



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
Câmpus de São José do Rio Preto

Andressa Alves Pinheiro

**Avaliação da qualidade físico-química de óleos compostos
por soja, girassol médio oleico e coco sob elevadas
temperaturas**

São José do Rio Preto

2019

Andressa Alves Pinheiro

Avaliação da qualidade físico-química de óleos compostos por soja, girassol médio oleico e coco sob elevadas temperaturas

Dissertação apresentada como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Engenharia e Ciência de Alimentos junto ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Ciência de Alimentos no Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (IBILCE/UNESP), Campus de São José do Rio Preto.

Financiadora: CNPq

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Neuza Jorge

Co-orientadora: Prof^a. Dr^a. Débora Maria Moreno Luzia

São José do Rio Preto

2019

P654a Pinheiro, Andressa Alves Pinheiro

Avaliação da qualidade físico-química de óleos compostos por soja, girassol médio oleico e coco sob elevadas temperaturas / Andressa Alves Pinheiro Pinheiro. -- São José do Rio Preto, 2019

83 f. : il., tabs.

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Instituto de Biociências Letras e Ciências Exatas, São José do Rio Preto

Orientadora: Neuza Jorge Jorge

Coorientadora: Débora Maria Moreno Luzia Luzia

1. Soja. 2. Girassol. 3. Coco. 4. Termoxidação. 5. Fritura. I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca do Instituto de Biociências Letras e Ciências Exatas, São José do Rio Preto. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.

Andressa Alves Pinheiro

Avaliação da qualidade físico-química de óleos compostos por soja, girassol médio oleico e coco sob elevadas temperaturas

Dissertação apresentada como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Engenharia e Ciência de Alimentos junto ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Ciência de Alimentos no Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (IBILCE/UNESP), Campus de São José do Rio Preto.

Financiadora: CNPq

Comissão Examinadora

Prof^a. Dr^a. Neuza Jorge
UNESP - São José do Rio Preto/SP
Orientadora

Prof^a. Dr^a. Ana Carolina da Silva
UFTM - Uberaba/MG

Prof. Dr. Renato Grimaldi
UNICAMP - Campinas/SP

São José do Rio Preto

30 de agosto de 201

Aos meus pais, Vandeir e Luzia,
à minha irmã, Cibele,
ao meu namorado, Hugo Henrique,

Dedico.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, pelo dom da vida, por me guiar em todos os momentos e me privilegiar com uma família maravilhosa, abençoada, acolhedora, carinhosa e fiel;

À minha querida orientadora, Prof^a. Dr^a. Neuza Jorge, pela dedicação, confiança, atenção, ensinamentos pessoais e profissionais e principalmente, pelo apoio técnico durante a elaboração deste trabalho;

À minha co-orientadora, Prof^a. Dr^a. Débora Maria Moreno Luzia;

À Prof^a. Dr^a. Carolina Médici Veronezi, por todo auxílio, apoio, atenção, conselhos, confiança e amizade;

Aos professores e funcionários do Departamento de Engenharia e Tecnologia de Alimentos, com quem convivi durante anos e pela constante demonstração de amizade;

Ao Técnico de Laboratório de Óleos e Gorduras, Luiz, por todo apoio, carinho, aprendizado e amizade;

Aos amigos de laboratório Geiza, Patrícia, Maria Paula, Larissa, Luciene e Wellington, pela ajuda, apoio e amizade;

À Prof^a. Leticia Borges, por todo apoio, incentivo, aprendizado e amizade;

À CNPq, pela concessão da bolsa de estudos;

Aos meus pais Vandeir e Luzia que nunca pouparam esforços para me educar, ensinar e graduar, que sempre estiveram ao meu lado dando todo o apoio necessário para seguir em frente, alcançar meus objetivos e me tornar quem sou hoje, por todo amor, companheirismo, amizade, atenção e conselhos;

À minha irmã, Cibele, pelo apoio incondicional, ajuda, ensinamentos, carinho, amor e companheirismo;

Ao meu namorado, Hugo Henrique, que sempre me apoiou e entendeu meus momentos de preocupação e ausência pela dedicação a este trabalho;

Aos meus avós por todo amor, apoio, ensino e contribuição para meu desenvolvimento pessoal;

À toda minha família e amigos que sempre torceram por mim;

A todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste trabalho.

“O Senhor é o meu pastor e nada me faltará.”

BIBLÍA (2006, p. 541)

RESUMO

Óleos compostos são definidos como a junção de dois ou mais tipos de óleos que podem conferir melhorias nas características nutricionais e físico-químicas, além de aumentar a diversidade de ácidos graxos presentes. Os óleos de soja e girassol são predominantemente poli e monoinsaturados, o que os tornam mais instáveis sob elevadas temperaturas e susceptíveis à oxidação. Por outro lado, o óleo de coco, saturado, tem menor potencial para oxidação e possui elevada estabilidade oxidativa. Óleos compostos podem ser altamente benéficos e servirem como alternativas para consumidores e indústria alimentícia. Portanto, os objetivos do presente trabalho foram avaliar os óleos quando submetidos a altas temperaturas, e, verificar sensorialmente, a aceitação e a diferença no sabor de batatas fritas. Os óleos de soja (S), girassol (G), coco (C) e os compostos soja:coco (SC - 75:25, v/v) e girassol:coco (GC - 75:25, v/v) foram avaliados quanto às propriedades físico-químicas, sob termoxidação (180°C/15 h) e fritura (180°C/4 h). A análise sensorial de batatas fritas nos óleos S, SC, G e GC foi realizada por meio dos testes triangular de similaridade e afetivo com escala hedônica de 9 pontos. Na avaliação da qualidade, foi possível observar que o óleo de coco apresentou menor degradação em relação aos demais. Quanto aos óleos compostos, pode-se destacar o GC como o mais eficiente em inibir a oxidação, devido aos baixos níveis de ácidos graxos poli-insaturados. Na termoxidação, o óleo de coco sofreu variações nos índices de peróxidos, entretanto, apresentou menor degradação que os demais para p-anisidina e ácidos dienoicos conjugados. O óleo composto GC apresentou maior estabilidade oxidativa e menor degradação em relação ao SC. Na fritura de batatas, SC e GC apresentaram maior índice de estabilidade oxidativa e menor oxidação quando comparados a S e G. Na análise sensorial, em relação ao sabor, o óleo SC não se diferenciou estatisticamente do S, enquanto o GC se diferenciou do G. Portanto, é viável a aplicação de óleos compostos como SC e GC em processos que envolvam elevadas temperaturas.

Palavras chaves: Soja. Girassol. Coco. Termoxidação. Fritura. Análise sensorial.

ABSTRACT

Compound oils are defined as the combination of two or more kinds of oils that can add to their nutritional and physicochemical characteristics, besides they can increase the diversity of fatty acids presented. The soybean and sunflower oils are predominantly poly and monosaturated, which make them more unstable over high temperatures and susceptible to oxidation. On the other side, the saturated coconut oil has less potential for oxidation and has high oxidative stability. Compound oils can be highly beneficial and they can be alternatives for consumers and food industries. Thus, the aims of this work were to evaluate oils compounds when submitted to high temperatures as well as to sensorially check the acceptance and the difference in the flavor in French fries. The soybean (S), sunflower (G), coconut (C) and the compounds soybean:coconut (SC - 75:25, v/v), and sunflower:coconut (GC - 75:25, v/v) oils were evaluated as to their physicochemical proprieties under thermoxidation (180°C/15 h) and frying (180°C/4 h). The sensorial analysis of the French fries in S, SC, G and GC oils were made using similarity and affective triangle tests with the 9-point hedonic scale. In the quality assessment, it was observed that the coconut oil presented less degradation in comparison to the others. As to the compound oils, it can be emphasized that GC is the most efficient in inhibiting oxidation due to the presence of low levels of polyunsaturated fatty acids. In thermoxidation, the coconut oil suffered variations in the peroxide indices, however, it presented less degradation than the others in terms of p-anisidine and conjugated dieneic acids. The compound oil GC presented higher oxidative stability and less degradation in relation to the SC. When frying the French fries, SC and GC presented higher oxidative stability and less oxidation in comparison to the S and the G. In the sensorial analysis, regarding flavor, the SC did not differ statistically from the S, while the GC differed from the G. Therefore, it is viable the use of compound oils, such as the SC and GC in processes that involve high temperatures.

Keywords: Soybean. Sunflower. Coconut. Thermoxidation. Frying. Sensorial analysis.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1.	Processo de fotoxidação.	29
Figura 2.	Rota clássica da autoxidação lipídica.	30
Figura 3.	Frequência de respostas com óleo de soja e soja:coco.	62
Figura 4.	Frequência de respostas com óleo de girassol e girassol:coco.	62

LISTA DE TABELAS

Tabela 1.	Produção mundial de óleo de soja em 2018.	21
Tabela 2.	Perfil de ácidos graxos no óleo de soja.	21
Tabela 3.	Produção mundial de óleo de girassol em 2018.	23
Tabela 4.	Perfil de ácidos graxos no óleo de girassol médio oleico.	24
Tabela 5.	Produção mundial de óleo de coco em 2018.	26
Tabela 6.	Perfil de ácidos graxos no óleo de coco.	26
Tabela 7.	Formulação dos óleos.	42
Tabela 8.	Caracterização dos óleos de soja, girassol médio oleico, coco e seus compostos.	46
Tabela 9.	Perfil de ácidos graxos dos óleos de soja, girassol, coco e seus compostos.	49
Tabela 10.	Termoxidação dos óleos de soja, girassol, coco e seus compostos a $180 \pm 5^{\circ}\text{C}$ em um período de 15 horas.	51
Tabela 11.	Análise de tocoferóis dos óleos de soja, girassol, coco e seus compostos.	55
Tabela 12.	Análise da qualidade dos óleos submetidos à fritura em $180 \pm 5^{\circ}\text{C}$ por 4 horas.	58
Tabela 13.	Teste triangular de similaridade	59

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

O₂	Oxigênio
¹O₂	Oxigênio singlete
³O₂	Oxigênio triplete
A[•]	Radical alila
ABIOVE	Associação Brasileira das Indústrias de Óleos Vegetais
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ANVISA	Agência Nacional de Vigilância Sanitária
AOAC	<i>Official Methods of Analysis of AOAC International</i>
AOCS	<i>American Oil Chemist's Society</i>
CATA	<i>Catch All That Apply</i>
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
FAO	<i>Food and Agriculture Organization of the United Nations</i>
HDLc	Lipoproteína de alta densidade
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ICMR	<i>Indian Council of Medical Research</i>
LDLc	Fração de colesterol de lipoproteína de baixa densidade
MAPA	Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento
R[•]	Radical livre
RH	Ácido graxo insaturado
ROO[•]	Radical peroxila
ROOH	Hidroperóxido
ROOR	Composto não radicalar
R-R	Composto não radicalar
S/V	Superfície/volume
TBHQ	Terc-Butil-Hidroquinona
Totox	Valor total de oxidação
USDA	<i>United States Department of Agriculture</i>
VLDL	Lipoproteína de baxíssima densidade

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	13
2.	OBJETIVOS	15
2.1.	Objetivo geral	15
2.2.	Objetivos específicos	15
3.	REVISÃO DA LITERATURA	16
3.1.	Óleos vegetais	16
3.1.1.	Soja	18
3.1.2.	Girassol	21
3.1.3.	Coco	23
3.1.4.	Óleos compostos	26
3.2.	Oxidação lipídica	27
3.2.1.	Enzimática	27
3.2.2.	Fotoxidação	28
3.2.3.	Autoxidação	28
3.2.4.	Oxidação térmica	30
3.3.	Análises nos óleos e nas batatas fritas	31
3.3.1.	Propriedades físico-químicas	31
3.3.2.	Análise sensorial	39
4.	MATERIAL E MÉTODOS	41
4.1.	Material	41
4.2.	Termoxidação	41
4.3.	Fritura	41
4.4.	Métodos	42
4.4.1.	Propriedades físico-químicas	42
4.4.2.	Análise sensorial	43
4.5.	Análise estatística	44
5.	RESULTADOS E DISCUSSÃO	45
5.1.	Propriedades físico-químicas	45
5.1.1.	Caracterização dos óleos	45
5.1.2.	Termoxidação	49
5.1.3.	Fritura	55

5.2.	Análise sensorial	58
6.	CONCLUSÕES	62
	REFERÊNCIAS	63
	APÊNDICE A - Análises de variância para as medidas de caracterização dos óleos.	75
	APÊNDICE B - Análises de variância para o perfil de ácidos graxos dos óleos de soja, girassol, coco e seus compostos.	76
	APÊNDICE C - Análises de variância para as propriedades físico-químicas da termoxidação dos óleos.	77
	APÊNDICE D - Análises de variância dos tocoferóis para os óleos termoxidados.	77
	APÊNDICE E - Análises de variância do isômero δ -tocoferol para os óleos termoxidados.	78
	APÊNDICE F - Análises de variância para a fritura dos óleos.	78
	APÊNDICE G - Teste t-student para batatas fritas em óleos de soja; soja:coco	79
	APÊNDICE H - Teste t-student para batatas fritas em óleos de girassol; girassol:coco	79
	ANEXO A - Termo de consentimento livre e esclarecido (TCLE)	80
	ANEXO B - Ficha de avaliação sensorial, teste triangular de similaridade.	81
	ANEXO C - Tabela A.2.	81
	ANEXO D - Ficha de avaliação sensorial, teste de aceitação.	82
	ANEXO E - Cromatograma do óleo de soja.	82
	ANEXO F - Cromatograma do óleo de girassol.	82
	ANEXO G - Cromatograma do óleo de coco.	83
	ANEXO H - Cromatograma do óleo de soja:coco.	83
	ANEXO I - Cromatograma do óleo de girassol:coco.	83

1. INTRODUÇÃO

A produção de óleos vegetais é cada vez maior devido ao aumento do consumo, uma vez que, grande parte da população tem usado estes óleos como substituto das gorduras animais. Os óleos vegetais são produtos de grande importância para a dieta humana, pois os ácidos graxos que os constituem, contribuem para o funcionamento do metabolismo e quando consumidos de maneira adequada são importantes para prevenção de doenças degenerativas e comprometimento dos órgãos vitais.

No âmbito industrial, os óleos vegetais são largamente empregados na preparação de alimentos e rações animais, desenvolvimento de novos produtos, fabricação de biodiesel, entre outros. Entretanto, quando utilizados em elevadas temperaturas, podem se degradar e, conseqüentemente, formar compostos tóxicos à saúde humana, além de prejudicarem a qualidade sensorial do produto. Desse modo, surgiram os óleos compostos que são formados a partir da mistura de dois ou mais tipos de óleos que podem aumentar a estabilidade oxidativa e contribuir para melhorar suas características físico-químicas. Além disso, a mistura dos óleos pode contribuir com uma provável melhora na qualidade nutricional, uma vez que mais compostos bioativos poderão estar presentes.

O óleo de soja é constituído majoritariamente por ácidos graxos insaturados como o linoleico, que é um ácido graxo essencial, fundamental para o funcionamento do organismo. Entretanto, essas insaturações fazem com que o óleo seja instável e oxide rapidamente em processos térmicos. Embora, o óleo de girassol médio oleico apresente de 42 a 72% de ácido oleico, que auxilia na redução do risco das doenças cardíacas, por diminuir as lipoproteínas de colesterol de baixa densidade (LDLc) e aumentar as lipoproteínas de alta densidade (HDLc), pode também ser facilmente oxidado em altas temperaturas.

O óleo de coco tem praticamente 50% do ácido graxo láurico (C12:0) é rapidamente hidrolisado por lipases, além de ser facilmente transportado para o fígado e convertido em energia ou corpos cetônicos. Esta presença faz com que o óleo de coco seja mais estável em processos térmicos, contribuindo assim, para melhor conservação das características físico-químicas e sensoriais dos produtos.

O processo oxidativo de óleos e gorduras é responsável pela degradação dos ácidos graxos que alteram as características sensoriais dos produtos, além de degradar compostos minoritários como as vitaminas e ácidos graxos essenciais, e formar compostos tóxicos ao organismo humano. Tais circunstâncias explicam a importância de conduzir estudos sobre óleos vegetais mais estáveis quando submetidos à elevadas temperaturas, porém que também forneçam benefícios à saúde humana ao serem consumidos.

2. OJETIVOS

2.1. Objetivo geral

Avaliar a qualidade dos óleos de soja, girassol e coco, além dos compostos soja:coco e girassol:coco, em condições de termoxidação e fritura.

2.2. Objetivos específicos

- Caracterizar os óleos de soja, girassol e coco e os compostos quanto às propriedades físico-químicas, incluindo o perfil de ácidos graxos e tocoferóis;
- Avaliar o comportamento dos óleos quando termoxidados a 180°C/15 horas;
- Avaliar o comportamento dos óleos de soja, girassol e compostos durante o processo de fritura descontínua de batatas pré-fritas congeladas;
- Analisar sensorialmente a diferença no sabor e aceitação de batatas fritas em óleos de soja, girassol, soja:coco e girassol:coco .

3. REVISÃO DA LITERATURA

3.1. Óleos vegetais

A matéria-prima para a produção de óleos vegetais pode ser proveniente de plantas, flores, sementes, castanhas, frutos e vegetais (RAFIQ *et al.*, 2015; SAVVA; KAFATOS, 2016). O processamento de óleos vegetais se divide em duas grandes etapas, a extração e o refino. A extração pode ser realizada por meio de solventes, prensagem mecânica ou centrifugação. Segundo Jorge (2009), sementes oleaginosas e materiais gordurosos com menos de 20-25% de óleo são recomendáveis à extração por solvente, enquanto, matérias-primas com teores maiores que 25%, primeiramente são pré-prensadas para obtenção da torta (10-15% de óleo) e em seguida extraídas com solventes.

A extração realizada por solvente consiste na dissolução de uma camada de óleo ao redor das partículas das sementes e na difusão da mistura óleo-solvente através da parede celular semipermeável de células intactas. O solvente hexana é o mais utilizado, entretanto, o tricloroetileno, etanol, acetona entre outros também podem ser empregados (JORGE, 2009). Após a extração, o óleo bruto, passa por etapas de neutralização, branqueamento e desodorização podendo sofrer alterações físico-químicas, pois são aplicadas elevadas temperaturas (204-245°C) (MARINA; CHE MAN; AMIN, 2009).

Na extração por prensagem, o óleo é retirado da polpa por meio de prensas mecânicas ou métodos artesanais (HAMSI *et al.*, 2015). O processo realizado por prensas mecânicas é denominado de extração a frio, no qual a polpa é prensada por meio de equipamentos específicos. Este método conserva maiores quantidades de componentes bioativos como polifenóis, tocotrienóis, tocoferóis e vitaminas A e E (NEVIN; RAJAMOHAN, 2008; DAYRIT, 2015; HAMSI *et al.*, 2015; NITIBANI *et al.*, 2016).

Óleos de soja, palma, canola, girassol, milho, gergelim, linhaça, coco, farelo de arroz, babaçu, abacate, mostarda e azeite de oliva são bastante utilizados para cozinhar, temperar, fritar, produzir margarinas, maioneses, doces, biscoitos, sorvetes, etc. Os óleos também são fundamentais para o funcionamento do metabolismo humano (JORGE, 2009; SAVVA; KAFATOS, 2016).

A composição dos óleos vegetais é baseada nas frações saponificável (ácidos graxos, triacilgliceróis, gliceróis parciais, ceras vegetais, fosfatídeos) e insaponificável (tocoferóis, tocotrienóis, fitosteróis e pigmentos) (SALAS *et al.*, 2000; DIJKSTRA, 2016; SAVVA; KAFATOS, 2016).

Os óleos vegetais são produtos naturais constituídos por uma mistura de ésteres resultantes da condensação de uma molécula de glicerol com três moléculas de ácidos graxos. Os ácidos graxos, presentes na fração saponificável, mais comumente encontrados nos óleos apresentam cadeias carbônicas de 16 e 18 átomos. Essas cadeias podem ser saturadas ou insaturadas, dependendo da quantidade de ligações simples e duplas conjugadas (COSTA NETO *et al.*, 2000).

Os ácidos graxos formam estruturas importantes para células e membranas de tecidos neurais, são precursores de eicosanoides, mediadores inflamatórios, contribuem com a vasoconstrição e vasodilatação, além de regularem a pressão arterial, transportarem vitaminas lipossolúveis, fornecerem energia e regularem a temperatura corporal (XU *et al.*, 2015). Embora o consumo dos ácidos graxos seja essencial para a saúde humana, o excesso destes compostos está associado ao acúmulo de gordura corporal e à obesidade (FERRETTI; SPOTTI; COSIMO, 2018).

Dentre os ácidos graxos insaturados, se destacam os ácidos linoleico, α -linolênico e oleico. Os ácidos linoleico ($\omega 6$) e α -linolênico ($\omega 3$) são ácidos graxos essenciais, ou seja, não podem ser sintetizados pelo organismo humano, mas são importantes para a dieta (SUÁREZ-MAHECHA *et al.*, 2002; MIYOSHI *et al.*, 2011). De acordo com Miyoshi *et al.* (2011), tratamentos com ácidos graxos poli-insaturados neutralizam os níveis da proteína da hepatite C no metabolismo lipídico, logo, estes resultados podem fornecer indicações para novos dispositivos terapêuticos. A deficiência desses constituintes causa doenças, além de provocar o surgimento de lesões cutâneas, degeneração ou comprometimento de órgãos vitais (SÁNCHEZ-MUNIZ; BASTIDA; BENEDÍ, 2016).

Apesar de não ser considerado um ácido graxo essencial, estudos apontam que o ácido oleico exerce efeito neutro sobre a colesterolemia. No entanto, tem-se observado que dietas ricas em ácido oleico aumentam o nível de HDLc e podem reduzir o nível de LDLc. Esse ácido graxo também está associado à redução da incidência de doenças cardíacas (MAHAN; SCOTT-STUMP, 2010).

Segundo o *Indian Council of Medical Research* - ICMR (1989) e a *American Heart Association* (1990), sob o ponto de vista nutricional para a manutenção de uma dieta equilibrada, a melhor proporção a ser consumida diariamente de ácidos graxos saturados, monoinsaturados e poli-insaturados é de aproximadamente 1:1:1.

Na fração insaponificável, dos óleos vegetais, há compostos antioxidantes que são eficientes no sequestro de radicais livres e atuam como agentes antipolimerizantes no processo de fritura. Também são responsáveis pelas características nutricionais que protegem as membranas lipoproteicas do estresse oxidativo (SÁNCHEZ-MUNIZ; BASTIDA; BENEDÍ, 2016). Além disso, os antioxidantes, como os tocoferóis, são responsáveis por desempenhar papel de vitaminas, contribuindo assim, para a manutenção do sistema imunológico e retardando a patogênese de uma variedade de doenças (BRAMLEY, 2000).

Nos óleos vegetais, a qualidade está diretamente ligada à variação do clima, solo, tipo de fruto, quantidade de chuva, genética da semente, maturação e grau de refinamento (SAVVA; KAFATOS, 2016). Além disso, outros fatores podem levar à perda de qualidade dos óleos, como a presença de oxigênio, luz, umidade, temperaturas elevadas, enzimas e vestígios de metais (VASKOVA; BUCKOVA, 2015). Portanto, para melhorar suas aplicações e características em âmbito industrial, muitos óleos vegetais são modificados por meio de diferentes métodos, como hidrogenação, interesterificação e formação de óleos compostos (NAGARAJU; LOKESH, 2007).

3.1.1. Soja

A soja (*Glycine max* L.) é originária do sudoeste asiático, sendo considerada um dos mais antigos produtos agrícolas oleaginosos (DEMARCHI, 2011). No Brasil, o grão chegou em 1908 com os imigrantes japoneses e foi introduzido inicialmente no Rio Grande do Sul, em 1914. O cultivo do grão é importante, tanto para a saúde, quanto para as comunidades agrícola e econômica.

A soja se adapta a climas tropicais, sendo 30°C a temperatura ideal para seu crescimento e desenvolvimento, entretanto, no momento da germinação a temperatura não deve superar os 20°C. A floração é induzida em ambientes com temperaturas superiores a 13°C e as diferenças das datas de floração acontecem devido à variação dessa temperatura (EMBRAPA, 2013).

A soja é composta, principalmente, por proteínas (38%); lipídios (19%); carboidratos (27%) minerais (5%) como cálcio, fósforo, ferro, potássio, cobre, magnésio, além de água (11%) (KAGAWA, 1995; GUNSTONE, 2011). O grão de soja pode ser utilizado na forma de extratos hidrossolúveis, tofu, carnes, molhos, coberturas, aromatizantes, além de ser matéria-prima para extração de óleos (MONTEIRO, 2003).

A soja pode ser comercializada em diferentes produtos de acordo com a concentração de determinados aminoácidos, sendo a leucina e a lisina os principais constituintes. Farinha desengordurada, concentrado proteico, isolado proteico e proteína texturizada de soja podem ser citados como exemplos (WEINGARTNER, 1987).

