



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

Mara Lina Rodrigues

Avaliação das características físico-químicas e dos
compostos bioativos do azeite de pequi sob diferentes
condições de aquecimento

São José do Rio Preto
2017

Mara Lina Rodrigues

Avaliação das características físico-químicas e dos
compostos bioativos do azeite de pequi sob diferentes
condições de aquecimento

Tese apresentada como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutor em Engenharia e Ciência de Alimentos, junto ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Ciência de Alimentos, Área de concentração – Ciência e Tecnologia de Alimentos, do Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Campus de São José do Rio Preto.

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

São José do Rio Preto
2017

Rodrigues, Mara Lina.

Avaliação das características físico-químicas e dos compostos bioativos do azeite de pequi sob diferentes condições de aquecimento / Mara Lina Rodrigues. -- São José do Rio Preto, 2017

144 f. : il., tabs.

Orientador: Neuza Jorge

Tese (Doutorado) – Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas

1. Tecnologia de alimentos. 2. Pequi. 3. Azeite. 4. Carotenoides. 5. Físico-química. 6. Compostos bioativos. 7. Aquecimento.

I. Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho". Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas. II. Título.

CDU – 664

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca do IBILCE
UNESP - Câmpus de São José do Rio Preto

Mara Lina Rodrigues

Avaliação das características físico-químicas e dos
compostos bioativos do azeite de pequi sob diferentes
condições de aquecimento

Tese apresentada como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutor em Engenharia e Ciência de Alimentos, junto ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Ciência de Alimentos, Área de concentração – Ciência e Tecnologia de Alimentos, do Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Campus de São José do Rio Preto.

Comissão Examinadora

Profa. Dra. Neuza Jorge
UNESP - São José do Rio Preto
Orientadora

Profa. Dra. Patrícia Vieira Del Ré
UFMS - Campo Grande

Profa. Dra. Agdamar Affini Suffredini
UNIRP - São José do Rio Preto

Profa. Dra. Ana Carolina da Silva
UFTM - Uberaba

Prof. Dr. Maurício Bonatto Machado de Castilhos
UNESP - São José do Rio Preto

São José do Rio Preto
23 de fevereiro de 2017

Aos meus pais, Antônio Luis Neto e Dirce Maria
Rodrigues, que sempre acreditaram na educação como
mecanismo transformador de vida e nunca mediram esforços
para que eu pudesse seguir estudando.
Ao meu marido, Sebastião Santos, por me apoiar
nessa longa caminhada do curso de Doutorado.
Dedico!

AGRADECIMENTOS

Muitas coisas na minha vida não foram fáceis, mas esse doutorado está de parabéns! Só comecei esse curso porque não medi as consequências do que viria pela frente. Simplesmente participei do processo seletivo, depois de aprovada me matriculei e comecei a frequentar. Não pensei muito.

Ao longo desses anos dirigi mais de 90.000 mil km, passei horas quase incontáveis dentro dos ônibus, investi mais de 20.000 mil reais de combustível e passagem e me ausentei quase totalmente da minha família e dos meus amigos. Não foi fácil! Guardo a mágoa de ter sido aprovada com bolsa e de não terem me deixado assumi-lá. Eu tive mérito no processo seletivo, tratamento igual ao dos demais alunos ao longo do curso, mas a bolsa não pude ter. Não concordei e ainda não esqueci.

Apesar de ser concursada e trabalhar como docente do Ensino Básico, Técnico e Tecnológico no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás (IFG), na UNESP isso nunca fez diferença e eu sempre fui apenas mais uma aluna. Ninguém nunca aliviou nada pro meu lado. Mas isso também tem suas vantagens.

Escolhi fazer um curso de doutorado específico na área de ciência e engenharia de alimentos porque depois de usufruir de tantos cursos públicos, gratuitos e de qualidade ao longo da minha formação, minha consciência não ficaria em paz se eu fizesse um doutorado de uma área afim qualquer pensando apenas na retribuição por titulação que eu teria. O programa do Ibilce apareceu então como específico da minha área e também como mais próximo do eixo Ituiutaba-Goiânia em que eu trabalhava/namorava. Pronto, o programa estava escolhido.

Quando fui olhar o *lattes* do corpo docente para entender as linhas de pesquisa, encontrei a professora Neuza Jorge. Quando comecei a ler sobre o seu trabalho já tive certeza que seria ela! Trabalhando com óleos e gorduras ela tinha experiência e laboratórios que me permitiriam, de alguma forma, dar continuidade aos experimentos que iniciei no mestrado. Agradeço à professora Neuza pela

abertura, pela aceitação do meu nome e por tudo que me ensinou ao longo desses anos! Agradeço ainda aos demais professores do programa pela partilha de seus conhecimentos e mais ainda pela partilha de suas experiências.

Muitas pessoas me ajudaram antes e durante esse doutorado para que eu chegasse ao final do curso. Citar nomes é sempre muito difícil, mas vamos lá!

Agradeço às equipes do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Triângulo Mineiro e do IFG Campus Inhumas que sempre organizaram meu horário de trabalho de forma que eu conseguisse cursar os créditos em disciplinas. Agradeço também à equipe do IFG Campus Aparecida de Goiânia, especialmente ao Brito, chefe de departamento e à Ana Lucia, diretora geral, por sempre atenderem meus pedidos e por compreenderem minhas necessidades de ausência nas atividades do campus. Sem o apoio dessas equipes não seria possível seguir nas atividades do doutorado.

Não poderia deixar de agradecer aos meus alunos, cuja relação ensino-aprendizagem foi e continua sendo o motivo maior para cursar este doutorado, pois acredito que a pesquisa tem papel essencial nesta relação. Por meio da pesquisa é possível mediar o processo de ensino-aprendizagem de forma mais completa e cursar o doutorado significa adquirir habilidades e me desenvolver enquanto pesquisadora.

Agradeço aos meus pais Antônio e Dirce pelo incentivo para estudar. Apesar deles não terem tido a oportunidade de prosseguir nos estudos, sempre me incentivaram a nunca parar de estudar e nunca mediram esforços para que eu seguisse estudando. Agradeço também à minha irmã e aos demais familiares por continuarem me apoiando diante da minha quase total ausência na convivência com eles mesmo sem entenderem praticamente nada do que eu fazia no doutorado.

Às colegas com quem oficialmente dividi moradia e àquelas que gentilmente me deram pouso em suas casas, agradeço por terem tornado meus dias em Rio Preto mais aconchegantes.

Aos meus amigos e colegas dos mais diferentes grupos com que convivo, agradeço por sempre deixarem suas palavras de apoio e incentivo, por sempre me fazerem acreditar que eu conseguiria concluir este curso. As boas energias de vocês me ajudaram muito! Que bom que mesmo diante de tanta ausência pude continuar contando com vocês.

Aos colegas do Laboratório de Óleos e Gorduras do Ibilce tenho muito que agradecer. Aos colegas dos demais laboratórios também. Os dias, noites e muitas vezes madrugadas no laboratório ficaram mais fáceis por contar com a companhia e a parceria de vocês! Muitas experiências foram trocadas e aprendi muito com cada um de vocês a cada desafio que precisava enfrentar.

Agradeço aos membros da banca que gentilmente se dispuseram a avaliar esta tese, contribuindo enormemente para a minha formação e para a melhoria deste trabalho.

Por fim e não menos importante agradeço àquele que escolhi para dividir o resto da minha vida, meu marido Sebastião. Só nós sabemos o quanto foi desafiador passar por essa fase e permanecer juntos. Anos de idas e vindas, de muita saudade, de muitas brigas e o mais importante: de muito apoio. Que bom que você esteve ao meu lado ao longo dessa jornada tão complexa! Não sei como seria se eu não pudesse contar com você!

Pai, afasta de mim esse cálice
Pai, afasta de mim esse cálice
Pai, afasta de mim esse cálice
De vinho tinto de sangue

Como beber dessa bebida amarga
Tragar a dor, engolir a labuta
Mesmo calada a boca, resta o peito
Silêncio na cidade não se escuta
De que me vale ser filho da santa
Melhor seria ser filho da outra
Outra realidade menos morta
Tanta mentira, tanta força bruta

Pai, afasta de mim esse cálice
Pai, afasta de mim esse cálice
Pai, afasta de mim esse cálice
De vinho tinto de sangue

Como é difícil acordar calado
Se na calada da noite eu me dano
Quero lançar um grito desumano
Que é uma maneira de ser escutado
Esse silêncio todo me atordoa
Atordoados eu permaneço atento
Na arquibancada pra a qualquer momento
Ver emergir o monstro da lagoa

Pai, afasta de mim esse cálice
Pai, afasta de mim esse cálice
Pai, afasta de mim esse cálice
De vinho tinto de sangue

De muito gorda a porca já não anda
De muito usada a faca já não corta
Como é difícil, pai, abrir a porta
Essa palavra presa na garganta
Esse pileque homérico no mundo
De que adianta ter boa vontade
Mesmo calado o peito, resta a cuca
Dos bêbados do centro da cidade

Pai, afasta de mim esse cálice
Pai, afasta de mim esse cálice
Pai, afasta de mim esse cálice
De vinho tinto de sangue

Talvez o mundo não seja pequeno
Nem seja a vida um fato consumado
Quero inventar o meu próprio pecado
Quero morrer do meu próprio veneno
Quero perder de vez tua cabeça
Minha cabeça perder teu juízo
Quero cheirar fumaça de óleo diesel
Me embriagar até que alguém me esqueça

(Chico Buarque/Gilberto Gil)

RESUMO

O pequi, fruto típico do cerrado, possui em sua polpa alto teor de lipídios, o que permite obter da polpa desse fruto um azeite de coloração que varia entre o alaranjado e o vermelho. Entretanto, pouco se sabe sobre as características e possibilidades de utilização deste azeite. Assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar a estabilidade do azeite de pequi comercial (APC) e do azeite de pequi extraído em condições controladas (APECC) sob aquecimento em comparação com a gordura de palma comercial (GPC) e o óleo de soja comercial (OSC). Os óleos foram submetidos ao teste acelerado em estufa (60°C/20 dias), termoxidação (180°C/16 h) e fritura de batatas pré-fritas congeladas. As amostras obtidas no teste acelerado em estufa e na termoxidação foram avaliadas fisicoquimicamente e quanto à estabilidade dos seus compostos bioativos. As batatas fritas foram avaliadas sensorialmente por meio dos testes de aceitação e de intenção de consumo. Os intervalos de confiança foram construídos com a técnica de reamostragem *bootstrap*. De acordo com a distribuição e a variância, os dados foram avaliados pela análise de variância (ANOVA) paramétrica seguida do teste de Tukey ou pelo teste não-paramétrico de Kruskal-Wallis, ao nível de 5% de significância. No teste acelerado em estufa, as análises físico-químicas revelaram comportamentos semelhantes para o APC e APECC, com resultados muitas vezes próximos aos da GPC, enquanto para o OSC os resultados apresentaram valores maiores que para os demais óleos. A estabilidade oxidativa dos azeites de pequi e da GPC foi similar e diminuiu ao longo da estocagem. Na análise de cor, os óleos avaliados não sofreram grandes alterações. Quanto aos compostos bioativos, os carotenoides e os compostos fenólicos totais dos azeites de pequi resistiram até o final da estocagem. Os maiores teores de fitosteróis foram encontrados nos azeites de pequi e os maiores teores de tocoferóis foram identificados no OSC, que foram degradados ao longo do teste acelerado em estufa. Na termoxidação, as análises físico-químicas mostraram resultados próximos entre os azeites de pequi e a GPC, enquanto para o OSC verificou-se nos resultados valores elevados. As maiores estabilidades oxidativas iniciais foram para os azeites de pequi e para a GPC, mas ao longo do tempo a estabilidade dos azeites de pequi diminuiu e ao final foi similar à do OSC. Maiores

alterações na cor foram observadas para os azeites de pequi depois de 4 horas de termoxidação. Quanto aos compostos bioativos, tanto os carotenoides quanto os compostos fenólicos dos azeites de pequi foram totalmente degradados com 4 horas de termoxidação. Maiores quantidades de fitosteróis foram encontradas nos azeites de pequi e de tocoferóis no OSC. A análise sensorial revelou que as médias obtidas para os atributos avaliados nas batatas fritas no APC ficaram acima de 6 e que a intenção de consumo foi de 44,17%. De acordo com os resultados das análises físico-químicas e com os resultados obtidos na avaliação da estabilidade dos compostos bioativos, tanto no teste acelerado em estufa quanto na termoxidação, pode-se concluir que o azeite de pequi apresenta resistência quando submetido ao aquecimento e tem potencial para ser utilizado como meio de fritura.

Palavras-chave: *Caryocar brasiliensis* Camb, teste acelerado em estufa, termoxidação, fritura, carotenoides.

ABSTRACT

Pequi, a typical fruit from Brazilian savanna, has a high content of lipids in its pulp, making it suitable for the extraction of an oil which color varies between orange and red. However, there is a lack of information about its physical-chemical characteristics and potential usefulness. Thus, the objectives of this work was to evaluate the physicochemical properties, the bioactive compounds and oxidative stability of commercial pequi oil (APC) and pequi oil extracted under controlled conditions (APECC) subjected to heating and to compare them with commercial palm oil (GPC) and commercial soybean oil (OSC). The oils were submitted to accelerated storage (60 °C/20 days), thermal oxidation (180°C/16 h) and frying. Deep fried potatoes in APC were evaluated sensorially using tests of acceptance and consumption intention. The confidence intervals were constructed using the bootstrap resampling technique. According to the distribution and the variance, data were analyzed by the parametric analysis of variance (ANOVA) followed by the Tukey's test or Kruskal-Wallis non-parametric test at the 5% level of significance. In accelerated storage the physical-chemical results revealed similar behaviors between APC and APECC, with both oils results showing similarity to those of GPC. OSC showed higher physical-chemical values than all oil samples. The oxidative stability of pequi oils and GPC oils were similar and decreased throughout the storage time. Greater changes in color were observed for pequi oils after 4 hours of thermal oxidation, although all samples didn't undergo big changes in color. When it comes to bioactive compounds, carotenoids and total phenolic compounds of pequi oils resisted until the end of storage. Highest levels of phytosterols were found in pequi oils, whereas highest levels of tocopherol, which was degraded throughout the accelerated test, were identified in OSC. In the thermal oxidation assay, physical-chemical results were similar between pequi oils and GPC, while considerable values were verified in OSC. The initial oxidative stability were high and similar for pequi oils and GPC, but throughout time the stability of the pequi oils decreased significantly until reaching similar values to OSC. Regarding the bioactive compounds, both carotenoids and phenolic compounds tocopherols were found in pequi oils and in OSC, respectively. The sensorial analysis revealed that the attributes of potatoes fried

of pequi oils were totally degraded within 4 hours of thermoxidation. Higher amounts of phytosterols and tocopherols were found in pequi oils and in OSC, respectively. The sensorial analysis revealed that the attributes of potatoes fried in APC was above 6 and that the intention of consumption was 44,17%. Accordingly to the physical-chemical and stability of bioactive compounds results obtained from accelerated storage and thermal oxidation, it can be concluded that pequi oil exhibited resistance when subjected to heating and has potential to be used as a frying medium.

Keywords: *Caryocar brasiliensis* Camb, accelerated oven test, thermal oxidation, frying, carotenoids.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1	O pequizeiro: a- a árvore no cerrado e b- detalhe dos frutos no pequizeiro.....	24
Figura 2	Características morfológicas do pequi.....	26
Figura 3	Óleos utilizados nos ensaios de teste acelerado em estufa e termoxidação: a- azeite de pequi comercial, b- azeite de pequi extraído em condições controladas, c- gordura de palma comercial e d- óleo de soja comercial.....	34
Figura 4	Filtração do azeite de pequi comercial.....	35
Figura 5	Processo de obtenção do APECC: a- início da fervura dos pirênios, b- formação das micelas de azeite de pequi e c- azeite de pequi solidificado.....	36
Figura 6	Palitos pré-fritos congelados de batata utilizados nas frituras.....	38
Figura 7	Teste acelerado em estufa	39
Figura 8	Ensaio de termoxidação.....	40
Figura 9	Organização do ensaio de fritura de batatas: a- APC, b- GPC e c- OSC.....	41
Figura 10	Processo de fritura de batatas: a- APC, b- GPC e c- OSC.....	41
Figura 11	Ficha de avaliação sensorial.....	50
Figura 12	Amostras submetidas ao teste acelerado em estufa a 60°C/20 dias	54
Figura 13	Teor de ácidos graxos livres.....	55
Figura 14	Índice de peróxidos.....	57
Figura 15	Ácidos dienólicos conjugados.....	58
Figura 16	Índice de <i>p</i> -anisidina.....	60
Figura 17	Teor de compostos polares totais.....	62
Figura 18	Índice de estabilidade oxidativa.....	63

Figura 19	Visão geral das coordenadas de cor dos óleos: +a: avermelhado, -a: esverdeado, +b: amarelado, -b: azulado. Retas: pretas- APC, vermelhas- APECC, azuis- GPC e verdes- OSC.....	64
Figura 20	Coordenadas de cor do APC.....	65
Figura 21	Coordenadas de cor do APECC.....	65
Figura 22	Coordenadas de cor da GPC	66
Figura 23	Coordenadas de cor do OSC.....	66
Figura 24	Carotenoides totais.....	67
Figura 25	Compostos fenólicos totais.....	68
Figura 26	Fitosteróis totais.....	69
Figura 27	Tocoferóis totais.....	70
Figura 28	Amostras submetidas ao teste de termoxidação a 180°C/16 horas.....	71
Figura 29	Teor de ácidos graxos livres.....	72
Figura 30	Índice de peróxidos.....	75
Figura 31	Ácidos dienólicos conjugados.....	77
Figura 32	Índice de <i>p</i> -anisidina.....	79
Figura 33	Compostos polares totais.....	81
Figura 34	Índice de estabilidade oxidativa.....	84
Figura 35	Visão geral das coordenadas de cor dos óleos: +a: avermelhado, -a: esverdeado, +b: amarelado, -b: azulado. Retas: pretas- APC, vermelhas- APECC, azuis- GPC e verdes- OSC.....	86
Figura 36	Coordenadas de cor do APC.....	87
Figura 37	Coordenadas de cor do APECC.....	87
Figura 38	Coordenadas de cor da GPC	88
Figura 39	Coordenadas de cor do OSC.....	88
Figura 40	Carotenoides totais.....	92
Figura 41	Compostos fenólicos totais.....	95
Figura 42	Fitosteróis totais.....	97
Figura 43	Tocoferóis totais.....	100
Figura 44a	Aceitação sensorial de textura.....	105

Figura 44b	Aceitação sensorial de cor.....	105
Figura 44c	Aceitação sensorial de aparência.....	106
Figura 44d	Aceitação sensorial de sabor.....	106
Figura 44e	Aceitação sensorial global.....	107
Figura 45	Intenção de consumo das batatas fritas nos óleos avaliados.....	107

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Balanceamento das amostras de batatas fritas apresentadas aos consumidores.....	50
Tabela 2	Comparações para a aceitação sensorial de batatas fritas nos óleos em estudo.....	103

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

+a	Avermelhado
-a	Esverdeado
Abs	Absorbância
ADC	Ácidos dienólicos conjugados
AGL	Ácidos graxos livres
ANOVA	Análise de variância
APC	Azeite de pequi comercial
APECC	Azeite de pequi extraído em condições controladas
b	Caminho óptico da cubeta (largura)
+b	Amarelado
-b	Azulado
c	Concentração da amostra
CFT	Compostos fenólicos totais
CPT	Compostos polares totais
Croma	Intensidade ou saturação da cor
CT	Carotenoides
GPC	Gordura de palma comercial
Hue	Tonalidade da cor
IA	Índice de p-anisidina
IBILCE	Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas
IEO	Índice de estabilidade oxidativa
IFG	Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás
IP	Índice de peróxidos
IpA	Índice <i>p</i> -anisidina
K ₀	Absortividade para grupos ácidos
L*	Luminosidade
m	Massa
OSC	Óleo de soja comercial
UNESP	Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”
v	Volume

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	21
2	REVISÃO DE LITERATURA.....	23
2.1	O cerrado.....	23
2.2	O pequizeiro.....	23
2.3	O pequi.....	25
2.4	O azeite de pequi.....	27
2.5	Os compostos bioativos.....	28
2.6	Processos de aquecimento.....	30
3	OBJETIVOS.....	33
3.1	Objetivo geral.....	33
3.2	Objetivos específicos.....	33
4	MATERIAL E MÉTODOS.....	34
4.1	Material.....	34
4.1.1	Óleos utilizados	34
4.1.2	Palitos de batata.....	37
4.2	Ensaio de aquecimento.....	38
4.2.1	Teste acelerado em estufa.....	38
4.2.2	Termoxidação.....	39
4.2.3	Fritura.....	40
4.3	Métodos analíticos.....	41
4.3.1	Análises físico-químicas.....	41
4.3.2	Análises de compostos bioativos.....	45
4.3.3	Análise sensorial de batatas fritas.....	48
4.4	Análise estatística.....	51
4.4.1	Técnica de reamostragem bootstrap para construção de intervalos de confiança.....	51
4.4.2	Método Kruskal-Wallis.....	52
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	54
5.1	Teste acelerado em estufa.....	54
5.1.1	Análises físico-químicas.....	54
5.1.2	Análises de compostos bioativos.....	66
5.2	Termoxidação.....	71

5.2.1	Análises físico-químicas.....	72
5.2.2	Análises de compostos bioativos.....	92
5.3	Análise sensorial.....	101
6	CONCLUSÃO.....	108
	REFERÊNCIAS.....	109
	APÊNDICES.....	128
	Apêndice 1a. Resultados das análises físico-químicas, carotenoides totais e compostos fenólicos totais para APC e APECC em teste acelerado em estufa.....	128
	Apêndice 1b. Resultados das análises físico-químicas, carotenoides totais e compostos fenólicos totais para GPC e OSC em teste acelerado em estufa.....	129
	Apêndice 2. Comparação das análises físico-químicas, carotenoides totais e compostos fenólicos totais do teste acelerado em estufa para os óleos.....	130
	Apêndice 3. Comparação das análises físico-químicas, carotenoides totais e compostos fenólicos totais do teste acelerado em estufa para os tempos.....	131
	Apêndice 4. Resultados da análise de fitosteróis (mg/100 g) para APC, APECC, GPC e OSC em teste acelerado em estufa.....	132
	Apêndice 5. Comparação da análise de fitosteróis (mg/100 g) do teste acelerado em estufa para os óleos.....	132
	Apêndice 6. Comparação da análise de fitosteróis (mg/100 g) do teste acelerado em estufa para os tempos.....	132
	Apêndice 7. Resultados da análise de tocoferóis (mg/kg) para APC, APECC, GPC e OSC em teste acelerado em estufa.....	133
	Apêndice 8. Comparação da análise de tocoferóis (mg/kg) do teste acelerado em estufa para os óleos.....	133
	Apêndice 9. Comparação da análise de tocoferóis (mg/kg) do teste acelerado em estufa para os tempos.....	133
	Apêndice 10a. Resultados das análises físico-químicas, carotenoides totais e compostos fenólicos totais para APC e APECC em termoxidação.....	134

Apêndice 10b. Resultados das análises físico-químicas, carotenoides totais e compostos fenólicos totais para GPC e OSC em termoxidação.....	135
Apêndice 11. Comparação das análises físico-químicas, carotenoides totais e compostos fenólicos totais em termoxidação para os óleos.....	136
Apêndice 12. Comparação das análises físico-químicas, carotenoides totais e compostos fenólicos totais em termoxidação para os tempos.....	1
Apêndice 13. Resultados da análise de composição em ácidos graxos (%) para APC, APECC, GPC e OSC em termoxidação.....	138
Apêndice 14. Comparação da análise de composição em ácido graxos em termoxidação para os óleos.....	138
Apêndice 15. Comparação da análise de composição em ácido graxos em termoxidação para os tempos.....	138
Apêndice 16. Resultados da análise de fitosteróis (mg/100 g) para APC, APECC, GPC e OSC em termoxidação.....	139
Apêndice 17. Comparação da análise de fitosteróis (mg/100 g) em termoxidação para os óleos.....	139
Apêndice 18. Comparação da análise de fitosteróis (mg/100 g) em termoxidação para os tempos.....	139
Apêndice 19. Resultados da análise de tocoferóis (mg/kg) para APC, APECC, GPC e OSC em termoxidação.....	140
Apêndice 20. Comparação da análise de tocoferóis (mg/kg) em termoxidação para os óleos.....	140
Apêndice 21. Comparação da análise de tocoferóis (mg/kg) em termoxidação para os óleos.....	140
ANEXOS	141
ANEXO 1. Termo de consentimento livre e esclarecido.....	141
Anexo 2. Parecer consubstanciado do Comitê de Ética em Pesquisa.....	142

1 INTRODUÇÃO

O cerrado cobre aproximadamente 22% do território nacional, ocupando a posição de segundo maior bioma brasileiro. Neste bioma o pequi destaca-se entre as várias espécies nativas com potencial econômico frutífero, pois é a planta produtora do pequi, fruto bastante consumido pelos nativos da região há muito tempo.

Apesar de ser abundante na região do cerrado, o pequi ainda não tem comercialização expressiva no cenário nacional diante de outras espécies frutíferas. O pequi geralmente é informalmente comercializado *in natura* e sua polpa tem sido utilizada de diferentes maneiras, geralmente de forma caseira ou em escala artesanal. Os pirênios são bastante consumidos depois de cozidos (em caldo) e também preparados junto com outros alimentos como, por exemplo, o arroz e o frango. Nos últimos anos tem surgido novas possibilidades de utilização, como na formulação de picolés e sorvetes, mas ainda sem grande expressão comercial.

Nas últimas décadas vários frutos oriundos do cerrado, dentre eles o pequi, chamaram a atenção dos cientistas e começaram a ser estudados. Esses estudos revelaram informações sobre a composição centesimal do pequi, mostrando que esta sofre variações que dependem de fatores como tipo de solo, temperatura e regime de chuvas. Apesar dessas variações, os lipídios do mesocarpo interno do pequi (polpa) são os nutrientes que merecem destaque, pois são aqueles encontrados em maior percentual nesta parte do fruto.

Os lipídios, de origem vegetal ou animal, além de serem constituintes naturais dos alimentos, também são amplamente utilizados na formulação e/ou na preparação destes. A ingestão de lipídios é responsável por boa parte do fornecimento de calorias necessárias ao funcionamento do corpo humano e por isso os lipídios são muito importantes na alimentação.

Devido à elevada quantidade de lipídios encontrados na polpa do azeite de pequi, uma das formas de aproveitamento desse fruto é a obtenção de azeite. Na produção do azeite de pequi geralmente os pirênios são fervidos, o óleo sobrenadante é solidificado, em seguida é separado da água e, por último, é seco por meio da aplicação de calor.

O azeite de pequi possui coloração entre alaranjado e vermelho devido à presença de carotenoides, um grande grupo de pigmentos presentes na natureza

com mais de 600 estruturas caracterizadas. Os carotenoides são substâncias que desempenham várias funções nos alimentos e no metabolismo: atuam como corantes naturais, podem possuir atividade provitamina A e apresentam capacidade antioxidante.

Assim, a composição diferenciada do azeite de pequi em relação aos óleos geralmente utilizados para os processos de fritura em imersão (aquecimento), como o óleo de soja e a gordura comercial de palma, desperta interesse, pois a presença dos carotenoides nesse azeite pode impactar nas alterações que ocorrem nos óleos durante o aquecimento. Desta maneira, faz-se necessário investigar o comportamento do azeite de pequi quando submetido ao aquecimento por meio de avaliações físico-químicas e de compostos bioativos. Para realizar uma ampla avaliação do efeito dessa composição diferenciada do azeite de pequi nas alterações que os óleos sofrem durante o aquecimento, a gordura de palma e o óleo de soja foram escolhidos para serem igualmente aquecidos e avaliados, servindo como pontos de comparação.

Posto isso, a possibilidade de poder utilizar o azeite de pequi em processos que envolvam aquecimento, como por exemplo a fritura, evidenciou a necessidade de testar a fritura de um alimento no azeite de pequi. Devido à popularidade a nível mundial, optou-se por palitos de batata pré-fritos congelados. Para efeito de comparação realizou-se a avaliação sensorial das batatas fritas no azeite de pequi e também na gordura de palma e no óleo de soja comerciais.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 O cerrado

O cerrado ocupa uma área de 204,7 milhões de hectares na região central do Brasil cobrindo os estados de Goiás e Distrito Federal, além de parte dos estados da Bahia, Maranhão, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, Paraná, Piauí, São Paulo e Tocantins. Essa área abrange quase 1.500 municípios e uma população de mais de 25 milhões de pessoas (IBGE, 2004). Cobrindo aproximadamente 22% do território nacional, o cerrado é o segundo maior bioma brasileiro. Nessa área são encontradas nada menos que um terço da biodiversidade brasileira e aproximadamente 5% da flora e fauna mundiais, podendo ser considerada a savana mais biologicamente diversificada do mundo (HOGAN; CUNHA; CARMO, 2002; SAWYER, 2002).

O recente e inacabado processo de desenvolvimento econômico nas regiões de ocorrência do cerrado intensificou o sistema de exploração agropastoril, substituindo a vegetação nativa por grandes plantações e pastagens, consolidando o cultivo de monoculturas e a pecuária extensiva, viabilizados pelo vasto desmatamento de grandes áreas do cerrado. Isso significa uma ameaça à conservação da biodiversidade e ao desenvolvimento sustentável do bioma, por desconsiderar o patrimônio natural/ambiental existente, causando impactos ambientais negativos e aumentando o risco de extinção desse ecossistema ainda pouco explorado no mundo científico (KLINK; MACHADO, 2005; MIRANDA, 2012).

Uma das alternativas que pode minimizar a degradação do cerrado é a valorização das espécies nativas por meio do incentivo à pesquisa de suas potencialidades, melhor conhecimento de recursos genéticos da região, estudo da rentabilidade e da sustentabilidade de seu uso. O conhecimento da potencialidade das diferentes espécies pode, assim, contribuir para a preservação desse bioma (JEPSON, 2005; BITTAR, 2011).

2.2 O pequi

Dentre as várias espécies frutíferas nativas com potencial econômico na região do cerrado que merecem atenção, destaca-se a *Caryocar brasiliense* Camb,

cujo nome popular é pequizeiro. O pequizeiro é uma árvore típica dos chapadões areníticos. Ocorre em áreas de cerrado, assim como em zonas de transição destas para a floresta amazônica, para a caatinga e para o pantanal. A família *Caryocaraceae* engloba dois gêneros e cerca de 25 espécies, sendo que no Brasil ocorrem os dois gêneros e 13 espécies, distribuídas em 10 *Caryocar* e três *Anthodiscus* (SOUZA; LORENZI, 2005) (Figura 1a).

Das espécies pertencentes à família *Caryocaraceae*, o pequizeiro tem relevância por ser a planta produtora do pequi, fruto de secular aproveitamento por suas peculiaridades tão apreciadas de cor, aroma e sabor (ALMEIDA; SILVA, 1994) (Figura 1b).

Figura 1. O pequizeiro: **a-** a árvore no cerrado e **b-** detalhe dos frutos no pequizeiro.



O pequizeiro é uma planta arbórea com distribuição neotropical e geralmente é de porte alto (SILVA JR. et al., 2005). Naves (1999) verificou em seus estudos sobre espécies nativas do cerrado, em Goiás, que o pequizeiro predomina sobre as outras espécies, tanto em área de ocorrência como em frequência.

A coleta e comercialização do pequi pelos agricultores familiares representa uma fonte alternativa de renda para essas pessoas no período de ocorrência do

fruto. Muitas vezes durante a coleta dos frutos os pequizeiros são degradados. Leite et al. (2006) em seus estudos sobre a fenologia do pequizeiro na região do cerrado brasileiro destacaram a importância do desenvolvimento de pesquisas junto aos agricultores familiares para conscientizá-los da necessidade de preservação do cerrado, banco natural de germoplasma do pequizeiro.

Na região do cerrado, o pequizeiro apresenta-se como espécie importante: primeiro por constituir-se como fonte alimentícia e como elemento gerador de renda para os agricultores familiares que residem nesta região e segundo porque esta espécie pode ser utilizada na recuperação de áreas degradadas do cerrado. O pequizeiro tem uma importância tão grande na região do cerrado que isso foi reconhecido e ganhou proteção na legislação brasileira. Inicialmente criou-se a Portaria nº 54, de 05/03/87 do IBDF - Instituto Brasileiro do Desenvolvimento Florestal. Em 1989 o IBDF tornou-se IBAMA - Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (BRASIL, 1989) e ratificou a antiga portaria nº 54/87 na Portaria IBAMA Nº 113, de 29 de dezembro de 1995, que é composta por um conjunto de normas de proteção a florestas primitivas brasileiras. O artigo 16 desta portaria estabelece a proibição do corte e da comercialização do pequizeiro (BRASIL, 1995).

2.3 O pequi

O pequi (*Caryocar brasiliensis* Camb) é constituído pelo exocarpo ou pericarpo, de coloração esverdeada ou marrom-esverdeada, mesocarpo externo, polpa branca com coloração pardo-acinzentada e mesocarpo interno, que constitui a porção comestível do fruto, possuindo coloração amarelada (pirênio). O mesocarpo interno separa-se facilmente do mesocarpo externo quando maduro. O endocarpo, que é espinhoso, protege a semente ou amêndoa, que é revestida por um tegumento fino e marrom, sendo também uma porção comestível (MELO JR. et al., 2004) (Figura 2).

Em geral, a floração do pequizeiro acontece de agosto a novembro, coincidindo com parte do período das chuvas no cerrado, com pico em setembro. A frutificação, por sua vez, ocorre de novembro a fevereiro (SANO; ALMEIDA; RIBEIRO, 2008), mas podem ser encontrados frutos fora dessas épocas (RIBEIRO, 2000). A sazonalidade da produção aliada à falta de tecnologia para processamento

industrial do pequi é um dos fatores que limita a comercialização e o acesso da população a este fruto.

Figura 2. Características morfológicas do pequi.



Dados da Central de Abastecimento de Goiás contabilizaram em 2015 volume de comercialização de pequi em 4.332,096 toneladas (CEASA, 2016). Esse número, porém, deve estar subestimado, uma vez que os extrativistas que comercializam o pequi o vendem às margens das rodovias ou em feiras livres, sem que os frutos passem pelo Ceasa e sejam contabilizados.

O pirênio, onde está a polpa do pequi, é utilizado na elaboração de diferentes pratos, como pequi ao molho, arroz com pequi, feijão com pequi, frango com pequi, cuscuz com pequi e o tradicional baião de três: arroz, feijão e pequi (SILVA et al., 2003). Já a amêndoa é utilizada como ingrediente de farofas, doces e paçocas, além de ser consumida salgada como petisco (RIBEIRO, 2000; RABÊLO et al., 2008).

Muitos estudos têm sido realizados com o objetivo de determinar a composição da polpa de pequi (AZEVEDO-MELEIRO, RODRIGUEZ-AMAYA, 2004; VERA et al., 2005; 2007; LIMA et al., 2007; CORDEIRO et al., 2013; MORAIS et al., 2013). Os resultados obtidos nesses estudos vêm comprovando que a composição da polpa do pequi sofre amplas variações, que dependem do clima e do solo, envolvendo ainda fatores como a região de ocorrência da planta e a altitude.

2.4 O azeite de pequi

Entre os componentes quantificados na polpa do pequi, os lipídios merecem destaque. Lima et al. (2007) afirmaram que a polpa do pequi é rica em lipídios, com 33,4%, enquanto Vera et al. (2007) encontraram para as polpas de pequi um valor médio de 20,02% de lipídios. Aquino et al. (2009), ao estudar a influência da secagem do pequi na qualidade do azeite extraído, em base seca, encontraram teores de lipídios na polpa variando de 39,1 a 59,4%. A ampla variação nos percentuais de lipídeos na polpa do pequi pode estar relacionada, além das características intrínsecas do frutos, com os diferentes cálculos que podem ser utilizados para se chegar a esses valores.

Devido ao alto teor de lipídios encontrados na polpa do pequi, uma forma de aproveitamento secular deste fruto desenvolvida pelos agricultores familiares da região do cerrado é a fabricação do azeite de pequi. Devido à falta de recursos para o armazenamento do pequi e de tecnologia para o processo de extração, o rendimento da produção do azeite de pequi é baixo. Para cada 100 dúzias de pirênios são obtidos, aproximadamente, dois litros de azeite pelos agricultores familiares. Além disso, o processo artesanal consome muitas horas de trabalho, levando-se, em média, dez horas para a produção de um litro de azeite de pequi (AQUINO, 2007).

Facioli (1996) relatou que a extração do azeite de pequi é realizada de maneira artesanal. Primeiramente a casca dos frutos é retirada e então os pirênios são cozidos por cerca de 40 minutos. Após o cozimento retira-se os pirênios e estes são resfriados naturalmente. Em seguida é feita uma maceração, com um pilão, que tem como objetivo soltar a polpa do caroço. Durante o processo são adicionadas pequenas quantidades de água gelada para que o pilão deslize mais facilmente e para que os lipídios liberados solidifiquem. O azeite sobrenadante é retirado e seco em recipiente metálico (caldeirões) sobre uma chapa quente até que perca a opacidade causada pelo excesso de água. O azeite obtido é filtrado e envasado em garrafas.

2.5 Os compostos bioativos

Além de nutrir, os alimentos possuem componentes ativos que atuam no organismo produzindo efeitos sobre a saúde (LAKDAWALA et al., 2013; RICCIO; ROSSANO, 2015; SOFI; NIDU, 2016). Os estudos desses componentes ativos conduziram ao conceito de alimentos funcionais. O termo “alimentos funcionais” foi inicialmente definido no Japão, em meados da década de 80, designando alimentos similares em aparência aos alimentos convencionais, usados como parte de uma dieta normal e que aportam benefícios fisiológicos e/ou reduzem o risco de doenças crônicas, além de suas funções nutricionais básicas (HARDY, 2000; KWAK; JUKES, 2001; STANTON et al., 2005).

O consumo regular de alimentos funcionais pode, potencialmente, reduzir as chances de ocorrência de certos cânceres, doenças do coração, osteoporose, problemas intestinais e muitos outros problemas de saúde (BRANDÃO, 2002; SCHACKY, 2011; FERRÍS-TORTAJADA et al., 2012). Sendo assim, os alimentos funcionais possibilitam combinar produtos comestíveis de consumo cotidiano com moléculas biologicamente ativas, como estratégia para consistentemente corrigir distúrbios metabólicos, resultando em redução dos riscos de doenças e manutenção da saúde (WALZEM, 2004; ZHANG et al., 2012).

Kruger e Mann (2003) definem como alimentos funcionais aqueles que possuem um grupo de compostos que apresentam potenciais benefícios à saúde, tais como ácidos graxos poli-insaturados, alicinas, vitaminas antioxidantes (tocoferóis e carotenoides), glucosinolatos, compostos fenólicos, compostos sulfurados e nitrogenados. Esses compostos biologicamente ativos podem ser encontrados em muitos vegetais e em seus óleos, extraídos da polpa e/ou da amêndoa. Os alimentos funcionais vêm sendo prioridade de pesquisa em todo mundo com a finalidade de elucidar as propriedades e os efeitos que estes alimentos podem apresentar na promoção da saúde (ANNUNZIATA; VECCHIO, 2011; COMAN et al., 2012; FREITAS et al., 2012; MOLINA et al., 2012).

Dentre os compostos bioativos, os ácidos graxos, os fitosteróis, os tocoferóis, os carotenoides e os compostos fenólicos tem sido bastante estudados, uma vez que esses compostos têm apresentado efeitos benéficos na promoção da saúde quando ingeridos na dieta normal das pessoas (AHA, 2001; FRITZ et al., 2003; STAHL; SIES, 2003; LIRA et al., 2004; LIU; FINLEY, 2005; ALMEIDA et al.,

2006; HUI et al., 2006; MOREAU; WHITAKER; HICKS, 2006; SABOUR-PICKETT et al., 2012; FRAGOSO; STONEY; McCAFFERY, 2014).

Estudos realizados com o pequi nas últimas décadas têm revelado quantidades importantes de alguns compostos bioativos (LIMA et al., 2007; MIRANDA-VILELA; RESCK; GRISOLIA, 2008; ROESLER et al., 2008). Os estudos que confirmaram a presença de compostos bioativos no pequi alavancaram outras pesquisas com esse fruto, nas áreas farmacêutica e principalmente de alimentos, buscando entender quais os benefícios do pequi para a saúde e as alternativas para o consumo do pequi pela população (PAULA-JÚNIOR et al., 2006; KHOURI et al., 2007; CASTRO et al., 2008; LOPES et al., 2008; LIMA et al., 2010; OLIVEIRA et al., 2011; AGUILAR et al., 2012).

Em estudo realizado por Roesler et al. (2008), extratos das diferentes partes do pequi demonstraram ser importantes fontes naturais de antioxidantes e tiveram ação inibidora da peroxidação lipídica induzida quimicamente utilizando método biológico.

Devido à coloração amarelo-alaranjada da polpa, alguns autores têm investigado no pequi a presença de carotenoides, que são compostos bioativos (AZEVEDO-MELEIRO; RODRIGUEZ-AMAYA, 2004; OLIVEIRA et al., 2006; LIMA et al., 2007; ALVES et al., 2008), uma vez que esta coloração da polpa do pequi é indício da presença desses compostos. Os resultados revelaram quantidades importantes desse composto, ultrapassando os limites encontrados em outros frutos de consumo mais convencional. Cardoso et al. (2013) encontraram na polpa de pequi 8,1 mg/100 g de carotenoides, enquanto Oliveira et al. (2010) encontraram teores de carotenoides de 7,48 mg/100 g no mamão papaya e de 7,34 mg/100 g na goiaba.

Tendo como norte a possibilidade de prevenir e/ou combater doenças por meio da ingestão de alimentos funcionais, como fontes de compostos bioativos, estudos relevantes têm sido realizados para investigar a presença desses compostos no azeite extraído da polpa do pequi e sua estabilidade quando submetidos ao aquecimento.

2.6 Processos de aquecimento

Desde a antiguidade, o homem tem usado óleos e gorduras na alimentação e em uma variedade de outras aplicações, graças à obtenção relativamente facilitada dessas substâncias de tecidos animais e vegetais. Óleos e gorduras são encontrados em diferentes fontes animais (inclusive os marinhos) e vegetais (como sementes e frutos), cada uma fornecendo lipídios com características bem distintas. Entretanto, apenas algumas dessas fontes têm importância econômica. Os triacilgliceróis, moléculas resultantes da união de um glicerol com três ácidos graxos, são os principais compostos encontrados em óleos e gorduras (aproximadamente 99%) e compõem a classe mais significativa de lipídios de armazenamento nos organismos (O'BRIEN, 2004).

