assessment of crude palm oil marketed in Bahia, Brazil. *Grasas Y Aceites*, 64(4), 387-394. <http://dx.doi.org/10.3989/gya.118412>
- Almeida, D. T., Viana, T. V., Costa, M. M., Silva, C. S., Feitosa, S. (2019). Effects of different storage conditions on the oxidative stability of crude and refined palm oil, olein and stearin (*Elaeis guineensis*). *Food Science and Technology*, 39(1), 211-217. <https://doi.org/10.1590/fst.43317>
- Antoniassi, R., Machado, A. F. de F., Wilhelm, A. E., Guedes, A. M. M., Bizzo, H. R., Oliveira, M. E. C., Yokoyama, R., & Lopes, R. (2018). Óleo de palma de alto oleico produzido no brasil no ano de 2016. *Embrapa Agroindústria de Alimentos*, 229, 1-6. Retrieved from <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/193393/1/CT-229-oleo-palma-alto-oleico.pdf>.
- Asioli, D., Aschemann-Witzel, J., Caputo, V., Vecchio, R., Annunziata, A., Næs, T., Varela, P. (2017). Making sense of the “clean label” trends: A review of consumer food choice behavior and discussion of industry implications. *Food Research International*, 99, 58-71. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2017.07.022>

- Astorkia, M., Hernández, M., Bocs, S., Ponce, K., León, O., Morales, S., Quezada, N., Orellana, F., Wendra, F., Sembiring, Z., Asmono, D., Ritter, E. (2020). Analysis of the allelic variation in the Shell gene homolog of *E. oleifera* and design of species specific Shell primers. *Euphytica*, 216(5), 16. <https://doi.org/10.1007/s10681-019-2538-7>
- Beyer, R. M., Durán, A. P., Rademacher, T. T., Martin, P., Tayleur, C., Brooks, S. E., Coomes, D., Donald, P. F., Sanderson, F. J. (2020). The environmental impacts of palm oil and its alternatives. *Biorxiv*, 16.951301. <https://doi.org/10.1101/2020.02.16.951301>
- Bittencourt, M. (2021). *Agronegócio: Nova Variedade de Dendê Embrapa*. Retrieved from <https://economia.uol.com.br/reportagens-especiais/agronegocio-nova-variedade-de-dende-Embrapa/#cover>. Accessed January 6, 2024.
- Borrelo, M., Annunziata, A., & Vecchio, R. (2019). Sustainability of palm oil: drivers of consumers' preferences. *Sustainability*, 11 (18), 4818, 2019. <https://doi.org/10.3390/su11184818>
- Cardoso, L. A., Greiner, R., Alves, A. S. B., Santos, S. R. C., dos Santos, W. P. C., Ribeiro, P. R., & Almeida, D. T. (2021). Content of minerals and antinutritional factors in moim-moin (steamed cowpea food). *African Journal of Food Science*, 15 (2), 72-80. <https://doi.org/10.5897/AJFS2020.2069>
- Castañeda, V. (2022). Bahia, a terra do dendê: uma história transnacional e complexa do dendê. *Afro-Ásia*, (66), 687–693. <https://doi.org/10.9771/aa.v0i66.52088>
- Chew, C. L., Ng, C. Y., Hong, W. O., Wu, T. Y., Lee, Y-Y., Low, L. E., Kong, P. S., & Chan, E. S. (2021). Improving sustainability of palm oil production by increasing oil extraction rate: a review. *Food and Bioprocess Technology*, 14(4), 573-586. <https://doi.org/10.1007/s11947-020-02555-1>
- Codex Alimentarius. (2023). *Codex standard for named vegetable oils: Codex-Stan 210*. Rome: FAO/WHO.
- Corley, R.H.V. (2009). How much palm oil do we need?. *Environmental Science & Policy*, 12(2), 134 – 139. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2008.10.011>
- Cunha, R. N. V. da., Lopes, R. (2010). BRS Manicoré: Híbrido interespecífico entre o caiaué e o dendezeiro africano recomendado para áreas de incidência de amarelecimento-fatal. *Embrapa Agroindústria de Alimentos*, 85, 1517-3887. Retrieved from <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/63813/1/ComTec-85-2010.pdf>
- Disdier, A. C., Marette, S., & Millet, G. (2013). Are consumers concerned about palm oil? Evidence from a lab experiment. *Food Policy*, 43, 180-189.
- Duarte, P., Teixeira, M., & Silva, S. C. E. (2021). Healthy eating as a trend: consumers' perceptions towards products with nutrition and health claims. *Revista Brasileira de Gestão de Negócios*, 23(3), 405-421. <https://doi.org/10.7819/rbgn.v23i3.4113>

Guadalupe, G.A., Lerma-García, M.J., Fuentes, A., Barat, J.M., Bas, M.d.C. and Fernández-Segovia, I. (2019). Presence of palm oil in foodstuffs: consumers' perception. *British Food Journal*, 121 (9), 2148-2162. <https://doi.org/10.1108/BFJ-09-2018-0608>

Hartmann, C., Hieke, S., Taper, C., & Siegrist, M. (2018). European consumer healthiness evaluation of 'Free-from' labelled food products. *Food quality and preference*, 68, 377-388.

Hinkes, C., & Christoph-Schulz, I. (2019). Consumer Attitudes toward Palm Oil: Insights from Focus Group Discussions. *Journal of Food Products Marketing*, 25, 875 - 895. <https://doi.org/10.1080/10454446.2019.1693468>

IFIC. International Food Information Council. (2023). *Food& Health Survey*. <https://foodinsight.org/2023-foodhealth-survey/>

Jia, Y., Liu, M. L., López-Pujol, J., Jia, R. W., Kou, Y. X., Yue, M., Guan, T. X., & Li, Z. H. (2023). The hybridization origin of the Chinese endemic herb genus *Notopterygium* (Apiaceae): Evidence from population genomics and ecological niche analysis. *Molecular phylogenetics and evolution*, 182, 107736. <https://doi.org/10.1016/j.ympev.2023.107736>

Krisnawati, D. I., Alimansur, M., Atmojo, D. S., Rahmawati, E. Q., Rahayu, D., Susilowati, E., & Kuo, T-R. (2022). Food Allergies: Immunosensors and Management. *Applied Sciences*, 12 (5), 2393. <https://doi.org/10.3390/app12052393>

Lieke, S. D., Spiller, A., & Busch, G. (2023). Can consumers understand that there is more to palm oil than deforestation?. *Sustainable Production and Consumption*, 39, 495-505. <https://doi.org/10.1016/j.spc.2023.05.037>.

Lody, R. G. da M. (2020). *Bahia bem temperada (1st ed.)*. Senac.

Mancini, A., Imperlini, E., Nigro, E., Montagnese, C., Daniele, A., Orrù, S., Buono, P. (2015). Biological and nutritional properties of palm oil and palmitic acid: Effects on health. *Molecules*, 20(9), 17339-17361. <https://doi.org/10.3390/molecules200917339>

Mozzon, M., Foligni, R., & Tylewicz, U. (2018). Chemical characteristics and nutritional properties of hybrid palm oils. *InTech*. <https://doi.org/10.5772/intechopen.75421>

Correio. (2021). Novo dendê da Bahia: conheça o Unauê, azeite 'light' desenvolvido em laboratório. Retrieved from <https://www.correio24horas.com.br/bahia/novo-dende-da-bahia-conheca-o-unaue-azeite-light-desenvolvido-em-laboratorio-0821>. Accessed January 9, 2024.

OECD/FAO (2022), *OECD-FAO Agricultural Outlook 2022-2031*, OECD Publishing, Paris, <https://doi.org/10.1787/f1b0b29c-en>.

Olivia, L., Francis, M., Kathleen Y. Wang, J., Edwin H., and Timothy P. (2020). Common food allergens and cross-reactivity. *Journal of Food Allergy*, 2, 17-21. <https://doi.org/10.2500/jfa.2020.2.200020>

Ostfeld, R., Howarth, D., Reiner, D., & Krasny, P. (2019). Peeling back the label—exploring sustainable palm oil ecolabelling and consumption in the United Kingdom. *Environmental Research Letters*, 14(1), 014001.

Peh, H. Y., Tan, W. S., Liao, W., & Wong, W. S. (2016). Vitamin E therapy beyond cancer: Tocopherol versus tocotrienol. *Pharmacology & therapeutics*, 162, 152–169. <https://doi.org/10.1016/j.pharmthera.2015.12.003>

Pinto, S. S., Lopes, R., Cunha, R. N. V. da., Filho, L. P. dos S., Moura, J. I. L. (2019). Produção e composição de cachos e incidência do anel vermelho em híbridos interespecíficos de caiaué com dendezeiro no sul da Bahia. *Agrotrópica*, 31(1), 5-16. <https://doi.org/10.21757/0103-3816.2019v31n1p5-16>

Qaim, M., Sibhatu, K., Siregar, H., & Grass, I. (2020). Environmental, economic, and social consequences of the oil palm boom. *Annual Review of Resource Economics*, 12 (1), 321-344. <https://doi.org/10.1146/annurev-resource-110119-024922>

Rabiul, M. K., Promsivapallop, P., Karim, R. A., Islam, M. A., & Patwary, A. K. (2022). Fostering quality customer service during Covid-19: The role of managers' oral language, employee work engagement, and employee resilience. *Journal of Hospitality and Tourism Management*, 53, 50-60. <https://doi.org/10.1016/j.jhtm.2022.09.002>

Reardon, K., Padfield, R., & Salim, H. K. (2019). “Consumers don’t see tigers dying in palm oil plantations”: a cross-cultural comparative study of UK, Malaysian and Singaporean consumer views of palm oil. *Asian Geographer*, 36(2), 117-141. <https://doi.org/10.1080/10225706.2019.1621187>

Sambanthamurthi, R., Sundram, K., & Tan, Y. (2000). Chemistry and biochemistry of palm oil. *Progress in lipid research*, 39(6), 507–558. [https://doi.org/10.1016/s0163-7827\(00\)00015-1](https://doi.org/10.1016/s0163-7827(00)00015-1)

Sereno, H. R., Cardoso, R. de C. V., & Guimarães, A. G. O comércio e a segurança do acarajé e complementos: um estudo com vendedores treinados em boas práticas. (2011). *Rev Inst Adolfo Lutz*, 70 (3), 354-361. <https://doi.org/10.53393/rial.2011.v70.32544>

Silva, R. S. da., Lopes, J. R. T., Espírito Santo, R. V. do; Santos, M. A. S. dos, Cordeiro, C. A. M., Yoshioka, E. T. O., Correa, R. de O., Martins Junior, H., Lourenço Junior, J. B. de. (2020). Palm kernel meal (*Elaeis guineensis*) as a substitute for corn (*Zea mays*) in diets of Tambaqui (*Colossoma macropomum*). *Aquaculture Research*, 51(8), 3358-3366. <https://doi.org/10.1111/are.14671>

Tan, C. H., Ariffin, A. A., Ghazali, H. M., Tan, C. P., Kuntom, A., & Choo, A. C. (2017). Changes in oxidation indices and minor components of low free fatty acid and freshly extracted crude palm oils under two different storage conditions. *Journal of Food Science and Technology*, 54(7), 1757-1764. <http://dx.doi.org/10.1007/s13197-017-2569-9>

Tedner, S. G., Asarnoj, A., Thulin, H., Westman, M., Konradsen, J. R., & Nilsson, C. (2022). Food allergy and hypersensitivity reactions in children and adults-A review. *Journal of internal medicine*, 291(3), 283–302. <https://doi.org/10.1111/joim.13422>

USDA. (2024a). *Oilseeds: world markets and trade*. United States Department of Agriculture Foreign Agriculture Services (USDA, FAS). Retrieved from <https://apps.fas.usda.gov/psdonline/circulars/oilseeds.pdf>. Accessed January 7, 2024.

USDA. (2024b). Palm Oil Explorer. United States Department of Agriculture Foreign Agriculture Services (USDA, FAS). Retrieved from <https://ipad.fas.usda.gov/cropexplorer/cropview/commodityView.aspx?cropid=4243000>. Accessed January 7, 2024.

Wassmann, B., Siegrist, M., & Hartmann, C. (2023). Palm oil and the Roundtable of Sustainable Palm Oil (RSPO) label: Are Swiss consumers aware and concerned?. *Food Quality and Preference*, 103, 104686.

Watkins, C. "An Afro-Brazilian Landscape: African Oil Palms and Socioecological Change in Bahia, Brazil" (2015). *LSU Doctoral Dissertations*. 1450. https://repository.lsu.edu/gradschool_dissertations/1450

Yılmaz, B., & Ağagündüz, D. (2022). Fractionated palm oils: emerging roles in the food industry and possible cardiovascular effects. *Critical reviews in food science and nutrition*, 62(7), 1990–1998. <https://doi.org/10.1080/10408398.2020.1869694>

Capítulo IV

***Manuscrito: Azeite de dendê híbrido Unaué HIE OxG: Caracterização físico-química e
estabilidade oxidativa***

AZEITE DE DENDÊ HÍBRIDO UNAUE HIE OXG: CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA E ESTABILIDADE OXIDATIVA

Agnes Sophia Braga Alves¹; Deborah Murowaniecki Otero^{1,2}; Fabiane do Espírito Santo de Jesus²; Jaqueline Reis de Souza Bispo³; Nayah Barbieri do Prado¹; Cláudio Vaz Di Mambro Ribeiro^{1,3}; Carolina Oliveira de Souza¹; Ingrid Lessa Leal^{1,4}; Bruna Aparecida Souza Machado⁴; Camila Duarte Ferreira Ribeiro^{1,2*}.

¹ Programa de Pós-graduação em Ciência dos Alimentos, Faculdade de Farmácia, Universidade Federal da Bahia, Campus Ondina, 40170-115, Salvador, Bahia, Brasil.

² Escola de Nutrição, Universidade Federal da Bahia, Rua Basílio da Gama, s/n - Campus Canela, 40110-907, Salvador, Bahia, Brasil.

³ Escola de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade Federal da Bahia Av. Adhemar de Barros, 500, 40170-110, Salvador, Bahia, Brasil.