Segundo USDA (2017), os maiores produtores de soja de 2012 a 2017 são Brasil, Argentina, China, Índia, Paraguai, Canadá e Estados Unidos. O Brasil é o segundo maior exportador de soja e sua produção para a safra 2016/17 atingiu um recorde de 111,6 milhões de toneladas métricas, ou seja, 15,1 milhões de toneladas a mais que em anos anteriores. A área colhida é aproximadamente 34 milhões de hectares, sendo as regiões de maior produção a Centro-Oeste, Sul e Norte.

Uma parte dessa produção é utilizada como matéria-prima para a extração de óleos. Os quatro maiores produtores mundiais de óleo de soja são China, seguida pelo Estados Unidos, Argentina e Brasil (*INDEX MUNDI*, 2018a), conforme Tabela 1. Segundo a Associação Brasileira das Indústrias de Óleos Vegetais – ABIOVE (2018), no Brasil, o consumo interno de óleo de soja aumentou de 2010 a 2018, chegando a 7900 toneladas.

O óleo de soja é constituído, principalmente por ácidos graxos insaturados, destacando o linoleico, conforme Tabela 2. Os ácidos graxos poli-insaturados ($\omega 3$ e $\omega 6$) presentes no óleo de soja são altamente benéficos para a saúde, pois podem reduzir os níveis de colesterol e LDLc presentes no sangue e neutralizar os níveis da proteína da hepatite C no metabolismo lipídico (SUÁREZ-MAHECHA *et al.*, 2002; MIYOSHI *et al.*, 2011).

O α -linolênico ($\omega 3$) é um ácido graxo importante na prevenção de doenças como hipertensão, arterosclerose, hiperinsulinemia, desordens autoimunes dentre outras (GAO *et al.*, 2013).

Tabela 1. Produção mundial de óleo de soja em 2018.

Ranking mundial	Produção (milhões de toneladas métricas)
China	1827800
Estados Unidos	1045100
Argentina	851000
Brasil	829000
União Européia-27	283100
Índia	163500
Federação Russa	91400
México	90200
Paraguai	74900
Egito	54500
Japão	44200
República Islâmica do Irã	43600
Bolívia	43500
Paquistão	41000
República da China	37500

Fonte: Adaptado de *Index Mundi* (2018a).

Tabela 2. Perfil de ácidos graxos no óleo de soja.

Ácidos graxos	Concentração (%)
Láurico (C12:0)	0-0,1
Mirístico (C14:0)	0-0,2
Palmítico (C16:0)	8-13,5
Estearico (C18:0)	2-5,4
Araquídico (C20:0)	0,1-0,6
Behênico (C22:0)	0-0,7
Lignocérico (C24:0)	0-0,5
Palmitoleico (C16:1)	0-0,2
Oleico (C18:1)	17-30
Gadoleico (C20:1)	0-0,5
Erúcico (22:1)	0-0,3
Linoleico (C18:2)	48-59
α -Linolênico (C18:3)	4,5-11

Fonte: Adaptado do Codex-Stan (2015).

Segundo Santos e Weaver (2018), o ω 3 e o ω 6 são capazes de combater processos inflamatórios combatendo doenças crônicas como a enxaqueca. O linoleico (ω 6) pode reduzir o risco de câncer de acordo com testes realizados *in vitro* e *in vivo* (SASAZUKI *et al.*, 2011; SASAZUKI *et al.*, 2012) e também é conhecido por exercer efeito anti-inflamatório (MILES; CALDER, 2012).

Outros compostos minoritários, porém, importantes que estão presentes no óleo de soja são os fitosteróis (β -sitosterol, campesterol e estigmasterol) (CODEX-STAN, 2015). O óleo de soja apresenta algumas vantagens quando comparado com

outros óleos vegetais, destacando-se a alta produção brasileira do grão, o baixo custo de fabricação do óleo e preço de venda acessível. Por outro lado, também apresenta algumas desvantagens, como a baixa estabilidade oxidativa devido à presença dos ácidos poli-insaturados que fazem com que o óleo se oxide facilmente (GUNSTONE, 2011). Por isso, o óleo de soja não é indicado para processos envolvendo elevadas temperaturas (O'BRIEN, 1998).

3.1.2. Girassol

O girassol (*Helianthus annuus* L.) surgiu pela primeira vez como uma cultura oleaginosa no Paquistão em 1960. O cultivo inicial era de aproximadamente 6664 hectares, com uma produção de 482 toneladas (HUSSAIN *et al.*, 2017). O plantio é realizado em solos com temperaturas maiores que 10°C e o crescimento e desenvolvimento são ótimos em uma faixa de 26-29°C. Temperaturas menores que 10°C fazem com que o desenvolvimento do plantio seja lento, enquanto temperaturas maiores que 29°C podem danificar o crescimento e composição nutricional (SEILER; GULYA, 2016; HUSSAIN *et al.*, 2017). Com o aquecimento global, várias espécies de girassol sofreram mudanças em sua fenologia (YANG *et al.*, 2014).

De acordo com USDA (2018), a semente de girassol é composta por água (4%), proteínas (20%), carboidratos (20%), lipídios (50%), fibras (6%). É rica em minerais como fósforo, potássio, cobre e magnésio, além de possuir vitaminas A, B, C e E. É utilizada principalmente como matéria-prima para a produção de óleo, entretanto, pode também ser usada na fabricação de farinhas, bolos, doces de confeitaria e como ração para gado e aves. Além disso, as sementes quando torradas e temperadas podem ser servidas como aperitivo. A casca do girassol pode ser queimada e se tornar fonte de calor para grandes indústrias (SEILER; GULYA, 2016).

Segundo a *Food and Agriculture Organization of the United Nations* - FAO (2016), os maiores produtores de sementes de girassol são Ucrânia (13 milhões de toneladas), seguida da Federação Russa (11 milhões de toneladas), Argentina (3 milhões de toneladas), China (2,5 milhões de toneladas), Bulgária (1,8 milhões de toneladas) e Turquia (1,6 milhões de toneladas).

O cultivo da semente de girassol no Brasil ainda é pequeno quando comparado ao de soja, porém, a média anual é de 1500 kg/ha, sendo Mato Grosso, Minas Gerais, Goiás, Rio Grande do Sul, Mato Grosso do Sul, Rondônia, Paraná, Bahia e Ceará, os principais estados produtores (EMBRAPA, 2018). Mundialmente, a Ucrânia é também a maior produtora de óleo de girassol, seguida pela Federação Russa e União Européia (*INDEX MUNDI*, 2018b), enquanto o Brasil se encontra na 15ª posição, conforme Tabela 3.

Tabela 3. Produção mundial de óleo de girassol em 2018.

Ranking mundial	Produção (milhões de toneladas métricas)
Ucrânia	655800
Federação Russa	446000
União Européia-27	346500
Argentina	146500
Turquia	89000
China	71700
África do Sul	34800
Cazaquistão	24700
Sérvia	21200
Estados Unidos	19900
Birmânia	13100
Índia	11800
República Islâmica do Irã	6800
República da Moldávia	6600
Brasil	5800

Fonte: Adaptado de *Index-Mundi* (2018b).

O óleo de girassol pode ser classificado em três grupos, que se diferenciam devido à variação genética e perfil de ácidos graxos do grão. De acordo com Zheljzakov *et al.* (2010), os grupos são: óleo tradicional (14-39% de ácido oleico); médio oleico (42-72% de ácido oleico) e alto oleico (75-91% de ácido oleico). Os outros ácidos graxos presentes no óleo e suas concentrações estão apresentados na Tabela 4.

O óleo de girassol médio oleico quando comparado a outros óleos vegetais, apresenta elevadas estabilidades oxidativa e térmica devido à grande quantidade de ácido oleico (SEILER; GULYA, 2016). Outros componentes minoritários presentes são campesterol, β -sitosterol, α -tocoferol, β -tocoferol, etc. (CODEX-STAN, 2015). Apresenta cor clara e sabor suave, elevado ponto de fumaça e é principalmente utilizado como molho para saladas e em fritura, além de ser ingrediente para

fabricação de manteigas e margarinas (SÁNCHEZ-MUNIZ; BASTIDA; BENEDÍ, 2016; MUNDER; ARGYROPOULOS; MULLER, 2017).

Tabela 4. Perfil de ácidos graxos no óleo de girassol médio oleico.

Ácidos graxos	Concentração (%)
Mirístico (C14:0)	0-1
Palmítico (C16:0)	4-5,5
Margárico (C17:0)	0-0,05
Esteárico (C18:0)	2,1-5
Araquídico (C20:0)	0,2-0,4
Behênico (C22:0)	0,6-1,1
Lignocérico (C24:0)	0,3-0,4
Palmitoleico (C16:1)	0-0,5
Heptacenoico (C17:1)	0-0,05
Oleico (C18:1)	42-72
Gadoleico (C20:1)	0,2-0,3
Docosadienoico (C22:2)	0-0,09
Linoleico (C18:2)	18,7-45,3
α -Linolênico (C18:3)	0-0,5

Fonte: Adaptado de Codex-Stan (2015).

3.1.3. Coco

O coqueiro (*Cocos nucifera* L.) é uma palmeira que fornece alimento para o homem e emprego para milhares de agricultores das regiões tropicais e subtropicais do mundo. É multi utilitário, pois desempenha papel importante na comunidade agrícola e econômica, no setor industrial, alimentício e medicinal. Consequentemente, o coqueiro é conhecido como a árvore da vida e seu fruto, o coco, como o fruto do desejo (DEBMANDAL; MANDAL, 2011; NITIBANI *et al.*, 2016).

O cultivo do coqueiro depende do tipo de solo, declive e da distribuição de chuvas. Existem dois grupos distintos de coqueiro, o anão e o alto. As variedades do coqueiro anão levam de 4 a 5 anos para crescerem e as inflorescências do coco aparecem de 2 a 4 anos de idade podendo ser amarela, vermelha, verde e laranja, dependendo da espécie. Enquanto que, o coqueiro alto leva de 6 a 10 anos para atingir o crescimento ideal e o seu fruto surge entre os 5 a 7 anos de idade, sendo sua fibra, polpa e óleo de boa qualidade (DEMANDAL; MANDAL, 2011; YAHIA, 2011).

O coco fresco é composto por um endosperma sólido e água. A polpa seca pode ser usada para a fabricação do óleo, leite, doces, caramelo, *chutney* entre outras propostas culinárias (DEMANDAL; MANDAL, 2011). Os compostos presentes

de maior abundância são glicose, frutose, sacarose, sódio, potássio, fósforo, cálcio, magnésio, polifenol-oxidase, peroxidase, alanina, glicina, lisina, arginina, serina, triptofano, vitaminas C e do complexo B (B1, B2, B3, B5), além de ácidos acético, málico e cítrico (YONG *et al.*, 2009; NEPA-UNICAMP, 2011; PRADES *et al.*, 2012).

A produção do coco ocorre em grande escala nos trópicos e subtropicais da Índia, das Filipinas, da Malásia, do Sri Lanka, do Oceano Índico e das Ilhas do Pacífico Sul. Na Índia, o cultivo acontece nos estados do Sul e desempenha papel importante na economia agrária (JAYAKUMAR; JANAPRIYA; SURENDRAN, 2017). banhada pelo oceano Índico, a Indonésia, é a maior cultivadora de coqueiros, além da Malásia e Índia. Este país, considerado o maior arquipélago do mundo, utiliza aproximadamente 50% da produção total de coco, com uma variedade pequena de produtos quando comparado, por exemplo, com as Filipinas que possui em torno de 100 diferentes produtos provenientes do fruto (NITIBANI *et al.*, 2016).

O Brasil é o quarto maior produtor mundial de coco com uma produção aproximada de 2,8 milhões de toneladas, em uma área colhida de 257 mil hectares (EMBRAPA, 2014). Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE (2017), a região de maior participação no plantio da safra 2016/2017 foi o Nordeste com cerca de 80% da produção total, sendo a Bahia a maior produtora, seguida do Ceará e Sergipe.

De acordo com *Index Mundi* (2018c), a maior produção de óleo de coco é proveniente das Filipinas, seguido da Indonésia, Índia e Vietnã, como mostrado na Tabela 5.

A utilização do óleo de coco tem aumentado devido aos possíveis efeitos na saúde e maior estabilidade oxidativa, ocasionada principalmente pelos ácidos graxos saturados de cadeia média, majoritariamente o ácido láurico (C12:0) com aproximadamente 50% do total de ácidos graxos (NITIBANI *et al.*, 2016). Os demais ácidos graxos presentes no óleo de coco e suas concentrações são mostrados na Tabela 6.

A composição em ácidos graxos do óleo de coco contribui para o bom funcionamento do corpo humano, além de auxiliar na absorção de outros nutrientes como vitaminas e minerais. Por ser rico em ácidos graxos de cadeia média, o óleo de coco é rapidamente hidrolisado por lipases.

Tabela 5. Produção mundial de óleo de coco no ano de 2018.

Ranking mundial	Produção (milhões de toneladas métricas)
Filipinas	173000
Indonésia	89000
Índia	46000
Vietnã	18000
México	13700
Sri Lanka	4400
Papua Nova Guiné	4200
Tailândia	3100
Malásia	2500
Costa do Marfim	2000
Moçambique	1200
Tanzânia	1000
Nigéria	700
Gana	600
Samoa	200

Fonte: Adaptado de *Index Mundi* (2018c).

Tabela 6. Perfil de ácidos graxos no óleo de coco.

Ácidos graxos	Concentração (%)
Capróico (C6:0)	0,7
Caprílico (C8:0)	4,6-10
Cáprico (C10:0)	5-8
Láurico (C12:0)	45,1-53,2
Mirístico (C14:0)	16,8-21
Palmítico (C16:0)	7,5-10,2
Esteárico (C18:0)	2-4
Araquídico (C20:0)	0-0,2
Gadoleico (C20:1)	0-0,2
Oleico (C18:1)	5-10
Linoleico (C18:2)	1-2,5
α -Linolêico (C18:3)	0-0,2

Fonte: Adaptado de Codex-Stan (2015); Marina, Che Man e Nazimah (2009).

A presença de ácido láurico, que é facilmente transportado para o fígado e convertido em energia ou outros metabólitos (corpos cetônicos), torna o óleo de coco facilmente digerido (DAYRIT, 2015; RIBEIRO, 2017).

Na Índia, o coco é valioso e muito apreciado devido aos benefícios medicamentosos. A medicina *Ayurvedic* acredita que o uso de óleo, leite, creme e água de coco auxilia no tratamento de queda de cabelo, problemas cardíacos e queimaduras (DEBMANDAL; MANDAL, 2011). De acordo com pesquisas científicas e alguns estudos que utilizaram testes *in vivo*, o óleo de coco é responsável por reduzir o LDLc e VLDL, aumentar o HDLc em soros e tecidos (NEVIN;

RAJAMOHAN, 2004; RIBEIRO, 2017), possuir ação antioxidante (NEVIN; RAJAMOHAN, 2004; NEVIN; NAJAMOHAN, 2006; DAYRIT, 2015), efeito antitrombótico (NEVIN; RAJAMOHAN, 2006; NEVIN; RAJAMOHAN, 2008; FAMUREWA *et al.*, 2017) e efeito anti-inflamatório (VYSAKH *et al.*, 2014; RIBEIRO, 2017).

De acordo com Fernando *et al.* (2015), o uso do óleo de coco pode ajudar na prevenção e no tratamento de pacientes com *alzheimer*, pois os corpos cetônicos gerados através do ácido láurico são fontes de energia alternativa para o cérebro. Além disso, o óleo de coco é mais estável ao processo de oxidação, devido ao seu perfil de ácidos graxos. Entretanto, apesar do óleo de coco possuir alto valor agregado, apresenta elevado custo para o consumidor, tornando-se inviável para fins alimentícios (O'BRIEN, 1998).

3.1.4 Óleos compostos

Um óleo composto é definido como uma mistura de dois ou mais tipos de óleos, que tem por intuito conferir melhorias nas características nutricionais, ampliar a diversidade de ácidos graxos presentes, aumentar a estabilidade oxidativa, modificar as características físico-químicas, oferecer ao consumidor produtos de menores custos, dentre outros (BRASIL, 2005; O'BRIEN, 2008).

Roiaini, Ardianne e Norhayati (2015) estudaram os óleos compostos de canola, oliva e palma em diferentes proporções. O óleo composto de com 20% de palma com canola conferiu maior estabilidade oxidativa, além de baixo índice de peróxidos e menor valor de ácidos graxos livres, podendo ser indicado em frituras.

Hyesook, Eunji e Kwang-Geun (2014) elaboraram óleo composto a partir de canola e palma em diferentes proporções, para fritar 50 bateladas de batatas. A proporção canola:palma, 3:7 v/v, obteve a maior estabilidade oxidativa, e o menor índice de peróxidos, além de conferir batatas fritas com melhor aroma, sabor e textura, sendo, assim, considerada a melhor alternativa para fritura.

Veronezi e Jorge (2018) formularam óleos compostos com soja, mamão e melão em diferentes proporções e os submetem a termoxidação. Os óleos compostos apresentaram menores porcentagens de ácidos graxos livres, maior estabilidade oxidativa, além de reter melhor os tocoferóis em relação aos óleos puros.

3.2. Oxidação lipídica

A oxidação em óleos, gorduras e alimentos à base de lipídios acontece, primeiramente, nos mecanismos fisiológicos provenientes das matérias-primas. A deterioração destes produtos pode surgir tanto no aquecimento, quanto na estocagem a longo prazo (POKORNY, 2001). A oxidação é um processo prejudicial aos sistemas alimentares, uma vez que é responsável pelo desenvolvimento de sabores e odores desagradáveis. Os componentes minoritários dos alimentos, como as vitaminas lipossolúveis e os ácidos graxos essenciais podem se decompor e formarem novos compostos tóxicos à saúde. (SILVA; BORGES; FERREIRA, 1999).

Ao ingerir produtos alimentícios já oxidados, pode ocorrer uma diminuição da quantidade de antioxidante dentro do organismo, aumentando assim, o risco de doenças (KOLAKOWSKA; BARTOSZ, 2014). Portanto, é importante a prevenção de todas as formas de oxidação de óleos e gorduras, que pode ser realizada por vários métodos, como o uso de embalagens adequadas para inibir a entrada de oxigênio, inativação de enzimas que catalisam a oxidação, redução de pressão de oxigênio (POKORNY, 2001), impedimento de contato com temperaturas elevadas. A eliminação de substâncias pró-oxidantes e o bloqueio da formação de radicais livres por meio de antioxidantes também minimizam a oxidação (MELO; GUERRA, 2002; CHOE; LEE; MIN, 2005).

3.2.1. Enzimática

A oxidação enzimática acontece pela ação da lipoxigenase ou álcool-dehidrogenase. A enzima atua sobre os ácidos graxos poli-insaturados (linoleico, α -linolênico e araquidônico), que catalisam a adição de oxigênio à cadeia hidrocarbonada poli-insaturada. A oxidação forma radicais livres intermediários que, catalisados pela enzima podem oxidar compostos minoritários, como os carotenoides e polifenóis, modificando, então, a coloração do produto (SILVA; BORGES; FERREIRA, 1999).

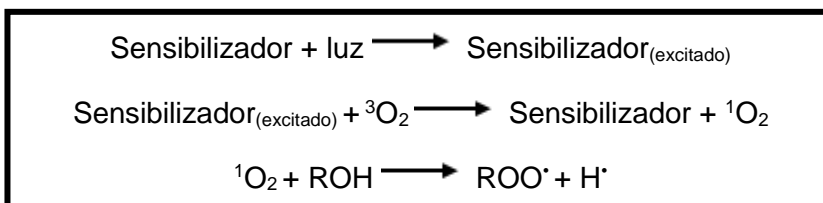
As enzimas, como as lipases, também podem provocar reações hidrolíticas, e conseqüentemente o aparecimento de ácidos graxos livres, que aumentam a acidez do óleo e, em menor quantidade, produzem as metilcetonas e lactonas que são responsáveis pela produção de aromas desagradáveis (O'BRIEN, 1998). Para minimizar a oxidação lipídica é necessário diminuir as incidências dos fatores que a

favorecem. Portanto, pode-se evitar que os lipídios sejam expostos a temperaturas altas, ambientes com luz solar e umidade, além de adicionar antioxidantes que protegem os ácidos graxos da degradação (JORGE, 2009).

3.2.2. Fotoxidação

O mecanismo de fotoxidação de ácidos graxos insaturados é promovido essencialmente na presença de luz e fotossensibilizadores (clorofila, porfirinas, mioglobina, riboflavina, bilirrubina, eritrosina, rosa bengala, dentre outros). Essas substâncias absorvem a energia luminosa de comprimento de onda na faixa do visível e a transferem para o oxigênio tripleto ($^3\text{O}_2$), gerando o estado singlete ($^1\text{O}_2$) (KOLAKOWSKA; BARTOSZ, 2014). Assim, o $^1\text{O}_2$ reage diretamente com as ligações duplas por adição, formando hidroperóxidos diferentes dos que se observam na ausência de luz e de sensibilizadores, e que por degradação posterior originam aldeídos, álcoois e hidrocarbonetos (Figura 1) (SHAHIDI, 2005).

Figura 1. Processo de fotoxidação.



Fonte: Adaptado de Shahidi (2005).

Existem dois tipos de reações induzidas pela luz, a reação fotossensibilizada e a fotoinduzida. A fotossensibilizada absorve energia e não sofre alteração química permanente, enquanto na fotoinduzida, a energia ultravioleta UV produz espécies reativas que iniciam uma nova reação (GORDON, 2001).

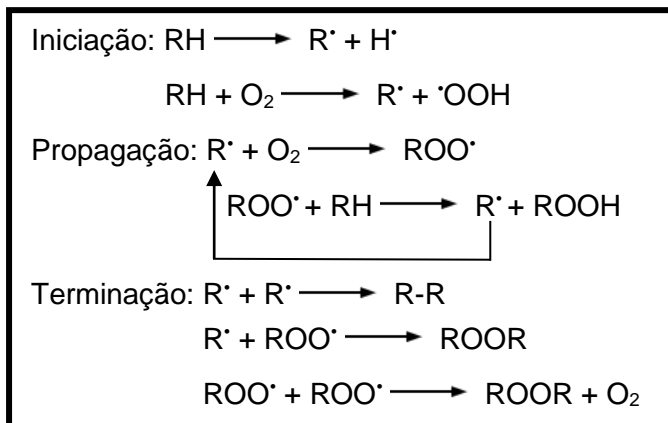
3.2.3. Autoxidação

A autoxidação é conhecida como a reação espontânea do oxigênio atmosférico com os lipídios que leva à deterioração oxidativa. Portanto, é o principal mecanismo de oxidação de óleos e gorduras (WENG; WANG, 2000). Em óleos vegetais com alto teor de cadeias poli-insaturados, a presença de ácidos graxos livres, aumenta o potencial de autoxidação, uma vez que, ao entrar em contato com

a luz e um sensibilizador (clorofila), a deterioração oxidativa se inicia com a ativação do oxigênio (GORDON, 2001).

A autoxidação é definida como um processo de reação em cadeia que envolve três diferentes etapas, conforme ilustradas na Figura 2 (KOLAKOWSKA; BARTOSZ, 2014). Inicialmente, os radicais livres são formados a partir da retirada de um hidrogênio do carbono alílico na molécula de ácido graxo insaturado livre, que acontece na presença de luz, calor, radiação UV, íons metálicos ou metaloproteínas, originando moléculas com elétrons não pareados (MELO; GUERRA, 2002). Nesta etapa do processo, há baixo consumo de oxigênio e pequena formação de peróxidos que não alteram o sabor ou o odor dos óleos (GORDON, 2001).

Figura 2. Rota clássica da autoxidação lipídica.



Fonte: Adaptado de Chaiyasit *et al.* (2007).

Após a formação dos radicais livres (R^{\bullet}), inicia a etapa de propagação. Nessa etapa, o radical reage com o oxigênio (O_2) e forma o radical peroxila (ROO^{\bullet}). Posteriormente, o átomo de hidrogênio do carbono α -metilênico é capturado, pelo radical peroxila, formando hidroperóxidos ($ROOH$) e radical alila (R^{\bullet}). Esta é uma reação em cadeia que pode acontecer inúmeras vezes, dependendo da formação de radicais livres peroxila (JORGE, 2009).

Na etapa final, a terminação, há uma redução da quantidade de ácidos graxos insaturados e formação de compostos reativos, que se interagem para formarem compostos estáveis como os éteres, álcoois, hidroperóxidos, cetonas, hidrocarbonetos e aldeídos. Os produtos formados são responsáveis pelo surgimento de odores e sabores desagradáveis, além de alterarem a cor, viscosidade e composição lipídica do alimento (SHAHIDI, 2005).

3.2.4. Oxidação térmica

Óleos vegetais são frequentemente utilizados em processos envolvendo elevadas temperaturas. O processo de termoxidação é semelhante à fritura, porém, sem a presença de alimento, ou seja, sem os componentes e a umidade presentes nos alimentos (JORGE, 1997).