As características físicas e químicas dos óleos e gorduras são muito relacionadas com os ácidos graxos e sua posição na molécula. Os ácidos graxos se diferem pelo comprimento da cadeia, número e posição das duplas ligações e sua posição no glicerol, além da isomeria plana ou geométrica para os ácidos graxos insaturados. Por isso, as propriedades dos óleos e gorduras são bem distintas (O'BRIEN, 2004). Os ácidos graxos saturados (sem duplas ligações) e os ácidos graxos monoinsaturados (uma dupla ligação) ocupam preferencialmente as posições externas na estrutura do glicerol (sn1 e sn3) e os ácidos graxos poli-insaturados (duas ou mais duplas ligações) a posição interna (sn2), o que define a estrutura glicerídica dos lipídios (COMBEA; ROSSIGNOL-CASTERA, 2010).

Dependendo da composição química (tipo e conteúdo tanto de ácidos graxos quanto de antioxidantes) e de fatores externos (temperatura, luz, radicais, peróxidos e metais), reações muito complexas de degradação ocorrem nos óleos, quando aquecidos em altas temperaturas, que modificam sua qualidade físico-química e nutricional (CIHELKOVÁ et al., 2009; FRANKEL, 2010; FARHOOSH et al., 2012). Essas alterações podem chegar a níveis em que o óleo se torna impróprio ao consumo e sem a qualidade legalmente estabelecida ou sensorialmente desejada.

Durante o aquecimento, a exposição dos óleos continuamente a altas temperaturas provoca uma série de reações químicas e físicas (QUILES et al., 2002; VALAVANIDIS et al., 2004). Em relação às mudanças físicas que ocorrem, destaca-se o aumento da viscosidade, a mudança de cor e a formação de espuma (AKOH; MIN, 2002). Já as principais alterações químicas são oxidação, hidrólise,

polimerização e isomerização. Podem acontecer ainda as reações de conjugação, pirólise e ciclização (CHANTZOS; GEORGIU, 2008).

Nas reações de oxidação dos lipídios formam-se compostos voláteis e não-voláteis que podem resultar em peróxidos, hidroperóxidos, dienos conjugados, epóxidos, hidróxidos e cetonas (GUNSTONE; HARWOOD; DIJKSTRA, 2007). A hidrólise dos triacilgliceróis forma mono e diacilgliceróis, e eventualmente ácidos graxos livres e glicerol (AKOH; MIN, 2002). A polimerização forma dímeros ou polímeros pela combinação de ligações -C-C-, -C-O-C- e -C-O-O-C-, resultando em moléculas de alto peso molecular e com polaridade. Na polimerização, o principal mecanismo de reação inclui radicais formados em reações com oxigênio (CHOE; MIN, 2007; HWANG et al., 2013). Já na isomerização, os hidrogênios participantes da dupla ligação passam da configuração natural *cis*, quando estão no mesmo lado da molécula e a deixam em formato de “v”, para a configuração *trans*, na qual os átomos de hidrogênio ficam em lados opostos da molécula e a deixam em formato quase linear, configuração semelhante à dos ácidos graxos saturados (TSUZUKI, 2010; ŻBIKOWSKA, 2010).

A resistência dos óleos aos processos de oxidação, hidrólise, polimerização e isomerização depende da sua composição e das condições às quais são submetidos, como o contato com o ar ou oxigênio, o tempo e a temperatura de aquecimento, a presença ou ausência de luminosidade e catalisadores, dentre outros (GUILLEN; CABO, 2002). Muitos métodos para determinar a taxa de avanço dos processos de deterioração dos óleos aquecidos em altas temperaturas estão relacionados com a medição da concentração de produtos da oxidação primária, secundária, ou ambas, ou a quantidade de oxigênio consumido durante o processo (MOROS et al., 2009).

A modificação dos hábitos alimentares, resultado de uma combinação de profundas mudanças sociais, econômicas e tecnológicas, associada ao grande desenvolvimento dos setores de restaurantes, sistemas de alimentação coletiva e alimentos de consumo imediato aumentou a utilização e o consumo de óleos e gorduras (MONTEIRO et al., 2010). Foi assim que a fritura se tornou um dos métodos mais importantes de preparação de alimentos nas cozinhas industriais, restaurantes, lanchonetes e padarias, bem como nas cozinhas domésticas (O'BRIEN, 2004).

A fritura é um processo complexo e, mesmo assim, é uma técnica culinária bastante utilizada em todo o mundo, porque quando o alimento é submerso em óleo quente este atua como meio de transferência de calor reutilizável, muito mais eficiente que o forneamento e muito mais rápido que o cozimento em água (SINGH, 1995). Assim, as altas temperaturas utilizadas, ao redor de 180°C, produzem uma acelerada penetração de calor, levando a uma rápida elaboração dos alimentos, praticidade muito desejada nestes tempos modernos. A fritura atua ainda conferindo ao alimento características agradáveis de cor, sabor, textura e palatabilidade (PAUL; MITTAL; CHINNAN, 1997; VACLAVIK; CHRISTIAN, 2008).

Como a técnica de fritura desempenha um papel exclusivo na preparação dos alimentos, desenvolveu-se, paralelamente com esta técnica, equipamentos, óleos e gorduras e outros ingredientes para utilização em processos de fritura (O'BRIEN, 2004). Os alimentos podem ser fritos em uma ampla gama de lipídios: óleos e gorduras, animais ou vegetais, óleos ou gorduras modificados ou a mistura destes. Os principais critérios utilizados para selecionar meios de fritura são a estabilidade ao longo da fritura, a fluidez, sabor agradável, baixa tendência à formação de espuma ou de fumaça, baixa quantidade de polimerização e preço (PAUL; MITTAL; CHINNAN, 1997).

Ao expor os alimentos a altas temperaturas, o processo de fritura remove a água interna do alimento e permitindo a absorção de óleo. Muitos fatores podem afetar a absorção do óleo durante a fritura e o entendimento de como o óleo é absorvido durante este processo leva a alimentos fritos de melhor qualidade. O tempo de fritura, a composição do alimento e a superfície de contato são fatores que determinam os níveis de absorção de óleo (VACLAVIK; CHRISTIAN, 2008).

A utilização do óleo na transferência de calor para fritar alimentos é acompanhada de reações que levam à formação de substâncias que vão alterar as características físico-químicas e nutricionais do óleo. Quando o óleo é aquecido em temperaturas de fritura ($\pm 180^{\circ}\text{C}$) e está em contato com o ar e os alimentos, ocorrem reações nos ácidos graxos que resultam em oxidação, hidrólise, polimerização, isomerização e, geralmente, uma interação de todas essas reações (DOBARGANES, 1998).

3 OBJETIVOS

3.1 Objetivo geral

O objetivo principal deste trabalho foi avaliar a estabilidade dos azeites de pequi comercial e extraído sob condições controladas de aquecimento em comparação com a gordura de palma e o óleo de soja comerciais.

3.2 Objetivos específicos

- Realizar os ensaios de teste acelerado em estufa e termoxidação com o azeite de pequi comercial, o azeite de pequi extraído em condições controladas, a gordura de palma comercial e o óleo de soja comercial;
- Avaliar as características físico-químicas e a estabilidade de compostos bioativos dos azeites de pequi, gordura de palma e óleo de soja no teste acelerado em estufa (60°C/20 dias);
- Avaliar as características físico-químicas e a estabilidade de compostos bioativos dos azeites de pequi, gordura de palma e óleo de soja no teste de termoxidação (180°C/16 h);
- Verificar a aceitação e a intenção de consumo de batatas fritas em azeite de pequi comercial, gordura de palma e óleo de soja por meio de análise sensorial.

4 MATERIAL E MÉTODOS

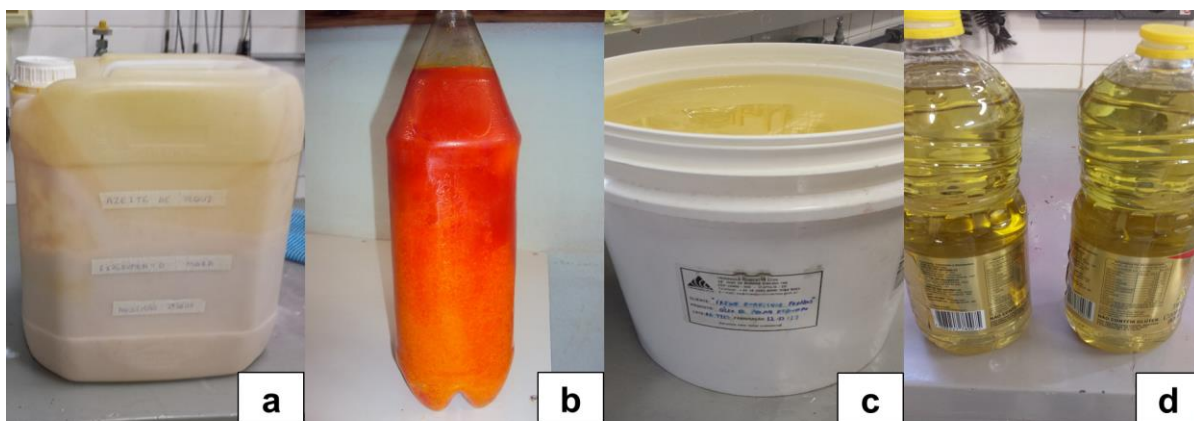
As análises de ácidos graxos livres, índice de peróxidos, ácidos dienólicos conjugados, índice de *p*-anisidina, compostos polares totais, índice de estabilidade oxidativa, cor, carotenoides totais e compostos fenólicos totais foram analisados nas amostras obtidas no teste acelerado em estufa e na termoxidação em todos os tempos. A composição em ácidos graxos foi analisada apenas nas amostras obtidas na termoxidação nos tempos 0, 2, 8 e 16 horas. Fitosteróis e tocoferóis foram analisados nas amostras obtidas no teste acelerado em estufa e na termoxidação nos tempos 0, 2, 8 e 16 horas.

4.1 Material

4.1.1 Óleos utilizados

Foram utilizados quatro óleos nos ensaios de teste acelerado em estufa e termoxidação: azeite de pequi comercial, azeite de pequi extraído em condições controladas, gordura de palma comercial e óleo de soja comercial (Figura 3).

Figura 3. Óleos utilizados nos ensaios de teste acelerado em estufa e termoxidação: **a-** azeite de pequi comercial, **b-** azeite de pequi extraído em condições controladas, **c-** gordura de palma comercial e **d-** óleo de soja comercial.



- Azeite de pequi comercial (APC)

O azeite de pequi (12 L) foi adquirido da empresa Cerrado Goiano em Senador Canedo, Goiás. Em negociação com a empresa solicitou-se que o azeite a ser fornecido estivesse nas mesmas condições em que fora recebido dos produtores rurais, ou seja, sem passar por nenhum tipo de processamento ou adição de substâncias na empresa.

De acordo com os relatos do gerente da empresa, o APC foi extraído da polpa de forma artesanal, por meio de sucessivas fervuras dos pirênios de pequi seguidas de solidificação com água fria e secagem em chama para eliminação de água residual. Todo o azeite adquirido foi colocado em um recipiente de polietileno com capacidade para 20 L. O azeite de pequi foi transportado para o Laboratório de Óleos e Gorduras do Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas da Universidade Estadual Paulista Campus São José do Rio Preto (Ibilce-Unesp) em São José do Rio Preto, São Paulo. Em seguida, o APC foi fundido em banho termostático a $40 \pm 5^\circ\text{C}$ e filtrado empregando-se cinco camadas de tela fina de *nylon* para a remoção de eventuais resíduos (RODRIGUES et al., 2013) (Figura 4). Logo, o APC foi envasado em frascos de vidro âmbar de 1 L, inertizado com nitrogênio gasoso e estocado sob congelamento (-18°C) até o momento do uso.

Figura 4. Filtração do azeite de pequi comercial.



- Azeite de pequi extraído em condições controladas (APECC)

Foram extraídos 2 L de azeite de pequi sob condições de tempo e temperatura controlados para serem utilizados como referência em relação ao APC. A definição das condições de tempo e temperatura foram determinadas em testes realizados previamente onde buscou-se reproduzir o procedimento artesanal realizado pelos agricultores familiares conforme descrito por Facioli (1996). Os frutos de pequi foram adquiridos em uma feira na cidade de Catalão, Goiás e transportados até o Laboratório de Processamento de Alimentos do Instituto Federal de Goiás (IFG) Campus Aparecida de Goiânia em Aparecida de Goiânia, Goiás, onde ficaram espalhados nas bancadas durante três dias. Depois desse período, excluiu-se os frutos que apresentavam excesso de injúrias e os que não estavam completamente maduros. Em seguida, os pirênios foram obtidos retirando as cascas dos frutos por meio de corte com faca inox e pressão manual.

Os pirênios foram fervidos em recipiente de alumínio usando chama direta de fogão industrial (Focco, Pagolli, Goiânia, Brasil) durante 5 horas na proporção 1:5 pirênios:água (m/v) (Figuras 5a e 5b) com temperatura de $95 \pm 5^\circ\text{C}$ monitorada com termômetro imerso. Após esse período, o azeite sobrenadante foi retirado e levado à refrigeração ($4 \pm 2^\circ\text{C}$) durante 2 horas (Figura 5c). Em seguida, retirou-se o excesso de água e o azeite obtido foi aquecido em chama em bquer durante 5 ± 2 minutos para eliminação de água residual.

Figura 5. Processo de obtenção do APECC: **a-** início da fervura dos pirênios, **b-** formação das micelas de azeite de pequi e **c-** azeite de pequi solidificado.



O azeite de pequi foi envasado em frascos âmbar e transportado para o Laboratório de Óleos e Gorduras do IBILCE-UNESP. Fundiu-se o APECC em banho termostático ($40 \pm 5^\circ\text{C}$) e este foi filtrado em cinco camadas de nylon para a

remoção de eventuais resíduos (RODRIGUES et al., 2013). Em seguida, o APECC foi envasado em frascos de vidro âmbar de 1 L, inertizado com nitrogênio gasoso e estocado sob congelamento (-18°C) até o momento do uso.

- Gordura de palma comercial (GPC)

A gordura de palma comercial embalada em balde de 15 kg com indicação de uso para realização de frituras em estabelecimentos de *food service* foi adquirida no comércio local. A GPC foi transportada para o Laboratório de Óleos e Gorduras do IBILCE-UNESP em São José do Rio Preto, São Paulo. De acordo com a descrição do rótulo essa gordura é composta pelo óleo extraído da polpa do fruto da palmeira oleaginosa *Elaeis Guineensis* por métodos físicos, sem uso de solventes e submetido a processo de refinação. A GPC (consistência semi-sólida) depois de homogeneizada foi transferida para frascos de vidro âmbar de 1 L, inertizada com nitrogênio gasoso e estocada sob congelamento (-18°C) até o momento do uso.

- Óleo de soja comercial (OSC)

Foram adquiridas no comércio local 12 garrafas de óleo de soja de 900 mL cada (contendo ácido cítrico INS 330), óleo tradicionalmente utilizado no Brasil para fritura doméstica de alimentos. O óleo de soja foi transportado para o Laboratório de Óleos e Gorduras do IBILCE-UNESP em São José do Rio Preto, São Paulo. Todo o óleo de soja adquirido foi homogeneizado e, posteriormente, envasado em frascos de vidro âmbar de 1 L, inertizado com nitrogênio gasoso e estocado sob congelamento (-18°C) até o momento do uso.

4.1.2 Palitos de batata

Pacotes de 400 g cada de palitos comerciais pré-fritos congelados de batata foram adquiridos no comércio local. Todos os pacotes foram abertos e os palitos ainda congelados foram homogeneizados. Em seguida os palitos foram padronizados nas dimensões $5 \times 5 \times 50 \pm 5$ mm (Figura 6), embalados em sacos de polietileno e mantidos congelados acondicionados à temperatura de -18°C até a

realização das frituras. Como meio de fritura foram utilizados o APC, a GPC e o OSC.

Figura 6. Palitos pré-fritos congelados de batata utilizados nas frituras.



4.2 Ensaio de aquecimento

4.2.1 Teste acelerado em estufa

APC, APECC, GPC e OSC foram submetidos ao teste acelerado em estufa. Para isso, 85 mL de cada óleo foram colocados em béqueres com capacidade de 250 mL, mantendo uma relação superfície/volume de 0,4/cm (SILVA; JORGE, 2014). As amostras foram mantidas continuamente a $60 \pm 2^\circ\text{C}$ em estufa com circulação forçada de ar (MA 035, Marconi, Piracicaba, Brasil) e a temperatura foi monitorada por termômetro, como apresentado na Figura 7 (YANGA et al., 2016).

As amostras foram retiradas nos períodos de tempo 0, 5, 10, 15 e 20 dias de estocagem e transferidas para frascos âmbar, inertizadas com nitrogênio gasoso e acondicionadas à temperatura de -18°C até a realização das análises.

Figura 7. Teste acelerado em estufa.



4.2.2 Termoxidação

APC, APECC, GPC e OSC foram submetidos ao ensaio de termoxidação. Para isso, 85 mL de cada amostra foram colocados em béqueres com capacidade de 250 mL, mantendo uma relação superfície/volume de 0,4/cm (CASAROTTI; JORGE, 2014). As amostras foram mantidas em aquecimento contínuo a $180 \pm 5^{\circ}\text{C}$ em banho termostático com óleo de soja (DF-150/AL, NKS Home, Rio de Janeiro, Brasil) e a temperatura foi monitorada por termômetro, como pode ser observado na Figura 8 (CAMPANELLA et al., 2008).

As amostras foram retiradas nos períodos de tempo 0; 0,5; 1, 2, 4, 8 e 16 horas de aquecimento e transferidas para frascos âmbar, inertizadas com nitrogênio gasoso e acondicionadas à temperatura de -18°C até a realização das análises.

Figura 8. Ensaio de termoxidação.

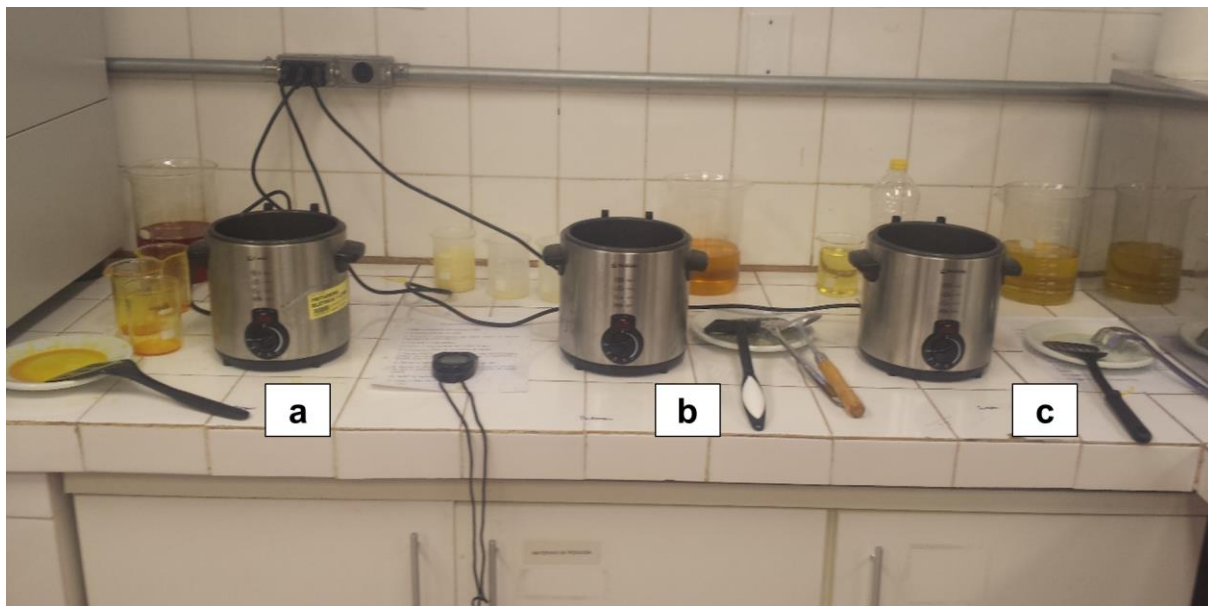


4.2.3 Fritura

Em todas as etapas e procedimentos do ensaio experimental de fritura foram utilizadas as boas práticas de fabricação.

A fritura das batatas foi realizada separadamente no APC, na GPC e no OSC, sendo que esses óleos não tiveram nenhum tipo de utilização anterior. O APECC não foi utilizado devido à limitação de quantidade. O processo de fritura foi feito seguindo a metodologia descrita por Romani, Bacchiocca e Rocculi (2009) com alterações. Cada porção de batata foi frita em cada porção de óleo de modo descontínuo, utilizando fritadeira elétrica de aço inox (SZ-1512, Suzuki, São Paulo, Brasil) com capacidade de 1 L, a $180 \pm 5^\circ\text{C}$. O tempo de fritura foi 6 minutos e 30 segundos, seguindo a orientação do fabricante das batatas descrita na embalagem de 3,6 mL de óleo para cada 1 g de batata (Figura 9).

Figura 9. Organização do ensaio de fritura de batatas: **a-** APC, **b-** GPC e **c-** OSC.



Todos os óleos foram utilizados uma única vez para fritar as batatas e, em seguida, foram descartados (Figura 10). Não houve reposição nem reaproveitamento dos mesmos. Depois da fritura, os palitos de batata foram colocados em papel toalha para remoção do excesso de óleo e adicionados de sal refinado iodado em 1% em relação a massa de palitos fritos.

Figura 10. Processo de fritura de batatas: **a-** APC, **b-** GPC e **c-** OSC.



4.3 Métodos analíticos

4.3.1 Análises físico-químicas

- Ácidos graxos livres

Foram determinados de acordo com o método Ca 5a-40 da AOCS (2009). Amostras de $7,05 \pm 0,05$ g foram pesadas e dissolvidas em 75 mL de álcool etílico neutralizado quente. A titulação foi feita com solução de hidróxido de sódio 0,25 M previamente padronizada em titulador automático (794 Basic Titrino, Metrohm, Herissau, Switzerland). Os resultados foram obtidos automaticamente no titulador e expressos em porcentagens de ácido oleico.

- Índice de peróxidos

Foi determinado de acordo com o método Cd 8b-90 da AOCS (2009). Amostras de $3 \pm 0,05$ g foram pesadas em erlenmeyer de 250 mL, adicionados 50 mL de ácido acético:iso-octano (3:2 v/v) e agitou-se em movimento espiral. Em seguida foi adicionado 0,5 mL de solução saturada de iodeto de potássio e a mistura ficou em repouso no escuro por 1 minuto. Agitou-se vigorosamente e foram adicionados 30 mL de água destilada. A titulação foi feita com tiossulfato de sódio 0,01 N previamente padronizado em titulador automático (794 Basic Titrino, Metrohm, Herissau, Switzerland). Os resultados foram obtidos automaticamente no titulador e expressos em miliequivalentes de oxigênio ativo por quilograma de azeite de pequi.

- Ácidos dienólicos conjugados

Os ácidos dienólicos conjugados foram determinados de acordo com o método Ti 1a-64 da AOCS (2009). As amostras foram pesadas (0,005 a 0,03 g), diluídas em iso-octano (2,2,4-trimetilpentano) e o volume foi completado conforme a necessidade até obtenção de diluições cuja leitura obedecesse a lei de Lambert-Beer (absorbância entre 0,2 e 0,8). A leitura da absorbância foi realizada em espectrofotômetro (UV mini 1240, Shimadzu, Kyoto, Japão) a 233 nm usando isooctano como branco. Os resultados foram calculados conforme a equação 1 e expressos em porcentagem.

$$\text{ADC (\%)} = 0,84 \times [\text{Abs}/(\text{b} \times \text{c})] - K_0$$

(Equação 1)

ADC= porcentagem de ácidos dienóicos conjugados

Abs= absorvância a 233 nm

b= caminho óptico da cubeta (largura) → 1 cm

c= concentração da amostra em g/L na diluição final utilizada

K₀= absorvividade para grupos ácidos → 0,03

- Índice de *p*-anisidina

Foi determinado conforme o método Cd 18-90 da AOCS (2009). As amostras foram pesadas (0,5 a 2,5 ± 0,01 g) e dissolvidas em 10 a 25 mL de isooctano, conforme a necessidade. Foi realizada leitura em espectrofotômetro (UV mini 1240, Shimadzu, Kyoto, Japão) a 350 nm obtendo-se a absorvância inicial (Abs 1). Foi retirada desta solução uma alíquota de 5 mL e posteriormente foi adicionado 1 mL da solução previamente preparada contendo *p*-anisidina. Essa mistura foi deixada em repouso por 10 minutos e em seguida efetuou-se a leitura em espectrofotômetro a 350 nm obtendo a absorvância final (Abs 2). O resultado (IpA) foi calculado conforme a equação 2.

$$IpA = [25 \times (1,2 \times Abs2 - Abs1)]/m \quad \text{(Equação 2)}$$

Onde:

IpA= índice de *p*-anisidina

Abs1= absorvância inicial

Abs2= absorvância final

m= massa (g)

- Compostos polares totais

Foram determinados por meio da inserção do sensor do instrumento Testo (270, Testo, Campinas, Brasil) nas amostras dos óleos previamente aquecidas a 90 ± 5°C. A leitura do teor de compostos polares totais foi feita no *display* do instrumento conforme aparecimento de indicativo luminoso, que surgia cerca de 30 segundos depois da imersão com resultado expresso em porcentagem (OSAWA et al., 2012). O sensor foi previamente calibrado com óleo fornecido pelo fabricante do

instrumento antes da análise das amostras. Entre as medições, o equipamento foi limpo com água morna, detergente neutro e adequadamente seco.

- Índice de estabilidade oxidativa

O índice de estabilidade oxidativa foi medido conforme método Cd 12b-92 proposto pela AOCS (2009) utilizando o Rancimat (743, Metrohm, Herissau, Switzerland) por meio da determinação da condutividade elétrica dos produtos voláteis de degradação. A determinação foi realizada a 110°C, com fluxo de ar de 20 L/h, utilização de 3 g de amostra e volume de água destilada de 60 mL nos frascos contendo os eletrodos. Uma curva de condutividade elétrica x tempo foi automaticamente registrada ao decorrer da reação e do teste. O período de indução derivado desta curva foi determinado em horas.

- Cor

A avaliação instrumental da cor das amostras foi feita em colorímetro (ColorFlex EZ 45/0, Hunterlab, Virginia, Estados Unidos) conectado a um computador provido de software (Universal Versão 4.10, Hunterlab, Virginia, Estados Unidos) (NYAM; LAU, 2015). A calibração foi feita previamente usando as coordenadas de uma placa preta e depois de uma placa branca. As amostras foram colocadas em cubeta de quartzo com cavidade circular e para cálculo das coordenadas de cor foram estabelecidos o iluminante D65, o ângulo de 10° para o observador e a escala do sistema de cor CIE Lab. As coordenadas medidas foram L*, que representa a luminosidade numa escala de 0 (preto) a 100 (branco); a*, que representa uma escala de tonalidades de -a (esverdeado) a +a (avermelhado) e b*, que representa uma escala de -b (azulado) a +b (amarelado).

Com os dados obtidos em a* e b* calculou-se, ainda, a intensidade ou saturação (Croma) e a tonalidade (Hue), segundo as equações 3 e 4, respectivamente.

$$\text{Croma} = [(a^*)^2 + (b^*)^2]^{0,5} \quad (\text{Equação 3})$$

$$\text{Hue} = \arctg (b^*/a^*) \quad (\text{Equação 4})$$

- Perfil de ácidos graxos

O perfil de ácidos graxos foi determinado por cromatografia gasosa a partir das amostras transesterificadas com hidróxido de potássio metanólico em n-hexano, segundo método Ce 2-66 da AOCS (2009). Foi utilizado um cromatógrafo gasoso (GC 3900, Varian Inc., Walnut Creek, USA) equipado com detector de ionização de chama, sistema de injeção split de aproximadamente 1:30 e amostrador automático. Os compostos foram separados em coluna capilar de sílica fundida CP-Sil 88 de 60 m, com diâmetro interno de 0,25 mm e espessura de filme de 0,20 μm . A temperatura inicial da coluna foi de 90°C (durante quatro minutos) e programada para alcançar 195°C com incremento de 10°C/min, sendo, então, mantida em isoterma por 16 minutos. A temperatura do injetor foi de 230°C e a do detector de 250°C. As amostras foram injetadas no volume de 1 μL , adotando-se a razão de divisão de 1:30. O gás de arraste foi o hidrogênio com velocidade linear de 30 mL/min. Os ácidos graxos foram identificados pela comparação dos tempos de retenção de padrões puros de ésteres metílicos de ácidos graxos com os componentes separados das amostras e a quantificação foi feita por normalização de área (%), utilizando-se como padrão uma mistura composta de cinco ácidos graxos (C16:0, C18:0, C18:1, C18:2, C18:3) (Supelco, Bellefonte, USA) com pureza entre 99,1 e 99,9%.

4.3.2 Análises de compostos bioativos

- Carotenoides totais

-

Foram determinados por espectrofotometria segundo Lin, Sue e Ain (1995) *apud* Pawlowicz et al. (2013) e MPOB Test Method (2005) *apud* Mustapa et al. (2011). As amostras (0,1 a 1 $\pm$ 0,01 g) foram diluídas em 10 mL de hexano até obtenção de leitura que obedecesse a lei de Lambert-Beer (absorbância entre 0,2 e 0,8) e lidas em espectrofotômetro (UV mini 1240, Shimadzu, Kyoto, Japão) a 446 nm. O cálculo do teor de carotenoides totais foi feito considerando-se o volume de diluição das amostras e o coeficiente de extinção para os carotenoides (383), conforme a equação 5 e expressos em mg de β -caroteno/kg de amostra.

$$CT = (V \times 383 \times Abs) / (100 \times m) \quad (\text{Equação 5})$$

Onde:

CT= carotenoides totais

V= volume utilizado na diluição

383= Coeficiente de extinção dos carotenoides

Abs= Absorbância obtida na faixa do comprimento de onda de 446 nm

m= massa (g)

- Compostos fenólicos totais

Foram determinados seguindo a metodologia proposta por Kalantzakis et al. (2006) com algumas adaptações. Para a obtenção do extrato, 2,5 g da amostra foi dissolvida com 5 mL de n-hexano e 5 mL de metanol 60%. Essa mistura foi agitada em vórtex por 2 minutos e, em seguida, centrifugada a 3.500 rpm durante 10 minutos. O sobrenadante (fase apolar) foi descartado e a fase polar foi transferida para um balão volumétrico e o volume completado com água para 5 mL.

Uma alíquota de 2,75 mL foi transferida para um tubo âmbar, adicionou-se 2,25 mL de água e agitou-se em vórtex por 30 segundos. Em seguida adicionou-se 0,5 mL do reagente Folin-Ciocalteu, agitou-se em vórtex por 30 segundos e deixou-se em repouso durante 3 minutos. Foi adicionado 1 mL da solução saturada de carbonato de sódio seguido de agitação em vórtex por 30 segundos. Colocou-se 3,5 mL de água e agitou-se por 30 segundos. Por último deixou-se em repouso durante 30 minutos.

As leituras foram feitas em espectrofotômetro (UV mini 1240, Shimadzu, Kyoto, Japão) a 765 nm usando água como branco. Para calcular os compostos fenólicos totais das amostras foi construída uma curva padrão com ácido gálico com concentrações variando entre 0,5 e 3 µg/mL. A equação da reta gerada foi $y = 0,247x + 0,042$ (onde y = absorbância e x = concentração de compostos fenólicos totais) e o coeficiente de determinação foi (R^2) 0,9985. O resultados foram expressos em mg de ácido gálico/kg de amostra.

- Fitosteróis

Foram determinados por cromatografia gasosa a partir da matéria insaponificável. A preparação da amostra foi feita conforme metodologia proposta por DUCHATEAU et al. (2002), pesando-se cerca de 80 mg de amostra seguida da adição de 100 µL de padrão interno e 1 mL de solução alcoólica de hidróxido de potássio 2,5 mol/L. Levou-se essa mistura para o banho-maria durante 50 minutos a 70°C, homogeneizando em vórtex a cada 5 minutos. Adicionou-se água e hexano e, então, a fase orgânica foi transferida para *vials*. A determinação dos fitosteróis nas amostras foi feita de acordo com método Ch 6-91 (AOCS 2009). Foi utilizado cromatógrafo gasoso (Plus-2010, Shimadzu, Tokyo, Japão) equipado com detector de ionização de chama, sistema de injeção *split* e coluna capilar de sílica fundida (Restek RTX 5, Shimadzu, Tokyo, Japão) com 30 m, 0,25 µm de espessura de filme e 0,25 µm de diâmetro interno. A temperatura inicial do forno foi de 300°C por 12 minutos, a temperatura do injetor foi de 280°C e a do detector de 320°C. O gás de arraste foi o hidrogênio com velocidade linear de 40 mL/min e amostra foi injetada em 1 µL na razão de 1:50. Os isômeros campesterol, estigmasterol, β-sitosterol e estigmastanol foram identificados por comparação com o tempo de retenção dos padrões puros (Supelco, Bellefonte, USA) analisados sob as mesmas condições da amostra. Para quantificar cada isômero foi realizada padronização interna (5α-cholestano-3β-ol grau de pureza de 95% em terc-butil-metil-éter, na concentração de 3 mg/mL) baseada na área de cada pico. Os teores de fitosteróis foram expressos em mg/100 g e os limites de detecção foram: campesterol 5,20 mg/100 g; estigmasterol 5,60 mg/100 g; estigmastanol 4,25 mg/100 g e brassicasterol 2,70 mg/100 g.

- Tocoferóis

Os tocoferóis foram analisados por cromatografia líquida de alta eficiência segundo método Ce 8-89 AOCS (2009). Foi utilizado um cromatógrafo (210-263, Varian, Walnut Creek, USA) equipado com detector de fluorescência e injetor manual. Na preparação foram pesadas 0,4 g de amostra posteriormente diluídas em 10 mL de n-hexano. Foi utilizada coluna de sílica de 250 x 4,6 mm com poro de 100 Å e tamanho de partícula 5 µm (Microsorb 100-5 Si, Varian, Walnut Creek, USA). O

fluxo isocrático foi de 1,2 mL/min, o comprimento de onda de excitação em 290 nm, de emissão em 330 nm e como fase móvel, a mistura de 99,5% de n-hexano e 0,5% de isopropanol. Foram injetadas amostras de 20 µL. Os isômeros α -, β -, γ - e δ -tocoferol foram quantificados por comparação com o tempo de retenção dos padrões de tocoferóis (Supelco, Bellefonte, USA) sob as mesmas condições de operação. A quantificação foi baseada em padronização externa e os resultados expressos em mg/kg. Os limites de detecção foram α = 3,15 mg/kg, β = 1,10 mg/kg, γ = 8,65 mg/kg e δ = 2,30 mg/kg. A quantidade de vitamina E foi calculada utilizando a equação 6, que usa fatores de conversão para cada isômero, e foi expressa em UI/kg. A quantidade de vitamina E expressa em alfa tocol foi calculada de acordo com a quantidade de vitamina E obtida pela equação 6 e utilizando fator de correção, conforme a equação 7, e foi expressa em mg/kg.

$$\text{Vit. E} = (\alpha\text{-tocol}/0,909) + (\beta\text{-tocol}/3,333) + (\gamma\text{-tocol}/6,666) + (\delta\text{-tocol}/100) \text{ (Equação 6)}$$

$$\text{Vit. E } (\alpha\text{-tocol}) = \text{Vit. E} \times 0,909 \quad \text{(Equação 7)}$$

4.3.3 Análise sensorial de batatas fritas

Antes da realização da análise sensorial, o projeto desta tese foi submetido ao Comitê de Ética em Pesquisa do Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” e aprovado conforme parecer consubstanciado número 1.295.802 (Anexo 2).

Foram avaliados, por meio do teste sensorial afetivo de aceitação, os palitos de batatas fritos em APC, GPC e OSC. Devido à disponibilidade de méria-prima optou-se por não realizar a fritura no APECC. A análise sensorial foi realizada no Laboratório de Análise Sensorial do Departamento de Engenharia e Tecnologia de Alimentos, Ibilce-Unesp. Para a realização dos testes foram utilizadas seis cabines individuais iluminadas com luz branca e o laboratório foi mantido sob climatização (22 a 25°C) durante os testes.

O Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) (Anexo 1) foi entregue aos consumidores antes do início da análise, em duas vias, eles foram orientados a ler e preencher uma via, que ficou sob a responsabilidade do pesquisador responsável, enquanto a segunda via ficou com o próprio consumidor. Todas as vias

dos TCLEs dos provadores serão mantidas com o pesquisador responsável por um prazo de cinco anos.

Foram recrutados 120 consumidores, dentre eles alunos, funcionários, docentes, técnico-administrativos e comunidade externa vizinha do Ibilce. Foram excluídos indivíduos com patologias relacionadas com a ingestão de alimentos como diabéticos, hipertensos, com intolerância à lactose e ao glúten, dentre outros casos. Os consumidores receberam previamente o TCLE e aqueles que concordaram com as condições estabelecidas no termo participaram da análise sensorial.

O teste sensorial de aceitação foi realizado utilizando-se escala hedônica estruturada de nove pontos, além do teste de intenção de consumo (MEILGAARD; CIVILLE; CARR, 2007). As amostras de batatas fritas em APC, GPC e OSC foram apresentadas aos provadores de forma monádica, em blocos completos e balanceados, de acordo com Tohma e Turan (2015), com alterações. Pratos plásticos descartáveis foram previamente codificados, pelo mesmo analista e com utilização da mesma caneta, com números de três dígitos obtidos na tabela de números aleatórios gerada através do software Excel®. Depois de codificados, os pratos receberam três palitos das batatas fritas com temperatura de $60 \pm 10^{\circ}\text{C}$. Cada prato foi colocado em bandejas juntamente com copo com água, guardanapo e ficha de avaliação sensorial para registrar os resultados do teste (Figura 11).

A apresentação das amostras para os consumidores foi balanceada em todas as combinações possíveis para três amostras, conforme apresentado na Tabela 1. A sequência foi repetida a cada seis consumidores.

Figura 11. Ficha de avaliação sensorial.

Nome: _____ Data: _____
 Sexo: _____ Idade: _____

1- Você está recebendo uma amostra de batatas fritas. Por favor, prove-a e avalie cada atributo da tabela de acordo com as notas das escalas abaixo:

TEXTURA	9 extremamente crocante
	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

CÓDIGO DA AMOSTRA: _____

ATRIBUTO	NOTA
Textura (crocância)	
Cor	
Aparência	
Sabor	
Aceitação global	

DEMAIS ATRIBUTOS: Cor Aparência Sabor Aceitação global	9 gostei extremamente
	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 (detestei)

2- Assinale nas alternativas abaixo qual seria sua intenção de consumo para esta amostra de batatas fritas:

() Eu certamente consumiria esta amostra
 () Eu provavelmente consumiria esta amostra
 () Tenho dúvidas se consumiria ou não esta amostra
 () Eu provavelmente não consumiria esta amostra
 () Eu certamente não consumiria esta amostra

Tabela 1. Balanceamento das amostras de batatas fritas apresentadas aos consumidores.

Julgador	Apresentação
1	ABC
2	ACB
3	BAC
4	BCA
5	CAB
6	CBA

4.4 Análise estatística

Todas as análises físico-químicas e de compostos bioativos foram realizadas em triplicata. Tanto para a ANOVA paramétrica quanto para a ANOVA não paramétrica adotou-se nível de significância de 5%. Todas as análises foram feitas utilizando o software estatístico R.

4.4.1 Técnica de reamostragem *bootstrap* para construção de intervalos de confiança

A avaliação do impacto dos tempos nas substâncias analisadas foi realizada utilizando um modelo não-paramétrico, onde $y_i = f(x_i) + e_i$, sendo x_i os tempos, e_i os erros aleatórios, independentes e identicamente distribuídos com $E[e_i] = 0$ e $f(.)$ uma função qualquer estimada por meio de uma densidade Kernel, usando o estimador linear local.

O modelo não-paramétrico é um método robusto de modelagem, porém não tem interpretação das estimativas, pois não há nenhuma suposição de como as variáveis explicativas se relacionam com a variável resposta. Então esse modelo foi usado somente para verificar se o tempo impactou de alguma forma nas substâncias analisadas. Por meio dos gráficos foi analisada a forma de impacto do tempo (positiva, negativa ou sem impacto).

Para analisar se houve diferença significativa entre os quatro óleos (APC, APECC, GPC e OSC), foi utilizado o intervalo de confiança *bootstrap* (EFRON; TIBSHIRANI, 1993). Assim, quando a curva de um óleo esteve dentro do intervalo de confiança de outro pode-se dizer que ambos têm comportamento similar em relação àquela a substância naquele tempo (estatisticamente iguais).

O *bootstrap* é uma técnica de reamostragem utilizada quando a amostragem não é muito grande, como neste estudo. A reamostragem consiste em calcular estimativas a partir de repetidas amostragens dentro da mesma amostra. Para uma amostra de tamanho n , $x = (x_1, x_2, \dots, x_n)$ (amostra original) oriunda de uma distribuição qualquer com parâmetro θ , pode-se estimar o parâmetro utilizando a reamostragem. A reamostragem, nesse caso, retira amostras independentes da amostra original com reposição, sendo $\theta = s(x)$ o parâmetro de interesse. Então tem-se uma réplica *bootstrap* $\hat{\theta}_b^*$, onde $b = 1, \dots, B$.

O método para a construção dos intervalos de confiança bootstrap escolhido foi o BCa, definido da seguinte maneira:

$$IC[\theta, 95\%] = [\hat{\theta}_{(\alpha_1)}^*; \hat{\theta}_{(\alpha_2)}^*], \text{ em que}$$

$$\alpha_1 = \Phi\left(\hat{z}_0 + \frac{\hat{z}_0 + z(0,025)}{1 - \hat{a}(\hat{z}_0 + z(0,025))}\right); \alpha_2 = \Phi\left(\hat{z}_0 + \frac{\hat{z}_0 + z(0,975)}{1 - \hat{a}(\hat{z}_0 + z(0,975))}\right),$$

sendo $\Phi(\cdot)$ a função de distribuição normal padrão acumulada (para a variável gerada) e $z(\cdot)$ o percentual da distribuição normal padrão. Para calcular $\hat{a}$ e $\hat{z}_0$ utiliza-se as seguintes expressões:

$$\hat{z}_0 = \Phi^{-1}\left(\frac{\#\{\hat{\theta}^*(b) < \hat{\theta}\}}{B}\right); \hat{a} = \frac{\sum_{i=1}^n (\bar{\theta} - \hat{\theta}_i)^3}{6\{\sum_{i=1}^n (\bar{\theta} - \hat{\theta}_i)^2\}^{\frac{3}{2}}},$$

Em que $\hat{\theta}_i = S(x_i)$, com x_i sendo a amostra original sem o i-ésimo valor e $\bar{\theta} = \frac{\sum_{i=1}^n \hat{\theta}_i}{n}$

4.4.2 Método Kruskal-Wallis

Para fazer uma análise de variância (ANOVA) é necessário que se cumpram alguns requisitos. Dentre eles duas exigências são comumente adotadas. A primeira delas é que os erros tenham distribuição normal e a segunda é que a variância seja homogênea. Para testar a distribuição dos dados quanto à normalidade foi utilizado o teste de Shapiro-Wilk. Quando esses pressupostos foram satisfeitos utilizou-se esta análise seguida do teste de Tukey.