⁴ SENAI, Instituto de Inovação (ISI) em Sistemas Avançados de Saúde (CIMATEC ISI SAS), Centro Universitário SENAI CIMATEC, 41650-010, Salvador, Bahia, Brasil.

Periódico a ser submetido (1ª submissão):	<i>Journal of Agricultural and Food Chemistry</i>
	ISSN 0021-8561
Maior percentil (Scopus):	93%
Periódico a ser submetido (2ª submissão):	<i>Food Bioscience</i>
	ISSN 2212-4292
Maior percentil (Scopus):	75%

* **Autor correspondente:** Escola de Nutrição, Universidade Federal da Bahia, Rua Basílio da Gama, s/n - Campus Canela, Salvador, Bahia, 40110-907, Brasil; Programa de Pós-graduação em Ciência dos Alimentos, Faculdade de Farmácia, Universidade Federal da Bahia, Campus Ondina, Salvador, Bahia, 40170-115, Brasil. E-mail: camiladuartef@ufba.br (C. D. Ferreira Ribeiro).

RESUMO

Existem duas principais espécies de dendezeiro: *Elaeis guineensis*, originária da África, e *Elaeis oleifera*, originária das Américas e ambas têm características complementares. Através do cruzamento entre as duas, foi desenvolvida a palmeira híbrida interespecífica e seu óleo possui alto teor de ácidos graxos insaturados potencialmente benéficos para a saúde, porém são propensos à oxidação. Para avaliar essa susceptibilidade, métodos como o *Schaal Oven Test* são empregados e demonstram alta correlação com as condições de armazenamento padrão, sendo que cada dia de teste equivale a um mês de armazenamento à temperatura ambiente. Portanto, esse estudo objetivou avaliar o comportamento do óleo de palma híbrido (OPBH) Unaué HIE OxG (*Elaeis oleifera* × *Elaeis guineensis*) durante o período de armazenamento acelerado em estufa (*Schaal Oven Test*). Os testes foram realizados em triplicata nos dias 0, 3, 6, 9, 12, 15 e 18 sob temperatura de $65 \pm 5^\circ\text{C}$, tendo como controle o óleo de palma africano convencional (OPB) e foram analisadas características nutricionais e oxidativas desses óleos. Em relação à composição de ácidos graxos, evidenciou-se um maior teor de ácido oleico (de $55,83 \pm 0,01\%$ a $56,23 \pm 0,01\%$) ($p < 0,05$) no OPBH. Ao longo do armazenamento, houve degradação dos carotenoides (de $1117,4 \pm 13,65 \mu\text{g/g}$ a $7,38 \pm 0,97 \mu\text{g/g}$), afetando a coloração do OPBH de um tom alaranjado avermelhado para um amarelo escuro médio. O OPBH demonstrou melhores resultados comparado ao OPB, apresentando menor índice de acidez variando de $0,94 \pm 0,05\%$ de ácido oleico a $1,10 \pm 0,48\%$ de ácido oleico ($p < 0,05$). A geração de produtos de oxidação primária, como peróxidos e dienos conjugados, excedeu os limites aceitáveis estabelecidos por norma internacional após o sexto dia de armazenamento ($p < 0,05$). Enquanto, os produtos de oxidação secundária, avaliado pela reação de substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBARS), aumentaram em 488% ($p < 0,05$) no OPBH, mas os trienos conjugados permaneceram estáveis (de $0,79 \pm 0,06$ a $1,01 \pm 0,07$) ($p > 0,05$). O índice de deterioração de branqueabilidade (DOBI), após nove dias de armazenamento, indicou uma qualidade inferior do OPBH e do OPB ($p < 0,05$). Mesmo após os estágios iniciais de oxidação, a formação tardia desses compostos secundários pelo OPBH pode resultar em uma percepção reduzida, por parte dos consumidores, de características sensoriais indesejadas associadas ao sabor, odor e aroma do óleo.

Palavras-chave: Óleo de palma bruto alto oleico; *Elaeis oleifera*; *Elaeis guineensis*; *Schaal Oven Test*.

1 INTRODUÇÃO

Dentre as espécies de palmeiras que produzem frutos comestíveis, a palmeira africana ou dendezeiro (*Elaeis guineensis*) é a principal espécie cultivada para fins comerciais, sendo oriunda do continente africano e trazida para o Brasil pelos escravizados no período colonial (Henson, 2012). Esse óleo é amplamente utilizado pela indústria de alimentos na forma refinada em diferentes produtos processados, como na panificação, confeitaria, achocolatados, fórmulas infantis, em margarinas, *shortennings*, entre outros (Mozzon, Foligni & Tylewicz, 2018). No Brasil e na África esse óleo é consumido em sua forma bruta, em pratos típicos como acarajé, vatapá, xinxim de galinha e caruru (Almeida *et al.*, 2013)

Além disso, destaca-se que devido à sua composição em ácidos graxos (AG), aproximadamente 50 saturado e 50 insaturado, esse óleo apresenta propriedades tecnológicas altamente favoráveis, como plasticidade e estabilidade oxidativa, que são cruciais no desenvolvimento de produtos alimentícios (Mozzon, Foligni & Mannozi, 2020). Por outro lado, a palmeira Caiaué (*Elaeis oleifera*) é uma espécie exclusiva da América tropical, abrangendo áreas que vão do sul do México até o leste do Estado do Amazonas, no Brasil. Essa espécie se destaca por sua resistência a pragas e doenças, embora seu óleo seja mais insaturado do que o óleo de palma africano. No entanto, apresenta menor capacidade produtiva (Coradin, Camillo e Vieira, 2022).

Diante disso, a palmeira híbrida interespecífica (*Elaeis guineensis* x *Elaeis oleifera*) foi desenvolvida e tem despertado interesse devido ao desenvolvimento de óleo com alta proporção de ácido oleico (acima de 48%) que está associado à substituição ao consumo de gordura saturada, sendo denominado, segundo o *Codex Alimentarius* (2022), em tradução livre, “óleo de palma de alto oleico”, sendo comparável aos efeitos do azeite de oliva extravirgem (Mozzon, Foligni & Tylewicz, 2018; Cunha & Lopez, 2010). Além disso, esse óleo híbrido possui uma quantidade significativa de compostos bioativos, incluindo carotenoides (514 a 2400 µg/g), tocoferóis e tocotrienóis (562 a 1.417 mg/kg), que são reconhecidos antioxidantes (Mozzon, Foligni & Tylewicz, 2020). Sugerindo um potencial benefício do consumo deste óleo para à saúde. Adicionalmente, o óleo de palma híbrido apresenta uma extração intermediária de óleo, facilidade de manejo e colheita uniforme, o que pode contribuir substancialmente para a sustentabilidade da dendeicultura, especialmente entre pequenos produtores, devido ao seu baixo custo de produção e resistência a pragas, em particular, o amarelecimento fatal (Tupinambá, 2021).

Entretanto, apesar das vantagens dos ácidos graxos insaturados (AGI), é importante observar que eles tendem a ser mais suscetíveis à oxidação devido à presença das insaturações, o que pode modificar as propriedades organolépticas e afetar a vida útil do óleo. A oxidação lipídica não só produz aroma desagradável, mas também diminui a qualidade nutricional (Abdelazim, Mahmoud e Ramadan-Hassanien, 2013). Para avaliar essa susceptibilidade, são empregados métodos de armazenamento acelerado, como o *Schaal Oven Test*, que utiliza uma estufa termostatzada para manter as amostras a 60-70°C, proporcionando uma avaliação acelerada dos processos de oxidação (Sahin, 2019; Cao *et al.*, 2014). Notavelmente, essa técnica tem se mostrado altamente correlacionada com as condições de armazenamento convencionais, onde cada dia no teste equivale a um mês de armazenamento à temperatura ambiente (Ng *et al.*, 2014).

No entanto, é importante ressaltar que, existe uma escassez de estudos que investigaram as propriedades oxidativas do óleo de palma híbrido em relação às condições de armazenamento (De Almeida *et al.*, 2021; Akpınar *et al.*, 2022; Ribeiro *et al.*, 2018; Mozzon *et al.*, 2013), e, não existem pesquisas disponíveis que abordam o óleo híbrido Unaué, produzido em Una, Bahia. Portanto, é fundamental obter dados acerca desse óleo e compreender sua estabilidade oxidativa durante o período de armazenamento, a fim de garantir a qualidade e segurança para uso. Diante do exposto, o presente estudo objetivou avaliar a estabilidade oxidativa do óleo de palma bruto híbrido Unaué HIE OxG (*Elaeis oleifera* × *Elaeis guineensis*) durante o período de armazenamento acelerado.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Material

2.1.1 Amostras

O azeite de dendê convencional ou óleo de palma bruto (OPB) (controle) obtido da palmeira *Elaeis guineensis* e o azeite de dendê híbrido ou óleo de palma bruto híbrido (OPBH) obtido da palmeira híbrida interespecífica entre *Elaeis oleifera* × *Elaeis guineensis* foram doadas pela Comissão Executiva do Plano da Lavoura Cacaueira (CEPLAC), localizado em Una (Bahia, Brasil) e a tecnologia de hibridização dos frutos foi desenvolvida pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) Amazonas Ocidental.

2.1.2 Reagentes químicos

Ácido acético glacial, ácido clorídrico, ácido tricloroacético, ácido tiobarbitúrico, clorofórmio, iodeto de potássio, éter etílico, éter de petróleo, iso-octano, fenolftaleína, biftalato de sódio, amido solúvel, tiosulfato de sódio, dicromato de potássio foram adquiridos da Synth (São Paulo, BR). Hidróxido de sódio foi adquirido através da Química Moderna (São Paulo, BR) e os ésteres metílicos de AG (FAMES) foram adquiridos da Sigma Aldrich (San Luis, EUA). Todos os produtos químicos usados foram de grau analítico.

2.2 Métodos

2.2.1 Teste de oxidação acelerada (*Schaal Oven Test*)

Amostras do óleo híbrido e do controle (500 mL) foram transferidos para erlenmeyers de 1 L, e submetidos abertos durante 18 dias, a 65 ± 5 °C, a um ambiente controlado de estufa não ventilado (LimaTec, Brasil) sem presença de luz, de acordo com o método oficial AOCS Cg 5-97 (AOCS, 2003). A cada intervalo de tempo de 0, 3, 6, 9, 12, 15 e 18 dias, as alíquotas foram cuidadosamente retiradas da estufa, e os indicadores de composição nutricional do óleo, como perfil de AG, carotenoides totais e parâmetros de cor, bem como os de oxidação lipídica, como índice de acidez, índice de peróxidos, dienos e trienos conjugados, dosagem de substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBARS) e índice de deterioração de branqueabilidade (DOBI) foram determinados.

2.2.2 Perfil de ácidos graxos

2.2.2.1 Preparação de Ésteres Metílicos de Ácidos Graxos (FAMES)

Os FAMES foram preparados de acordo com o método oficial 948.22 da AOAC (Associação de Químicos Analíticos Oficiais, 1995). Para cada amostra, o processo foi realizado em duplicata. Os FAMES foram obtidos a partir das frações lipídicas após hidrólise alcalina (NaOH/metanol $0,5 \text{ mol}^{-1}$), seguida por metilação com trifluoreto de boro a 12% em metanol. Os FAMES foram extraídos com iso-octano e armazenados em atmosfera inerte (N) em freezer a -18°C.

2.2.2.2 Condições Cromatográficas

As amostras metiladas foram analisadas em cromatógrafo gasoso (Finnigan Focus, Varian, Palo Alto, CA, EUA), com detector de ionização de chama, capilar (CP-Sil 88, 100 m × 0,25 mm i.d. × 0,20 µm de espessura de filme, Varian, Palo Alto, CA, EUA). O hidrogênio foi usado a uma vazão de 1,8 mL/min como gás de arraste. O programa inicial de temperatura do forno foi de 70 °C por 4 min, 175 °C (13 °C/min) por 27 min, 215 °C (4 °C/min) por 9 min e depois aumentou 7 °C./min até 230°C por 5 min, totalizando 65 min. A temperatura do injetor foi de 250 °C e a temperatura do detector foi de 300 °C. Foi injetada no cromatógrafo uma alíquota de 1 µL do extrato esterificado, e a identificação dos AG foi obtida comparando-se os tempos de retenção dos ésteres metílicos das amostras com padrões previamente tratados e adicionados ao equipamento (Supelco TM Component FAME Mix, cat 18919 Supelco, Bellefonte, PA, EUA), obtendo as porcentagens dos AG através do software – Chromquest 4.1 (Thermo Electron, Rodano, Itália). Os AG foram quantificados por normalização das áreas dos ésteres metílicos, e os resultados obtidos foram expressos em % FAME.

2.2.3. Carotenoides totais e parâmetros de cor

Os carotenoides totais foram determinados de acordo com a metodologia de Rodriguez-Amaya e Kimura (2004) com modificações, utilizando espectrofotometria UV-Vis (Bel Photonics, Itália) e leitura da absorbância a 450 nm. Aproximadamente 0,004 g de óleo foi diluído em 10 mL de éter de petróleo, contra branco de referência com o mesmo reagente. Os resultados foram expressos em micrograma por grama de amostra, utilizando a equação (1).

$$\mu \frac{\text{g}}{\text{g}} = \frac{A \times V \times 10^4}{A_{1\text{cm}}^{1\%} \times m} \quad (1)$$

Onde:

A é a absorbância da amostra; V é o volume total do extrato (em mL); $A_{1\text{cm}}^{1\%}$ é o coeficiente de absorção de β-caroteno em éter de petróleo (2592); m é a massa da amostra de óleo (g).