A fritura de alimentos é um dos métodos de cozimento mais antigos, estudos comprovam que, desde o velho testamento, em aproximadamente, 600 a.C., há citações referentes à fritura. Além disso, no primeiro século d.C., autores romanos já descreviam a fritura de ovos. Os alimentos fritos estão disponíveis em todo o mundo, e são diariamente associados a uma má alimentação, denominada *junk food* (MORTON, 1998).

O processo de fritura consiste na imersão do alimento em um banho de óleo ou gordura que esteja em altas temperaturas (KOH; SURH, 2015). Este processo é bastante complexo. Durante a fritura, diversos componentes presentes nos alimentos podem ser perdidos, tanto por lixiviação como a umidade, ou mesmo degradados como o ácido ascórbico. Além disso, podem ocorrer mudanças físicas e químicas no óleo. As mudanças físicas são aumento de viscosidade, escurecimento da cor, formação de espuma e diminuição do ponto de fumaça. Enquanto, as mudanças químicas são hidrólise, oxidação, polimerização, diminuição da instauração de ácidos graxos e decomposição de compostos em peróxidos, aldeídos, epóxidos e acrilamida, que podem agravar o risco de obesidade e outras doenças (CAMIRE; KUBOW; DONNELLY, 2009; LI *et al.*, 2009; GHIDURUS *et al.*, 2010). Por outro lado, esse processo promove a formação de características sensoriais desejadas no alimento, como sabor, cor característica, sensação de saciedade e textura crocante (VAUVRE *et al.*, 2014).

A qualidade do produto final, após a fritura, está diretamente ligada a qualidade do óleo utilizado. O alimento frito pode absorver de 5 a 40% do óleo de fritura, dependendo do tipo de alimento (ROSSEL, 1998). Para melhorar a qualidade do óleo, aumentando sua estabilidade oxidativa e durabilidade, algumas técnicas podem ser implementadas, como o uso de óleos compostos, a busca por novas espécies de vegetais que produzam óleos mais estáveis ou o uso de antioxidantes sintéticos e naturais (CHAMMEM *et al.*, 2015).

3.3. Análises nos óleos e nas batatas fritas

A comercialização de óleos e gorduras precisa atender à diversas especificações, logo, são necessários métodos analíticos de avaliação para parâmetros específicos. Os parâmetros físicos e químicos dependem da matéria-prima, sua condição de cultivo, processamento e composição química dos triacilgliceróis presentes (SHAHIDI, 2005).

A *American Oil Chemists' Society* (AOCS) publica métodos oficiais e práticas recomendadas para a avaliação da qualidade dos óleos e gorduras, bem como, de alimentos produzidos por essa matéria-prima (DIIJKSTRA, 2016). Óleos e gorduras se alteram facilmente quando estocados, se degradam e podem formar compostos tóxicos, portanto, é necessário analisá-los e verificar se estão aptos ao uso. Os parâmetros mais utilizados para medida de oxidação lipídica são: análises de ácidos graxos livres, peróxidos, *p*-anisidina, valor total de oxidação (Totox), ácidos dienólicos conjugados, compostos polares e estabilidade oxidativa, entre outros. Outras análises podem ser realizadas para verificar a presença de antioxidantes que evitam a oxidação como compostos fenólicos e carotenoides.

3.3.1. Propriedades físico-químicas

Ácidos graxos livres

A quantidade de ácidos graxos livres é dependente da qualidade inicial da matéria-prima, processamento e das condições de conservação. A quantificação de ácidos graxos livres pode revelar o estado de conservação do óleo, uma vez que, a decomposição dos glicerídeos é acelerada pelo aquecimento e pela luz. O valor dos ácidos graxos livres, medidos em % de ácido oleico, palmítico ou láurico. É possível calcular o índice de acidez multiplicando o valor obtido em oleico por 1,99 e o resultado será expresso em mg KOH/g (FARHOOSH; EINAFSHAR; SHARAYEI, 2009). Segundo a AOCS (2009), o índice de acidez é definido como o número de miligrama de hidróxido de potássio necessário para neutralizar um grama da amostra. O método pode ser aplicado a óleos brutos e refinados, por meio de titulação, com solução álcali-padrão. De acordo com o Codex-Stan (2015), o valor máximo de índice de acidez permitido é de 0,6 mg KOH/g óleos refinados.

Khan *et al.* (2011) encontraram os valores de 0,9; 1,6 e 0,5% de ácidos graxos livres, em oleico, para óleos compostos por coco virgem:sésamo (1:1, v/v);

coco refinado:sésamo (1:1, v/v) e coco refinado:oleína de palma (1:1, v/v), respectivamente. Por outro lado, Marina, Che Man e Nazimah (2009) encontraram para o óleo de coco virgem de diferentes marcas valores de 0,15 a 0,25%, em oleico.

Coimbra, Del Ré e Jorge (2009) ao analisarem o óleo de soja após teste acelerado em estufa a 65°C/12 dias, encontraram valores de 0,07 a 0,19% de ácidos graxos livres, em oleico. Coimbra e Jorge (2011) avaliando os óleos das polpas de guariroba, jerivá e macaúba encontraram 4,73; 2,07 e 9,43% de ácidos graxos livres em oleico, respectivamente. Costa-Singh, Bitencourt e Jorge (2012) analisaram o óleo da castanha de cutia e obtiveram 0,35% de ácidos graxos livres, em oleico.

Índice de peróxidos

Quando um óleo é armazenado inadequadamente pode-se deteriorar por meio da oxidação, sendo o peróxido um dos produtos formados. A quantificação de peróxidos é uma medida utilizada no controle de qualidade de óleos e gorduras e os resultados obtidos podem variar de acordo com os procedimentos de extração, refino e armazenamento, devido a temperatura, disponibilidade de oxigênio, relação superfície/volume do óleo, etc. (NAWAR, 2007; AKINOSO; ABOABA; OLAYANJU, 2010). De acordo com Shahidi (2005), o índice de peróxidos é responsável por quantificar os compostos primários da oxidação, de forma limitada aos estágios iniciais, uma vez que pode haver instabilidade dos produtos medidos. Quanto maior o índice de peróxidos, maior será sua fragilidade em relação às reações de oxidação (WHITE, 2000).

Segundo a AOCS (2009), para a determinação do índice de peróxidos, dois métodos podem ser utilizados, o iodométrico e o potenciométrico. No teste iodométrico é utilizada a solução ácido acético:clorofórmio (3:2, v/v), enquanto no outro, a solução é feita com ácido acético:isooctano (3:2, v/v). Nesta determinação analítica é medido o iodo liberado a partir do iodeto de potássio após reação com os peróxidos, determinando as substâncias em termos de miliequivalentes de oxigênio por quilograma de amostra que oxidam o iodeto de potássio (CIRLINI *et al.*, 2012). De acordo com o Codex-Stan (2015), o máximo permitido para óleos refinados e virgens ou prensados a frio é de 10 e 15 meq/kg, respectivamente.

Khan *et al.* (2011) obtiveram 6,2; 5,4 e 0,6 meq/kg para o índice de peróxidos de três tipos de óleos compostos: coco virgem:sésamo (1:1, v/v); coco refinado:sésamo (1:1, v/v) e coco refinado:palma (1:1, v/v), respectivamente, em 15 horas de fritura a 175°C e relação (S/V) de 0,3/cm. Jorge *et al.* (2005), após fritarem produto cárneo empanado a 180°C/7,5 h com relação S/V de 1/cm, encontraram 33,63 e 33,44 meq/kg para os óleos de girassol e soja, respectivamente.

Silva e Jorge (2012) estudando o óleo de soja sob estocagem em estufa acelerada a 60°C/15 dias, e relação S/V de 0,4/cm, obtiveram índices de peróxidos de 1,45 a 71,28 meq/kg. Corsini e Jorge (2006) realizaram fritura de mandioca palito em óleo de girassol a 180°C e relação S/V 0,2/cm e encontraram de 3,4 a 6,1 meq/kg. Estudos realizados com os óleos da polpa de guariroba, jerivá e macaúba mostraram valores de 199,9; 15,33 e 0,56 meq/kg, respectivamente (COIMBRA; JORGE, 2011).

Índice de ρ -anisidina

O índice de ρ -anisidina mede os produtos secundários de oxidação após a formação de hidroperóxidos (LAGUERRE; LECOMTE; VILLENEUVE, 2007). Segundo Dijkstra (2016), quando os produtos primários se decompõem, pode haver formação de aldeídos e cetonas, como 2,4-dienal e 2-alquenal. Esses compostos podem reagir com a ρ -anisidina formando um produto amarelo. Define-se o índice de ρ -anisidina como sendo 100 vezes o valor da absorvância, medida a 350 nm, de uma solução resultante da reação de um grama de lipídio em 100 mL de solvente que contem a ρ -anisidina. É um teste que se correlaciona com as determinações de ácidos dienoicos conjugados e compostos polares totais (HOUHOULA; OREOPOULOU; TZIA, 2002). Quando o valor do índice de ρ -anisidina é inferior a 10, considera-se um óleo de boa qualidade (GUILLÉN; CABO, 2002).

Marina, Che Man e Nazimah (2009) obtiveram resultados de ρ -anisidina que variam de 0,16 a 49 para óleo de coco virgem de diferentes marcas. Lamas *et al.* (2014) encontraram para o óleo de girassol bruto 3,67. Dias, Menis e Jorge (2015) em teste de estufa acelerada a 60°C/10 dias com relação S/V 0,3/cm obtiveram para óleo de soja valores abaixo de 4,3. Yu, Cho e Hwang (2018) realizaram fritura de batata *chips* a 180°C com o óleo de coco refinado e obtiveram nos tempos 0, 2 e 4 horas os valores 1; 4,7 e 7,3.

Valor total da oxidação (Totox)

O totox é uma medida da oxidação total, que leva em consideração a formação de produtos primários e secundários da oxidação. É definido como a soma do valor de *p*-anisidina e duas vezes o valor de peróxidos (WAI; SAAD; LIM, 2009). Uma matéria graxa bem conservada deve apresentar um valor totox inferior a 10 (BERSET; CUVELIER, 1996; JORGE, 2009). Segundo Dias, Menis e Jorge (2014), o óleo de soja submetido a teste de estufa acelerada a 60°C por 20 dias, apresentou de 4,3 a 141,6 de totox.

Ácidos dienoicos conjugados

Ácidos dienoicos conjugados é um índice não específico de medição de radicais livres provenientes da oxidação lipídica (IVERSEN *et al.*, 1984). A peroxidação dos ácidos graxos insaturados acompanha uma mudança na localização da dupla ligação e na formação dos hidroperóxidos conjugados, fazendo com que a estrutura absorva a luz ultravioleta no comprimento de onda de 232 a 234 nm (SHAHIDI, 2005).

Jorge, Veronezi e Del Ré (2015) termoxidaram o óleo de soja a 180°C/15 horas com relação S/V de 0,4/cm e obtiveram resultados de 0,51 a 2,35% de ácidos dienoicos conjugados. Silva e Jorge (2012) analisaram o óleo de soja por meio de teste em estufa acelerada em um período de 15 dias, com relação S/V de 0,4/cm e obtiveram de 0,34 a 1,07% de ácidos dienoicos. Corsini e Jorge (2006), em fritura de mandioca palito com óleo de girassol a 180°C e relação S/V 0,2/cm encontraram nos tempos 0, 5, 10 e 15 horas, os valores de 0,51; 1,22; 1,68 e 1,67% de ácidos dienoicos conjugados, respectivamente.

Yu, Cho e Hwang (2018) realizaram fritura de batata *chips* em óleo de coco refinado a 180°C e obtiveram nos tempos 0, 2 e 4 horas os valores 4,5; 5,6 e 6,8%, respectivamente.

Compostos polares totais

A análise de compostos polares totais é indicadora da qualidade do óleo, fornecendo uma medida precisa sobre a extensão da deterioração e oxidação da matéria-prima. Durante a fritura, uma variedade de reações químicas acontece resultando na formação de compostos polares e não polares. Portanto, esta medida

é comumente utilizada para avaliar diversos tipos de óleos vegetais que passam por um tempo prolongado de aquecimento (GIL; CHO; YOON, 2004; CHEN *et al.*, 2013).

Inicialmente, a medição de compostos polares era realizada por meio de coluna cromatográfica e a sílica utilizada no processo deveria ser padronizada para que a separação dos compostos polares e triacilgliceróis fosse completa (AOAC, 1984). A AOCS (2009), também determina que a medida seja realizada em coluna cromatográfica na qual a porcentagem dos compostos polares é eluída da amostra, através da sílica e calculada em porcentagem por diferença de peso do material eluído.

De acordo com Lee (2009), Paul e Mittal (1997), em diversos países (americanos, europeus e asiáticos), um óleo deve ser descartado, caso ultrapasse 25% de compostos polares totais após processo de aquecimento.

Jorge *et al.* (2005) determinaram os compostos polares em óleos de fritura a 180°C e relação S/V de 1/cm e encontraram para os óleos de girassol e soja, inicialmente, 3,10 e 5,09%, e, após 7,5 horas, 63,37 e 26,49%, respectivamente. Corsini e Jorge (2006) realizaram fritura de mandioca palito em óleo de girassol a 180°C e relação S/V 0,2/cm e encontraram nos tempos 0, 5, 10 e 15 horas os valores de 2,41; 7,43; 10,33 e 12,12%, respectivamente.

Luzia e Jorge (2013) termoxidaram óleo de soja a 180°C/15 horas com relação S/V de 0,4/cm e obtiveram de 4,43 a 35,5%, enquanto que Jorge, Veronezi e Del Ré (2015), nas mesmas condições, obtiveram de 4,12 a 23,52%. Casarotti e Jorge (2012), por meio da termoxidação do óleo de soja a 180°C/20 horas e relação S/V 0,4/cm, obtiveram de 1,38 a 33,16% de compostos polares.

Índice de refração

O índice de refração é característico de cada tipo de óleo ou gordura, portanto, possuem, teores de refringência diferentes de acordo com sua natureza e, conseqüentemente, desviam os raios luminosos que os atravessam com menor ou maior intensidade. O índice se baseia na relação entre a velocidade da luz no ar e no meio, constituído pela substância, ou seja, é a relação existente entre o seno do ângulo de incidência e o seno do ângulo de refração (GUNSTONE, 2011). Segundo Cecchi (2003), conforme o comprimento e o grau de instauração da cadeia

hidrocarbonada aumentam, o índice de refração também aumenta, entretanto, decresce, com o aumento da densidade do meio e da temperatura.

Jorge *et al.* (2005) analisaram os óleos de soja e girassol, quanto aos seus índices de refração a 40°C e obtiveram os resultados 1,4671 e 1,4679, respectivamente.

Índice de iodo

O grau de instauração dos óleos e gorduras pode ser medido por meio do índice de iodo, no qual a dupla ligação do ácido graxo pode incorporar dois átomos de halogênio. Logo, quanto maior a instauração, maior a capacidade de absorção de iodo, e, portanto, maior o índice (JORGE, 2009). Os óleos vegetais podem ser classificados, segundo o índice de iodo, em secativos (maior que 130 g I₂/100 g), semi secativos (115-130 g I₂/100 g) e não secativos (menor que 115 g I₂/100 g) (VAN DE MARK; SANDEFUR, 2009).

Segundo Gopinath, Puhan e Nagarajan (2009) o índice de iodo para o biodiesel de óleo de soja e girassol foi de 120,52 e 136 g I₂/100 g, respectivamente. Tomasevic e Siler-Marinkovic (2003) encontraram para o óleo de girassol aquecido a 180°C por um período de 16 horas um índice de iodo de 119 g I₂/100 g.

Índice de saponificação

O índice de saponificação está ligado ao peso molecular médio de todos os ácidos graxos e representa a quantidade em gramas de hidróxido de potássio necessária para saponificar 1 grama de óleo (GUNSTONE, 2011). A reação de saponificação pode ser usada para determinar se os óleos estão de acordo com suas especificações, identificando possíveis fraudes e adulterações (RIBEIRO; SERAVALLI, 2007).

De acordo com Toscano *et al.* (2012), os óleos de soja e girassol refinados apresentaram índice de saponificação de 190,1 e 193,5 mg KOH/g, respectivamente. Por outro lado, Tomasevic e Siler-Marinkovic (2003) encontraram para o óleo de girassol aquecido a 180°C por 16 horas um índice de 195 mg KOH/g.

Estabilidade oxidativa

O índice de estabilidade oxidativa durante e após qualquer processamento, é uma característica fundamental para a qualidade dos óleos vegetais, tanto nos

aspectos tecnológicos como nutricionais (FRANCO *et al.*, 2018). É definido como o tempo necessário para atingir um nível de rancidez detectável na mudança da taxa de oxidação (ANTONIASSI, 2001). Segundo Dijkstra (2016), a estabilidade oxidativa pode ser analisada por meio do equipamento Rancimat, no qual as amostras são mantidas a uma temperatura definida, o ar é borbulhado a uma determinada taxa, e há a detecção da condutividade elétrica. O período, de indução medido em horas, corresponde ao ponto de condutividade elétrica e abaixo deste ponto, praticamente não existe formação de compostos secundários da oxidação, enquanto que, acima do mesmo ocorre rápido aumento da taxa de oxidação, do índice de peróxidos, da absorção de oxigênio e da formação de voláteis (ANTONIASSI, 2001).

Corsini e Jorge (2006) analisaram a estabilidade oxidativa do óleo de girassol durante fritura de mandioca palito a 180°C e relação S/V 0,2/cm e encontraram, inicialmente, 10,43 horas. Após 15 horas de fritura, o valor encontrado foi de 7,74 horas. Jorge, Veronezi e Del Ré (2015) obtiveram para o óleo de soja, sob termoxidação a 180°C e relação S/V 0,4/cm os valores inicial e após 15 horas 10,57 e 2,2, respectivamente. Segundo Casarotti e Jorge (2012), o óleo de soja termoxidado a 180°C com relação S/V 0,4/cm obteve nos tempos 0 e 20 horas os valores de 14,83 e 3,49 h.

Segundo Coimbra e Jorge (2011), os óleos da polpa dos cocos guariroba, jervá e macaúba apresentaram estabilidade oxidativa de 10; 4,87 e 11,32 horas, respectivamente. Dias, Menis e Jorge (2015) mediram a estabilidade oxidativa do óleo de soja em teste de estufa acelerada nos tempos 0, 10 e 20 dias e obtiveram 6,9; 3,4 e 2,2 horas.

Perfil de ácidos graxos

Os ácidos graxos são compostos orgânicos de moléculas lineares e podem ter estrutura de 4 a 26 carbonos (SHILS *et al.*, 2002). São classificados de acordo com seu grau de instauração (saturados; monoinsaturados – uma dupla ligação e poli-insaturados – mais de uma dupla ligação), comprimento da cadeia de acordo com o número de carbonos (curta – 4 a 6; média – 8 a 12 e longa – 20 ou mais) e essenciais ou não (Casto-Golzález, 2002).

Os ácidos graxos essenciais são fundamentais para a saúde, entretanto, não são produzidos pelo metabolismo humano, portanto, é fundamental a ingestão de

alimentos que o contenham para obtenção de uma dieta equilibrada (VAZ *et al.*, 2006). Diferentes tipos de óleos possuem em sua composição ácidos graxos essenciais como linoleico ($\omega 6$) e α -linolênico ($\omega 3$). O óleo de soja, por exemplo, é rico em $\omega 6$ (LIRA *et al.*, 2004).

Costa-Singh, Bitencourt e Jorge (2012) ao estudarem o óleo da castanha de cutia encontraram 39% do ácido graxo $\omega 9$ e 12% de $\omega 6$. Corsini e Jorge (2006) analisaram os óleos de algodão, girassol e palma refinados e observaram que algodão e girassol possuem maior quantidade de ácidos graxos poli-insaturados com 52 e 60%, respectivamente. Por outro lado, o óleo de palma é majoritariamente saturado com 48% desses ácidos graxos. As quantidades de $\omega 3$ nos óleos de algodão, girassol e palma são 0,12, 0,19 e 0,22%, respectivamente.

Luzia e Jorge (2013) estudaram o óleo de soja em condições de termoxidação a 180°C e relação superfície/volume de 0,4/cm em intervalos de 0 a 20 horas. Concluíram que, ao passar das 20 horas, as quantidades de $\omega 6$ e $\omega 3$ decaíram em 7 e 40%, respectivamente, enquanto as quantidades de esteárico e oleico aumentaram em 40 e 20%, respectivamente

Teores de tocoferóis

Os tocoferóis são constituintes da matéria insaponificável de óleos e gorduras, são derivados do tocol metil substituído, e constituídos de um núcleo cronan-6-ol ligado ao C-2 e refere-se ao tocol metil substituído. A vitamina E refere-se aos tocoferóis e tocotrienóis coletivamente (FERRARI, 2001).

Em óleos vegetais, a presença de tocoferóis é muito importante, pois, estes compostos atuam como antioxidantes naturais retardando o surgimento de reações de oxidação lipídica e conservando, posteriormente, o produto frito (DIONISI; PRODOLLIET; TAGLIAFERRI, 1995). Gérmen de trigo, gema de ovo, fígado, óleos vegetais e sementes oleaginosas são fontes de tocoferóis.

Luzia e Jorge (2011) estudaram os tocoferóis das sementes de *Tamarindus indica* L. e encontraram os isômeros γ - e α -tocoferol em maiores quantidades, com 38 e 12 mg/kg, respectivamente. Luzia e Jorge (2013) avaliaram as sementes de *Annona crassiflora* Mart. e obtiveram em maiores quantidades γ - e α -tocoferol com 123 e 12 mg/kg, respectivamente, e valor de tocoferóis totais de 139 mg/kg.

Jung e Min (1990) definiram concentrações ótimas para os isômeros dos tocoferóis, sendo 100 mg/kg para α -, 250 mg/kg para γ - e 500 mg/kg para δ - tocoferóis para aumentar a estabilidade oxidativa de óleos de soja purificados e armazenados no escuro, à temperatura de 55°C. De acordo com o Codex-Stan (2015), os níveis de α -, γ - e δ - tocoferóis, em mg/kg, para os óleos de soja e girassol alto oleico são 9-350 e 400-1090, 89-2307 e 3-30 e 154-932 e nd-17, respectivamente.

3.3.2. Análise sensorial

Algumas atribuições sensoriais podem ser avaliadas, destacando-se aparência, cor, sabor, aroma, viscosidade, mastigabilidade, crocância e textura (SILVA; DUARTE; CAVALCANTI-MATA, 2010). A aparência e a cor de um alimento são os fatores dominantes para a escolha de um determinado produto. Assim, ao analisar um produto, o consumidor observará estas características e decidirá pela sua aceitação ou rejeição. Logo, podem ser os aspectos que mais interferem na aceitabilidade, tanto em produtos naturais quanto industrializados. O sabor e aroma também influenciam na aceitação do consumidor, embora não sejam analisados inicialmente, interferem na recompra do produto (FERREIRA; MATA; BRAGA, 2000).

Segundo a Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT (1993), a análise sensorial é definida como a disciplina científica usada para evocar, medir, analisar e interpretar reações das características dos alimentos e materiais, tais como, sentidos de visão, olfato, gosto, tato e audição. Pode contribuir com o desenvolvimento de um novo produto, efeito do processamento, redução de compostos, qualidade da textura, sabor, estabilidade, aumento do rendimento e, principalmente, a reação do consumidor ao degustar o alimento (STONE; SIDEL, 2004).

Os testes de análise sensorial são realizados em ambiente limpo, normalmente claro, com espaço regular, sem barulho, sem odores e com temperatura agradável. Dependendo do tipo de análise, o responsável pelo teste pode escolher mascarar alguma característica do produto testado, e para isso, pode modificar o ambiente com lâmpadas coloridas, por exemplo (TEIXEIRA, 2009).

Há vários tipos de testes que podem ser realizados, como os discriminativos (comparação pareada, duo-trio, triangular, ordenação e diferença de controle),

afetivos (aceitação e preferência) e descritivos (análise descritiva, perfil livre, tempo-intensidade, CATA e perfil descritivo otimizado) (MEILGAARD *et al.*, 2006).

Dentre estes, os testes afetivos são realizados com um número grande de julgadores, treinados ou não, e têm por objetivo avaliar a aceitação e/ou preferência de produtos. Os testes de aceitação vão demonstrar o quanto o avaliador gosta ou desgosta do produto, baseando-se assim, na reação do consumidor em relação às diversas características apresentadas. Neste caso, uma escala hedônica poderá quantificar a aceitação (MORAES, 1988). Esta escala mede o gostar ou desgostar das características sensoriais que o produto apresenta. Pode ser convertida em escores numéricos que serão analisados estatisticamente para verificar a diferença no grau de preferência entre as amostras (BARBOZA; FREITAS; WASZCZYNSKYJ, 2003; MEILGAARD; CIVILLE; CARR, 2007).