Entretanto, quando esses pressupostos não são satisfeitos o poder da ANOVA diminui bastante, ou seja, ela pode errar com probabilidade maior. Assim, quando esses pressupostos não foram satisfeitos, os dados deste experimento foram avaliados via estatística não-paramétrica.

Uma alternativa não paramétrica para a ANOVA é o teste Kruskal-Wallis. A única exigência deste teste é que a variável resposta seja contínua (como é o caso deste estudo). O teste Kruskal-Wallis consiste em atribuir postos para as observações de forma crescente, ou seja, o menor valor recebe 1, o seguinte recebe 2 e assim sucessivamente até que todos sejam considerados. Em caso de empate

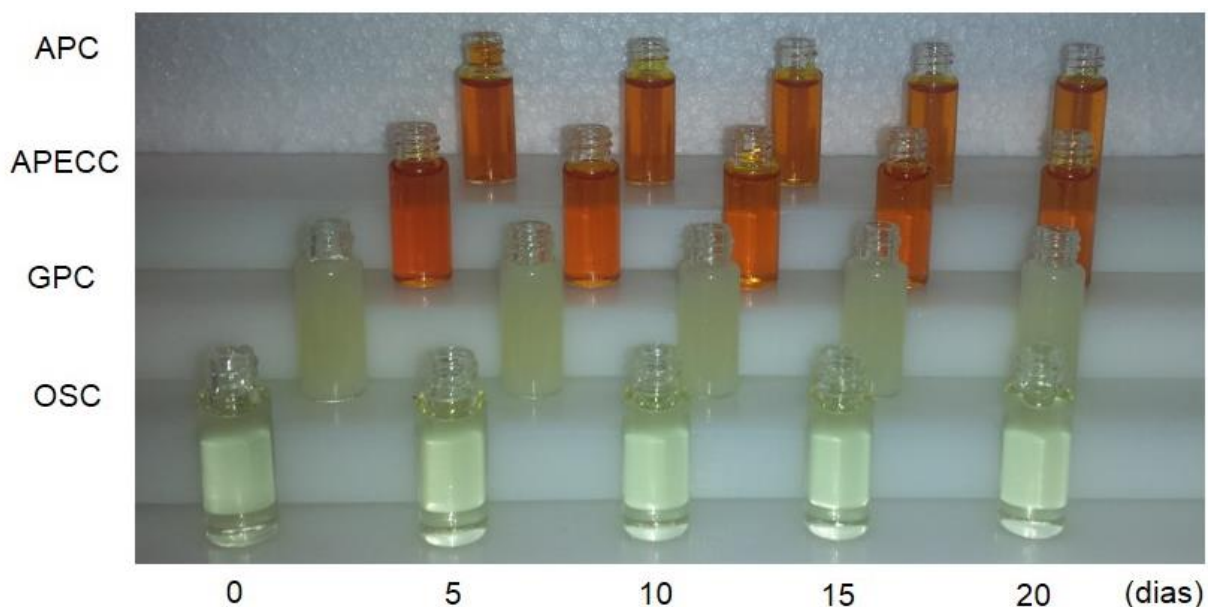
considera-se o valor médio das observações. Assim, realizou-se a comparação múltipla de médias seguindo o teste Kruskal-Wallis (ANOVA não paramétrica) (ZAR, 1998).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Teste acelerado em estufa

Depois de submeter os óleos ao teste acelerado em estufa a 60°C por 20 dias obteve-se as amostras que podem ser observadas na Figura 12. Os Apêndices 1, 2 e 3 apresentam as médias e as ANOVAs das análises físico-químicas e dos compostos bioativos do teste acelerado em estufa para os óleos e para os tempos.

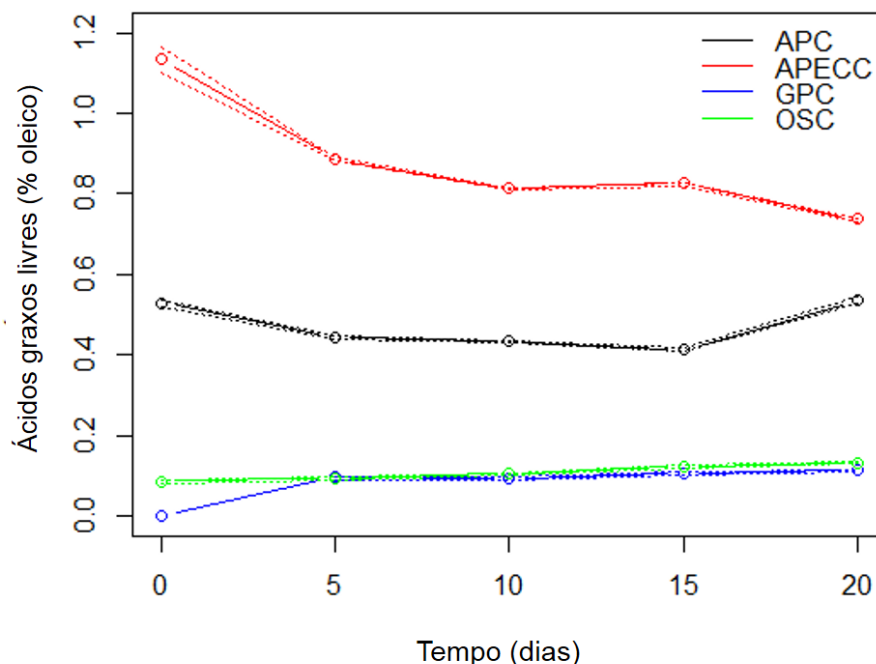
Figura 12. Amostras submetidas ao teste acelerado em estufa a 60°C/20 dias.



5.1.1 Análises físico-químicas

- Ácidos graxos livres

Durante o teste acelerado em estufa, o teor de ácidos graxos livres do APC oscilou nos diferentes tempos entre 0,41 e 0,54%, enquanto o teor de ácidos graxos livres do APECC diminuiu com o tempo de estocagem, passando de 1,13% no tempo 0 para 0,74% no tempo 20 dias. Nesse mesmo período, a GPC apresentou pequena elevação no teor de ácidos graxos livres e foi de 0 para 0,11%. O OSC também apresentou pequena elevação partindo de 0,09 e alcançando 0,13% de ácidos graxos livres (Figura 13).

Figura 13. Teor de ácidos graxos livres.

Sendo um produto de degradação hidrolítica dos triglicéridos, o teor de ácidos graxos é considerado um importante índice de qualidade para os óleos. O teor de ácidos graxos livres muitas vezes é estabelecido em regulamentos em muitos países e varia de acordo com o tipo de óleo e sua classe comercial (Official Journal of European Communities, 2003).

Para os óleos brutos, o *Codex Alimentarius* estabelece limite de até 2,0% de ácidos graxos livres expressos em ácido oleico (CODEX, 2009) e, assim, os azeites de pequi no tempo 0 apresentaram teores de ácidos graxos livres abaixo deste limite estabelecido. Por outro lado, a Resolução ANVISA RDC nº 270 de 22 de setembro de 2005 (ANVISA, 2005) e o *Codex Alimentarius* (CODEX, 2009) estabelecem limite de 0,3% em ácido oleico para os óleos refinados. Assim, no tempo inicial tanto a GPC quanto o OSC atendem o valor especificado por essas legislações. E mesmo depois dos 20 dias de estocagem, esses óleos continuam dentro dos limites estabelecidos.

No estudo da eficácia antioxidante de extratos da casca de mangostão no óleo de girassol durante estocagem acelerada por 24 dias comparado com antioxidante sintético BHA e com o antioxidante natural α -tocoferol, Chong et al. (2015) encontraram ampla variação no teor de ácidos graxos livres em todos os tratamentos. Neste estudo, o APC e o APECC também sofreram oscilação, tendo

seus teores de ácidos graxos livre reduzidos e depois aumentados, enquanto o OSC e a GPC apresentaram aumento do teor de ácidos graxos livres.

Paradiso et al. (2010) avaliaram o efeito da adição de 0,25; 0,5; 1 e 3% de ácidos graxos livres no processo oxidativo do azeite de oliva purificado em coluna cromatográfica a 60°C. Os resultados obtidos revelaram que houve aumento das formas oxidadas e de oligopolímeros polares de triacilgliceróis durante o período de oxidação. Baixas quantidades de ácidos graxos livres adicionadas causaram aumento dos níveis de triacilgliceróis oxidados e oligopolímeros de triacilgliceróis, apontando atividade pró-oxidante, enquanto a adição de maiores teores de ácidos graxos livres levou a menores quantidades de formas oxidadas dos triacilgliceróis no óleo purificado.

- Índice de peróxidos

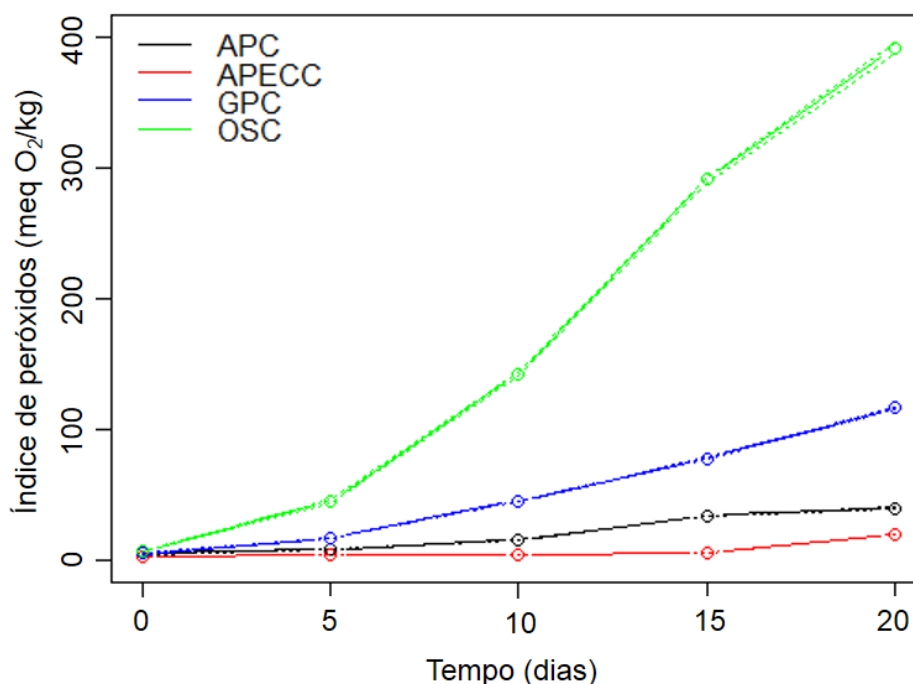
Para avaliar a oxidação inicial determinou-se o índice de peróxidos dos óleos submetidos ao teste acelerado em estufa (Figura 14). Inicialmente, todos os óleos apresentavam índices de peróxidos estatisticamente iguais e durante o período de estocagem houve elevação deste índice para todos os óleos. O aumento do índice de peróxidos é atribuído à formação de hidroperóxidos, que são produtos primários da oxidação. Os hidroperóxidos podem decompor-se em produtos secundários voláteis e não voláteis que deterioram a qualidade dos lipídios. O índice de peróxidos é, então, um indicador da fase inicial das modificações oxidativas (O'KEEFE; PIKE, 2010).

Tanto a legislação brasileira quanto o Codex Alimentarius (ANVISA, 2005; CODEX, 2009) estabelecem para óleos brutos limite de 15 meq O₂/kg. Assim, tanto o APC quanto o APECC apresentaram valores dentro dos limites legais. Considerando os limites estabelecidos por estas mesmas legislações para os óleos refinados, de 10 meq O₂/kg de óleo, a GPC e o OSC mostraram no tempo 0 valores abaixo do limite estabelecido pela legislação.

Durante o teste acelerado em estufa, o APC e o APECC apresentaram maior resistência à elevação do índice de peróxidos quando comparados com os valores obtidos para a GPC e o OSC. Estes azeites apresentaram índices de peróxidos estatisticamente iguais até o décimo dia de estocagem. A partir deste tempo, o índice de peróxidos do APC apresentou maior elevação do que o APECC, que

apresentou maior resistência ao processo de formação de compostos primários de oxidação quando comparado ao APC e essa diferença pode estar associada ao teor de carotenoides desses azeites (Figura 24). Com teor de carotenoides do APC menor que o do APECC, o APC foi mais suscetível às reações de alterações durante o teste acelerado em estufa (RODRIGUEZ-AMAYA, 2001).

Figura 14. Índice de peróxidos.



A GPC apesar de possuir no seu perfil de ácidos graxos grande quantidade de saturados, foi suscetível a formação de peróxidos. O processo de refinação, ao qual a GPC é submetida, remove os antioxidantes naturalmente presentes nessa gordura, como os carotenoides, tocoferóis e tocotrienóis, diminuindo sua resistência diante de processos de aquecimento (PRZYBYLSKI et al., 2005).

O aumento mais acentuado no índice de peróxidos dos óleos avaliados foi verificado no OSC. Este óleo possui grande quantidade de ácidos graxos poli-insaturados (principalmente oleico e linoleico), suscetíveis à oxidação. Além disso, o OSC passa por processo de refinação, removendo e/ou degradando seus antioxidantes naturais.

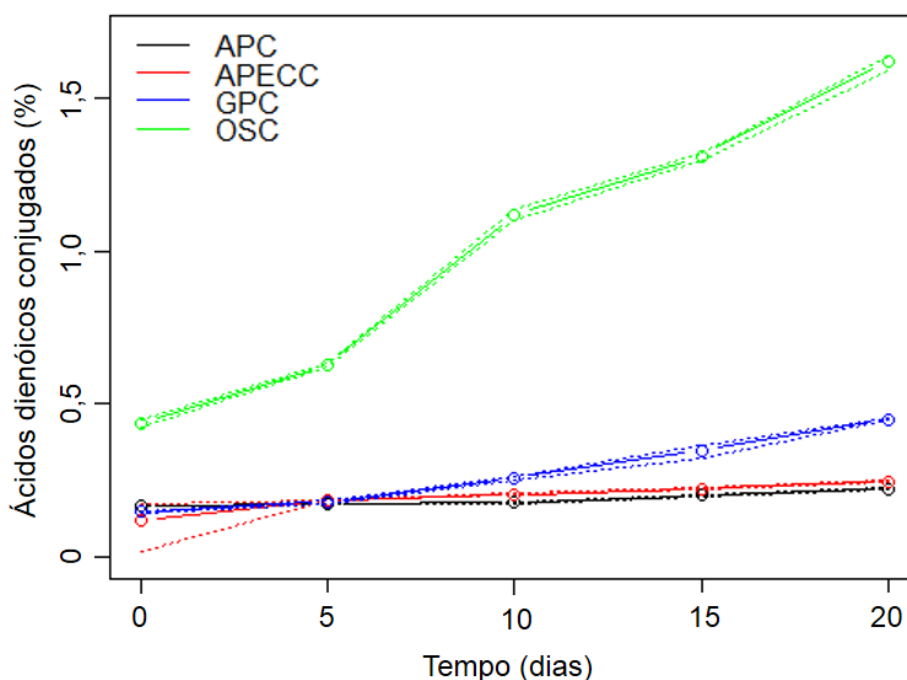
Ao estudar a eficácia antioxidante de extratos da casca de mangostão no óleo de girassol durante estocagem acelerada por 24 dias, Chong et al. (2015) verificaram que o índice de peróxidos do óleo de girassol adicionado de 100 e de

200 ppm de extrato de mangostão, aumentou com o passar do tempo, mas esse aumento foi consideravelmente inferior ao sofrido pelo óleo de girassol controle.

- Ácidos dienólicos conjugados

A formação de ácidos dienólicos conjugados foi avaliada nos óleos estudados (Figura 15). O APC e o APECC, em todo o período de estocagem, foram resistentes à formação de ácidos dienólicos conjugados e seus teores não ultrapassaram 0,25. Já, a GPC e o OSC sofreram aumento, sendo o do OSC de mais de 200% entre os tempos inicial e final.

Figura 15. Ácidos dienólicos conjugados.



Corroborando com os resultados dos demais indicadores de degradação, produtos primários e secundários de oxidação, o OSC foi o que apresentou a maior elevação no teor de ácidos dienólicos conjugados, atingindo índices elevados no tempo final também para ácidos graxos livres, índice de peróxidos e *p*-anisidina.

Avaliando o efeito da torrefação da noz na estabilidade de seu óleo bruto em teste acelerado em estufa (60°C/12 dias), Vaidya e Eun (2013) verificaram que os teores de ácidos dienólicos conjugados iniciais foram menores para o óleo da noz *in natura* e maiores para o óleo da noz torrada, 0,07 e 0,1%, respectivamente.

Entretanto, depois de dois dias houve uma inversão e ao final da estocagem o maior teor de ácidos dienólicos conjugados foi obtido para o óleo da noz *in natura* e o menor para o óleo da noz torrada, 0,59 e 0,48%, respectivamente, valores bem mais elevados que aqueles observados para os azeites de pequi depois de 20 dias de estocagem.

Ao avaliarem o efeito do extrato de resíduo de acerola no óleo de soja em teste acelerado em estufa (60°C/28 dias), Caetano et al. (2011) verificaram que tanto para o óleo de soja controle quanto para aquele adicionado do extrato hidroetanólico (200 ppm) houve aumento no teor de ácidos dienólicos conjugados, passando ambos de 0,25 para 2,0 e 1,5%, respectivamente. Esses valores podem ser comparados aos obtidos neste estudo para o OSC, que passou de 0,43 para 1,62% ao final de 20 dias.

Para o óleo de girassol e seus tratamentos adicionados de extrato de orégano (250, 500, e 1000 ppm) e de antioxidantes sintéticos (BHA e BHT, 200 ppm) em teste acelerado em estufa (65°C/14 dias), Iqbal e Bhanger (2007) verificaram que o óleo controle foi o que sofreu maior aumento no teor de ácidos dienólicos conjugados até 16 dias, quando esse teor começou a diminuir. De acordo com os autores, esse ponto de inflexão indica o início da degradação dos dienos. Já os óleos adicionados dos extratos e dos antioxidantes sintéticos tiveram comportamento semelhante ao longo do tempo, exceto aquele adicionado de 250 ppm de extrato, que apresentou um aumento maior quando comparado com os valores dos demais.

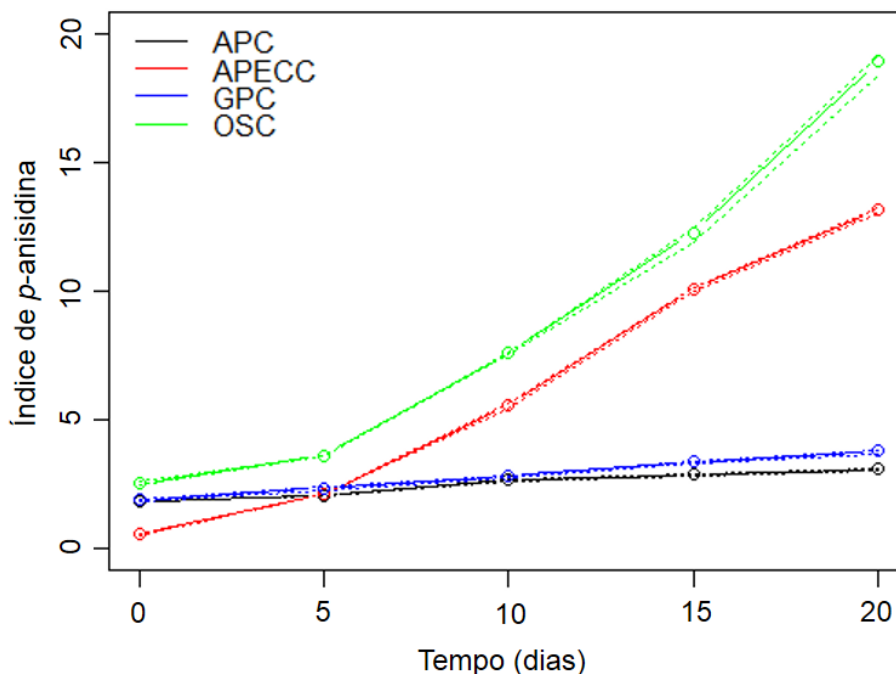
Já nos estudos de Lee e Choe (2012) sobre as alterações na oxidação de compostos aromáticos de óleo de gergelim torrado em teste acelerado em estufa durante quatro semanas, o teor de ácidos dienólicos conjugados passou de cerca de 0,37 para 0,45% ao final do período, aumento de 17%, resultado que pode ser comparado ao APC, cuja variação entre o tempo inicial e final de termoxidação foi de 25%.

- Índice de *p*-anisidina

Para avaliar os produtos secundários da oxidação, determinou-se o índice de *p*-anisidina dos óleos (Figura 16). Pode-se notar que o aumento da formação de compostos secundários no APC e na GPC foi baixo e que seus valores permaneceram similares ao longo de todo o teste acelerado em estufa,

corroborando com os resultados obtidos no índice de peróxidos (Figura 14), onde o APC apresentou baixos índices desses compostos.

Figura 16. Índice de *p*-anisidina.



Ao contrário do esperado, o APECC obteve elevado índice de *p*-anisidina ao final do teste acelerado em estufa. Embora esse azeite tenha apresentado baixo índice de peróxidos, a alta formação de compostos secundários mostra que os peróxidos formados nesse azeite foram mais instáveis e sofreram maior degradação.

Já a GPC, que apresentou índice de peróxidos 100 meq O₂/kg ao final de 20 dias de teste acelerado em estufa (Figura 14), não apresentou elevados índices de *p*-anisidina. Essa resistência da GPC ao longo da estocagem em relação à formação de compostos secundários pode estar relacionada com seu perfil de ácidos graxos, cuja característica é baixo teor de insaturados.

Dentre os óleos avaliados, o OSC apresentou o maior índice de *p*-anisidina ao final do teste acelerado em estufa. Esse valor possivelmente foi consequência da elevada formação de compostos primários de degradação, devido à alta reatividade das insaturações desse óleo com o oxigênio singlete (ZHANG et al., 2012).

Comparando o índice de *p*-anisidina do óleo de girassol com os tratamentos adicionados de 200 ppm de extrato da casca de mangostão e α -tocoferol, Chong et

al. (2015) verificaram que os óleos com adição de extrato foram mais resistentes ao aumento do índice de *p*-anisidina do que o óleo de girassol controle.

Zhang et al. (2010) estudaram a adição de ácido carnósico obtido do extrato de alecrim (24,9; 60,5 e 98,3%) e antioxidantes sintéticos (BHA, BHT e TBHQ, 200 ppm) no óleo de girassol sob teste acelerado em estufa (60°C/21 dias). Os resultados obtidos na análise de *p*-anisidina foram iguais para todos os tratamentos no tempo 0. Entretanto, depois de 21 dias de estocagem, o óleo de girassol controle apresentou índice de *p*-anisidina de 23, enquanto o tratamento com antioxidante sintético TBHQ foi o que apresentou menor índice, sete, seguido do tratamento com 98,3% de antioxidante natural, nove. Assim, o OSC ao final da estocagem apresentou índice de *p*-anisidina menor que o verificado por estes autores para o óleo de girassol controle.

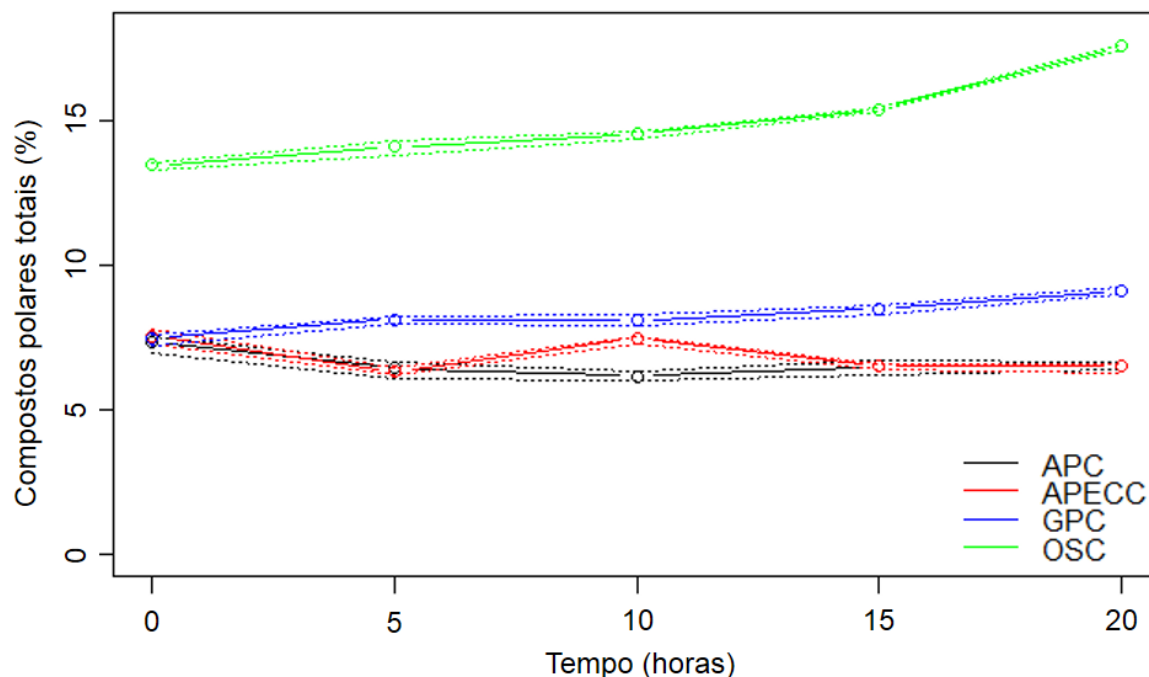
Ao identificar o final da vida de prateleira do óleo de girassol sob teste acelerado em estufa (40°C/12 semanas) utilizando avaliação sensorial em comparação com algumas medidas de rancidez, Makhoul; Ghaddar; Toufeili (2006) verificaram que no tempo 0 havia presença de poucos compostos secundários de oxidação, com índice de aproximadamente cinco e depois de 20 dias este índice havia apresentado aumento muito pequeno, chegando a seis, comportamento semelhante ao verificado neste estudo para o APC e a GPC. Entretanto, depois de 12 semanas de estocagem este índice aumentou muito, alcançando valor de aproximadamente 83.

- Compostos polares totais

A avaliação do teor de compostos polares totais (Figura 17) dos azeites de pequi mostrou, para ambos, valores semelhantes e pequena variação ao longo do teste acelerado em estufa. No tempo 0, a GPC também não diferiu estatisticamente dos valores obtidos para os azeites de pequi. O OSC, por sua vez, foi o que apresentou, desde o tempo 0, os maiores percentuais de compostos polares totais.

Os compostos polares totais têm polaridade maior que os triacilgliceróis e são resultantes de alterações térmicas, hidrolíticas e oxidativas (GHARACHORLOO et al., 2010). A fração polar é constituída, então, por moléculas resultantes de degradação e de decomposição da fração não-polar.

Figura 17. Teor de compostos polares totais.



Ao estudarem as alterações na oxidação de compostos aromáticos de óleo de gergelim torrado em teste acelerado em estufa durante quatro semanas, Lee e Choe (2012) verificaram que o percentual de compostos polares formados aumentou, passando de cerca de três para 6,5% ao final deste período. Os valores obtidos por estes autores foi semelhante ao obtido neste estudo tanto para o APC quanto para o APECC ao final do período de 20 dias.

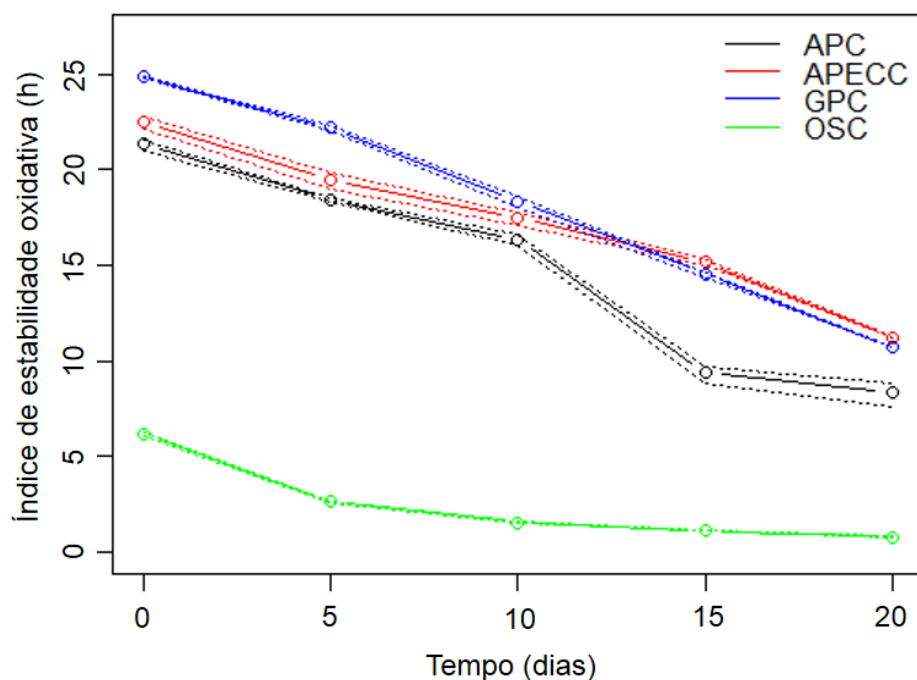
- Índice de estabilidade oxidativa

O índice de estabilidade oxidativa (Figura 18) dos azeites de pequi evidenciou boa estabilidade destes à oxidação lipídica, inicialmente, com tempos de indução de 21,50 h para o APC e 22,50 h para o APECC. Ao longo do período de estocagem, houve redução do tempo de indução para ambos, sendo que o APC sofreu um decréscimo mais intenso entre décimo e décimo quinto dias de estocagem.

Ao final do período de 20 dias, os azeites de pequi demonstraram períodos de indução de 9,50 h para o APC e 11,20 h para o APECC, os quais assemelham-se ao período de indução do azeite de oliva não aquecido, de 9,53 horas verificado nos estudos de Borges et al. (2017), que caracterizaram azeites de oliva produzidos em diferentes regiões do Brasil e da Espanha. Tais valores indicam que os azeites de

pequi avaliados são resistentes ao processo oxidativo, possivelmente devido à combinação do seu perfil de ácidos graxos e das substâncias bioativas naturalmente presentes em sua composição, que exercem proteção ao material lipídico contra as reações de oxidação.

Figura 18. Índice de estabilidade oxidativa.



Nos estudos de Hrncirik e Fritsche (2005) foram avaliados três azeites de oliva monovarietais sob teste acelerado em estufa (60°C/0-85 dias). O índice de estabilidade oxidativa dessas amostras foi avaliado a 100°C com fluxo de ar de 20 L/h e revelou que após 20 dias de estocagem o tempo de indução foi reduzido em 62, 50 e 31% para as variedades Koroneiki, Coratina e Picual, respectivamente. Assim como esses azeites de oliva, os azeites de pequi também não passaram por processo de refinação e seus valores de estabilidade oxidativa também foram reduzidos ao final do teste acelerado em estufa, sendo esta redução de 56% para o APC e de 50% para o APECC, resultados comparáveis aos obtidos por Hrncirik e Fritsche (2005) para a variedade Coratina.

Ao estudar a estabilidade de quatro azeites de oliva monovarietais virgens oriundos da Tunísia e o comportamento de seus antioxidantes naturais em condições estocagem acelerada (50°C/33 semanas) em recipientes abertos e fechados, Krichene et al. (2010) verificaram, no tempo 0 em recipientes abertos, que

a variedade Oueslati apresentou a menor taxa inicial de oxidação e consequentemente o maior período de indução, com 16 dias, quando comparado com os outros azeites estudados, sendo período de indução 12 dias para o Chétoui e por último 9 dias para as variedades El Hor e Chemlali. A maior estabilidade oxidativa obtida para esses azeites em comparação à dos azeites de pequi pode ser justificada pela maior quantidade de compostos fenólicos presentes no azeite de oliva e pela temperatura 10°C mais baixa utilizada durante a estocagem.

- Cor

Devido à diversidade de suas matérias-primas, mesmo no tempo 0 os óleos avaliados neste estudo já apresentavam cores distintas. Ao longo do teste acelerado em estufa pode-se verificar que ocorreram apenas pequenas alterações de cor, como pode ser observado nas Figuras 19, 20, 21, 22 e 23.

Figura 19. Visão geral das coordenadas de cor dos óleos: +a: avermelhado, -a: esverdeado, +b: amarelado, -b: azulado. Retas: pretas- APC, vermelhas- APECC, azuis- GPC e verdes- OSC.

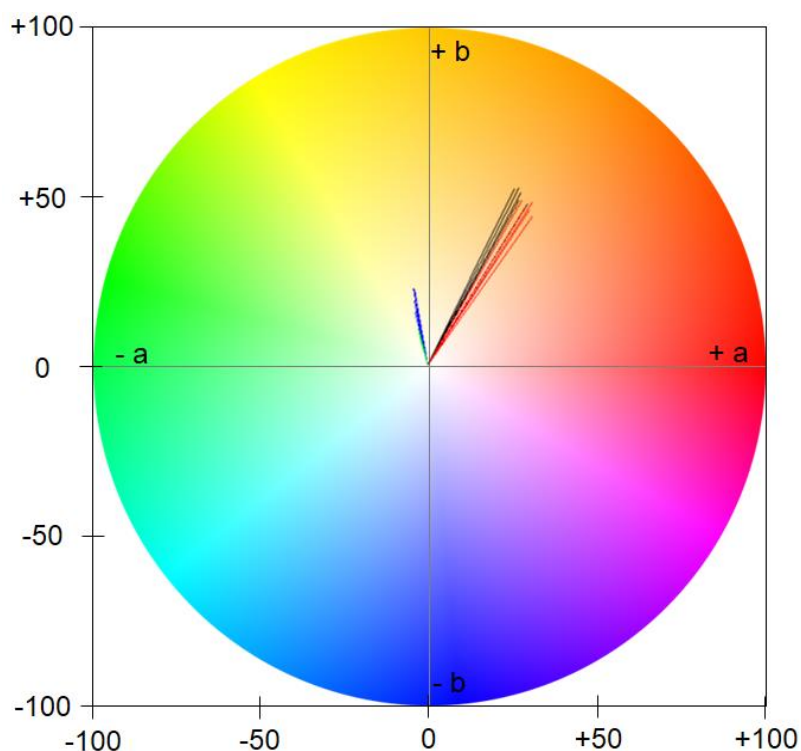
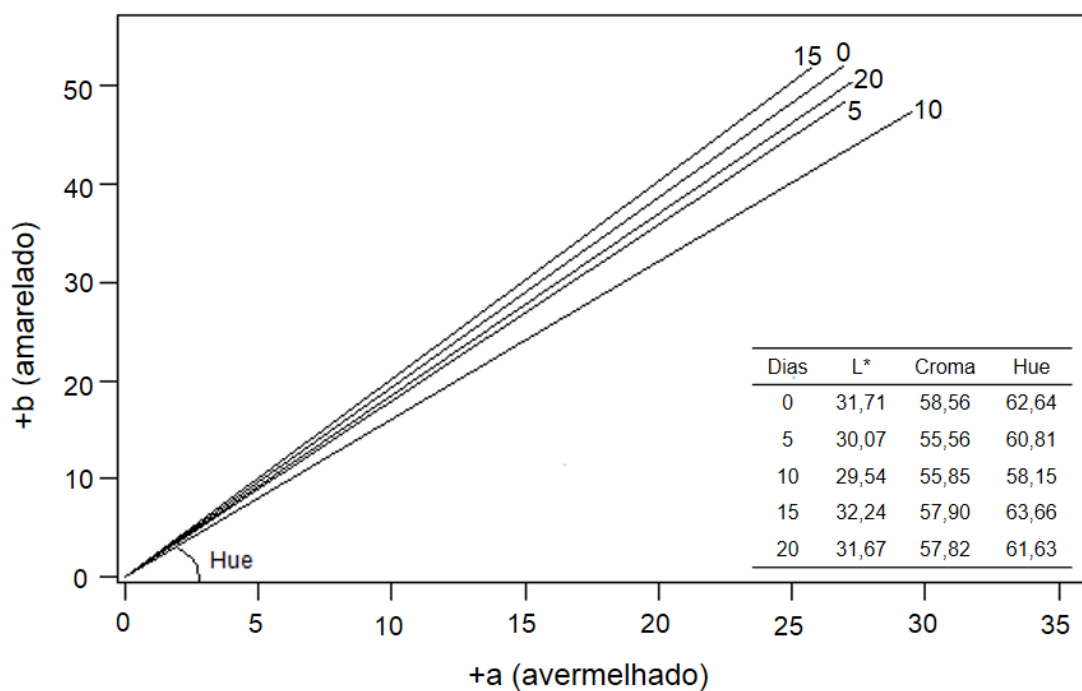
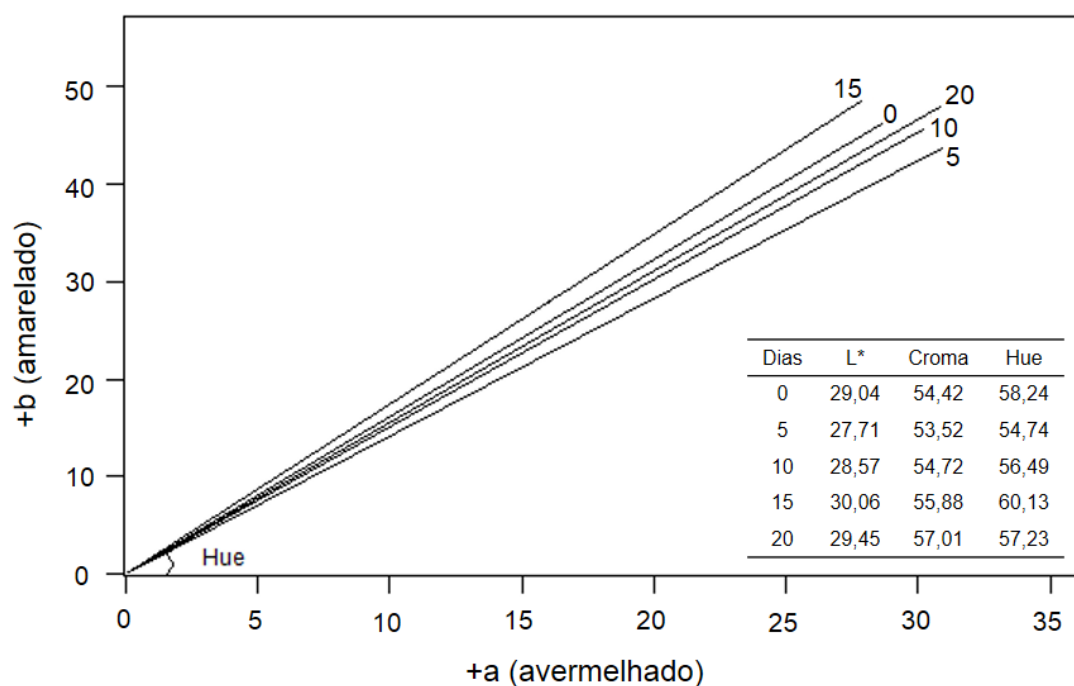
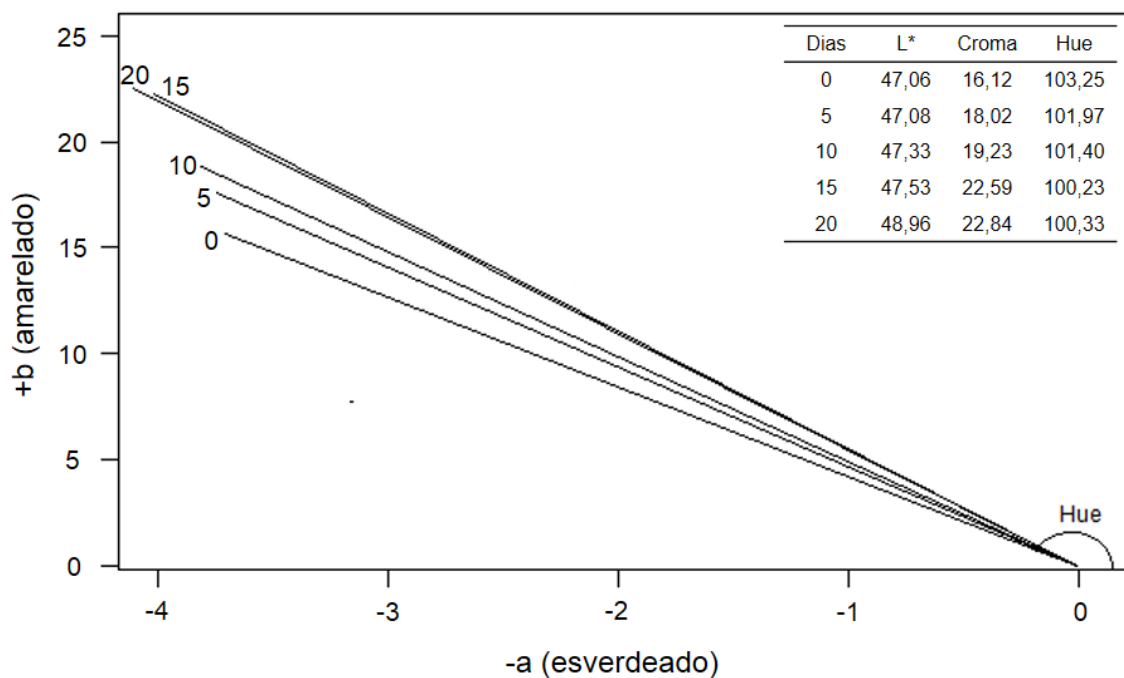
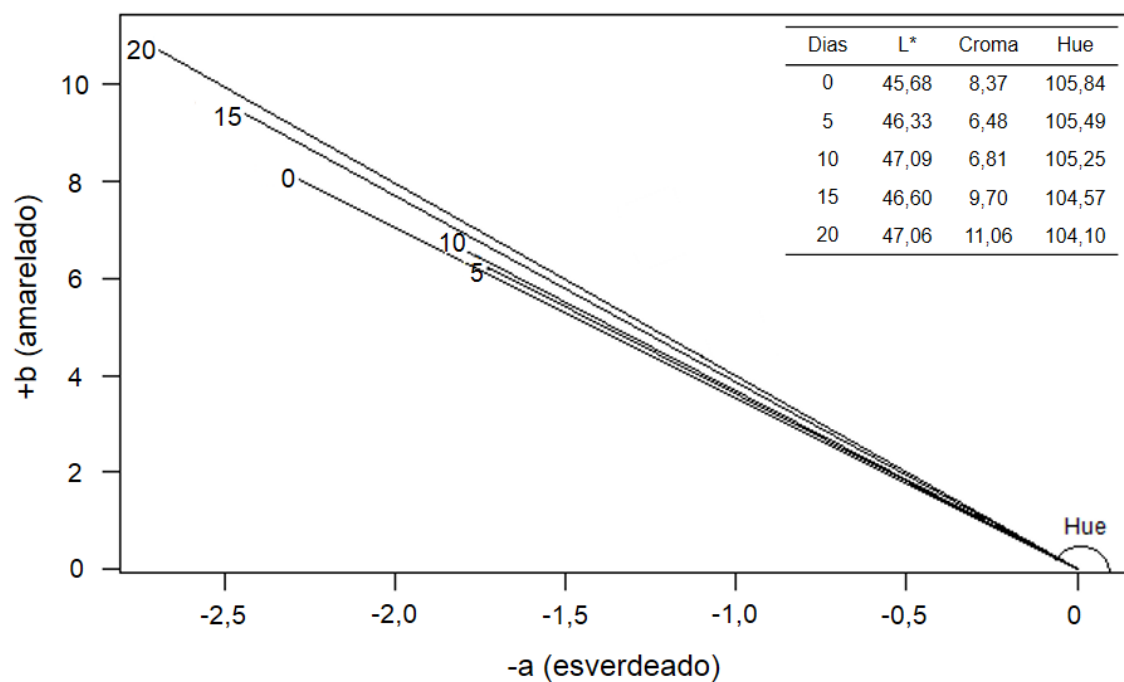


Figura 20. Coordenadas de cor do APC.**Figura 21.** Coordenadas de cor do APECC.

