

UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
ESCOLA DE AGRONOMIA E ENGENHARIA DE ALIMENTOS

MARA LINA RODRIGUES

**AZEITE DE PEQUI: EFEITO DO AQUECIMENTO EM
TEMPERATURA DE FRITURA E UTILIZAÇÃO COMO
INGREDIENTE NA FORMULAÇÃO DE MAIONESE**

Goiânia
2011

MARA LINA RODRIGUES

**AZEITE DE PEQUI: EFEITO DO AQUECIMENTO EM
TEMPERATURA DE FRITURA E UTILIZAÇÃO COMO
INGREDIENTE NA FORMULAÇÃO DE MAIONESE**

Dissertação apresentada à Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos da Escola de Agronomia e Engenharia de Alimentos da Universidade Federal de Goiás, como exigência para a obtenção do título de Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos.

Orientador: Prof. Dr. Robson Maia Geraldine

Co-orientadora: Prof^a. Dr^a. Katiuchia Pereira Takeuchi

Goiânia
2011

UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E
TECNOLOGIA DE ALIMENTOS

MARA LINA RODRIGUES

**AZEITE DE PEQUI: EFEITO DO AQUECIMENTO EM
TEMPERATURA DE FRITURA E UTILIZAÇÃO COMO
INGREDIENTE NA FORMULAÇÃO DE MAIONESE**

Dissertação DEFENDIDA e APROVADA em 28 de junho de 2011,
pela Banca Examinadora constituída pelos membros

Profa. Dra. Eliane Dalva Godoy Danesi
UEM

Prof. Dr. Ângelo Luiz Fazani Cavallieri
EAEA/UFG

Prof. Dr. Robson Maia Geraldine
Orientador - EAEA/UFG

Profa. Dra. Katiuchia Pereira Takeuchi
Co-orientadora - EAEA/UFG

Aos meus pais, ANTÔNIO E DIRCE, pelo amor incondicional. Por abrirem mão dos seus
sonhos, mais uma vez, para que eu pudesse realizar os meus...
À minha irmã, PAULINHA, pelo amor cotidiano. Por me dar o suporte necessário,
caminhando sempre ao meu lado...

Dedico!

Eu tenho cada vez mais a agradecer...

Desde que conquistei minha vaga no mestrado eu tive a intenção de começar a escrever os agradecimentos da dissertação que um dia eu iria redigir. Mas acabou que eu não consegui fazer isso. Hoje vejo, porém, que não fez muita diferença, afinal, tenho vivos na memória todos aqueles a quem sou grata. Tem coisa que a gente nunca esquece!

Primeiramente agradeço aos meus pais. Porque eles são inexplicavelmente bons... E em todos os sentidos! Sempre incentivaram minhas ousadas tentativas. Acreditaram nos meus sonhos às vezes mais do que eu... E por acreditarem neles acabaram, incontáveis vezes, abrindo mãos dos seus... Por terem me dado livre arbítrio pra decidir entre ser *trainee* em um frigorífico – sonho de muitos – e ingressar no mestrado – perfil de poucos.

À Paulinha, que como sempre, acompanhou tudo... De longe, de perto, mas estava ali, do meu lado, todas as vezes que eu precisei... Mesmo estando no final da graduação, fazendo estágio extracurricular, escrevendo TCC, participando da liga e prestando concursos, ela conseguiu me ajudar!

Ao meu orientador, Professor Robson. Primeiro porque ele me confiou uma carta de provável orientador. E depois porque ele me deu total liberdade, talvez até mais liberdade do que eu merecia. Não se importou que eu assumisse a vaga de professora substituta no departamento ainda no meu primeiro semestre do mestrado. Ele nunca teve tempo e ainda sim conseguia me orientar e acima de tudo questionar. Sempre me perguntando aquilo que até então parecia óbvio, conseguiu despertar em mim características essenciais para que eu me tornasse uma cientista de verdade.

A todos os colegas de turma: Camila, Lu, Fer, Thaísa, Júlia, Renata, Gil, Dani, Cecília, Marise e Christian, incluído nas cotas, como sempre brincávamos! Que turma polêmica! E que turma boa! A memorável turma PPGCTA/UFG 2009. Nós tivemos uma empatia invejável. É por isso que um tomava as dores do outro e sendo assim não tinha problema que a gente não quisesse resolver. A gente perguntava, reclamava, ficava boquiaberto, saía, sonhava, chorava, passava noite em claro, fazia reunião, pedia, organizava... Nós vivemos esse mestrado intensamente! É por isso que me orgulho tanto de ter tido cada um de vocês ao meu lado nessa caminhada. E os tão sonhados artigos? A1 ou A2, claro! Bom pra gente, para o orientador, para o programa, pra todo mundo... Que esses nossos tão sonhados filhos nasçam em breve! E que sejam integrantes de uma família numerosa!

Ao meu amado namorado, Sebastião Santos, pelo amor correspondido e pelo enorme incentivo. Por ter acompanhado de muito perto minhas angustias e minhas vitórias, meus problemas e os problemas da turma toda nesse mestrado. Pelas noites que passou em claro ao meu lado para que eu não desanimasse na execução de um trabalho ou nos estudos para as provas. Pela preocupação quando eu ficava no Campus II até muito tarde da noite, me buscando e depois me levando no outro dia. Por se preocupar em preparar e me levar um lanche, em encher meu copo de coca zero! Mas acima de tudo, pela convivência, especialmente pelo nosso jeito “grude”! Foi bom ter você ao meu lado em mais essa etapa...

À minha co-orientadora, Katiuchia Takeuchi, que escolhi por admirar tamanha dedicação à profissão. E mal sabia eu que estava escolhendo uma mulher exemplar, que saiu do que era comum, lutou e foi lá longe! Que me ensinou um dia que é importante ser bem sucedida, mas que também é preciso cuidar das coisas do coração... Ao Professor Celso Moura, por me confiar uma bolsa de um projeto tão grandioso, e mesmo eu não podendo assumi-la, ainda confiou que eu fosse responsável por buscar algumas respostas no desenvolvimento da minha dissertação para os objetivos desse projeto que ele coordena. A mais simpática professora do departamento, Adriana Régia, pelo cotidiano sorriso, pela motivação, pelas conversas e pela agilidade. Por emprestar a sua sala e deixar a gente transformá-la praticamente em um supermercado!

À guerreira coordenadora do programa, Professora Margareth Naves. Estar à frente de uma equipe de pessoas importantes e bem formadas não é fácil, definitivamente, depois de presenciar a experiência dela. Perseverança, força, ética e discernimento talvez descrevam alguns dos bons exemplos que aprendi com ela. Se para eu presenciar algumas coisas já não foi fácil, imagine para ela que teve que suportá-las...

Aos meus “auxiliares”. O Jean Carlos, bicho, com quem trabalhei muito bem, por termos os mesmos critérios de exigência no desenvolvimento de uma pesquisa. Pelo bom humor, pelas conversas e pela companhia no laboratório. Pela dedicação na obtenção dos resultados da pesquisa que desenvolvemos. O Júlio César, calouro, recém-chegado na universidade, cheio de problemas muito fortes para alguém nessa idade e mesmo assim extremamente motivado a aprender. Pelo compromisso que teve nas atividades que desenvolvemos. A Nayana Ribeiro, por me ajudar na execução de uma parte importante da pesquisa. Pela sua inacreditável agilidade e pela simpática companhia no laboratório.

A professora Célia Lopes, por disponibilizar recursos para que eu comprasse reagentes fundamentais para a minha pesquisa. Pelo apoio, pela preocupação e pelo incentivo. Aos professores Tânia Ferreira, Eduardo Asquieri e Luciano Moraes por emprestarem seus reagentes até que os meus chegassem.

Ao anjo que o PPGCTA tem: a Adriana Camponagara. Pela paciência, pela presteza, pelas conversas rápidas e pelas conversas demoradas. Por ser muito mais que uma secretária executiva e sempre fazer tudo a tempo e à hora com total perfeição e boa vontade.

A todos os professores do programa, por serem mediadores da produção do nosso conhecimento. Por contarem suas experiências, por nos forçarem a pensar, por serem sempre tão rigorosos e mais ainda tão divertidos.

Aos colegas que sempre estavam lá na tecnologia, com quem eu almoçava, brincava, dava e recebia palpite. Aos técnicos do departamento Ana Paula e Deivis, pela preciosa ajuda no decorrer dos experimentos.

À nova “família” que formamos esse ano: Líria Hirano e Leana Crispin. Só elas e a “gorda” sabem o quanto eu dei trabalho para conseguir terminar esta dissertação! Noites em claro, quarto bagunçado, louça suja, roupas deixadas no varal, papéis e mais papéis espalhados na sala e banhos de madrugada para despertar o sono... Sem contar os milhares de cabelos meus que se acumulavam no chão da sala em volta da mesa de estudos. Mais alguns dias e eu ficaria literalmente careca!

Aos amigos de Goiânia, Catalão, e outras cidades: Luciana de Andrade, Sirlene Neres, Camila Neiva, Flávio Caldeira, Magno Machado, Josenéas Sampaio, Leonardo Guimarães, Gabriela Moraes, Érika Caldas, Andryelle Priscila, Juliana de Andrade, Danilo Escobar e muitos outros... Infelizmente não consigo escrever aqui o nome de todo mundo que fez diferença na minha vida ao longo desse mestrado.

Aos demais familiares: bisa, vós, vô, tios, tias, primos e primas. O apoio de vocês, mesmo que de longe sempre foi muito importante. Por me incentivarem mesmo sem ter a menor noção do que eu estava fazendo.

Aos membros da banca, professor Dr. Ângelo Luiz Fazani Cavallieri e professora Dra. Eliane Dalva Godoy Danesi, por dispensarem seu precioso tempo na leitura e reflexão da minha dissertação, contribuindo enormemente para que esse trabalho se torne realmente relevante no mundo científico.

À UFG, por abrigar o PPGCTA e permitir a realização do sonho de seguir a carreira acadêmica. Por todas as oportunidades que tive usufruindo de suas estruturas: salas, laboratórios, materiais, emprego, casa do estudante universitário III. Tudo que sou hoje devo a esta universidade! A Capes pela concessão da bolsa de mestrado e ao CNPq e a Capes pelas verbas para a realização das pesquisas.