Para a indústria de alimentos, o teste afetivo de aceitação é de fundamental importância, pois, pode demonstrar ao analista se o produto em questão é bem aceito pelo consumidor, se as novas características são desejáveis ou indiferentes, se o novo produto desenvolvido será muito vendido no mercado ou, ainda, se o produto é ideal ou não (STONE; SIDEL, 1993; PIGGOT, 1995; MEILGAARD; CIVILLE; CARR, 2007).

Já, os testes de preferência são baseados na apreciação pessoal, e pode ser influenciado pela cultura, posição social, princípios religiosos, dentre outros. Este teste requer uma comparação simples entre amostras no qual o avaliador escolhe o produto de sua preferência (ANZALDÁUA-MORALES, 1994; DUTCOSKY, 2013).

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1. Material

Os óleos de soja (S) e girassol médio oleico (G) refinados sem adição de antioxidantes sintéticos e o de coco (C) extra virgem, prensado a frio, foram adquiridos no comércio local de São José do Rio Preto-SP. Para definir a formulação dos óleos compostos foi realizado um teste preliminar com a intenção de obter a proporção aproximada de 1:1:1 de ácidos graxos saturados, monoinsaturado e poli-insaturados. A partir disto, os óleos compostos foram formulados na proporção 75:25, v/v, de acordo com a Tabela 7.

No ensaio de fritura, as batatas pré-fritas e congeladas foram adquiridas no comércio local de São José do Rio Preto-SP, armazenadas à -18°C até o momento das análises.

Tabela 7. Formulação dos óleos.

Abreviações	Óleos	Proporção
S	Soja	100
G	Girassol	100
C	Coco	100
SC	Soja e coco	75:25 v/v
GC	Girassol e coco	75:25 v/v

4.2. Termoxidação

Os óleos foram submetidos à termoxidação de modo descontínuo, empregando no primeiro dia de aquecimento 10 horas contínuas e no segundo, 5 horas. A termoxidação foi conduzida em chapa aquecida a $180 \pm 5^\circ\text{C}$ com 0,4/cm de superfície/volume. Amostras foram tomadas em 0, 5, 10 e 15 horas de aquecimento, armazenadas em frascos de vidro âmbar, inertizadas com nitrogênio gasoso e acondicionadas à temperatura de -18°C até o momento das análises.

4.3. Fritura

A fritura foi realizada com os óleos de soja, soja:coco, girassol e girassol:coco em uma fritadeira elétrica (Modelo F-1b, Tedesco, Caxias do Sul, Brasil). Inicialmente foram colocados 3 litros de óleo na fritadeira e aquecidos por um período de 5 minutos. Cada lote de batatas pré-fritas e congeladas, de

aproximadamente 500 g, foi frito por 5 minutos, empregando intervalo de 10 minutos entre cada fritura. Reposição de óleo novo foi empregada a cada 2 horas para manter a relação S/V de 0,3/cm constante. O processo de fritura foi realizado simultaneamente empregando duas fritadeiras, uma para cada tipo de óleo. As amostras dos óleos de fritura foram recolhidas nos tempos 0, 2 e 4 horas, armazenadas em frascos de vidro âmbar, inertizadas com nitrogênio gasoso e acondicionadas à temperatura de -18°C até o momento das análises.

4.4. Métodos

4.4.1. Propriedades físico-químicas

- Ácidos graxos livres, realizados de acordo com o método Ca 5a-40 da AOCS (2009) e expressos em % de ácido oleico;
- Índice de peróxidos, determinado segundo a norma Cd 8-53 da AOCS (2009) e expresso em meq/kg;
- Índice de ρ -anisidina, determinado de acordo com a norma Cd 18-90 da AOCS (2009);
- Valor total de oxidação (Totox), calculado pela relação existente entre o valor do índice de peróxidos (IP) e ρ -anisidina (IpA), por meio da equação: $Totox = 2 (IP) + (IpA)$ (SHAHIDI, 2005);
- Ácidos dienoicos conjugados, efetuados de acordo com o método Ti 1a-64 da AOCS (2009) e expressos em porcentagem;
- Compostos polares totais, realizados por meio do método cromatográfico proposto por Dobarganes, Velasco e Dieffenbacher (2000) e expressos em porcentagem;
- Índice de refração, avaliado a 40°C utilizando o refratômetro de Abbé de acordo com o método Cc 7-25 proposto pela AOCS (2009);
- Índice de iodo, calculado segundo o método Cd 1c-85 proposto pela AOCS (2009), por meio do perfil de ácidos graxos e expresso em g I₂/100 g;
- Índice de saponificação, calculado pelo método Cd 3a-94 proposto pela AOCS (2009), por meio do perfil de ácidos graxos e expresso em mg KOH/g;
- Índice de estabilidade oxidativa, determinado utilizando o instrumento Rancimat (Modelo 743, Metrohm Ltd., Herisau, Switzerland) a 110°C, com fluxo de ar de 20 L/h, segundo o método Cd 12b-92 da AOCS (2009), expresso em horas;

- A preparação dos ésteres metílicos de ácidos graxos foi realizada conforme adaptação do método descrito por Hartman e Lago (1973) em uma micro-escala e determinados de acordo com o método AOCS Ce 1-62 (2009) por cromatografia de gás capilar-CGC, usando um Agilent série 6850 CG, sistema equipado com coluna capilar de 60 m Agilent DB-23 (50% cianopropil-metilpolisiloxano), com diâmetro interno de 0,25 mm e 0,25 μm de espessura do filme. As condições cromatográficas foram as seguintes: fluxo da coluna = 1,0 mL/min; velocidade linear 24 cm/s; temperatura do detector 280°C; temperatura do injetor 250°C; temperatura do forno a 110°C por 5 min, aumentando de 110 a 215°C a 5°C/min, seguido por 215°C durante 34 min; sendo o gás de arraste o hélio; volume injetado 1,0 μL ; *split* 1:50. Os ácidos graxos foram identificados pela comparação entre os tempos de retenção de padrões puros de ésteres metílicos com os componentes separados das amostras e a análise qualitativa foi feita por normalização de área. Utilizou-se como padrão uma mistura composta por 37 ésteres de ácidos graxos (Supelco) de C4:0 a C24:1, com grau de pureza entre 99,1 e 99,0%. A quantidade de cada ácido graxo foi expressa em porcentagem (%).
- Teores de tocoferóis, determinados pelo método Ce 8-89 da AOCS (2009). A análise foi realizada em cromatógrafo líquido de alta eficiência (Modelo 210-263, Varian, Walnut Creek, CA, USA), com detector de fluorescência, coluna de aço inox empacotada com sílica (100 Si, Microsorb, Varian, Walnut Creek, CA, USA) e comprimento de onda de excitação em 290 nm e de emissão em 330 nm. Os valores das concentrações foram calculados em base da área dos picos de excitação da leitura e expressos em valores de cada isômero separadamente. Uma curva padrão de α -, β -, γ - e δ -tocoferol (Supelco, Bellefonte, USA) com elevado grau de pureza foi elaborada para expressar o teor de tocoferóis em mg/kg;
- Vitamina E, calculada de acordo com o método descrito por Mclaughlin e Weihrauch (1979), sendo os fatores de conversão os seguintes: α -tocoferol x 1,0; β -tocoferol x 0,40; γ -tocoferol x 0,10 e δ -tocoferol x 0,01, e o resultado expresso como equivalentes de α -tocoferol (mg/kg).

4.4.2. Análise sensorial

O projeto foi submetido ao comitê de ética e aceito de acordo com o parecer de número 3.047.527. A análise sensorial foi realizada em dois dias diferentes, o primeiro com os óleos soja e soja:coco e o segundo com girassol e girassol:coco, no intuito de verificar a aceitação geral e a percepção de diferença entre esses óleos após a fritura de batatas. Em todas as etapas e procedimentos do ensaio sensorial foram utilizadas as boas práticas de fabricação. Após a fritura, os palitos de batata foram colocados em papel toalha para remoção do excesso de óleo, codificados e apresentados aos julgadores não treinados no Laboratório de Análise Sensorial do Departamento de Engenharia e Tecnologia de Alimentos da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Campus de São José do Rio Preto-SP, em cabines individuais. Inicialmente, os 102 julgadores preencheram o termo de consentimento livre e esclarecido (TCLE) (Anexo A). O primeiro teste realizado foi o teste triangular de similaridade (Anexo B), no qual o avaliador determinou qual amostra foi a diferente ($\beta = 0,01$; $\alpha = 0,05$ e $Pd = 30\%$, Anexo C). Posteriormente foi conduzido o teste de aceitação, no qual os julgadores foram orientados a atribuir notas de acordo com a escala hedônica de 9 pontos (Anexo D). Esta escala serviu para classificar os atributos textura, cor, aparência, sabor e aceitação global das batatas fritas.

4.5. Análise estatística

Para os ensaios de termoxidação e fritura, as análises foram realizadas no delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial (tratamentos x tempos). Os resultados obtidos das determinações analíticas para os tratamentos, em duplicata, foram submetidos à análise de variância e as diferenças entre as médias foram testadas a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey, por meio do programa ESTAT, versão 2.0 (BANZATTO; KRONKA, 2006).

A análise estatística para o teste de aceitação foi realizada com o test t-student, por meio do programa Excel 2013, enquanto no teste triangular por similaridade foi utilizada a Tabela A.2 (ABNT NBR ISSO 4120:2013, Anexo C), na qual observa-se o número máximo necessário de respostas corretas para concluir que dois produtos são similares.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. Propriedades físico-químicas

5.1.1. Caracterização dos óleos

As análises de variância para os índices de ácidos graxos livres, peróxidos, ρ -anisidina, totox, ácidos dienoicos conjugados, refração, iodo, saponificação, compostos polares e estabilidade oxidativa, estão apresentadas no Apêndice A. Como observado, o teste foi significativo ($p < 0,05$) para ácidos graxos livres e ($p < 0,01$) para as demais variáveis estudadas, cujos resultados encontram-se na Tabela 8.

Tabela 8. Caracterização dos óleos de soja, girassol médio oleico, coco e seus compostos.

Determinações	S	G	C	SC	GC
AGL (% oleico)	0,13 \pm 0,01 ^b	0,13 \pm 0,01 ^b	0,19 \pm 0,01 ^a	0,14 \pm 0,00 ^b	0,14 \pm 0,00 ^b
IP (meq/kg)	1,04 \pm 0,01 ^c	1,40 \pm 0,00 ^b	0,82 \pm 0,00 ^d	1,71 \pm 0,01 ^a	1,51 \pm 0,01 ^b
IpA	1,98 \pm 0,00 ^a	1,93 \pm 0,01 ^a	1,49 \pm 0,01 ^d	1,75 \pm 0,01 ^b	1,67 \pm 0,00 ^c
Totox	4,06 \pm 0,16 ^c	4,72 \pm 0,00 ^b	3,13 \pm 0,01 ^d	5,17 \pm 0,01 ^a	4,68 \pm 0,01 ^b
ADC (%)	0,34 \pm 0,01 ^a	0,23 \pm 0,01 ^{ab}	0,14 \pm 0,00 ^b	0,19 \pm 0,01 ^b	0,17 \pm 0,01 ^b
IR (40°C)	1,468 \pm 0,00 ^a	1,467 \pm 0,00 ^a	1,446 \pm 0,00 ^b	1,463 \pm 0,00 ^a	1,462 \pm 0,00 ^a
II (g I ₂ /100 g)	123,81 \pm 0,00 ^a	111,87 \pm 0,00 ^b	8,68 \pm 0,00 ^e	97,66 \pm 0,00 ^c	86,79 \pm 0,00 ^d
IS (mg KOH/g)	200,86 \pm 0,00 ^d	197,01 \pm 0,00 ^e	264,84 \pm 0,04 ^a	217,99 \pm 0,05 ^b	213,05 \pm 03 ^c
CPT (%)	5,67 \pm 0,06 ^a	3,15 \pm 0,05 ^b	2,25 \pm 0,13 ^b	2,35 \pm 0,25 ^b	2,30 \pm 0,18 ^b
EO (h)	5,58 \pm 0,01 ^c	5,80 \pm 0,01 ^c	100,50 \pm 0,50 ^a	7,49 \pm 0,25 ^b	8,32 \pm 0,03 ^b

Médias \pm desvios padrões, seguidas pelas mesmas letras minúsculas na linha, não diferem pelo teste de Tukey ($p > 0,05$). S: óleo de soja; G: óleo de girassol; C: óleo de coco; SC: óleo de soja:coco; GC: óleo de girassol:coco; AGL: ácidos graxos livres; IP: índice de peróxidos; IpA: índice de ρ -anisidina; Totox: valor total de oxidação; ADC: ácidos dienoicos conjugados; IR: índice de refração; II: índice de iodo; IS: índice de saponificação; CPT: compostos polares totais e EO: estabilidade oxidativa.

Segundo a ANVISA (2004), o valor máximo admitido de ácidos graxos livres para óleos refinados é 0,3%, logo, os resultados obtidos estão dentro do padrão estabelecido, indicando boa qualidade da matéria-prima. A maior quantidade de ácidos graxos livres foi encontrada para o óleo de coco, possivelmente, por se tratar de um óleo que não foi refinado.

O valor máximo de peróxidos permitido para óleos refinados e virgens ou prensados a frio é de 10 e 15 meq/kg, respectivamente (CODEX-STAN, 2015). Os óleos estudados apresentaram valores bem abaixo do que preconiza a legislação, além disso, o óleo de coco mostrou o menor valor, 0,82 meq/kg, devido à sua composição majoritária de ácidos graxos saturados de cadeia média que favorecem

a estabilidade oxidativa. Entretanto, ao comparar os óleos compostos, verificou-se que o SC mostrou maior valor, 1,71 meq/kg, devido ao efeito sinérgico entre óleos de soja e coco ter sido maior do que o ocasionado entre girassol e coco.

O óleo de coco apresentou o menor índice de p -anisidina com 1,49, seguido pelos compostos GC (1,67) e SC (1,75). Pode-se observar que os óleos compostos apresentaram menor degradação que os óleos de soja e girassol, embora todos se encontraram dentro do limite máximo, que é 10, para um óleo ser considerado de boa qualidade (GUILLÉN; CABO, 2002).

Segundo Berset e Culivier (1996), uma matéria graxa bem conservada, apresenta valor tottox inferior a 10. Os menores valores encontrados são referentes aos óleos de coco e soja, 3,13 e 4,06, respectivamente. Comparando os óleos compostos SC e GC, pode-se afirmar que embora tenham se diferenciado estatisticamente, apresentaram resultados satisfatórios dentro do limite estipulado.

Segundo a Tabela 8, os óleos de soja e girassol apresentaram maiores porcentagens de ácidos dienoicos com 0,34 e 0,23, respectivamente, enquanto os óleos compostos, SC e GC, atingiram menores valores, 0,19 e 0,17, respectivamente, devido à influência do óleo de coco.

Neste estudo, o índice de refração dos óleos soja, girassol médio oleico e coco se encontram dentro dos limites estabelecidos pelo Codex-Stan (2015), que são 1,466-1,467; 1,461-1,468 e 1,448-1,450, respectivamente. Os óleos compostos apresentam índice de refração menores que os de soja e girassol, demonstrando o efeito da adição do óleo de coco e, conseqüentemente, a maior estabilidade.

O maior índice de iodo foi encontrado no óleo de soja que apresentou o maior número de insaturações, devido a sua composição majoritária em ácido linoleico; enquanto o óleo de coco apresentou o menor índice por ser majoritariamente saturado.

O óleo de coco, composto basicamente por ácidos graxos de cadeia média e baixo peso molecular, apresentou o maior índice de saponificação com 264,84 mg KOH/g, enquanto o óleo de girassol obteve 197 mg KOH/g, devido a sua composição majoritariamente monoinsaturada. Em relação aos compostos SC e GC, os valores obtidos foram intermediários aos óleos puros com 217,99 e 213,05, respectivamente.

Inicialmente, os óleos G, C, SC e GC não se diferenciaram estatisticamente e obtiveram resultados inferiores a 3,2% de compostos polares. Entretanto, o óleo de soja apresentou maior valor de degradação com 5,67%, por ser o óleo mais insaturado, ou seja, mais susceptível a deterioração.

O óleo de coco, composto majoritariamente por ácidos graxos saturados, atingiu o maior índice de estabilidade oxidativa, chegando a um período de indução de 100 horas, enquanto soja e girassol atingiram 5 horas. Por outro lado, os óleos compostos não se diferenciaram estatisticamente e obtiveram valores entre 7 e 8 horas de estabilidade, ou seja, em média 2,5 horas a mais que seus óleos puros, demonstrando a influência benéfica do óleo de coco na estabilidade e a validação da formulação dos óleos compostos.

A composição em ácidos graxos dos óleos vegetais pode ser determinada de acordo com sua quantidade de saturados, monoinsaturados ou poli-insaturados, indicando assim, a diferença entre eles. As análises de variância para o perfil de ácidos graxos, estão apresentadas no Apêndice B. Como observado, o teste foi significativo ($p < 0,01$) para as variáveis estudadas, cujos resultados encontram-se na Tabela 9.

O S é o mais poli-insaturado com 50,5% do ácido graxo linoleico ($\omega 6$), composto este que auxilia no combate a diversas doenças. Outro ácido graxo presente em grande quantidade é o oleico, monoinsaturado, que confere melhor estabilidade oxidativa ao óleo quando comparado aos poli-insaturados. Portanto, a relação entre oleico e linoleico é de 1/2,02 enquanto para, saturados, monoinsaturados e poli-insaturados (sat:mono:poli), a proporção é 1:1,5:3,5.

O óleo de girassol médio oleico tem como constituinte majoritário o ácido oleico, sendo predominantemente monoinsaturado, o que confere maior estabilidade oxidativa quando comparado ao teor de ácidos poli-insaturados da soja. Outro constituinte com grande quantidade e muita importância é o $\omega 6$ com 40% de ácidos graxos. A relação de oleico e linoleico é de 1/0,85 e a proporção de sat:mono:poli é de 1:4,6:4,0.

O óleo de coco possui aproximadamente 92% de ácidos graxos saturados e é constituído majoritariamente pelo ácido láurico (47,63%), que, quando ingerido possui rápida digestão metabólica. Por ser altamente saturado, esse óleo é mais estável do que soja e girassol quando exposto a altas temperaturas.

Tabela 9. Perfil de ácidos graxos dos óleos de soja, girassol, coco e seus compostos

Ácidos Graxos (%)	Óleos				
	S	G	C	SC	GC
Saturados					
Capróico (C6:0)	nd	nd	0,24	nd	nd
Caprílico (C8:0)	nd	nd	7,73 ^a	1,80 ^b	1,84 ^b
Cáprico (C10:0)	nd	nd	6,31 ^a	1,49 ^b	1,53 ^b
Láurico (C12:0)	0,21 ^d	0,10 ^d	47,63 ^a	11,38 ^c	11,53 ^b
Mirístico (C14:0)	0,21 ^c	0,13 ^c	17,60 ^a	4,33 ^b	4,33 ^b
Pentadecanóico (C15:0)	0,02 ^a	0,03 ^a	0,02 ^a	0,03 ^a	0,02 ^a
Palmítico (C16:0)	11,21 ^a	5,47 ^e	8,60 ^c	10,37 ^b	6,52 ^d
Margárico (C17:0)	0,10 ^a	0,06 ^a	0,02 ^a	0,08 ^a	0,04 ^a
Esteárico (C18:0)	3,81 ^a	3,31 ^d	3,41 ^{cd}	3,59 ^b	3,44 ^c
Araquídico (C20:0)	0,37 ^a	0,28 ^{ab}	0,12 ^c	0,31 ^{ab}	0,24 ^{bc}
Behênico (C22:0)	0,49 ^{bc}	0,79 ^a	0,04 ^d	0,38 ^c	0,60 ^b
Lignocérico (C24:0)	0,18 ^{ab}	0,27 ^a	0,04 ^c	0,15 ^{bc}	0,21 ^{ab}
Totais	16,60 ^d	10,44 ^e	91,76 ^a	33,91 ^b	30,31 ^c
Monoinsaturados					
Palmitoleico (C16:1)	0,13 ^a	0,11 ^a	0,05 ^a	0,09 ^a	0,11 ^a
Cis-10-heptadecenóico (C17:1)	0,06 ^a	0,05 ^a	nd	0,04 ^a	0,04 ^a
Oleico (C18:1)	24,96 ^c	47,55 ^a	6,29 ^e	20,33 ^d	37,36 ^b
Eicosanóico (C20:1)	0,27 ^a	0,23 ^a	0,05 ^b	0,18 ^a	0,19 ^a
Totais	25,42 ^c	47,94 ^a	6,39 ^e	20,64 ^d	37,70 ^b
Poli-insaturados					
t-Linoleico (C18:2 _t)	0,57 ^a	0,55 ^a	0,08 ^c	0,46 ^{ab}	0,43 ^b
Linoleico C18:2	50,50 ^a	40,36 ^b	1,67 ^e	39,62 ^c	30,93 ^d
t-linolênico (C18:3 _t)	1,36 ^a	0,41 ^c	nd	1,04 ^b	0,31 ^c
α-linolênico (C18:3)	5,56 ^a	0,30 ^c	0,11 ^d	4,33 ^b	0,32 ^c
Totais	57,99 ^a	41,62 ^c	1,86 ^e	45,45 ^b	31,99 ^d
Sat:Mono:Poly ¹	1:1,5:3,5	1:4,6:4,0	1:0,07:0,02	1:0,61:2,2	1:1,2:1,1
Ole/Lin ²	1/2,02	1/0,85	1/0,27	1/1,95	1/0,83

Médias ± desvios padrões, seguidas pelas mesmas letras minúsculas na linha, não diferem pelo teste de Tukey ($p > 0,05$). nd: não detectado. ¹Proporção entre ácidos graxos saturados:monoinsaturados:poli-insaturados. ²Ole/Lin: Relação entre ácidos graxos oleico e linoleico; S: óleo de soja; G: óleo de girassol; C: óleo de coco; SC: óleo de soja:coco; GC: óleo de girassol:coco.

A relação oleico e linoleico do óleo de coco é a mais baixa (1/0,27) e a proporção sat:mono:poli é 1:0,07:0,02. O óleo SC é constituído em sua maior parte por ácidos graxos poli-insaturados (45,45%), sendo seu constituinte majoritário o linoleico com 39%. O α -linolênico representa apenas 4% dos ácidos graxos, enquanto o oleico apresenta 20%. Embora o SC seja majoritariamente poli-insaturado foi menos oxidado que o S. A relação oleico e linoleico é de 1/1,95 e a proporção sat:mono:poli é de 1,6:1:2,2.

O composto GC é rico em ω 6 (31%) e oleico (37%), é constituído em maior parte por ácidos monoinsaturados. Quando comparado ao G possui menor quantidade de poli-insaturados e maior de monoinsaturados, portanto, é mais estável termicamente. A relação oleico e linoleico é de 1/0,83 e proporção sat:mono:poli é de 1:1,2:1,1. O GC é o único óleo que se aproximou da proporção estabelecida pelo *Indian Council of Medical Research* - ICMR (1989) e a *American Heart Association* (1990).

De acordo com Nyam *et al.* (2009), a relação entre o teor dos ácidos graxos oleico e linoleico determina a vida de prateleira do óleo, ou seja, quanto maior a quantidade de poli-insaturados em relação ao monoinsaturados, maior oxidação o óleo poderá sofrer e, conseqüentemente, terá um prazo menor de uso. O óleo de coco é o que melhor representa essa proporção, pois sua maior composição é de ácidos graxos saturados e poucos poli-insaturados. O melhor óleo composto nessa proporção é o GC que possui maior quantidade de monoinsaturados além de boa parte de saturados.

Costa e Jorge (2012) realizaram análise de perfil de ácidos graxos de diferentes óleos de castanhas e nozes e encontraram para brasil, sapucaia, gurguéia, pecã e noz as seguintes relações ole/lin 1/1,44; 1/1,03; 1/0,14; 1/0,93 e 1/3,93, respectivamente. O GC se aproximou da relação obtida pelo óleo de pecã, enquanto, SC pelo óleo da castanha brasil.

5.1.2. Termoxidação

As análises de variância para os índices de peróxidos, p-anisidina, totox e ácidos dienicos conjugados estão apresentadas no Apêndice C. Como observado, o teste F foi significativo ($p < 0,01$) para os efeitos principais e para a interação tratamentos x tempos, cujos resultados encontram-se na Tabela 10.

Tabela 10. Termoxidação dos óleos de soja, girassol, coco e seus compostos a $180 \pm 5^\circ\text{C}$ em um período de 15 horas.