Para a GPC e o OSC, que passaram por refinação, visualmente não foi verificada diferença de cor entre os tempos iniciais e finais no teste acelerado em estufa e essa percepção foi validada na análise instrumental, conforme apresentado nas Figuras 22 e 23.

Figura 22. Coordenadas de cor da GPC.**Figura 23.** Coordenadas de cor do OSC.

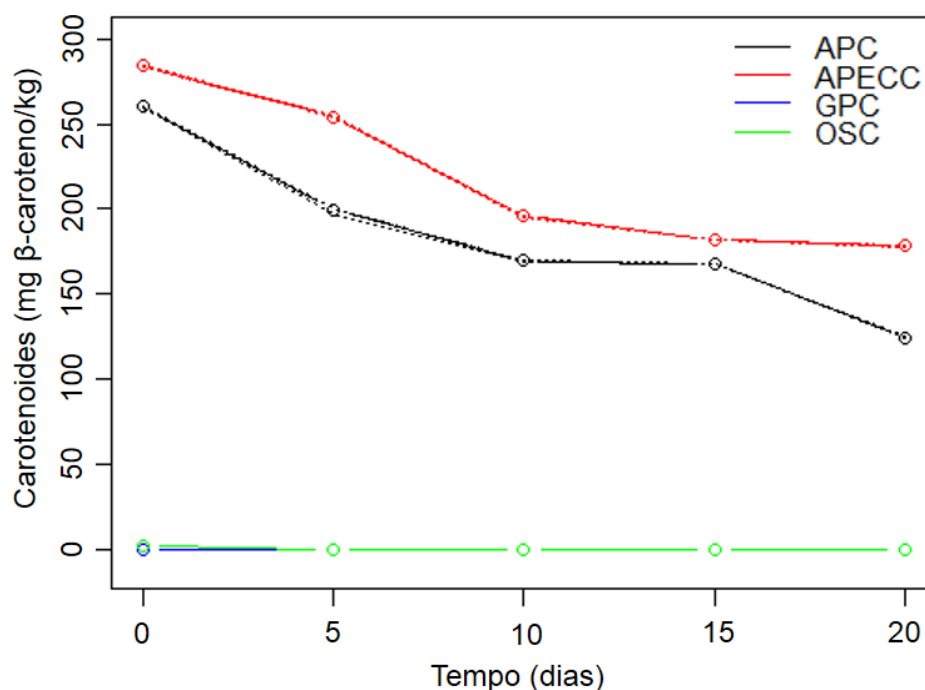
5.1.2 Análises de compostos bioativos

- Carotenoides

Apenas os azeites de pequi apresentaram elevados teores de carotenoides

totais (Figura 24). A GPC e o OSC, pelo fato de terem passado pelo processo de refinação, que degrada esses pigmentos, não possuíam carotenoides em sua composição e apresentaram teores de 2,36 mg/kg de β -caroteno e zero, respectivamente.

Figura 24. Carotenoides totais.



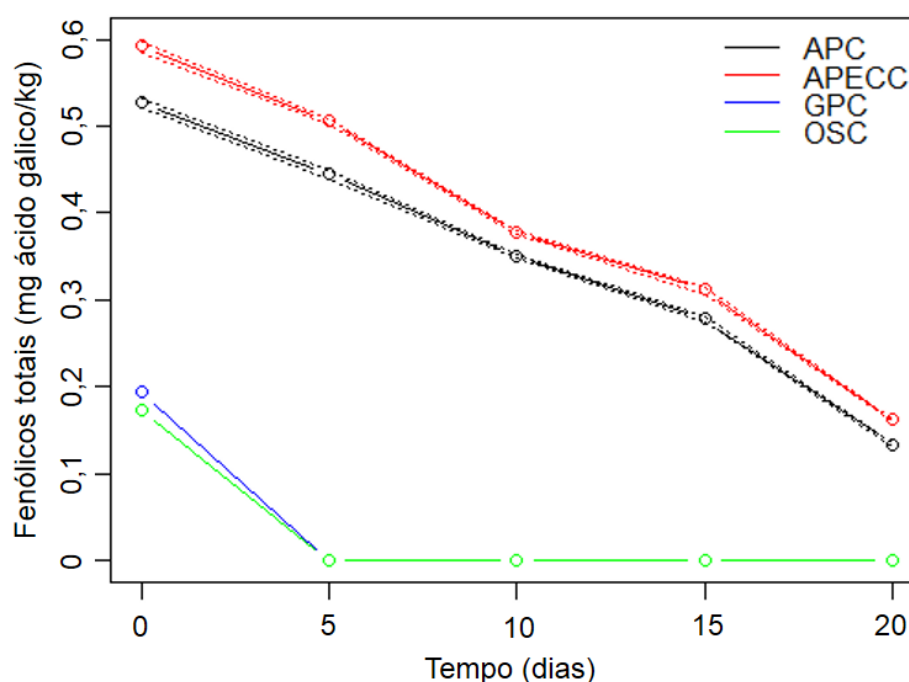
Houve redução no teor de carotenoides totais do APC e APECC durante o teste acelerado em estufa. O APECC apresentou teor inicial de carotenoides estatisticamente maior que o APC e essa diferença se manteve até o final da estocagem. A diferença no teor de carotenoides do APC e do APECC no tempo 0 pode estar relacionada à variação das condições edafoclimáticas, pois são frutos de origens distintas.

Szydłowska-Czerniak et al. (2011) comprovaram a redução do teor de carotenoides por meio do processo de refinação em estudo com óleo de palma. Na avaliação de dois processos de refinação física, um tradicional e um modificado, a degradação dos carotenoides totais foi de 43,8 para 0,30 e de 38,50 para 0,18 mg β -caroteno/100 g óleo, respectivamente.

- Compostos fenólicos totais

Na condição de tempo inicial foram encontrados no APC e no APECC baixas quantidades de compostos fenólicos totais, 0,53 e 0,59 mg ácido gálico/kg, respectivamente. Para a GPC e o OSC, mesmo no tempo 0, obteve-se quantidades ainda mais reduzidas de compostos fenólicos totais, 0,19 e 0,17 mg ácido gálico/kg, respectivamente (Figura 25).

Figura 25. Compostos fenólicos totais.



Apesar de serem óleos brutos, os azeites de pequi foram extraídos utilizando-se longos tempos de fervura em água. Como os compostos fenólicos são substâncias termossensíveis, ainda que estivessem presentes na polpa do pequi estes foram degradados durante o processo de extração (CHENG et al., 2014).

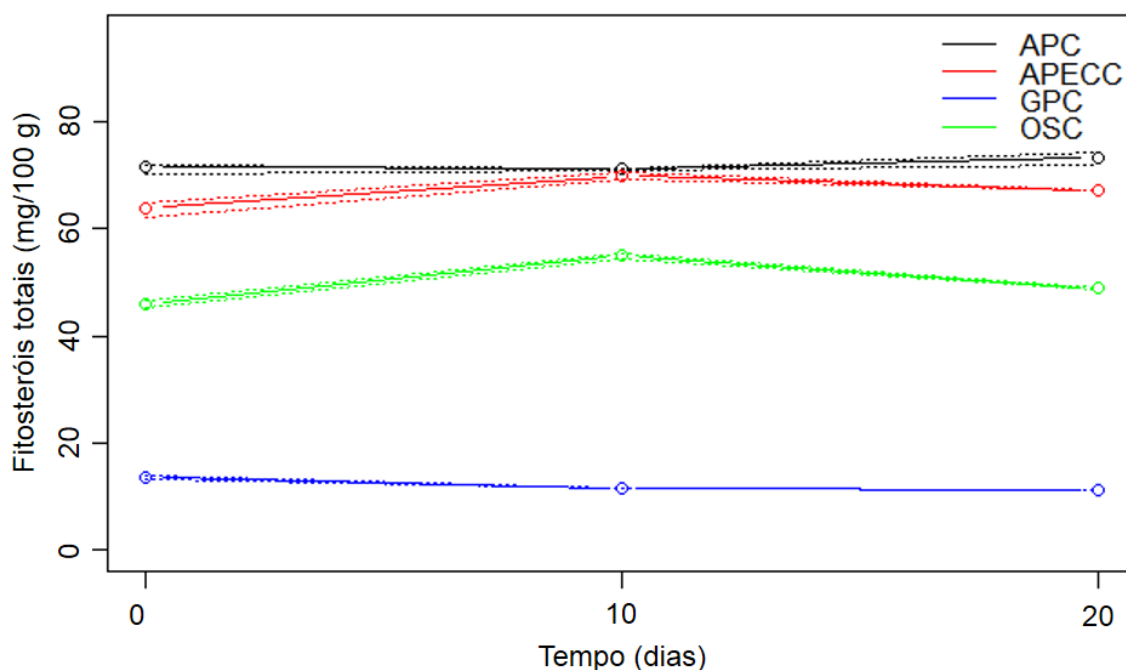
Já o baixo teor de compostos fenólicos totais encontrados na GPC e no OSC pode estar relacionado às perdas ocasionadas principalmente pela etapa de neutralização no processo de refinação (FARHOOSH; EINAFSHAR; SHARAYEI, 2009). Entre o início e o quinto dia de estocagem, os compostos fenólicos presentes nesses óleos foram totalmente degradados.

Baixas quantidades de compostos fenólicos totais são comuns em óleos vegetais, devido a sua polaridade, com exceção para o azeite de oliva, que é rico em compostos fenólicos, apresentando teores médios de cerca de 300 mg ácido gálico/kg, podendo, ainda, variar conforme as condições das azeitonas e do processo de extração, de 100 até 1.200 mg/kg de equivalente em ácido gálico de compostos fenólicos totais (DE LEONARDIS; MACCIOLA, 2012).

- Fitosteróis

Os resultados obtidos por meio desta análise encontram-se na Figura 26 e no Apêndice 4. Esses resultados foram avaliados por meio da análise de variância não paramétrica de Kruskal Wallys e estão apresentados nos Apêndices 5 e 6.

Figura 26. Fitosteróis totais.



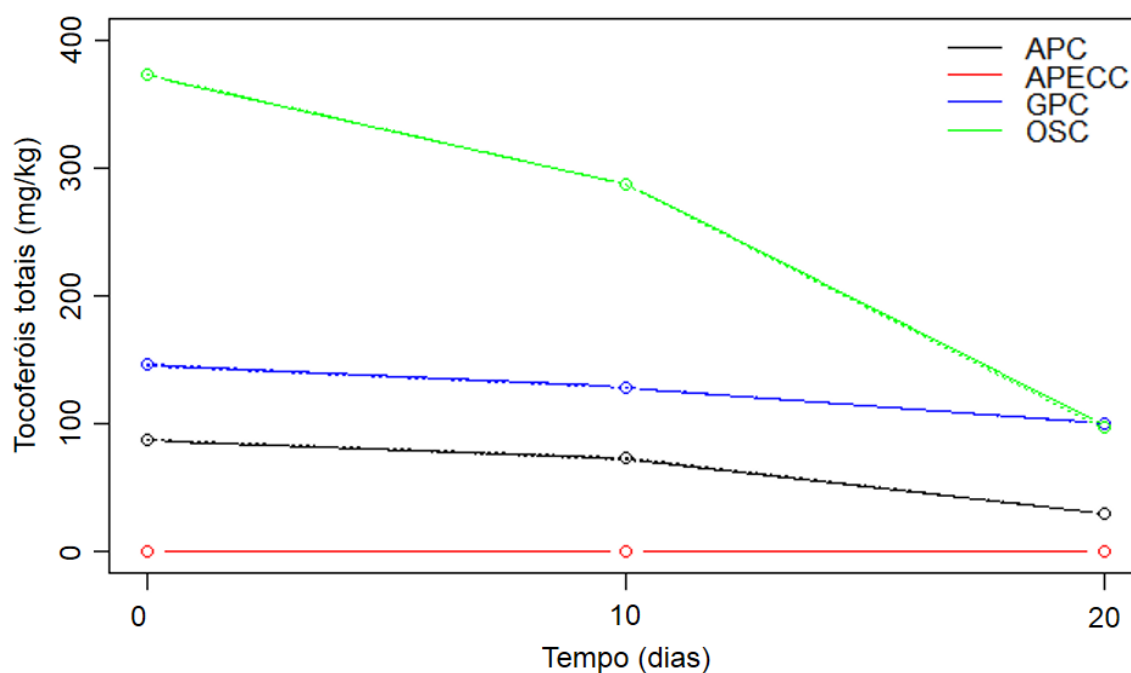
A análise da Figura 26 permite afirmar que os maiores teores de fitosteróis totais foram evidenciados para APC e APECC, com valores próximos, os quais se tornaram estatisticamente iguais no tempo 10 dias, e, ao final não houve redução significativa em relação aos valores iniciais. Já a GPC apresentou os menores teores de fitosteróis, não sofrendo diminuição significativa no final do processo de estocagem.

O APC e APECC evidenciaram conteúdos de β -sitosterol, estigmatanol e de fitosteróis totais estatisticamente semelhantes (Apêndices 5 e 6). Os azeites de pequi apresentaram ainda fitosteróis totais em quantidades superiores às encontradas na GPC e no OSC. O tempo de estocagem não alterou a composição dos isômeros de fitosteróis dos tratamentos avaliados (Apêndice 6).

- Tocoferóis

Não foram identificados em nenhum dos óleos estudados o isômero beta-tocol e o APECC não apresentou nenhum dos isômeros de tocoferol. A análise da Figura 27 e do Apêndice 7 permite pressupor que todos os óleos diferiram estatisticamente quanto aos tocoferóis totais. O APC continha, inicialmente, 87,16 mg/kg de tocoferóis totais e, ao final, este foi reduzido para 29,89 mg/kg de tocoferóis totais, com declínio mais acentuado entre o décimo e o vigésimo dias de estocagem. Verifica-se também pela Tabela 4, que OSC foi o que apresentou maiores quantidades de todos os isômeros e, conseqüentemente, maior teor de tocoferóis totais.

Figura 27. Tocoferóis totais.

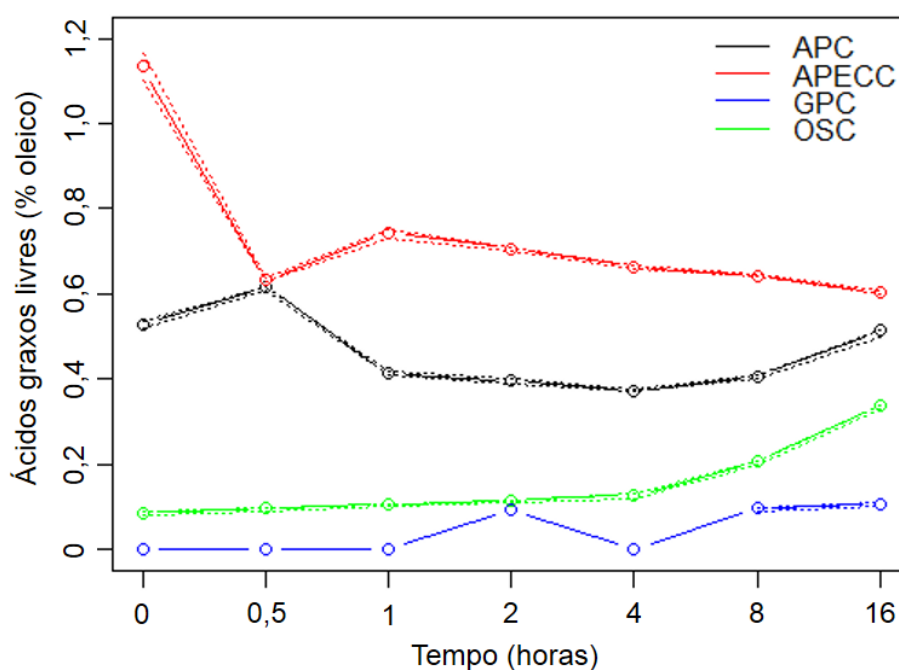


5.2.1 Análises físico-químicas

- Ácidos graxos livres

Óleos brutos, em geral, possuem teores de ácidos graxos livres elevados até passarem pelo processo de refino, quando estes são reduzidos. O *Codex Alimentarius* estabelece para óleos brutos o limite de até 2,0% de ácidos graxos livres expressos em ácido oleico (CODEX, 2009). Assim, tanto o APC quanto o APECC apresentaram no tempo 0 teores de ácidos graxos livres dentro desse limite (Figura 27). Já, para os óleos refinados, a Resolução ANVISA RDC nº 270 de 22 de setembro de 2005 (ANVISA, 2005) e o *Codex Alimentarius* (CODEX, 2009) estabelecem limite de 0,3% em ácido oleico e, nesse caso, tanto a GPC quanto o OSC também estão dentro do limite estabelecido (Figura 29).

Figura 29. Teor de ácidos graxos livres.



No caso do azeite de oliva virgem, que não passa pelo processo de refinação, é possível alcançar baixos teores de ácidos graxos livres se a colheita do fruto e o processamento ocorrerem de acordo com parâmetros que inviabilizem a formação de ácidos graxos livres. Se o azeite inicialmente obtido apresentar altos teores de ácidos graxos livres, isso pode estar associado a três principais causas: anomalias

no processo de biossíntese durante o crescimento do fruto; atividade microbiana depois que o fruto cai no chão e sofre lesões associadas a fatores ambientais durante a colheita e/ou durante longos períodos de armazenamento e, por último, devido às variáveis de processo utilizadas durante a extração do azeite (BOSKOU, 1996). No caso do azeite de pequi, os pirênios, de onde é extraído o azeite, estão protegidos pelo exocarpo e mesocarpo externo (casca e polpa branca, respectivamente). Os pirênios praticamente não sofrem com injúrias na colheita e armazenamento, o que pode explicar os baixos teores de ácidos graxos livres do azeite de pequi quando comparado com outros óleos brutos. Já, a GPC e OSC passam pela etapa de refinação no processo de produção e isso justifica menores teores de ácidos graxos livres no tempo 0, pois uma das funções da refinação é eliminar ácidos graxos livres dos óleos.

Mimura et al. (2016) avaliaram o teor de ácidos graxos livres de quatro amostras de azeite de pequi usando sistema de eletroforese capilar, sendo duas delas de azeite de pequi bruto. Para esses azeites, os autores encontraram 4,18 e 2,14% de ácidos graxos livres. Esses resultados superaram os teores de ácidos graxos livres obtidos para o APC e o APECC no tempo 0 neste estudo.

Depois de submetidos ao aquecimento, pode-se observar que o teor de ácidos graxos livres do OSC aumentou durante todo o período de aquecimento, enquanto o teor de ácidos graxos livres dos demais óleos sofreu variações. O aumento no teor de ácidos graxos livres ao longo do período de aquecimento pode ser explicado pelas reações de oxidação e hidrólise sofridas pelos triacilgliceróis. Nos tempos em que houve redução ou que não ocorreu considerável formação de ácidos graxos livres devido à oxidação ou hidrólise induzida pelo calor, essa redução provavelmente decorreu da volatilização desses ácidos graxos durante o aquecimento, bloqueando funções ácidas (NDJOUENKEU; NGASSOUM, 2002).

Apesar do aquecimento conduzir à hidrólise dos triacilgliceróis, esta reação possivelmente não foi suficiente para compensar ou mesmo aumentar as funções ácidas bloqueadas pela polimerização ou volatilização em determinados períodos de tempo. Quando o teor de ácidos graxos livres volta a aumentar, pode ser devido à finalização da polimerização e da volatilização de alguns ácidos graxos livres e início da considerável formação desses compostos, devido à oxidação ou hidrólise. Nessas reações, as ligações ésteres dos triacilgliceróis são quebradas e, assim, os

ácidos graxos são liberados de sua ligação com a molécula de glicerol (O'BRIEN, 2002).

Assim como neste estudo, Ndjouenkeu e Ngassoum (2002) ao comparar o óleo da semente de manga silvestre com quatro óleos comerciais derivados de palma em aquecimento (13 h/180°C), também observaram oscilações no teor de ácidos graxos livres ao longo da termoxidação. O teor de ácidos graxos livres do óleo de manga silvestre diminuiu até 7 horas e depois voltou a aumentar. Já o óleo de palma bruto teve o teor de ácidos graxos livres diminuído em uma hora, aumentado em 4 horas e depois diminuído em 7 horas. Efeito semelhante pode ser observado ainda para o óleo derivado de palma denominado estearina, cujos ácidos graxos livres aumentaram em uma hora, diminuíram em 4 horas e aumentaram em 7 horas.

Em estudo de aquecimento de óleo de soja e de gordura vegetal hidrogenada (180°C/72 h), Mogharbel e Freitas (2003) encontraram para o teor de ácidos graxos livres aumento até 36 horas e depois diminuição até o tempo final de aquecimento.

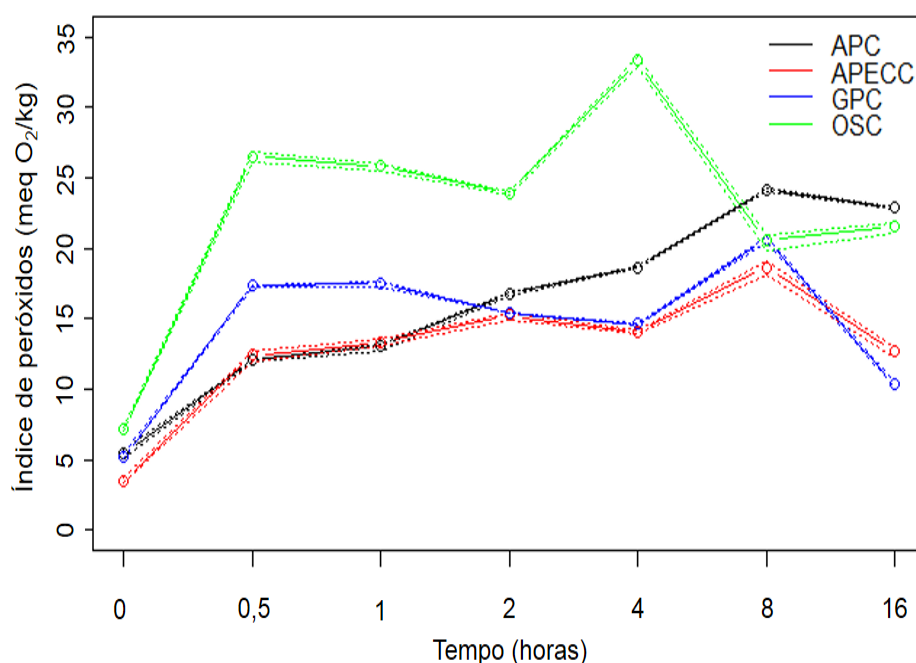
Freitas et al. (2009), em estudo sobre a influência de recipiente de diferentes materiais na qualidade dos óleos refinados de soja e de andiroba aquecidos em temperatura de fritura (180°C/72 h), observaram que o teor de ácidos graxos livres do óleo de andiroba nos recipientes de vidro e alumínio diminuiu a partir de 8 horas e nos recipientes de ferro e aço inoxidável diminuiu a partir de 24 horas. Essas diminuições indicam que houve maior volatilização dos ácidos graxos do que formação.

O teor de ácidos graxos livres é uma determinação que tem sido usada como um dos parâmetros de qualidade de óleos submetidos ao aquecimento e/ou processo de fritura, pois quantifica os compostos resultantes da hidrólise dos triacilgliceróis pela hidrólise, bem como os compostos formados durante as reações oxidativas (AKOH; MIN, 2002; CHOE; MIN, 2005; BELCUORE, 2007). Assim, o APC e o APECC ao longo de 16 horas de termoxidação apresentaram boa estabilidade em relação ao teor de ácidos graxos livres, uma vez que esse teor ficou abaixo de 1%.

- Índice de peróxidos

Ao longo das 16 horas de termoxidação, todos os óleos estudados apresentaram variações no índice de peróxidos (Figura 30). No tempo 0, tanto o APC quanto o APECC estavam dentro do limite estabelecido para óleos brutos, que é de 15 meq O₂/kg tanto pela legislação brasileira (ANVISA, 2005) quanto pelo *Codex Alimentarius* (CODEX, 2009). Essas mesmas legislações estabelecem para os óleos refinados limite de 10 meq O₂/kg e, assim, a GPC e OSC também encontram-se dentro do limite estabelecido.

Figura 30. Índice de peróxidos.



Nos óleos e gorduras, o índice de peróxidos está relacionado com a degradação oxidativa. Este índice é um indicador sensível do estágio inicial da oxidação e a presença de peróxidos indica que alterações de sabor e aroma, em função de sua instabilidade, podem acontecer. A avaliação deste parâmetro de oxidação representa a diferença entre a formação e a decomposição de peróxidos, pois quando sua concentração atinge certo nível, mudanças complexas ocorrem, formando compostos de baixo peso molecular, oriundos de sua degradação (REGITANO-D'ARCE, 2006).

Rady e Madkour (1995), assim como neste estudo, encontraram variação no índice de peróxidos ao estudar oleína de palma duplamente fracionada, submetida a aquecimento em temperatura de fritura (180°C/60 h), quando observaram que o índice de peróxidos aumentou até 16 horas de aquecimento, diminuindo em seguida até 44 horas e estabilizando depois até 60 horas de aquecimento.

No estudo de comparação entre o óleo da semente de manga silvestre e quatro óleos comerciais derivados de palma em aquecimento (180°C/13 h), Ndjouenkeu e Ngassoum (2002) observaram que o índice de peróxidos do óleo “Mula Palm” oscilou, pois diminuiu drasticamente na primeira hora de aquecimento, subiu um pouco até 7 horas e depois de 10 horas voltou a cair.

Estudando a correlação entre carotenoides (β -caroteno e astaxantina) e triacilgliceróis durante a oxidação do azeite de oliva refinado (110°C/14 h), Zeb e Murkovic (2011) observaram que o índice de peróxidos se manteve praticamente estável durante as 10 primeiras horas de aquecimento tanto para o azeite controle quanto para os azeites com adição dos carotenoides. Após este período houve aumento no índice de peróxidos, cuja maior média foi verificada no azeite adicionado de β -caroteno.

Variações no índice de peróxidos ao longo do aquecimento de óleos estão relacionadas com a susceptibilidade à oxidação dos ácidos graxos e aos antioxidantes presentes na amostra em análise. Entretanto, os peróxidos são compostos químicos transientes e, apesar de ser um parâmetro de qualidade obrigatório para óleos e gorduras, o índice de peróxidos nem sempre está relacionado com a oxidação da amostra, principalmente se foram aquecidas, pois podem se decompor (CASAL et al., 2010).

Geralmente, o índice de peróxidos aumenta na fase inicial de aquecimento e na sequência diminui, visto que os hidroperóxidos tendem a se decompor a 180°C em produtos secundários de oxidação (LAZOS; TSAKNIS; BANTE, 1995). Entretanto, Akoh e Min (2002) relataram ser preciso cautela ao usar o índice de peróxidos como uma medida em óleos aquecidos, visto que os peróxidos são instáveis em temperaturas ao redor de 180°C, podendo se decompor ou volatilizar, mascarando o resultado obtido.

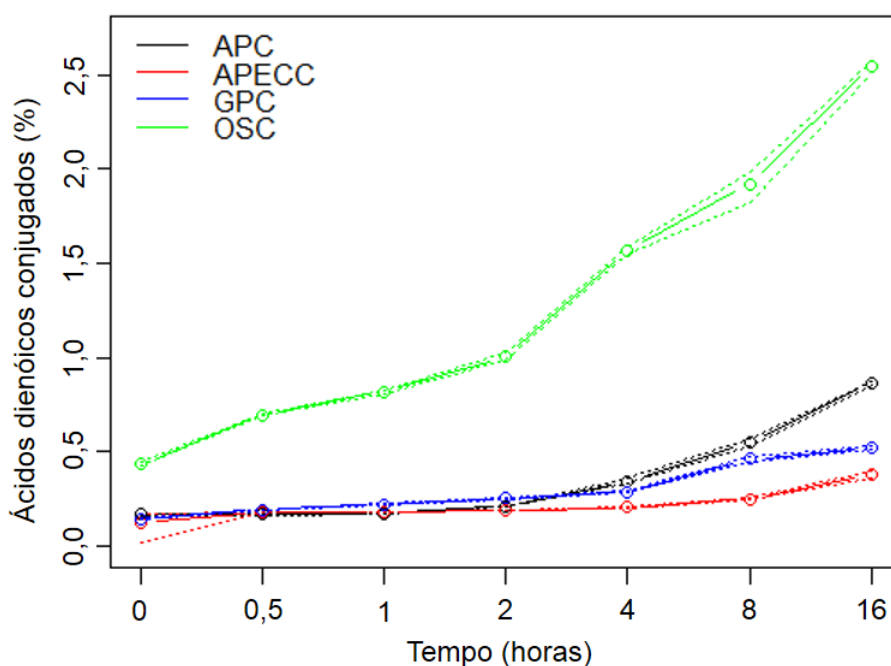
O índice de peróxidos obtido neste experimento ao final das 16 horas de aquecimento para os azeites de pequi é semelhante ao obtido para os demais óleos estudados, indicando que mesmo sem passar pelo processo de refinação como os

outros óleos, o azeite de pequi foi bastante resistente à formação dos peróxidos no processo de termoxidação.

- Ácidos dienólicos conjugados

Todos os óleos submetidos à termoxidação neste estudo apresentaram aumento no teor de ácidos dienólicos conjugados ao longo do aquecimento (Figura 31). Pode-se destacar o aumento observado para o OSC, que foi bastante superior ao dos demais óleos. Esse aumento é devido aos ácidos graxos poli-insaturados encontrados em grande quantidade no OSC, o que não acontece nos demais óleos estudados (KIM et al., 2013).

Figura 31. Ácidos dienólicos conjugados.



O índice de peróxidos e os ácidos dienólicos conjugados podem medir produtos primários de oxidação em lipídios com mais precisão do que os produtos secundários de oxidação devido à decomposição dos hidroperóxidos e dienos conjugados, quando acontecem períodos prolongados de oxidação (LEE et al., 2007). Assim, há correlação entre o índice de peróxidos e os ácidos dienólicos conjugados, mas a análise de ácidos dienólicos conjugados oferece vantagens, como menor uso de reagentes químicos, não depende de nenhuma reação química

e usa pequena quantidade de amostra sendo, então, simples e rápida. Ao contrário dos peróxidos que são muito instáveis em temperaturas elevadas, os ácidos dienólicos conjugados são indicados para medir o progresso da oxidação em lipídios submetidos à fritura, pois se formam e se acumulam em óleos contendo grandes quantidades de ácidos graxos poli-insaturados (BACHARI-SALEH et al., 2013).

Luzia e Jorge (2009) ao estudarem a ação antioxidante do extrato de sementes de limão, TBHQ e misturas desses antioxidantes adicionados ao óleo de soja submetido à termoxidação ($180 \pm 5^\circ\text{C}$), encontraram ao final de 15 horas de aquecimento teor de ácidos dienólicos conjugados para o óleo de soja de 2,19%, valor semelhante ao obtido nesse estudo ao final de 16 horas (2,55%). Os demais óleos estudados pelos autores, mesmo adicionados de antioxidantes, formaram mais ácidos dienólicos conjugados que o APC e o APECC avaliados neste estudo.

Ao estudarem a formação de ácidos dienólicos conjugados nos óleo de soja e banha de porco termoxidados a 180°C , Kim et al. (2013) encontraram no tempo 0 valores em torno de 0,3% para ambas as amostras testadas e depois de 16 horas de aquecimento os valores encontrados foram aproximadamente 1,5% para a banha de porco e 3,3% para o óleo de soja, valor superior ao encontrado neste estudo para o OSC de 2,55%.

Na avaliação da atividade antioxidante do extrato de gengibre em óleo de soja submetido à termoxidação, Jorge e Andreo (2013) submeteram a 180°C durante 20 horas de aquecimento amostras de óleo de soja, óleo de soja com extrato de gengibre, óleo de soja com TBHQ e óleo de soja com mistura de extrato de gengibre e TBHQ e obtiveram ao final do tempo de aquecimento teores de ácidos dienólicos conjugados de 2,47; 1,33; 2,31 e 2,07%, respectivamente, valores semelhantes aos do OSC avaliado neste estudo.

Estudando óleo de soja refinado e óleo de soja refinado adicionado de extrato de alecrim submetidos a aquecimento descontínuo por 30 horas a 180°C , Coimbra et al. (2007) verificaram que o teor de ácidos dienólicos conjugados passou de 0,3 e 0,28% no tempo 0 para 4,19 e 3,77% em 30 horas para o óleo de soja e óleo de soja adicionado de extrato de alecrim, respectivamente.

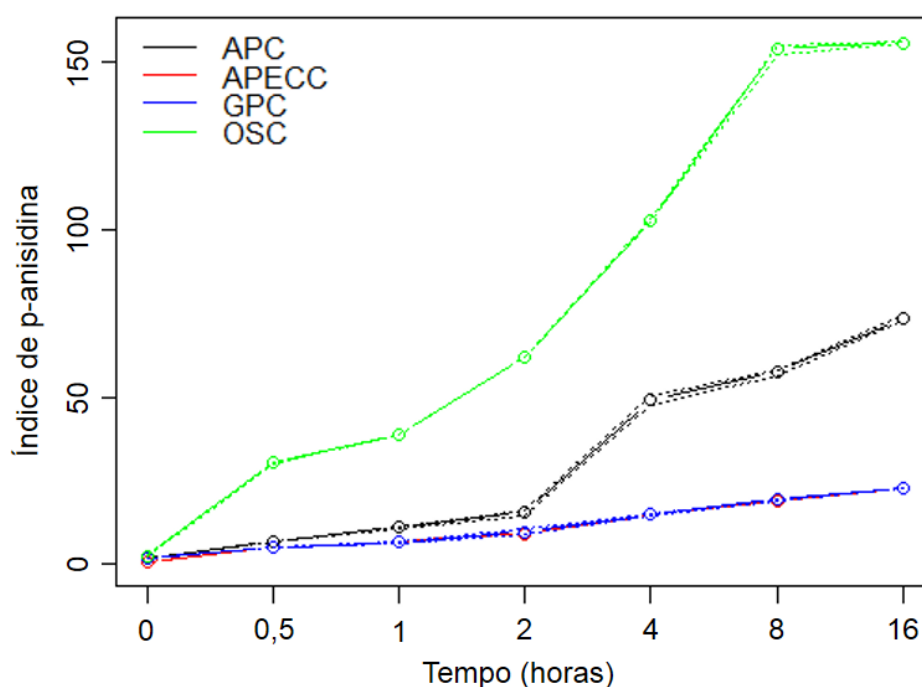
Assim, pode-se observar que há grande formação de ácidos dienólicos conjugados nas amostras de OSC, uma vez que este contém grande quantidade de ácidos graxos poli-insaturados. O APC, APECC e a GPC, por terem menores quantidades de ácidos graxos poli-insaturados apresentam maior resistência à

formação dos ácidos dienóicos conjugados, minimizando as alterações primárias da oxidação lipídica.

- Índice de *p*-anisidina

A análise de *p*-anisidina revelou que no tempo 0 todos os óleos estudados apresentavam valores bastante baixos e que no decorrer da termoxidação todos os óleos tiveram aumento nesse índice (Figura 32). O aumento observado nesses óleos é explicado pela baixa estabilidade dos produtos primários de oxidação em altas temperaturas, que se decompõem e formam produtos secundários de oxidação, incluindo aldeídos e cetonas (MALHEIRO et al., 2013).

Figura 32. Índice de *p*-anisidina.



A determinação do índice de *p*-anisidina permite avaliar o avanço da oxidação em óleos e gorduras. É uma estimativa dos produtos secundários da oxidação dos ácidos graxos insaturados, principalmente dienos conjugados e 2-alquenais. Assim, esse teste é particularmente utilizado em óleos aquecidos que já estão com baixo índice de peróxidos e para avaliar a qualidade de óleos altamente insaturados (ROSSELL, 1994).

De acordo com os resultados obtidos, o APC e o APECC foram mais resistentes e tiveram ao final das 16 horas índices de *p*-anisidina inferiores aos alcançados pelo OSC (Figura 32). Na legislação brasileira não há limites legais para o índice de *p*-anisidina para óleos brutos. Para óleos refinados há uma indicação de que índices abaixo de 10 permitem considerar esses óleos como de boa qualidade (HAMILTON et al., 1983).

Ao aquecer óleo de soja e óleo de soja aromatizado com alecrim e tomilho em fritadeira elétrica (180°C/18 h), Saoudi et al. (2016) observaram que entre 0 e 18 horas de aquecimento esses três óleos aumentaram o índice de *p*-anisidina. O óleo de soja controle (não-aromatizado) foi o que apresentou maior elevação deste índice, passando de 4,38 para aproximadamente 150, comportamento semelhante ao encontrado neste estudo também para o OSC no tempo 16 horas de aquecimento. Já nos óleos aromatizados, a elevação do índice de *p*-anisidina foi menor, alcançando valores em torno de 70, valor que neste estudo foi obtido para o azeite de pequi depois 16 horas de aquecimento.

No aquecimento do azeite de oliva (180°C/20 h), Labrinea, Thomaidis e Georgiou (2001) obtiveram índices de *p*-anisidina de aproximadamente 90 e 140 para os tempos 10 e 20 horas, respectivamente, valores muito superiores aos obtidos para APC e APECC ao final das 16 horas de aquecimento.

Em estudo do aquecimento de diferentes óleos (170°C/8 h), Papastergiadis et al. (2014) obtiveram ao final do período de aquecimento o maior índice de *p*-anisidina para o óleo de girassol, aproximadamente 95, e o menor índice de *p*-anisidina para o óleo de palma, aproximadamente 20, valor semelhante ao obtido neste estudo para a GPC neste mesmo período de aquecimento. Quando comparado com o óleo de girassol, o OSC avaliado neste estudo foi menos resistente e em quatro horas já havia alcançado índice de *p*-anisidina semelhante ao obtido para o óleo de girassol em oito horas de aquecimento. Para a GPC observou-se comportamento semelhante ao óleo de palma depois de 8 horas de aquecimento obtendo índice de *p*-anisidina de aproximadamente 20.

Entretanto, Rossell (1994) alerta que as melhores comparações do índice de *p*-anisidina são entre o mesmo tipo de óleo uma vez que, como os desvios máximos de absorbância em relação a comprimentos de onda mais longos aumentam com a instauração e como a intensidade da cor é maior com os dienos conjugados do que com os 2-alquenais, a absorção máxima varia de óleo para óleo. Apesar da baixa

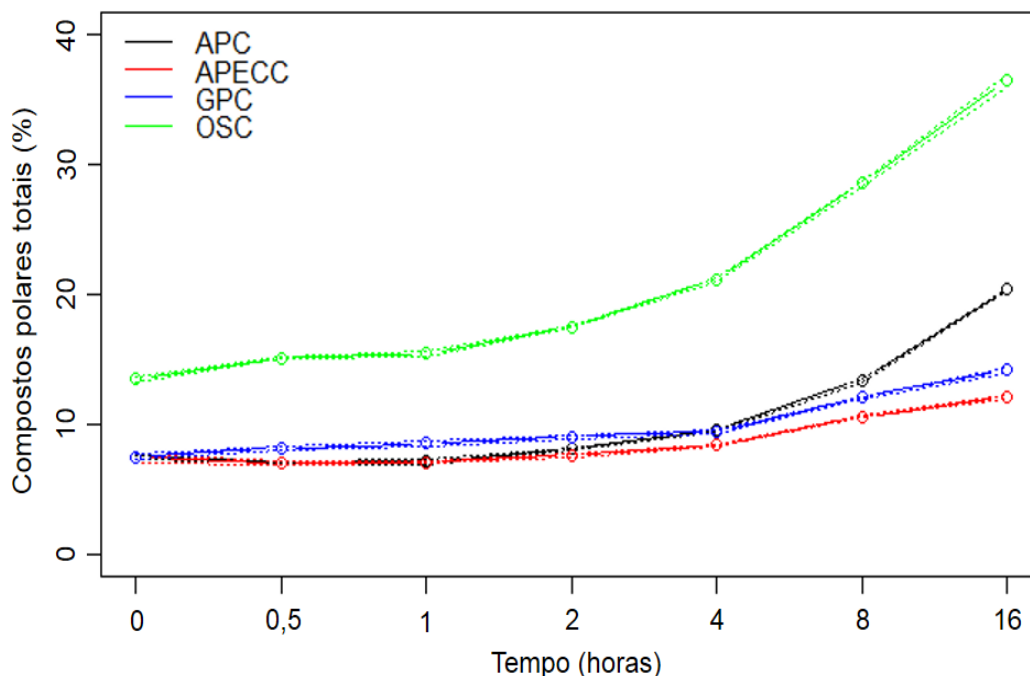
especificidade do índice de *p*-anisidina, este é um indicador muito útil na avaliação da qualidade de óleos e ainda complementa o índice de peróxidos.

Assim, o índice de *p*-anisidina obtido para o azeite de pequi termoxidado está compatível com dados encontrados na literatura, ficando inclusive abaixo dos valores obtidos para alguns óleos tradicionalmente utilizados em procedimentos de fritura.

- Compostos polares totais

Nesse estudo, todos os óleos apresentaram aumento no teor de compostos polares totais ao longo da termoxidação a 180°C por 16 horas (Figura 33). Esse aumento é esperado, uma vez que a exposição dos óleos a altas temperaturas e prolongados períodos de tempo provoca degradação e decomposição dos triacilgliceróis formando compostos polares (CUVELIER; LACOSTE; COURTOIS, 2012).