“Eu conheço o medo de ir embora
Não saber o que fazer com a mão
Gritar pro mundo e saber
Que o mundo não presta atenção
Eu conheço o medo de ir embora
Embora não pareça, a dor vai passar
Lembra se puder
Se não der, esqueça
De algum jeito vai passar
O sol já nasceu na estrada nova
E mesmo que eu impeça, ele vai brilhar
Lembra se puder
Se não der esqueça
De algum jeito vai passar
Eu conheço o medo de ir embora
O futuro agarra a sua mão
Será que é o trem que passou
Ou passou quem fica na estação?
Eu conheço o medo de ir embora
E nada que interessa se pode guardar
Lembra se puder
Se não der esqueça
De algum jeito vai passar”

(Oswaldo Montenegro)

RESUMO

O pequi é um fruto típico da região do cerrado e dentre os nutrientes encontrados no mesocarpo interno, os lipídios estão presentes em maior percentual. Devido à presença dos pigmentos carotenóides, conhecidos como antioxidantes, o azeite de pequi possui coloração vermelho-alaranjada. Dentre esses carotenóides encontra-se o β -caroteno, que possui ainda atividade pró-vitamina A. A maionese, emulsão do tipo óleo em água, é um molho com alto teor de lipídios muito apreciado e consumido em todo o mundo. Esta pesquisa teve como objetivo avaliar o efeito do aquecimento em temperatura de fritura com diferentes tempos de exposição nas características do azeite de pequi e produzir maionese substituindo o óleo de soja pelo azeite de pequi. Para avaliar o efeito do aquecimento, o azeite de pequi tratado termicamente em temperatura de fritura (180 °C) entre 0 e 60 minutos. Realizaram-se as análises de teor de ácidos graxos livres, índice de peróxido, índice de iodo, índice de TBA, densidade, viscosidade, perfil de ácidos graxos, carotenóides totais expressos em β -caroteno e cor. Com os resultados dessas análises, determinaram-se os parâmetros cinéticos da degradação dos carotenóides e de alteração da cor. O teor de ácidos graxos livres, índice de peróxido, índice de iodo, índice de ácido tiobarbitúrico, densidade e viscosidade não sofreram muitas alterações nesse período. O teor de carotenóides foi praticamente todo degradado, e consequentemente, a cor foi bastante alterada. As cinéticas de degradação dos carotenóides e de alteração da cor refletiram nas observações visuais das amostras do azeite de pequi obtidas depois de cada tratamento. O azeite de pequi apresentou boa estabilidade ao longo dos 60 minutos, sendo indicado para a realização de processos de frituras durante esse período. Para produzir as maioneses utilizou-se a mesma formulação variando apenas a fração lipídica entre óleo de soja e azeite de pequi, que foram previamente caracterizados. As maioneses foram elaboradas por homogeneização em liquidificador e acondicionadas em potes de polietileno tereftalato. Determinou-se a composição centesimal e a avaliação microbiológica para caracterização das maioneses. As análises de pH, atividade de água, cor, estabilidade, microscopia, firmeza, consistência, adesividade e trabalho de adesão foram realizadas nos tempos 0, 7, 14, 28 e 56 dias de estocagem. Os resultados revelaram que no período inicial a estabilidade da maionese de azeite de pequi foi menor que a de maionese de óleo de soja, mas ao longo do tempo de estocagem, alcançou percentual semelhante ao da maionese de óleo de soja. De maneira geral, as características da maionese elaborada com azeite de pequi foram compatíveis com as da maionese elaborada com óleo de soja e as microfotografias refletiram as variações percebidas ao longo dos 56 dias de análise. Como a maionese é um alimento de consumo freqüente entre as diferentes faixas etárias e classes econômicas, a utilização do azeite de pequi para a elaboração desse produto é ainda uma alternativa para a ingestão de β -caroteno (pro-vitamina A), podendo também contribuir no desenvolvimento sustentável da região dos cerrados.

ABSTRACT

Pequi is a fruit typical of the Brazilian savanna and among the nutrients found in the internal mesocarp, the lipids are present in higher percentage. Due to the presence of carotenoid pigments, notorious as antioxidants, pequi oil has red-orange color. Among these carotenoids found beta-carotene, that has also pro-vitamin A activity. The mayonnaise, emulsion oil-in-water, is the sauce with high lipids content more appreciated and consumed in the world. This research aimed to evaluate the effect of heating frying temperature with different exposure times on the characteristics of pequi oil and make mayonnaise substituting soybean oil for the oil pequi. To evaluate the effect of heating the pequi oil heat treated at frying temperature (180 ° C) between 0 and 60 minutes. There were the analysis of free fatty acid content, peroxide value, iodine value, TBA index, density, viscosity, fatty acid profile, total carotenoids expressed as β -carotene and color. With the results of this analysis, its determine the kinetics of degradation of carotenoids and of color change. The content of free fatty acids, peroxide value, iodine value, thiobarbituric acid index, density and viscosity have not been many changes during this period. The content of carotenoids was almost all degraded, and consequently, the color was changed significantly. The kinetics of degradation of carotenoids and of color change reflected the visual observations of samples of pequi oil obtained after each treatment. The pequi oil showed good stability over the 60 minutes and is indicated for the realization of frying processes during this period. To make the mayonnaise used the same formulation, varying only the lipid fraction between soybean oil and pequi oil, which were previously characterized. The mayonnaise was produced by homogenization in a mixer and packed in polyethylene terephthalate jars. the chemical composition and microbiological evaluation were determined for characterization of mayonnaise. The pH, water activity, color, stability, microscopy, firmness, consistency, adhesiveness and work of adhesion were performed at 0, 7, 14, 28 and 56 days of storage. The results showed that the initial stability of mayonnaise pequi oil was lower than soybean oil mayonnaise, but over time of storage, reached a similar percentage that of soybean oil mayonnaise. In general, the characteristics of mayonnaise made with pequi oil were consistent with those of mayonnaise made with soybean oil and microphotographs confirmed the perceived changes over the 56 days of analysis. As the mayonnaise is a frequent food consumption among different age groups and economic classes, the use of pequi oil for the manufacture of this product is an alternative to reach the recommended daily intake of β -carotene (pro-vitamin A), leveraging can also contribute to the sustainable development of the Brazilian savanna.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1.	Ingredientes de formulação das MS e MP.....	37
Tabela 2.	Parâmetros cinéticos da degradação dos carotenóides ao longo do aquecimento.....	52
Tabela 3.	Perfil dos ácidos graxos.....	55
Tabela 4.	Parâmetros cinéticos da alteração de cor ao longo do aquecimento.....	60
Tabela 5.	Características do azeite de pequi e do óleo de soja, matérias-primas para a elaboração da MP e da MS.....	65
Tabela 6.	Composição centesimal da MP e da MS.....	67
Tabela 7.	Características microbiológicas das MP e MS.....	68

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.	Gráfico obtido na análise de textura para calcular a firmeza, consistência, adesividade e trabalho de adesão.....	43
Figura 2.	Teor de ácidos graxos livres do azeite de pequi após aquecimento em temperatura de fritura com diferentes tempos de exposição.....	45
Figura 3.	Índice de peróxido do azeite de pequi após aquecimento em temperatura de fritura com diferentes tempos de exposição.....	47
Figura 4.	Índice de iodo do azeite de pequi após aquecimento em temperatura de fritura com diferentes tempos de exposição.....	48
Figura 5.	Índice de TBA do azeite de pequi após aquecimento em temperatura de fritura com diferentes tempos de exposição.....	49
Figura 6.	Teor de carotenóides do azeite de pequi após aquecimento em temperatura de fritura com diferentes tempos de exposição.....	51
Figura 7 A.	Gráfico de ordem zero da degradação do teor de carotenóides.....	53
Figura 7 B.	Gráfico de primeira ordem da degradação do teor de carotenóides.....	53
Figura 7 C.	Gráfico de segunda ordem da degradação do teor de carotenóides.....	54
Figura 8.	Densidade do azeite de pequi ao longo do aquecimento.....	56
Figura 9.	Viscosidade do azeite de pequi ao longo do aquecimento.....	57
Figura 10.	Amostras obtidas após aquecimento em temperatura de fritura com diferentes tempos de exposição.....	59
Figura 11.	Valores das coordenadas L^* , a^* e b^* do azeite de pequi ao longo do aquecimento.....	59
Figura 12 A.	Gráfico de ordem zero da alteração de cor (L^*) do azeite de pequi.....	61
Figura 12 B.	Gráfico de primeira ordem da alteração de cor (L^*) do azeite de pequi..	61
Figura 12 C.	Gráfico de segunda ordem da alteração de cor (L^*) do azeite de pequi...	62
Figura 13 A.	Gráfico de ordem zero da alteração de cor (a^*) do azeite de pequi.....	62
Figura 13 B.	Gráfico de primeira ordem da alteração de cor (a^*) do azeite de pequi...	63
Figura 13 C.	Gráfico de segunda ordem da alteração de cor (a^*) do azeite de pequi...	63
Figura 14 A.	Gráfico de ordem zero da alteração de cor (b^*) do azeite de pequi.....	64
Figura 14 B.	Gráfico de primeira ordem da alteração de cor (b^*) do azeite de pequi...	64
Figura 14 C.	Gráfico de segunda ordem da alteração de cor (b^*) do azeite de pequi...	65
Figura 15.	Azeite de pequi (A) e óleo de soja (B) em temperatura ambiente.....	66
Figura 16.	pH da MP e da MS durante a estocagem.....	68
Figura 17.	Atividade de água da MP e da MS durante a estocagem.....	69
Figura 18 A.	Diferença da coordenada L^* da MP e da MS durante a estocagem.....	70
Figura 18 B.	Diferença da coordenada a^* da MP e da MS durante a estocagem.....	70
Figura 18 C.	Diferença da coordenada b^* da MP e da MS durante a estocagem.....	71
Figura 19.	Amostras de maionese elaboradas com o óleo de soja (branca) e com o azeite de pequi (amarela).....	71
Figura 20.	Estabilidade da MP e da MS durante a estocagem.....	73
Figura 21.	Firmeza da MP e da MS durante a estocagem.....	74
Figura 22.	Consistência da MP e da MS durante a estocagem.....	76
Figura 23.	Adesividade da MP e da MS durante a estocagem.....	77
Figura 24.	Trabalho de adesão da MP e da MS durante a estocagem.....	78
Figura 25.	Microfotografias da MP e da MS em 40 e em 100 vezes de aumento.....	79

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	14
2	REVISÃO DA LITERATURA.....	15
2.1	PEQUI.....	15
2.2	AZEITE DE PEQUI.....	16
2.3	CAROTENÓIDES.....	18
2.4	EFEITO DO AQUECIMENTO NO AZEITE DE PEQUI.....	20
2.4.1	Os óleos.....	20
2.4.2	Utilização dos óleos.....	21
2.4.3	Processo de fritura em imersão.....	23
2.4.4	Alterações provocadas pelo aquecimento.....	24
2.4.5	Análises de óleos.....	25
2.5	ALIMENTOS EMULSIONADOS TIPO MAIONESE.....	27
2.5.1	Desenvolvimento de novos produtos.....	27
2.5.2	Maionese.....	28
2.5.3	Emulsão.....	29
3	OBJETIVOS.....	31
3.1	OBJETIVO GERAL.....	31
3.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	31
4	MATERIAL E MÉTODOS.....	32
4.1	AVALIAÇÃO DO AQUECIMENTO DO AZEITE DE PEQUI.....	32
4.1.1	Análises químicas.....	33
4.1.1.1	Ácidos graxos livres.....	33
4.1.1.2	Índice de peróxido.....	33
4.1.1.3	Índice de Iodo.....	33
4.1.1.4	Índice de ácido tiobarbitúrico.....	33
4.1.1.5	Perfil de ácidos graxos.....	33
4.1.1.6	Carotenóides totais.....	34
4.1.2	Análises físicas.....	34
4.1.2.1	Densidade.....	34
4.1.2.2	Viscosidade.....	34
4.1.3	Análise óptica.....	34
4.1.3.1	Cor.....	34
4.1.4	Parâmetros Cinéticos.....	35
4.1.4.1	Cinética de degradação dos carotenóides.....	35
4.1.4.2	Cinética de alteração da cor.....	36
4.2	ELABORAÇÃO E ANÁLISE DAS MAIONESES.....	36
4.2.1	Formulação das maioneses.....	36
4.2.2	Caracterização do azeite de pequi e do óleo de soja.....	38
4.2.2.1	Ácidos graxos livres.....	38
4.2.2.2	Índice de peróxido.....	38
4.2.2.3	Índice de Iodo.....	38
4.2.2.4	Índice de ácido tiobarbitúrico.....	38
4.2.2.5	Extinção específica.....	38
4.2.2.6	Carotenóides totais.....	39

4.2.2.7	Densidade.....	39
4.2.2.8	Viscosidade.....	39
4.2.2.9	Cor.....	39
4.2.3	Composição centesimal das maioneses.....	40
4.2.3.1	Umidade.....	40
4.2.3.2	Resíduo mineral fixo.....	40
4.2.3.3	Proteínas.....	40
4.2.3.4	Lipídios totais.....	40
4.2.3.5	Carboidratos.....	40
4.2.3.6	Valor calórico.....	40
4.2.4	Análises microbiológicas das maioneses.....	41
4.2.5	Caracterização da maionese.....	41
4.2.5.1	pH.....	41
4.2.5.2	Atividade de água.....	41
4.2.5.3	Cor.....	41
4.2.5.4	Estabilidade.....	42
4.2.5.5	Textura.....	42
4.2.5.6	Microscopia óptica.....	43
4.3	ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	43
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	45
5.1	EFEITO DO AQUECIMENTO DO AZEITE DE PEQUI.....	45
5.2	ELABORAÇÃO DA MS E DA MP.....	65
5.2.1	Caracterização do azeite de pequi e do óleo de soja.....	65
5.2.2	Composição centesimal da MP e da MS.....	67
5.2.3	Avaliação microbiológica da MP e da MS.....	67
5.2.4	Caracterização das maioneses.....	68
6	CONCLUSÕES.....	80
	REFERÊNCIAS.....	81
	APÊNDICE.....	94

1 INTRODUÇÃO

O cerrado cobre aproximadamente 22% do território nacional, ocupando a posição de segundo maior bioma brasileiro. O pequi destaca-se entre as várias espécies nativas com potencial econômico frutífero na região do cerrado por ser a planta produtora do pequi, fruto que vem sendo aproveitados pelos nativos da região há muito tempo (ALMEIDA; SILVA, 1994).