Análises/ Tratamentos	Tempos de aquecimento (h)			
	0	5	10	15
IP (meq/kg)				
S	$1,04 \pm 0,01^{cB}$	$6,39 \pm 0,00^{bE}$	$6,53 \pm 0,01^{bD}$	$7,03 \pm 0,00^{aE}$
G	$1,40 \pm 0,00^{dA}$	$9,91 \pm 0,02^{cC}$	$10,51 \pm 0,01^{bC}$	$11,98 \pm 0,01^{aB}$
C	$0,82 \pm 0,00^{dB}$	$37,05 \pm 0,51^{cA}$	$29,73 \pm 0,15^{bA}$	$39,00 \pm 0,00^{aA}$
SC	$1,71 \pm 0,01^{dA}$	$8,64 \pm 0,01^{cD}$	$10,31 \pm 0,01^{aC}$	$9,31 \pm 0,01^{bC}$
GC	$1,51 \pm 0,01^{dA}$	$12,61 \pm 0,01^{bB}$	$13,37 \pm 0,01^{aB}$	$7,72 \pm 0,01^{cD}$
IpA				
S	$1,98 \pm 0,00^{dA}$	$33,60 \pm 0,00^{cB}$	$34,35 \pm 0,00^{bA}$	$36,75 \pm 0,00^{aA}$
G	$1,93 \pm 0,01^{dA}$	$33,80 \pm 0,00^{cA}$	$34,27 \pm 0,01^{bB}$	$34,45 \pm 0,01^{aB}$
C	$1,49 \pm 0,01^{dD}$	$9,88 \pm 0,00^{cE}$	$10,27 \pm 0,01^{bE}$	$14,28 \pm 0,01^{aE}$
SC	$1,75 \pm 0,01^{dB}$	$20,01 \pm 0,01^{cC}$	$25,19 \pm 0,01^{bC}$	$29,36 \pm 0,01^{aC}$
GC	$1,67 \pm 0,00^{dC}$	$17,59 \pm 0,01^{cD}$	$24,95 \pm 0,01^{bD}$	$29,26 \pm 0,01^{aD}$
Totox				
S	$4,06 \pm 0,16^{dB}$	$46,38 \pm 0,01^{cC}$	$47,41 \pm 0,01^{bD}$	$50,80 \pm 0,01^{aC}$
G	$4,72 \pm 0,00^{dA}$	$53,62 \pm 0,08^{cB}$	$55,29 \pm 0,01^{bB}$	$58,41 \pm 0,01^{aB}$
C	$3,13 \pm 0,01^{dC}$	$83,99 \pm 0,21^{bA}$	$69,72 \pm 0,60^{cA}$	$92,28 \pm 0,02^{aA}$
SC	$5,17 \pm 0,01^{dA}$	$37,28 \pm 0,01^{cE}$	$45,82 \pm 0,01^{bE}$	$47,98 \pm 0,01^{aD}$
GC	$4,68 \pm 0,01^{dAB}$	$42,80 \pm 0,00^{cD}$	$51,70 \pm 0,01^{aC}$	$44,70 \pm 0,01^{bE}$
ADC (%)				
S	$0,34 \pm 0,01^{dA}$	$0,89 \pm 0,01^{cA}$	$2,56 \pm 0,01^{bA}$	$3,00 \pm 0,00^{aA}$
G	$0,23 \pm 0,01^{dB}$	$0,78 \pm 0,00^{cB}$	$2,13 \pm 0,00^{bC}$	$2,51 \pm 0,00^{aB}$
C	$0,14 \pm 0,00^{cE}$	$0,17 \pm 0,01^{bE}$	$0,18 \pm 0,01^{bE}$	$0,23 \pm 0,01^{aE}$
SC	$0,19 \pm 0,01^{dC}$	$0,52 \pm 0,02^{cC}$	$2,21 \pm 0,02^{bB}$	$2,46 \pm 0,02^{aC}$
GC	$0,17 \pm 0,01^{dD}$	$0,49 \pm 0,00^{cD}$	$1,76 \pm 0,02^{bD}$	$2,39 \pm 0,02^{aD}$
CPT (%)				
S	$5,67 \pm 0,06^{dA}$	$23,25 \pm 0,13^{cA}$	$35,20 \pm 0,08^{bA}$	$42,50 \pm 0,50^{aA}$
G	$3,15 \pm 0,05^{dB}$	$22,23 \pm 0,13^{cA}$	$32,15 \pm 0,05^{bB}$	$43,15 \pm 0,50^{aA}$
C	$2,25 \pm 0,13^{dB}$	$13,25 \pm 0,13^{cB}$	$22,25 \pm 0,50^{bC}$	$24,50 \pm 0,50^{aB}$
SC	$2,35 \pm 0,25^{dB}$	$14,25 \pm 0,13^{cB}$	$22,50 \pm 0,50^{bC}$	$24,50 \pm 0,50^{aB}$
GC	$2,30 \pm 0,18^{dB}$	$14,15 \pm 0,05^{cB}$	$22,50 \pm 0,50^{bC}$	$25,50 \pm 0,50^{aB}$
EO (h)				
S	$5,58 \pm 0,01^{aD}$	$0,94 \pm 0,10^{bC}$	$1,06 \pm 0,20^{bB}$	$0,90 \pm 0,08^{bB}$
G	$5,80 \pm 0,01^{aD}$	$1,07 \pm 0,00^{bC}$	$0,50 \pm 0,05^{bBC}$	$0,66 \pm 0,01^{bBC}$
C	$100,50 \pm 0,50^{aA}$	$71,01 \pm 0,01^{bA}$	$25,31 \pm 0,01^{cA}$	$25,35 \pm 0,01^{cA}$
SC	$7,49 \pm 0,25^{aC}$	$3,16 \pm 0,01^{bB}$	$0,79 \pm 0,00^{cBC}$	$0,31 \pm 0,00^{cBC}$
GC	$8,32 \pm 0,03^{aB}$	$0,55 \pm 0,01^{bC}$	$0,13 \pm 0,00^{bC}$	$0,15 \pm 0,03^{bC}$

Médias \pm desvios padrões, seguidas pelas mesmas letras minúsculas nas linhas e maiúsculas nas colunas não diferem pelo teste de Tukey ($p > 0,05$). S: óleo de soja; G: óleo de girassol; C: óleo de coco; SC: (óleo de soja + coco); GC (óleo de girassol + coco). IP: índice de peróxidos; IpA: índice de p-anisidina; Totox: valor total de oxidação; ADC: ácidos dienoicos conjugados; CPT: compostos polares totais e EO: estabilidade oxidativa.

Inicialmente, não houve diferença significativa entre os óleos de soja e coco, para índice de peróxidos, apresentando menores valores quando comparados aos demais. Os óleos de girassol e os compostos (OS e OG) também não diferiram estatisticamente, embora o SC tenha apresentado maior valor, 1,71 meq/kg. Porém, como mostrado na Tabela 10, houve um aumento no índice de peróxidos para os óleos até 15 horas de termoxidação, havendo diferença significativa entre os tempos de aquecimento.

Com 5 horas de aquecimento, foi possível observar que o óleo de coco atingiu 37,05 meq/kg, valor maior que o limite de 15 meq/kg estabelecido pelo Codex-Stan (2015). Em 10 horas, o óleo de girassol também apresentou valor acima do preconizado em legislação para óleos refinados com 10 meq/kg (CODEX-STAN, 2015). Ao final da termoxidação houve uma diminuição nos índices de peróxidos para SC e GC, 9,31 e 7,72 meq/kg, respectivamente.

A oscilação nos valores pode ser consequência do processamento do óleo de coco, que não passa pelas etapas tradicionais de refino como neutralização, branqueamento e desodorização, e por ser extra virgem não conseguiu suportar elevadas temperaturas. Além disso, a decomposição dos hidroperóxidos, formação de hidrocarbonetos, radicais livres e compostos voláteis também podem causar alterações no óleo.

O índice de ρ -anisidina dos óleos apresentaram aumento significativo na formação de compostos secundários. De acordo com Guillén e Cabo (2002), um óleo de boa qualidade teve ter limite máximo de ρ -anisidina igual a 10, logo, inicialmente, os óleos eram considerados bons. Os óleos de soja e girassol não diferiram estatisticamente e apresentaram os maiores valores de ρ -anisidina, 1,98 e 1,93, respectivamente. Nos óleos compostos, verificou-se o efeito sinérgico do C, visto que, tanto o SC, quanto o GC, apresentaram menores valores de ρ -anisidina quando comparados com os óleos de soja e girassol.

Os óleos tiveram seus valores totox aumentados conforme o tempo de aquecimento. O óleo de soja inicialmente obteve 4,06, semelhante ao encontrado por Dias, Menis e Jorge (2014), que obtiveram 4,3, enquanto, o óleo de girassol e os compostos, SC e GC, apresentaram os maiores valores de oxidação. Berst e Cuvelier (1996) propõem que o limite máximo para os cálculos de totox seja 10, portanto, inicialmente, os óleos encontram-se abaixo desse limite. Os óleos de soja

e girassol expressaram aumento gradativo do tempo inicial para 5 horas de aquecimento, entretanto, de 5 a 15 horas, embora se diferenciaram estatisticamente, mantiveram baixa taxa de aumento na degradação dos óleos.

Os óleos C e GC apresentaram variações nos valores de totox, devido a elevada quantidade de peróxidos e, posterior decomposição destes em compostos secundários. Por outro lado, o óleo composto SC obteve aumento linear e conseguiu impedir a formação de compostos primários e secundários em 5,53% quando comparado ao óleo de soja.

Em relação aos ácidos dienóicos conjugados, os óleos sofreram aumento ao longo do aquecimento. Antes do aquecimento, o óleo de soja apresentou 0,34%, resultado semelhante ao encontrado por Silva e Jorge (2012) que obtiveram 0,35%. Os óleos compostos obtiveram menores índices de ácidos dienoicos, quando comparados aos óleos de soja e girassol, demonstrando o efeito sinérgico da composição.

A partir de 10 horas de termoxidação houve um aumento significativo na formação de ácidos dienoicos conjugados com os menores valores para C e GC que conseguiram evitar a degradação em 18 e 4,5%, respectivamente, quando comparados aos óleos de soja e girassol. O óleo de soja obteve maior formação de ácidos dienoicos conjugados, 3%. Resultados próximos foram encontrados por Jorge, Veronezi e Del Ré (2014) para o óleo de soja termoxidado por 15 horas sob mesmas condições. O óleo composto GC obteve menores valores que o SC, provavelmente, por ser menos insaturado.

A formação de compostos polares aumentou gradativamente para todos os tipos de óleo com o aumento do tempo de termoxidação. Os óleos mais insaturados, S e G, apresentaram os maiores valores de compostos polares, atingindo ao final das 15 horas 42,5 e 43,15%, respectivamente, por serem mais susceptíveis à oxidação. Entretanto, os demais óleos não se diferenciaram-se estatisticamente e mantiveram ao longo da termoxidação valores menores valores de compostos polares. Com 15 horas, os óleos C, SC e GC apresentaram redução de aproximadamente 40% quando comparados aos óleos S e G.

Segundo Lee (2009), Paul e Mittal (1997), um óleo de boa qualidade não deve ultrapassar 25% de compostos polares totais após processo de aquecimento, caso ultrapasse, deverá ser descartado. Logo, pode-se observar que S e G devem

ser descartados a partir de 5 horas de termoxidação, entretanto, os demais podem ser utilizados até 15 horas. Portanto, é possível concluir que componentes majoritariamente saturados, do óleo de coco, contribuíram para menor oxidação dos óleos.

A estabilidade oxidativa dos óleos diminuiu ao longo da termoxidação. O destaque inicial é referente ao óleo de coco com 100,5 horas de estabilidade, ou seja, aproximadamente 90% mais estável que os demais. Com decorrer da termoxidação, S e G não se diferenciaram estatisticamente e com 15 horas de aquecimento apresentaram maior estabilidade do que SC e GC. Comparando SC e GC, nota-se que o SC possui maior estabilidade oxidativa, devido a presença de γ - e δ -tocoferol (Tabela 11) que agem como antioxidantes protegendo o óleo da oxidação.

O óleo de coco foi o mais estável durante o ensaio de termoxidação com os menores índices de ácidos dienóicos conjugados, compostos polares e 25 horas de estabilidade oxidativa ao final de 15 horas quando comparado com soja e girassol médio oleico. Os compostos SC e GC pouco se diferenciaram estatisticamente, entretanto, ao serem comparados a S e G obtiveram menor oxidação primária e secundária e maior estabilidade oxidativa.

As análises de variância para tocoferóis, estão apresentadas nos Apêndices D e E. Como observado, o teste foi significativo ($p < 0,01$) para as variáveis estudadas, cujos resultados encontram-se na Tabela 11. Os tocoferóis são responsáveis por aumentarem a estabilidade oxidativa dos óleos vegetais, pois, reduzem a peroxidação dos ácidos graxos poli-insaturados e diminuem os danos causados ao endotélio vascular e tecido cardíaco (CLARKSON; THOMPSON, 2000).

O α -tocoferol é responsável por proteger o metabolismo humano de reações indesejáveis de oxidação (DEBIER; LARONDELLE, 2005). É possível observar, segundo a Tabela 11, que o óleo de coco não apresentou nenhum teor de tocoferóis. O óleo de soja e SC apresentaram baixos níveis de α -tocoferol com uma perda considerável de aproximadamente 68 e 71% do isômero em 5 horas de aquecimento.

Tabela 11. Análise de tocoferóis dos óleos de soja, girassol, coco e seus compostos.

Tocoferóis (mg/kg)/ Tratamentos	Tempos de aquecimento (h)			
	0	5	10	15
α-tocoferol				
S	27,51 ± 0,02 ^{aC}	8,80 ± 0,00 ^{bB}	nd	nd
G	134,87 ± 0,01 ^{aA}	25,13 ± 0,02 ^{bA}	nd	nd
C	nd	nd	nd	nd
SC	22,45 ± 0,04 ^{aD}	6,50 ± 0,03 ^{bC}	nd	nd
GC	120,51 ± 0,01 ^{aB}	5,19 ± 0,00 ^{bD}	nd	nd
γ-tocoferol				
S	128,65 ± 0,00 ^{aA}	29,11 ± 0,00 ^{bA}	nd	nd
G	nd	nd	nd	nd
C	nd	nd	nd	nd
SC	107,79 ± 2,85 ^{aB}	28,40 ± 0,08 ^{bA}	nd	nd
GC	nd	nd	nd	nd
δ-tocoferol				
S	39,81 ± 0,05 ^a	30,76 ± 0,01 ^b	18,4 ± 0,01 ^c	13,62 ± 0,06 ^d
G	nd	nd	nd	nd
C	nd	nd	nd	nd
SC	36,42 ± 0,49 ^a	26,54 ± 0,61 ^b	15,79 ± 0,07 ^c	nd
GC	nd	nd	nd	nd
Totais				
S	195,96 ± 0,18 ^{aA}	68,67 ± 0,04 ^{bA}	18,4 ± 0,01	13,62 ± 0,06
G	134,86 ± 0,00 ^{aD}	25,13 ± 0,02 ^{bC}	nd	nd
C	nd	nd	nd	nd
SC	166,66 ± 4,83 ^{aB}	61,44 ± 1,53 ^{bB}	15,79 ± 0,25	nd
GC	120,51 ± 0,11 ^{aC}	5,19 ± 0,04 ^{bD}	nd	nd
Vitamina E				
S	45,41 ± 0,02 ^{aC}	13,05 ± 0,01 ^{bB}	0,17 ± 0,01	0,13 ± 0,06
G	134,87 ± 0,01 ^{aA}	25,13 ± 0,02 ^{bA}	nd	nd
C	nd	nd	nd	nd
SC	37,49 ± 0,01 ^{aD}	10,61 ± 0,06 ^{bC}	0,14 ± 0,00	nd
GC	120,51 ± 0,01 ^{aB}	5,19 ± 0,01 ^{bD}	nd	nd

Médias ± desvios padrões, seguidas pelas mesmas letras minúsculas nas linhas e maiúsculas nas colunas não diferem pelo teste de Tukey ($p > 0,05$): S: óleo de soja; G: óleo de girassol; C: óleo de coco; SC: (óleo de soja + coco); GC (óleo de girassol + coco). nd: não detectado (limites de detecção: α-tocol ≤ 3,15 mg/kg; γ-tocol ≤ 8,65 mg/kg; δ-tocol ≤ 2,30 mg/kg).

Por outro lado, o óleo de girassol e GC apresentaram alto nível do isômero no tempo inicial e uma perda de 81 e 95%, respectivamente, no mesmo tempo. Logo, os óleos compostos foram mais sensíveis ao aquecimento em relação a perda de α -tocoferol. Veronezi e Jorge (2018) analisaram os teores de α -tocoferol dos óleos de soja, soja-mamão e soja-melão e encontraram inicialmente 57,60; 53,60 e 51,07 mg/kg, respectivamente.

O isômero γ -tocoferol foi detectado apenas nos óleos de soja e SC nos tempos 0 e 5 horas. É possível observar que o óleo de soja apresentou maior índice deste isômero em ambos os tempos, mas perdeu 77% em 5 horas, enquanto o SC apresentou perda menor 73%. O isômero de δ -tocoferol foi detectado para os óleos S e SC até 10 horas de termoxidação. Ao final, o S apresentou perda de 66%, enquanto o SC em 10 horas apresentou perda de 57%. Já em 15 horas este não foi detectado.

O óleo de soja apresentou os maiores valores de tocoferóis totais sendo detectado com até 15 horas de termoxidação, tendo ao final do período perda de 93%, enquanto seu composto SC teve perda final ao longo de 10 horas de 91%. Por outro lado, os óleos G e GC apresentaram elevada quantidade do isômero α -tocoferol no tempo inicial e cuja presença foi detectada até 5 horas de termoxidação.

A vitamina E foi detectada até 5 horas nos óleos G e GC, embora seus valores tenham caído drasticamente. O óleo em que a vitamina E mais resistiu à termoxidação foi o S, permanecendo até 15 horas, enquanto que no óleo composto SC, resistiu até 10 horas.

5.1.3. Fritura

As análises de variância para a qualidade dos óleos submetidos a fritura, estão apresentadas no Apêndice F. Como observado, o teste foi significativo ($p < 0,01$) para as variáveis estudadas, cujos resultados encontram-se na Tabela 12 que indica os resultados obtidos com os óleos utilizados para a fritura contínua de batatas a $180 \pm 5^\circ\text{C}$ por um período de 4 horas.

De acordo com ANVISA (2004), o índice de AGL para óleos de fritura podem atingir valor máximo de 0,9% em oleico. Foi possível analisar que o índice de ácidos graxos livres aumentou para os óleos, conforme o tempo de fritura. Os óleos de soja e girassol apresentaram os maiores índices ao final de 4 horas, enquanto SC e GC

conseguiram evitar melhor a oxidação com índices mais baixos. Entretanto, ao final de 4 horas nenhum óleo se encontrava de acordo com o padrão estipulado.

Os óleos G e GC atingiram os maiores índices de peróxidos ao final da fritura, com 5,30 e 7,35 meq/kg, respectivamente. Logo, é possível observar que, embora o óleo de girassol seja predominantemente monoinsaturado e o de coco saturado, a oxidação em ambos foi maior quando comparada aos demais, possivelmente, devido à ausência de δ -tocoferol que protege o óleo da oxidação. O menor índice foi observado para o SC, o que demonstra que o óleo de coco contribuiu de forma positiva, auxiliando na inibição da oxidação do óleo. É importante ressaltar que os óleos, ao final da fritura, possuem valores abaixo de 10 meq/kg, limite estabelecido pelo Codex-Stan (2015).

O índice de ρ -anisidina aumentou gradativamente com o tempo de fritura e demonstrou que os óleos compostos obtiveram os menores resultados quando comparados aos óleos soja e girassol. Ao final de 4 horas de fritura, os óleos apresentaram valores acima do sugerido para um óleo de boa qualidade, cujo valor de ρ -anisidina não deve ultrapassar 10 (GUILLÉN; CABO, 2002). Em 4 horas de fritura, o SC apresentou menor formação de ρ -anisidina com 18,85; por outro lado, durante a termoxidação, o mesmo óleo em 5 horas de aquecimento apresentou 20,01.

Berst e Cuvelier (1996) recomendam que o valor tottox dos óleos não deva ultrapassar de 10, logo, nenhum dos óleos, após o tempo inicial, estão dentro do valor estipulado para um óleo de boa qualidade. S e G tiveram um aumento de 90%, enquanto SC e GC 80%, logo pode-se afirmar que o C contribuiu para que os óleos se oxidassem menos. O mesmo aconteceu durante a termoxidação, na qual SC e GC conseguiram evitar em 10% a oxidação quando comparados com S e G.

Ao analisar compostos polares, é possível concluir que em 4 horas, os óleos estão dentro do padrão internacional que preconiza que um óleo quando utilizado em altas temperaturas (180°C), não deve ultrapassar 25% de compostos polares totais (Paul; Mittal, 1997; Lee, 2009).

A estabilidade oxidativa dos óleos se diferenciou estatisticamente ao longo da fritura, sendo o SC mais estável. A presença de antioxidantes naturais como o δ -tocoferóis contribuiu para evitar a oxidação, fazendo com que S e SC, apresentassem melhores resultados em determinadas análises.

Tabela 12. Análises da qualidade dos óleos submetidos à fritura a $180 \pm 5^\circ\text{C}$ por 4 horas.

Tratamentos	Tempos de fritura (h)		
	0	2	4
AGL (%)			
S	$0,13 \pm 0,00^{cA}$	$2,96 \pm 0,40^{bA}$	$4,50 \pm 0,04^{aA}$
G	$0,13 \pm 0,00^{cA}$	$2,85 \pm 0,02^{bA}$	$4,14 \pm 0,00^{aA}$
SC	$0,14 \pm 0,00^{cA}$	$2,42 \pm 0,10^{bB}$	$3,62 \pm 0,00^{aB}$
GC	$0,14 \pm 0,00^{cA}$	$2,74 \pm 0,17^{bAB}$	$3,72 \pm 0,05^{aB}$
IP (meq/kg)			
S	$1,04 \pm 0,01^{bB}$	$4,80 \pm 0,10^{aB}$	$5,30 \pm 0,02^{aC}$
G	$1,40 \pm 0,00^{cAB}$	$4,45 \pm 0,01^{bBC}$	$6,30 \pm 0,20^{aB}$
SC	$1,71 \pm 0,01^{cA}$	$4,00 \pm 0,10^{bC}$	$4,85 \pm 0,01^{aD}$
GC	$1,51 \pm 0,01^{cAB}$	$6,40 \pm 0,01^{bA}$	$7,35 \pm 0,01^{aA}$
IpA			
S	$1,98 \pm 0,00^{cA}$	$25,85 \pm 0,00^{bA}$	$28,65 \pm 0,00^{aA}$
G	$1,93 \pm 0,01^{cA}$	$25,70 \pm 0,02^{bA}$	$27,65 \pm 0,05^{aB}$
SC	$1,75 \pm 0,01^{cA}$	$15,42 \pm 0,08^{bB}$	$18,85 \pm 0,01^{aC}$
GC	$1,67 \pm 0,00^{cA}$	$14,48 \pm 0,05^{bC}$	$17,45 \pm 0,05^{aD}$
Totox			
S	$4,06 \pm 0,16^{cA}$	$35,45 \pm 0,25^{bA}$	$39,05 \pm 0,25^{aA}$
G	$4,72 \pm 0,00^{cA}$	$34,60 \pm 0,10^{bA}$	$40,25 \pm 1,13^{aA}$
SC	$5,17 \pm 0,01^{cA}$	$23,43 \pm 0,10^{bC}$	$28,55 \pm 0,05^{aC}$
GC	$4,68 \pm 0,01^{cA}$	$27,28 \pm 0,13^{bB}$	$32,15 \pm 0,13^{aB}$
CPT (%)			
S	$5,67 \pm 0,06^{cA}$	$10,25 \pm 0,13^{bA}$	$15,10 \pm 0,02^{aA}$
G	$3,15 \pm 0,05^{cB}$	$10,30 \pm 0,02^{bA}$	$15,15 \pm 0,01^{aA}$
SC	$2,35 \pm 0,20^{cBC}$	$7,25 \pm 0,13^{bB}$	$11,15 \pm 0,05^{aB}$
GC	$2,30 \pm 0,18^{cC}$	$7,20 \pm 0,02^{bB}$	$11,40 \pm 0,02^{aB}$
EO (h)			
S	$5,58 \pm 0,01^{aB}$	$5,49 \pm 0,09^{aB}$	$5,26 \pm 0,00^{aAB}$
G	$5,80 \pm 0,02^{aB}$	$5,13 \pm 0,01^{abB}$	$4,53 \pm 0,50^{bB}$
SC	$7,49 \pm 0,25^{aA}$	$7,15 \pm 0,68^{abA}$	$6,37 \pm 0,77^{bA}$
GC	$8,32 \pm 0,03^{aA}$	$5,99 \pm 0,05^{bAB}$	$5,28 \pm 0,02^{bAB}$

Médias \pm desvios padrões, seguidas pelas mesmas letras minúsculas nas linhas e maiúsculas nas colunas não diferem pelo teste de Tukey ($p > 0,05$). S: óleo de soja; G: óleo de girassol; C: óleo de coco; SC: (óleo de soja + coco); GC (óleo de girassol + coco) IP: índice de peróxidos; IpA: índice de p-anisidina; Totox: valor total de oxidação; CPT: compostos polares totais e EO: estabilidade oxidativa.