A cor dos óleos foi realizada de acordo com Andreu-Sevilla *et al.* (2008), por meio do sistema CIELab, utilizando colorímetro Minolta CR 400 (Osaka, Japão) com iluminante D65, ângulo de observação de 2°. O instrumento foi calibrado com um padrão branco ($L^* = 99,36$, $a^* = -0,12$, $b^* = -0,07$) antes das medidas. Os resultados foram expressos como L^* (luminosidade); a^* (vermelho/verde); b^* (amarelo/azul); C^* (croma) [$C^* = \sqrt{(a^*)^2 + (b^*)^2}$] e

o ângulo h_{ab}° [$h_{ab}^{\circ} = \arctg(\frac{b^*}{a^*})$]. A diferença total de cor (ΔE^*) foi calculada usando a seguinte equação (Eq. 2), descrita por Haghighi *et al.* (2019).

$$\Delta E = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2} \quad (2)$$

Onde:

ΔL^* , Δa^* e Δb^* são as diferenças entre os correspondentes parâmetro de cor das amostras.

2.2.4 Determinação de compostos de oxidação primária e secundária

Para cada tempo de retirada da estufa, foram determinados os seguintes indicadores de oxidação nas amostras: índice de acidez, índice de peróxido, dienos e trienos conjugados, de acordo com a metodologia internacional Ca 5a40, Cd 8-53, Cd 18-90, Ch 5-91 da AOCS (2003), respectivamente. TBARS foi determinado de acordo com a metodologia descrita por Buege e Aust (1978) e adaptada por Yuan *et al.* (2018) com pequenas modificações. A solução de TBARS foi preparada, composta por 15 g de ácido tricloroacético e 0,375 g de ácido tiobarbitúrico, diluído em 2,25 mL de ácido clorídrico e completada até um volume final de 100 mL com água destilada. Para a análise, 200 μ L da amostra foi pesada e transferida para tubos falcon de 15 mL. Em cada tubo, foram adicionados 4 mL da solução TBARS. Em seguida, os tubos foram agitados por 5 segundos em um vórtex (KASVI basic, China) e colocados em um banho-maria com circulação (Solab, Brasil) a 90°C por 15 minutos. Após a incubação, os tubos foram imediatamente resfriados em uma banheira de gelo para interromper a reação química. Além disso, as amostras foram centrifugadas por 20 minutos a 3500 rpm. As leituras foram então realizadas em um espectrofotômetro UV-Vis (Bel Photonics, Monza, Itália) na absorbância de 532 nm, utilizando um branco de referência composto por 5 mL da solução TBARS. Os resultados foram expressos em miligrama de MDA por kg de amostra, utilizando a equação (Eq. 7).

$$mg \text{ MDA}/kg = \frac{V \times 35 \times 72}{5000 \times m} \quad (3)$$

Onde:

V é o volume em mL da amostra; m é a massa da amostra de óleo (g).

A análise de DOBI foi determinada pelo método oficial ISO17932:2011, com modificações. Aproximadamente 0,004 g de óleo foi pesado e diluído com 10 mL de iso-octano, tendo o mesmo reagente como branco. Foi realizada a leitura em espectrofotômetro UV-Vis (Bel Photonics, Itália) nos comprimentos de onda de 446 e 269 nm. Os resultados foram expressos através da razão entre as suas absorbâncias e calculados segundo a equação (Eq. 8).

$$DOBI = \frac{Abs\ 1}{Abs\ 2} \quad (4)$$

Onde:

Abs 1 é a absorbância obtida a 446 nm; *Abs 2* é a absorbância obtida a 269 nm.

2.3 Análise estatística

As análises realizadas ao longo do teste de estabilidade oxidativa foram conduzidas em triplicata. Os resultados obtidos foram expressos como a média acompanhada do desvio-padrão correspondente. Foi realizada análise de variância (ANOVA), seguido pelo teste de *Tukey* ($p < 0,05$) para comparar as médias entre os diferentes tempos (0, 3, 6, 9, 12, 15 e 18). Para comparação entre as amostras foi utilizado o teste *t-Student* não pareado ($p < 0,05$). Essas análises estatísticas foram conduzidas utilizando o programa estatístico SASM Agri versão 8.3 e o *software* Graphpad versão 10. Os gráficos foram realizados através do *software* Graphpad versão 10 e as tabelas pelo programa *Microsoft Word* versão 2019.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Perfil de ácidos graxos

O crescente entendimento sobre o impacto de alguns componentes na dieta, como AG, na saúde tem incentivado os consumidores a buscarem alimentos naturalmente enriquecidos. À medida que os AG foram identificados como moléculas sinalizadoras capazes de influenciar vias metabólicas que impactam o risco de doenças, houve um interesse significativo em fortificar alimentos com essas substâncias (Ribeiro *et al.*, 2011).

Os principais AG ($p < 0,05$) encontrados no OPBH foram o oleico (C18:1), palmítico (C16) e linoleico (C18:2N6). O ácido oleico manteve-se estável durante todo o período de

armazenamento ($p > 0,05$), variando de $55,83 \pm 0,01\%$ a $56,23 \pm 0,01\%$ e comparado ao oleico (de $50,85 \pm 1,22\%$ a $56,25 \pm 0,21\%$) do OPB (Tabela 1). O conteúdo de ácido palmítico encontrado no OPBH variou de $27,01 \pm 0,01\%$ a $27,67 \pm 0,07\%$ comparado ao OPB variando de $31,13 \pm 0,11\%$ a $31,78 \pm 0,28\%$. O ácido linoleico (C18:2N6) foi similar no início do armazenamento para ambos os óleos ($p > 0,05$), porém, houve uma redução significativa ($p < 0,05$) nos tempos 3, 6, 9 e 18 do OPBH. Por outro lado, não houve diferença significativa ($p > 0,05$) nos ácidos palmítico monoinsaturado (C16:1) e alfa-linolênico (C18:3N3) durante o período de estocagem para ambos os óleos. Em contraste, o OPB além do conteúdo superior ($p < 0,05$) de ácido palmítico (C16:0), possui alto conteúdo de ácido esteárico (C18:0), variando de $3,86 \pm 0,47\%$ a $4,36 \pm 0,01\%$, enquanto o OPBH apresentou valores menores ($p < 0,05$) variando de $3,65 \pm 0,01\%$ a $3,71 \pm 0,01\%$.

Tabela 1. Perfil de ácidos graxos obtido durante o teste de estabilidade oxidativa sob armazenamento acelerado do OPBH e OPB.

Amostra	Ácidos graxos	CODEX (2022)	Tempo de estocagem						
			0	3	6	9	12	15	18
OPBH (%)	C:16	23,0–38,0	27,01 ± 0,01 ^{dB}	26,97 ± 0,02 ^{dB}	27,07 ± 0,08 ^{cdB}	27,00 ± 0,16 ^{dB}	31,65 ± 0,08 ^{aB}	27,37 ± 0,03 ^{cdA}	27,67 ± 0,07 ^{bbB}
	C16:1	-	0,18 ± 0,00 ^{aA}	0,18 ± 0,01 ^{aA}	0,11 ± 0,07 ^{aA}	0,17 ± 0,02 ^{aA}	0,16 ± 0,02 ^{aA}	0,18 ± 0,01 ^{aA}	0,13 ± 0,08 ^{aA}
	C18:0	1,5–4,5	3,65 ± 0,01 ^{Ba}	3,66 ± 0,01 ^{bB}	3,68 ± 0,01 ^{bB}	3,72 ± 0,07 ^{bbB}	4,33 ± 0,01 ^{aA}	3,70 ± 0,02 ^{ba}	3,71 ± 0,01 ^{bbB}
	C18:1C ₉	48,0–60,0	55,83 ± 0,01 ^{bA}	56,02 ± 0,05 ^{abA}	56,12 ± 0,08 ^{abA}	56,32 ± 0,21 ^{aA}	50,27 ± 0,06 ^{cA}	56,25 ± 0,06 ^{abA}	56,23 ± 0,01 ^{abA}
	C18:1C ₁₁	-	0,91 ± 0,00 ^{aA}	0,90 ± 0,00 ^{aA}	00,92 ± 0,00 ^{aA}	0,93 ± 0,01 ^{aA}	0,85 ± 0,00 ^{ba}	0,93 ± 0,01 ^{aA}	0,93 ± 0,01 ^{aA}
	C18:2N ₆	9,0–17,0	10,64 ± 0,01 ^{aA}	10,54 ± 0,02 ^{bbB}	10,33 ± 0,01 ^{cB}	10,20 ± 0,02 ^{dB}	10,63 ± 0,04 ^{abA}	9,81 ± 0,03 ^{eA}	9,45 ± 0,01 ^{fB}
	C18:3N ₃	ND–0,6	0,55 ± 0,01 ^{aA}	0,53 ± 0,00 ^{aA}	0,52 ± 0,01 ^{aA}	0,44 ± 0,09 ^{aA}	0,31 ± 0,08 ^{aA}	0,41 ± 0,10 ^{aA}	0,39 ± 0,09 ^{aA}
	Σ AGS		30,65 ± 0,00 ^{dB}	30,62 ± 0,01 ^{dB}	30,75 ± 0,08 ^{dB}	30,72 ± 0,08 ^{dB}	35,98 ± 0,07 ^{aA}	31,07 ± 0,01 ^{cA}	31,38 ± 0,08 ^{bbB}
	ΣAGMI		56,92 ± 0,00 ^{ba}	57,09 ± 0,06 ^{abA}	57,15 ± 0,01 ^{abA}	57,42 ± 0,21 ^{aA}	51,28 ± 0,06 ^{cA}	57,35 ± 0,07 ^{aA}	57,28 ± 0,08 ^{abA}
	ΣAGPI		11,18 ± 0,00 ^{aA}	11,07 ± 0,02 ^{abB}	10,84 ± 0,00 ^{bcB}	10,63 ± 0,07 ^{cB}	10,94 ± 0,05 ^{abB}	10,22 ± 0,13 ^{dA}	9,84 ± 0,08 ^{eB}
OPB (%)	C:16	39,3–47,5	31,13 ± 0,11 ^{ba}	31,13 ± 0,00 ^{ba}	31,48 ± 0,04 ^{abA}	31,38 ± 0,02 ^{abA}	31,68 ± 0,04 ^{aA}	27,22 ± 0,18 ^{cA}	31,78 ± 0,28 ^{aA}
	C16:1	-	0,17 ± 0,01 ^{aA}	0,16 ± 0,00 ^{abA}	0,15 ± 0,00 ^{ba}	0,16 ± 0,00 ^{abA}	0,16 ± 0,00 ^{abA}	0,16 ± 0,00 ^{abA}	0,17 ± 0,01 ^{aA}
	C18:0	3,5–6,0	3,86 ± 0,47 ^{aA}	4,32 ± 0,01 ^{aA}	4,29 ± 0,03 ^{aA}	4,33 ± 0,01 ^{aA}	4,32 ± 0,02 ^{aA}	3,70 ± 0,01 ^{aA}	4,36 ± 0,01 ^{aA}
	C18:1C ₉	36,0–44,0	50,85 ± 1,22 ^{ba}	50,15 ± 0,02 ^{bbB}	49,96 ± 0,01 ^{bbB}	50,26 ± 0,13 ^{bbB}	50,09 ± 0,04 ^{bbB}	50,09 ± 0,04 ^{aA}	56,25 ± 0,21 ^{bbB}
	C18:1C ₁₁	-	0,86 ± 0,02 ^{ba}	0,84 ± 0,01 ^{bbB}	0,86 ± 0,01 ^{bbB}	0,86 ± 0,02 ^{bbB}	0,85 ± 0,01 ^{ba}	0,95 ± 0,01 ^{aA}	0,85 ± 0,01 ^{ba}
	C18:2N ₆	9,0–12,0	11,12 ± 0,47 ^{aA}	11,25 ± 0,03 ^{aA}	11,10 ± 0,02 ^{aA}	10,96 ± 0,04 ^{abA}	10,79 ± 0,01 ^{abcA}	10,00 ± 0,01 ^{cA}	10,30 ± 0,09 ^{bcA}
	C18:3N ₃	ND–0,5	0,39 ± 0,22 ^{aA}	0,54 ± 0,01 ^{aA}	0,51 ± 0,00 ^{aA}	0,39 ± 0,16 ^{aA}	0,49 ± 0,00 ^{aA}	0,43 ± 0,03 ^{aA}	0,39 ± 0,10 ^{aA}
	Σ AGS		34,99 ± 0,59 ^{ba}	35,45 ± 0,01 ^{abA}	35,77 ± 0,01 ^{abA}	35,70 ± 0,01 ^{abA}	35,99 ± 0,03 ^{abA}	30,92 ± 0,18 ^{cA}	36,14 ± 0,28 ^{Aa}

ΣAGMI	51,87 ± 1,24 ^{bB}	51,14 ± 0,03 ^{bB}	50,97 ± 0,02 ^{bB}	51,27 ± 0,16 ^{bB}	51,10 ± 0,06 ^{bA}	57,33 ± 0,19 ^{aA}	51,23 ± 0,09 ^{bB}
ΣAGPI	11,50 ± 0,69 ^{abA}	11,79 ± 0,02 ^{aA}	11,61 ± 0,02 ^{aA}	11,34 ± 0,13 ^{abA}	11,28 ± 0,01 ^{abA}	10,43 ± 0,10 ^{bA}	10,69 ± 0,19 ^{abA}

Nota:

Diferentes letras minúsculas indicam diferença entre os tempos de uma mesma amostra ($p < 0,05$) e diferentes letras maiúsculas indicam diferença entre as amostras, no mesmo tempo ($p < 0,05$). OPBH: Óleo de palma bruto híbrido; OPB: Óleo de palma bruto; ND - não detectável, definido como $< 0,05\%$; C16 = Ácido palmítico; C16:1 = Ácido palmítico monoinsaturado; C18 = Ácido esteárico; C18:1C9 = Ácido oleico; C18:1C11 = Ácido vacênico; C18:2N6 = Ácido linoleico; C18:3N3 = Ácido alfa-linolênico; ΣAGS = Soma dos ácidos graxos saturados; ΣAGMI = Soma dos Ácidos graxos monoinsaturados; ΣAGPI = Soma dos ácidos graxos poli-insaturados.