O pequi, mesmo abundante na região do cerrado, ainda não tem comercialização expressiva no cenário nacional diante de outras espécies frutíferas (CEASA, 2011). Sua polpa tem sido utilizada de diferentes maneiras, mas geralmente em escala caseira e/ou artesanal (AQUINO, 2007). A composição centesimal do pequi sofre variações que dependem de fatores como tipo de solo e temperatura (NAVES, 1999). Apesar dessas variações, os lipídios do mesocarpo interno do pequi merecem destaque, pois são os nutrientes presentes em maior percentual (LIMA et al., 2009).

O azeite de pequi possui coloração vermelho-alaranjada devido à presença de pigmentos carotenóides (GODOY; RODRIGUES-AMAYA, 1994). Os carotenóides desempenham várias funções, como corantes naturais dos alimentos, atividade provitamina A e principalmente capacidade antioxidante. Assim, muitos estudos têm investigado esses compostos bioativos (LIMA et al., 2007; ALVES et al., 2008; AZEVEDO-MELEIRO; RODRIGUEZ-AMAYA, 2004; OLIVEIRA et al., 2006).

Essa composição diferenciada do azeite de pequi em relação aos óleos geralmente utilizados para os processos de fritura em imersão desperta interesse, uma vez que a presença dos carotenóides pode influenciar nas alterações ocorridas ao longo do aquecimento (O'BRIEN, 2004). Desta maneira, é necessário investigar quais são as alterações que o azeite de pequi sofre quando submetido ao aquecimento em altas temperaturas

A presença de carotenóides nesse azeite sugere ainda outros tipos de utilização, como na fabricação de produtos que não necessitem de tratamento térmico, evitando assim a degradação deste nutriente. A maionese, cuja fabricação é baseada na formação de uma emulsão óleo em água, é um alimento com alto teor de lipídio (geralmente óleo de soja) muito consumido em todo o mundo (MIN; BOFF, 2002). Assim, torna-se relevante investigar a possibilidade de substituir o óleo de soja pelo azeite de pequi na formulação de maionese.

2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 PEQUI

O cerrado ocupa uma área de 204,7 milhões de hectares na porção central do Brasil e engloba parte dos estados da Bahia, Goiás, Maranhão, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, Paraná, Piauí, São Paulo e Tocantins, além do Distrito Federal (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).

Dentre as várias espécies nativas com potencial econômico frutífero na região do cerrado que merecem atenção, destaca-se a *Caryocar brasiliense* Camb, cujo nome vulgar é pequi. Ainda que a maioria das Caryocaraceae seja proveniente da região amazônica, uma das espécies mais marcantes da flora brasileira é o pequi, nativo dos cerrados e considerada uma das espécies mais típicas dessa região. A Caryocacaceae engloba dois gêneros e cerca de 25 espécies, sendo que no Brasil ocorrem dois gêneros e 13 espécies, distribuídas em 10 *Caryocar* e três *Anthodiscus* (SOUZA; LORENZI, 2005).

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

O pequi 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 pequi predomina sobre as outras espécies, tanto em área de ocorrência como em frequência.

O nome do fruto origina-se do tupi “pyqui”, no qual “py” significa pele, e “qui” espinho, referindo-se aos espinhos do endocarpo do fruto (parte dura do caroço). Popularmente, o pequi é conhecido ainda como piqui, pequiá, amêndoa de espinho, grão de cavalo ou amêndoa do Brasil (RIBEIRO, 2000).

O pequi 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, e 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).

Em geral, a floração do pequizeiro acontece de agosto a novembro, coincidindo com o período das chuvas, 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 fator que limita a comercialização e o acesso da população a este fruto.

Dados da Central de Abastecimento de Goiás (CEASA-GO) contabilizaram o volume de comercialização de frutos de pequi no Brasil em 5.263,8 toneladas (CEASA, 2011). A polpa do pequi é utilizada, geralmente, na elaboração de diferentes pratos, como: 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).

2.2 AZEITE DE PEQUI

A literatura referente a produtos artesanais e regionais é bastante escassa, gerando uma série de questionamentos acerca do processamento e qualidade da mesma (MORAES et al., 2009). Devido à falta de recursos para o armazenamento do pequi e de tecnologia para o processo de extração, a produção de azeite é baixa. Para cada 100 dúzias de pequi são obtidos, aproximadamente, dois litros de azeite. Além disso, o processo artesanal consome muitas horas de trabalho, levando-se em média 10 horas para a produção de um litro de azeite de pequi (AQUINO, 2007).

Facioli (1996) relatou que a extração regional do azeite de pequi é realizada de maneira artesanal e consiste em se submeter a polpa do fruto a um cozimento intensivo com água. Primeiramente a casca do fruto é retirada, colocando-os para cozinhar por 40 minutos. Após o cozimento, os frutos são retirados e 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 a gordura liberada fique suspensa. A gordura sobrenadante é retirada e

seca-se o produto em recipiente metálico sobre uma chapa quente até que o mesmo perca a opacidade causada pelo excesso de água. O azeite obtido é filtrado e envasado em garrafas.

Quanto à composição centesimal do pequi, diversos estudos foram realizados com o objetivo de determiná-la. Os resultados desses estudos têm mostrado que a composição centesimal do pequi sofre uma variação que depende do clima e do solo, envolvendo fatores como a área de cultivo e a altitude (NAVES, 1999; VERA et al., 2005; VERA et al., 2007).

Entre os componentes quantificados na polpa de pequi, os lipídios merecem destaque. Lima et al. (2007) afirmaram que a polpa do pequi é rica em lipídios, com um percentual de 33,4%, enquanto Vera et al. (2007) determinaram 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 de pequi variando de 39,1 a 59,4%.

Devido ao alto teor de lipídios da polpa de pequi, muitos estudos têm sido realizados buscando identificar e quantificar os componentes que formam esta fração. Em relação aos ácidos graxos, Facioli e Gonçalves (1998) mostraram que no azeite de pequi estes são constituídos, na sua maior parte, pelos ácidos oléico (53,9%) e palmítico (40,2%), além de quantidades pequenas de esteárico (2,3%), linoléico (1,5%), palmitoléico (1,4%), linolênico (0,7%) e araquídico (0,2%). Miranda-Vilela et al. (2009) também determinaram o perfil de ácidos graxos da fração lipídica extraída da polpa de pequi e encontraram um teor de 54,28% de ácido oléico e 41,78% de ácido palmítico, com a presença de constituintes minoritários de palmitoléico (0,67%), linoléico (1,36%), linolênico (0,51%), esteárico (1,28%) e araquídico (0,12%).

Lima et al. (2007) também encontraram, na fração lipídica extraída da polpa de pequi, predomínio do ácido oléico, insaturado (56%), sendo seguido pelo ácido palmítico, saturado (35%), além de outros ácidos graxos em menor quantidade. Mariano, Couri e Freitas (2009) também determinaram o perfil de ácidos graxos da fração lipídica extraída da polpa de pequi e encontraram aproximadamente 55% de ácido oléico, 44% de ácido palmítico e ainda uma quantidade pequena de outros ácidos graxos.

Devido ao alto teor de lipídios da polpa de pequi, os triacilgliceróis são estruturas que também estão sendo estudadas nesta fração lipídica. Ao analisar os triacilgliceróis da fração lipídica da polpa de pequi por meio de eletropulverização e espectrometria de massa em tandem, Segall et al. (2006) verificaram composição relativamente simples: OOO - 56 g.kg⁻¹, POO - 466 g.kg⁻¹ e POP - 452 g.kg⁻¹, compreendendo 974 g.kg⁻¹ do total, enquanto OOS foi encontrado em pequenas quantidades (5,2 g.kg⁻¹) (O = oleína, P = palmitoil e S = estearina).

Facioli e Gonçalves (1998) encontraram em maior quantidade os POP (27,6%), os POO (22,9%) e os POS (18,2%), seguidos por outros em quantidades menores, como o OOO (5,4%), o SOO (9,1) e SOS (8,7%).

Considerando a composição em ácidos graxos e em triacilgliceróis relativamente simples encontrada no azeite de pequi, este pode ser interessante para diversas aplicações, na fabricação de um chocolate por meio de substituição no fracionamento e na utilização do óleo sem fracionamento ou hidrogenação em frituras e outras preparações culinárias (SEGALL et al., 2006).

2.3 CAROTENÓIDES

Dentre os muitos estudos realizados com o pequi, alguns autores têm investigado a presença de compostos bioativos, especialmente os carotenóides (LIMA et al., 2007; ALVES et al., 2008; AZEVEDO-MELEIRO; RODRIGUEZ-AMAYA, 2004; OLIVEIRA et al., 2006), uma vez que a coloração amarelo-alaranjada do pequi é indício da presença desses compostos.

Os carotenóides são uma classe de hidrocarbonetos (carotenos) e seus derivados oxigenados (xantofilas) constituídos por 8 unidades isoprenóides de 5 átomos de carbono, aderidas de tal forma que o arranjo de unidades isoprenóides é invertido no centro da molécula, de modo que os 2 grupos metil centrais estão na posição 1,6 e os grupos metila restantes não terminais estão ligados na posição 1,5. Os carotenóides são pigmentos solúveis em lipídios e são geralmente tetraterpenóides, derivados da estrutura acíclica $C_{40}H_{56}$, tendo uma longa cadeia central de duplas ligações conjugadas, responsáveis pela cor (EASTAUGH et al., 2008).

Por serem moléculas cromóforas, podem ser detectadas por espectrofotometria e colorimetria. O comprimento do cromóforo determina o espectro de absorção e a cor da molécula. Quanto maior o número de duplas ligações, mais largos serão os comprimentos de onda captados, o que intensifica a coloração dos vegetais para tons de vermelho. Além das duplas ligações conjugadas, a presença de anéis também influi no comprimento de onda absorvido, mudando, assim, a coloração final (RODRIGUES-AMAYA, 2001).