Figura 33. Compostos polares totais.



A fração não-polar de óleos e gorduras é composta por triacilgliceróis que não sofreram alteração ao longo do aquecimento. Por outro lado, são considerados compostos polares totais os compostos resultantes de alterações térmicas,

hidrolíticas e oxidativas que têm polaridade maior que os triacilgliceróis (GHARACHORLOO et al., 2010). A fração polar é constituída, então, por moléculas resultantes de degradação e de decomposição da fração não-polar. Como resultado de degradação tem-se os polímeros (dímeros, trímeros e compostos altamente polimerizados), os quais possuem pesos moleculares maiores que os dos triacilgliceróis. Já a decomposição leva à formação de mono e diacilgliceróis, ácidos graxos livres, compostos voláteis e monômeros cíclicos e não-cíclicos, todos com peso molecular menor que os triacilgliceróis (OSAWA et al., 2012).

Não há parâmetros determinados pela ANVISA ou pelo *Codex Alimentarius* (CODEX, 2009) quanto a compostos polares totais para óleos ou gorduras vegetais (OSAWA; GONÇALVES; MENDES, 2010). A concentração de compostos polares totais formados devido a alterações oxidativas dos óleos em função do aquecimento, em muitos países, limita a utilização do óleo. Em alguns países foram estabelecidos limites de compostos polares para a utilização dos óleos: 24% na França e na Alemanha, e os Estados Unidos da América também adotaram essa diretriz; Itália, Bélgica, Turquia, Espanha e Tailândia estabeleceram 25%; China e Áustria 27% e, por fim, a Hungria recomenda o descarte de óleos com 30% (PAUL; MITTAL; CHINNAN, 1997; BOATELLA RIERA; CODONY, 2000).

No Brasil ainda não há legislação estabelecendo limite de compostos polares totais para o descarte de óleos de fritura. Em 2004, a Associação de Defesa do Consumidor enviou uma documentação para a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) solicitando que o limite de compostos polares para óleos e gorduras utilizados em fritura fosse abaixo de 25%. A ANVISA, entretanto, respondeu que a documentação apresentada não era suficiente para o estabelecimento desse limite e emitiu, então, um informe técnico o qual não possui nenhuma menção sobre os compostos polares (ANVISA, 2004).

Estudando as diferenças na repetibilidade entre experimentos de fritura e termoxidação, Machado et al. (2007) termoxidaram óleos de palma, soja e soja hidrogenada a 180°C durante 25 horas e encontraram 14,2; 38,5 e 15,4%, respectivamente, de compostos polares totais. O OSC avaliado neste estudo foi mais sensível à formação dos compostos polares totais e com 16 horas de aquecimento já apresentava valor semelhante ao obtido em 25 horas de aquecimento no trabalho citado.

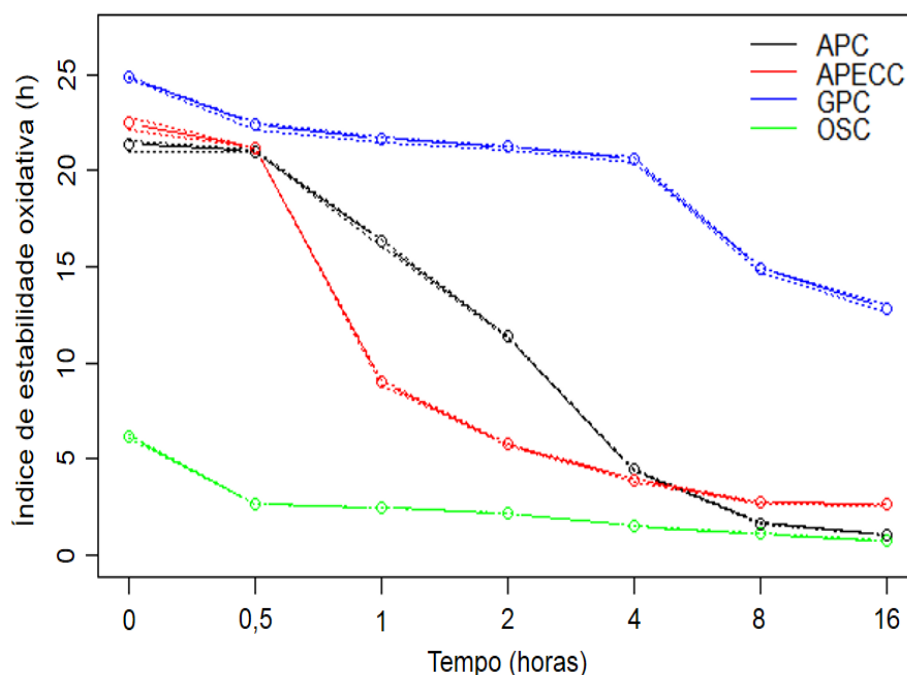
Ao avaliar o potencial antioxidante do extrato de coentro e do palmitato de ascorbila em óleo de girassol refinado sob termoxidação ($180 \pm 5^\circ\text{C}/30\text{ h}$), Angelo e Jorge (2008) encontraram para este óleo em 10 e 20 horas de aquecimento, via análise cromatográfica, teores de 20,22 e 40,08% de compostos polares totais, respectivamente. Assim, o APC e o APECC termoxidados, apesar de não serem refinados, foram mais resistentes à formação de compostos polares totais do que o óleo de girassol, uma vez que com 16 horas de aquecimento tinham teor de compostos polares semelhante ao do óleo de girassol com 10 horas de aquecimento.

Botega et al. (2009) ao estudar a adição de polifenóis de alfarroba para reduzir a perda de tocoferóis, triacilgliceróis, polimerização e oxidação em óleo de girassol submetido ao aquecimento ($180^\circ\text{C}/16\text{ h}$), encontraram teores de compostos polares totais ao final do tempo de aquecimento para o óleo de girassol, óleo de girassol adicionado de 10 mg/kg e óleo de girassol adicionado de 50 mg/kg de extrato de alfarroba de aproximadamente 27, 26 e 14%, respectivamente. Assim, o OSC avaliado nesse estudo foi menos resistente à formação de compostos polares totais que o óleo de girassol, enquanto o APECC e a GPC apresentaram nesse mesmo período comportamento similar ao do óleo de girassol adicionado de 50 mg/kg de extrato de alfarroba.

Assim, ao longo das 16 horas de aquecimento o APC e o APECC se mantiveram com teores de compostos polares totais dentro do limite médio internacionalmente de 25% estabelecido para esses compostos.

- Índice de estabilidade oxidativa

Todos os óleos avaliados apresentaram redução da estabilidade oxidativa ao longo da termoxidação (Figura 34). Nos tempos 0 e 0,5 horas os azeites de pequi tiveram comportamento similar à GPC. Os óleos brutos, como no caso dos azeites de pequi, em geral, possuem elevados valores de estabilidade oxidativa, uma vez que os antioxidantes naturalmente presentes nesses óleos não foram eliminados pelo processo de refinação. Já os óleos refinados possuem menor estabilidade oxidativa, uma vez que o processo de refinação remove a maior parte dos seus antioxidantes (TRIPOLI, 2005; FARHOOSH; EINAFSHAR; SHARAYEI, 2009).

Figura 34. Índice de estabilidade oxidativa.

O índice de estabilidade oxidativa é uma das principais análises utilizadas para avaliar a qualidade dos lipídios. Nessa análise monitora-se os compostos voláteis oriundos de lipídios submetidos a aquecimento e aeração em equipamento próprio. Com este método mede-se a condutividade elétrica da água que é aumentada pelos ácidos graxos voláteis arrastados para a água destilada. Gera-se, então, uma curva de tempo *versus* condutividade elétrica e, assim, define-se o tempo de indução, em horas, que corresponde à estabilidade oxidativa (ANTONIASSI, 2001; WANG, 2002). Assim, avaliou-se a estabilidade oxidativa dos óleos (Figura 34).

A partir de 0,5 hora de termoxidação, a estabilidade oxidativa dos azeites de pequi começou a se distanciar da estabilidade oxidativa da GPC. Essa diminuição nos azeites pode estar relacionada com a redução do teor de carotenoides. Com 0,5 hora de aquecimento, mais da metade do teor de carotenoides dos azeites de pequi foram degradados (Figura 40). Assim, à medida que o efeito antioxidante dos carotenoides foi reduzido, consequentemente houve diminuição na estabilidade oxidativa dos azeites de pequi. Estudos de Gertz et al. (2000) mostraram que os óleos brutos têm maior estabilidade a elevadas temperaturas do que os óleos refinados mostrando, assim, que a estabilidade dos lipídios em temperaturas de fritura é dependente de múltiplos fatores além da composição em ácidos graxos.

Dentre os óleos avaliados neste estudo, a GPC apresentou ao longo da termoxidação aproximadamente 50% de diminuição na estabilidade oxidativa, enquanto nesse mesmo período a redução da estabilidade oxidativa dos azeites de pequi foi de cerca de 90%. A maior resistência da estabilidade oxidativa da GPC pode estar associada ao seu perfil de ácidos graxos, na qual predominam os saturados (Apêndice 13), reconhecidamente mais resistentes às alterações provocadas pelo aquecimento (O'BRIEN, 2010).

O OSC que apresenta no seu perfil de ácidos graxos maior percentual de insaturados, apresentou desde o tempo 0 baixa estabilidade oxidativa, com pouco mais de 6 horas, chegando ao tempo final de termoxidação com apenas 0,78 horas de estabilidade oxidativa. Por outro lado, apesar de serem óleos que também apresentam alto percentual de ácidos graxos insaturados, os óleos extraídos das sementes de uva das variedades Muscadine, Chardonnay, Concord e Ruby red apresentaram índice de estabilidade oxidativa de 19,70; 23,40; 26,90 e 40,00 horas, respectivamente, quando analisados em aquecimento à 80°C com fluxo de ar de 7 L/h. Apesar das condições amenas utilizadas na análise, a alta estabilidade oxidativa desses óleos, apesar de insaturados, está relacionada com a grande quantidade de compostos antioxidantes presentes nesses óleos (LUTTERODT et al., 2011).

Estudando o efeito do tratamento ultrassônico na extração de fenólicos totais de *Lavandula pubescens* e sua aplicação na oleína de palma industrial como alternativa para a substituição de antioxidantes sintéticos, Rashed et al. (2017) compararam a adição do extrato de *Lavandula* obtido via tratamento micro-ondas-ultrassônico na oleína de palma recém refinada, branqueada e dezodorizada com o antioxidante sintético TBHQ. Nas concentrações de 40, 80 e 160 mg/kg de extrato de *Lavandula*, a estabilidade oxidativa foi equivalente ao obtido por este óleo adicionado de TBHQ nas mesmas concentrações, resultando em 16,5; 18 e 19 horas, respectivamente.

Para verificar o efeito das etapas da refinação nas medidas de rancidez dos óleos de canola e soja, Farhoosh, Einafshar e Sharayei (2009) avaliaram os óleos de canola e soja brutos, neutralizados, branqueados e desodorizados. O óleo de canola apresentou maior estabilidade oxidativa em todas as etapas analisadas. Pode-se observar, ainda, que a diminuição significativa do tempo de indução aconteceu na etapa de neutralização e que não houve alterações consideráveis durante as outras etapas de refino.

Ao avaliarem a estabilidade oxidativa (20 L/h e 121,6°C) do óleo de soja submetido a termoxidação a 180°C durante 24 horas, Saoudi et al. (2016) obtiveram para o tempo 0 aproximadamente 3,25 horas de estabilidade oxidativa, enquanto nesse trabalho obteve-se para o OSC praticamente o dobro do tempo, com 6,22 horas. Ao final de 18 horas de aquecimento o óleo de soja estudado por esses autores apresentou estabilidade oxidativa abaixo de uma hora, resultado semelhante ao obtido neste trabalho para o OSC que depois de 16 horas de termoxidação que apresentou 0,78 horas de estabilidade oxidativa.

- Cor

Apesar de, desde o tempo 0, os óleos avaliados neste estudo apresentarem cores distintas, a termoxidação acentuou essas diferenças, inclusive visualmente, como pode ser observado na Figura 28, e instrumentalmente, como apresentado nas Figuras 35, 36, 37, 38 e 39.

Figura 35. Visão geral das coordenadas de cor dos óleos: +a: avermelhado, -a: esverdeado, +b: amarelado, -b: azulado. Retas: pretas- APC, vermelhas- APECC, azuis- GPC e verdes- OSC.

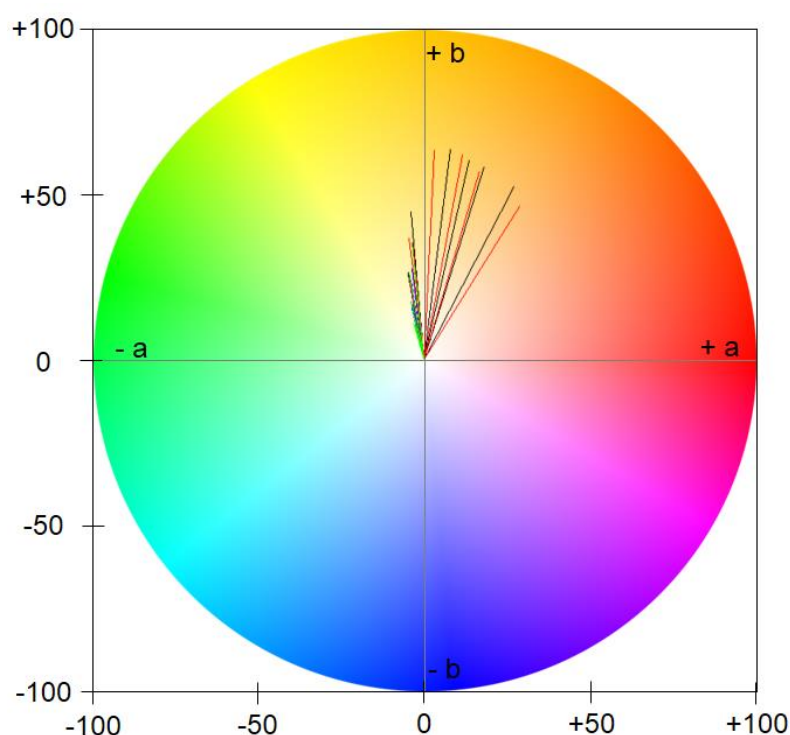


Figura 36. Coordenadas de cor do APC.

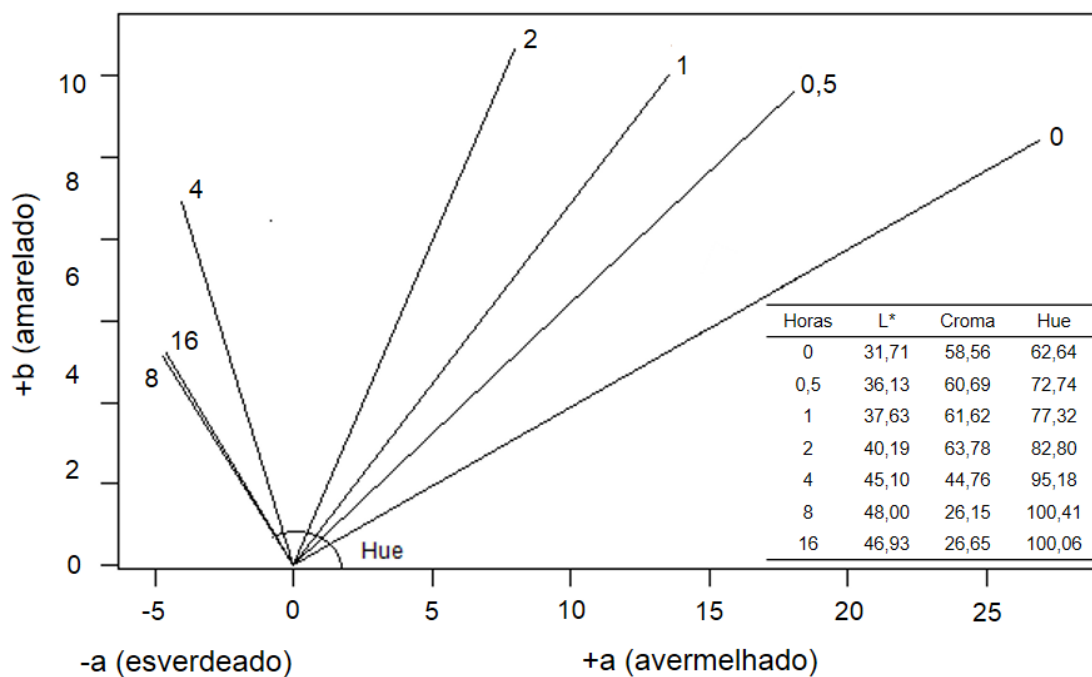


Figura 37. Coordenadas de cor do APECC.

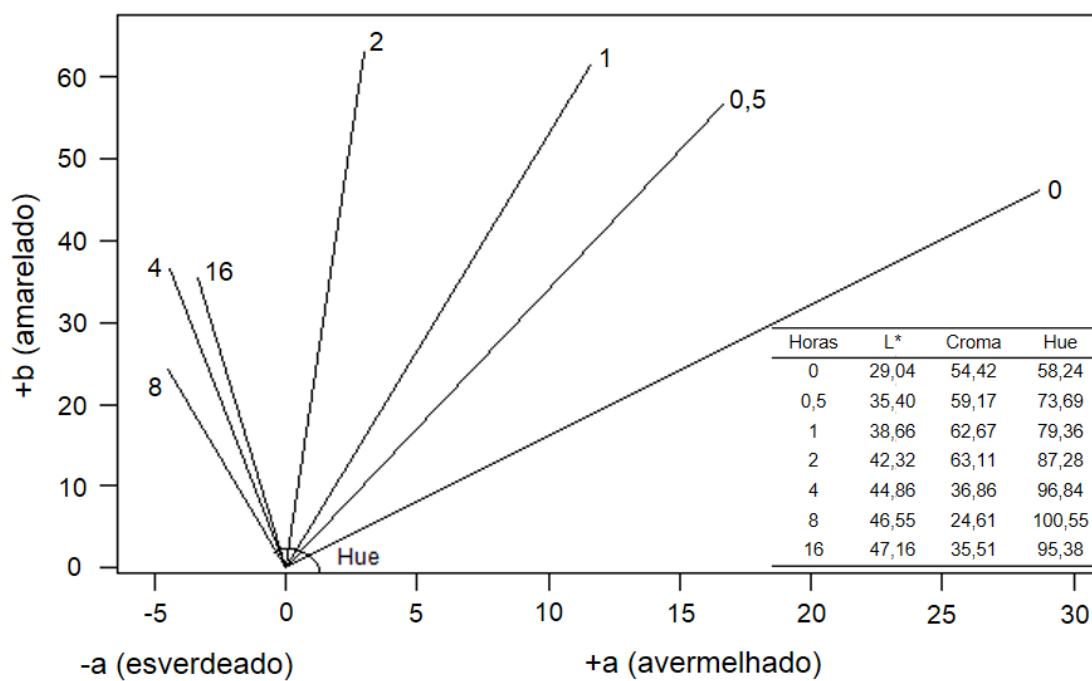
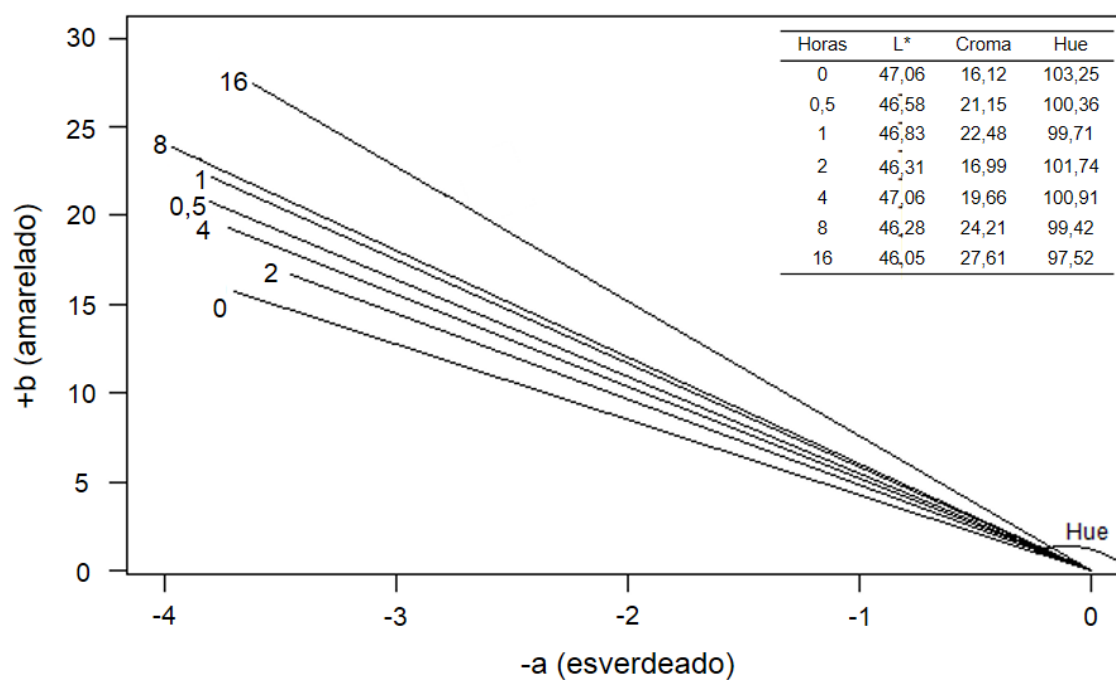
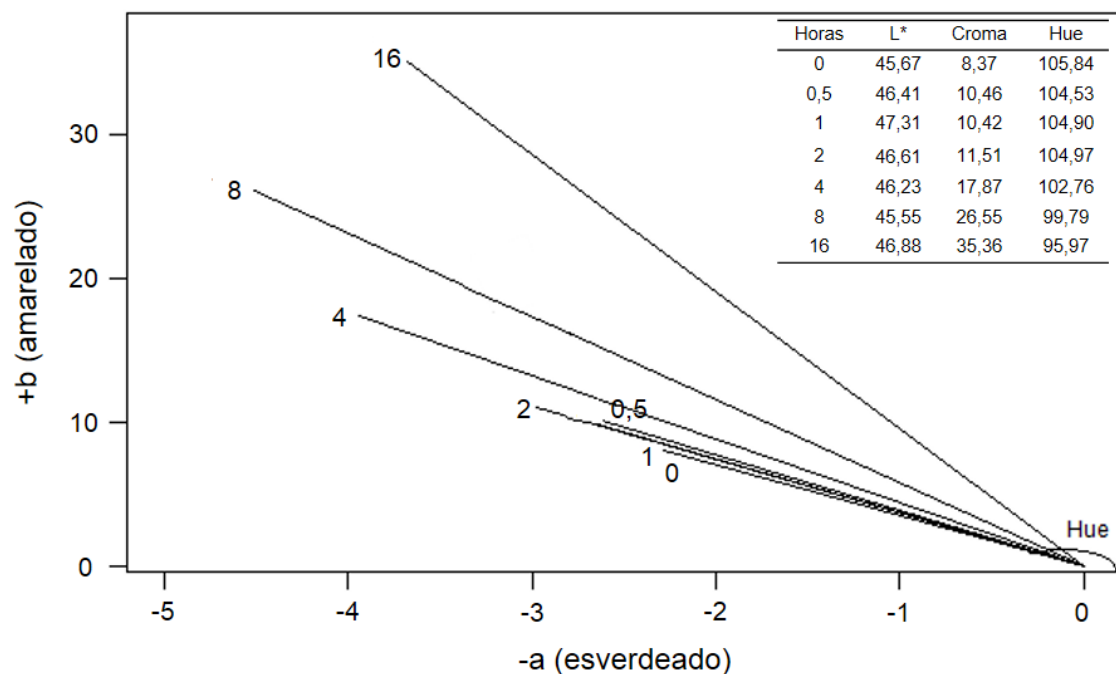


Figura 38. Coordenadas de cor da GPC.**Figura 39.** Coordenadas de cor do OSC.

Pigmentos naturais como carotenoides, clorofila, betalaína e outros são muito sensíveis a uma série de fatores, dentre eles exposição a altas temperaturas. Quando esses pigmentos fazem parte da composição de um alimento, que é uma

matriz complexa, sua estabilidade quando expostos a esses fatores durante o processamento ou estocagem fica ainda mais comprometida (GÜNEŞER, 2016).

Como pode ser observado nas Figuras 36 e 37, a cor amarelada dos azeites de pequi permaneceu até duas horas. Depois desse período as coordenadas de cor passaram para o quadrante esverdeado. A perda da coloração amarelada desses azeites está diretamente relacionada com a degradação dos carotenoides, que são pigmentos termosensíveis e que foram degradados ao longo do aquecimento a 180°C (Figura 40) (RODRIGUEZ-AMAYA; RODRIGUEZ; AMAYA-FARFAN, 2006).

Com a degradação dos carotenoides e diminuição da cor amarelada do APC e APECC, pode-se verificar também aumento da luminosidade desses óleos entre os tempos 0 e 16 horas de termoxidação.

Nas Figuras 36 e 37 observa-se as alterações de cor sofridas pela GPC e pelo OSC. As coordenadas mostram que em ambos os óleos houve escurecimento entre o tempo 0 e 16 horas de termoxidação, ao mesmo tempo em que houve pequena diminuição de luminosidade.

O escurecimento de óleos submetidos a elevadas temperaturas está relacionado aos fosfolipídios que possuem em sua molécula ácidos graxos insaturados. As carbonilas conjugadas são os principais produtos oxidados para reações de escurecimento, de forma similar ao que acontece na reação de Maillard entre a carbonila do açúcar e os aminoácidos (HUSAIN; TERAQ; MATSUSHITA, 1986).

- Composição de ácidos graxos

As propriedades químicas e físicas dos óleos e gorduras são amplamente determinadas pelos ácidos graxos que os formam e pela posição dos ácidos graxos na molécula de triacilglicerol. O perfil de ácidos graxos de óleos e gorduras varia significativamente dependendo não apenas da espécie vegetal ou animal, mas também dentro da mesma espécie. Dentre os fatores que afetam o perfil de ácidos graxos dos lipídios de origem vegetal estão: condições climáticas, tipo de solo, estágio de crescimento, idade da planta, localização da semente e variação genética da planta (O'BRIEN, 2010). Assim, determinou-se a composição de ácidos graxos

dos óleos avaliados nesse estudo nos tempos 0, 2, 8, 16 horas de termoxidação (Apêndice 13).

Como pode ser observado no Apêndice 13, com o passar do tempo de aquecimento, todos os óleos apresentaram diminuição no total de ácidos graxos insaturados e, conseqüentemente, aumento no total de ácidos graxos saturados. Casal et al. (2010) também observaram essa tendência no perfil de ácidos graxos do azeite de oliva e do óleo de girassol aquecidos em condições de fritura por imersão. De acordo com esses autores, as maiores diminuições foram observadas nos ácidos graxos poli-insaturados, o que também foi verificado nesse estudo, principalmente no óleo de soja.

A diminuição do total de ácidos graxos insaturados e o aumento do total de ácidos graxos saturados são explicados pela alta reatividade das duplas ligações entre carbonos, o que leva à ruptura dessas ligações de cadeias alifáticas e ligações ésteres. Os compostos resultantes dessa quebra têm peso molecular menor que o triacilglicerol matriz e praticamente possuem volatilidade, assim como os compostos de decomposição da oxidação lipídica e da hidrólise dos triacilgliceróis (ZHANG et al., 2012).

De maneira geral, a composição de ácidos graxos do APC e do APECC apresentou quantidades próximas de ácidos graxos saturados e insaturados, enquanto a GPC apresentou maiores quantidades de ácidos graxos saturados e o OSC apresentou maiores quantidades de ácidos graxos insaturados. As diferenças na composição de ácidos graxos dos óleos estudados têm implicações diretas tanto nas questões relacionadas à resistência dos óleos quanto a efeitos na saúde (CLARK; SERBIA, 1991; BRADLEY; MIN, 1992; EUNJOO, 1994; ST. ANGELO, 1996; ZAMBIANI, 1999; ZAMBIAZI; ZAMBIAZI, 2000).

Estatisticamente, todos os óleos avaliados diferem em cada um dos ácidos graxos estudados (p -valor $< 0,05$), enquanto os diferentes tempos de aquecimento não influenciaram no percentual de cada um dos ácidos graxos (p -valor $> 0,05$) (Apêndice 14 e 15).

Em estudos sobre a estabilidade térmica de alguns óleos de plantas do cerrado extraídos por Soxhlet, Garcia et al. (2007) obtiveram para o azeite de pequi 41,1% de ácido graxo palmítico e 54% de ácido graxo oleico, enquanto os demais ácidos graxos analisados representaram menos de 5%. Ao avaliarem o perfil de ácidos graxos do azeite de pequi, Ferreira et al. (2011) encontraram dois ácidos

graxos: 34,50% de palmítico e 65,50% de oleico. Resultados semelhantes foram obtidos por Faria-Machado et al. (2015) na determinação do perfil de ácidos graxos do azeite de pequi extraído por Soxhlet, onde a maior parte dos ácidos graxos dos azeites obtidos dos pirênios de diferentes genótipos foram oleico e palmítico, variando entre 48,6-65,9% e 24,3-46,3%, respectivamente. Assim como nesses dois trabalhos, esses também foram os ácidos graxos encontrados em maior quantidade nos azeites de pequi avaliados neste estudo.

Já para o óleo de palma refinado, branqueado e desodorizado, Man et al. (1999) obtiveram 50,74% de ácidos graxos saturados e 49,26% de ácidos graxos insaturados. No presente estudo também obteve-se para a GPC mais ácidos graxos saturados que insaturados, 59,16 e 40,85%, respectivamente. A composição de ácidos graxos do OSC apresentou 27,96% saturados e 72,04% de insaturados. Em estudo realizado com óleos de soja oriundos de cinco cultivares de soja brasileira, Martin et al. (2008) também verificaram maiores percentuais de ácidos graxos insaturados do que saturados, com valores variando de 15,61 a 16,10% para os saturados e 81,00 a 83,23% para os insaturados.

Nas análises de compostos polares totais, ácidos dienólicos conjugados, *p*-anisidina e índice de peróxidos, o OSC foi mais susceptível a alterações do que os outros óleos e isto está relacionado com seu perfil de ácidos graxos que apresenta maior quantidade de ácidos graxos insaturados (PAUL; MITTAL; CHINNAN, 1997). Resultado similar foi encontrado por KIM et al. (2013), para o óleo de soja termoxidado (180°C/13 h). Esses autores destacaram que é natural que a taxa de oxidação seja mais rápida nas amostras com grande quantidade de poli-insaturados como o óleo de soja do que em amostras com grandes quantidades de ácidos graxos monoinsaturados e saturados, como na gordura de porco.

O APC e o APECC, apesar de apresentarem um pouco mais de ácidos graxos insaturados que a GPC, apresentaram resultados semelhantes e em algumas análises até melhores que os dessa gordura. Esse bom desempenho dos azeites de pequi pode ser explicado, além da composição de ácidos graxos, pelos compostos com capacidade antioxidante que fazem parte da sua composição, principalmente os carotenoides. Carotenoides (CAR) podem formar com o radical lipídico peróxido (ROO) uma ressonância estabilizada no carbono central radical (ROO-CAR^{*}) (BURTON; INGOLD, 1984), ou, dependendo da estrutura química dos carotenoides e o potencial de redução dos radicais livres, podem doar hidrogênio

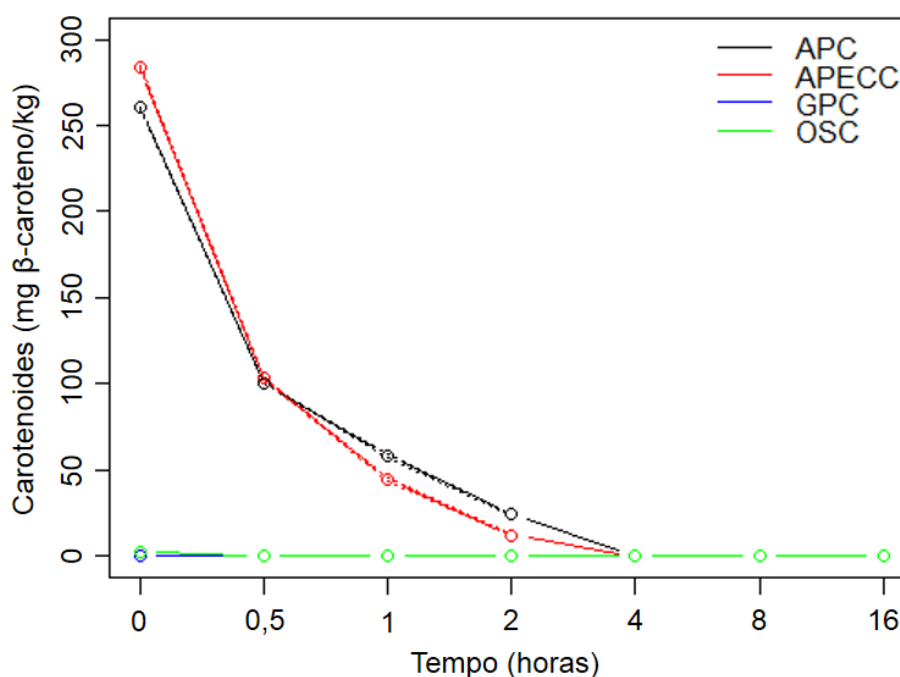
para os radicais livres, exibindo atividade antioxidante (WOODALL et al., 1997; CHOE; MIN, 2005).

5.2.2 Análises dos compostos bioativos

- Carotenoides

A cor amarelo-alaranjada do azeite de pequi indica a presença de carotenoides neste azeite. No tempo 0 (azeite de pequi *in natura*), os teores de carotenoides totais foram 260,16 mg/kg para o APC e 283,80 mg/kg para o APECC (Figura 40). Já o OSC e a GPC passaram por processos de refinação, em que um dos objetivos é eliminar pigmentos (PRZYBYLSKI et al., 2005). Assim, para o OSC no tempo 0 obteve-se apenas 2,36 mg β -caroteno/kg e a GPC não apresentou carotenoides.

Figura 40. Carotenoides totais.



Ferreira et al. (2011) estudaram os carotenoides totais do azeite de pequi e determinaram 274,90 $\mu\text{g/g}$, valor este semelhante ao determinado tanto para o APC quanto para o APECC. Nos estudos de Rodrigues et al. (2013), o teor de carotenoides do azeite de pequi no tempo 0 foi de aproximadamente 160 $\mu\text{g/g}$ e ao

final de uma hora de termoxidação praticamente o total de carotenoides já havia sido degradado. Assim, os carotenoides dos azeites de pequi avaliados neste estudo, além de estarem presentes em maior quantidade foram mais resistentes permanecendo até 4 horas de termoxidação.

Durante o processamento dos alimentos, os carotenoides, altamente insaturados, estão sujeitos às reações de isomerização e oxidação. Dentre os fatores que podem provocar essas alterações, estão calor, luz, ácidos, adsorção em superfícies ativas, presença de oxigênio, luz, enzimas, metais e co-oxidação com hidroperóxidos lipídicos (RODRIGUEZ-AMAYA, 2001).

Dessa maneira, em 0,5 hora de aquecimento a 180°C mais de metade dos carotenoides do APC e do APECC já haviam sido degradados, enquanto os carotenoides do OSC foram totalmente degradados nesse mesmo período. Para o APC e o APECC, os carotenoides foram totalmente degradados até quatro horas de aquecimento, quando não foram mais detectados.

Quando sofrem isomerização, os carotenoides passam da forma *trans*, configuração em que maioria se encontra na natureza, para a forma *cis*, o que resulta em perdas de cor e de atividade pró vitamina A. Apesar da isomerização, a principal causa das grandes perdas de carotenoides é a oxidação. Tanto na forma *trans* quanto na forma isomerizada *cis*, os carotenoides podem sofrer oxidação originando, num primeiro momento, epóxi carotenoides e apocarotenoides. Fragmentações subsequentes produzem uma série de compostos de baixo peso molecular, similares àqueles produzidos na oxidação de ácidos graxos, levando à perda total da cor e da atividade biológica (RODRIGUEZ-AMAYA, 2001).

Estudando a cinética de degradação térmica dos carotenoides do óleo bruto de palma, Sampaio et al. (2013) aqueceram este óleo a 170, 190, 210 e 230°C durante 140 minutos. Para as temperaturas 170 e 190°C, o teor residual de carotenoides foi menor que 25 e 5%, respectivamente, ao final do tempo de aquecimento. Já para as temperaturas 210 e 230°C, a partir de 1,33 hora os carotenoides não foram mais detectados, pois já haviam sido totalmente degradados. Tendência semelhante foi verificada no APC e APECC, cujos teores remanescentes de carotenoides em 0,5 hora de aquecimento foram 38,62 e 36,34%, respectivamente.

Achir et al. (2010) em estudo sobre a cinética de degradação de β -caroteno e luteína em óleos durante o aquecimento, observaram que a concentração de *trans*

β -caroteno diminuiu em função do tempo de aquecimento, diminuição visível macroscopicamente pela perda de cor nos óleos. Os resultados revelaram ainda que menos de 10% de *trans* β -caroteno permaneceram após 30 minutos a 180°C, em ambos os óleos, enquanto 20 e 50% mantiveram-se após 30 minutos a 140°C, na oleína de palma e Vegetaline®, respectivamente. Em todos os tratamentos, o *trans* β -caroteno tendeu a diminuir acentuadamente a partir dos primeiros minutos de aquecimento.

Zeb e Murkovic (2010) avaliaram os efeitos do β -caroteno na oxidação de triacilgliceróis a 110°C usando cromatografia líquida acoplada a espectrometria de massa. Os resultados demonstraram que a metade do teor de β -caroteno degradou durante as 3 primeiras horas de tratamento térmico e destacaram que a degradação mais rápida do β -caroteno pode ser devido à ausência de tocoferóis e compostos fenólicos nos modelos de triacilgliceróis, que também atuam como antioxidantes.

Em outro experimento, Zeb e Murkovic (2011), estudando a interação entre carotenoides e triacilgliceróis durante a oxidação (110°C/14 h) do óleo de oliva, observaram que a degradação do β -caroteno foi muito mais rápida que a da astaxantina e, assim, os triacilgliceróis oxidaram mais rapidamente na presença de β -caroteno e mais lentamente na presença de astaxantina. Após 14 h nenhum dos carotenóides foi detectado no sistema, o que pôde ser observado visualmente pela mudança de cor das amostras termoxidadas.

Ao analisar carotenoides por cromatografia líquida de alta eficiência no óleo de sementes de mostarda torradas e não torradas em aquecimento a 160°C durante até 12 horas, Vaidya e Choe (2011) encontraram que o carotenoide predominante era a luteína e apresentava apenas traços de β -caroteno. Os teores iniciais de luteína para ambos os óleos foi cerca de 80 $\mu\text{g/g}$, concentração que diminuiu mais da metade com duas horas de aquecimento e para aproximadamente 10 $\mu\text{g/g}$ após quatro horas. Com sete horas de aquecimento toda a luteína havia sido degradado.

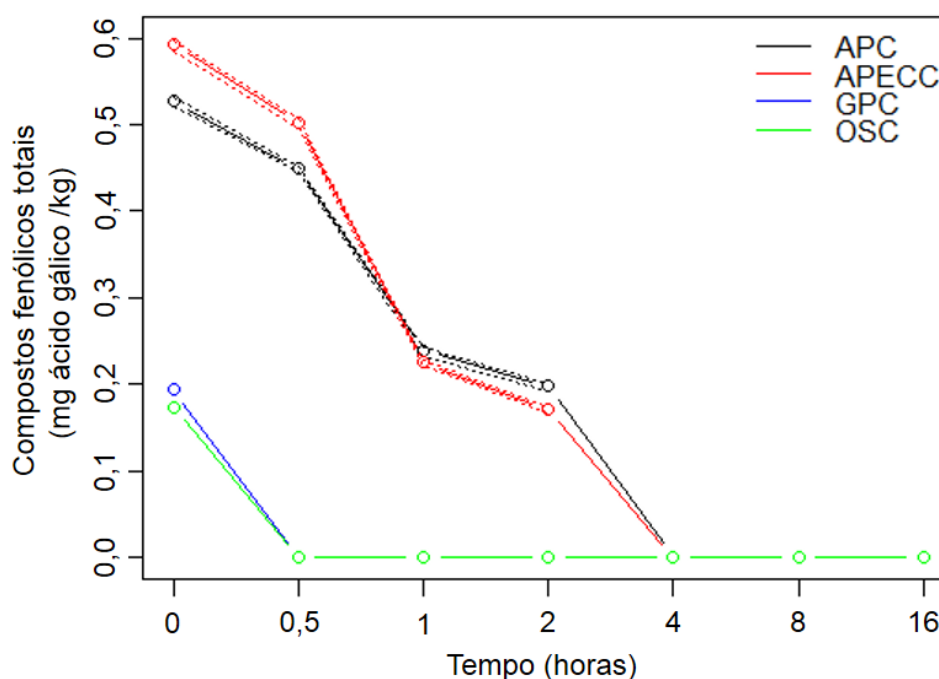
Assim como na termoxidação dos óleos supra citados, os carotenoides dos azeites de pequi também sofreram alta taxa de degradação sob termoxidação a 180°C (Figura 38). A degradação (isomerização e/ou oxidação) dos carotenoides dos azeites de pequi, pode, por outro lado, ter minimizado outras alterações comuns aos lipídios durante o processo de aquecimento, como aumento acentuado de ácidos graxos livres, peróxidos, *p*-anisidina, ácidos dienólicos conjugados e compostos polares totais, devido a sua ação antioxidante, evidenciada em diversos

estudos (WOODALL et al., 1997; DIMAKOU; OREOPOULOU, 2012; SMYK, 2015). Consequentemente houve modificação na cor do APC e do APECC e diminuição das funções biológicas.

- Compostos fenólicos totais

A estabilidade de óleos e gorduras depende de fatores físicos e químicos como temperatura, luz, pH, concentração de íons metálicos, composição em ácidos graxos e disponibilidade de oxigênio (FRANKEL et al., 2002; SØRENSEN et al., 2008). Para prevenir e/ou minimizar a degradação dos lipídios, alguns antioxidantes, sintéticos ou naturais – presentes naturalmente ou adicionados, têm sido amplamente estudados e utilizados, principalmente quando há processos de aquecimento. Dentre esses, os compostos fenólicos têm sido investigados, afinal apresentam duplo benefício: podem promover efeitos benéficos para a saúde e são capazes de interceptar os radicais livres (PANDEY; RIZVI, 2009; LI et al., 2014; SHAHIDI, F.; AMBIGAIPALAN, 2015). Assim, avaliou-se nos óleos utilizados neste estudo o teor de compostos fenólicos totais (Figura 41).

Figura 41. Compostos fenólicos totais.