Como o óleo de soja possui maior quantidade de tocoferóis, conseguiu uma maior inibição da oxidação, além disso, a adição do óleo de coco, praticamente saturado, também ajudou a aumentar a estabilidade oxidativa, o que fez com que o SC apresentasse maior período de indução. Em 5 horas de termoxidação, o SC também obteve a maior estabilidade oxidativa em relação aos demais, entretanto, a presença do alimento na fritura fez com que o valor obtido na termoxidação se reduzisse à metade.

5.2. Análise sensorial

Os resultados obtidos foram avaliados de acordo com o número de respostas corretas. De acordo com o Anexo C, o número máximo de respostas corretas para garantir similaridade entre duas amostras a partir do teste triangular é de 42 pessoas, com 102 participantes, $\beta = 0,01$ e $Pd = 30\%$, caso contrário, ficaria comprovada a diferença entre as amostras. A Tabela 13, demonstra o número de respostas corretas do teste de avaliação.

Tabela 13. Teste triangular de similaridade.

Óleos	Nº de Avaliadores	B	Pd (%)	Respostas corretas	Respostas do teste
S, S:C	102	0,01	30	≤ 42	34
G, G:C	102	0,01	30	≤ 42	47

Ao avaliarem os óleos de soja e soja:coco, os participantes não detectaram a diferença na percepção do sabor. Portanto, é possível confirmar, estatisticamente, que ambos os óleos são iguais quando comparados ao sabor deixado na batata frita. Entretanto, ao analisarem os óleos de girassol e girassol:coco, o número de respostas corretas do teste foi maior do que o esperado pelo Anexo C, indicando assim, a diferença perceptível, estatisticamente, entre ambos.

No teste afetivo, a amostra de batatas foi apresentada individualmente para o avaliador (Anexo D), sendo cada batata frita em um tipo de óleo. O teste foi avaliado de acordo com a escala hedônica de 9 pontos no qual o avaliador determinava o quanto gostava ou não da batata frita em relação aos seguintes atributos: textura, cor, aparência, sabor e aceitação global.

A análise estatística para amostras em comparação, é realizada por meio do teste de t-Student (Excel 2013). As Tabelas 14 e 15 apresentam os resultados obtidos. Para determinar se as amostras comparadas são iguais, estatisticamente, ou não, deve-se analisar a aceitação da hipótese H_0 (amostras iguais) ou a sua rejeição. Quando o resultado de $P(T \leq t)$ bi-caudal é maior que $(p \geq 0,05)$, aceita-se H_0 , entretanto, se $P(T \leq t)$ bi-caudal é menor que $(p < 0,05)$ rejeita-se H_0 .

Analisando o Apêndice G, é possível observar que para todos os atributos comparados, $P(T \leq t)$ bi-caudal $> (p < 0,05)$, portanto, pode-se afirmar que todas as amostras foram avaliadas igualmente e não houve diferenças estatísticas entre os óleos testados. Os atributos textura, aparência e aceitação global obtiveram as maiores notas para o óleo SC, demonstrando que além da não percepção de diferença dos sabores dos óleos os avaliadores conferiram maiores notas ao óleo composto, que além de ser melhor aceito, possuiu maior estabilidade oxidativa.

De acordo com o Apêndice H o único atributo diferente, estatisticamente, foi a textura das batatas fritas, pois $P(T \leq t)$ bi-caudal $< (p < 0,05)$. Entretanto, a maior média foi para a amostra frita no óleo girassol:coco. Os demais atributos foram igualmente analisados e não houve diferença perceptível. Com exceção do atributo textura, as maiores médias obtidas foram para as batatas fritas em óleo de girassol. Demonstrando assim, que o óleo de girassol sozinho agradou mais um determinado grupo de avaliadores, embora não haja diferenças estatísticas entre eles.

As Figuras 3 e 4 apresentam a frequência de respostas obtidas pelos avaliadores sobre as amostras soja; soja:coco e girassol:coco, respectivamente. De acordo com a Figura 3, os atributos que receberam as maiores médias, aproximadamente nota 8 (gostei muito) foram cor e aparência. É importante ressaltar que embora os óleos permanecessem aquecidos em 4 horas contínuas, as amostras de batatas sempre apresentavam ao final de cada fritada a mesma coloração e aparência, por isso, as notas para ambos os óleos não se diferiram estatisticamente. As menores notas foram atribuídas a textura das batatas, isso pode ter sido ocasionado pelo tempo de espera entre fritar a batata e o provador avaliá-la. Esse tempo de espera é suficiente para que a batata murche, fazendo com que a textura não seja agradável ao paladar do avaliador.

A aceitação global foi avaliada com uma nota média de aproximadamente 7,5 (gostei muito) para ambos os óleos, demonstrando assim, que os avaliadores

gostaram muito das amostras provadas e principalmente, não perceberam a diferença entre o gosto dos óleos.

A Figura 4 demonstra que o atributo com a menor média foi a textura e que estes valores se diferiram estatisticamente, ou seja, os avaliadores preferiram a batata frita com o óleo de girassol. Os demais atributos tiveram média em torno de 7,5 (gostei muito), com destaque para o óleo de girassol, sempre com as maiores médias. Embora, os avaliadores preferiram a batata frita no óleo de girassol, estatisticamente não houve diferença para a maioria dos atributos, provando assim, que não há diferença entre as amostras analisadas.

As batatas frituras nos óleos estudados foram aceitas, atingiram médias na escala hedônica maiores que 6 (gostei ligeiramente), sendo as maiores notas atingidas para o atributo cor das batatas fritas nos óleos S e SC, cor e aparência nos óleos G e GC.

Figura 3. Frequência de respostas de batatas fritas com óleos de soja e soja:coco.

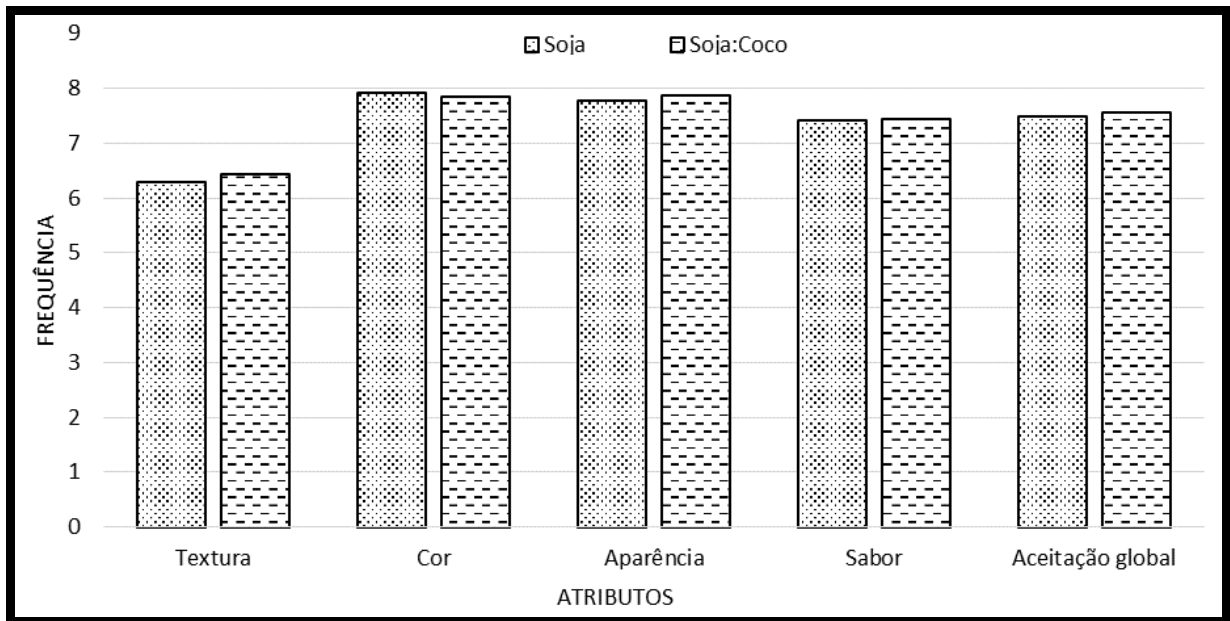
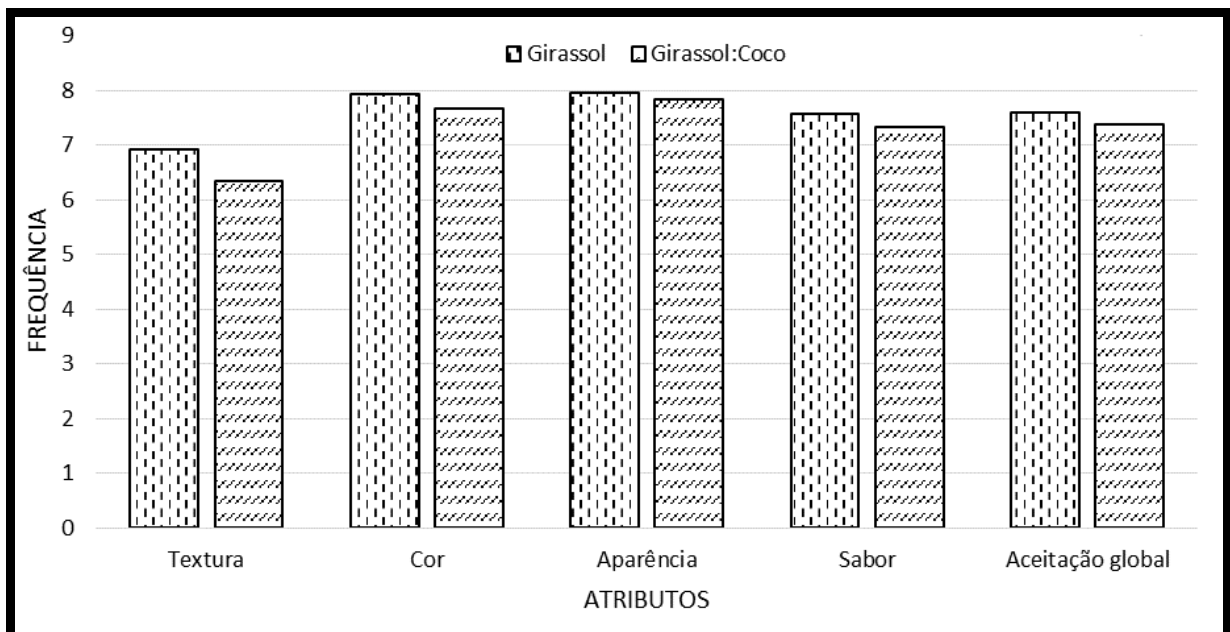


Figura 4. Frequência de respostas de batatas fritas com óleos de girassol e girassol:coco.



6. CONCLUSÕES

As análises físico-químicas realizadas na caracterização dos óleos demonstraram que o C obteve menor oxidação, sobretudo, maior estabilidade oxidativa. Dentre os óleos compostos, o GC, 75:25 v/v, atingiu proporção próxima de 1:1:1 em ácidos graxos saturados, monoinsaturados e poli-insaturados, respectivamente, além da boa relação ole/lin.

Durante 15 horas de termoxidação, SC e GC quando comparados a S e G, conseguiram minimizar os índices de compostos primários e secundários de degradação, além de reduzir em 40% a formação de compostos polares totais. Ao comparar os óleos compostos, o SC apresentou maior teor de tocoferóis totais, enquanto que o GC apresentou maior quantidade de vitamina E.

Nas condições utilizadas no processo de fritura, ou seja, em um período de tempo de apenas 4 horas, observou-se que SC e GC obtiveram menor degradação quando comparado a S e G, sendo SC com menor formação de compostos primários.

Na análise sensorial de batatas fritas, a presença do C na composição do SC foi imperceptível, ou seja, não houve diferença significativa entre as batatas fritas com S e SC quando avaliadas quanto ao sabor. Por outro lado, os avaliadores detectaram diferença significativa no sabor entre G e GC.

Apesar do óleo de girassol ser médio oleico e o de soja poli-insaturado, ambos apresentaram bons resultados, quando se juntaram ao coco formando SC e GC. SC foi resistente à oxidação devido a presença de antioxidantes naturais provenientes do S e a composição de ácidos graxos saturados provenientes do C. Da mesma forma, GC conseguiu resultados melhores que S e G devido a sua composição equilibrada em ácidos graxos saturados e monoinsaturados. Portanto, é viável a aplicação de óleos compostos como SC e GC em processos que envolvam elevadas temperaturas.

REFERÊNCIAS

ABIOVE. Associação brasileira das indústrias de óleos vegetais. **Brasil – complexo soja: balanço-demanda**. 2018. Disponível em: <http://www.abiove.org.br/site/_FILES/Portugues/25052018-122745-2018-05-25_-_quadro_de_oferta_e_demanda.pdf>. Acesso em: 16 junho 2018.

ABNT. Associação brasileira de normas técnicas. **Análise sensorial dos alimentos e bebidas: terminologia**. p. 8, 1993.

AKINOSO, R.; ABOABA, S.; OLAYANJU, T. Effects of moisture content and heattreatment on peroxide value and oxidative stability of un-refined sesame oil. **African Journal of Food, Agriculture, Nutrition and Development**, Nairobi, v. 10, n. 10, p. 4268-4285, 2010.

American Heart Association. The cholesterol facts. A summary of evidence relating dietary fats, serum cholesterol and coronary heart disease. A join statement by the American heart Association and National Heart, lung and blood Institute. **Circulation**, Dallas, v. 81, n. 5, p. 1721-1733, 1990.

ANVISA. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Resolução nº 85, de 13 de dezembro de 2004**. Regulamento técnico para óleos e gorduras vegetais, Brasília, DF, ANVISA, 2004. Disponível em: <<http://www4.gov.br/base/visadoc/CP/CP%5B8994-1-0%5D.pdf>>. Acesso em: 2 julho 2017.

ANTONIASSI, R. Métodos de avaliação da estabilidade oxidativa de óleos e gorduras. **Boletim do Centro de Pesquisa e Processamento de Alimentos**, Curitiba, v. 19, n. 2, p. 353-380, 2001.

ANZALDÚA-MORALES, A. **La evaluación sensorial de los alimentos en la teoría y la práctica**. Zaragoza: Acribia, 1994, p.198.

AOAC. In: W. Horwitz (Ed.). **Official methods of analysis** (14th ed.). Washington, DC: Association of Official Analytical Chemist, Inc, 1984.

AOCS. American Oil Chemists' Society. **Official methods and recommended practices of the American Oil Chemists' Society**, Chicago, 6 ed. Champaign, 2009.

BANZATTO, D. A.; KRONKA, S. N. **Experimentação agrícola**. 4. ed. Jaboticabal: Funep, 2006, p. 237.

BARBOZA, L. M. V.; FREITAS, R. J. S.; WASZCZYNSKYJ. Desenvolvimento de produtos e análise sensorial. **Brasil Alimentos**, São Paulo, n. 18, p. 34-35, 2003.

BERSET, C.; CUVELIER, M. E. Methods of estimating the degree of lipid oxidation and of measuring antioxidizing power. **Sciences des Aliments**, Dijon, v. 16, n. 3, p. 219-245, 1996.

BÍBLIA SAGRADA. **O antigo e o novo testamento**. 6. ed. Santo André, p. 541, 2006.

BRAMLEY, P. M.; ELMADFA, I.; KAFATOS, A.; KELLY, F. J.; MANIOS, Y.; ROXBOROUGH, H. E.; SHUCH, W.; SEEHY, P. J. A.; WAGNER, K-H. Vitamin E. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, London, v. 80, n.7, p. 913-938, 2000.

BRASIL. AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. Resolução RDC n. 270, de 22 de setembro de 2005. Aprova o regulamento técnico para óleos vegetais, gorduras vegetais e creme vegetal. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 22 setembro 2005, Seção 5, p. 8.

CASAROTTI, S. N.; JORGE, N. Antioxidant activity of Rosemary extract in soybean oil under thermoxidation. **Journal of Food Processing and Preservation**, Chicago, v. 38, n. 1, p. 136-145, 2012.

CASTRO-GONZALÉZ, M. I. Ácidos grasos omega 3: beneficios y fuentes. **Interciência**, Caracas, v. 27, n. 3, p. 1-17, 2002.

CAMIRE, M. E.; KUBOW, S.; DONNELLY, D. J. Potatoes and human health. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, Boca Raton, v. 49, p. 823-840, 2009.

CECCHI, H. M. **Fundamentos teóricos e práticos em análise de alimentos**. 2 ed. Campinas: Universidade Estadual de Campinas, p. 507, 2003.

CHAIYASIT, W.; ELIAS, R. J.; MCCLEMENTS, J.; DECKER, E. A. Role of physical structures in bulk oils on lipid oxidation. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, Boca Raton, v. 47, n. 1, p. 299-317, 2007.

CHAMMEM, N. Improvement of vegetable oils quality in frying condition by adding Rosemary extract. **Industrial Crops and Products**, Amsterdam, v. 74, p. 592-599, 2015.

CHEN, W-A. Total polar compounds and acids values of repeatedly used frying oils measured by standard and rapid methods. **Journal of Food and Drug Analysis**, Taiwan, v. 21, n. 1, p. 58-65, 2013.

CHOE, E. O.; LEE J.; MIN, D. B. Chemistry for oxidative stability of edible oils. In: AKOH, C.C.; LAI, O.M. (Eds.). **Healthful lipids**. Champaign: AOCS Press, 2005. P. 569-574.

CLARKSON, P. M.; THOMPSON, H. S. Antioxidants: what role do they play in physical activity and health? **American Journal of Clinical Nutrition**, New York, v. 72, n. 2, p. 637S-646S, 2000.

CIRLINI, M.; CALIGIANI, A.; PALLA, G.; De ASCENTIIS, A.; TORTINI, P. Stability studies of ozonized sunflower oil and enriched cosmetics with a dedicated peroxide 128 value determination. **Ozone: Science & Engineering**, Oxford, v. 34, n. 4, p. 293- 299, 2012.

CODEX-STAN. CODEX ALIMENTARIUS COMMISSION (FAO/WHO). **Codex Satandard for vegetable oils**. CODEX STAN 210 – 2015. Codex Alimentarius, Roma, Itália, rev. 3, amendment 2015.

COIMBRA, M. C.; DEL RÉ, P. V.; JORGE, N. Influência do extrato de alho na estabilidade oxidativa do óleo de soja refinado. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 56, n. 5, p. 547-550, 2009.

COIMBRA, M. C.; JORGE, N. Characterization of the pulp and kernel oils from *Syagrus oleracea*, *Syagrus romanzoffiana* and *Acromia aculeata*. **Journal of Food Science**, Mysore, v. 76, n. 8, p. 156-161, 2011.

CORSINI, M. S.; JORGE, N. Alterações oxidativa em óleos de algodão, girassol e palma utilizados em frituras de mandioca palito congelada. **Alimentos e Nutrição**, Araraquara, v. 17, n. 1, p. 25-34, 2006.

COSTA, T.; JORGE, N. Characterization and fatty acids profile of the oils from Amazon nuts and walnuts. **Nutrition & Food Science**, London, v. 42, n. 4, p. 1-8.

COSTA NETO, P. R.; ROSSI, L. F. S.; ZAGONEL, G. F.; RAMOS, L. P. Produção de biocombustíveis alternativo ao óleo diesel através da transesterificação de óleo de soja usado em frituras. **Química Nova**, São Paulo, v. 23, n. 4, p. 531-53, 2000.

COSTA-SINGH, T.; BITENCOURT, T. B.; JORGE, N. Caracterização e compostos bioativos do óleo de castanha-de-cutia (*Couepia edulis*). **Revista Instituto Adolfo Lutz**, São Paulo, v. 71, n. 1, p. 61-68, 2012.

DAYRIT, F. M. The properties of lauric acid and their significance in coconut oil. **Journal of the American Oil Chemists' Society**, Chicago, v. 92, n.1, p. 1-15, 2015.

DEBIER, C.; LARONDELLE, Y. Vitamins A and E: metabolism, roles and transfer to offspring. **British Journal of Nutrition**, Cambridge, 93: 153-174, 2005.

DEBMANDAL, M.; MANDAL, S. Coconut (*Cocos nucifera* L.: Areaceae): In health promotion and disease prevention. **Asian Pacific Journal of Tropical Medicine**, Utah, v. 4, n. 3, p. 241-247, 2011.

DEMARCHI, M. **Análise da conjuntura agropecuária – Safra 2011/12 – Soja**. Paraná: Secretaria da Agricultura e do Abastecimento, 2011.

DIAS, L. S.; MENIS, M. E.; JORGE, N. Effect of Rosemary (*Rosmarinus officinalis*) extracts on the oxidative stability and sensory acceptability of soybean oil. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, London, v. 95, n. 10, p. 2012-2027, 2014.

DIJKSTRA, A. J. Vegetable oils: Composition and analysis. In: SMITHERS, G. (Ed). **Reference module in food science**. 1 ed. Amsterdam: Elsevier, 2016. p. 357-386.

DIONISI, F.; PRODOLLIET, J.; TAGLIAFERRI, E. Assessment of olive oil adulteration by reversed-phase high-performance liquid

chromatography/amperometric detection of tocopherols and tocotrienols. **Journal of the American Oil Chemists' Society**, Chicago, v. 72, p. 1505-1511, 1995.

DOBARGANES, M. C.; VELASCO, J.; DIEFFENBACHER, A. Determination of polar compounds, polymerized and oxidized triacylglycerols, and diacylglycerols in oils and fats. **Pure and Applied Chemistry**, Oxford, v. 72, n. 8, p. 1563-1575, 2000.

DUTCOSKY, S. D. **Análise sensorial de alimentos**. 4. ed. Curitiba: Champagnat, 2013, p. 531.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Girassol**. 2018. Disponível em: < <https://www.embrapa.br/soja/cultivos/girassol>>. Acesso em 31 maio 2018.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Produção e comercialização de coco no Brasil frente ao comércio internacional: panorama**. Aracaju, p. 3-53, 2014.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistemas de produção. Tecnologias de produção de soja – região Central do Brasil**, p. 11-16, 2013. Disponível em: < <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/95489/1/SP-16-online.pdf> > Acesso em 13 maio 2018.

FAMUREWA, A. C.; UFEBE, O. G.; EGEDIGWE, C. A.; NWANKWO, O. E.; OBAJE, G. S. Virgin coconut oil supplementation attenuates acute chemotherapy hepatotoxicity induced by anticancer drug methotrex via inhibition of oxidative stress in rats. **Biomedicine & Pharmacotherapy**, Paris, v. 87, p. 437-442, 2017.

FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. **Commodities by country – sunflower seed**. 2016. Disponível em <http://www.fao.org/faostat/en/#rankings/commodities_by_country>. Acesso em: 31 maio 2018.

FARHOOSH, R.; EINAFSHAR, S.; SHARAYEI, P. The effect of commercial refining steps on the rancidity measures of soybean and canola oils. **Food Chemistry**, London, v. 115, n. 3, p. 933-938, 2009.

FERNANDO, W. M.; MARTINS, I. J.; GOOZEE, K. G.; BRENNAN, C. S.; JAYASENA, V.; MARTINS, R. N. The role of dietary coconut for the prevention and treatment of alzheimer's disease: potential mechanism of action. **British Journal of Nutrition**, Cambridge, v. 114, n. 1, p. 1-14, 2015.

FERRARI, R. A. Componentes minoritários de óleos vegetais. **Óleos & Grãos**, Curitiba, p. 20-28, 2001.

FERREIRA, J. C.; MATA, M. E. R. M. C.; BRAGA, M. E. D. Análise sensorial da polpa de umbu submetida a congelamento inicial em temperaturas criogênicas e armazenadas em câmaras frigoríficas. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v. 2, n. 1, p. 7-17, 2000.

FERRETTI, C. A.; SPOTTI, M. L.; COSIMO, J. L. Di. Diglyceride-rich oils from glycerolysis of edible vegetable oils. **Catalysis Today**, Amsterdam, v. 302, p. 233-241, 2018.

GAO, L. G.; CAO, J.; MAO, Q. X.; LU, X. C.; ZHOU, X. L.; FAN, L. Influence of omega-3 polyunsaturated fatty acid-supplementation on platelet aggregation in humans: a meta-analysis of randomized controlled trials. **Atherosclerosis**, London, v. 226, n. 1, p. 328-334, 2013.

GHIDURUS, M.; TURTOI, M.; BOSKOU, G.; NICULITA, P.; STAN, V. Nutritional and health aspects related to frying (I). **Romanian Biotechnological Letters**, Bucharest, v. 15, n. 6, p. 5675-5682, 2010.

GIL, B.; CHO, Y. J.; YOON, S. H. Rapid determination of polar compounds in frying fats and oils using image analysis. **LWT – Food Science and Technology**, London, v. 37, n. 6, p. 657-661, 2004.