Quanto a sua estrutura molecular, os carotenóides compostos somente de carbono e hidrogênio são chamados de carotenos, enquanto os carotenóides sintetizados a partir dos carotenos por meio de reações de hidroxilação e epoxidação são chamados de xantofilas,

apresentando grupos substituintes com oxigênio, como hidroxilas, grupos ceto e epóxi. Dentre os carotenos pode-se citar o α , β , γ e ζ -caroteno e o licopeno, enquanto nas xantofilas estão, dentre outros, a luteína e a zeaxantina (AMBRÓSIO; CAMPOS; FARO, 2006). Quimicamente, os carotenóides podem ser subdivididos ainda em sete grupos: hidrocarbonetos, álcoois, cetonas, epóxidos, éteres, ácidos e ésteres.

De acordo com o desempenho nutricional, os carotenóides podem ser classificados como carotenóides pró-vitamina A e carotenóides inativos. Quando precursores de vitamina A os carotenóides são compostos de um anel de β -ionona não substituído, fixado a uma cadeia lateral poliênica de onze carbonos, correspondendo assim a uma molécula de vitamina A na forma de retinol. Entre os carotenóides, o β -caroteno é o mais abundante em alimentos e o que apresenta a maior atividade de vitamina A (RODRIGUES-AMAYA, 1989). Já os carotenóides inativos não são precursores de vitamina A, mas possuem importantes funções antioxidantes e/ou corantes (OSLON, 1999).

Além de serem corantes naturais dos alimentos, os carotenóides tem grande importância na saúde humana. Isso está relacionado às suas ações como provitamina A, antioxidantes, reguladores de diferenciação e proliferação celular, estimuladores de comunicação célula-célula, função imune e moduladores de metabolismo carcinogênico e filtros de luz azul. Há muitos estudos que mostram uma forte correlação entre a ingestão de carotenóides tanto com a melhoria do sistema imunológico, como na redução do risco de algumas doenças degenerativas (como câncer, doenças cardiovasculares, degeneração macular e catarata) (COOPER, 2004; KRINSKY; JOHNSON, 2005).

Os carotenóides, devido a sua estrutura, podem sofrer isomerização geométrica e oxidação, acarretando perda do poder corante e perda/diminuição de atividade antioxidante. Em condições extremas de temperatura ou na presença de enzimas (WU et al., 1999), de oxigênio singlete (STRATTON; SCHAEFE; LIEBLER, 1993), de radicais livres (YAMAUCHI et al., 1993) ou alta concentração de oxigênio (MORDI et al., 1993) ocorre a oxidação ou quebra da cadeia de carotenóides.

Determinando o teor de carotenóides na fração lipídica extraída da polpa de pequi, Godoy e Rodrigues-Amaya (1994) encontraram $7,46 \text{ mg} \cdot 100\text{g}^{-1}$, sendo que destes 10% eram representados por α e β carotenos. Lima et al. (2007) extraíram e quantificaram os carotenóides da polpa de pequi e encontraram um teor de $7,25 \text{ mg} \cdot 100\text{g}^{-1}$. Estudando a qualidade dos frutos do pequi submetidos a diferentes tempos de cozimento, Gonçalves et al. (2011) encontraram na polpa de pequi crua $13,06 \text{ mg} \cdot 100\text{g}^{-1}$ de carotenóides totais.

Entre 5 e 40 minutos de cozimento houve uma redução linear no teor de carotenóides totais, que passaram de $12,49 \text{ mg} \cdot 100\text{g}^{-1}$ à $8,51 \text{ mg} \cdot 100\text{g}^{-1}$.

Ao confirmarem a identidade dos carotenóides de algumas frutas tropicais, Azevedo-Meleiro e Rodriguez-Amaya (2004) identificaram como principais carotenóides da fração lipídica extraída da polpa de pequi a luteína, violaxantina e zeaxantina, com menor quantidade de β -criptoxantina, β -caroteno e neoxantina.

Estudando a influência da secagem do pequi na qualidade do azeite extraído, Aquino et al. (2009) avaliaram o efeito do método e do tempo de secagem sobre o teor de carotenóides totais retidos no azeite de pequi. Os resultados mostraram que ocorreu maior retenção de carotenóides no azeite de pequi obtido após os tratamentos de secagem a 40°C ($213,75 \text{ mg} \cdot \text{Kg}^{-1}$ quando seca por 4 horas e $246,70 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ quando seca por 19 horas). A secagem ao sol praticamente destruiu os carotenóides do azeite de pequi ($8,54 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ quando seca por 4 horas e $14,50 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ quando seca por 19 horas). Já no azeite de pequi extraído da polpa seca a 60°C por 4 horas encontrou-se $111,99 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ e por 16 horas, $10,45 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$.

2.4 EFEITO DO AQUECIMENTO NO AZEITE DE PEQUI

2.4.1 Os óleos

Desde os tempos pré-históricos, o homem tem usado os lipídios na alimentação e em uma variedade de outras aplicações, graças à obtenção relativamente facilitada dessas substâncias de tecidos animais e vegetais. Os lipídios são encontrados em diferentes fontes, como sementes, frutos, animais e espécies marinhas, cada uma fornecendo materiais com características bem distintas. Entretanto, apenas algumas dessas fontes têm importância econômica (O'BRIEN, 2004).

Não existe uma definição exata para lipídios. Mas este termo é geralmente usado para designar uma ampla variedade de compostos orgânicos insolúveis em solventes polares e solúveis em solventes apolares. Apesar do uso, sabe-se que a definição baseada em solubilidade apresenta problemas, pois ácidos graxos de cadeia curta (1 a 4 carbonos), por exemplo, são completamente solúveis em água e insolúveis em solventes polares (AKOH; MIN, 2002).

Uma distinção usual dos lipídios é em relação ao seu estado físico em temperatura ambiente, sendo designados de óleos os que são líquidos nessa temperatura e de gorduras os que são sólidos. Quimicamente, os óleos e gorduras são formados por ésteres de glicerol e

uma, duas ou três moléculas de ácidos graxos, formando respectivamente monogliceróis, diacilgliceróis e triacilgliceróis (GUNSTONE; HARWOOD; DIJKSTRA, 2007). Os triacilgliceróis são os principais compostos encontrados em óleos e gorduras (aproximadamente 99%) e são a classe mais significativa de lipídios de armazenamento nos vegetais e na maioria dos animais (COMBEA; ROSSIGNOL-CASTERA, 2010).

As características físicas e químicas dos óleos e gorduras são determinadas pelos ácidos graxos e pela sua posição na molécula. Os ácidos graxos se diferem pelo comprimento de sua cadeia, número e posição das duplas ligações e sua posição no glicerídeo. 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 da estrutura do glicerol (sn1 e sn3) e os ácidos graxos poliinsaturados (duas ou mais duplas ligações) a posição interna (sn2), o que define a estrutura glicerídica dos lipídios (COMBEA; ROSSIGNOL-CASTERA, 2010).

Óleos e gorduras, para efeitos práticos, contêm ácidos graxos com comprimento de cadeia entre 4 e 24 átomos de carbono e possuem de zero a três duplas ligações. Os ácidos graxos saturados são quimicamente menos reativos e têm um ponto de fusão maior do que os ácidos graxos de mesmo comprimento da cadeia com uma ou mais duplas ligações. Os ácidos graxos saturados mais importantes são butírico (C-4:0), láurico (C-12:0), mirístico (C-14:0), palmítico (C-16:0), esteárico (C-18:0), araquídico (C-20:0), behênico (C-22:0) e lignocérico (C-24:0). Os ácidos graxos insaturados são os mais reativos quimicamente. Os principais ácidos graxos monoinsaturados são palmitoléico (C-16:1) e oléico (C-18:1) e os poliinsaturados (ácidos graxos essenciais) são o ácido linolênico (C-18:2), que é diinsaturado e linolênico (C-18:3), que é triinsaturado (O'BRIEN, 2004).

2.4.2 Utilização dos óleos

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 em vários segmentos alimentícios (MONTEIRO et al., 2010).

Óleos e gorduras desempenham papéis importantes na formulação e preparação de uma grande variedade de alimentos. A maioria dos alimentos de maior preferência não poderia ser formulada ou preparada sem a utilização de óleos e gorduras, que conferem características sensoriais e tecnológicas distintas. Dentre esses, destacam-se maionese,

margarina, manteiga, derivados lácteos, embutidos, produtos de confeitaria, chocolates e molhos para salada, além dos processos de frituras (O'BRIEN, 2004).

Em relação às características tecnológicas, os óleos e gorduras influenciam na transferência de calor, aeração de massas, flexibilidade e firmeza, aderência e capacidade emulsificante. Os óleos e gorduras influenciam ainda na estrutura, estabilidade, vida de prateleira e características sensoriais como cor, sabor, aroma, textura e aparência dos alimentos (VACLAVIK; CHRISTIAN, 2008).

Para o metabolismo, os lipídios são a maior fonte energética, fornecendo cerca de 9 kcal por cada grama de lipídio metabolizado, graças ao seu potencial de oxidação biológica (β oxidação) que produz energia. Esse valor é cerca de 2,25 vezes a quantidade de energia fornecida por proteínas e carboidratos (ATWATER; WOODS, 1896; MERRIL; WATT, 1973). Além das várias funcionalidades dos lipídios nos alimentos, estes estão associados ainda à sensação de saciedade.

Guias alimentares, como a pirâmide alimentar, sugerem que óleos e gorduras devem ser consumidos moderadamente, pois pesquisas têm indicado uma possível relação entre alguns lipídios e a incidência de algumas doenças, como as cardíacas coronarianas. Assim, recomendações de redução do consumo de gorduras saturadas, colesterol e isômeros trans têm sido propostas (KUMMEROW, 2009). Os lipídios, entretanto, desempenham diversas funções no corpo humano e alguns deles são essenciais para uma dieta saudável, como os ácidos graxos linoléico e linolênico, relacionados com o crescimento humano. Os lipídios funcionam ainda como veículo para as vitaminas lipossolúveis (VACLAVIK; CHRISTIAN, 2008).

Dentre os trabalhos realizados com frutos do cerrado, pesquisadores têm desenvolvido projetos voltados para o processamento da polpa de pequi e a melhoria da qualidade de seus derivados, como o azeite de pequi, que tem sido bastante estudado com o objetivo de diminuir sua deterioração. Ao estudarem a influência da secagem do pequi na qualidade do azeite extraído, Aquino et al. (2009) concluíram que a secagem da polpa de pequi em estufa a 40 °C por 19 horas resultou num maior rendimento de azeite de pequi na extração e menor degradação térmica. Ao avaliarem o uso de tecnologia enzimática para melhorar a extração do azeite da polpa de pequi, Mariano, Couri e Freitas (2009) concluíram que o tratamento aquoso enzimático seguido de prensagem apresenta um rendimento de azeite de pequi maior que na extração por prensagem em temperatura ambiente, tratamento que produziu o azeite de pequi com melhor qualidade.

2.4.3 Processo de fritura em imersão

A fritura por imersão em óleo tem sido utilizada na cozinha chinesa há séculos. Ela permaneceu como uma arte, até que gradualmente evoluiu para uma ciência, motivada pela necessidade de métodos de preparação de alimentos melhores e mais rápidos. 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).

Pode-se distinguir dois tipos principais de fritura. A fritura rasa se caracteriza por uma pequena porção de óleo em relação ao alimento, um contato importante com o ar privilegia as reações de oxidação em alguns minutos e tem temperatura de cocção relativamente moderadas, entre 140 e 160 °C. Já a fritura por imersão apresenta condições mais drásticas, com temperaturas entre 175 e 200 °C e tempos de aplicação mais longos que favorecem especialmente as reações térmicas, além de utilizar uma grande quantidade de óleo (COMBEA; ROSSIGNOL-CASTERA, 2010).