A determinação dos compostos fenólicos totais apresentou valores mais elevados para os azeites de pequi do que para a GPC e o OSC, que apresentaram valores semelhantes e bastante baixos mesmo no tempo 0 (Figura 39). Esses baixos valores são justificados pelo processo de refinação pelo qual passam tanto a GPC quanto o OSC. Na etapa de extração, o tipo de solvente utilizado influencia na obtenção dos compostos fenólicos totais, pois sua polaridade interfere na quantidade de compostos fenólicos extraídos. Em seguida, na etapa de neutralização, onde se aplica a lavagem, os compostos fenólicos presentes no óleo extraído, que são muito polares, dissolvem-se na água utilizada nesta etapa para remoção dos sabões, levando a sua redução (FARHOOSH; EINAFSHAR; SHARAYEI, 2009; SZYDŁOWSKA-CZERNIAK et al., 2011). Devido à baixa quantidade de compostos fenólicos totais na GPC e no OSC, depois de 30 minutos de termoxidação a totalidade dos fenólicos já havia sido degradada.

A quantidade de compostos fenólicos no azeite de pequi pode ser considerada baixa quando comparada com a de outros óleos - apesar dessa quantidade variar, dependendo de diversos fatores - como o azeite de oliva, óleos de linhaça e de açaí, dentre tantos outros que poderiam ser citados. Essa baixa quantidade de compostos fenólicos do azeite de pequi pode estar associada ao método de extração utilizado na sua obtenção, que utiliza água em temperatura elevada. Grande parte dos compostos fenólicos são hidrofílicos e podem, assim, ter migrado para água utilizada na fervura (GOLDSMITH et al., 2014). Uma outra parte, ainda que pequena, dos compostos fenólicos totais dos azeites de pequi, podem ter sido perdida devido à exposição contínua dos pirênios e do azeite de pequi a temperaturas em torno de 100°C no processo de fervura para extração do azeite (PALMA; PIÑEIRO; BARROSO, 2001).

Apesar da baixa quantidade, os compostos fenólicos dos azeites de pequi podem ser considerados resistentes quando comparados com os do azeite de oliva. O azeite oliva é reconhecidamente um alimento que contém grandes quantidades de compostos fenólicos. Entretanto, o aquecimento desse azeite leva à degradação dos fenólicos, como constatado por Amati et al. (2008). Nesse estudo, ao aquecer azeites de oliva de produção caseira e produção industrial em banho termostático a 180°C, verificou-se que após uma hora de aquecimento restavam aproximadamente 10% dos compostos fenólicos iniciais. Os compostos fenólicos dos azeites de pequi foram, então, mais resistentes que os dos azeites de oliva, uma vez que depois de

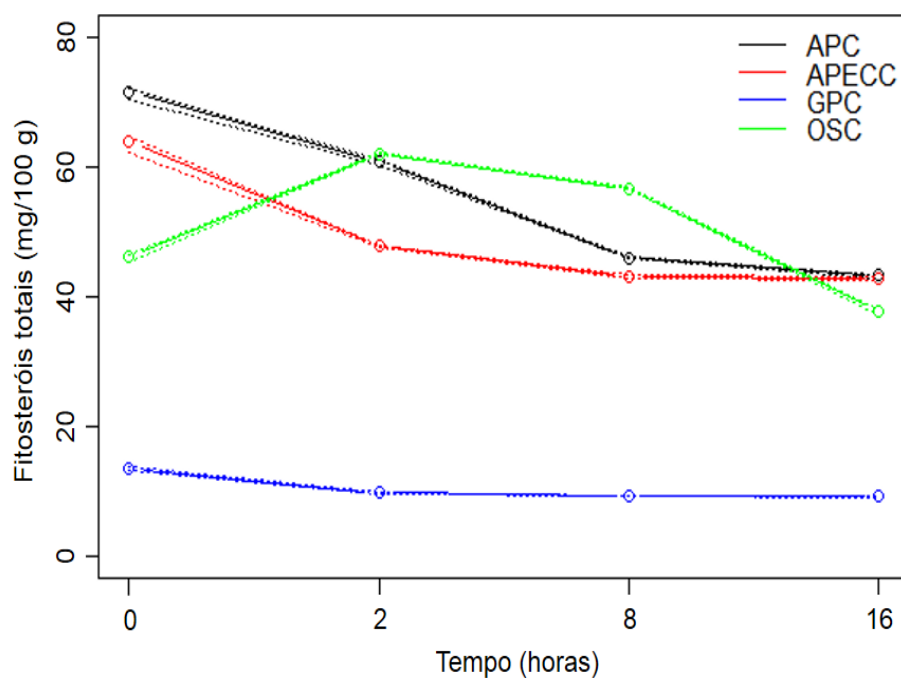
3,5 horas de aquecimento é que obteve-se essa quantidade residual de compostos fenólicos (Figura 41).

A qualidade nutricional de óleos e gorduras, inclusive do azeite de oliva, muitas vezes é afetada pela perda de compostos fenólicos, principalmente quando esses lipídios são submetidos a tratamentos térmicos. Buscando prevenir a perda dos compostos fenólicos endógenos dos óleos e gorduras, uma alternativa é a adição de extratos vegetais ricos nesses compostos, ainda que os fenólicos adicionados não consigam impedir outras alterações físico-químicas indesejadas (DAIRI et al., 2015).

- Fitosteróis

Para o APC e o APECC houve redução no teor de fitosteróis totais ao longo do processo de termoxidação. A GPC desde o tempo inicial já apresentava uma pequena quantidade de fitosteróis totais e, por outro lado, no OSC houve aumento dos fitosteróis totais entre o tempo zero e duas horas, mas nos tempos seguintes voltou a diminuir (Figura 42).

Figura 42. Fitosteróis totais.



Fitosteróis, como lipídios insaturados, podem sofrer oxidação durante aquecimento formando óxidos de fitosteróis, que podem ter efeitos adversos na saúde humana. A estabilidade dos fitosteróis é influenciada pelo tempo e temperatura de aquecimento, estrutura de sua molécula e a composição da matriz lipídica. Apesar de os estudos de fitosteróis muitas vezes terem focado na formação dos óxidos de fitosteróis ou sua presença nos alimentos fritos, estudos mais recentes identificaram, depois dos processos de aquecimento, fitosteróis remanescentes ou nos alimentos fritos ou nos óleos utilizados nesses aquecimentos (KALOGEROPOULOS et al., 2006a; KALOGEROPOULOS et al., 2006b; SALTA et al., 2008). Assim, verificou-se neste estudo o comportamento dos fitosteróis ao longo da termoxidação.

As médias obtidas para os isômeros de fitosteróis ao longo da termoxidação no APC, APECC, GPC e OSC estão apresentadas no Apêndice 16. Nos azeites de pequi, o isômero predominante foi o beta-sitosterol. No OSC este também foi o isômero predominante e já na GPC o isômero encontrado em maior quantidade foi o estigmasterol.

Os fitosteróis de plantas são sensíveis quando aquecidos a 180°C, devido a reações oxidativas e termolíticas durante as quais uma grande variedade de produtos de oxidação são formados. No óleo de colza termoxidado a 180°C, Lampi et al. (2002) identificaram teor de fitosteróis totais de 893 mg/100 g e os três isômeros encontrados em maior quantidade foram sistosterol, campesterol e brassicasterol, com 416, 314 e 88 mg/100 g, respectivamente. Depois de 24 horas de aquecimento, os autores obtiveram um total de produtos de oxidação maior para o sistosterol (646 µg/g) do que do campesterol (452 µg/g). Os produtos de oxidação do brassicasterol não puderam ser identificados como os dos demais isômeros por cromatografia gasosa com espectrômetro de massa.

Os azeites de pequi apresentaram valores de tocoferóis totais estatisticamente iguais aos do OSC. Por outro lado, o tempo não influenciou os isômeros de tocoferóis (Apêndice 17 e 18).

Os fitosteróis de plantas são sensíveis quando aquecidos a 180°C, devido a reações oxidativas e termolíticas durante as quais uma grande variedade de produtos de oxidação são formados. No óleo de colza termoxidado a 180°C, Lampi et al. (2002) identificaram teor de fitosteróis totais de 893 mg/100g e os três isômeros encontrados em maior quantidade foram sistosterol, campesterol e

brassicasterol, com 416, 314,3 e 88 mg/100g, respectivamente. Depois de 24 horas de aquecimento esses autores obtiveram um total de produtos de oxidação maior para o sistosterol (646 µg/g) do que do campesterol (452 µg/g). Os produtos de oxidação do brassicasterol não puderam ser identificados como os dos demais isômeros por cromatografia gasosa com espectrômetro de massa.

Ao estudarem a influência da adição de extrato de alecrim na oxidação dos fitosteróis do azeite de oliva, depois de 6 horas de aquecimento a 180°C, D'Evoli et al. (2006) obtiveram menor redução do total de fitosteróis no azeite de oliva adicionado com extrato de alecrim do que no azeite de oliva. No primeiro, a redução foi de 270 para 228 mg/100 g, totalizando perda de 15%, enquanto que, no segundo, a redução foi mais expressiva, passando de 255 para 172 mg/100g, totalizando 32%. De acordo com os autores, a adição do extrato de alecrim aumentou a estabilidade dos fitosteróis, cujos resultados foram confirmados por monitoramento via cromatografia gasosa com espectrômetro de massa da formação dos óxidos de sistosterol durante aquecimento.

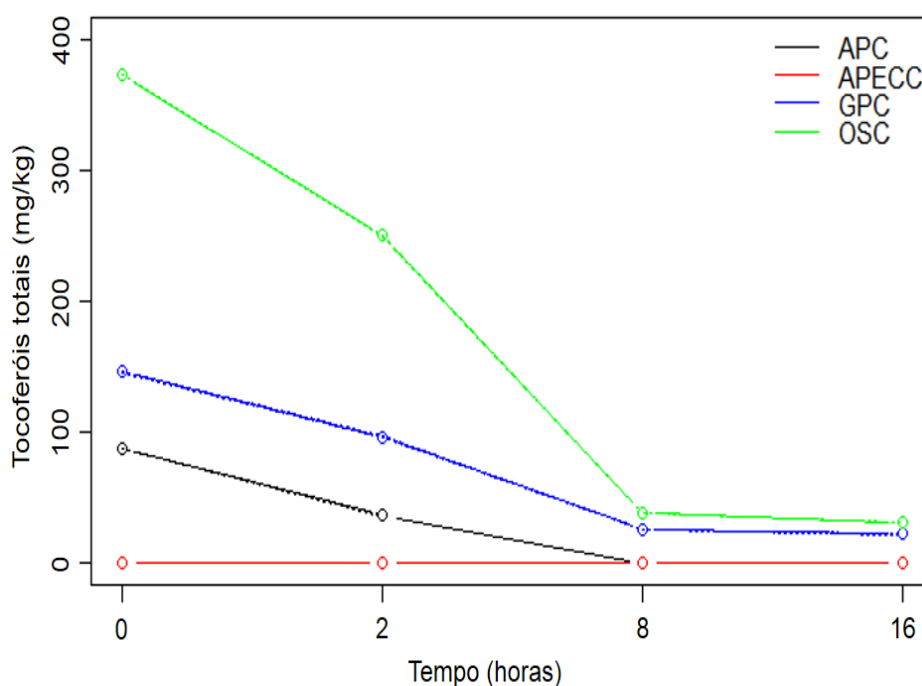
- Tocoferóis

Assim como os tocotrienóis, os tocoferóis pertencem ao grupo dos tococromanóis, que são compostos que apresentam atividade como vitamina E. Os tocoferóis são constituídos quimicamente por um núcleo básico (cromanol) formado por dois anéis (um fenólico e um heterocíclico) que são ligados a uma cadeia lateral isoprenoide alifática. De acordo com o número e a posição dos substituintes metila ligados às posições 5, 7 e 8 do anel aromático, formam-se isômeros distintos, denominados α , β , γ e δ -tocoferol (SAINI; KEUM, 2016). Assim, determinou-se o perfil de tocoferóis dos óleos avaliados neste estudo (Figura 43).

Em nenhum dos óleos foi identificado o isômero beta tocol e no APECC nenhum dos isômeros de tocoferol foram identificados. Como pode ser observado na Figura 41, no tempo 0, o APC apresentou aproximadamente 100 mg/kg de tocoferóis totais, enquanto no APECC não havia tocoferóis. Essa diferença na quantidade de tocoferóis dos azeites de pequi pode estar relacionada com o teor de carotenoides. Tanto os carotenoides quanto os tocoferóis são biosintetizados a partir de um precursor comum, o geranylgeranyl-pirofosfato. Quando há ação da enzima fitoeno sintase ocorre a formação de carotenoides e se há atuação da enzima geranylgeranyl

redutase associada à dioxigenase hidroxifenilpiruvato ocorre a formação dos tocoferóis. Como o APECC apresentou maior teor de carotenoides que o APC, pode-se inferir que o precursor comum foi totalmente utilizado para a formação dos carotenoides, ficando, assim, indisponíveis para formar os tocoferóis, ao contrário do APC, onde os precursores não foram totalmente transformados em carotenoides e, assim, puderam ser transformados em tocoferóis (KOCH; GOLDMAN, 2005).

Figura 43. Tocoferóis totais.



No início do processo a GPC apresentou 146,10 mg/kg de tocoferóis totais e ao final da termoxidação essa quantidade foi reduzida para 22,14 mg/kg de tocoferóis, o que representa uma perda de 85% (Apêndice 19). Trata-se de uma gordura derivada do óleo de palma bruto que passou por refinação. O óleo de palma bruto possui entre 600 e 1.000 ppm de tocoferóis (LAI; TAN; AKOH, 2012), mas o processo de refinação reduz seus teores de tocoferóis. A refinação química por ser realizada em temperatura mais baixa e em menor período de tempo, degrada menos os tocoferóis que a refinação física, principalmente se houver contato com ar (CHONG, 2012; DUNFORD, 2012).

Dentre os óleos avaliados, o OSC apresentou a maior quantidade de tocoferóis totais no tempo 0, com 372,20 mg/kg, mas ao final das 16 horas de termoxidação esse teor diminuiu 91,74%, assemelhando-se ao teor dos demais

óleos avaliados, restando apenas 30,75 mg/kg de tocoferóis. No estudo de Silva et al. (2010), que avaliaram a estabilidade oxidativa de diferentes óleos e condições de processamento, o óleo de soja *in natura* apresentou aproximadamente 630 mg/kg de tocoferóis totais. Depois de termoxidado a 180°C durante uma hora, o óleo de soja teve o teor de tocoferóis totais reduzido para aproximadamente 450 mg/kg.

Saoudi et al. (2016) aqueceram óleo de soja e óleo de soja aromatizado com alecrim e tomilho em fritadeira elétrica a 180°C. Observaram que entre 0 e 18 horas de aquecimento, o teor de tocoferóis totais nesses três óleos diminuiu. O óleo de soja controle (não-aromatizado) foi o que apresentou as maiores perdas de tocoferóis totais, passando de cerca de 375 mg/100 g para aproximadamente 50 mg/100 g depois de 18 horas, comportamento similar ao encontrado neste estudo para o OSC, que apresentou 372 mg/kg de tocoferóis totais no tempo zero e depois de 16 horas de aquecimento esse valor se reduziu a 30 mg/kg. Já nos óleos aromatizados a elevação do índice de *p*-anisidina foi menor, alcançando valores em torno de 70, o que neste estudo foi obtido para o azeite de pequi depois do aquecimento por 16 horas.

Os resultados para os tocoferóis foram analisados por meio da análise de variância não paramétrica de Kruskal Wallis (Apêndice 20 e 21) e estatisticamente todos os óleos influenciaram nos isômeros de tocoferóis enquanto os tempos foram significantes apenas para o isômero Delta tocol.

A redução dos tocoferóis ao longo da termoxidação pode ainda estar relacionada às funções antioxidantes, pró antioxidantes e de eliminação de radicais que estes compostos possuem. O isômero α -tocopherol funciona como antioxidante (doador de átomo de hidrogênio) quebrando a cadeia do lipídio, interceptando os radicais peroxila durante a oxidação lipídica (ROO[•]) (SAINI, KEUM, 2016).

5.3 Análise sensorial

Por ter se tornado um método de cocção muito utilizado, principalmente nas últimas décadas, a fritura passou a ser amplamente estudada. Apesar das características sensoriais que a fritura proporciona aos alimentos e que agradam ao consumidor, a utilização de óleos sem o devido controle leva à degradação destes, promovendo alterações físicas e químicas (PAUL; MITTAL, 1997; ZHANG et al., 2012).

Quando a hipótese desta tese, de que o azeite de pequi tem potencial para ser utilizado em processos de fritura, foi levantada, se os resultados das análises físico-químicas dos azeites de pequi submetidos aos ensaios de teste acelerado em estufa e termoxidação mostrassem resistência ao aquecimento, uma das preocupações era se haveria aceitação sensorial dos alimentos que viessem a ser fritos nesse azeite. Nos estudos de Tohma e Turan (2015), por exemplo, o óleo de avelã adicionado de extrato e de óleo essencial de alecrim foi resistente ao aquecimento, mas não houve aceitação sensorial do produto frito, inviabilizando a utilização desses óleos em processo de fritura.

Devido à popularidade, tanto em serviços de alimentação quanto no ambiente doméstico, escolheu-se palitos de batata pré-fritos congelados para serem avaliados sensorialmente (LINDE et al., 2006; BINGOL et al., 2012; KOERTEN et al., 2015). Além do azeite de pequi, foram avaliadas ainda batatas fritas no óleo de soja comercial, muito utilizado em frituras domésticas e na gordura de palma comercial, muito utilizada nas frituras em serviços de alimentação (KALOGEROPOULOS; ANDRIKOPOULOS, 2004; TAN et al., 2017).

Como a avaliação dos óleos pós-fritura não era o foco, optou-se por fazer apenas uma fritura em cada batelada de óleo e em seguida descartá-lo. Assim, evitou-se a influência dos ciclos de fritura nas características sensoriais das batatas fritas e também garantiu-se que os consumidores não fossem expostos à nenhuma possibilidade de ingerir batatas fritas em óleos potencialmente degradados pela reutilização.

A textura das batatas fritas no APC, GPC e OSC foi avaliada utilizando-se uma escala hedônica estruturada de nove pontos que tinha como extremos “extremamente murcha” (1) e “extremamente crocante” (9). Para os demais atributos sensoriais de cor, aparência, sabor e aceitação global utilizou-se a escala hedônica estruturada de nove pontos convencional, onde os extremos foram “desgostei extremamente” (1) e “gostei extremamente” (9).

As médias obtidas para os atributos sensoriais avaliados (Tabela 2) revelaram que as batatas fritas no azeite de pequi comercial foram aceitas pelos consumidores, pois os valores são superiores a cinco, categoria que designa a opinião “não gostei nem desgostei” e em muitos casos estatisticamente iguais às médias acima de seis dos demais óleos, o que caracteriza “gostei ligeiramente”. As batatas fritas no APC

não foram, então, rejeitadas pelos consumidores, pois não foram observadas médias inferiores a quatro, que designa “desgostei ligeiramente”.

Tabela 2. Comparação para a aceitação sensorial de batatas fritas nos óleos estudados.

Óleos	Atributos				
	Textura	Cor	Aparência	Sabor	Aceitação global
APC	6,40 ± 1,66 ^b	5,92 ± 1,98 ^b	6,26 ± 1,97 ^b	5,99 ± 2,10 ^b	6,09 ± 1,82 ^b
GPC	7,52 ± 1,14 ^a	7,97 ± 1,00 ^a	7,98 ± 1,02 ^a	8,03 ± 0,99 ^a	7,94 ± 0,80 ^a
OSC	6,76 ± 1,56 ^b	7,81 ± 1,17 ^a	7,99 ± 1,02 ^a	7,72 ± 1,28 ^a	7,67 ± 1,12 ^a
p-valor	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001

Médias seguidas por letras distintas, nas colunas, diferem pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

Na comparação entre as médias dos atributos sensoriais das batatas fritas no APC, GPC e OSC, aquelas fritas no APC tiveram menor aceitação do que aquelas fritas na GPC e que no OSC (Tabela 2). A cor amarelada do azeite de pequi deixou as batatas fritas nesse azeite mais amarelas do que a cor tradicionalmente encontrada em batatas fritas. Em muitas fichas dos consumidores foram observados cometários que criticavam a cor amarelada das batatas fritas e que julgavam que essa cor estava associada à adição de corantes sintéticos nos óleos ou nas batatas para que elas ficassem com essa coloração. Nos estudos de Ravi, Prakash e Bhat (2005), onde foram avaliados sensorialmente os atributos de batatas fritas em diferentes blends de óleos, aquelas fritas nos blends mais amarelos e amarelo-avermelhados foram as que obtiveram os menores escores para o atributo cor.

As batatas fritas na GPC e no OSC foram igualmente aceitas para todos os atributos avaliados. A menor aceitação das batatas fritas no APC em relação às aquelas fritas na GPC e no OSC pode, dentre outros fatores, estar relacionada ao local onde a avaliação sensorial foi realizada. O pequi e seus derivados são bastante consumidos em outros estados, como por exemplo Goiás, Minas Gerais e Tocantins, mas em São Paulo, estado onde foi realizada a análise sensorial, o pequi não é amplamente conhecido e apreciado pela população (SILVA et al., 2003).

Ainda que as batatas fritas no APC tenham recebido algumas notas um, que caracterizam “desgostar extremamente” e algumas notas cinco, que indicam “não gostar nem desgostar”, a maior porcentagem de notas atribuídas (Figuras 44a, 44b,

44c e 44d) esteve acima de seis, onde encontra-se a classificação “gostei ligeiramente”, obtendo-se nos somatórios de frequência de notas valores de seis a nove superiores a 60% em todos os atributos sensoriais avaliados (Figuras 44a, 44b, 44c e 44d). Dentre os atributos avaliados nas batatas fritas, o mais aceito foi a textura, com 70,67% de notas superior a seis, seguido da aceitação global, que apresentou 66,67%. Analisando as Figuras 44b e 44c, que mostram a frequência de respostas pode-se notar, pela semelhança dos resultados em ambas as figuras, que a cor foi um atributo que teve bastante influencia nas respostas obtidas para o atributo aparência.

Quando os consumidores foram questionados quanto à intenção de consumo das batatas fritas no APC, GPC e OSC, 44,17% afirmaram possuir intenção positiva de consumo das batatas fritas no APC, enquadrando suas respostas na categoria “eu certamente consumiria” ou na categoria “eu provavelmente consumiria” (Figura 45).

A maior porcentagem de intenção positiva de consumo foi obtida para as batatas fritas na GPC, somando 97,50%. Essa alta intenção de consumo pode estar relacionada ao fato de que esta é uma gordura especialmente desenvolvida para ser utilizada em processos de fritura, bastante utilizada nos estabelecimentos de *food service*. Assim, as batatas fritas na GPC possivelmente apresentaram características semelhantes àquelas que os consumidores já estão acostumados no seu consumo cotidiano, que são batatas fritas bastante crocantes sem, no entanto, nenhum tipo de influência no sabor delas.

Tohma e Turan (2015) testaram o óleo de avelã adicionado de extrato e de óleo essencial de alecrim em fritura por imersão de palitos de batata congelados a 180°C durante 3 minutos. A análise sensorial deste trabalho revelou que o óleo de avelã adicionado com o alecrim, apesar de ter alta atividade antioxidante, apresentou sabor e aroma muito característicos. As batatas fritas no óleo de avelã adicionado de extrato etanólico de alecrim tiveram as maiores pontuações em sabor, aroma e aceitação global. As pontuações de aparência foram bem próximas entre os quatro óleos testados (óleo de avelã com: alecrim, extrato etanólico de alecrim, óleo essencial de alecrim e controle). As batatas fritas nos óleos de avelã com os aditivos de alecrim tiveram as menores crocâncias.

Em seus estudos, Nor et al. (2008) utilizaram oleína de palma refinada, branqueada e desodorizada como meio de fritura de batatas. Os tratamentos

avaliados foram oleína controle, oleína adicionada do extrato das folhas de *Pandanus amaryllifolius* e oleína com antioxidante sintético BHT. Os atributos cor, aroma, oleosidade, crocância, sabor e qualidade global das batatas fritas foram avaliados por equipe treinada, utilizando escala hedônica de nove pontos e os óleos foram avaliados nos tempos 8, 24 e 40 horas de fritura. Os resultados revelaram que as batatas fritas em todos os tratamentos foram igualmente aceitas em todos os atributos avaliados, obtendo médias das notas da escala hedônica entre 4 e 8.

Figura 44a. Frequência de respostas para a aceitação sensorial de textura.

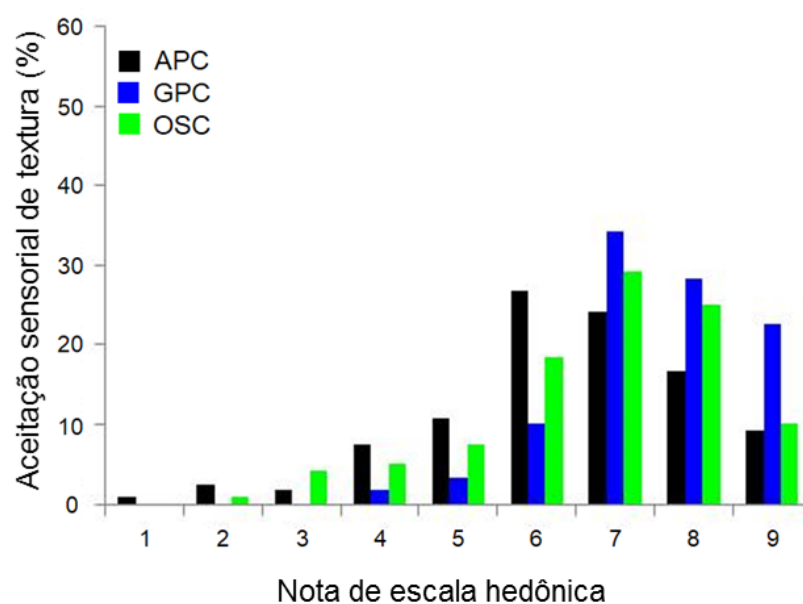


Figura 44b. Frequência de respostas para a aceitação sensorial de cor.

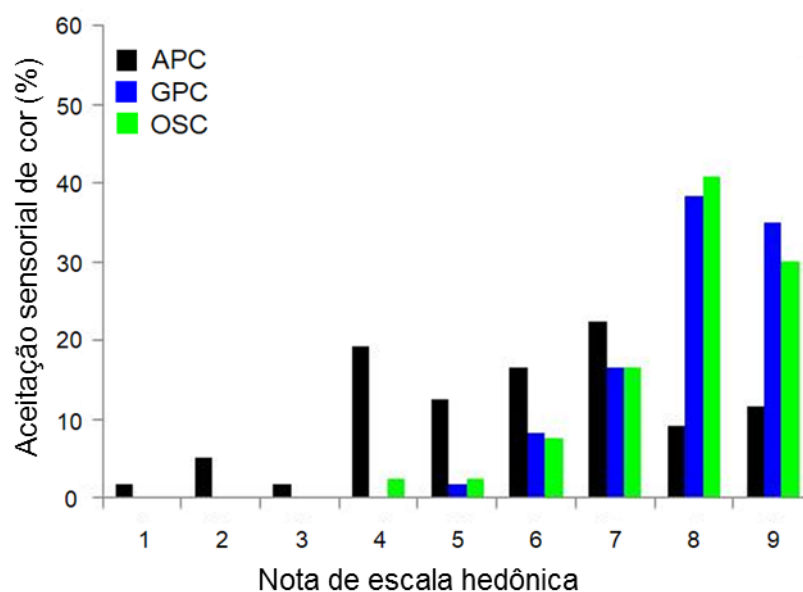


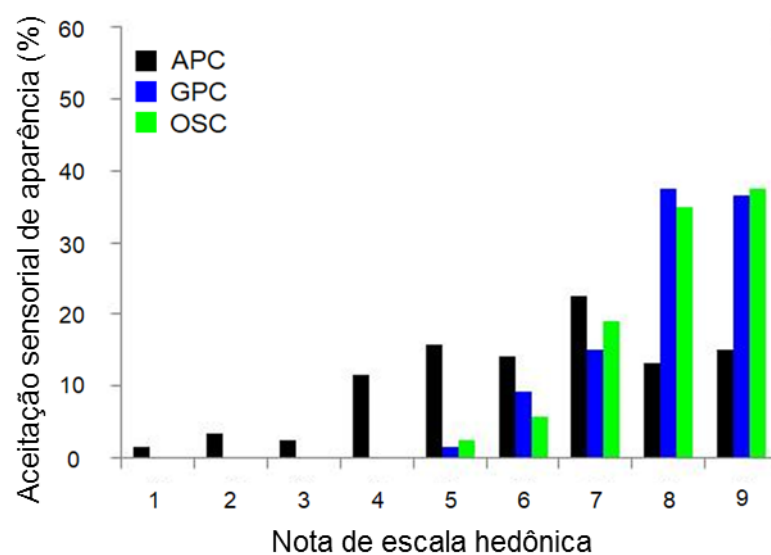
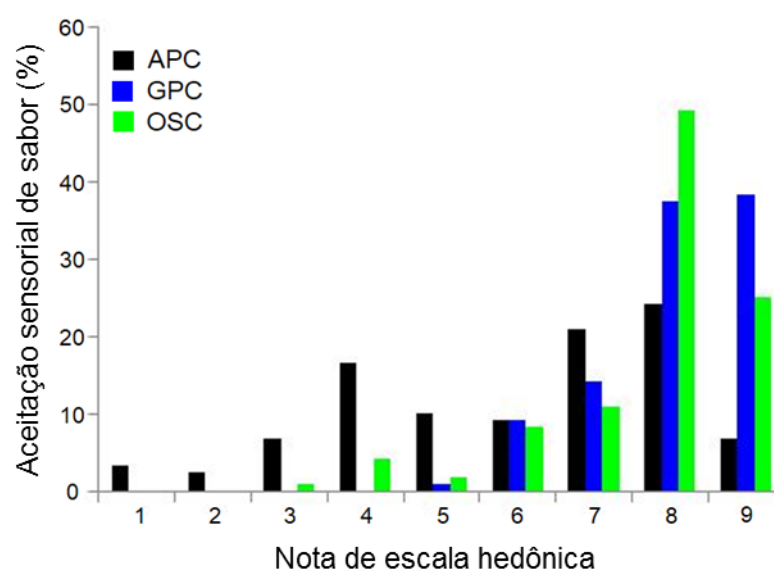
Figura 44c. Frequência de respostas para a aceitação sensorial de aparência.**Figura 44d.** Frequência de respostas para a aceitação sensorial de sabor.

Figura 44e. Frequência de respostas para a aceitação sensorial de aceitação global.

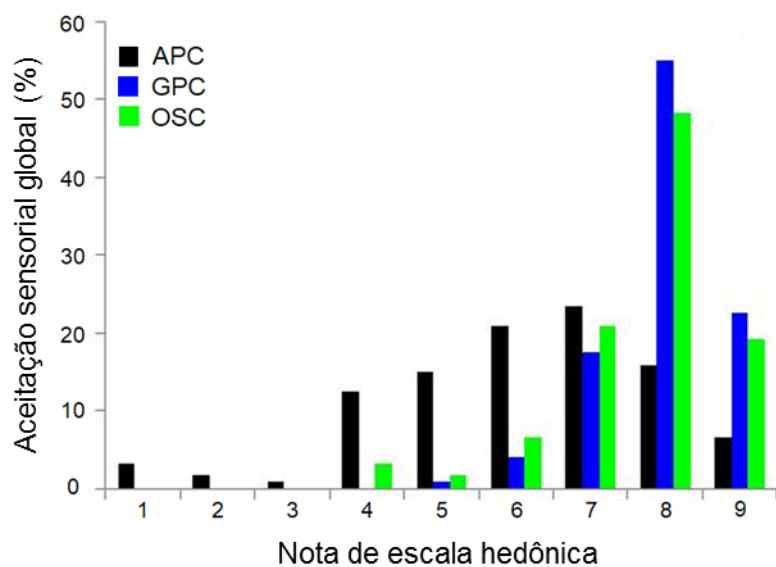
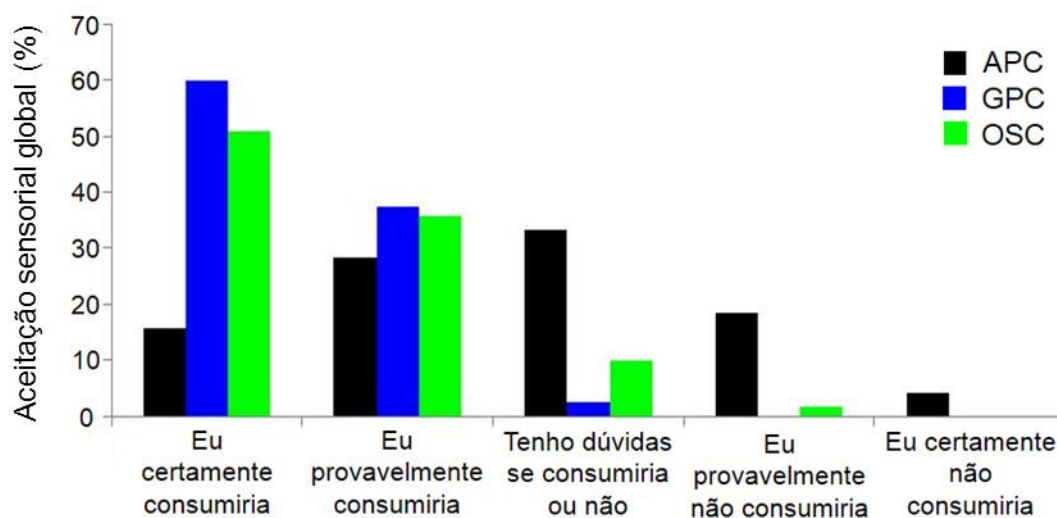


Figura 45. Frequência de respostas para a intenção de consumo das batatas fritas nos óleos avaliados.



6 CONCLUSÃO

As análises físico-químicas dos óleos submetidos ao teste acelerado em estufa mostraram que os azeites de pequi, em geral, apresentaram características similares à GPC e foram mais resistentes que o OSC durante a estocagem. Devido à temperatura amena utilizada neste teste não foram verificadas variações de cor significativas.

Os azeites de pequi no tempo inicial apresentaram mais de 250 mg β -caroteno/kg. Os carotenoides e os compostos fenólicos totais dos azeites de pequi foram resistentes até o tempo final do teste acelerado em estufa. Pode-se destacar nos azeites de pequi, ainda, os fitosteróis, que foram encontrados em maior quantidade, enquanto para os tocoferóis, os maiores teores foram identificados no OSC.

Os resultados obtidos para os óleos submetidos ao ensaio de termoxidação mostraram características físico-químicas dos azeites de pequi semelhantes às da GPC ao longo do aquecimento. O OSC apresentou os maiores aumentos nos índices analisados quando comparado com os demais óleos. A estabilidade oxidativa inicial dos azeites de pequi foi alta e semelhante à GPC, mas durante a termoxidação diminuiu e ao final foi baixa e semelhante à do OSC. Alterações de cor foram observadas em todos os óleos. Depois de 4 horas as coordenadas de cor dos azeites de pequi passaram do quadrante amarelado para o esverdeado.

Apesar da grande quantidade de carotenoides dos azeites de pequi no tempo inicial, depois de quatro horas de termoxidação foram totalmente degradados. O mesmo foi verificado para os compostos fenólicos identificados nesses azeites. Os azeites de pequi foram os que apresentaram as maiores quantidades de fitosteróis. O OSC foi o que apresentou as maiores quantidades de tocoferóis.

Na análise sensorial, as batatas fritas na GPC e no OSC foram globalmente mais aceitas que aquelas fritas no APC, entretanto, as notas médias obtidas ficaram acima da média 6, que descreve “gostar ligeiramente”.

Diante dos resultados obtidos nas análises físico-químicas e de compostos bioativos para as amostras aquecidas, juntamente com os da análise sensorial, pode-se concluir que o azeite de pequi tem potencial para ser utilizado como meio de fritura.

REFERÊNCIAS

ACHIR, N.; RANDRIANATOANDRO, V. A.; BOHUON, P.; LAFFARGUE, A.; AVALLONE, S. Kinetic study of β -carotene and lutein degradation in oils during heat treatment. **European Journal of Lipid Science and Technology**, Berlim, v. 112, n. 3, p. 349-361, 2010.

AGUILAR, E. C.; JASCOLKA, T. L.; TEIXEIRA, L. G.; LAGES, P. C.; RIBEIRO, A. C. C.; VIEIRA, E. L. M.; PELUZIO, M. C. G.; ALVAREZ-LEITE, J. I. Paradoxical effect of a pequi oil-rich diet on the development of atherosclerosis: balance between antioxidant and hyperlipidemic properties. **Brazilian Journal of Medical and Biological Research**, Ribeirão Preto, v. 45, n. 7, p. 601-609, 2012.

AHA. AMERICAN HEART ASSOCIATION. Scientific Statement: Summary of the scientific conference on dietary fatty acids and cardiovascular health. Conference summary from the nutrition committee of The American Heart Association. **Circulation**, Dallas, v. 103, n. 7, p. 1034-1039, 2001.

AKOH, C. C.; MIN, D. B. **Food lipids**: chemistry, nutrition and biotechnology. 2. ed. New York: Basel, 2002. 1014 p.

ALMEIDA, N. M.; MOURA, J. M. L. N.; MOREIRA, R. C. N.; FRANCO, M. R. B. Tocoferóis do músculo dorsal e cavidade ocular do matrinxã (*Brycon cephalus*) proveniente da Bacia Amazônica em diferentes épocas sazonais. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 36, n. 2, p. 636-640, 2006.

ALMEIDA, S. P.; SILVA, J. A. **Pequi e buriti**: importância alimentar para a população dos cerrados. Planaltina: EMBRAPA - CPAC, 1994. 38p.

ALVES, C. C. O.; RESENDE, J. V.; CRUVINEL, R. S. R.; PRADO, M. E. T. Estabilidade da microestrutura e do teor de carotenóides de pós obtidos da polpa de pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.) liofilizada. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 28, n. 4, p. 830-839, 2008.

AMATI, L.; CAMPANELLA, L.; DRAGONE, R.; NUCCILLI, A.; TOMASSETTI, M. VECCHIO, S. New investigation of the isothermal oxidation of extra virgin olive oil: determination of free radicals, total polyphenols, total antioxidante capacity, and kintic data. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 56, n. 18, p. 8287-8295, 2008.

ANGELO, P. M.; JORGE, N. Antioxidant evaluation of coriander extract and ascorbyl palmitate in sunflower oil under thermoxidation. **Journal of the American Oil Chemists' Society**, Champaing, v. 85, n. 11, p. 1045-1049, 2008.

ANNUNZIATA, A.; VECCHIO, R. Functional foods development in the European market: A consumer perspective. **Journal of Functional Foods**, London, v. 3, n. 3, p. 223-228, 2011.

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.

ANVISA. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Informe Técnico nº 11, de 5 de outubro de 2004**. Óleos e gorduras utilizados em frituras. Disponível em: <http://www.anvisa.gov.br/alimentos/informes/11_051004.htm> Acesso em: 25/09/2016.

ANVISA. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Resolução nº 270, de 22 de setembro de 2005**. Regulamento técnico de identidade e qualidade de óleos vegetais, gorduras vegetais e creme vegetal, Brasília, DF, ANVISA, 2005. Disponível em: < <http://www.anvisa.gov.br/e-legis/>>. Acesso em 15 maio 2016.

AOCS. AMERICAN OIL CHEMISTS SOCIETY (AOCS). **Official and tentative methods of the American Oil Chemists' Society**: including additions and revisions. 6. ed. Champaign, 2009.

AQUINO, L. P. **Extração do óleo da polpa de pequi (*Caryocar brasiliense*): influência das variáveis operacionais**. 2007. 95 f. Dissertação (Mestrado em Ciência de Alimentos) - Departamento de Ciência dos Alimentos, Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2007.

AQUINO, L. P.; FERRUA, F. Q.; BORGES, S. V.; ANTONIASSI, R.; CORREA, J. L. G.; CIRILLO, M. A. Influência da secagem do pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.) na qualidade do óleo extraído. **Ciência e Tecnologia dos Alimentos**, Campinas, v. 29, n. 2, p. 354-357, 2009.

AZEVEDO-MELEIRO, C. H.; RODRIGUEZ-AMAYA, D. B. Confirmation of the identify of the carotenoids of tropical fruits by HPLC-DAD and HPLC-MS. **Journal of Food Composition and Analysis**, San Diego, v. 17, n. 3-4, p. 385-396, 2004.

BACHARI-SALEH, Z.; EZZATPANAH, H.; AMINAFSHAR, M.; SAFAFAR, H. The effect of refining process on the conjugated dienes in soybean oil. **Journal of Agricultural Science and Technology**, Dallas, v. 15, n. 2, p. 1185-1193, 2013.

BELCUORE, H. Evaluación de la oxidación lipídica en alimentos. **Grasas y Aceites**, Sevilla, v.1, n. 66, p. 144-147, 2007.

BINGOL, G.; ZHANG, A.; PAN, Z.; MCHUGH, T. H. Producing lower-calorie deep fat fried French fries using infrared dry-blanching as pretreatment. **Food Chemistry**, Barking, v. 132, n. 2, p. 686-692, 2012.

BITTAR, I. M. B. Modernização do cerrado brasileiro e desenvolvimento Sustentável: revendo a história. **Revista Verde**, Pombal, v. 6, n. 1, p. 26-38, 2011.

BOATELLA RIERA, J.; CODONY, R. **Recycled cooking oils: Assessment of risks for public health. Scientific and Technological Options Assessment**. European Parliament. Disponível em:

<[http://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/etudes/join/2000/289889/DG-4-JOIN_ET\(2000\)289889_EN.pdf](http://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/etudes/join/2000/289889/DG-4-JOIN_ET(2000)289889_EN.pdf)> Acesso em: 20/09/2016.

BORGES, T. H.; PEREIRA, J. A.; CABRERA-VIQUE, CARMEN; LARA, L.; OLIVEIRA, A. F.; SEIQUER, I. Characterization of arbequina virgin olive oils produced in different regions of Brazil and Spain: Physicochemical properties, oxidative stability and fatty acid profile. **Food Chemistry**, Barking, v. 215, p. 454-462, 2017.

BOSKOU, D. (Ed.). **Olive oil: chemistry and technology**. Champaign: AOCS Press, 1996. p. 114.

BOTEGA, D. Z.; BASTIDA, S.; MARMESAT, S.; PERZ-OLLEROS, L.; RUIZ-ROSO, B., SANCHEZ-MUNIZ, F. J. Carob fruit polyphenols reduce tocopherol loss, triacylglycerol polymerization and oxidation in heated sunflower oil. **Journal of the American Oil Chemists' Society**, Champaing, v. 86, n. 5, p. 419-425, 2009.

BRADLEY, D. G; MIN, D. B. Singlet oxygen oxidation of foods. **Critical Review Food Science and Nutrition**, San Diego, v. 31, n. 3, p. 211-236, 1992.