GOPINATH, A.; PUHAN, S.; NAGARAJAN, G. Theoretical modeling of iodine value and saponification value of biodiesel fuels from their fatty acid composition. **Renewable Energy**, Limassol, v. 34, p. 1806-1811, 2009.

GORDON, M. H. The development of oxidative rancidity in foods. POKORNY, J.; YANISHLIEVA, N.; GORDON, M. **Antioxidants in food: practical applications**. 1 ed. England: Woodhead publishing, 2001. p. 7-20.

GUILLÉN, M. D.; CABO, N. Fourier transform infrared spectra data versus peroxide and anisidine values to determine oxidative stability of edible oils. **Food Chemistry**, London, v. 77, n. 4, p. 503-510, 2002.

GUNSTONE, F. D. **Vegetable oils in food technology: composition, properties and uses**. 2 ed. Oxford: Wiley-Blackwell, 2011, p. 376.

HAMSI, A. M.; OTHMAN, F.; DAS, S.; KAMISAH, Y.; THENT, Z. C.; MOHD, H.; QODRIYAH, S.; ZAKARIA, Z.; EMRAN, A.; SUBERMANIAM, K.; JAARIN, K. Effect of consumption of fresh and heated virgin coconut oil on the blood pressure and inflammatory biomarkers: an experimental study in Sprague dawley rats. **Alexandria Journal of Medicine**, Riyadh, v. 51, n. 1, p. 53-63, 2015.

HARTMAN, L.; LAGO, R. C. A. Rapid preparation of fatty acid methyl esters from lipids. **Laboratory Practice**, London, v. 22, n. 1, p. 475-476, 1973.

HOUHOULA, D. P.; OREOPOULOU, V.; TZIA, C. A kinetic study of oil deterioration during frying and a comparison with heating. **Journal of the American Oil Chemists' Society**, Chicago, v. 79, n. 2, p. 133-137, 2002.

HUSSAIN, F.; IQBAL, M.; SHAH, S. Z.; QAMAR, M. A.; BOKHARI, T. H.; ABBAS, M.; YOUNUS, M. Sunflower germination and growth behavior under various gamma radiation absorbed doses. **Acta Ecologica Sinica**, Beijing, v. 37, p. 48-52, 2017.

HYESOOK, C.; EUNJI, L.; KWANG-GEUN, L. Quality evaluation of noble mixed oil blended with palm and canola oil. **Journal of Oleo Science**, Nagasaki, v. 63, n. 3, p. 653-660, 2014.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Levantamento sistemático da produção agrícola. **Pesquisa mensal de previsão e acompanhamento das safras agrícolas no ano civil**, Rio de Janeiro, v. 30, n. 3, p. 1-38, 2017.

ICMR. Indian Council for Medical Research. **Nutrient requirements and recommended daily allowances for Indians**. New Delhi, p. 53-60, 1989.

INDEX MUNDI. **Soybean oil production by country in 100MT**. 2018a. Disponível em: <<https://www.indexmundi.com/agriculture/?commodity=soybeanoil&graph=production>>. Acesso 31 maio 2018.

INDEX MUNDI. **Sunflower oil production by country in 100MT**. 2018b. Disponível em: <<https://www.indexmundi.com/agriculture/?commodity=sunfloweroil&graph=production>>. Acesso 31 maio 2018.

INDEX MUNDI. Coconut oil production by country in 100MT. 2018c. Disponível em: <<https://www.indexmundi.com/agriculture/?commodity=coconutoil&graph=production>>. Acesso 31 maio 2018.

IVERSEN, S. A. Identification of a diene conjugated component of human lipid as octadeca-9,11-dienoic acid. **Federation of European Biochemical Societies Letters**, Amsterdam, v. 171, n. 2, p. 320-324.

JAYAKUMAR, M.; JANAPRIYA, S.; SURENDRAN, U. Effect of drip fertigation and polythene mulching on growth and productivity and economic benefits. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v. 182, p. 87-93, 2017.

JORGE, N. Alterações em óleos de fritura. **Higiene Alimentar**, São Paulo, v. 11, n. 52, p. 15-22, 1997.

JORGE, N.; SOARES, B. B. P.; LUMARDI, V. M.; MALACRIDA, C. R. Alterações físico-químicas dos óleos de girassol, milho e soja em frituras. **Química Nova**, São Paulo, v. 28, n. 6, p. 947-951, 2005.

JORGE, N.; VERONEZI, C. M.; DEL RÉ, P. V. Antioxidant effect of thyme (*Thymus vulgaris* L.) and oregano (*Origanum vulgare* L.) extracts in soybean oil under termoxidation. **Journal of Food Processing and Preservation**, Chicago, v. 39, n. 6, p. 1399-1406, 2015.

JORGE, N. **Química e tecnologia de óleos vegetais**. São Paulo: Cultura Acadêmica, p. 84, 114-200, 2009.

JUNG, M. Y.; MIN, D. B. Effects of α -, γ - and δ -tocopherols on oxidative stability of soybean oil. **Journal of Food Science**, Praha, v. 55, n. 5, p. 1464-1465, 1990.

KAGAWA, A. (Ed). **Standard table of food composition in Japan**. Tokyo: University of Nutrition for Women, 1995, p. 104-105.

KHAN, M. I.; ASHA, M. R.; BHAT, K. K.; KHATOON, S. Studies on chemical and sensory parameters of coconut oil and its olein blends with sesame oil and palmolein during wheat flour-based product frying. **Journal of Food Science and Technology**, Nepal, v. 48, n. 2, p. 175-182, 2011.

KOH, E.; SURH, J. Food types and frying frequency affect the lipid oxidation of deep frying oil for the preparation of school meals in Korea. **Food Chemistry**, London, v. 174, p. 467-472, 2015.

KOLAKOWSKA, A.; BARTOSZ, G. Oxidation of food components: in introduction. In: BARTOSZ, G. (Ed). **Chemical, biological and functional properties**. CRC Press, Boca Rota, New York, 2014, p. 1-20.

LAGUERRE, M.; LECOMTE, J.; VILLENEUVE, P. Evaluation of the ability of antioxidants to counteract lipid oxidation: existing methods, new trends and challenges. **Progress in Lipid Research**, Oxford, v. 46, n. 5, p. 244-282, 2007.

LAMAS, D. L.; CRAPISTE, G. H.; CONSTENLA, D. T. Changes in quality and composition of sunflower oil during enzymatic degumming process. **Food Science and Technology**, London, v. 58, p. 71-76, 2014.

LEE, C. H. How to manage the frying oil quality. **Taiwan Food News**, Taipei, v. 232, p. 38-42, 2009.

LI, F.; HARMER, P.; CARDINAL, B. J.; BOSWORTH, M.; JOHNSON-SHELTON, D. Obesity and the built environment: does the density of neighborhood fast-Food outlets matter? **American Journal of Health Promotion**, New York, v. 23, n. 3, p. 203-209, 2009.

LIRA, G. M.; FILHO, J. M.; SANT'ANA, L. S.; TORRES, R. P.; OLIVEIRA, A. C.; OMENA, C. M. B.; NETA, M. L. S. Perfil de ácidos graxos, composição centesimal e valor calórico de moluscos crus e cozidos com leite de coco da cidade de Maceio-AL. **Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas**, São Paulo, v. 40, n. 4, p. 529-537, 2004.

LUZIA, D. M. M.; JORGE, N. S. Antioxidant activity, fatty acid profile and tocopherols of *Tamarindus indica* L. seeds. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 31, n. 2, p. 497-501, 2011.

LUZIA, D. M. M.; JORGE, N. Bioactive substance contents and antioxidant capacity of the lipid fraction of *Annona crassiflora* Mart. seeds. **Industrial Crops and Products**, Amsterdam, v. 42, n. 1, p. 231-235, 2013.

LUZIA, D. M. M.; JORGE, N. Fatty acids profile and alteration of lemon seeds extracts (*Citrus limon*) added to soybean oil under thermoxidation. **Journal of Food Science and Technology**, Nepal, v. 50, n. 5, p. 965-971, 2013.

MAHAN, L. K.; ESCOTT-STUMP, S. K. **Alimentos, nutrição e dietoterapia**. São Paulo: Roca; 2010.

MARINA, A. M.; CHE MAN, Y. B.; NAZIMAH, S. A. H. Chemical properties of virgin coconut oil. **Journal of the American Oil Chemists' Society**, Chicago, v. 86, n. 4, p. 301-307, 2009.

MARINA, A. M.; CHE MAN, Y. B.; AMIN, I. Virgin coconut oil: emerging functional food oil. **Food Science & Technology**, London, v. 20, n. 10, p. 481-487, 2009.

MEILGAARD, M.; CIVILLE, G. V.; CARR, B. T. **Sensory Evaluation Techniques**, 4 th ed CRC Press, Inc. 2006, p. 448.

MELO, E. A.; GUERRA, N. B. Ação antioxidante de compostos fenólicos naturalmente presentes em alimentos. **Boletim da Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 36, n.1, p. 1-11, 2002.

MILES, E. A.; CALDER, P. C. Influence of marine n-3 polyunsaturated fatty acids on immune function and a systematic review of their effects on clinical outcomes in rheumatoid arthritis. **British Journal of Nutrition**, Cambridge, v. 107, p. 171-184, 2012.

MIYOSHI, H.; MORIYA, K.; TSUTSUMI, T.; SHINZAWA.; FUJIE, H.; SHINTANI, Y.; FUJINAGA, H.; GOTO, K.; TODOROKI, T.; SUZUKI, T.; MIYAMURA, T.; MATSUURA, Y.; YOTSUYANAGI, H.; KOIKE, K. Pathogenesis of lipid metabolism disorder in hepatitis C: polyunsaturated fatty acids counteract lipid alterations induced by the core protein. **Journal of Hepatology**, Genebra, v. 54, n. 3, p. 432-438, 2011.

MONTEIRO, M. R. P. Avaliação da digestibilidade protéica de genótipo de soja com ausência e presença de inibidor de tripsina Kunitz e lipoxigenase. **Brazilian Journal of Food Technology**, Campinas, v. 6, n.1, p. 99-107, 2003.

MORAES, M. A. C. **Métodos para avaliação sensorial dos alimentos**. 6. ed. Campinas: Editora da Unicamp, p. 93, 1988.

MORTON, I. D. Geography and his tor y of the frying process. **Grasas y Aceites**, Sevilla, v. 49, n. 3-4, p. 247-249, 1998.

MUNDER, S.; ARGYROPOULOS, D. MULLER, J. Class-based physical properties of air-classified sunflower seeds and kernels. **Biosystems Engineering**, New York, v. 164, p. 124-134, 2017.

NAGARAJU, A.; LOKESH, B. R. Interesterified coconut oil blends with groundnut oil or olive oil exhibit greater hypocholesterolemic effects compared with ther respective physical blends in rats. **Nutrition Research**, Terrytown, v. 27, n. 9, p. 580-586, 2007.

NAWAR, W. W. Lipids. In: FENNEMA, O. R. (Ed.). **Food Chemistry**. 4. ed. New York: Dekker, 2007. p. 225-319.

NEPA-UNICAMP. **Tabela brasileira de composição de alimentos**, Campinas, p. 56-57, 2011.

NEVIN, K. G.; RAJAMOHAN, T. Beneficial effects of virgin coconut oil on lipid parameters and *in vitro* LDL oxidation. **Clinical Biochemistry**, Birmingham, v. 37, n. 9, p. 830-835, 2004.

NEVIN, K. G.; RAJAMOHAN, T. Influence of virgin coconut oil on blood coagulation factors, lipid levels and LDL oxidation in cholesterol fed Sprague-Dawley rats. **e-SPEN, the European e-Journal of Clinical Nutrition and Metabolism**, London, v. 3, n. 1, p. e1-e8, 2008.

NEVIN, K. G.; RAJAMOHAN, T. Virgin coconut oil supplemented diet increases the antioxidant status in rats. **Food Chemistry**, London, v. 99, n. 2, p. 260-266, 2006.

NYAM, K. L.; TAN, C. P.; LAI, O. M.; LONG, K. CHE MAN, Y. B. Physicochemical properties and bioactive compounds of selected seed oils. **LWT – Food Science and Technology**, London, v. 42, n. 8, p. 1396-1403, 2009.

O'BRIEN, R. D. **Fats and oils: formulating and processing for applications**. 3 ed. Boca Raton: CRC Press, 2008. p. 680.

O'BRIEN, R. D. **Fats and oils: formulating and processing for applications**. United States of America, Technomic publishing company, Inc, 1998, p. 7-10; 30-31.

PAUL, S.; MITTAL, G. S. Regulating the use of degraded oil/fat in deep-fat/oil food frying. **Critical Review in Food Science and Nutrition**, Cleveland, v. 37, n. 7, p. 635-662, 1997.

POKORNY, J. Introduction. In: POKORNY, J; YANISHLIEVA, N.; GORDON, M. **Antioxidants in food: practical applications**. 1 ed. England: Woodhead publishing, 2001. p. 1-3.

PRADES, A.; DORNIER, M.; DIOP, N.; PAIN, J-P. Coconut water uses, composition and properties: a review. **Fruits**, Paris, v. 67, n. 2, p. 87-107, 2012.

RAFIQ, M.; LV, Y. Z.; ZHOU, Y.; MA, K. B.; WANG, W.; LI, C. R.; WANG, Q. Use of vegetable oils as transformer oils – a review. **Renewable and Sustainable Energy Review**, Belfast, v. 52, p. 308-324, 2015.

RIBEIRO, L. A verdade científica sobre um superalimento funcional denominado óleo de coco. **Brazilian Journal of Surgery and Clinical Research**, Maringá, v. 18, n. 3, p. 109-117, 2017.

RIBEIRO, E. P.; SERAVALLI, E. A. G. **Química de alimentos**. 2 ed. Instituto Mauá de Tecnologia. São Paulo: Edgar Blucher Ltda, 2007, p. 196.

ROIAINI, M.; ARDIANNIE, T.; NORHAYATI, H. Physicochemical properties of canola oil, olive oil and palm olein blends. **International Food Research Journal**, Malaysia, v. 22, n. 3, p. 1227-1233, 2015.

ROSSEL, J. B. Industrial frying process. **Grasas y Aceites**, Sevilla, v. 49, n. 3-4, p. 282-295, 1998.

SALAS, J. J. Biochemistry of lipid metabolism in olive and other oil fruits. **Progress in Lipid Research**, Minnesota, v. 39, p. 151-180, 2002.

SÁNCHEZ-MUNIZ, F. J.; BASTIDA, S.; BENEDÍ, J. Sunflower oil. In: SMITHERS, G. (Ed). **Reference module in food science**. 1 ed. Amsterdam: Elsevier, 2016. p. 217-226.

SANTOS, C.; WEAVER, D. F. Topically applied linoleic/linolenic acid for chronic migraine. **Journal of Clinical Neuroscience**, California, article in press.

SASAZUKI, S. Consumption of n-3 fatty acids and fish reduce risk of hepatocellular carcinoma: Japan public health centerbased prospective study. **Gastroenterology**, Sevilla, v. 142, n. 7, p. 1468-1475, 2012.

SASAZUKI, S. Intake of n-3 and n-6 polyunsaturated fatty acids and development of colorectal cancer by subsite: Japan public health center-based prospective study. **International Journal of Cancer**, Berlin, v. 127, n. 7, p. 1718-1729, 2011.

SAVVA, S. C.; KAFATOS, A. Vegetable oils: dietary importance. In: SMITHERS, G. (Ed). **Reference module in food science**. 1 ed. Amsterdam: Elsevier, 2016. p. 365-372.

SEILER, G. J.; GULYA, T. J. Sunflower: overview. In: SMITHERS, G. (Ed). **Reference module in food science**. 1 ed. Amsterdam: Elsevier, 2016, p.1-7.

SHAHIDI, F. **Bailey's industrial oil & fats products**. 6 ed. New York: John Wiley & Son 2005. 3616 p.

SHILS, M. E.; ROSS, C. A.; BENJAMIN, C.; COUSINS, R. J.; TUCKER, K. L.; ZIEGLER, T. R. **Tratado de nutrição moderna saúde e doença**. 9. Ed., São Paulo: Manole, v. 2, p. 2122, 2002.

SILVA, F. A. S.; DUARTE, M. E. M.; CAVALCANTI-MATA, M. E. R. M. Nova metodologia para interpretação de dados de análise sensorial de alimentos. **Journal of the Brazilian Association of Agricultural Engineering**, Jaboticabal, v. 30, n. 5, 2010.

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

SILVA, A. C.; JORGE, N. Oxidative stability of soybean oil added to *Lentinys edodes* and *Agaricus blazei* mushrooms extracts in an accelerated storage test. **Nutrition & Food Science**, London, v. 42, n. 1, p. 34-40.

STONE, H.; SIDEL, J. L. **Sensory Evaluation Practices**. 3. ed. San Diego, California: Elsevier Academic Press, 2004. 377 p.

STONE, H.; SIDEL, J. **Sensory evaluation practices**. 2. ed. New York: Academic Press. 1993, p. 337.

SUÁREZ-MAHECHA, H.; FRANCISCO, A. de.; BEIRÃO, L. H.; BLOCK, J. M.; SACCOL, A.; PARDO-CARRASCO, S. Importância de ácidos graxos poli-insaturados 20 presentes em peixes de cultivo e de ambiente natural para a nutrição humana. **Boletim do Instituto de Pesca**, São Paulo, v. 28, n. 1, p. 101-110, 2002.

TEIXEIRA, L. V. Análise sensorial na indústria de alimentos. **Revista do Instituto de Laticínios “Cândido Tostes”**, Juiz de Fora, v. 64, n. 366, p. 12-21, 2009.

TOMASEVIC, A. V.; SILER-MARINKOVIC, S. S. Methanolysis of used frying oil. **Fuel Processing Technology**, Perth, v. 81, p. 1-6, 2003.

TOSCANO, G.; RIVA, G.; FOPPA PEDRETTI, E.; DUCA, D. Vegetable oil and fat viscosity forecast models based on iodine number and saponification number. **Biomass and Bioenergy**, Manchester, v. 46, p. 511-516, 2012.

USDA. United States Department of Agriculture. World Agricultural **Production**. 2017. Disponível em: <<https://apps.fas.usda.gov/psdonline/circulars/production.pdf>>. Acesso em: 20 maio 2018.

USDA. United States Department of Agriculture. **National nutrient database for standard reference legacy release. Seeds, sunflower dees kernels, dried**. 2018. Disponível em: <<https://ndb.nal.usda.gov/ndb/search/list?qlookup=12036&format=Full>>. Acesso em 31 maio 2018.

VASKOVA, H.; BUCKOVA, M. Thermal degradation of vegetable oils: spectroscopic measurement and analysis. **Procedia Engineering**, Amsterdam, v. 100, p. 630-635, 2015.

VAN DE MARK, M. R.; SANDEFUR, K. Vegetable oils in paint and coatings. In: ERHAN, S. Z. **Industrial uses of vegetable oils**. Champaign: AOCS Press, 2009. p. 143-162.

VAUVRE, J. M.; KESTELOOT, R.; PATSIOURA, A.; VITRAC, O. Microscopic oil uptake mechanisms in fried products. **European Journal of Lipids Science and Technology**, Weinheim, v. 116 n. 6, p. 741-755.

VAZ, J. S.; DEBONI, F.; AZEVEDO, M. J.; GROSS, J. L.; ZELMANOVITZ, T. Ácidos graxos como marcadores biológicos da ingestão de gorduras. **Revista de Nutrição**, Campinas, v.19, n. 4, p. 489-500, 2006.

VERONEZI, C. M.; JORGE, N. Effect of *Carica papaya* and *Cucumis melo* seed oils on the soybean oil stability. **Food Science and Biotechnology**, Busan, v. 22, n. 4, p. 1031-1040, 2018.

VYSAKH, A.; RATHEESH, M.; RAJMOHANAN, T. P.; PRAMOD, C.; PREMLAL, S.; GIRISH KUMAR, B.; SIBI, P. I. Polyphenolics isolated from virgin coconut oil inhibits adjuvant induced arthritis in rats through antioxidant and anti-inflammatory action. **International Immunopharmacology**, Amsterdam, v. 20, n. 1, p. 124-130, 2014.

WAI, W. T.; SAAD, B.; LIM, B. P. Determination of TOTOX value in palm oleins using a FI-potentiometric analyzer. **Food Chemistry**, London, v. 113, n. 1, p. 285-290.

WEINGARTNER, K.E. Processing, nutrition and utilization of soybeans, In: SING, S.R., RACHIE, K. & DASCHIEL, K.E. (Eds). **Soybeans for the tropics: research, production and utilization**. Chichester, UK. Wiley-Interscience Publications. 1987.p.149-178.

WENG, X. C.; WANG, W. Antioxidant activity of compounds isolated from *Salvia plebeia*. **Food Chemistry**, London, v. 71, n. 4, p. 489-493, 2000.

WHITE, P. J. Flavor quality of fats and oils. In: O'BRIEN, R. D., FARR, W. C., WAN, P. J. **Introduction to fats and oils technology**, Chicago, 2. ed. Champaign: AOCS Press, 2000.

XU, H. Y.; ZHU, L-R.; DONG, J-E. ; MING LEI, Q. W. Erratum to: Composition of catalpa ovata seed oil and flavonoids in seed meal as well as their antioxidant activities. **Journal of the American Oil Chemists' Society**, Chicago, v. 92, p. 1531, 2015.

YAHIA, E. M. Postharvest biology and technology of tropical and subtropical fruits. **Woodhead Publishing Series in Food Science, Technology and Nutrition**, New York, v. 3, p. 8-29, 2011.

YANG, Y.; YANG, Y.; HAN, S.; MACADAM, I.; LIU, L. Prediction of cotton yield and water demand under climate change and future adaptation measures. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v. 144, p. 42-53, 2014.

YONG, J. W. H.; GE, L.; NG, Y. F.; TAN, S. N. The chemical composition and biological properties of coconut (*Cocos nucifera* L.) water. **Molecules**, Geneva, v. 14, n. 12, p. 5144-5164, 2009.

YU, K. S.; CHO, H.; HWANG, K. T. Physicochemical properties and oxidative stability of frying oils during repeated frying of potato chips. **Food Science and Biotechnology**, Busan, v. 27, n. 3, p. 651-659, 2018.

ZHELJAZKOV, V. D.; VICK, B. A.; BALDWIN, B. S.; BUEHRING, N.; COKER, C. Oil productivity and composition of sunflower as a function of hybrid and planting date. **Industrial Crops and Products**, Amsterdam, v. 33, n. 2, p. 537-543, 2010.

APÊNDICES

APÊNDICE A. Análises de variância para as medidas de caracterização dos óleos.

Causas da variação	G.L.	Quadrados médios									
		AGL	IP	IpA	Totox	ADC	IR	II	IS	CPT	EO
Tratamentos	4	0,0046*	0,259	0,0782**	1,248**	15,08**	0,001**	**	2338,22**	32,24**	22627,14**
			**								
Resíduo	5	0	0,001	0,0002	0,0049	0,008	-	-	0,670	-	-
			3								
Desvio padrão		0,01	0,04	0,02	0,07	0,28	0,00	0,33	0,08	0,82	0,39
CV (%)		6,54	2,77	0,87	1,61	13,22	0,10	0,23	0,02	0,38	1,54

CV: coeficiente de variação; G.L.: grau de liberdade; AGL: ácidos graxos livres; IP: índice de peróxidos; IpA: índice de p-anisidina; Totox: valor total de oxidação; ADC: ácidos dienoicos conjugados; IR: índice de refração; II: índice de iodo; IS: índice de saponificação; CPT: compostos polares totais e EO: estabilidade oxidativa; *significativo ($p < 0,05$); ** significativo ($p < 0,01$).

APÊNDICE B. Análises de variância para o perfil de ácidos graxos dos óleos de soja, girassol, coco e seus compostos.

Causas	G. L.	Quadrados médios		G.L.	Quadrados médios							
		C8:0	C10:0		C12:0	C14:0	C15:0	C16:0	C17:0	C18:0	C20:0	C22:0
Tratamentos	2	43661**	1920**	4	**** **	**** **	**** **	14956**	**** **	101,59**	17,14**	195,13**
Resíduo	3	0,00	0,00	5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Desvio padrão		0,23	0,03		0,30	0,03	0,02	0,03	0,02	0,03	0,03	0,03
CV (%)		0,61	0,91		0,21	0,02	0,01	0,02	0,01	0,77	12,07	6,15

CV: coeficiente de variação; G.L: grau de liberdade; C:8 caprílico; C10:0 cáprico; C12:0 láurico; C14:0 mirístico; C15:0 pentadecanóico; C16:0 palmítico; C17:0 margárico; C18:0 esteárico; C20:0 araquídico e C22:0 behênico, ** significativo ($p < 0,01$).

APÊNDICE B. Análises de variância para o perfil de ácidos graxos dos óleos de soja, girassol, coco e seus compostos.