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, algo sumamente necessário nestes tempos modernos. A fritura atua ainda conferindo ao alimento características agradáveis de cor, sabor, textura e palatabilidade (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 na fritura (O'BRIEN, 2004). Os alimentos podem ser fritos em uma ampla gama de óleos e gorduras, incluindo óleos vegetais, gorduras animais, óleos ou gorduras modificados ou a mistura destes. Os principais critérios utilizados para selecionar óleos de fritura são a estabilidade ao longo da fritura, a fluidez, sabor agradável, baixa tendência a espuma ou formação de fumaça, baixa quantidade de goma (polimerização), a estabilidade oxidativa do óleo de fritura durante o armazenamento, sabor agradável e preço.

Ao expor os alimentos a altas temperaturas, o processo de fritura remove a água interna do alimento e permite a absorção de óleo. Muitos fatores podem afetar a absorção do óleo durante a fritura e um melhor entendimento de como o óleo é absorvido durante a fritura pode levar a alimentos fritos de melhor qualidade. O tempo de fritura, a composição do alimento, a superfície de contato e outros fatores determinam os níveis de absorção de óleo. A

porosidade dos alimentos, por exemplo, requer mais estudos para determinar seu efeito sobre a absorção de óleo pelo alimento (VACLAVIK; CHRISTIAN, 2008).

A utilização do óleo na transferência de calor para fritar alimentos é acompanhada de reações termo-oxidativas que levam a formação de substâncias que vão alterar as características físico-químicas e nutricionais do óleo. Quando o óleo é aquecido em temperaturas de fritura ($\pm 180\text{ }^{\circ}\text{C}$) e está em contato com o ar e os alimentos, reativos bioquímicos agem sobre os ácidos graxos resultando em oxidação, hidrólise, polimerização, isomerização e geralmente um acoplamento de todas essas reações químicas (DOBARGANES, 1998)

De acordo com Lolos, Oreopoulou e Tzia (1999), os óleos vegetais que possuem grande quantidade de ácidos graxos poliinsaturados estão mais sujeitos à oxidação que óleos que possuem maior quantidade de ácidos graxos saturados. Machado et al. (2008) ao estudarem quantitativamente a formação de monoepoxiácidos, monocetoácidos e monohidroxiácidos em óleos e gorduras provenientes de fritura descontínua de batatas, concluíram que óleos e gorduras monoinsaturados apresentam maior tendência à formação de monômeros oxidados e menor tendência à formação de polímeros, ao contrário dos óleos poliinsaturados.

2.4.4 Alterações provocadas pelo aquecimento

Além das alterações positivas que a fritura proporciona ao alimento, este processo também é responsável pela ocorrência de reações de degradação, que modificam as qualidades funcionais e nutricionais do óleo, podendo chegar a níveis em que este se torna impróprio ao consumo e sem a qualidade desejada. Durante a fritura, o óleo é continuamente exposto a temperaturas elevadas na presença de ar e de umidade e interage ainda com outros compostos do alimento que está sendo frito. Assim, uma série de reações químicas e físicas ocorre durante a fritura, bem como mudanças devido à decomposição térmica, dentre elas oxidação, hidrólise, polimerização e isomerização (QUILES et al., 2002; VALAVANIDIS et al., 2004).

Durante a fritura, as reações físicas e químicas que acontecem provocam mudanças no óleo de fritura e no alimento que está sendo frito. Dentre as mudanças físicas, pode-se destacar o aumento da viscosidade, da cor e da formação de espuma (AKOH; MIN, 2002).

As alterações químicas podem ser resumidas em três tipos diferentes de reações: os óleos e gorduras podem hidrolisar para formar ácidos graxos livres, monoacilglicerol e diacilglicerol, e/ou podem oxidar para formar peróxidos, hidroperóxidos, dienos conjugados,

epóxidos hidróxidos e cetonas e/ou podem se decompor em pequenos fragmentos ou permanecer na molécula do triacilglicerol e se associarem, conduzindo a triacilgliceróis diméricos e poliméricos (SANIBAL; MANCINI FILHO, 2002).

Com relação às reações hidrolíticas, dependendo do teor de umidade do alimento, o vapor causa a hidrólise dos triacilgliceróis, resultando na formação de ácidos graxos livres, monoacilgliceróis e diacilgliceróis (MITTELBAACH; ENZELSBERGER, 1999). Nas reações oxidativas (provocadas pelo oxigênio presente no ar), ácidos graxos insaturados podem reagir com oxigênio molecular por meio de um mecanismo de radicais livres, formando hidroperóxidos que podem continuar a reagir, formando muitas substâncias como aldeídos, hidrocarbonetos, semialdeídos, ácidos e compostos diméricos e oligoméricos (NAWAR, 1984).

Como estas reações prosseguem, a qualidade funcional, sensorial e nutricional do óleo utilizado na fritura muda e eventualmente atinge um ponto em que já não é possível preparar alimentos fritos de qualidade e o óleo precisa então ser descartado. A taxa de deterioração do óleo utilizado na fritura varia de acordo com os alimentos fritos, o tipo de óleo utilizado, o modelo da fritadeira e suas condições de funcionamento (O'BRIEN, 2004). Quando exposto muito tempo a altas temperaturas, o óleo pode ficar com uma cor alaranjada ou marrom ou pode tornar-se mais viscoso e formar espuma. O ponto de fumaça diminui à medida que o óleo é usado repetidamente para fritar e então sua qualidade é reduzida (VACLAVIK; CHRISTIAN, 2008).

A resistência dos óleos aos processos de oxidação depende da sua composição e das condições a que é submetido, 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).

Métodos para determinar a taxa de avanço dos processos de deterioração dos óleos 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).

2.4.5 Análises de óleos

Historicamente, o desenvolvimento de métodos analíticos para óleos e gorduras tem sido feito pelos processadores industriais, associações profissionais, consumidores finais, comunidade acadêmica e órgãos de pesquisa financiados pelo governo. O desenvolvimento de procedimentos analíticos foi uma das principais razões para a constituição da Sociedade de

Analistas de Produtos de Algodão, que em 1909 se tornou a American Oil Chemists' Society (AOCS, 2008).

A padronização de métodos analíticos permanece como um dos principais objetivos da AOCS. Os métodos AOCS são continuamente atualizados, descartando os métodos não utilizados ou pouco satisfatórios e acrescentando novos procedimentos. Outros métodos padronizados de alcance internacional com potencial de aplicação para a análise de óleos e gorduras são publicados pela Association of Official Analytical Chemists (AOAC), American Society for Testing and Materials (ASTM) e American Association of Cereal Chemists (AACC) (O'BRIEN, 2004).

Os métodos analíticos para determinar a composição de óleos e gorduras evoluíram de separações químicas para os procedimentos instrumentais. Métodos instrumentais são interessantes para a realização de análises de lipídios devido à economia de tempo, maior precisão e gastos menores com materiais e reagentes. A análise instrumental, porém, exige eficientes processos de normalização ou calibração dos instrumentos, bem mais rigorosos que nas separações químicas (AKOH; MIN, 2002).

As análises de óleos e gorduras são necessárias para uma série de aplicações, começando com o comércio de *commodities*. Em cada planta de processamento de óleos e gorduras existem requisitos analíticos para o controle de qualidade do processo. Pode-se destacar as avaliações sensoriais que são utilizadas para garantir o sabor característico e o índice de peróxido para verificar a estabilidade ao longo da vida de prateleira. Na refinação, por exemplo, a análise do teor de ácidos graxos livres no óleo é importante para determinar o tratamento cáustico, para avaliar se o óleo foi devidamente desodorizado e serve como um indicador de qualidade em outras áreas (GUNSTONE; HARWOOD; DIJKSTRA, 2007).

Para constar informações sobre o teor de lipídios na tabela nutricional do rótulo de um alimento, é necessária a realização de análises precisas para identificar os compostos presentes, as suas quantidades e a conformidade com a legislação. Dentre esse têm-se o teor total de lipídios, de ácidos graxos saturados e poliinsaturados, colesterol e vitaminas lipossolúveis (O'BRIEN, 2004).

Extinção específica, índice de carbonila e índice de estabilidade oxidativa são bons indicadores analíticos das alterações oxidativas em óleos e gorduras utilizados em frituras (FARHOOS; TAVAKOLI, 2008). Outras análises também são bastante utilizadas para avaliar as alterações sofridas pelo óleo ao longo do aquecimento, principalmente o teor de ácidos graxos livres, índice de peróxido, extinção específica, índice de iodo, determinação dos ácidos graxos, cor, viscosidade e pigmentos (carotenóides e clorofila) (VALDÉS; GARCIA, 2006;

BESTER et al. 2008; BANSAL et al., 2010; CHIAVARO et al., 2010; EL-ABASSY; DONFACK; MATERNY, 2010; TSUZUKI; MATSUOKA; USHIDA, 2010).

2.5 ALIMENTOS EMULSIONADOS TIPO MAIONESE

2.5.1 Desenvolvimento de novos produtos

Novos produtos são demandados e desenvolvidos para atenderem a segmentos específicos de mercado, para incorporarem tecnologias diversas, se integrarem a outros produtos e usos e se adequarem a novos padrões e restrições legais. Trata-se, portanto, de um dos mais importantes processos empresariais, pois dele depende a renovação do portfólio de produtos da empresa e, com isso, sua longevidade no mercado (TOLEDO et al., 2008).

Segundo Hauptman e Hirji (1996), o desenvolvimento do produto é uma sequência de processamentos de informações, logicamente ordenados e inter-relacionados, que transforma os dados originais do mercado, o conhecimento das oportunidades tecnológicas e as ideias sobre novos produtos em todas as informações necessárias para sua produção e comercialização.

As pequenas e médias empresas são associadas ao lançamento de produtos inovadores e, no caso de países em desenvolvimento, desempenham um importante papel na substituição de importações e na criação de redes locais de empresas de maior conteúdo tecnológico (FERNANDES; CÔRTEZ; PINHO, 2004). As carências que as pequenas e médias empresas tradicionalmente apresentam (financeiras, de gestão e de recursos humanos) dificultam a atividades de inovação (MACULAN, 2003). O sucesso de uma inovação por meio do lançamento de um novo produto depende da configuração e dinâmica de variáveis controláveis (inerentes à empresa) e de variáveis não controláveis (ambiente de inserção da empresa).

Para Cooper e Kleinschmidt (1994), os produtos altamente inovadores e os de baixo grau de inovação são mais bem sucedidos que produtos de inovação moderada. Poolton e Barclay (1998) e Yap e Souder (1994) identificaram várias características de um novo produto que o impulsionam para o sucesso: baixo custo, alta qualidade, desempenho superior e atributos únicos.

O desenvolvimento de novos produtos é caro e é um risco para a indústria de alimentos. Como na maioria dos novos alimentos as falhas de desenvolvimento se dão em termos de aceitação pelo consumidor, é importante saber quais os fatores que facilitam e quais

os fatores que dificultam a aceitação pelo consumidor de novos produtos alimentícios (SIEGRIST, 2007).

2.5.2 Maionese

Um dos molhos mais antigos, tradicionais e consumidos a nível mundial é a maionese: molho com alto teor de óleo muito saboroso e importante. É um alimento bastante consumido em residências e também em restaurantes para preparar sanduíches, saladas e outros pratos frios (MIN; BOFF, 2002). Tradicionalmente a maionese é produzida em bateladas pela lenta adição de óleo à fase aquosa sob vigorosa agitação, criando um sistema de emulsão óleo em água. (DEPREE; SAVAGE, 2001).