BRANDÃO, S. C. C. Novas gerações de produtos lácteos funcionais. **Revista Laticínios**, São Paulo, v. 6, n. 37, p. 64-66, 2002.

BRASIL. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. **Portaria IBAMA nº 113**. IBAMA, Brasília, 1995.

BRASIL. **Portaria DINAL/MS nº 04**, de 29 de maio de 1989, Brasília, 1989.

BURTON, G. W.; INGOLD, K. U. β -Carotene: an unusual type of lipid antioxidant. **Science**, Washington, v. 224, n. 4649, p. 569-573, 1984.

CAETANO, A. C. S.; RAÚJO, C. R.; LIMA, V. L. A. G.; MACIEL, M. I. S.; MELO, E. A. Evaluation of antioxidant activity of agro-industrial waste of acerola (*Malpighia emarginata* D.C.) fruit extracts. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 31, n. 3, p. 769-775, 2011.

CAMPANELLA, L.; NUCCILLI, A.; TOMASSETTI, M.; VECCHIO, S. Biosensor analysis for the kinetic study of polyphenols deterioration during the forced thermal oxidation of extra-virgin olive oil. **Talanta**, London, v. 74, n. 5, p.1287-1298, 2008.

CARDOSO, L. M.; REIS, B. L.; HAMACEK, F. R.; PINHEIRO SANT'ANA, H. M. Chemical characteristics and bioactive compounds of cooked pequi fruits (*Caryocar brasiliense* Camb.) from the Brazilian Savannah. **Fruits**, Paris, v. 68, p. 3-14, 2013.

CASAL, S.; MALHEIRO, R.; SENDAS, A.; OLIVEIRA, B. P. P.; PEREIRA, J. A. Olive oil stability under deep-frying conditions. **Food and Chemical Toxicology**, Oxford, v. 48, n. 10, p. 2972-2979, 2010.

CASAROTTI, S. N.; JORGE, N. Antioxidant activity of rosemary extract in soybean oil under thermoxidation. **Journal of Food Processing and Preservation**, Westport, v. 38, n. 1, p. 136-145, 2014.

CASTRO, A. J. S.; GRISOLIA, C. K.; ARAÚJO, B. C.; DIAS, C. D.; DUTRA, E. S.; NEPOMUCENO, J. C. Recombinogenic effects of the aqueous extract of pulp from pequi fruit (*Caryocar brasiliense*) on somatic cells of *Drosophila melanogaster*. **Genetics and Molecular Research**, Ribeirão Preto, v. 7, n. 4, p. 1375-1383, 2008.

CEASA GO - Centrais de Abastecimento de Goiás. **Análise conjuntural 2015 nº40**. Goiânia: CEASA GO, 2016. 304p.

CHANTZOS, N. V.; GEORGIU, C. A. Following oil quality during thermal stress through total antioxidant capacity assays. In: PAPADOPOULOS, N. K. **Food Chemistry Research Developments**. New York: Nova Science Publishers, 2008. p. 13-20.

CHENG, Y.; XU, Q.; LIU, J.; ZHAO, C.; XUE, F.; ZHAO, Y. Decomposition of five phenolic compounds in high temperature water. **Journal of the Brazilian Chemical Society**, São Paulo, v. 25, n. 11, p. 2102-2107, 2014.

CHOE, E.; MIN, D. B. Chemistry and reactions of reactive oxygen species in foods. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 70, n. 9, p. R142-R159, 2005.

CHOE, E.; MIN, D. B. Chemistry of deep-fat frying oils. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 72, n. 5, p. R77-R86, 2007.

CHONG, C. L. Measurement and maintenance of palm oil quality. In: **Palm oil - production, processing, characterization, and uses**. Urbana: AOCS Press, 2012. P. 431-470.

CHONG, Y. M.; CHANG, S. K.; SAI, W. C. M.; YIM, H. S. Antioxidant efficacy of mangosteen (*Garcinia mangostana* Linn.) peel extracts in sunflower oil during accelerated storage. **Food Bioscience**, Oxford, v. 12, p. 18-25, 2015.

CIHELKOVÁ, K; ZÁRUBOVÁ, I.; FILIP, V.; ŠMIDRKAL, J. Changes of sunflower oil polyenoic fatty acids under high temperatures. **Czech Journal of Food Sciences**, Prague, v. 27, n. special issue, p. s13-s16, 2009.

CLARK, W. L.; SERBIA, G. W. Safety aspects of frying fats and oils. **Food Technology**, Chicago, v. 45, n.2, p. 84-89, 1991.

CODEX. CODEX ALIMENTARIUM COMMISSION. **Codex Stan 210-1999**: codex standard for named vegetable oils. Rome, 2009.

COIMBRA, M. C.; BRUNO, F.; GALLO, F.; CARRETA, R.; COSTA, R. B.; DEL RÉ, P. V.; JORGE, N. Aplicação de extrato de alecrim em óleo de soja e sua relação com o perfil lipídico in vivo. **Alimentos e Nutrição**, Araraquara, v. 18, n. 3, p. 309-314, 2007.

COMAN, M. M; CECCHINI, C.; VERDENELLI, M. C.; SILVI, S.; ORPIANESI, C.; CRESCI, A. Functional foods as carriers for SYN BIO®, a probiotic bacteria combination. **International Journal of Food Microbiology**, Amsterdam, v. 157, n. 3, p. 346-352, 2012.

COMBEA, N.; ROSSIGNOL-CASTERA, A. Huiles végétales et friture. **Cahiers de nutrition et de dietetique**, Paris, v. 45, n. 6, p. S44-S51, 2010.

CORDEIRO, M. W. S.; CAVALLIERI, A. L. F.; FERRI, P. H.; NAVES, M. M. V. Características físicas, composição químico nutricional e dos óleos essenciais da polpa de *Caryocar brasiliense* nativo do estado de Mato Grosso. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 35, n. 4, p. 1127-1139, 2013.

CUVELIER, M.; LACOSTE, F.; COURTOIS, F. Application of a DSC model for evaluation of TPC in termo-oxidized oil. **Food Control**, Vurrey, v. 28, n. 2, p. 441-444, 2012.

D'EVOLI, L.; HUIKKO, L.; LAMPI, A.; LUCARINI, M.; LOMBARDI-BOCCIA, G.; NICOLI, S.; PIIRONEN, V. Influence of rosemary (*Rosmarinus officinalis*, L.) on plant sterol oxidation in extra virgin olive oil. **Molecular Nutrition & Food Research**, Weinheim, v. 50, n. 9, p. 818-823, 2006.

DAIRI, S.; GALEANO-DIAZ, T.; ACEDO-VALENZUELAB, M. I.; GODOY-CABALLERO, M. P.; DAHMOUNE, F.; REMINI, H.; MADANI, K. Monitoring oxidative stability and phenolic compounds composition of myrtle-enriched extra virgin olive during heating treatment by flame, oven and microwave using reversed phase dispersive liquid-liquid microextraction (RP-DLLME)-HPLC-DAD-FLD method. **Industrial Crops and Products**, Amsterdam, v. 65, p. 303-314, 2015.

DE LEONARDIS, A.; MACCIOLA, V. Heat-oxidation stability of palm oil blended with extra virgin olive oil. **Food Chemistry**, Barking, v. 135, n. 3, p. 1769-1776, 2012.

DIMAKOU, C.; OREOPOULOU, V. Antioxidant activity of carotenoids against the oxidative destabilization of sunflower oil-in-water emulsions. **LWT - Food Science and Technology**, London, v. 46, n. 2, p. 393-400, 2012.

DOBARGANES, C. Formation and analysis of high molecular weight compounds in frying fats and oils. **Oléagineux, Corps Gras, Lipides**, Paris, v. 5, n. 1, p. 41-47, 1998.

DUCHATEAU, G. S. M. J. E; BAUER-PLANK, C. G.; LOUTER, A. J. H.; HAM, M.; BOERMA, M.; ROOIJEN, J. J. M.; ZANDBELT, P. A. Fast and accurate method for total 4-desmethy sterol's, content in spreads, fat-blends and raw materials. **Journal of the American Oil Chemists' Society**, Champaing, v. 79, n. 3, p. 273-278, 2002.

DUNFORD, N. T. Advancements in oil and oilseed processing. In: NURHAN T. DUNFORD (Ed.). **Food and industrial bioproducts and bioprocessing**. Iowa: John Wiley and Sons Inc, 2012. p. 115-143.

EFRON, B; TIBSHIRANI, R. J. **An introduction to the bootstrap**. New York: Chapman & Hall. 1993. 456p.

EUNJOO, H. K. Linoleic acid hydroperoxide induced peroxidation of endotelial cell phospholipids and cutotoxicity. **Free Radical Biological Medicine**, Los Angeles, v. 17, n. 4, p. 285-295, 1994.

FACIOLI, N. L. **Modificação por via enzimática da composição triglicéridica do óleo de piqui (*Caryocar brasiliense* camb)**. 1996. 79f. Dissertação (Mestrado Mestrado em Tecnologia de Alimentos) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1996.

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

FARHOOSH, R.; KHODAPARAST, M. H. H.; SHARIF, A.; RAFIEE, S. A. Olive oil oxidation: rejection points in terms of polar, conjugated diene, and carbonyl values. **Food Chemistry**, Barking, v. 131, n. 4, p.1385-1390, 2012.

FARIA-MACHADO, A. F.; TRES, A.; RUTH, S. M.; ANTONIASSI, R. JUNQUEIRA, N. T. V.; LOPES, P. S. N.; BIZZO, H. R. Discrimination of pulp oil and kernel oil from pequi (*caryocar brasiliense*) by fatty acid methyl esters fingerprinting, using gc-fid and multivariate analysis. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 63, n. 45, p. 10064-10069, 2015.

FERRÍS-TORTAJADA, J.; BERBEL-TORNERO, O.; GARCÍA-CASTELL, J.; ORTEGA-GARCÍA, J. A.; LÓPEZ-ANDREU, J. A. Factores dietéticos asociados al cáncer de próstata. Beneficios de la dieta mediterránea. **Actas Urológicas Españolas**, Madrid, v. 36, n. 4, p. 239-245, 2012.

FRAGOSO, Y. D.; STONEY, P. N.; McCAFFERY, P. J. The Evidence for a Beneficial Role of Vitamin A in Multiple Sclerosis. **CNS Drugs**, Mairangi Bay, v. 28, n. 4, p. 291, 299, 2014.

FRANKEL, E. N. Chemistry of extra virgin olive oil: adulteration, oxidative stability, and antioxidants. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 58, n. 10, p. 5991-6006, 2010.

FRANKEL, E. N.; SATUÉ-GRACIA, R.; MEYER, A. S.; GERMAN, J. B. Oxidative stability of fish and algae oils containing long-chain polyunsaturated fatty acids in bulk and in oil-in-water emulsions. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 50, n. 7, p. 2094-2099, 2002.

FREITAS, L. R.; VENTURA, A. P. M.; QUEIROGA, R. C. R. E.; PAULO, M. Q. Influence of the frying recipients in the quality of soy and refined nhandiroba vegetable oils. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, Curitiba, v. 52, n. 1, p. 197-206, 2009.

FREITAS, A. C.; RODRIGUES, D.; ROCHA-SANTOS, T. A. P.; GOMES, A. M. P.; DUARTE, A. C. Marine biotechnology advances towards applications in new functional foods. **Biotechnology Advances**, New York, v. 30, n. 6, p. 1506-1515, 2012.

FRITZ, K. L.; SEPPANEN, C. M.; KURZER, M. S.; SAARI CSALLANY, A. The *in vivo* antioxidant activity of soybean isoflavones in human subjects. **Nutrition Reviews**, New York, v. 23, n. 4, p. 479-487, 2003.

GARCIA, C. C.; FRANCO, P. I. B. M.; ZUPPA, T. O.; ANTONIOSI FILHO, N. R.; LELES, M. I. G. Thermal stability studies of some cerrado plant oils. **Journal of Thermal Analysis and Calorimetry**, Dordrecht, v. 87, n. 3, p. 645-648, 2007.

GERTZ, C.; KLOSTERMANN, S.; KOCHHAR, S. P. Testing and comparing oxidative stability of vegetable oils and fats at frying temperature. **European Journal of Lipid Science and Technology**, Berlin, v. 102, n. 8-9, p. 543-551, 2000

GHARACHORLOO, M.; GHAVAMI, M.; MAHDIANI, M.; AZIZINEZHAD, R. The effects of microwave frying on physicochemical properties of frying and sunflower oils. **Journal of the American Oil Chemists' Society**, Champaing, v. 87, n. 3, p. 355-360, 2010.

GOLDSMITH, C. D.; STATHOPOULOS, C. E.; GOLDING, J. B.; ROACH, P. D. Fate of the phenolic compounds during olive oil production with the traditional press method. **International Food Research Journal**, Selangor, v. 21, n. 1, p. 101-109, 2014.

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

GÜNEŞER, O. Pigments and color stability of beetroot betalains in cow milk during thermal treatment. **Food Chemistry**, Barking, v. 196, p. 220-227, 2016.

GUNSTONE, F. D.; HARWOOD, J. L.; DIJKSTRA, A. J. **The Lipid Handbook**. Boca Raton: CRC Press, 2007. 791p.

HAMILTON, R. J.; ROSSELL, J. B.; HUDSON, B. J. F.; LÖLIGER, J.; In: ALLEN, J. C.; HAMILTON, R. J. **Rancidity in foods**. Applied Science Publishers LTD: London, 1983, p. 1.

HARDY, G. Nutraceuticals and functional foods: Introduction and meaning. **Nutrition**, London, v. 16, 688-697, 2000.

HOGAN, D. J.; CUNHA, J. M. C.; CARMO, R. L. Uso do solo e mudança de sua cobertura no centro-oeste do Brasil: consequências demográficas, sociais e ambientais. In: HOGAN, D. J.; CARMO, R. L.; CUNHA, J. M. P.; BAENINGER, R. (org.). **Migração e ambiente no centro-oeste**. Campinas: NEPO/UNICAMP-PRONEX, 2002, p. 149-174.

HUI, M. Y.; BOR-SEM, W.; SHIOW, C. H.; PIN-DER, D. Comparison of protective effects between cultured *Cordyceps militari* and natural *Cordyceps sinensis* against oxidative damage. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 54, p. 3132-3138, 2006.

HUSAIN, S. R.; TERAJO, J.; MATSUSHITA, S. Effect of browning reaction products of phospholipids on autoxidation of methyl linoleate. **Journal of the American Oil Chemists' Society**, Champaign, v. 63, n. 11, p. 1457-1460, 1986.

HRNCIRIK, K.; FRITSCH, S. Relation between the Endogenous Antioxidant System and the Quality of Extra Virgin Olive Oil under Accelerated Storage Conditions. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 53, n. 6, p. 2103-2110, 2005.

HWANG, H.; DOLL, K. M.; WINKLER-MOSER, J. K.; VERMILLION, K.; LIU, S. X. No evidence found for diels-alder reaction products in soybean oil oxidized at the frying temperature by nmr study. **Journal of the American Oil Chemists' Society**, Champaign, v. 90, n. 6, p. 825-834, 2013.

IBGE. **Mapas de biomas do Brasil**. Escala 1:5.000.000. Rio de Janeiro: IBGE, 2004. Disponível em <http://downloads.ibge.gov.br/downloads_estatisticas.htm>. Acesso em 14/01/2016.

IQBAL, S.; BHANGER, M. I. Stabilization of sunflower oil by garlic extract during accelerated storage. **Food Chemistry**, Barking, v. 100, n. 1, p. 246-254, 2007.

JEPSON, W. A disappearing biome? Reconsidering land-cover change in the Brazilian savanna. **The Geographical Journal**, London, v. 171, n. 2, p. 99-111, 2005.

JORGE, N.; ANDREO, D. Antioxidant activity of ginger extract (*Zingiber officinale*) in soybean oil under thermoxidation. **Nutrition and Food Science**, London, v. 43, n. 1, p. 49-54, 2013.

KALANTZAKIS, G.; BLEKAS, G.; PEGKLIDOU, K.; BOSKOU, D. Stability and radical-scavenging activity of heated olive oil and other vegetable oils. **European Journal of Lipid Science and Technology**, Berlin, v. 108, n. 4, p. 329-335, 2006.

KALOGEROPOULOS, N.; ANDRIKOPOULOS, N. K. Squalene in oils and fats from domestic and commercial fryings of potatoes. **International Journal of Food Sciences and Nutrition**, Basingstoke, v. 55, n. 2, p. 125-129, 2004.

KALOGEROPOULOS, N.; GRIGORAKIS, D.; ANASTASIA, M.; ANGELIKI, F.; ANDRIKOPOULOS, N. K. Dietary evaluation of vegetables pan-fried in virgin olive oil following the greek traditional culinary practice. **Journal Ecology of Food and Nutrition**, Oxford, v. 45, n. 2, p. 105-123, 2006a.

KALOGEROPOULOS, N.; KOTSIPOPOULOU, C.; MYLONA, A.; CHRISTEA, M.; ANDRIKOPOULOS, N. K. Compositional changes and enrichment of mediterranean

finfish during pan frying with virgin olive oil. **Ecology of Food and Nutrition**, New York, v. 45, n. 3, p. 171-188, 2006b.

KHOURI, J.; RESCK, I. S.; POÇAS-FONSECA, M.; SOUSA, T. M. M. PEREIRA, L. O.; OLIVEIRA, A. B. B.; GRISOLIA, C. K. Anticlastogenic potential and antioxidant effects of an aqueous extract of pulp from the pequi tree (*Caryocar brasiliense* Camb). **Genetics and Molecular Biology**, Ribeirão Preto, v. 30, n. 2, p. 442-448, 2007.

KIM, T. S.; YEO, J.; KIM, J. Y.; KIM, M.; LEE, J. Determination of the degree of oxidation in highly-oxidised lipids using profile changes of fatty acids. **Food Chemistry**, Barking, v. 138, n. 2-3, p. 1792-1799, 2013.

KLINK, C. A.; MACHADO, R. B. Conservation of the brazilian cerrado. **Conservation Biology**, Cambridge, v. 19, n. 3, p. 707-713, 2005.

KOERTEN, K. N.; SCHUTYSER, M. A. I.; SOMSEN, D.; BOOM, R. M. A pore inactivation model for describing oil uptake of french fries during pre-frying. **Journal of Food Engineering**, London, v. 146, p. 92-98, 2015.

KOCH, T. C.; GOLDMAN, I. L. Relationship of carotenoids and tocopherols in a sample of carrot root-color accessions and carrot germplasm carrying Rp and rp alleles. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 53, n. 2, p. 325-331, 2005.

KRICHENE, D.; ALLALOUT, A.; MANCEBO-CAMPOS, V.; SALVADOR, M. D.; FREGAPANE, G. Stability of virgin olive oil and behaviour of its natural antioxidants under medium temperature accelerated storage conditions. **Food Chemistry**, Barking, v. 121, n. 1, p. 171-177, 2010.

KRUGER, C. L.; MANN, S. W. Safety evaluation of functional ingredients. **Food and Chemical Toxicology**, Oxford, v. 41, n. 6, p. 793-805, 2003.

KWAK, N. S.; JUKES, D. J. Functional foods. Part 2. The impact on current regulatory terminology. **Food Control**, Vurrey, v. 12, 109-117, 2001.

LABRINEA, E. P.; THOMAIDIS, N. S.; GEORGIU, C. A. Direct olive oil anisidine value determination by flow injection. **Analytica Chimica Acta**, Amsterdam, v. 448, n. 1-2, p. 201-206, 2001.

LAI, O. M.; TAN, C. P.; AKOH, C. C. **Palm oil - production, processing, characterization, and uses**. Urbana: AOCS Press, 2012. 852p.

LAKDAWALA, N.; BABALOLA, O.; FEDELES, F.; McCUSKER, M.; RICKETTS, J.; WHITAKER-WORTH, D.; GRANT-KELS, J. M. The role of nutrition in dermatologic diseases: facts and controversies. **Clinics in dermatology**, Philadelphia, v. 31, n. 6, p. 677-700, 2013.

LAMPI, A.; JUNTUNEN, L.; TOIVO, J.; PIIRONEN, V. Determination of thermo-oxidation products of plant sterols. **Journal of Chromatography B**, Amsterdam, v. 777, n. 1-2, p. 83-92, 2002.

LAZOS, E. S.; TSAKNIS, J.; BANTE, M. Changes in pumpkin seed oil during heating. **Grasas y Aceites**, Sevilla, v. 46, n. 4-5, p. 233-239, 1995.

LEE, E.; CHOE, E. Changes in oxidation-derived off-flavor compounds of roasted sesame oil during accelerated storage in the dark. **Biocatalysis and Agricultural Biotechnology**, New York, v. 1, n. 1, p. 89-93, 2012.

LEE, J. M.; CHUNG, H.; CHANG, P.; LEE, J. Development of a method predicting the oxidative stability of edible oils using 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH). **Food Chemistry**, Barking, v. 103, n. 2, p. 662-669, 2007.

LEITE, G. L. D.; VELOSO, R. V. S.; ZANUNCIO, J. C.; FERNANDES, L. A.; ALMEIDA, C. I. M. Phenology of *Caryocar brasiliense* in the Brazilian cerrado region. **Forest Ecology and Management**, Amstredam, v. 236, n. 2-3, p. 286-294, 2006.

LI, A.; LI, S.; ZHANG, Y.; XU, X.; CHEN, Y.; LI, H. Resources and biological activities of natural polyphenols. **Nutrients**, Basel, v. 6, n. 12, p. 6020-6047, 2014.

LIMA, A.; SILVA, A. M. O.; TRINDADE, R. A.; TORRES, R. P.; MANCINI-FILHO, J. Composição química e compostos bioativos presentes na polpa e na amêndoa do pequi (*Caryocar brasiliense*, Camb.). **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 29, n. 3, p. 695-698, 2007.

LIMA, F.; LUCCA, B. G.; BARBOSA, A. M. J.; FERREIRA, V. S.; MOCCELINI, S. K.; FRANZOI, A. C.; VIEIRA, I. C. Biosensor based on pequi polyphenol oxidase immobilized on chitosan crosslinked with cyanuric chloride for thiodicarb determination. **Enzyme and Microbial Technology**, New York, v. 47, p. 153-158, 2010.

LIN, S. W.; SUE, T. T.; AIN, T. Y. **PORIM Test Methods**, v. 1, Palm Oil Research Institute of Malaysia, Kuala Lumpur 1995.

LINDE, J. A.; UTTER, J.; JEFFERY, R. W.; SHERWOOD, N. E.; PRONK, N. P.; BOYLE, R. G. Specific food intake, fat and fiber intake, and behavioral correlates of BMI among overweight and obese members of a managed care organization. **International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity**, London, v. 3, n. 42, p. 1-8, 2006.

LIRA, G. M.; MANCINI FILHO, J.; SANT'ANA, L. S.; TORRES, R. P.; OLIVEIRA, A. C.; OMENA, C. M. B.; SILVA NETA, M. L. Fatty acids composition, chemical centesimal composition and caloric value in raw and boiled mollusks with milk coconut in the city of Maceió, Alagoas, Brazil. **Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas**, São Paulo, v. 40, n. 4, p. 529-537, 2004.

LIU, R. H.; FINLEY, J. Potencial cell culture models for antioxidant research. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 53, n. 10, p. 4311-4314, 2005.

LOPES, P. S.; PINTO, C. A. S. O.; BABY, A. R.; VELASCO, M. V. R.; TAQUEDA, M. E.; KANEKO, T. M. Evaluation of in vitro percutaneous enhancement effect of papain and pequi oil on diclofenac sodium permeation through human skin. **Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas**, São Paulo, v. 44, n. 2, p. 225-231, 2008.

LUTTERODT, H.; SLAVIN, M.; WHENT, M.; TURNER, E.; YU, L. Fatty acid composition, oxidative stability, antioxidant and antiproliferative properties of selected cold-pressed grape seed oils and flours. **Food Chemistry**, Barking, v. 128, n. 2, p. 391-399, 2011.

LUZIA, D. M. M.; JORGE, N. Ação antioxidante do extrato de sementes de limão (*Citrus limon*) adicionado ao óleo de soja sob processo de termoxidação. **Revista do Instituto Adolfo Lutz**, São Paulo, v. 68, n. 1, p. 58-63, 2009.

MACHADO, E. R.; MARMESAT, S.; ABRANTES, S.; DOBARGANES, C. Uncontrolled variables in frying studies: differences in repeatability between thermoxidation and frying experiments. **Grasas y aceites**, Sevilla, v. 58, n. 3, p. 283-288, 2007.

MAKHOUL, H.; GHADDAR, T.; TOUFEILI, I. Identification of some rancidity measures at the end of the shelf life of sunflower oil. **European Journal of Lipid Science and Technology**, Berlin, v. 108, n. 2, p. 143-148, 2006.

MALHEIRO, R.; RODRIGUES, N.; MANZKE, G.; BENTO, A.; PEREIRA, J. A.; CASAL, S. The use of olive leaves and tea extracts as effective antioxidants against the oxidation of soybean oil under microwave heating. **Industrial Crops and Products**, Amsterdam, v. 44, p. 37-43, 2013.

MAN, Y. B. C.; HARYATI, T.; GHAZALI, H. M.; ASBI, B. A. Composition and thermal profile of crude palm oil and its products. **Journal of the American Oil Chemists' Society**, Champaign, v. 76, n. 2, p. 237-242, 1999.

MARTIN, C. A.; VISENTAINER, J. V.; OLIVEIRA, A. N.; OLIVEIRA, C. C.; MATSUSHITA, M.; SOUZA, N. E. Fatty Acid Contents of Brazilian Soybean Oils with Emphasis on trans Fatty Acids. **Journal of the Brazilian Chemical Society**, São Paulo, v. 19, n. 1, p. 117-122, 2008.

MEILGAARD, M. C.; CIVILLE, G. V.; CARR, B. T. **Sensory evaluation techniques**. 4 ed. Boca Raton: CRC Press, 2007. 382p.

MELO JR., A. F.; CARVALHO, D.; PÓVOA, J. S. R.; BEARZOTI, E. Estrutura genética de populações naturais de pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.). **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n. 66, p. 56-65, 2004.

MIMURA, A. M. S.; FAZA, L. P.; MARQUES, R.; LE HYARIC, M.; OLIVEIRA, M. A. L.; SILVA, J. C. J. Determination of cu, fe, mn, zn and free fatty acids in pequi oil. **Química Nova**, São Paulo, v. 39, n. 5, p. 621-626, 2016.

MIRANDA, H. Expansão da agricultura e sua vinculação com o processo de urbanização na Região Nordeste/Brasil (1990-2010). **EURE (Santiago)**, Santiago, v. 38, n. 114, p. 173-201, 2012.

MIRANDA-VILELA, A. L.; RESCK, S. R.; GRISOLIA, C. K. Antigenotoxic activity and antioxidant properties of organic and aqueous extracts of pequi fruit (*Caryocar brasiliense* Camb.) pulp. **Genetics and Molecular Biology**, Ribeirão Preto, v. 31, n. 4, p. 956-963, 2008.

MOGHARBEL, A. D. I.; FREITAS, R. J. S. Influência do aquecimento nos meios de fritura sobre o grau de acidez e índice de iodo. **Brasil Alimentos**, São Paulo, n. 20, p. 35-37, 2003.

MOLINA, V.; MÉDICI, M.; VALDEZ, G. F.; TARANTO, M. P. Soybean-based functional food with vitamin B12-producing lactic acid bacteria. **Journal of Functional Foods**, London, v. 4, n. 4, p. 831-836, 2012.

MONTEIRO, C. A.; LEVY, R. B.; CLARO, R. M.; CASTRO, I. R. R. D. CANNON, G. A new classification of foods based on the extent and purpose of their processing. **Cadernos de Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v. 26, n. 11, p. 2039-2149, 2010.

MORAIS, M. L.; SILVA, A. C. R.; ARAÚJO, C. R. R.; ESTEVES, E. A.; DESSIMONI-PINTO, N. A. V. Determinação do potencial antioxidante *in vitro* de frutos do cerrado brasileiro. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Joaboticabal, v. 35, n. 2, p. 355-360, 2013.

MOREAU, R. A.; WHITAKER, B. D.; HICKS, K. B. Phytosterols, phytostanols, and their conjugates in foods: structural diversity, quantitative analysis, and health-promoting uses. **Progress in Lipid Research**, Oxford, v. 41, n. 6, p. 457-500, 2006.

MOROS, J.; ROTH, M.; GARRIGUES, S.; LA GUARDIA, M. Preliminary studies about thermal degradation of edible oils through attenuated total reflectance mid-infrared spectrometry. **Food Chemistry**, Barking, v. 114, n. 4, p. 1529-1536, 2009.

MPOB. Malaysian palm oil board, determination of carotene content. In: KUNTOM, A.; SIEW, W. L.; TAN, Y. A.; IDRIS, N. A.; TANG, T. S.; IBRAHIM, N. A. (Ed.). **Test methods**. Bandar Baru Bangi: MPOB, 2005. Method p. 2.6, 194 p.

MUSTAPA, A. N.; MANAN, Z. A.; AZIZI, C. Y.; SETIANTO, W. B.; OMAR, A. K. Extraction of β -carotenes from palm oil mesocarp using sub-critical R134a. **Food Chemistry**, Barking, v. 125, n. 1, p. 262-267, 2011.

NAVES, R. V. **Espécies frutíferas nativas dos cerrados de Goiás: caracterização e influências do clima e dos solos**. 1999. 206 f. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) - Escola de Agronomia e Engenharia de Alimentos, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 1999.

NDJOUENKEU, A. R.; NGASSOUM, B. M. Etude comparative de la valeur en friture de quelques huiles vegetales (Comparative study of frying behaviour of some vegetable oils). **Journal of Food Engineering**, London, v. 52, n. 2, p. 121-125, 2002.

NOR, F. M.; MOHAMED, S.; IDRIS, N. A.; ISMAIL, R. Antioxidative properties of Pandanus amaryllifolius leaf extracts in accelerated oxidation and deep frying studies. **Food Chemistry**, Barking, v. 110, n. 2, p. 319-327, 2008.

NYAM, K. L.; LAU, H. W. Effects of microwave pre-treatment on the quality of kenaf (*hibiscus cannabinus* L.) seed oil. **Journal of Food Science and Engineering**, Illinois, v. 5, n. 1, p. 14-21, 2015.

O'BRIEN, R. D. Cottonseed oil. In: GUNSTONE, F. D. **Vegetable oils in food technology: composition, properties and uses**. Boca Raton: Blackwell, 2002, p. 203-230.

O'BRIEN, R. D. **Fats and oils: formulating and processing for applications**. 2. ed. Boca Raton: CRC, 2004. 616p.

O'BRIEN, R. D. **Fats and oils: formulating and processing for applications**. 3 ed. Boca Raton: CRC Press, 2010, 680 p.

Official Journal of European Communities (2003). **EC Regulation 1989/2003 of 6 November 2003**. Official Journal of European Communities, L295.

O'KEEFE, S. F.; PIKE, O. A. **Fat characterization**. In: S. S. Nielsen. (Ed.). Food Analysis. 4 ed. New York: Springer Science & Business Media. 2010.

OLIVEIRA, M. N. S.; GUSMÃO, E.; LOPES, P. S. N.; SIMÕES, M. O. M.; RIBEIRO, L. M.; DIAS, B. A. S. Estádio de maturação dos frutos e fatores relacionados aos aspectos nutritivos e de textura da polpa de pequi (*Caryocar Brasiliense* Camb.). **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 28, n. 3, p. 380-386, 2006.

OLIVEIRA, D. D. S.; LOBATO, A. L.; RIBEIRO, S. M. R.; SANTANA, A. M. C.; CHAVES, J. B. P.; PINHEIRO SANT'ANA, H. M. Carotenoids and vitamin C during handling and distribution of guava (*Psidium guajava* L.), mango (*Mangifera indica* L.), and papaya (*Carica papaya* L.) at commercial restaurants. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 58, n. 10, p. 6166-6172, 2010.

OLIVEIRA, E. N. A.; SANTOS, D. C.; MARTINS, J. N.; BEZERRA, L. C. N. de M. Obtenção e caracterização de margarina convencional e light à base de óleo de pequi. **Boletim do Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos, Curitiba**, v. 29, n. 2, p. 293-304, 2011.

OSAWA, C. C.; GONÇALVES, L. A. G.; MENDES, F. M. Avaliação dos óleos e gorduras de fritura de estabelecimentos comerciais da cidade de Campinas/SP. As Boas Práticas estão sendo atendidas? **Alimentos e Nutrição**, Araraquara, v. 21, n. 1, p. 47-55, 2010.

OSAWA, C. C.; GONÇALVES, L. A. G.; GUMERATO, H. F.; MENDES, F. M. Study of the effectiveness of quick tests based on physical properties for the evaluation of used frying oil. **Food Control**, Vurrey, v. 26, n. 2, p. 525-530, 2012.

PALMA, M.; PIÑEIRO, Z.; BARROSO, C. G. Stability of phenolic compounds during extraction with superheated solvents. **Journal of Chromatography A**, New York, v. 921, n. 2, p. 169-174, 2001.

PANDEY, K. B.; RIZVI, S. I. Plant polyphenols as dietary antioxidants in human health and disease. **Oxidative Medicine and Cellular Longevity**, New Jersey, v. 2, n. 5, p. 270-278, 2009.

PAPASTERGIADIS, A.; FATOUH, A.; SHRESTHA, K.; LANGENHOVE, H. V.; MEULENAER, B. D. Investigation of the formation of (E)-2-butenal in oils and foods during frying. **Food Research International**, Essex, v. 62, p. 43-49, 2014.

PARADISO, V. M.; GOMES, T.; NESTI, R.; CAPONIO, F.; SUMMO, C. Effects of free fatty acids on the oxidative processes in purified olive oil, **Food research International**, Essex, v. 43, n. 5, p. 1389-1394, 2010.

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

PAWLOWICZ, R.; GROMADZKA, J.; TYNEK, M.; TYLINGO, R.; WARDENCKI, W.; KARLOVITS, G. The influence of the UV irradiation on degradation of virgin rapeseed oils. **European Journal of Lipid Science and Technology**, Berlin, v. 115, n. 6, p. 648-658. 2013.

PRZYBYLSKI, R.; MAG, T.; ESKIN, N. A. M.; MCDONALD, B. E. Canola Oil. In: SHAHIDI, F. **Bailey's industrial oil and fat products**. 6. ed. Wiley: Hoboken, 2005. v. 2. Cap. 2, p. 61-122.

QUILES, J. L.; RAMIREZ-TORTOSA, M. C.; GOMEZ, J. A.; HUERTAS, J. R.; MATAIX, J. Role of vitamin E and phenolic compounds in the antioxidant capacity, measured by ESR, of virgin olive, olive and sunflower oils after frying. **Food Chemistry**, Barking, v. 76, n. 4, p. 461-468, 2002.

RABÊLO, A. M. S.; TORRES, M. C. L.; GERALDINE, R. M.; SILVEIRA, M. F. A. Extração, secagem e torrefação da amêndoa do pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 28, n. 4, p. 868-871, 2008.

RADY, A. H.; MADKOUR, M. A. Changes in physical and chemical properties of palm olein during heating. **Grasas y Aceites**, Sevilla, v. 46, n. 4-5, p. 270-275, 1995.

RASHED, M. M. A.; TONG, Q.; ABDELHAI, M. H.; GASMALLA, M. A. A.; NDAYISHIMIYE, J. B.; CHEN, L.; REN, F. Effect of ultrasonic treatment on total phenolic extraction from *lavandula pubescens* and its application in palm olein oil industry. **Ultrasonics Sonochemistry**, Amsterdam, v. 29, p. 39-47, 2016.

RAVI, R.; PRAKSH, M.; BHAT, K. K. Sensory odour profiling and physical characteristics of edible oil blends during frying. **Food Research International**, Essex, v. 38, n. 1, p. 59-68, 2005.

REGITANO-D'ARCE, M. A. B. Deterioração de lipídeos – ranço. In: OETTERER, M; REGITANO-D'ARCE, M. A. B; SPOTTO, M. H. F. (Ed.) **Fundamentos de ciência e tecnologia de alimentos**. Barueri: Manole, 2006. p. 243-270.

RIBEIRO, R. F. **Pequi: o rei do cerrado - roendo o fruto sertanejo por todos os lados**. Belo Horizonte: Rede Cerrado, 2000. v. 1. 62p.

RICCIO, P; ROSSANO, R. Nutrition facts in multiple sclerosis. **ASN Neuro**, San Diego, v. 7, n. 1, p. 1-20, 2015.

RODRIGUES, M. L.; SOUZA, A. R. M.; LIMA, J. C. R. de; MOURA, C. J.; GERALDINE, R. M. Cinética de degradação de carotenoides e da alteração de cor do azeite de pequi submetido ao aquecimento em temperatura de fritura. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 43, n. 8, p. 1509-1515, 2013.

RODRIGUEZ-AMAYA, D. B. **A guide to carotenoid analysis in food**. Washington: ILSI Press, 2001. 64p.

RODRIGUEZ-AMAYA, D. B.; RODRIGUEZ, E. B.; AMAYA-FARFAN, J. Advances in food carotenoid research: chemical and technological aspects, implications in human health. **Malaysian Journal of Nutrition**, Kuala Lumpur, v. 12, n. 1, p. 101-121, 2006.

ROESLER, R.; CATHARINO, R. R.; MALTA, L. G.; EBERLIN, M. N.; PASTORES, G. Antioxidant activity of *Caryocar brasiliense* (pequi) and characterization of components by electrospray ionization mass spectrometry. **Food Chemistry**, Barking, v. 110, n. 3, p. 711-717, 2008.

ROMANI, S.; BACCHIOCCA, M.; ROCCULI, M. D. R. Influence of frying conditions on acrylamide content and other quality characteristics of French fries. **Journal of Food Composition and Analysis**, San Diego, v. 22, n.6, p. 582-588, 2009.

ROSSELL, J. B. Measurement of rancidity. In: ALLEN, J. C.; HAMILTON, R. J. (Org). **Rancidity in Foods**, 3. ed. London: Applied Science, 1994. Chapter 2.

SABOUR-PICKETT, S.; NOLAM, J. M.; LOUGHMAN, J.; BEATTY, S. A review of the evidence germane to the putative protective role of the macular carotenoids for age-related macular degeneration. **Molecular Nutrition & Food Research**, Weinheim, v. 56, n. 2, p. 270-286, 2012.

SAINI, R. K.; KEUM, Y. Tocopherols and tocotrienols in plants and their products: a review on methods of extraction, chromatographic separation, and detection. **Food Research International**, Essex, v. 82, p. 59-70, 2016.

SALTA, F. N.; KALOGEROPOULOS, N.; KARAVANOU, N.; ANDRIKOPOULOS, N. K. Distribution and retention of phytosterols in frying oils and fried potatoes during

repeated deep and pan frying. **European Food Research and Technology**, Berlin, v. 227, n. 2, p. 391-400, 2008.

SAMPAIO, K. A.; AYALA, J. V.; SILVA, S. M.; CERIANI, R.; VERHÉ, R. MEIRELLES, A. J. A. Thermal degradation kinetics of carotenoids in palm oil. **Journal of the American Oil Chemists' Society**, Champaign, v. 90, n. 2, p. 191-198, 2013.

SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P.; RIBEIRO, J. F. **Cerrado: ecologia e flora**. Planaltina: EMBRAPA-CPAC, 2008. v. 1. 408p.

SAOUDI, S.; CHAMMEM, N.; SIFAOU, I., BOUASSIDA-BEJI, M.; JIMÉNEZ, I. A.; BAZZOCCHI, I. L.; SILVAS, D.; HAMDI, M.; BRONZE, M. R. Influence of Tunisian aromatic plants on the prevention of oxidation in soybean oil under heating and frying conditions. **Food Chemistry**, Barking, v. 212, p. 503-511, 2016.

SAWYER, D. População, meio ambiente e desenvolvimento sustentável no cerrado. In: HOGAN, D. J.; CARMO, R. L.; CUNHA, J. M. P.; BAENINGER, R. (org.). **Migração e ambiente no centro-oeste**. Campinas: NEPO/UNICAMP-PRONEX, 2002, p. 279-299.

SCHACKY, C. The omega-3 Index as a risk factor for cardiovascular diseases. **Prostaglandins & Other Lipid Mediators**, Los Altos, v. 96, n. 1-4, p. 94-98, 2011.

PRZYBYLSKI, R.; MAG, T.; ESKIN, N. A. M.; MCDONALD, B. E. Canola oil. In: SHAHIDI, F. **Bailey's industrial oil and fat products**. 6. ed. Wiley: Hoboken, 2005. v. 2. Cap. 2, p. 61-122.

SHAHIDI, F.; AMBIGAIPALAN, P. Phenolics and polyphenolics in foods, beverages and spices: Antioxidant activity and health effects - a review. **Journal of Functional Foods**, London, v. 18, n. Part B, p. 820-897, 2015.

SILVA JR., M. C.; SANTOS, G. C.; NOGUEIRA, P. E.; MUNHOZ, C. B. R.; RAMOS, A. E. **100 Árvores do cerrado: Guia de campo**. Brasília: Rede de Sementes do Cerrado, 2005. 278 p.

SILVA, L.; PINTO, J.; CARROLA, J.; PAIVA-MARTINS, F. Oxidative stability of olive oil after food processing and comparison with other vegetable oils. **Food Chemistry**, Barking, v. 121, n. 4, p.1177-1187, 2010.

SILVA, M. R.; SILVA, M. S.; SILVA, P. R. M.; OLIVEIRA, A. G.; AMADOR, A. C. C.; NAVES, M. M. V. Composição em nutrientes e valor energético de pratos tradicionais de Goiás, Brasil. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 23, n. 1 (Supl), p. 140-145, 2003.

SILVA, A. C.; JORGE, N. Influence of *Lentinus edodes* and *Agaricus blazei* extracts on the prevention of oxidation and retention of tocopherols in soybean oil in an accelerated storage test. **Journal of Food Science and Technology**, Mysore, v. 51, n. 6, p. 1208-1212, 2014.

SINGH, R. P. Heat and mass transfer in foods during deep-fat frying. **Food Technology**, Chicago, v. 49, n. 4, p. 134-137, 1995.

SMYK, B. Singlet oxygen autoxidation of vegetable oils: Evidences for lack of synergy between b-carotene and tocopherols. **Food Chemistry**, Barking, v. 182, p. 209-216, 2015.

SOFI, F.; DINU, M. R. Nutrition and prevention of chronic-degenerative diseases. **Agriculture and Agricultural Science Procedia**, Amstredam, v. 8, p. 713-717, 2016.

SØRENSEN, A. D.; HAAHR, A. M.; BECKER, E. M.; SKIBSTED, L. H.; BERGENSTÅHL, B.; NILSSON, L.; JACOBSEN, C. Interactions between iron, phenolic compounds, emulsifiers, and pH in omega-3-enriched oil-in-water emulsions. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 56, n. 5, p. 1740-1750, 2008.