No entanto, observa-se que a composição de ácido palmítico e oleico no OPB não está em conformidade com as faixas estabelecidas pelo *Codex Alimentarius* (2022). Enquanto a faixa de ácido palmítico varia entre 39,3 a 47,5%, no OPB a composição desse AG está abaixo da faixa ($31,13 \pm 0,11$ a $31,78 \pm 0,28$); já o ácido oleico está acima da faixa estabelecida de 36,0 a 44,0% no presente estudo ($50,85 \pm 1,22$ a $56,25 \pm 0,21$). Isso sugere que o OPB utilizado neste estudo está acima dos padrões, aproximando-se do óleo híbrido em termos de composição de AG.

Em relação ao total de AG, o óleo híbrido interespecífico apresentou uma maior quantidade de AGMI (variou de $56,92 \pm 0,00$ a $57,28 \pm 0,08$) e menor conteúdo de AGS (variou de $30,65 \pm 0,00$ a $31,38 \pm 0,08$) comparado ao óleo convencional (AGMI variou de $51,87 \pm 1,24$ a $51,23 \pm 0,09$) e (AGS variou de $34,99 \pm 0,59$ a $36,14 \pm 0,28$). Enquanto os AGPI do OPBH apresentaram-se em menor quantidade no último tempo de armazenamento ($9,84 \pm 0,08$) comparado ao OPB ($10,69 \pm 0,19$). Estas diferenças influenciam na viscosidade de ambos os óleos, uma vez que o óleo convencional tem aparência mais viscosa enquanto o híbrido interespecífico tem uma aparência mais fluida quando em temperatura ambiente.

Adicionalmente, o teor de AGMI no OPBH é predominantemente composto por ácido oleico. A ingestão desse ácido graxo tem sido objeto de discussões internacionais devido ao seu potencial na redução de doenças cardíacas coronárias em substituição às gorduras saturadas. Conforme a atualização de Kavanaugh (2020) em relação à posição da Food and Drug Administration (FDA), a recomendação mínima é de 15 gramas/dia de ácido oleico.

Estudos similares corroboraram que o ácido oleico é o ácido graxo prevalente no óleo de palma bruto e refinado híbrido (54,6% a 56,34%) comparado ao convencional ($41,4 \pm 0,3\%$ a $44,81\%$), seguido do ácido palmítico (27% a 28,22%), menor teor de AGS ($33,5 \pm 0,5\%$) e alto teor de AGI (70% no híbrido e 50% no convencional), refletindo diretamente na viscosidade dos óleos, o óleo convencional apresenta uma consistência sólida à temperatura ambiente, enquanto o óleo híbrido interespecífico permanece líquido (Mozzon *et al.*, 2013; Akpinar *et al.*, 2022; De Almeida *et al.*, 2021; Ribeiro *et al.*, 2018).

Além disso, foi relatado os efeitos da suplementação com óleo de palma refinado HIE O×G no perfil lipídico plasmático mostraram-se semelhantes aos do azeite de oliva extravirgem, reconhecido por suas propriedades anti-aterogênicas e cardioprotetoras (Lucci *et al.*, 2016). No entanto, sob condições de dietas hiperlipídicas (com 41% de

gordura), observou-se o desenvolvimento de esteatose hepática não alcoólica em ratos suplementados tanto com HIE O×G quanto com óleo de palma convencional (Sales *et al.*, 2019). Isso ressalta a importância de moderar a ingestão desse óleo para evitar possíveis impactos adversos. Ademais, a literatura disponível sugere que o óleo de palma híbrido HIE O×G poderia ser um substituto viável para outros óleos vegetais ricos em AGMI, como os óleos de girassol e cártamo com alto teor de oleico (Mozzon, Foligni e Tylewicz, 2018).

3.2 Carotenoides totais e parâmetros de cor

A qualidade do óleo vegetal é importante em vários setores, incluindo a indústria de alimentos, cosméticos, farmacêutica e energia. Uma vez que a qualidade impacta diretamente os benefícios nutricionais que podem oferecer, na experiência sensorial do consumidor, na consistência do processamento dos alimentos, na garantia da eficácia de produtos cosméticos e na eficiência energética de combustíveis (Kumar *et al.*, 2016). Além disso, é essencial para atender aos padrões regulatórios nacionais e internacionais como a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) e o *Codex Alimentarius* (2022). Estudos de oxidação acelerada em estufa, como o método *Schaal Oven Test*, são importantes na avaliação da estabilidade oxidativa dos óleos vegetais, fornecendo informações sobre o tempo de prateleira, demonstrando uma correlação significativa com as condições normais de armazenamento. Vale destacar que cada dia de teste nesse método corresponde a um mês de armazenamento à temperatura ambiente (Pazzoti *et al.*, 2018).

Assim, as análises de identidade em óleos, incluindo carotenoides totais e parâmetros de cor garantem a qualidade e conformidade regulatória dos produtos. Em relação à análise de carotenoides totais, no momento inicial, tanto o OPBH ($1117,43 \pm 13,65 \mu\text{g/g}$) quanto o OPB ($1031,35 \pm 48,83 \mu\text{g/g}$) (Figura 1) apresentaram quantidades de carotenoides em conformidade com as diretrizes do *Codex Alimentarius* (2022) (500 a $2000 \mu\text{g/g}$). No entanto, o OPBH foi maior significativamente do que o OPB, corroborando descobertas anteriores, como as de Ribeiro *et al.* (2018) e De Almeida *et al.* (2021) que identificaram um teor de carotenoides no óleo de palma bruto híbrido produzido no Pará de $1857,0 \mu\text{g/g}$, superior ao óleo convencional de $988 \mu\text{g/g}$, e $830 \pm 6 \mu\text{g/g}$ e $524 \pm 4,4 \mu\text{g/g}$ para o híbrido e convencional, respectivamente.

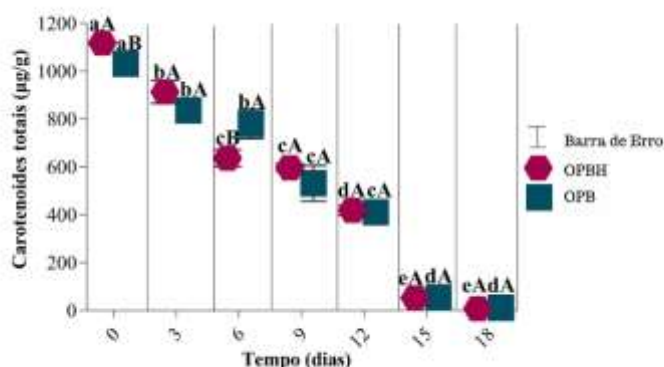


Figura 1. Carotenoides totais obtidos durante o teste de estabilidade oxidativa sob armazenamento acelerado do OPBH e OPB.

Nota:

Diferentes letras minúsculas indicam diferença entre os tempos de uma mesma amostra ($p < 0,05$) e diferentes letras maiúsculas indicam diferença entre as amostras, no mesmo tempo ($p < 0,05$). OPBH: óleo de palma bruto híbrido; OPB: óleo de palma bruto.

Ao longo do tempo, tanto o OPBH variando de $1117,4 \pm 13,65$ a $7,38 \pm 0,97$ µg/g quanto o OPB variando de $1031,3 \pm 48,83$ a $11,85 \pm 2,15$ µg/g, demonstraram uma redução significativa ($p < 0,05$) de 99,3% e 98,8% dos carotenoides, respectivamente (Figura 1). Porém, a partir do tempo 9 (OPBH $596,42 \pm 26,31$ µg/g; OPB $531,21 \pm 71,85$ µg/g), não foi observada diferença entre os dois óleos ($p > 0,05$). Essa diminuição acentuada dos carotenoides é indicativo de uma degradação desses compostos durante o processo de armazenamento acelerado. Diversos fatores pró-oxidativos podem ter contribuído, incluindo a exposição à alta temperatura durante o armazenamento, uma vez que os óleos foram submetidos a temperatura de 65 °C. Além disso, a presença de oxigênio durante o armazenamento pode ter influenciado na degradação dos carotenoides, uma vez que esses compostos são conhecidos por serem sensíveis a esses fatores (Rodriguez-Amaya e Kimura, 2004).

Os carotenoides são pigmentos naturais que variam em coloração, abrangendo tons de amarelo a vermelho. Os presentes nos alimentos são geralmente tetraterpenoides C40, compostos por oito unidades isoprenoides C5 unidas de ponta a ponta. Uma exceção ocorre no centro, onde uma ligação de cauda a cauda reverte a ordem, originando uma molécula simétrica (Rodriguez-Amaya e Kimura, 2004). Além disso, devido às

insaturações presentes em suas cadeias, os carotenoides são sensíveis à luz, temperatura, acidez e susceptíveis a reações de oxidação (Ambrósio *et al.*, 2006).

O β -Caroteno, α -caroteno, β -criptoxantina, luteína e licopeno estão entre os carotenoides mais frequentemente identificados no plasma humano. Esses carotenoides, têm demonstrado efeitos benéficos para a saúde. Notavelmente, β -caroteno, α -caroteno e β -criptoxantina atuam como provitaminas A. Estruturalmente, a vitamina A (retinol) constitui essencialmente metade da molécula de β -caroteno. Portanto, o β -caroteno é a provitamina A mais potente e também a mais amplamente encontrada (Meléndez-Martínez *et al.*, 2021).

A redução dos níveis de carotenoides ao longo do tempo é corroborada por resultados semelhantes de Basyuni *et al.*, (2017). Ao estudar o armazenamento de cachos de frutos frescos de diferentes variedades de dendê durante 28 dias, constatou-se uma redução consistente nos carotenoides presentes no óleo extraído. Enquanto o fruto do tipo tenera apresentou a maior faixa, de 680 a 450 $\mu\text{g/g}$, os frutos dura e pisífera variaram de 568,42 a 343 $\mu\text{g/g}$ e de 605,95 a 330 $\mu\text{g/g}$, respectivamente.

A espécie *E. guineensis* apresenta três variedades que podem ser identificadas com base na espessura do endocarpo nos frutos. A variedade dura possui um endocarpo de 2 a 8 mm de espessura, representando 35 a 65% do mesocarpo do fruto. A tenera possui um endocarpo de 0,5 a 4 mm de espessura, com 55 a 96% de mesocarpo no fruto. Enquanto a pisífera não apresenta endocarpo. Vale destacar que a variedade tenera é um híbrido interespecífico entre as variedades dura e pisífera (Rios *et al.*, 2012; Pinto *et al.*, 2019).

Um ponto importante a ser destacado é a similaridade na produção de cachos entre a cultivar híbrida BRS Manicoré, desenvolvida pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) em 2010, e as variedades africanas de dendê do tipo tenera (Cunha e Lopes, 2010). Essa semelhança na produção pode ter implicações significativas na composição dos carotenoides ao longo do tempo de armazenamento, sugerindo uma estabilidade comparativa entre o óleo derivado dessas variedades específicas.

Além disso, o teor de carotenoides no óleo de palma varia conforme o grau de maturação e o genótipo do fruto do qual é extraído. Devido à elevada atividade das lipases, os frutos são submetidos à esterilização imediatamente após a colheita para evitar a rancidez hidrolítica (Chuang e Brunner, 2006; Owolarafe *et al.*, 2007).

Outros estudos realizados com óleo de palma bruto também observaram diminuição nos pigmentos ao longo do tempo. Redução para valores abaixo de 10 $\mu\text{g/g}$

no último dia de armazenamento (tempo 77) (Tan *et al.*, 2017). Em óleos sob temperatura ambiente e exposto à luz, os valores oscilaram entre $766,83 \pm 27,33$ e $252,42 \pm 1,53$ $\mu\text{g/g}$ durante 12 meses de armazenamento (Almeida *et al.*, 2019). Houve diminuição significativa dos carotenoides após duas horas a diferentes temperaturas de aquecimento: a 50°C , variando de $626,60 \pm 2,60$ a $613,60 \pm 5,20$ mg/l , e a 400°C , variando de $626,60 \pm 2,60$ a $78,52 \pm 20,28$ mg/l (Dongho *et al.*, 2014). Esses resultados ressaltam a alta sensibilidade dos carotenoides a altas temperaturas, levando à oxidação desses compostos, o que pode afetar negativamente a qualidade sensorial e os benefícios à saúde do óleo (Boon *et al.*, 2010).

Dessa forma, a partir dos resultados obtidos neste estudo, o OPBH apresentou uma degradação significativa de carotenoides ao longo do tempo, refletindo a conhecida instabilidade desse pigmento frente a fatores pró-oxidativos, como altas temperaturas. Esse comportamento sugere que a perda de carotenoides, embora inicialmente mais acentuada no OPBH, não difere significativamente do OPB após 9 dias de armazenamento. Desse modo, é plausível considerar que essa redução de carotenoides possa impactar a vida útil do OPBH, possivelmente limitando sua estabilidade ao longo do tempo e afetando a sua qualidade durante a estocagem.

Na colorimetria existem algumas coordenadas que podem descrever a cor de um objeto ou material em análise. Estabelecidas pela Comissão Internacional de Iluminação, essas coordenadas são representadas em espaços de cor, sendo a escala CIELab a mais amplamente utilizada para avaliação da cor em alimentos devido à sua distribuição uniforme das cores e à proximidade com a percepção humana da cor (Khan *et al.*, 2009; McClements, 2002; Lee, Tomas e Jafari, 2020).