A maionese é uma típica emulsão semi-sólida de óleo em água. Em sua composição comercial típica geralmente encontram-se, além do óleo, gema de ovo, vinagre, sal e especiarias, especialmente a mostarda. A gema do ovo é o ingrediente mais crítico para a estabilidade da maionese, pois tem comportamento anfótero (HASENHUETTL, 2008; NARSIMHAN; WANG, 2008).

Devido à composição da maionese, muitos estudos têm sido realizados para tentar substituir alguns ingredientes. Dentre esses, a gema do ovo, na tentativa de reduzir o teor de colesterol da maionese (MANCINI et al., 2002; DOLZ et al., 2006). Outros têm tentado substituir a fração lipídica na tentativa de obter uma maionese com as características sensoriais típicas, mas com reduzido valor energético (SHEN; LUO; DONG, 2011; WORRASINCHAI et al., 2006; CHOUARD; RETTENMAIER; SHNE, 2005; CHEN, 2005; SAITO et al., 2006; IZIDORO et al. 2008).

Nos Estados Unidos, a lei 21 CFR 169.140 (Sec. 169.140 MAYONNAISE, 2002) exige que a maionese tenha pelo menos 65% de óleo vegetal em massa. Dessa maneira, as maioneses encontradas no mercado têm teores de óleo entre 70 e 80%. O mercado para este produto está baseado em diferentes e interessantes sabores e aromas. Mesmo assim, este mercado está preocupado em utilizar outros ingredientes, e versões “mais saudáveis” têm sido desenvolvidas (GARCIA et al., 2009).

No Brasil a maionese é definida pela RDC nº 276/2005 (BRASIL, 2005) como o produto cremoso em forma de emulsão estável, óleo em água, preparado a partir de óleo(s) vegetal(is), água e ovos, podendo ser adicionado de outros ingredientes desde que não descaracterizem o produto. Essa resolução estabelece ainda que o produto deve ser acidificado.

Como a legislação brasileira não estabelece um teor mínimo de óleo para a fabricação da maionese, a maior parte das maioneses tradicionais encontradas no mercado brasileiro tem como ingrediente em maior quantidade a água, seguida pelo óleo vegetal. Verificando as tabelas nutricionais de vários rótulos de maionese, observa-se que o percentual de lipídios é de aproximadamente 20%, teor bem diferente daquele preconizado pela legislação dos Estados Unidos.

2.5.3 Emulsão

Emulsão pode ser definida como a mistura entre dois líquidos imiscíveis em que um deles (a fase dispersa) encontra-se na forma de finos glóbulos no meio do outro líquido (a fase contínua) (MCCLEMENTS, 2005). Nesse sistema, a fase aquosa pode conter ainda diversos ingredientes solúveis, incluindo moléculas de açúcares, sais, ácidos, bases, proteínas e carboidratos.

Emulsões alimentícias têm uma estrutura complexa. Suas gotículas são estabilizadas por diferentes quantidades de proteínas, pequenas moléculas de surfactantes (emulsificantes) e, em certos casos, polissacarídeos (hidrocolóides). Em termos de mecanismos subjacentes de (de)estabilização, há algumas similaridades e diferenças entre nanopartículas e outros tipos de agentes emulsificantes (TCHOLAKOVA, DENKOV, LIPS, 2008; BINKS, 2003; DICKINSON, 2009).

Existem diferentes sistemas de emulsificação, embora os mais frequentes sejam os sistemas rotor-estator (máquina de dispersão de disco dentada) e homogeneizadores de alta pressão. Novos sistemas têm sido estudados, como a explorando força magnetohidrodinâmica (SHEN; LUO; DONG, 2011). A escolha de um sistema de emulsificação ou de outro depende de vários fatores, tais como o volume da fração lipídica ou o diâmetro de gota desejado (BENGOCHEA et al., 2009).

Condições de processo como entrada de energia, temperatura, tempo de homogeneização, geometria do rotor e outros são extremamente importantes devido à sua influência decisiva na microestrutura e nas propriedades reológicas da emulsão final, e como consequência, sobre a sua estabilidade (BENGOCHEA et al., 2009).

Em uma emulsão, quando a concentração do agente emulsificante é baixa, e as interações eletrostáticas são altamente reprimidas, as gotas formadas inicialmente tendem a coalescer rapidamente, até que suas superfícies sejam protegidas por uma camada de partículas/moléculas de estabilização. Isso é geralmente acompanhado por algumas pontes de floculação, devido ao compartilhamento de partículas/macromoléculas adsorvidas entre gotas

vizinhas. Com a alta concentração de agentes emulsificantes na emulsificação sob condições hidrodinâmicas controladas, o tamanho da partícula é principalmente afetado pela tensão interfacial e é o fator chave para assegurar a estabilidade necessária a longo prazo. (DICKINSON, 2010).

Considerando a importância do pequi no bioma cerrado e a sua ocorrência expressiva, o aproveitamento do pequi por meio da extração e utilização dos lipídios da sua polpa torna-se interessante. Este azeite poderia ser utilizado para a realização de frituras, aplicação mais comum dos lipídios. A presença de carotenóides nesse azeite sugere ainda uma possível utilização em produtos que não necessitem de tratamento térmico, como a maionese, evitando assim a degradação deste nutriente.

3 OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar o efeito do aquecimento em temperatura de fritura com diferentes tempos de exposição nas características do azeite de pequi, formular e elaborar maionese substituindo o óleo de soja pelo azeite de pequi e comparar suas características ao longo da estocagem.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Avaliar o efeito do aquecimento nos diferentes tempos de exposição por meio das características físicas e químicas do azeite de pequi.
- Avaliar o efeito do aquecimento no perfil de ácidos graxos do azeite de pequi.
- Determinar a cinética de alteração da cor e de degradação dos carotenóides totais durante o processo de aquecimento do azeite de pequi.
- Caracterizar física e quimicamente o óleo de soja e o azeite de pequi.
- Formular emulsão tipo maionese com óleo de soja e com azeite de pequi.
- Determinar a composição centesimal da maionese de óleo de soja (MS) e da maionese de azeite de pequi (MP).
- Avaliar a qualidade microbiológica da MS e da MP.
- Avaliar as características físicas e químicas da MS e da MP ao longo do período de estocagem.

4 MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram conduzidos nos Laboratórios da Engenharia de Alimentos da Escola de Agronomia e Engenharia de Alimentos e no Centro de Pesquisa em Alimentos da Escola de Veterinária, ambos na Universidade Federal de Goiás – UFG.

O azeite de pequi foi adquirido da Cooperativa dos Produtores Rurais e Catadores de Pequi de Japonvar – Cooperjap. O azeite foi extraído artesanalmente por meio de cozimento da polpa de pequi, retirada do azeite no sobrenadante com auxílio da adição de água fria e secagem. Encaminhado ao laboratório, o azeite foi aquecido em banho-maria (50 ± 2 °C), por cinco minutos, filtrado em quatro camadas de nylon, homogeneizado por cinco minutos e envasado em vidros previamente esterilizados, com tampa de metal e capacidade de 600 mL. Os vidros foram protegidos da luz difusa com auxílio de folha de alumínio e estocados a 25 ± 5 °C, em armário fechado.

4.1 AVALIAÇÃO DO AQUECIMENTO DO AZEITE DE PEQUI

Amostras de 500 mL de azeite de pequi foram aquecidas de modo contínuo, em fritadeira elétrica de aço inox (Vicini, EPV815, Rio de Janeiro, Brasil), à 180 ± 5 °C, por 0, 10, 20, 30, 40, 50 e 60 minutos. Em cada tratamento esperou-se que o azeite de pequi atingisse 180 °C para disparar o cronômetro e iniciar a contagem do tempo de aquecimento. A temperatura do azeite de pequi ao longo do aquecimento foi monitorada com termômetro imerso à pressão atmosférica (BANZAL et al., 2010).

Depois de aquecido o azeite de pequi foi imediatamente resfriado em banho com água e gelo, armazenado em frascos de vidro âmbar e estocado sob refrigeração (4 ± 2 °C) até o momento das análises (MALHEIRO et al., 2009). Antes de cada análise, o azeite foi colocado em banho-maria (40 ± 2 °C por 5 minutos) para fundir e em seguida foi mantido em temperatura de 25 ± 5 °C.

Posteriormente, amostras de cada tratamento foram submetidas a avaliações químicas (teor de ácidos graxos livres, índice de peróxido, índice de iodo, índice de ácido tiobarbitúrico, perfil de ácidos graxos e carotenóides totais), físicas (densidade e viscosidade) e óptica (cor). Foram avaliados ainda os parâmetros cinéticos de degradação dos carotenóides e de alteração da cor.

4.1.1 Análises químicas

4.1.1.1 Ácidos graxos livres

Determinados pelo método Ca 5a-40 por meio de titulação da amostra com hidróxido de sódio e expressos em % de ácido oléico (AOCS, 1997).

4.1.1.2 Índice de peróxido

Determinado pelo método Cd 8-53 por meio da titulação com tiosulfato de sódio do iodo liberado pelo iodeto de potássio, na presença de amido indicador e expresso em miliequivalentes de peróxido por 1000g de óleo (AOCS, 1997).

4.1.1.3 Índice de Iodo

Determinado pelo método Cd 1b-87 por meio da titulação da amostra acrescida da solução de Wijs com tiosulfato de sódio na presença de amido indicador e expresso em termos de centigramas de iodo absorvido por grama de amostra (% de iodo absorvido) (AOCS, 1997).

4.1.1.4 Índice de ácido tiobarbitúrico

Determinado pelo método Cd 19-90 por meio da reação do ácido 2-tiobarbitúrico com os aldeídos formados durante a oxidação e expresso em mg de malonaldeído por kg de amostra (AOCS, 1997).

4.1.1.5 Perfil de ácidos graxos

O perfil de ácidos graxos do azeite de pequi foi determinado por cromatografia em fase gasosa após a preparação dos ésteres metílicos. Os ácidos graxos foram esterificados conforme o método Ce-2-66 (AOCS, 1997). As quantificações dos ácidos graxos foram feitas conforme o método Ce 1-62 (AOCS, 1997) em cromatógrafo a gás (Thermo Fisher Scientific, Focus GC, Two Rivers, Estados Unidos), equipado com um detector por ionização em chama a 230 °C e coluna capilar 30 m x 0,25 mm x 0,25 µm (Restek, RTX-1, Bellefonte, Estados Unidos), com temperatura de forno inicial de 130 °C, que foi aumentando 1,0 °C por minuto até atingir a temperatura final de 225 °C, com injetor a 220 °C. Os cromatogramas foram obtidos mediante a injeção manual de 1,0 µL da amostra em triplicata, os componentes graxos foram identificados pela comparação dos tempos de retenção das amostras com os tempos de retenção dos ésteres metílicos padrões e a quantificação foi feita pela integração das áreas.

4.1.1.6 Carotenóides totais

Determinados pela diluição do azeite de pequi utilizando como solvente hexano, grau espectrofotométrico, conforme o método 958.05 (AOAC, 1990) e leitura no espectro visível a 452 nm (Biospectro, SP-220, São Paulo, Brasil) (AQUINO et al., 2009), utilizando hexano como branco (CASAL et al., 2010). Os cálculos dos carotenóides totais foram feitos considerando a absorbância máxima e o valor de absortividade 2500 (DAVIES, 1976) para expressar os resultados de equivalente de b-caroteno em $\mu\text{g.g}^{-1}$ de azeite de pequi.