Causas	G.L.	Quadrados médios											
		C24:0	Sat	C16:1	C17:1	C18:1	C20:1	Mon	C18:2t	C18:2	C18:3t	C18:3	Poli
Tratamentos	4	18,13**	**** **	**** **	**** **	**** **	17,20**	**** **	97,93**	**** **	634,83**	17068**	**** **
Resíduo	5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Desvio padrão		0,03	0,03	0,03	0,02	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
CV (%)		16,64	0,08	0,29	0,32	0,10	15,37	0,10	6,77	0,09	3,63	1,33	0,08

CV: coeficiente de variação; G.L: grau de liberdade; C24:0 lignocérico; C16:1 palmitoleico; C17:1 cis-10-heptadecenóico; C18:1 oleico; C18:2t t-linoleico; C18:2 linoleico; C18:3t t-linolênico e C18:3 linolênico. Sat: saturados; Mon: monoinsaturados e Poli: poli-insaturados, ** significativo ($p < 0,01$).

APÊNDICE C. Análises de variância para as propriedades físico-químicas da termoxidação dos óleos.

Causas da Variação	G.L.	Quadrados médios					
		IP	IpA	Totox	ADC	CPT	EO
Tratamentos	4	602,1973**	11128413,33**	1067,5682**	2,6865**	999,3313**	81920,9129**
Tempos	3	449,0374**	1509,5248**	6534,0941**	8,4484**	6539,5657**	16557,6343**
Tratamentos x Tempos	12	81,9854**	51,0881**	181,3314**	0,517**	110,4431**	8524,6529**
Resíduo	20	0,0121	0,0004	0,0477	0	0,2472	0,553
Desvio padrão		0,11	0,02	0,22	0,00	0,50	0,23
Coeficiente de variação (%)		0,97	0,11	0,51	0,56	2,50	1,81

G.L.: grau de liberdade; IP: índice de peróxidos; IpA: índice de p-anisidina; Totox: valor total de oxidação; ADC: ácidos dienoicos conjugados; CPT: compostos polares totais e EO: estabilidade oxidativa; ** significativo (p < 0,01).

APÊNDICE D. Análises de variância dos tocoferóis para os óleos termoxidados.

Causas da Variação	G.L.	Quadrados médios			G.L.	Quadrado médio γ-Tocoferol
		α-Tocoferol	Tocol Totais	Vitamina E		
Tratamentos	3	267028,5646**	4813,4276**	193411,4998**	1	307,5063**
Tempos	1	1058565,3295**	6318,4644**	1353263,2403**	1	21158,9506**
Tratamentos x Tempos	3	190003,7017**	109,8342**	154135,7828**	1	268,3505**
Resíduo	8	0,159	0,829	0,149	4	0,7565
Desvio padrão		0,12	0,91	0,12		0,87
Coeficiente de Variação (%)		0,28	0,93	0,24		1,18

G.L.: grau de liberdade; ** significativo (p < 0,01).

APÊNDICE E. Análises de variância do isômero δ -tocoferol para os óleos termoxidados.

Causas da Variação	G.L.	Quadrado médio	G.L.	Quadrado médio
		δ -Tocoferol		δ -Tocoferol
Tratamentos	3	13897,54**	2	***** **
Resíduo	4	0,0203	3	0,0008
Desvio padrão		0,14		0,28
Coeficiente de Variação (%)		0,56		0,11

G.L: grau de liberdade; ** significativo ($p < 0,01$).

APÊNDICE F. Análises de variância para a fritura dos óleos.

Causas da Variação	G.L.	Quadrados médios					
		AGL	IP	IpA	Totox	CPT	EO
Tratamentos	3	15,2430**	75,7525**	4837,9138**	464,1361**	246,5233**	29,0189**
Tempos	2	1828,4804**	1174,3760**	52306,1292**	2127,5469**	2573,7613**	26,1659**
Tratamentos x Tempos	6	5,5151**	246967**	1136,1272**	141,2861**	16,7606**	5,0038**
Resíduo	12	0,0170	0,0384	0,205	0,1747	0,754	0,1599
Desvio padrão		0,13	0,19	0,14	0,41	0,27	0,39
Coeficiente de variação (%)		5,69	4,79	0,94	1,79	3,25	6,63

G.L: grau de liberdade; AGL: ácidos graxos livres; IP: índice de peróxidos; IpA: índice de p -anisidina; Totox: valor total de oxidação; CPT: compostos polares totais e EO: estabilidade oxidativa; **significativo ($p < 0,01$).

APÊNDICE G. Teste t-student para batatas fritas em óleos de soja; soja:coco.



S e S:C	Textura		Cor		Aparência		Sabor		Aceitação global	
	S	SC	S	SC	S	SC	S	SC	S	SC
Média	6,2745	6,4313	7,9313	7,8431	7,7745	7,8823	7,4117	7,4509	7,4901	7,5588
Variância	3,4684	3,1388	1,2747	1,4602	1,4238	1,1741	1,6505	1,5965	1,4206	1,2588
Observações	102	102	102	102	102	102	102	102	102	102
Hipótese de diferença	0		0		202		0		0	
GL	202		202		202		202		202	
Stat t	-0,6163		0,5390		-0,6757		-0,2197		-0,4234	
P(T ≤ t) uni-caudal	0,2691		0,2952		0,2499		0,4131		0,3362	
T crítico uni-caudal	1,6524		1,6524		1,6525		1,6524		1,6524	
P(T ≤ t) bi-caudal	0,5383		0,5904		0,4999		0,82625		0,6724	
T crítico bi-caudal	1,9718		1,9718		1,9718		1,9717		1,9718	

APÊNDICE H. Teste t-Student para batatas fritas em óleos de girassol e girassol:coco.

G e G:C	Textura		Cor		Aparência		Sabor		Aceitação global	
	G	GC	G	GC	G	GC	G	GC	G	GC
Média	6,2921	6,3529	7,9313	7,6568	7,9705	7,8529	7,5686	7,3333	7,6176	7,3823
Variância	3,2017	3,2207	1,1932	1,4751	1,0783	1,6712	1,8318	1,7887	1,6444	1,6246
Observações	102	102	102	102	102	102	102	102	102	102
Hipótese de diferença	0		0		0		0		0	
GL	202		202		202		202		202	
Stat t	2,2660		1,6971		0,7165		1,2488		1,3143	
P(T ≤ t) uni-caudal	0,0122		0,0456		0,2372		0,1065		0,0951	
T crítico uni-caudal	1,6524		1,6525		1,6527		1,6524		1,6524	
P(T ≤ t) bi-caudal	0,0245		0,0912		0,4745		0,2131		0,1902	
T crítico bi-caudal	1,9717		1,9718		1,9723		1,9717		1,9717	

ANEXOS

ANEXO A. Termo de consentimento livre e esclarecido (TCLE).

	UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JÚLIO DE MESQUITA FILHO" Campus de São José do Rio Preto	 IBILCE / UNESP - CAMPUS DE SÃO JOSÉ DO RIO PRETO
Termo de Consentimento Livre e Esclarecido - TCLE		
(Conselho Nacional de Saúde, Resolução 466/2012/Resolução 510/2016)		
<p>Você está sendo convidado a participar como voluntário do projeto de pesquisa "Avaliação da qualidade físico-química de óleos compostos por soja, girassol e coco sob elevadas temperaturas" sob responsabilidade da pesquisadora Andressa Alves Pinheiro. O estudo será realizado com diferentes tipos de óleos vegetais e compostos utilizados para a fritura de batatas comercializadas pré-fritas e congeladas com o intuito de avaliar a diferença de percepção no sabor e aceitação geral. Os riscos para a saúde são mínimos, pois os produtos foram elaborados seguindo as Boas Práticas de Fabricação e não é recomendado para pessoas que sofrem de problemas cardíacos e não consomem fritura, uma vez que, o excesso de fritura poderá causar desconfortos abdominais e dores de cabeça como enxaquecas. Em casos de emergência, o convidado poderá receber auxílio no posto médico dentro do campus universitário. Você poderá consultar a pesquisadora responsável em qualquer época, pessoalmente ou pelo telefone da instituição, para esclarecimento de qualquer dúvida. Você está livre para, a qualquer momento, deixar de participar da pesquisa. Todas as informações por você fornecidas e os resultados obtidos serão mantidos em sigilo, e estes últimos só serão utilizados para divulgação em reuniões e revistas científicas. Você será informado de todos os resultados obtidos, independentemente do fato de estes poderem mudar seu consentimento em participar da pesquisa. Você não terá quaisquer benefícios ou direitos financeiros sobre os eventuais resultados decorrentes da pesquisa. Este estudo é importante porque seus resultados fornecerão informações sobre óleos vegetais compostos e sua aceitação geral. Além disso, os resultados obtidos poderão ser divulgados em eventos técnicos científicos e por meio de artigos em revistas especializadas, bem como na indústria de alimentos. Diante das explicações, se você concorda em participar deste projeto, forneça os dados solicitados e coloque sua assinatura a seguir.</p>		
Nome: _____ R.G. _____		
Endereço: _____ Fone: _____		
_____, _____ de _____ de 20__		
Assinatura do Participante	Assinatura do Pesquisadora responsável	
<hr/> Nome Pesquisadora: Andressa Alves Pinheiro Cargo/Função: Mestranda		
<hr/> Instituição: Departamento de Engenharia e Tecnologia de Alimentos/IBILCE/UNESP		
<hr/> Endereço: Rua Cristóvão Colombo, 2265, Jardim Nazareth – São José do Rio Preto/SP		
<hr/> Telefone: (17) 3221-2200, Ramal 2715		
<hr/> Projeto submetido ao Comitê de Ética em Pesquisa do IBILCE/UNESP		
<hr/> Rua Cristóvão Colombo, 2265. Bairro: Jardim Nazareth.		
<hr/> São José do Rio Preto/SP – Fone 17-3221.2480 e 3221.2545		

ANEXO B. Ficha de avaliação sensorial, teste triangular de similaridade.

Nome: _____ Data: _____

Você está recebendo três amostras codificadas de batata frita. Duas são iguais e uma é diferente. Prove as amostras, da esquerda para a direita, e circule o código da amostra diferente. Você precisa escolher uma amostra.

Comentários: _____

ANEXO C. Tabela A.2.

A.2 Valores da Tabela A.2 são o número máximo de respostas corretas necessário para “similaridade” aos níveis escolhidos de p_d , β e n . Aceite a hipótese “não diferem” ao nível de confiança $100(1-\beta)$ % se o número de respostas corretas for menor ou igual ao valor da Tabela A.2.

Tabela A.2 — Número máximo de respostas corretas necessário para concluir que duas amostras são similares baseado no teste triangular

n	β	P_d					n	β	P_d				
		10 %	20 %	30 %	40 %	50 %			10 %	20 %	30 %	40 %	50 %
18	0,001	0	1	2	3	5	66	0,001	14	18	22	26	31
	0,01	2	3	4	5	6		0,01	16	20	25	29	34
	0,05	3	4	5	6	8		0,05	19	23	28	32	37
	0,10	4	5	6	7	8		0,10	20	25	29	33	38
	0,20	4	6	7	8	9		0,20	22	26	31	35	40
24	0,001	2	3	4	6	8	72	0,001	15	20	24	29	34
	0,01	3	5	6	8	9		0,01	18	23	28	32	38
	0,05	5	6	8	9	11		0,05	21	26	30	35	40
	0,10	6	7	9	10	12		0,10	22	27	32	37	42
	0,20	7	8	10	11	13		0,20	24	29	34	39	44
30	0,001	3	5	7	9	11	78	0,001	17	22	27	32	38
	0,01	5	7	9	11	13		0,01	20	25	30	36	41
	0,05	7	9	11	13	15		0,05	23	28	33	39	44
	0,10	8	10	11	14	16		0,10	25	30	35	40	46
	0,20	9	11	13	15	17		0,20	27	32	37	42	48
36	0,001	5	7	9	11	14	84	0,001	19	24	30	35	41
	0,01	7	9	11	14	16		0,01	22	28	33	39	45
	0,05	9	11	13	16	18		0,05	25	31	36	42	48
	0,10	10	12	14	17	19		0,10	27	32	38	44	49
	0,20	11	13	16	18	21		0,20	29	34	40	46	51
42	0,001	6	9	11	14	17	90	0,001	21	27	32	38	45
	0,01	9	11	14	17	20		0,01	24	30	36	42	48
	0,05	11	13	16	19	22		0,05	27	33	39	45	52
	0,10	12	14	17	20	23		0,10	29	35	41	47	53
	0,20	13	16	19	22	24		0,20	31	37	43	49	55
48	0,001	8	11	14	17	21	96	0,001	23	29	35	42	48
	0,01	11	13	17	20	23		0,01	26	33	39	45	52
	0,05	13	16	19	22	26		0,05	30	36	42	49	55
	0,10	14	17	20	23	27		0,10	31	38	44	50	57
	0,20	15	18	22	25	28		0,20	33	40	46	53	59
54	0,001	10	13	17	20	24	102	0,001	25	31	38	45	52
	0,01	12	16	19	23	27		0,01	28	35	42	49	56
	0,05	15	18	22	25	29		0,05	32	38	45	52	59
	0,10	16	20	23	27	31		0,10	33	40	47	54	61
	0,20	18	21	25	28	32		0,20	36	42	49	56	63
60	0,001	12	15	19	23	27	108	0,001	27	34	41	48	55
	0,01	14	18	22	26	30		0,01	31	37	45	52	59
	0,05	17	21	25	29	33		0,05	34	41	48	55	63
	0,10	18	22	26	30	34		0,10	36	43	50	57	65
	0,20	20	24	28	32	36		0,20	38	45	52	60	67

NOTA 1 Os valores na tabela são exatos porque baseiam-se na distribuição binomial. Para valores de n não incluídos na tabela, calcule o limite de confiança superior de $100(1-\beta)$ % para p_d com base na aproximação normal para a binomial:

$$[1,5(x/n) - 0,5] + 1,5 z_{\beta} \sqrt{(nx - x^2) / n^3}$$

onde

x é o número de respostas corretas; n é o número de avaliadores; z_{β} varia da seguinte maneira: 0,84 para $\beta = 0,20$; 1,28 para $\beta = 0,10$; 1,64 para $\beta = 0,05$; 2,33 para $\beta = 0,01$; 3,09 para $\beta = 0,001$.

Se o valor calculado é menor do que o limite escolhido para p_d , então declare que as amostras são similares ao nível de significância β .

NOTA 2 Valores de $n < 30$ são usualmente não recomendados para o teste triangular de similaridade.

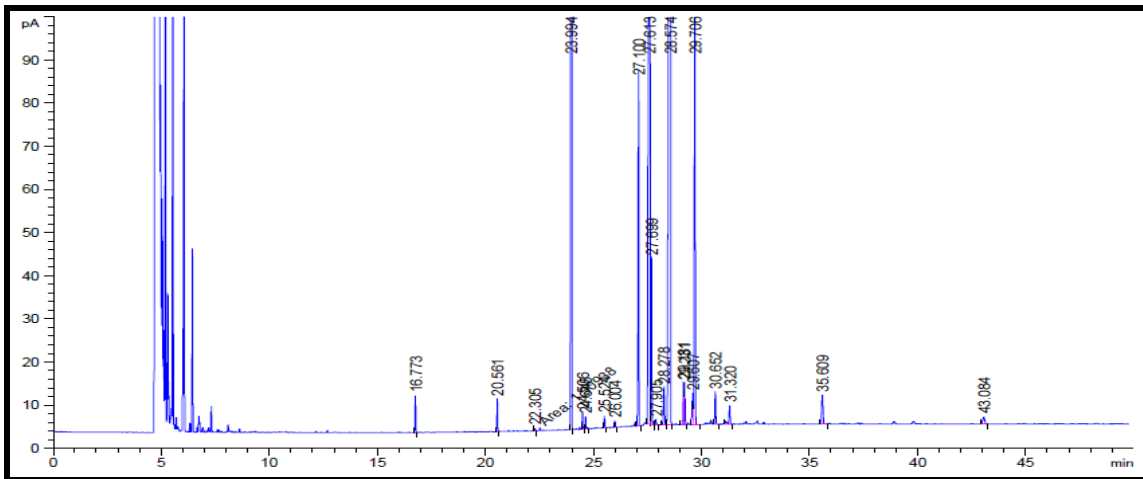
NOTA 3 Adaptado da Referência [11].

ANEXO D. Ficha de avaliação sensorial, teste de aceitação.

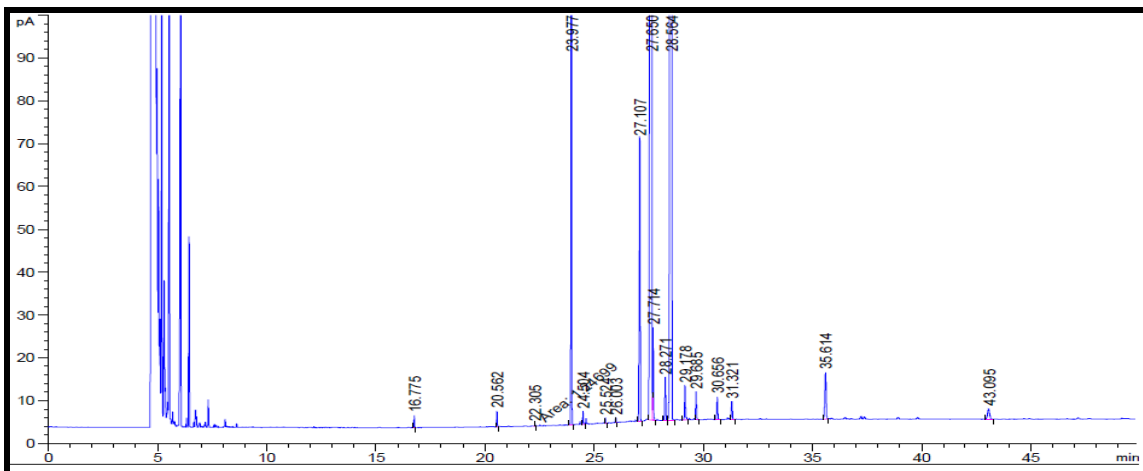
Nome: _____ Data: ____/____/____
 Sexo: _____ Idade: _____
 Você está recebendo uma amostra de batatas fritas. Por favor, prove-a e avalie cada atributo da tabela de acordo com as notas da escala abaixo.
 Código da amostra: _____

Textura (crocância)	9 Extremamente crocante (adorei) 8 Muito crocante 7 Moderadamente crocante 6 Ligeiramente crocante 5 Nem crocante nem murcha 4 Ligeiramente murcha 3 Moderadamente murcha 2 Muito murcha 1 Extremamente murcha	Demais atributos: - Cor - Aparência - Sabor - Aceitação global	9 Gostei extremamente (adorei) 8 Gostei muito 7 Gostei moderadamente 6 Gostei ligeiramente 5 Não gostei nem desgostei 4 Desgostei ligeiramente 3 Desgostei moderadamente 2 Desgostei muito 1 Desgostei extremamente (odiei)	Atributo	Nota
				- Textura (crocância)	_____
- Cor	_____				
- Aparência	_____				
- Sabor	_____				
- Aceitação global	_____				

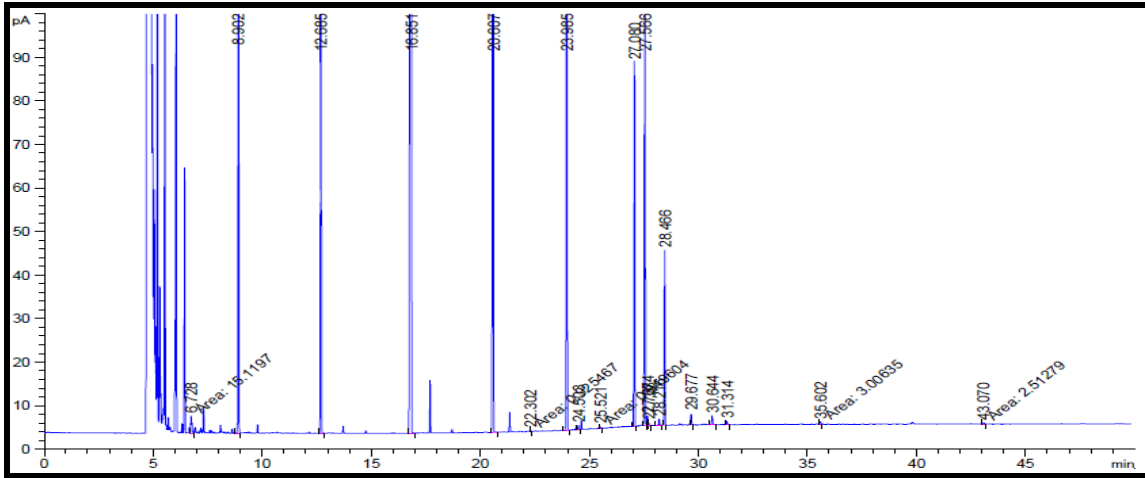
ANEXO E. Cromatograma do óleo de soja.



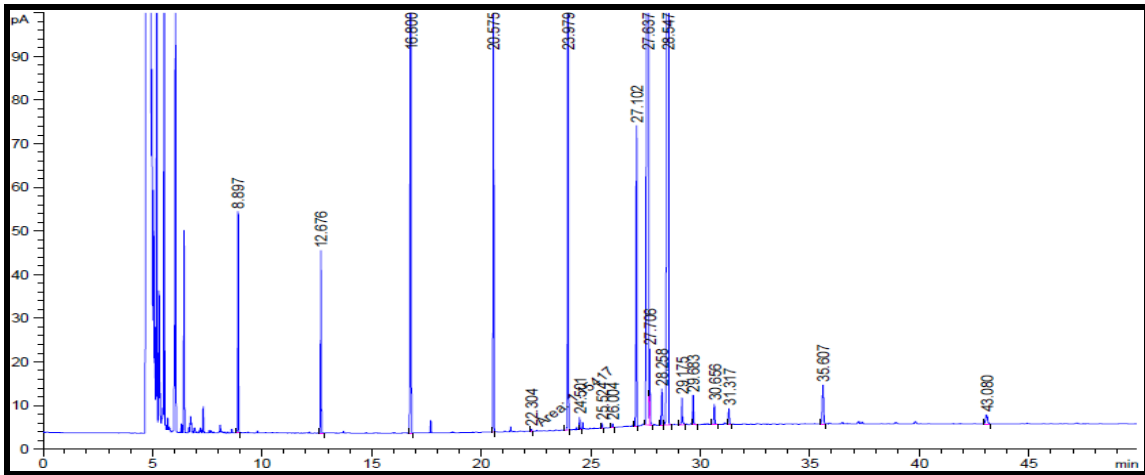
ANEXO F. Cromatograma do óleo de girassol.



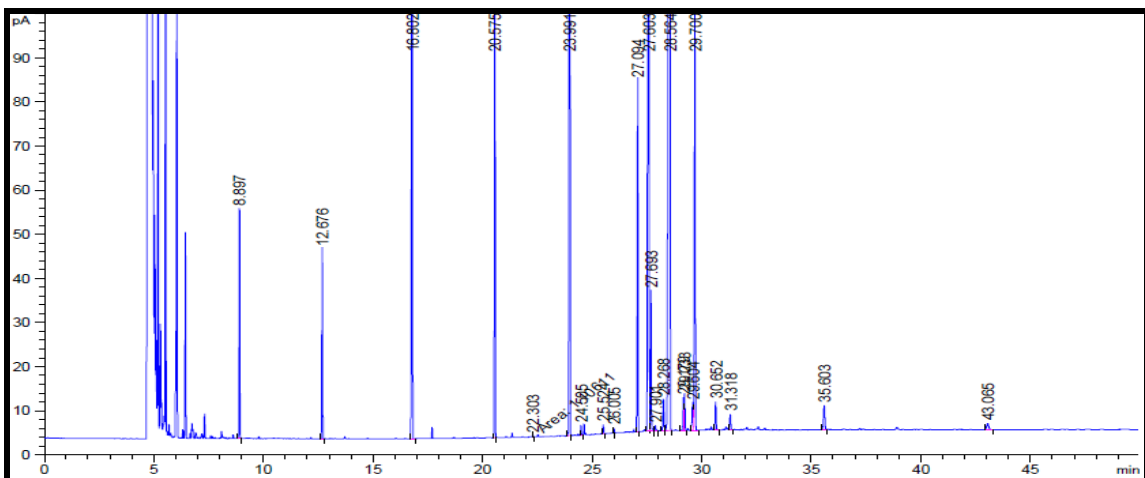
ANEXO G. Cromatograma do óleo de coco.



ANEXO H. Cromatograma do óleo de soja:coco.



ANEXO I. Cromatograma do óleo de girassol:coco.





UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
Câmpus de São José do Rio Preto

Autorizo a reprodução xerográfica da presente Dissertação, na íntegra, para fins de pesquisa.

São José do Rio Preto, 11/09/2019

Assinatura