Na **Figura 2**, são representados os parâmetros de cor. Observa-se que a coordenada L^* do OPBH apresentou maior luminosidade ($27,65 \pm 0,40$) do que o OPB ($24,33 \pm 0,16$) no tempo 0. Com aumento significativo ($p < 0,05$) ao longo do tempo, incluindo após 18 dias (OPBH: $35,20 \pm 0,25$; OPB: $34,48 \pm 0,50$), indicando que o OPBH

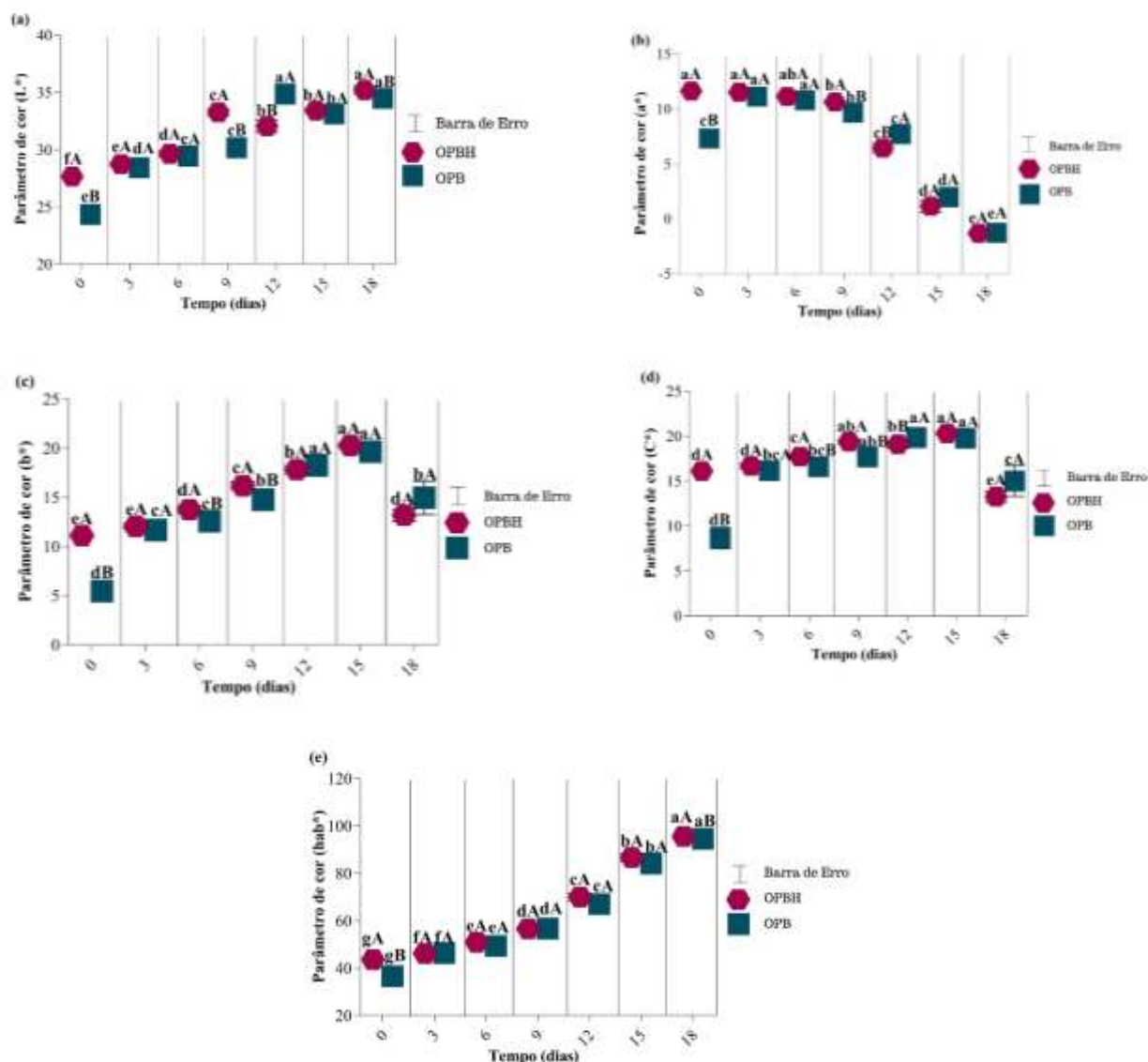


Figura 2. Parâmetros de cor L* (a), a* (b), b* (c), C* (d) e h_{ab}[°] (e) obtidos durante o teste de estabilidade oxidativa sob armazenamento acelerado do OPBH e OPB.

Nota: Diferentes letras minúsculas indicam diferença entre os tempos de uma mesma amostra ($p < 0,05$) e diferentes letras maiúsculas indicam diferença entre as amostras, no mesmo tempo ($p < 0,05$). OPBH: Óleo de palma bruto híbrido; OPB: Óleo de palma bruto.

se torna ainda mais claro que o controle após o tempo de armazenamento. É possível que essa diferença de luminosidade pode estar associada ao menor teor de estearina presente no azeite de dendê. A estearina é a fração sólida desse óleo, possui níveis elevados de saturação, o que não só influencia sua consistência, mas também pode impactar sua tonalidade (Pande, Akoh e Lai, 2012; Tupinambá, 2019).

Ressalta-se que a tonalidade do azeite de dendê pode variar desde um amarelo claro até um vermelho-alaranjado, sendo influenciada pela quantidade de carotenoides presentes no fruto, assim como pelo nível de oxidação causado pelas lipoxigenases em frutos escurecidos armazenados por longos períodos antes do processamento e pela oxidação catalisada pelo ferro durante as etapas de processamento (Edem, 2002; Sudram *et al.*, 2003; Baharin *et al.*, 2001).

Resultados semelhantes ao parâmetro L^* dos óleos foram constatados em um estudo que investigou a estabilidade oxidativa do azeite de dendê proveniente do Pará. Almeida *et al.* (2019) submeteram o óleo a diferentes temperaturas de armazenamento durante 12 meses. Sob temperatura de refrigeração ($4\text{ }^{\circ}\text{C}$), os valores de luminosidade variaram de $31,05 \pm 0,07$ a $32,41 \pm 0,08$. Em temperatura ambiente exposto a luz natural ($26\text{--}32\text{ }^{\circ}\text{C}$), os valores de L^* variaram de $30,79 \pm 0,18$ a $34,00 \pm 0,02$. E na temperatura climatizada ($20\text{--}25\text{ }^{\circ}\text{C}$), L^* variaram de $30,57 \pm 0,10$ a $33,03 \pm 0,02$, observando-se que houve aumento significativo da luminosidade ao longo do tempo, e isso pode estar relacionado ao processo de oxidação do óleo.

Em contrapartida ao presente estudo, foram identificados valores distintos para o azeite de dendê proveniente da Indonésia, registrando $44,88 \pm 0,07$ de luminosidade (Dewi, Mardawati e Nurhasanah, 2023). Essa disparidade evidencia que, mesmo sendo o mesmo óleo originado da espécie *Elaeis guineensis*, a coloração pode apresentar variações importantes de uma região para outra.

Quanto aos valores de a^* , no presente estudo, houve uma redução ($p < 0,05$) do tom vermelho ao longo do tempo do OPBH, e no tempo 18, tanto o OPBH ($-1,30 \pm 0,08$) quanto o OPB ($-1,20 \pm 0,06$) estavam presentes no quadrante correspondente a valores negativos (Figura 2-b). Além disso, ao comparar os óleos, não houve diferença significativa nos dois últimos tempos de armazenamento. Essa redução pode ser justificada pela diminuição de compostos bioativos como os carotenoides.

Similarmente, Almeida *et al.* (2019), apresentou redução significativa do tom vermelho do azeite de dendê do Pará, variando de $14,28 \pm 0,04$ a $9,12 \pm 0,07$, mas permaneceu no quadrante que corresponde a valores positivos em temperatura ambiente. Essas discrepâncias podem ser atribuídas às condições de solo e clima que tendem a ser mais favoráveis ao desenvolvimento do dendezeiro no estado do Pará em comparação ao óleo originário da Bahia. E o azeite de dendê produzido na Indonésia também divergiu

no parâmetro a^* ($38,61 \pm 0,08$) (Dewi, Mardawati e Nurhasanah, 2023). Essa diferença pode indicar uma maior intensidade da cor vermelha no óleo da Indonésia.

Em relação à coordenada b^* , no presente estudo houve aumento ($p < 0,05$) de ambos os óleos até o tempo 15, variando de $11,11 \pm 0,30$ a $20,27 \pm 0,20$, e $5,46 \pm 0,31$ a $19,66 \pm 0,32$, respectivamente para OPBH e OPB e declínio ($p < 0,05$) no tempo 18 para o OPBH ($13,19 \pm 0,54$) e o OPB ($14,96 \pm 1,48$) (Figura 2-c). No entanto, entre eles não houve diferença significativa nos tempos 12, 15 e 18 dias. O aumento na intensidade da cor amarela ao longo do tempo sugere uma associação direta com o acréscimo de compostos de oxidação, incluindo peróxidos e TBARS, refletindo assim o processo contínuo de oxidação lipídica nos óleos. Entretanto, a diminuição no último período de armazenamento (tempo 18) pode ser atribuída à redução dos carotenoides. A cor é predominantemente atribuída a compostos de alto peso molecular (HMW) originados de reações de oxidação, especialmente no caso dos carotenoides (Silva et al., 2014).

Da mesma forma, no estudo de Guo *et al.*, (2016), foi observado um aumento significativo deste parâmetro no óleo de palma refinado, variando de $7,67 \pm 0,44$ a $8,33 \pm 0,83$ ao longo de 5 dias em armazenamento acelerado (*Schaal Oven Test*).

Na coordenada C^* do presente estudo, observa-se que ambos os óleos aumentaram significativamente ($p < 0,05$) até o tempo 15, no OPBH variou de $16,10 \pm 0,37$ a $20,31 \pm 0,18$ e no OPB variou de $8,65 \pm 1,29$ a $19,76 \pm 0,31$, mas no tempo 18 houve decréscimo ($p < 0,05$) desses valores, $13,25 \pm 0,54$ e $15,01 \pm 1,48$ para OPBH e OPB, respectivamente (Figura 2-d). Porém, entre eles não houve diferença significativa nos últimos tempos de armazenamento. Quanto ao parâmetro h_{ab}° , os valores do OPBH variaram de $43,63 \pm 0,28$ a $95,61 \pm 0,17$ e do OPB de $36,66 \pm 0,64$ a $94,63 \pm 0,29$, e a comparação entre eles apresentou diferença significativa no último tempo de armazenamento, com o ângulo de tonalidade próximo de 90° (Figura 2-e). Estudo similar sobre estabilidade oxidativa mostrou que o valor de C^* variou de $25,04 \pm 0,11$ a $27,49 \pm 0,25$ e o ângulo h_{ab}° variou de $55,22 \pm 0,29$ a $70,62 \pm 0,08$, em temperatura ambiente para o azeite de dendê. E houve mudança de cor ($\Delta E \geq 3$) a partir de 9 meses de armazenamento, o que indica processo de oxidação nessa temperatura (Almeida *et al.*, 2019).

Os resultados dos parâmetros de cor do presente estudo revelam que durante o período de armazenamento, o OPBH demonstrou um aumento na luminosidade, uma redução nos tons de vermelho e amarelo, além de uma diminuição na saturação ao atingir o tempo 18. Em contraste, o OPB exibiu menor luminosidade, mas tonalidades

semelhantes, uma vez que os parâmetros a^* e b^* não apresentaram diferenças significativas. Apesar das distinções entre os óleos, ambos tiveram uma diminuição na intensidade da cor ao longo do tempo, sugerindo a ocorrência de processos oxidativos, sendo também associado à perda de pigmentos naturais, como carotenoides, presentes no óleo de palma bruto, que resultam na redução da intensidade da cor (Dewi, Mardawati e Nurhasanah, 2023).

A tabela 2 mostra a diferença total de cor (ΔE) entre os óleos frescos (Tempo 0) e ao longo do tempo. Essa medida representa a distância entre duas cores. O parâmetro ΔE é um indicador de desbotamento de cor devido à sua capacidade de capturar simultaneamente todas as alterações nos parâmetros de cor relevantes. Esse limiar visual é considerado significativo quando a diferença de cor entre duas amostras é de pelo menos 3 unidades CIELab, o que é perceptível para um observador comum (Dattner & Bohn, 2016). Desse modo, a mudança de cor foi perceptível no OPBH a partir do tempo 6 (ΔE 3,36) e no OPB a partir do tempo 3 (ΔE 8,36). No entanto, a grande diferença surgiu no tempo 18, porque o OPBH modificou-se de um laranja avermelhado no tempo inicial, tornando-se um amarelo escuro médio no último tempo (ΔE 15,13), assim como o OPB saiu de um vermelho escuro para amarelo escuro (ΔE 16,31) (Figura 3).

Tabela 2. Diferença total de cor (ΔE) do OPBH e OPB obtida durante o teste de estabilidade oxidativa sob armazenamento acelerado do OPBH e OPB.

Tempo de estocagem (dias)	ΔE – OPBH	ΔE – OPB
3	1,44	8,36
6	3,36	9,42
9	7,63	11,23
12	9,55	16,58
15	15,07	17,53
18	15,13	16,31



Figura 3. Variação cromática do OPBH e OPB observada durante o teste de estabilidade oxidativa sob armazenamento acelerado.

Considerando os parâmetros de cor, embora tenham apresentado variações ao longo do armazenamento, o OPBH e o OPB demonstraram comportamentos similares nos dois últimos tempos de armazenamento. Apenas a luminosidade do OPBH foi significativa maior ao longo do tempo, que está associado à sua composição de AG. Assim, as mudanças nos parâmetros de cor sugerem uma influência direta da oxidação do óleo, revelando o impacto desse processo nas características visuais dos óleos.

3.3 Índice de acidez e índice de peróxidos

Um dos parâmetros de qualidade mais significativos dos óleos vegetais comestíveis é a estabilidade oxidativa que influencia sua utilidade em processos tecnológicos e seu prazo de validade. Na química de alimentos, diversos métodos são empregados para avaliar a estabilidade oxidativa dos óleos, sendo um dos mais utilizados o *Schaal Oven test* (Maszewska *et al.*, 2018). As análises físico-químicas frequentemente usadas para monitorar o progresso da oxidação lipídica incluem o índice de acidez, índice de peróxido, dienos e trienos conjugados, TBARS e DOBI (Tan *et al.*, 2017). A acidez, em particular, é um fator importante que afeta a qualidade dos óleos vegetais, quando está elevada é decorrente da hidrólise parcial dos triacilgliceróis, que geram ácidos graxos livres (AGL). Dessa forma, os níveis de ácido graxos residuais podem ser estimados pela

determinação do índice de acidez (IA), através de volumetria ácido-base que compreende a neutralização, utilizando solução padrão de hidróxido de sódio (Dijkstra, 2016).