4.1.2 Análises físicas

4.1.2.1 Densidade

Determinada pelo método Cc 10a-25 em picnômetro por meio da relação entre a massa e o volume do azeite de pequi e da água a 25 °C e expressa em valor absoluto (AOCS, 1997; VALDÉS; GARCIA, 2006).

4.1.2.2 Viscosidade

Determinada pelo método Ja 10-87 por meio de medições feitas em viscosímetro rotacional (Brookfield, LVDV II+, Stoughton, Estados Unidos) (AOCS, 1997) equipado com cilindro S-61, velocidade de rotação 60 rpm (LAZOS; TSAKNIS; BANTE, 1995; VALDE'S; GARCIA, 2006) e temperatura a $25 \pm 1^\circ\text{C}$. A viscosidade foi calculada automaticamente com base na velocidade e na geometria do cilindro e utilizou-se o fator de conversão igual a 1 informado pelo fabricante para este cilindro. A viscosidade foi então expressa em mPa.s.

4.1.3 Análise óptica

4.1.3.1 Cor

A avaliação instrumental de cor das amostras de azeite de pequi foi realizada em colorímetro (Color Quest II, Hunterlab, Virginia, Estados Unidos) conectado a um computador provido de software (Universal Versão 4.10, Hunterlab, Virginia, Estados Unidos). As amostras foram colocadas em cubeta de vidro com 20 mm de caminho óptico. Para cálculo das coordenadas de cor, foi estabelecido o iluminante D65, o ângulo de 10° para o observador e a escala do sistema de cor CIE Lab (RAVI; PRAKASH; BHAT, 2005). As coordenadas foram lidas após calibração com a amostra obtida no tratamento 0 minutos. 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 vermelho a verde e b^* que representa uma escala de tonalidades de amarelo a azul. A diferença de cor (DE) entre a amostra no tempo 0 e amostra dos demais tratamentos foi expressa da seguinte maneira:

$$DE = [(DL^*)^2 + (Da^*)^2 + (Db^*)^2]^{0,5}$$

4.1.4 Parâmetros Cinéticos

4.1.4.1 Cinética de degradação dos carotenóides

A ordem de reação (n) da degradação dos carotenóides totais, a constante da velocidade de reação (k) e o tempo de meia vida ($t_{1/2}$) foram calculados conforme descrito por Labuza (1982).

A cinética dos dados experimentais foi apresentada na forma adimensional C/C_0 em diferentes intervalos de tempo de aquecimento t (em minutos), onde C é o teor de carotenóides remanescente depois de cada tratamento e C_0 é o teor de carotenóides da amostra obtida em T_0 (ACHIR et al., 2010).

A taxa de degradação inicial r (em minutos) de cada cinética foi encontrado através da medida da inclinação da tangente da curva $C/C_0 = f(t)$ para $t = 0$.

- Determinação da ordem de reação (n)

Determinada por meio da plotagem dos valores de concentração dos carotenóides, valores do $\ln$ da concentração de carotenóides e valores do inverso da concentração de carotenóides em cada tratamento *versus* o tempo de aquecimento. Foi realizada a regressão linear destes pontos e o melhor ajuste foi selecionado usando como critério o coeficiente de determinação (R^2).

- Determinação da constante da velocidade de reação (k)

Determinada por meio do coeficiente angular da reta que determinou a ordem da reação (plotagem dos valores de concentração dos carotenóides *versus* o tempo de aquecimento em cada tratamento).

- Determinação do tempo de meia vida ($t_{1/2}$)

Determinada por meio do tempo necessário para que os valores da concentração de carotenóides se reduzissem à metade do valor inicial utilizando umas das seguintes equações, conforme a ordem de reação determinada:

$$t_{1/2} = \frac{[C]}{2K} \quad (\text{Ordem 0})$$

$$t_{1/2} = \frac{\ln 2}{K} \quad (1^{\text{a}} \text{ ordem})$$

$$t_{1/2} = \frac{1}{K[C_0]} \quad (2^{\text{a}} \text{ ordem})$$

4.1.4.2 Cinética de alteração da cor

Os dados de cor das amostras obtidos por meio da leitura das coordenadas L^* , a^* e b^* depois de cada tratamento foram analisados quanto à ordem de reação de alteração da cor e calculadas a constante da velocidade de reação (k) e o tempo de meia vida ($t_{1/2}$) (LABUZA, 1982) conforme descrito em 4.1.4.1.

A cinética dos dados experimentais foi apresentada na forma adimensional C/C_0 em diferentes intervalos de tempo de aquecimento t (em minutos), onde C é a cor da amostra (L^* , a^* e b^*) resultante da leitura das coordenadas depois de cada tratamento e C_0 é a cor inicial da amostra (referente à cor da amostra obtida em T_0) (KROKIDA et al., 2001).

A taxa de degradação inicial r (em minutos) de cada cinética foi encontrado através da medida da inclinação da tangente da curva $C/C_0 = f(t)$ para $t = 0$.

4.2 ELABORAÇÃO E ANÁLISE DAS MAIONESES

4.2.1 Formulação das maioneses

Foram elaboradas maioneses de óleo de soja (MS) e de azeite de pequi (MP) a partir dos ingredientes e quantidades descritos por Su et al. (2004) com algumas modificações (Tabela 1).

Tabela 1. Ingredientes de formulação das MS e MP.

Ingrediente	Quantidade (% m/m)	
	MS	MP
Água	44	44
Óleo de soja	20	0
Azeite de pequi	0	20
Ovo (em pó e reidratado)	9	9
Vinagre	9	9
Amido de milho	9	9
Açúcar	4	4
Sal	3	3
Amido de milho modificado	2	2

O óleo de soja, o ovo em pó, o açúcar refinado, o sal, o vinagre e o amido de milho foram adquiridos no comércio local. O amido de milho modificado foi doado pela Fego Alimentos.

O amido foi diluído em água destilada (85,11%) em um béquer e aquecido em chapa com resistência elétrica durante 5 minutos a 90 °C até obtenção de uma pasta “consistente”. O amido modificado foi diluído em água destilada (14,89%) em um béquer e aquecido em chapa com resistência elétrica durante 5 minutos a 90 °C até obtenção de um “gel”. O ovo foi reidratado com água destilada conforme recomendações do fabricante (25% do ovo em pó e 75% de água).

A maionese foi preparada como descrito por Su et al. (2010) e Mun (2009) com algumas alterações. Em um copo de liquidificador (RI 1764, Walita, Rio Grande do Sul, Brasil) foram acrescentados o ovo, o vinagre, o açúcar e o sal e homogeneizou-se por 60 segundos. Em seguida foi acrescentada a pasta de amido e homogeneizou-se por 180 segundos. Depois acrescentou-se a pasta de amido modificado e homogeneizou-se por mais 180 segundos. Adicionou-se então o óleo de soja ou o azeite de pequi lentamente (em fio) durante 300 segundos.

Todos os recipientes, utensílios e equipamentos utilizados durante a elaboração da maionese foram previamente limpos com detergente alcalino e sanitizados em solução com 200 mg.L⁻¹ de cloro residual total durante 30 minutos. A mesma higienização foi feita nas embalagens para acondicionamento do produto.

Aproximadamente 250 g de MS ou MP foi acondicionada em potes de polietileno tereftalato com tampa de rosca, que foram identificados, datados e estocados em temperatura ambiente sobre prateleiras sem controle de incidência luminosa.

4.2.2 Caracterização do azeite de pequi e do óleo de soja

O azeite de pequi e o óleo de soja utilizados na formulação das maioneses foram submetidos a avaliações químicas (ácidos graxos livres, índice de peróxido, índice de iodo, índice de ácido tiobarbitúrico, extinção específica e carotenóides totais) físicas (densidade, viscosidade) e óptica (cor).

4.2.2.1 Ácidos graxos livres

Determinados pelo método Ca 5a-40 por meio de titulação da amostra com hidróxido de sódio e expressos em % de ácido oléico (AOCS, 1997).

4.2.2.2 Índice de peróxido

Determinado pelo método Cd 8-53 por meio da titulação com tiosulfato de sódio do iodo liberado pelo iodeto de potássio, na presença de amido indicador e expresso em miliequivalentes de peróxido por 1000 g de óleo (AOCS, 1997).

4.2.2.3 Índice de Iodo

Determinado pelo método Cd 1b-87 por meio da titulação da amostra acrescida da solução de Wijs com tiosulfato de sódio na presença de amido indicador e expresso em termos de centigramas de iodo absorvido por grama de amostra (% de iodo absorvido) (AOCS, 1997).

4.2.2.4 Índice de ácido tiobarbitúrico

Determinado pelo método Cd 19-90 por meio da reação do ácido 2-tiobarbitúrico com os aldeídos formados durante a oxidação e expresso em mg de malonaldeído.kg⁻¹ (AOCS, 1997).

4.2.2.5 Extinção específica

Determinada pelo método Ch 5-91 por meio da dissolução das amostras em isoctano e leitura em espectrofotômetro, utilizando como referência o solvente puro, nos comprimentos de onda 232 γ para identificação dos sistemas dienos presentes e 270 γ para identificação dos sistemas trienos presentes (AOCS, 1997).

4.2.2.6 Carotenóides totais

Determinados pela diluição do azeite de pequi utilizando como solvente hexano, grau espectrofotométrico, conforme o método 958.05 (AOAC, 1990) e leitura no espectro visível a 452 nm (Biospectro, SP-220, São Paulo, Brasil) (AQUINO et al., 2009), utilizando hexano como branco (CASAL et al., 2010). Os cálculos dos carotenóides totais foram feitos considerando a absorbância máxima e o valor de absortividade 2500 (DAVIES, 1976) para expressar os resultados de equivalente de β -caroteno em $\mu\text{g.g}^{-1}$ de azeite de pequi.

4.2.2.7 Densidade

Determinada pelo método Cc 10a-25 em picnômetro por meio da relação entre a massa e o volume do azeite de pequi e da água a 25 °C (AOCS, 1997).

4.2.2.8 Viscosidade

Determinada pelo método Ja 10-87 por meio de medições feitas em viscosímetro rotacional (Brookfield, LVDV II+, Stoughton, U.S.A.) (AOCS, 1997) equipado com cilindro S-61, velocidade de rotação 60 rpm (LAZOS; TSAKNIS; BANTE, 1995) e temperatura a 25 ± 1 °C. A viscosidade foi calculada com fator de conversão igual a 1 fornecido pelo fabricante do equipamento e expressa em mPa.s.

4.2.2.9 Cor

A avaliação instrumental de cor do óleo de soja e do azeite de pequi foi realizada usando colorímetro (Color Quest II, Hunterlab, Virginia, Estados Unidos) conectado a um computador provido de software (Universal Versão 4.10, Hunterlab, Virginia, Estados Unidos). As amostras foram colocadas em cubeta de vidro com 20 mm de caminho óptico. Para cálculo das coordenadas de cor, foi estabelecido o iluminante D65, o ângulo de 10° para o observador e a escala do sistema de cor CIE Lab (RAVI; PRAKASH; BHAT, 2005). 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 vermelho a verde e b^* que representa uma escala de tonalidades de amarelo a azul. As coordenadas foram lidas após calibração com a amostra obtida no tratamento 0. A diferença de cor (DE) entre a amostra no tempo 0 e amostra dos demais tratamentos foi expressa da seguinte maneira:

$$DE = [(DL^*)^2 + (Da^*)^2 + (Db^*)^2]^{0.5}$$

4.2.3 Composição centesimal das maioneses

As maioneses foram submetidas a análises físico-químicas para determinação dos teores de umidade, resíduo mineral fixo, proteínas, lipídios totais e carboidratos, a partir das quais foi calculado o valor energético total.