SOUZA, V. C.; LORENZI, H. **Botânica sistemática**: Guia ilustrado para identificação das famílias de Angiospermas da flora brasileira, baseado em APG II. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2005. 640 p.

ST. ANGELO, A. J. Lipid oxidation in foods. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, Boca Raton, v. 36, n. 3, p. 175-224, 1996.

STAHL, W.; SIES, H. Antioxidant activity of carotenoids. **Molecular Aspects of Medicine**, Elmsford NY, v. 24, n. 6, p. 345-351, 2003.

STANTON, C.; ROSS, R. P.; FITZGERALD, G. F.; VAN SINDEREN, D. Fermented functional foods based on probiotics and their biogenic metabolites. **Current Opinion in Biotechnology**, London, v. 16, n. 2, p. 198-203, 2005.

SZYDŁOWSKA-CZERNIAK, A.; TROKOWSKI, K.; KARLOVITS, G.; SZŁYK, E. Effect of refining processes on antioxidant capacity, total contents of phenolics and carotenoids in palm oils. **Food Chemistry**, Barking, v. 129, n. 3, p. 1187-1192, 2011.

TAN, J.; LI, R.; JIANG, Z.; TANG, S.; WANG, Y.; SHI, M.; XIAO, Y.; JIA, B.; LU, T.; WANG, H. Synchronous front-face fluorescence spectroscopy for authentication of the adulteration of edible vegetable oil with refined used frying oil. **Food Chemistry**, Barking, v. 217, p. 274-280, 2017.

TOHMA, S; TURAN, S. Rosemary plant (*Rosmarinus officinalis* L.), solvent extract and essential oil can be used to extend the usage life of hazelnut oil during deep frying. **European Journal of Lipid Science and Technology**, Berlin, v. 117, n. 12, p. 1-13, 2015.

TRIPOLI, E.; GIAMMANCO, M.; TABACCHI, G.; DI MAJO, D.; GIAMMANCO, S.; LA GUARDIA, M. The phenolic compounds of olive oil: structure, biological activity and beneficial effects on human health. **Nutrition Research Reviews**, Cambridge, v. 18, n. 1, p. 98-112, 2005.

TSUZUKI, W. Cis-trans isomerization of carbon double bonds in monounsaturated triacylglycerols via generation of free radicals. **Chemistry and Physics of Lipids**, Amsterdam, v. 163, n. 7, p. 741-745, 2010.

VACLAVIK, V. A.; CHRISTIAN, E. W. **Essentials of Food Science**. 3. ed. New York: Springer, 2008. 565 p.

VAIDYA, B.; EUN, J. Effect of roasting on oxidative and tocoferol stability of walnut oil during storage in the dark. **European Journal of Lipid Science and Technology**, Berlin, v. 115, n. 3, p. 348-355, 2013.

VAIDYA, B.; CHOE, E. Effects of seed roasting on tocopherols, carotenoids, and oxidation in mustard seed oil during heating. **Journal of the American Oil Chemists' Society**, Champaign, v. 88, n. 1, p. 83-90, 2011.

VALAVANIDIS, A.; NISIOTOU, C.; PAPAGEORGIOU, Y.; KREMLI, I.; SATRAVELAS, N.; ZINIERIS, N.; ZYGALAKI, H. Comparison of the radical scavenging potential of polar and lipidic fractions of olive oil and other vegetable oils under normal conditions and after thermal treatment. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 52, n. 8, p. 2358-2365, 2004.

VERA, R.; NAVES, R. V.; NASCIMENTO, J. L.; CHAVES, L. J.; LEANDRO, W. M.; SOUZA, E. R. B. Caracterização física de frutos do pequi (Caryocar brasiliense Camb.) no estado de Goiás. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 35, n. 2, p. 71-79, 2005.

VERA, R.; SOUZA, E. R. B.; FERNANDES, E. P.; NAVES, R. V.; SOARES JR., M. S.; CALIARI, M.; XIMENES, P. A. Caracterização física e química de frutos do pequi (Caryocar brasiliense Camb.) oriundos de duas regiões no estado de Goiás, Brasil. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v.37, n. 2, p. 93-99, 2007.

WALZEM, R. L. Functional foods. **Trends in Food Science and Technology**, Cambridge, v. 15, n. 11, p. 518, 2004.

WANG, T. Soybean oil. In: GUSTONE, F. D. (Org.). **Vegetable oils in food technology: Composition, properties and uses**. Oxford: Blackwell Publishing. 2002. p. 18-52.

WOODALL, A. A.; LEE, S. W. M.; WEESIE, R. J.; JACKSON, M. J.; BRITTON, G. Oxidation of carotenoids by free radicals: relationship between structure and reactivity. **Biochimica et Biophysica Acta (BBA) – General Subjects**, Amsterdam, v. 1336, n. 1, p. 33-42, 1997.

YANGA, Y.; SONGA, X.; SUI, X.; QI, B.; WANGA, Z.; LI, Y.; JIANG, L. Rosemary extract can be used as a synthetic antioxidant to improve vegetable oil oxidative stability. **Industrial Crops and Products**, Amsterdam, v. 80, p. 141-147, 2016.

ZAMBAZI, R. Z.; ZAMBAZI, M. W. Vegetable oil oxidation: effect of endogenous components. **Revista da Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 34, n. 1, p. 22-32, 2000.

ZAR, J. H. **Biostatistical analysis**. 4 ed. New Jersey. Prentice Hall. 1998. 929p.

ŻBIKOWSKA, A. Formation and properties of trans fatty acids – a review. **Polish Journal of Food and Nutrition Sciences**, Warsaw, v. 60, n. 2, p. 107-114, 2010.

ZEB, A.; MURKOVIC, M. Carotenoids and triacylglycerols interactions during thermal oxidation of refined olive oil. **Food chemistry**, Barking, v. 127, n. 4, p. 1584-1593, 2011.

ZEB, A.; MURKOVIC, M. Characterisation on the effects of β -carotene on the oxidation of triacylglycerols using HPLC-ESI-MS. **European Journal of Science and Technology**, Berlin, v. 112, n. 11, p. 1218-1228, 2010.

ZHANG, Y.; YANG, L.; ZU, Y.; CHEN, X.; WANG, F.; LIU, F. Oxidative stability of sunflower oil supplemented with carnosic acid compared with synthetic antioxidants during accelerated storage. **Food Chemistry**, Barking, v. 118, n. 3, p. 656-662, 2010.

ZHANG, X.; DAI, B.; ZHANG, B.; WANG, Z. Vitamin A and risk of cervical cancer: a meta-analysis. **Gynecologic Oncology**, New York, v. 124, n. 2, p. 366-373, 2012.

Apêndice 1a. Resultados das análises físico-químicas, carotenoides totais e compostos fenólicos totais para APC e APECC em teste acelerado em estufa.

Óleos	Tempos (dias)	AGL (%)	IP (meq/kg)	ADC (%)	IA	CPT (%)	IEO (h)	a*	b*	L*	Croma	Hue	CT (mg/kg)	CFT (mg/kg)
APC	0	0,53	5,43	0,17	1,84	7,5	21,36	26,91	52,01	31,71	58,56	62,64	260,16	0,53
	5	0,44	8,64	0,18	2,07	6,5	18,43	27,09	48,51	30,07	55,57	60,81	199,70	0,45
	10	0,43	15,97	0,18	2,66	6,2	16,37	29,47	47,44	29,54	55,85	58,15	169,48	0,35
	15	0,41	34,33	0,20	2,86	6,5	9,40	25,69	51,89	32,24	57,90	63,66	167,74	0,28
	20	0,54	40,16	0,22	3,08	6,5	8,38	27,47	50,88	31,67	57,82	61,63	124,67	0,13
APECC	0	1,13	3,51	0,12	0,54	7,5	22,50	28,65	46,27	29,04	54,42	58,24	283,80	0,59
	5	0,89	4,49	0,19	2,13	6,5	19,47	30,89	43,70	27,71	53,52	54,74	254,20	0,51
	10	0,81	4,85	0,21	5,56	7,5	17,46	30,21	45,63	28,57	54,72	56,49	195,86	0,38
	15	0,83	5,51	0,22	10,09	6,5	15,19	27,83	48,46	30,06	55,88	60,13	182,25	0,31
	20	0,74	19,73	0,25	13,14	6,5	11,25	30,86	47,93	29,45	57,01	57,23	178,32	0,16

AGL: ácidos graxos livres; IP: índice de peróxidos; ADC: ácidos dienólicos conjugados; IA: índice de p-anisidina; CPT: compostos polares totais; IEO: índice de estabilidade oxidativa; a: avermelhado a esverdeado; b: amarelado a azulado; L*: luminosidade; Croma: Intensidade ou saturação da cor; Hue: tonalidade da cor; CT: carotenoides; CFT: compostos fenólicos totais.

Apêndice 1b. Resultados das análises físico-químicas, carotenoides totais e compostos fenólicos totais para GPC e OSC em teste acelerado em estufa.

Óleos	Tempos (dias)	AGL (%)	IP (meq/kg)	ADC (%)	IA	CPT (%)	IEO (h)	a*	b*	L*	Croma	Hue	CT (mg/kg)	CFT (mg/kg)
GPC	0	0	5,22	0,15	1,89	7,5	24,84	-3,70	15,69	47,06	16,12	103,25	0	0,19
	5	0,10	17,53	0,18	2,34	8,0	22,19	-3,74	17,63	47,84	18,02	101,97	0	0
	10	0,09	45,75	0,26	2,81	8,0	18,37	-3,80	18,85	47,33	19,23	101,40	0	0
	15	0,11	78,17	0,35	3,37	8,5	14,55	-4,01	22,24	47,53	22,60	100,23	0	0
	20	0,11	116,51	0,45	3,79	9,0	10,73	4,09	22,47	48,96	22,84	100,33	0	0
OSC	0	0,09	7,16	0,44	2,55	13,5	6,22	-2,28	8,05	45,68	8,37	105,84	2,36	0,17
	5	0,09	45,39	0,63	3,61	14,0	2,66	-1,73	6,24	46,33	6,48	105,49	0	0
	10	0,11	142,70	1,12	7,57	14,5	1,58	-1,79	6,58	47,09	6,81	105,25	0	0
	15	0,12	291,00	1,31	12,27	15,5	1,12	-2,44	9,39	46,60	9,70	104,57	0	0
	20	0,13	391,44	1,62	18,88	17,5	0,82	-2,69	10,73	47,06	11,06	104,10	0	0

AGL: ácidos graxos livres; IP: índice de peróxidos; ADC: ácidos dienólicos conjugados; IA: índice de p-anisidina; CPT: compostos polares totais; IEO: índice de estabilidade oxidativa; a: avermelhado a esverdeado; b: amarelado a azulado; L*: luminosidade; Croma: Intensidade ou saturação da cor; Hue: tonalidade da cor; CT: carotenoides; CFT: compostos fenólicos totais.

Apêndice 2. Comparação das análises físico-químicas, carotenoides totais e compostos fenólicos totais do teste acelerado em estufa para os óleos.

Óleos	AGL (%)	IP (meq/kg)	ADC (%)	IA	CPT (%)	IEO (h)	a*	b*	L*	Croma	Hue	CT (mg/kg)	CFT (mg/kg)
APC	0,47 ^a	20,91 ^{ab}	0,19 ^b	2,50 ^c	6,63 ^b	14,79 ^a	27,33 ^b	50,14 ^a	31,04 ^c	57,14 ^a	61,38 ^c	184,30 ^a	0,35 ^a
APECC	0,88 ^a	7,62 ^b	0,20 ^b	6,29 ^{bc}	6,90 ^b	17,17 ^a	29,69 ^a	46,40 ^{ab}	28,97 ^d	55,11 ^a	57,37 ^d	218,90 ^a	0,39 ^a
GPC	0,09 ^b	52,64 ^a	0,28 ^b	2,84 ^c	8,20 ^a	18,13 ^a	-3,87 ^d	19,37 ^{bc}	47,55 ^a	19,76 ^b	101,40 ^b	-	0,04 ^b
OSC	0,11 ^b	175,54 ^a	1,02 ^a	8,98 ^{ab}	15,00 ^a	2,48 ^b	-2,19 ^c	8,20 ^c	46,55 ^b	8,48 ^b	105,00 ^a	0,47 ^b	0,03 ^b
p-valor anova	-	-	-	-	-	-	< 0,001	-	< 0,001		< 0,001	-	-
p-valor kw	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	-	< 0,001	-	< 0,001	-	< 0,001	< 0,001

AGL: ácidos graxos livres; IP: índice de peróxidos; ADC: ácidos dienólicos conjugados; IA: índice de p-anisidina; CPT: compostos polares totais; IEO: índice de estabilidade oxidativa; a: avermelhado a esverdeado; b: amarelado a azulado; L*: luminosidade; Croma: Intensidade ou saturação da cor; Hue: tonalidade da cor; CT: carotenoides; CFT: compostos fenólicos totais.

Apêndice 3. Comparação das análises físico-químicas, carotenoides totais e compostos fenólicos totais do teste acelerado em estufa para os tempos.

Tempos (dias)	AGL (%)	IP (meq/kg)	ADC (%)	IA	CPT (%)	IEO (h)	a*	b*	L*	Croma	Hue	CT (mg/kg)	CFT (mg/kg)
0	0,44 ^a	5,33 ^c	0,22 ^c	1,70 ^c	9,00 ^a	18,73 ^a	12,39 ^d	30,50 ^a	38,37 ^c	34,37 ^a	82,49 ^a	136,58 ^a	0,37 ^a
5	0,38 ^a	19,01 ^{bc}	0,29 ^{bc}	2,54 ^{bc}	8,75 ^a	15,69 ^{ac}	13,13 ^b	29,02 ^a	37,80 ^e	33,39 ^a	80,75 ^b	113,48 ^a	0,24 ^{ac}
10	0,36 ^a	52,31 ^{ab}	0,44 ^{bc}	4,65 ^{ab}	9,04 ^a	13,45 ^{ab}	13,52 ^a	29,62 ^a	38,13 ^d	34,15 ^a	80,32 ^d	91,33 ^a	0,18 ^{ac}
15	0,37 ^a	102,25 ^{ab}	0,52 ^{ab}	7,15 ^a	9,25 ^a	10,06 ^{bcd}	11,77 ^e	32,99 ^a	39,10 ^b	36,52 ^a	82,15 ^c	87,50 ^a	0,15 ^{ac}
20	0,38 ^a	141,96 ^{ab}	0,64 ^{ab}	9,72 ^a	9,87 ^a	7,79 ^d	12,89 ^c	33,00 ^a	39,29 ^a	37,18 ^a	80,82 ^b	75,75 ^a	0,07 ^{bc}
p-valor anova	-	-	-	-	-	-	< 0,001	-	< 0,001	-	< 0,001	-	-
p-valor kw	0,8080	< 0,001	< 0,001	< 0,001	0,9684	< 0,001	-	0,4819		0,3824	-	0,2189	< 0,001

AGL: ácidos graxos livres; IP: índice de peróxidos; ADC: ácidos dienólicos conjugados; IA: índice de p-anisidina; CPT: compostos polares totais; IEO: índice de estabilidade oxidativa; a: avermelhado a esverdeado; b: amarelado a azulado; L*: luminosidade; Croma: Intensidade ou saturação da cor; Hue: tonalidade da cor; CT: carotenoides; CFT: compostos fenólicos totais.

Apêndice 4. Resultados da análise de fitosteróis (mg/100 g) para APC, APECC, GPC e OSC em teste acelerado em estufa.

Óleos	Tempos (dias)	Campesterol	Estigmasterol	Betasitosterol	Estigmastanol	Totais
APC	0	11,57	20,15	33,00	6,71	71,44
	10	10,52	18,51	36,23	5,96	71,22
	20	10,14	15,48	42,09	5,52	73,23
APEEC	0	7,78	7,89	41,70	6,57	63,94
	10	7,55	8,35	47,47	6,55	69,93
	20	8,32	10,26	41,28	7,23	67,09
GPC	0	0,00	13,53	0,00	0,00	13,53
	10	0,00	11,61	0,00	0,00	11,61
	20	0,00	11,19	0,00	0,00	11,19
OSC	0	9,78	11,02	25,25	0,00	46,05
	10	10,55	12,07	32,37	0,00	54,99
	20	8,713	9,82	30,32	0,00	48,85

Apêndice 5. Comparação da análise de fitosteróis (mg/100 g) do teste acelerado em estufa para os óleos.

Óleos	Campesterol	Estigmasterol	Betasitosterol	Estigmastanol	Totais
APC	10,74 ^a	18,05 ^a	37,11 ^{ab}	6,06 ^a	71,96 ^a
APECC	7,88 ^{bc}	8,88 ^c	43,48 ^a	6,78 ^a	66,99 ^{ab}
GPC	0,00 ^c	12,11 ^{ab}	0,00 ^c	0,00 ^b	12,11 ^c
OSC	9,68 ^{ab}	10,97 ^{bc}	29,31 ^b	0,00 ^b	49,97 ^{bc}
p-valor kw	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001

Apêndice 6. Comparação da análise de fitosteróis (mg/100 g) do teste acelerado em estufa para os tempos.

Tempos (dias)	Campesterol	Estigmasterol	Betasitosterol	Estigmastanol	Totais
0	7,28 ^a	13,15 ^a	24,99 ^a	3,32 ^a	48,74 ^a
10	7,16 ^a	12,63 ^a	29,02 ^a	3,13 ^a	51,94 ^a
20	6,79 ^a	11,69 ^a	28,42 ^a	3,19 ^a	50,09 ^a
p-valor kw	0,8121	0,6006	0,6665	0,8832	0,8923

Apêndice 7. Resultados da análise de tocoferóis (mg/kg) para APC, APECC, GPC e OSC em teste acelerado em estufa.

Óleos	Tempos (dias)	Alfa tocol	Gama tocol	Delta tocol	Tocol total	Vit. E (UI/kg)	Vit. E (alfa tocol)
APC	0	12,36	54,68	20,13	87,16	22,00	20,00
	10	10,18	43,94	18,60	72,72	17,97	16,34
	20	0,00	23,28	6,61	29,89	3,56	3,23
GPC	0	42,91	81,86	21,30	146,10	59,70	54,27
	10	33,94	75,14	19,39	128,50	48,80	44,36
	20	18,35	63,29	18,29	99,93	29,86	27,14
OSC	0	52,74	249,6	69,80	372,20	96,16	87,41
	10	15,14	208,5	63,21	286,80	48,56	44,15
	20	0,00	54,30	43,23	97,53	8,58	7,79

Apêndice 8. Comparação da análise de tocoferóis (mg/kg) do teste acelerado em estufa para os óleos.

Óleos	Alfa tocol	Gama tocol	Delta tocol	Tocol total	Vit. E (UI/kg)	Vit. E (alfa tocol)
APC	7,51 ^{bc}	40,63 ^{bc}	15,11 ^{bc}	63,26 ^{ab}	14,51 ^{ab}	13,19 ^{ab}
APECC	0 ^c	0 ^c	0 ^c	0 ^b	0 ^b	0 ^b
GPC	31,73 ^a	73,43 ^{ab}	19,66 ^{ab}	124,8 ^a	46,12 ^a	41,92 ^a
OSC	22,63 ^{ab}	170,8 ^a	58,75 ^a	252,2 ^a	51,1 ^a	46,45 ^a
p-valor kw	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001

Apêndice 9. Comparação da análise de tocoferóis (mg/kg) do teste acelerado em estufa para os tempos.

Tempos (dias)	Alfa tocol	Gama tocol	Delta tocol	Tocol total	Vit. E (UI/kg)	Vit. E (alfa tocol)
0	27,00 ^a	96,54 ^a	27,81 ^a	151,35 ^a	44,47 ^a	40,42 ^a
10	14,81 ^{ab}	81,89 ^a	25,30 ^a	122,00 ^a	28,83 ^a	26,21 ^a
20	4,59 ^b	35,22 ^a	17,03 ^a	56,84 ^a	10,50 ^a	9,54 ^a
p-valor kw	0,0239	0,1836	0,2350	0,2733	0,0703	0,0702

Apêndice 10a. Resultados das análises físico-químicas, carotenoides totais e compostos fenólicos totais para APC e APECC em termoxidação.

Óleos	Tempos (horas)	AGL (%)	IP (meq/kg)	ADC (%)	IA	CPT (%)	IEO (h)	a*	b*	L*	Croma	Hue	CT (mg/kg)	CFT (mg/kg)
APC	0	0,53	5,43	0,17	1,84	7,5	21,36	26,91	52,01	31,71	58,56	58,24	260,16	0,53
	0,5	0,62	12,03	0,17	6,74	7,0	21,03	18,01	57,96	36,13	60,70	72,74	100,47	0,45
	1	0,41	13,06	0,17	11,05	7,0	16,30	13,53	60,12	37,66	61,62	77,32	58,01	0,24
	2	0,40	16,77	0,21	15,38	8,0	11,37	7,99	63,27	40,19	63,78	82,80	24,04	0,20
	4	0,37	18,65	0,35	49,10	9,5	4,45	-4,04	44,58	45,10	44,76	95,18	0	0
	8	0,41	24,14	0,55	57,38	13,5	1,68	-4,73	25,72	48,00	26,15	100,41	0	0
	16	0,51	22,87	0,87	73,37	20,5	1,06	-4,66	26,23	46,93	26,65	100,06	0	0
APECC	0	1,13	3,51	0,12	0,54	7,5	22,50	28,65	46,27	29,04	54,42	103,25	283,80	0,59
	0,5	0,63	12,40	0,18	4,95	7,0	21,21	16,62	56,79	35,40	59,17	73,69	103,15	0,50
	1	0,74	13,31	0,18	6,70	7,0	8,99	11,57	61,59	38,66	62,67	79,36	44,28	0,23
	2	0,71	15,21	0,19	9,15	7,5	5,77	2,99	63,04	42,32	63,11	87,28	12,23	0,17
	4	0,66	14,04	0,21	14,87	8,5	3,95	-4,39	36,59	44,86	36,86	96,84	0	0
	8	0,64	18,63	0,25	19,12	10,5	2,74	-4,50	24,20	46,55	24,61	100,55	0	0
	16	0,60	12,65	0,39	22,76	12,0	2,63	-3,33	35,36	47,16	35,51	95,38	0	0

Apêndice 10b. Resultados das análises físico-químicas, carotenoides totais e compostos fenólicos totais para GPC e OSC em termoxidação.

Óleos	Tempos (horas)	AGL (%)	IP (meq/kg)	ADC (%)	IA	CPT (%)	IEO (h)	a*	b*	L*	Croma	Hue	CT (mg/kg)	CFT (mg/kg)
GPC	0	0	5,22	0,15	1,89	7,5	24,84	-3,70	15,69	47,06	16,12	105,84	0	0,19
	0,5	0	17,34	0,19	5,00	8,0	22,38	-3,80	20,80	46,58	21,15	100,36	0	0
	1	0	17,51	0,22	6,52	8,5	21,66	-3,80	22,16	46,83	22,48	99,71	0	0
	2	0,09	15,42	0,26	9,75	9,0	21,24	-3,46	16,64	46,31	16,99	101,74	0	0
	4	0	14,62	0,29	14,87	9,5	20,58	-3,72	19,31	47,06	19,66	100,91	0	0
	8	0,10	20,60	0,46	19,35	12,0	14,94	-3,96	23,88	46,28	24,21	99,42	0	0
	16	0,11	10,33	0,52	22,80	14,0	12,83	-3,61	27,83	46,05	27,61	97,52	0	0
OSC	0	0,09	7,16	0,44	2,55	13,5	6,22	-2,28	8,05	45,68	8,37	105,84	2,36	0,17
	0,5	0,10	26,51	0,70	30,22	15,0	2,69	-2,62	10,12	46,41	10,46	104,52	0	0
	1	0,11	25,81	0,82	38,96	15,5	2,50	-2,68	10,07	47,31	10,42	104,90	0	0
	2	0,12	23,93	1,01	61,84	17,5	2,19	-2,97	11,12	47,61	11,51	104,97	0	0
	4	0,13	33,30	1,57	102,65	21,0	1,52	-3,94	17,42	46,23	17,87	102,76	0	0
	8	0,21	20,53	1,92	154,19	28,5	1,14	-4,51	26,17	45,55	26,55	99,79	0	0
	16	0,34	21,51	2,55	155,85	36,5	0,78	-3,67	35,17	45,88	35,36	95,97	0	0

AGL: ácidos graxos livres; IP: índice de peróxidos; ADC: ácidos dienólicos conjugados; IA: índice de p-anisidina; CPT: compostos polares totais; IEO: índice de estabilidade oxidativa; a: avermelhado a esverdeado; b: amarelado a azulado; L*: luminosidade; Croma: Intensidade ou saturação da cor; Hue: tonalidade da cor; CT: carotenoides; CFT: compostos fenólicos totais.

Apêndice 11. Comparação das análises físico-químicas, carotenoides totais e compostos fenólicos totais em termoxidação para os óleos.

Óleos	AGL (%)	IP (meq/kg)	ADC (%)	IA	CPT (%)	IEO (h)	a*	b*	L*	Croma	Hue	CT (mg/kg)	CFT (mg/kg)
APC	0,46 ^b	16,14 ^b	0,36 ^b	30,69 ^b	10,43 ^b	11,03 ^b	7,57 ^a	47,13 ^a	40,82 ^{bc}	48,89 ^a	84,45 ^b	63,24 ^a	0,20 ^a
APECC	0,73 ^a	12,82 ^d	0,22 ^b	11,15 ^c	8,57 ^b	9,68 ^b	6,80 ^b	46,26 ^a	40,57 ^c	48,05 ^a	84,48 ^b	63,35 ^a	0,21 ^a
GPC	0,04 ^c	14,43 ^c	0,30 ^b	11,45 ^c	9,79 ^b	19,78 ^a	-3,72 ^d	20,84 ^b	46,60 ^{ab}	21,17 ^b	100,42 ^a	-	0,03 ^b
OSC	0,15 ^c	22,68 ^a	1,29 ^a	78,04 ^a	21,07 ^a	2,34 ^c	-3,24 ^c	16,87 ^b	46,38 ^a	17,22 ^b	102,68 ^a	0,34 ^b	0,02 ^b
p-valor anova	-	< 0,001	-	-	-	-	< 0,001	-	-	-	-	-	-
p-valor kw	< 0,001	-	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	-	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001

AGL: ácidos graxos livres; IP: índice de peróxidos; ADC: ácidos dienólicos conjugados; IA: índice de p-anisidina; CPT: compostos polares totais; IEO: índice de estabilidade oxidativa; a: avermelhado a esverdeado; b: amarelado a azulado; L*: luminosidade; Croma: Intensidade ou saturação da cor; Hue: tonalidade da cor; CT: carotenoides; CFT: compostos fenólicos totais.

Apêndice 12. Comparação das análises físico-químicas, carotenoides totais e compostos fenólicos totais em termoxidação para os tempos.

Tempos (dias)	AGL (%)	IP (meq/kg)	ADC (%)	IA	CPT (%)	IEO (h)	a*	b*	L*	Croma	Hue	CT (mg/kg)	CFT (mg/kg)
0	0,44 ^a	5,33 ^f	0,22 ^e	1,70 ^d	9,00 ^c	18,73 ^a	12,39 ^a	30,50 ^a	38,37 ^a	34,37 ^a	82,49 ^a	136,58 ^a	0,37 ^a
0,5	0,34 ^a	17,07 ^{bc}	0,30 ^{ce}	11,73 ^{cd}	9,25 ^c	16,66 ^{ac}	7,05 ^b	36,42 ^a	41,13 ^a	37,87 ^a	87,83 ^a	50,90 ^{ac}	0,24 ^{ac}
1	0,32 ^a	17,42 ^c	0,35 ^{de}	15,81 ^{bd}	9,50 ^c	12,36 ^{acd}	4,65 ^c	38,49 ^a	42,62 ^a	39,30 ^a	90,32 ^a	25,57 ^{ac}	0,12 ^{ac}
2	0,33 ^a	17,83 ^d	0,42 ^{ace}	24,03 ^{ac}	10,50 ^{ac}	10,14 ^{ac}	1,14 ^d	38,52 ^a	44,11 ^a	38,85 ^a	94,2 ^a	9,07 ^{ac}	0,09 ^{ac}
4	0,29 ^a	20,15 ^e	0,60 ^{cd}	45,37 ^{ac}	12,12 ^{ac}	7,62 ^{bc}	-4,03 ^f	29,48 ^a	45,81 ^a	29,79 ^a	98,92 ^a	0 ^{bc}	0 ^{bc}
8	0,34 ^a	20,98 ^a	0,80 ^{ad}	62,51 ^{ab}	16,12 ^a	5,12 ^{bc}	-4,43 ^g	24,99 ^a	46,59 ^a	25,38 ^a	100,04 ^a	0 ^{bc}	0 ^{bc}
16	0,39 ^a	16,84 ^b	1,08 ^a	68,70 ^a	20,75 ^a	4,33 ^{bd}	-3,82 ^e	31,03 ^a	46,50 ^a	31,28 ^a	97,23 ^a	0 ^{bc}	0 ^{bc}
p-valor anova	-	< 0,001	-	-	-	-	< 0,001	-	-	-	-	-	-
p-valor kw	0,9912	-	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	-	0,7554	0,0600	0,7540	0,6957	< 0,001	< 0,001

AGL: ácidos graxos livres; IP: índice de peróxidos; ADC: ácidos dienólicos conjugados; IA: índice de p-anisidina; CPT: compostos polares totais; IEO: índice de estabilidade oxidativa; a: avermelhado a esverdeado; b: amarelado a azulado; L*: luminosidade; Croma: Intensidade ou saturação da cor; Hue: tonalidade da cor; CT: carotenoides; CFT: compostos fenólicos totais.

Apêndice 13. Resultados da análise de composição em ácidos graxos (%) para APC, APECC, GPC e OSC em termoxidação.

Óleos	Tempos (horas)	Palmítico (C16:0)	Estearico (C18:0)	Oleico (C18:1)	Linoleico (C18:2)	Linolênico (C18:3)
APC	0	44,79	2,04	47,50	4,97	0,71
	2	45,39	2,07	47,14	4,74	0,67
	8	46,56	2,11	46,65	4,17	0,52
	16	47,63	2,15	46,28	3,58	0,37
APECC	0	47,92	1,60	49,64	0,67	0,18
	2	48,34	1,61	49,25	0,64	0,17
	8	49,33	1,63	48,35	0,57	0,13
	16	49,75	1,66	48,01	0,47	0,12
GPC	0	54,81	4,35	35,25	5,48	0,12
	2	55,80	4,44	35,47	5,20	0,11
	8	55,26	4,36	34,45	4,85	0,09
	16	57,36	4,55	33,46	4,56	0,08
OSC	0	22,93	5,03	29,92	38,45	3,68
	2	23,24	5,23	30,20	37,80	3,53
	8	24,76	5,32	30,89	36,01	3,03
	16	25,57	5,56	31,24	34,93	2,70

Apêndice 14. Comparação da análise de composição em ácido graxos em termoxidação para os óleos.

Óleos	Palmítico	Estearico	Oleico	Linoleico	Linolênico
APC	46,09 ^{bc}	2,09 ^{cb}	46,89 ^{ab}	4,36 ^{bd}	0,57 ^{ab}
APECC	48,83 ^{bd}	1,62 ^c	48,80 ^a	0,59 ^d	0,15 ^{bc}
GPC	55,85 ^{ad}	4,43 ^{ab}	34,62 ^{bd}	5,02 ^{ab}	0,10 ^c
OSC	24,13 ^c	5,28 ^a	30,56 ^d	36,80 ^a	3,23 ^a
p-valor kw	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001

Apêndice 15. Comparação da análise de composição em ácido graxos em termoxidação para os tempos.

Tempos (horas)	Palmítico	Estearico	Oleico	Linoleico	Linolênico
0	42,56 ^a	3,25 ^a	40,63 ^a	12,39 ^a	1,17 ^a
2	43,05 ^a	3,32 ^a	40,42 ^a	12,10 ^a	1,12 ^a
8	44,20 ^a	3,38 ^a	40,09 ^a	11,40 ^a	0,94 ^a
16	45,08 ^a	3,48 ^a	39,73 ^a	10,89 ^a	0,81 ^a
p-valor kw	0,43	0,47	0,88	0,17	0,34

Apêndice 16. Resultados da análise de fitosteróis (mg/100 g) para APC, APECC, GPC e OSC em termoxidação.

Óleos	Tempos (horas)	Campesterol	Estigmasterol	Betasitosterol	Estigmasterol	Totais
APC	0	11,57	20,15	33,00	6,71	71,44
	2	9,16	14,93	31,67	4,967	60,72
	8	7,68	12,59	25,73	0,00	46,00
	16	7,347	11,50	24,37	0,00	43,21
APECC	0	7,78	7,89	41,70	6,57	63,94
	2	6,84	6,68	34,29	0,00	47,82
	8	5,91	6,85	30,45	0,00	43,20
	16	6,43	6,58	29,80	0,00	42,82
OSC	0	0,00	13,53	0,00	0,00	13,53
	2	0,00	9,78	0,00	0,00	9,79
	8	0,00	9,35	0,00	0,00	9,35
	16	0,00	9,21	0,00	0,00	9,21
GPC	0	9,78	11,02	25,25	0,00	46,05
	2	9,90	28,84	23,29	0,00	62,03
	8	9,47	27,51	19,64	0,00	56,62
	16	7,66	11,79	18,27	0,00	37,72

Apêndice 17. Comparação da análise de fitosteróis (mg/100 g) em termoxidação para os óleos.

Óleos	Campesterol	Estigmasterol	Betasitosterol	Estigmastanol	Total
APC	8,94 ^{ab}	14,79 ^a	28,69 ^{ac}	2,92 ^a	55,34 ^a
APECC	6,74 ^{bc}	7,00 ^b	34,06 ^a	1,64 ^a	49,44 ^a
GPC	0,00 ^c	10,47 ^{ab}	0 ^{bc}	0,00 ^a	10,47 ^b
OSC	9,20 ^a	19,79 ^a	21,61 ^c	0,00 ^a	50,60 ^a
p-valor kw	< 0,001	< 0,001	< 0,001	0,05	< 0,001

Apêndice 18. Comparação da análise de fitosteróis (mg/100 g) em termoxidação para os tempos.

Tempos (horas)	Campesterol	Estigmasterol	Beta sitosterol	Estigmastanol	Total
0	7,28 ^a	13,15 ^a	24,99 ^a	3,32 ^a	48,74 ^a
2	6,47 ^a	15,06 ^a	22,31 ^a	1,24 ^a	45,09 ^a
8	5,76 ^a	14,07 ^a	18,95 ^a	0,00 ^a	38,79 ^{ab}
16	5,36 ^a	9,77 ^a	18,11 ^a	0,00 ^a	33,24 ^b
p-valor kw	0,1716	0,2853	0,1876	0,05	0,0047

Apêndice 19. Resultados da análise de tocoferóis (mg/kg) para APC, APECC, GPC e OSC em termoxidação.

Óleos	Tempos (horas)	Alfa tocol	Gama tocol	Delta tocol	Tocol Total	Vit. E (UI/kg)	Vit. E (alfa tocol)
APC	0	12,36	54,68	20,13	87,16	22,00	20,00
	2	4,96	16,29	15,25	36,50	8,05	7,32
	8	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	16	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
GPC	0	42,91	81,86	21,30	146,10	59,70	54,27
	2	31,31	47,89	17,27	96,47	41,80	37,99
	8	9,21	4,29	12,00	25,51	10,90	9,90
	16	6,52	3,60	12,02	22,14	7,83	7,12
OSC	0	52,74	249,60	69,80	372,20	96,16	87,41
	2	27,59	164,90	57,28	249,80	55,67	50,60
	8	0,00	8,87	29,19	38,07	1,62	1,47
	16	0,00	5,96	24,55	30,75	1,14	1,04

Apêndice 20. Comparação da análise de tocoferóis (mg/kg) em termoxidação para os óleos.

Óleos	Alfa tocol	Gama tocol	Delta tocol	Tocol total	Vit. E (UI/kg)	Vit. E (alfa tocol)
APC	4,33 ^{ab}	17,74 ^{ab}	8,84 ^{bc}	30,92 ^{cb}	7,51 ^{ab}	6,83 ^{ab}
GPC	22,49 ^a	34,41 ^a	15,65 ^b	72,55 ^{ab}	30,06 ^a	27,32 ^a
OSC	20,08 ^{ab}	107,35 ^a	45,20 ^a	172,70 ^a	38,65 ^a	35,13 ^a
p-valor kw	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001

Apêndice 21. Comparação da análise de tocoferóis (mg/kg) em termoxidação para os óleos

Tempo (horas)	Alfa tocol	Gama tocol	Delta tocol	Tocol total	Vit. E (UI/kg)	Vit. E (alfa tocol)
0	27,00 ^a	96,54 ^a	27,81 ^a	151,35 ^a	44,47 ^a	40,42 ^a
2	15,96 ^{ab}	57,28 ^{ab}	22,45 ^a	95,69 ^{ac}	26,38 ^{ab}	23,98 ^{ab}
8	2,30 ^b	3,29 ^b	10,29 ^a	15,89 ^{ac}	3,13 ^b	2,84 ^b
16	1,63 ^b	2,39 ^b	9,14 ^a	13,22 ^{bc}	2,24 ^b	2,04 ^b
p-valor kw	< 0,001	0,0018	0,1267	0,0035	0,0034	0,0034

Anexo 2. Parecer consubstanciado do Comitê de Ética em Pesquisa.

INSTITUTO DE BIOCÊNCIAS LETRAS E CIÊNCIAS EXATAS/CAMPUS DE SÃO	
---	---

PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: AVALIAÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS E DOS COMPOSTOS BIOATIVOS DO AZEITE DE PEQUI SOB DIFERENTES CONDIÇÕES DE AQUECIMENTO E UTILIZAÇÃO

Pesquisador: Mara Lina Rodrigues

Área Temática:

Versão: 2

CAAE: 45726915.5.0000.5466

Instituição Proponente: Instituto de Biociências Letras e Ciências Exatas/ Campus de São José do

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 1.295.802

Apresentação do Projeto:

Trata-se do atendimento a solicitação deste CEP em relação às seguintes pendências:

1. Cronograma de execução com inadequação referente a data prevista para realização do teste de aceitação em 02/07/2015; sem tempo suficiente para aprovação do CEP antes da realização da pesquisa;
2. Número de participantes com divergência em relação à quantidade, que na metodologia proposta constava no mínimo 100, enquanto no formulário das informações básicas mencionava exatamente 100.

Objetivo da Pesquisa:

O objetivo principal do projeto é avaliar a estabilidade do azeite de pequi sob diferentes condições de aquecimento. Como objetivos secundários, propõe-se: Extrair o azeite de pequi pelo processo de aquecimento em água sob condições controladas em laboratório; Comparar o azeite de pequi extraído em laboratório com o azeite de pequi adquirido no comércio, com a gordura de palma comercial e o óleo de soja comercial nos ensaios de

Endereço: CRISTOVÃO COLOMBO 2265		CEP: 15.054-000
Bairro: JARDIM NAZARETH		
UF: SP	Município: SÃO JOSÉ DO RIO PRETO	
Telefone: (17)3221-2428	Fax: (17)3221-2500	E-mail: liliane@ibice.unesp.br

**INSTITUTO DE BIOCÊNCIAS
LETRAS E CIÊNCIAS
EXATAS/CAMPUS DE SÃO**



Continuação do Parecer: 1.295.802

termoxidação e teste acelerado em estufa; Avaliar o azeite de pequi extraído em laboratório, o azeite de pequi adquirido no comércio, a gordura de palma comercial e o óleo de soja comercial submetidos ao processo de termoxidação em relação às características químicas, físicas e à estabilidade de compostos bioativos; Avaliar o azeite de pequi extraído em laboratório, o azeite de pequi adquirido no comércio, a gordura de palma comercial e

o óleo de soja comercial submetidos ao teste acelerado estufa em relação às características químicas, físicas e à estabilidade de compostos bioativos; Verificar a aceitação de batatas fritas em azeite de pequi comercial, em gordura de palma comercial e em óleo de soja comercial por meio de análise sensorial.

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

A pesquisadora afirma que a pesquisa oferecerá riscos mínimos à saúde, pois os produtos serão adquiridos de empresas com registro nos órgãos de inspeção e vigilância, serem observados e respeitados os prazos de validade, manipulados e preparados respeitando-se as Boas Práticas de Manipulação de Alimentos conforme preconizado pela ANVISA.

Dentre os benefícios, a pesquisadora se propõe a divulgar os resultados no meio científico por resumos em congressos

e artigos em revistas científicas especializadas.

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

Em atenção às pendências, a pesquisadora informa tanto no formulário das informações básicas do projeto como no projeto detalhado que serão recrutados entre 50 e 120 julgadores não-treinados, dentre eles alunos, funcionários (docentes e técnico-administrativos) e comunidade externa vizinha do Ibilce. Já com relação a data de realização do teste de aceitação de batatas fritas, a data foi alterada para 03/11/2015; em tempo de obter aprovação deste CEP.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

Nenhuma alteração foi efetuada nos termos de apresentação obrigatória, estando de acordo com as exigências deste CEP.

Recomendações:

Sem recomendações

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

Em face das correções efetuadas pela pesquisadora, não há pendências.

Endereço: CRISTOVAO COLOMBO 2265
 Bairro: JARDIM NAZARETH CEP: 15.054-000
 UF: SP Município: SAO JOSE DO RIO PRETO
 Telefone: (17)3221-2428 Fax: (17)3221-2500 E-mail: liliane@ibilce.unesp.br

**INSTITUTO DE BIOCIÊNCIAS
LETRAS E CIÊNCIAS
EXATAS/CAMPUS DE SÃO**



Continuação do Parecer: 1.295.802

Considerações Finais a critério do CEP:

O Comitê de Ética em Pesquisa do IBILCE, em reunião de 20 de outubro de 2015, deliberou, por unanimidade, pela aprovação do presente projeto de pesquisa. Os relatórios parciais deverão ser encaminhados semestralmente, contando a partir desta data.

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_525174.pdf	23/09/2015 17:22:14		Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	Projeto_4_comite_2.pdf	23/09/2015 17:21:48	Mara Lina Rodrigues	Aceito
Outros	Ficha de avaliação sensorial 1 - comite de etica em pesquisa.pdf	28/05/2015 21:44:52		Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLE 2 - comite de etica em pesquisa.pdf	28/05/2015 21:44:10		Aceito
Folha de Rosto	Folha de rosto - assinada.pdf	28/05/2015 21:12:08		Aceito

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

SAO JOSE DO RIO PRETO, 26 de Outubro de 2015

Assinado por:
Monica Abrantes Galindo de Oliveira
(Coordenador)

Endereço: CRISTOVAO COLOMBO 2265
Bairro: JARDIM NAZARETH CEP: 13.054-000
UF: SP Município: SAO JOSE DO RIO PRETO
Telefone: (17)3221-2428 Fax: (17)3221-2500 E-mail: liliane@ibilce.unesp.br