No estudo em questão, observou-se um aumento significativo ($p < 0,05$) da acidez no OPBH no tempo 15 ($1,61 \pm 0,51$ % de ácido oleico), enquanto no OPB não houve mudança ($p > 0,05$) ao longo do tempo (Figura 4-a). Comparativamente, o OPBH apresentou menor acidez ($p < 0,05$) (variando de $0,94 \pm 0,05$ a $1,10 \pm 0,48$ % de ácido oleico) em comparação ao OPB (variando de $4,07 \pm 0,08$ a $4,18 \pm 0,05$ % de ácido oleico) durante o período de armazenamento. Tal resultado está de acordo com a literatura que traz que a baixa acidez do OPBH é um benefício da hibridização interespecífica, herdando da espécie *Elaeis oleifera* essa característica (Mozzon, Foligni e Tylewicz, 2018). Além disso, o OPB é um óleo com elevada acidez, resultado de fatores como modos de extração, ação de fungos e atividade enzimática (Dijkstra, 2016).

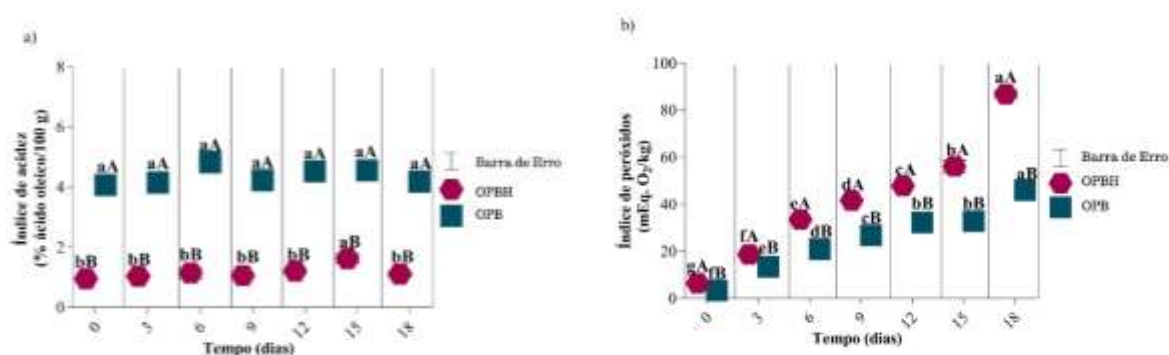


Figura 4. Índice de acidez (a) e índice de peróxidos (b) obtidos durante o teste de estabilidade oxidativa sob armazenamento acelerado do OPBH e OPB.

Nota: Diferentes letras minúsculas indicam diferença entre os tempos de uma mesma amostra ($p < 0,05$) e diferentes letras maiúsculas indicam diferença entre as amostras, no mesmo tempo ($p < 0,05$). OPBH: Óleo de palma bruto híbrido; OPB: Óleo de palma bruto.

Apesar do aumento significativo do OPBH no tempo 15, os resultados também estão em conformidade com as diretrizes do *Codex Alimentarius* (2022), que estabelecem um limite aceitável de até 10 mg KOH/g de óleo ou 5,0% de AGL para o óleo de palma bruto. Estudos anteriores, como De Almeida *et al.* (2021), os valores de acidez foram registrados em $2,1 \pm 0,09$ e $3,8 \pm 0,08$ % de ácido graxos livres, enquanto Tan *et al.* (2017), relataram valores de $1,02 \pm 0,00$ e $3,47 \pm 0,01$ % para o azeite de dendê híbrido e o convencional respectivamente. Esses estudos corroboram a tendência de menor acidez

presente no azeite de dendê híbrido em comparação com o convencional. Sugerindo uma redução nos potenciais distúrbios gastrointestinais associados ao consumo do óleo convencional e consequentemente beneficiando a culinária baiana (Tupinambá, 2021).

Em estudo realizado por Almeida *et al.* (2019) sobre a estabilidade oxidativa do azeite de dendê do Pará ao longo de 12 meses de armazenamento em diferentes temperaturas, os resultados divergiram do OPBH e foram similares ao OPB no presente estudo, mas mantiveram-se dentro dos limites estabelecidos pela legislação. No entanto, durante o último mês de armazenamento, o óleo mantido em temperatura ambiente apresentou a maior concentração, variando de $1,17 \pm 0,03$ a $3,14 \pm 0,00\%$ de ácido oleico, em comparação com as temperaturas climatizada que variou de $1,78 \pm 0,08$ a $2,85 \pm 0,01\%$ e refrigerada, variando de $1,58 \pm 0,05$ a $2,57 \pm 0,05\%$. Este estudo foi similar ao presente estudo porque no tempo final houve diferença significativa ($p < 0,05$), sugerindo que o óleo armazenado em temperatura ambiente está mais susceptível à oxidação, devido às condições de armazenamento utilizadas como temperatura ambiente e exposição à luz, que facilitam as reações oxidativas.

Portanto, com base nos resultados obtidos do presente estudo, o OPBH demonstrou uma menor acidez comparada ao OPB ao longo do tempo. Essa baixa acidez é um benefício significativo, pois está associada a uma maior estabilidade, desacelerando o processo de oxidação. Isso é particularmente relevante para prolongar a vida útil do produto, contribuindo para uma melhor preservação da qualidade do óleo ao longo do tempo.

Já os peróxidos apresentaram um aumento ($p < 0,05$) ao longo do tempo para ambos os óleos, conforme ilustrado na Figura 4-b. O OPBH e o OPB exibiram um crescimento linear desses compostos ao longo do armazenamento, com valores variando de $6,36 \pm 0,35$ a $86,82 \pm 1,36$ mEq O_2 /kg e de $3,33 \pm 0,35$ a $45,95 \pm 2,63$ mEq O_2 /kg, respectivamente. No entanto, não houve diferença significativa entre os tempos 12 ($32,23 \pm 1,44$ mEq O_2 /kg) e 15 ($32,75 \pm 0,37$ mEq O_2 /kg) para o óleo convencional.

Quando comparados, o OPBH demonstrou maior ($p < 0,05$) quantidade de peróxidos do que o OPB durante todo o armazenamento. Esse resultado pode ser atribuído à composição de AG presentes nos óleos, uma vez que o OPBH é rico em AGI, e esses AGI são mais suscetíveis à oxidação porque possuem ligações duplas ou triplas que são instáveis. Além disso, o ácido linolênico é oxidado mais rapidamente, seguido pelos ácidos linoléico e oleico (Maszewska *et al.*, 2018). Por outro lado, o OPB possui

quantidades comparáveis de AGI e AGS, o que pode explicar sua menor propensão à oxidação (Mozzon, Foligni e Tylewicz, 2018).

O índice de peróxido (IP) é um indicador do nível de oxidação lipídica, sendo específico para medir hidroperóxidos que são os principais produtos primários de oxidação na fase de iniciação (Djikeng *et al.*, 2017). Os hidroperóxidos não possuem sabor ou odor próprios, mas são instáveis e se decompõem rapidamente em outros produtos, como aldeídos, que conferem sabor e odor desagradáveis ao óleo (Tan *et al.*, 2017). Conforme definido pelo *Codex Alimentarius* (2022), o limite aceitável para óleos brutos é de 15 mEq O₂/kg de óleo, e os resultados do presente estudo indicam que, após 6 dias de armazenamento acelerado, o OPBH e o OPB, respectivamente, excederam esse limite mais expressivamente.

Outros estudos que realizaram armazenamento acelerado com óleo de palma híbrido e convencional também observaram aumento dos peróxidos ao longo do tempo. Aumento de 0,47 mEq O₂/kg para 35,01 mEq O₂/kg para óleo híbrido, e um *blend* de óleos de palma híbrido refinado e avelã refinada com proporção de 50:50 resultou em valores entre 40 e 35 mEq O₂/kg após 32 dias (Akpınar *et al.*, 2022). Variação de $0,61 \pm 0,05$ a $33,79 \pm 0,50$ durante 12 meses (Almeida *et al.*, 2019). Em óleos extraídos por diferentes processos, variou de $4,86 \pm 0,01$ a $10,36 \pm 0,03$ mEq O₂/kg (industrial), de $5,70 \pm 0,01$ a $11,33 \pm 0,01$ mEq O₂/kg (artesanal) e de $2,52 \pm 0,02$ a $8,20 \pm 0,03$ mEq O₂/kg (importado de Camarões) (Goudoum *et al.*, 2015). É importante ressaltar que o IP é fortemente influenciado pelas condições de armazenamento, tempo, método de extração, transporte e concentração de AGI no óleo (Donato *et al.*, 2020).

Dessa forma, a partir dos resultados do presente estudo quanto ao índice de peróxidos, nota-se que o OPBH demonstrou uma formação mais rápida de peróxidos durante o período de armazenamento em comparação ao OPB. Esse comportamento sugere uma menor estabilidade do OPBH na formação desses compostos primários, o que, apesar de não resultar em odor desagradável, pode comprometer a estabilidade geral do óleo, ou seja, reduz o tempo de prateleira do produto.

3.4 Dienos e trienos conjugados

Os coeficientes de extinção específicos no ultravioleta, indicados por 232 nm ou 233 nm, são comumente utilizados para avaliar o grau de oxidação primária e a presença

de dienos conjugados (DC) em óleos. Paralelamente, a detecção da oxidação secundária pode ser realizada ao mensurar a absorbância entre 268 a 270 nm, possibilitando a quantificação de cetonas dietilênicas e trienos conjugados (TC) (Guo *et al.*, 2016; Bajoub *et al.*, 2017). O aumento de dienos e trienos conjugados estão diretamente relacionados à captação de oxigênio (Abdelazim, Mahmoud e Ramadan-Hassanien, 2013). Portanto, quanto maior o nível desses coeficientes de extinção, menor será a estabilidade oxidativa dos óleos.

Os dienos conjugados do OPBH variaram de $1,15 \pm 0,44 E_{1cm}^{1\%}$ a $9,73 \pm 0,89 E_{1cm}^{1\%}$ e do OPB variaram de $1,48 \pm 0,53 E_{1cm}^{1\%}$ a $8,81 \pm 0,98 E_{1cm}^{1\%}$, e ambos aumentaram significativamente ao longo do tempo ($p < 0,05$) (Figura 5-a). Ao compará-los, não houve diferenças significativas ao longo do armazenamento, exceto no tempo 3, no qual o OPBH demonstrou um valor menor ($p < 0,05$) em comparação com o OPB. Essa diferença no tempo 3 sugere uma formação mais rápida de dienos conjugados no OPB nesse período específico. Não existe um limite universalmente estabelecido para esse parâmetro, uma vez que pode variar de acordo com o tipo de óleo, mas normalmente é realizada uma comparação com os valores iniciais como referência. Dessa forma, os dienos do OPBH aumentaram em 746% ao longo dos 18 dias enquanto os dienos do OPB aumentaram em 495%, indicando que houve formação de compostos primários ao longo do tempo de armazenamento.

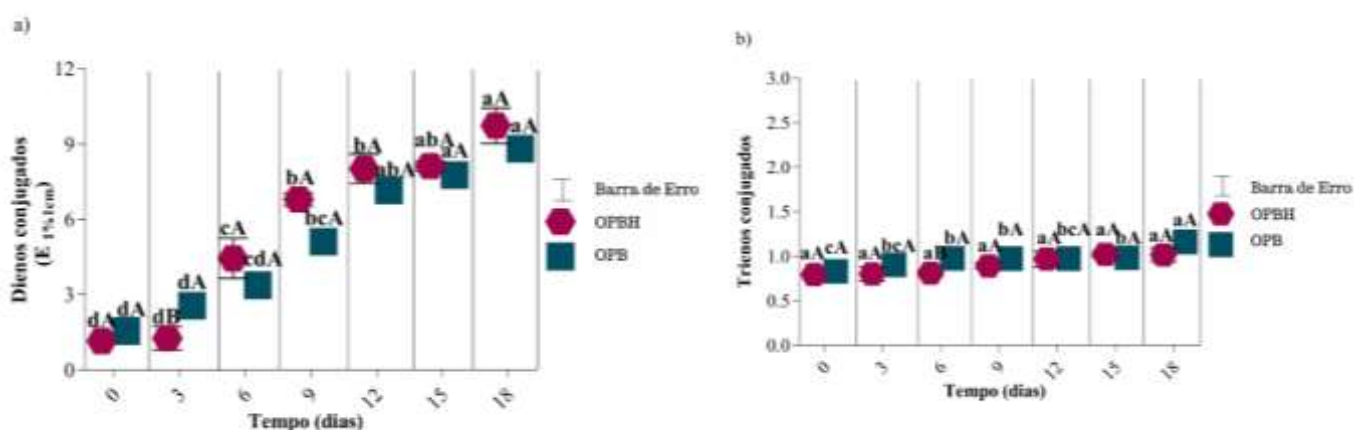


Figura 5. Dienos (a) e trienos (b) conjugados obtidos durante o teste de estabilidade oxidativa sob armazenamento acelerado do OPBH e OPB.

Nota: Diferentes letras minúsculas indicam diferença entre os tempos de uma mesma amostra ($p < 0,05$) e diferentes letras maiúsculas indicam diferença entre as amostras, no mesmo tempo ($p < 0,05$). OPBH: Óleo de palma bruto híbrido; OPB: Óleo de palma bruto.

Resultados semelhantes foram observados nos estudos de Tan *et al.* (2017) realizados com óleo de palma bruto e refinado sob *Schaal Oven Test*. Os dienos aumentaram significativamente ao longo do período de armazenamento, após 77 dias variou de $1,27 \pm 0,02 E_{1cm}^{1\%}$ a $3,61 \pm 0,18 E_{1cm}^{1\%}$ para o óleo com extração de AG livres e de $1,11 \pm 0,01 E_{1cm}^{1\%}$ a $1,53 \pm 0,02 E_{1cm}^{1\%}$ para o óleo sem extração dos AG livres. Indicando formação de produtos de oxidação primária nesses óleos (Tan *et al.* (2017).

Após analisar esse parâmetro de oxidação, observa-se que, embora tenha havido um aumento nos dienos conjugados ao longo do período de armazenamento, tanto o OPBH quanto o OPB exibiram comportamento semelhante, sem diferença estatisticamente significativa ($p > 0,05$). Esse resultado está associado com o aumento dos peróxidos, sugerindo que ambos os óleos formaram produtos de oxidação primária.

Na Figura 5-b, os resultados dos trienos conjugados revelaram que não houve diferença significativa ($p > 0,05$) para o OPBH, variando de $0,79 \pm 0,06 E_{1cm}^{1\%}$ a $1,01 \pm 0,07 E_{1cm}^{1\%}$. No entanto, no OPB, observou-se um aumento significativo ($p < 0,05$), variando de $0,83 \pm 0,04 E_{1cm}^{1\%}$ a $1,16 \pm 0,12 E_{1cm}^{1\%}$ ao longo do período. A comparação entre os óleos mostrou diminuição significativa ($p < 0,05$) apenas no tempo 6 do OPBH.

Estudo similar sob armazenamento acelerado, não houve diferença significativa nos valores de absorbância para a oleína de palma com 100 ppm de extrato de maçã nos dias 12 e 18 de armazenamento, mantendo-se entre 0,8 a 0,9 de TC (Yoong e Rozaina, 2021). No entanto, outros estudos divergiram do presente estudo. O OPB de baixa acidez exibiu variação de $0,10 \pm 0,01 E_{1cm}^{1\%}$ a $2,05 \pm 0,18 E_{1cm}^{1\%}$, enquanto o OPB africano apresentou variação de $0,26 \pm 0,01$ a $1,13 \pm 0,07$ durante 77 dias. Isso demonstra que o óleo com baixa acidez apresentou formação de TC mais rápido do que o óleo controle e pode estar relacionado a composição de AG. (Tan *et al.*, 2017). Guo *et al.* (2016), observou ao longo de 5 meses um aumento significativo ($p < 0,05$) revelando uma variação de 0,1 para 0,5 $E_{1cm}^{1\%}$ nos níveis de TC no óleo de palma refinado.

Com base nos resultados apresentados no presente estudo e comparação com a literatura, torna-se evidente que o OPBH mostrou estabilidade ao longo do período de armazenamento, com variações mínimas nos valores de trienos conjugados. Em contraste,

o OPB apresentou um aumento significativo ao longo do tempo, indicando uma maior susceptibilidade à oxidação. Esses resultados sugerem que, no contexto da estabilidade oxidativa, o óleo de palma híbrido demonstrou ser mais estável quando comparado ao óleo de palma convencional.

3.5 Substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBARS)

Anteriormente, considerava-se que o teste do ácido tiobarbitúrico (TBA) era predominantemente uma medida do malondialdeído (MDA). No entanto, agora sabe-se que o TBA reage com diversos compostos de oxidação secundária, razão pela qual é conhecido como TBARS (substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico). O pigmento rosa-vermelho, detectado na faixa de 532-535 nm, formado pela reação com ácido 2-tiobarbitúrico, pode ser gerado por 2-alquenoais, 2,4-alcadienoais e também pelo MDA, este último usado como padrão (Yang e Boyle, 2016; Jerónimo e Alves, 2022).

O TBARS é amplamente empregado como um indicador de qualidade na indústria de peixes e carnes, mas não existe um valor fixo universalmente reconhecido como referência para óleos vegetais. Geralmente, os valores de referência de TBARS são estabelecidos com base em estudos anteriores ou por meio de comparações com amostras de controle (Yang e Boyle, 2016). Dessa forma, níveis mais altos de TBARS podem indicar uma maior oxidação dos óleos, sinalizando uma possível redução na qualidade do produto (Bekhit *et al.*, 2022).

O resultado de TBARS do OPBH variou de $0,98 \pm 0,13$ mg MDA/kg a $6,18 \pm 0,50$ mg MDA/kg e apresentou aumento significativo ao longo do tempo ($p < 0,05$), assim como no OPB que variou de $0,55 \pm 0,25$ mg MDA/kg a $4,06 \pm 0,30$ mg MDA/kg (Figura 6). Ao comparar os óleos, observa-se que houve diferença ($p < 0,05$) após 12 dias e 18 dias de armazenamento, sendo que o OPBH apresentou maior diferença significativa. Isso sugere uma formação mais rápida de compostos secundários de oxidação no OPBH devido à sua maior quantidade de AGI (Maszewska *et al.*, 2018).

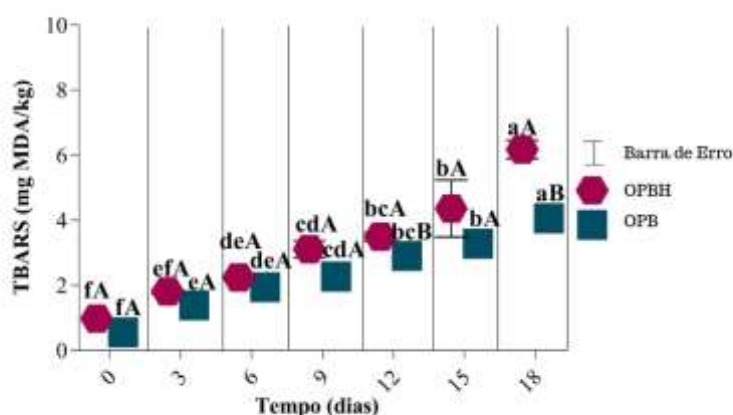


Figura 6. TBARS obtidos durante o teste de estabilidade oxidativa sob armazenamento acelerado do OPBH e OPB.

Nota:

Diferentes letras minúsculas indicam diferença entre os tempos de uma mesma amostra e diferentes letras maiúsculas indicam diferença entre as amostras, no mesmo tempo ($p < 0,05$). OPBH: Óleo de palma bruto híbrido; OPB: Óleo de palma bruto.

Estudos com teste de estabilidade em óleos vegetais mostraram resultados similares ao presente estudo. Aumento progressivo nos valores de TBARS ao longo do tempo, variou de $7,95 \pm 1,57$ mg MDA/kg a $22,25 \pm 2,84$ mg MDA/kg nas amostras sem antioxidantes durante 13 dias no óleo de palma (Pimpa, Kanjanasopa e Boonlam, 2009). Valores de TBARS variaram de $0,36 \pm 0,00$ mg MDA/kg a $1,11 \pm 0,01$ mg MDA/kg em oleína de palma (Yang *et al.*, 2020). No estudo de Ma, Liu e Liu (2019), o óleo de linhaça apresentou a maior alteração, exibindo o maior teor de MDA (entre 3 e $3,5 \mu\text{g/g}$) no último dia de armazenamento. Em comparação, os óleos de colza, palma e camélia mostraram variações menores, oscilando entre 0,5 e $1,5 \mu\text{g/g}$ ao longo do período de armazenamento.

Quanto ao presente estudo, embora tenha ocorrido um aumento significativo de 488% no OPBH ao longo do período de armazenamento, a comparação entre OPBH e OPB não revelou diferença significativa até o último dia de análise, quando o OPBH apresentou um valor maior ($p < 0,05$) do que o OPB. O aumento nos níveis de TBARS ao longo do tempo indica a produção de compostos secundários de oxidação, incluindo o MDA, impactando a vida útil de ambos os óleos. No entanto, é importante ressaltar que essa análise é um indicador consistente para produtos cárneos; ao aplicá-la em óleos comestíveis, é essencial considerar outras análises para uma avaliação abrangente desses compostos.

3.6 Índice de deterioração de branqueabilidade (DOBI)

Outra importante análise é o índice de deterioração de branqueabilidade (DOBI, do inglês *deterioration of bleachability index*). Este índice fornece uma avaliação da qualidade do óleo de palma bruto ao indicar a relação entre o teor de carotenoides e os produtos secundários resultantes da oxidação. Essa relação reflete a taxa de oxidação e a facilidade de processamento durante o refinamento do óleo (Assis, 2021). Conforme estabelecido pela norma técnica ISO 17932/2011, a qualidade do óleo, expressa pelo valor de DOBI, pode ser categorizada em quatro níveis: excelente ($\text{DOBI} \geq 3,24$), bom ($\text{DOBI} 2,93 - 3,24$), intermediário ($\text{DOBI} 2,31 - 2,92$) e com qualidade ruim ($\text{DOBI} < 1,68 - 2,3$). Portanto, o óleo de palma bruto com baixa qualidade indica que o óleo é de difícil refino devido a presença de produtos de oxidação, que são de difícil remoção, pois são oriundos da degradação dos carotenoides que fixam cor e dificultam o branqueamento (Nokkaew *et al.*, 2019; Goudoum *et al.*, 2015).

Os resultados de DOBI para OPBH ($2,92 \pm 0,12$) e OPB ($2,80 \pm 0,05$) indicam inicialmente uma qualidade intermediária, porém com declínio ao longo do tempo (Figura 7). Esse declínio está associado à redução dos carotenoides, já que o DOBI é dependente do teor de caroteno e do estado de oxidação do óleo (Tan *et al.*, 2017). Notavelmente, o OPBH foi significativamente maior ($p < 0,05$) que o OPB após 6 dias de armazenamento acelerado. No entanto, ambos os óleos atingiram valores de $\text{DOBI} < 2,3$ no tempo 9 (OPBH: $1,55 \pm 0,07$; OPB: $1,79 \pm 0,03$) que não foram significativos ($p > 0,05$) entre as amostras, mas indica deterioração devido à oxidação. No último tempo de armazenamento, OPBH e OPB apresentaram valores de DOBI de $0,09 \pm 0,09$ e $0,07 \pm 0,02$, respectivamente, indicando uma menor qualidade desses óleos.

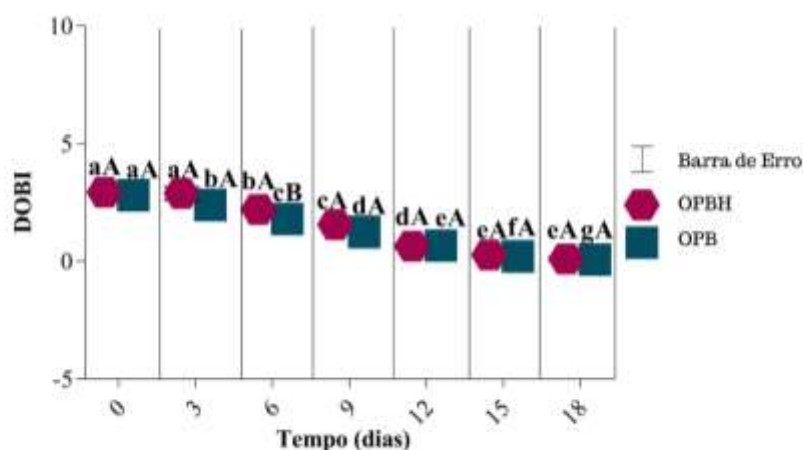


Figura 7. DOBI obtidos durante o teste de estabilidade oxidativa sob armazenamento acelerado do OPBH e OPB.

Nota:

Diferentes letras minúsculas indicam diferença entre os tempos de uma mesma amostra ($p < 0,05$) e diferentes letras maiúsculas indicam diferença entre as amostras, no mesmo tempo ($p < 0,05$). OPBH: Óleo de palma bruto híbrido; OPB: Óleo de palma bruto.

Corroborando com esses resultados, Ribeiro *et al.* (2018) também concluíram que o óleo de palma híbrido apresenta uma qualidade melhor do que o convencional, uma vez que o valor de DOBI foi de 4,9 e 3,4, respectivamente. Enquanto no estudo de Tan *et al.*, (2017), os autores encontraram valores de DOBI de $4,38 \pm 0,13$ a $3,07 \pm 0,02$, respectivamente para o OPB com e sem extração de AG livres, respectivamente. No entanto, em condições de armazenamento a 60°C , ambos os óleos atingiram qualidade inferior ($p < 0,05$), com valores de DOBI $< 2,3$ após 49 dias. No estudo de Goudoum *et al.*, (2015), os resultados iniciais de DOBI indicaram uma qualidade intermediária com declínio ao longo do tempo na amostra extraída artesanalmente, com variação de $2,47 \pm 0,02$ a $1,12 \pm 0,02$, e no óleo importado variação de $2,43 \pm 0,01$ a $1,02 \pm 0,01$.

De maneira similar, estudo que avaliou o óleo de palma bruto proveniente de variedades de frutos (dura, psifera e tenera), observou que o valor de DOBI diminuía ao longo do tempo (28 dias). Inicialmente manteve-se acima de 3 e após 7 dias de armazenamento (exceto para o tipo tenera), verificou-se que o valor do DOBI ficou abaixo de 2, o que caracteriza como uma qualidade inferior (Basyuni *et al.*, 2017).

Em relação ao presente estudo, houve redução significativa do valor de DOBI tanto para o OPBH quanto para o OPB ao término do período de armazenamento, caracterizando-os como óleos de baixa qualidade ($\text{DOBI} < 2,3$). Esse declínio representa

um fator de preocupação para a vida útil de ambos os óleos, afetando sua qualidade ao longo do armazenamento e possível dificuldade no processo de refino. Além disso, ao compará-los não houve diferença ($p < 0,05$) a partir do tempo 9, sugerindo similaridade na degradação desses óleos.

4 CONCLUSÃO

Neste estudo, a estabilidade do OPBH revelou importantes informações sobre sua qualidade e perfil oxidativo ao longo do tempo de armazenamento acelerado em estufa pelo método *Schaal Oven Test*. Este óleo demonstrou maior conteúdo de AGI, especialmente o ácido oleico. O OPBH possui um teor de carotenoides superior ao OPB, mas houve degradação desses compostos bioativos ao longo do tempo. Uma mudança notável na cor ($\Delta E > 3$) do OPBH foi observada após 18 dias, transitando de um tom vermelho alaranjado para um amarelo escuro médio. Além disso, o OPBH possui uma menor acidez em relação ao OPB. Contudo, identificou-se um aumento gradual de compostos oxidativos primários no OPBH como peróxidos e dienos conjugados, atribuído à alta presença de AGI. Quanto aos compostos de oxidação secundária, observou-se um aumento significativo nos valores de TBARS durante o armazenamento acelerado. No entanto, os trienos conjugados mantiveram-se estáveis ao longo desse processo. Houve redução do valor de DOBI ao longo do tempo, o que evidenciou uma qualidade inferior do OPBH e do OPB a partir de 9 dias de armazenamento.

Assim, o armazenamento acelerado alterou as características do óleo pela mudança de cor, redução de carotenoides e aumento significativo na formação de compostos de oxidação primária e secundária. Após 6 dias (meses), ambos os óleos excederam mais expressivamente o limite de compostos primários de oxidação estabelecido pela legislação de óleos e após nove dias de armazenamento, indicaram qualidade inferior. Estudos futuros podem investigar sua aplicação em novos produtos e os efeitos sobre a saúde humana.

REFERÊNCIAS

ABDELAZIM, A.A.; MAHMOUD, A.; RAMADAN-HASSANIEN, M.F. Oxidative stability of vegetable oils as affected by sesame extracts during accelerated oxidative storage. **Journal of Food Science and Technology**, v. 50, n. 5, p. 868-878, 2013.

ALMEIDA, D. T. DE.; VIANA, T.V.; COSTA, M.M. et al. Effects of different storage conditions on the oxidative stability of crude and refined palm oil, olein and stearin (*Elaeis guineensis*). **Food Science and Technology**, v. 39, n. 1, p. 211–217, 2019.

ALMEIDA, D. T. DE.; NUNES, I.L.; CONDE, P.L. et al. A quality assessment of crude palm oil marketed in Bahia, Brazil. **Grasas y Aceites**, v. 64, n. 4, p. 387–394, 30 set. 2013.

AKPINAR, M.; ESTRADA, K.B.; TEKIN, A. et al. Oxidative stability of high oleic palm and hazelnut skin oil blends. **Journal of the american oil chemists' society**, v. 99, p. 1127-1135, 2022.

AMBRÓSIO, C. L. B.; CAMPOS, F. DE A. C. E S.; FARO, Z. P. DE. Carotenóides como alternativa contra a hipovitaminose A. **Revista de Nutrição**, v. 19, n. 2, 2006.

AMERICAN OIL CHEMISTS' SOCIETY – AOCS. **Official methods and recommended practices of the American Oil Chemists' Society**, Methods Cg 5-97, Ca 5a-40, Cd 8-53, Cd 18-90, Ch 5-91. 5a edição. 2003.

ASSIS, L.M.N. Análise de DOBI, caroteno e anisidina em óleos de palma bruto utilizando o espectrofotômetro UV-1900i. **Shimadzu**, 2021.

BAHARIN, B. S. et al. The effect of carotene extraction system on crude palm oil quality, carotene composition, and carotene stability during storage. **Journal of the American Oil Chemists' Society**, v. 78, n. 8, p. 851–855, 2001.

BAJOUB, A. et al. Olive oil authentication: A comparative analysis of regulatory frameworks with especial emphasis on quality and authenticity indices, and recent analytical techniques developed for their assessment. A review. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 58, n. 5, p. 832–857, 2018.

BASYUNI, M.; AMRI N.; PUTRI, L. A .P.; SYAHPUTRA, I.; ARIFIYANTO, D. Characteristics of fresh fruit bunch yield and the physicochemical qualities of palm oil during storage in North Sumatra, Indonesia. **Indo J Chem**, v. 17(2), p. 182–190, 2017.

BOON, C.; MCCLEMENTS, D. J.; WEISS, J. et al. Factors influencing the chemical stability of carotenoids in foods. **Critical reviews in food science and nutrition**, v. 50, n. 6, p. 515-532, 2010.

CAO, J.; DENG, L.; ZHU, X-M. et al. Novel approach to evaluate the oxidation state of vegetable oils using characteristic oxidation indicators. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 62, n. 52, p. 12545-12552, 2014.

CORADIN, L.; CAMILLO, J.; VIEIRA, I. C. G. **Espécies nativas da flora brasileira de valor econômico atual ou potencial: plantas para o futuro: região norte**. Brasília - DF: MMA, 2022. (Série Biodiversidade; 53). 1452p. Disponível em: Acesso em: 20 de out de 2023.

CODEX ALIMENTARIUS (FAO/WHO). **Codex standard for named vegetable oils** (CODEX-STAN 10, Aended 2005-2022), Roma, 2022.

CUNHA, R. N. V. D. A.; LOPES, R. **BRS Manicoré: Híbrido Interespecífico entre o Caiaué e o Dendzeiro Africano Recomendado para Áreas de Incidência de Amarelecimento-Fatal**. EMBRAPA. Manaus - AM: 2010.

CHUANG, M.-H.; BRUNNER, G. Concentration of minor components in crude palm oil. **The Journal of Supercritical Fluids**, v. 37, n. 2, p. 151–156, 2006.

DATTNER, M.; BOHN, D. Characterization of Print Quality in Terms of Colorimetric Aspects. In: IZDEBSKA, J.; THOMAS, S. (Ed.). DATTNER, M.; BOHN, D. **Printing on Polymers: Fundamentals and Applications**; Elsevier Inc.: Amsterdam, The Netherlands, p. 329-345, 2015.

DE ALMEIDA, E. S. et al. Thermal and Physical Properties of Crude Palm Oil with Higher Oleic Content. **Applied Sciences**, v. 11, n. 15, p. 7094, 2021.

DEWI, E. K.; MARDAWATI, E.; NURHASANAH, S. Color Changes Evaluation on Crude Palm Oil Processing into Red Palm Oil and Palm Cooking Oil as a Visual Indicator of β -Carotene Content in Oils. **Biomass, Biorefinery and Bioeconomy**, v. 1, n. 1, p. 25–29, 2023.

DJIKENG, F. T. et al. Effects of natural antioxidants extracted from Cameroonian ginger roots on the oxidative stability of refined palm olein. **European Food Research and Technology**, v. 244, n. 6, p. 1015–1025, 11 jun. 2018.

DIJKSTRA, A.J. Vegetable Oils: Composition and Analysis. In: CABALLERO, B.; FINGLAS, P.M.; TOLDRA, F. **Encyclopedia of Food and Health**. 7º Ed. Londres, 2016. P. 357-364.

DONATO, M. et al. Efeito da adição de óleo de palma bruto nanoencapsulado na estabilidade oxidativa de molho para salada em teste de oxidação acelerada. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 10, p. e4229107841, 2020.

DONGHO, F. F. D.; NGONO, N. A.; DEMASSE, M. A. et al. Effect of Heating and of Short Exposure to Sunlight on Carotenoids Content of Crude Palm Oil. **Journal of Food Processing & Technology**, v. 05, n. 04, 2014.

EDEM, D. O. Palm oil: Biochemical, physiological, nutritional, hematological and toxicological aspects: A review. **Plant Foods for Human Nutrition**, v. 57, n. 3, p. 319–341, 2002.

GOUDOUM, A. et al. Some Physicochemical Characteristics and Storage Stability of Crude Palm Oils (*Elaeis guineensis* Jacq). **American Journal of Food Science and Technology**, v. 3, n. 4, p. 97–102, 2015.

GUO, Q. et al. Antioxidant efficacy of rosemary ethanol extract in palm oil during frying and accelerated storage. **Industrial Crops and Products**, v. 94, p. 82–88, 2016.

ISO17932. **Palm oil-determination of the deterioration of bleachability index (DOBI) and carotene content**, 2011.

KAVANAUGH, C. Letter Updating the Qualifying Level of Oleic Acid for the Oleic Acid From Edible Oils and Coronary Heart Disease (Corbion Biotech Petition) Qualified Health Claim. **Food and Drug Administration**. 2020.

KHAN, M. A. I. et al. CIELAB color variables as indicators of compost stability. **Waste Management**, v. 29, n. 12, p. 2969–2975, 2009.

KUMAR, A.; SHARMA, A.; C. UPADHYAYA, K. Vegetable Oil: Nutritional and Industrial Perspective. **Current Genomics**, v. 17, n. 3, p. 230–240, 2016.

LEE, C. C.; TOMAS, M.; JAFARI, S. M. Chapter Fourteen - Optical analysis of nanoencapsulated food ingredients by color measurement. In: JAFARI, S. M. (Ed.). **Characterization of Nanoencapsulated Food Ingredients**. Academic Press: In Nanoencapsulation in the Food Industry, 2020. p. 505–528.

LUCCI, P.; BORRERO, M.; RUIZ, A. et al. Palm oil and cardiovascular disease: a randomized trial of the effects of hybrid palm oil supplementation on human plasma lipid patterns. **Food & Function**, v. 7, n. 1, p. 347–354, 2016.

MA, L.; LIU, G.; LIU, X. Malondialdehyde, 4-hydroxy-2-hexenal, and 4-hydroxy-2-nonenal in vegetable oils: formation kinetics and application as oxidation indicators. **European Journal of Lipid Science and Technology**, v. 121, p. 1–10, 2019.

MASZEWSKA, M. et al. Oxidative Stability of Selected Edible Oils. **Molecules**, v. 23, n. 7, p. 1746, 2018.

MELÉNDEZ-MARTÍNEZ, A.J.; MANDIC, A.I.; BANTIS, F. et al. A comprehensive review on carotenoids in foods and feeds: status quo, applications, patents, and research needs. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 62, n. 8, p. 1999–2049, 2021.

MCCLEMENTS, D. J. Theoretical prediction of emulsion color. **Advances in Colloid and Interface Science**, v. 97, n. 1–3, p. 63–89, 2002.

MOZZON, M.; FOLIGNI, R.; MANNOZZI, C. Current Knowledge on Interspecific Hybrid Palm Oils as Food and Food Ingredient. **Foods**, v. 9, n. 5, p. 631, 2020.

MOZZON, M.; FOLIGNI, R.; TYLEWICZ, U. Chemical Characteristics and Nutritional Properties of Hybrid Palm Oils. **Palm Oil**. InTech, 2018. p. 149–170.

MOZZON, M.; PACETTI, D.; LUCCI, P. et al. Crude palm oil from interspecific hybrid *Elaeis oleifera* *Elaeis guineensis*: Fatty acid regiodistribution and molecular species of glycerides. **Food Chemistry**, v. 14, p. 245–252, 2013.

NOKKAEW, R.; PUNSUVON, V.; INAGAKI, T.; TSUCHIKAWA, S. Determination of carotenoids and dobi content in crude palm oil by spectroscopy techniques: comparison of raman and ft-nir spectroscopy. **GEOMATE Journal**, v. 16, n. 55, p. 92–98, 2019.

OWOLARAFE, O. K.; OLABIGE, T. M.; FAVORODE, M. O. Macro-structural characterisation of palm fruit at different processing conditions. **Journal of Food Engineering**, v. 79, n. 1, p. 31–36, 2007.

PAZZOTI, G.; SOUZA, C.; VERONEZI, C. et al. Evaluation of Oxidative Stability of Compound Oils under Accelerated Storage Conditions. **Brazilian archives of biology and technology**, v. 61, e18180055, 2018.

PIMPA, B.; KANJANASOPA, D.; BOONLAM, S. Effect of addition of antioxidants on the oxidative stability of refined bleached and deodorized palm olein. **Kasetsart journal – Natural science**, v, 43, p. 370-377, 2009.

RIBEIRO, C.V.D.M.; OLIVEIRA, D.E.; JUCHEN, S.O. et al. Fatty acid profile of meat and Milk from small ruminants: a review. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.40 (suppl. E.) p. 121-137, 2011

RIBEIRO, J. A. A. et al. Identification of carotenoid isomers in crude and bleached palm oils by mass spectrometry. **LWT**, v. 89, p. 631–637, 2018.

RIOS, S. DE A. et al. Documentos 96: Recursos Genéticos de Palma de Óleo (*Elaeis guineensis* Jacq.) e Caiaué (*Elaeis oleifera* (H.B.K) Cortés). P. 39, Manaus - AM: 2012.

SALES, R. C. et al. Olive Oil, Palm Oil, and Hybrid Palm Oil Distinctly Modulate Liver Transcriptome and Induce NAFLD in Mice Fed a High-Fat Diet. **International journal of molecular sciences** . 20, 8. 2019.

SAHIN, Selin. Evaluation of Stability against Oxidation in Edible Fats and Oils. **Journal of Food Science and Nutrition Research**, v. 2, p. 283-297, 2019.

SILVA, S. M.; SAMPAIO, K. A.; CERIANI, R. et al. Effect of type of bleaching earth on the final color of refined palm oil. **LWT – Food Science and Technology**, v. 59, n. 2, p. 1258-1264, 2014.

SUNDRAM, K.; SAMBANTHAMURTHI, R.; TAN, Y. Palm fruit chemistry and nutrition. **Asia Pacific Journal of Clinical Nutrition, Taiwan**, v. 12, n. 3, p. 355-362, 2003.

TAN, C.-H. et al. Changes in oxidation indices and minor components of low free fatty acid and freshly extracted crude palm oils under two different storage conditions. **Journal of Food Science and Technology**, v. 54, n. 7, p. 1757–1764, 2017.

YANG, J. H.; TRAN, T. T. T.; LE, V. V. M. Effects of natural antioxidants on the palm olein quality during the heating and frying. **Journal of Food Measurement and Characterization**, v. 14, n. 5, p. 2713–2720, 2020.

YOONG, M.H.; TENGKU-ROZAINA, T.M. Effects of mangrove apple (*Sonneratia caseolaris*) fruit extract on oxidative stability of palm olein under accelerated storage. **Food Research**, v. 5, n. 1, p. 461-470, 2021.

ZHANG, Jinfa et al. Breeding potential of introgression lines developed from interspecific crossing between upland cotton (*Gossypium hirsutum*) and *Gossypium barbadense*: heterosis, combining ability and genetic effects. **PLoS One**, v. 11, n. 1, p. e0143646, 2016.