4.2.3.1 Umidade

Determinada pelo método 925.09 gravimetricamente em estufa a 105 °C e expressa em % (AOAC, 1997).

4.2.3.2 Resíduo mineral fixo

Determinado pelo método 923.03 por incineração em mufla a 550 °C e expresso em % (AOAC, 1997).

4.2.3.3 Proteínas

Determinadas pelo método 954.01 usando a técnica de Kjeldahl. O fator de conversão do percentual de nitrogênio para proteína bruta foi 6,25 e o teor de proteínas foi expresso em % (AOAC, 1997).

4.2.3.4 Lipídios totais

Determinados pelo método 920.39 usando a técnica de extração Soxhlet e expresso em % (AOAC, 1997).

4.2.3.5 Carboidratos

Determinados em percentual pelo cálculo de diferença entre os índices obtidos nas análises de umidade, resíduo mineral fixo, proteínas e lipídios e o percentual total (100%).

4.2.3.6 Valor calórico

O valor calórico MS e da MP foi calculado a partir dos teores de proteínas, lipídios e carboidratos, utilizando os coeficientes 4, 9 e 4 kcal.g⁻¹, respectivamente (ATWATER, 1896; MERRIL; WATT, 1973).

4.2.4 Análises microbiológicas das maioneses

Foram realizadas análises microbiológicas estabelecidas pela legislação brasileira vigente. De acordo com a Resolução da Diretoria Colegiada número 12 (BRASIL, 2001)

foram analisados coliformes a 45 °C/g (padrão: ≤ 10 NMP.g⁻¹) e *Salmonella* sp/25 g (padrão: ausência em 25g) segundo a metodologia da APHA (2001).

4.2.5 Caracterização da maionese

As amostras de maionese foram submetidas, nos tempos 0, 7, 14, 28 e 54 dias de estocagem, às análises de pH, atividade de água, cor, estabilidade, textura e microscopia óptica.

4.2.5.1 pH

O potencial hidrogeniônico foi medido a temperatura de 25 °C usando potenciômetro digital (Hanna Instruments, HI 9224, Ronchi di Villafranca, Itália) calibrado com soluções tampão de pH 4 e 7. As amostras de maionese foram abertas e o eletrodo do potenciômetro foi diretamente imerso na amostra por um tempo de 5 min para estabilização e realização da leitura (XIONG; XIE; EDMONDSON, 2000; SU et al., 2010).

4.2.5.2 Atividade de água

Para a análise da atividade de água foram pesados $2 \pm 0,5$ g de amostra de maionese em uma cápsula de plástico de 30 mm de diâmetro com tampa. As cápsulas foram hermeticamente tampadas e colocadas em equilíbrio de temperatura (25 ± 1 °C) acoplado a um banho termostático controlado com temperatura de 25 ± 1 °C. As amostras de maionese foram então analisadas em higrômetro elétrico de medida direta (AQUALAB, Decagon CX-2, Pullman, Estados Unidos) aferido com soluções de sais saturadas com umidade conhecida acoplado a um banho termostático controlado (Quimis, Q226M, São Paulo, Brasil) a 25 ± 1 °C (WORRASINCHAI et al., 2006; SU et al., 2010).

4.2.5.3 Cor

A avaliação instrumental de cor das amostras de maionese foi realizada usando o colorímetro (Hunterlab, Color Quest II, Virginia, Estados Unidos) conectado a um computador provido de software (Hunterlab, Universal Versão 4.10, Virginia, Estados Unidos). As amostras foram colocadas em cubeta de vidro com 20 mm de caminho óptico. Para cálculo das coordenadas de cor, foi estabelecido 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 vermelho a verde e b^* que representa uma escala de tonalidades de amarelo a azul. As coordenadas foram lidas após calibração (MUN, 2009).

4.2.5.4 Estabilidade

Foram pesados 30 g (F_0) da amostra de maionese em cada tubo tipo falcon com capacidade de 50 mL (diâmetro interno 30 mm e altura 130 mm). Os tubos foram tampados e colocados em estufa a 50 °C durante 48 h. Os tubos foram então processados em centrífuga (Fanem, Excelsa II, São Paulo, Brasil) por 10 min a 1428 x g (3000 rpm). Quando houve separação de fases, foi retirada a fase sobrenadante (oleosa) e massa da fração precipitada foi medida (F_1) (MUN, 2009). A estabilidade da maionese foi calculada como:

$$(\%) = (F_1/F_0).100$$

4.2.5.5 Textura

O analisador de textura (Stable MicroSystems Ltd, TA-XTPlus, Godalming, Reino Unido) com célula de carga de 50 kg, conectado a um computador provido do software Exponent Lite (Stable Micro Systems Ltd, versão 4.0.13.0, Godalming, Reino Unido) foi usado para avaliar a firmeza, consistência, coesividade das amostras de maionese. Em cada recipiente cilíndrico acrílico (diâmetro 50 mm e altura 40 mm) as amostras foram colocadas com espátula até uma altura de aproximadamente 20 mm e tempo de repouso de 30 minutos. As amostras foram comprimidas em um processo de extrusão com uma sonda cilíndrica de alumínio (SMS P/36R) de 36 mm de diâmetro. A velocidade da sonda foi fixada em 1,0 mm.s⁻¹, penetrando 10 mm na amostra. A força e a distância foram medidas a partir de 0,05 N (trigger force), para eliminar o efeito da irregularidade da superfície de contato da amostra com a sonda (LIU; XU; GUO, 2007). A firmeza foi obtida pelos valores da máxima força positiva aplicada pela sonda durante a compressão da amostra (MOHAMED; MORRIS, 1987; WORRASINCHAI et al., 2006; LIU; XU; GUO, 2007). A consistência foi calculada por meio da área da curva obtida (parte positiva do gráfico) até a força máxima positiva (integral do gráfico da força (N) versus distância (m)) (LIU; XU; GUO, 2007). A adesividade foi obtida pelos valores da máxima força negativa no retorno da sonda a posição inicial (LIU; XU; GUO, 2007). O trabalho de adesão foi calculado por meio da área da curva obtida (parte negativa do gráfico) até a força máxima negativa (integral do gráfico da força (N) versus distância (m)) (SANTIPANICHWONG; SUPHANTHARIKA, 2007; LIU; XU; GUO, 2007).

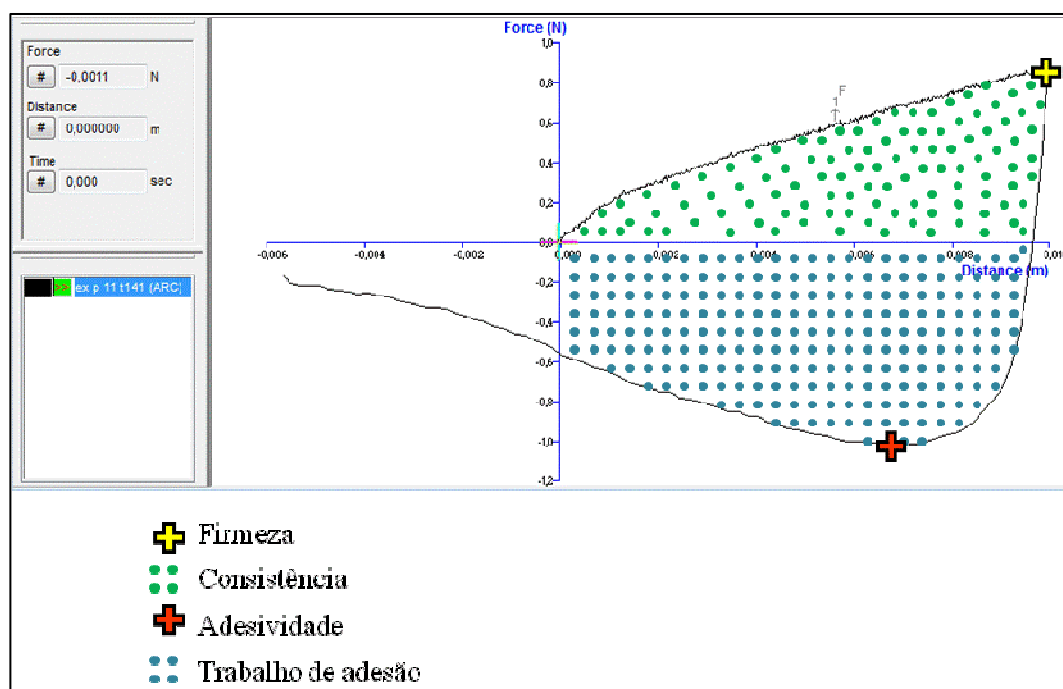


Figura 1. Gráfico obtido na análise de textura para calcular a firmeza, consistência, adesividade e trabalho de adesão.

4.2.5.6 Microscopia óptica

As microestruturas das amostras de maionese foram observadas utilizando microscópio óptico (Bel Photonics, BIO 2 SSI, Monza, Itália) acoplado a uma câmera digital (Sony, DSCW200, Amazonas, Brasil) que registrou as imagens. Uma gota de cada amostra de maionese foi colocada cuidadosamente em uma lâmina de microscópio, coberta com uma lamínula e observada em ampliações de 4, 10, 40 e 100 vezes (MUN, 2009; SU et al., 2010).

4.3 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Para avaliação do aquecimento do azeite de pequi foi adotado o delineamento inteiramente casualizado, com três repetições e réplicas em duplicata. Os resultados foram submetidos à análise de regressão, com teste F. Para os cálculos foi utilizado o programa *Statistical Analysis System 6.0* (SAS, 1996).

Para a elaboração e análise das maioneses foi adotado o delineamento inteiramente casualizado, com três repetições e réplicas variando de acordo com a análise. A caracterização do azeite de pequi e do óleo de soja foi feita com réplicas em quintuplicata. A

composição centesimal e a avaliação microbiológica foram feitas com réplicas em triplicata no dia seguinte à elaboração da MP e da MS. A caracterização da MP e da MS foi feita com 3 repetições e réplicas em duplicata, exceto a textura que foi feita com réplicas em quadruplicata e a microscopia que foi feita com 15 réplicas.

Foram calculadas as médias e os desvios padrões dos resultados obtidos na caracterização do azeite de pequi e do óleo de soja e dos resultados obtidos na determinação da composição centesimal da MP e da MS. Foram calculadas as médias dos resultados obtidos na avaliação microbiológica da MP e da MS. Foram calculadas as médias e os desvios padrões dos resultados obtidos na caracterização da maionese. Esses resultados foram submetidos à análise de variância, com teste F. Quando significativo no teste F a 5% de probabilidade, foi aplicado teste Tukey. Para os cálculos foi utilizado o programa *Statistical Analysis System* 6.0 (SAS, 1996).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 EFEITO DO AQUECIMENTO NO AZEITE DE PEQUI

O teor de ácidos graxos livres do azeite de pequi apresentou redução gradativa com o aumento do tempo de aquecimento (Figura 2), indicando não ter ocorrido considerável formação de ácidos graxos livres devido à oxidação ou hidrólise induzida pelo calor. Provavelmente, a redução no teor de ácidos graxos livres deveu-se a evaporação dos ácidos graxos voláteis, reduzindo assim as funções de acidez titulável. Ainda, a polimerização dos ácidos graxos, que ocorre durante o aquecimento do óleo, pode ter bloqueado certas funções ácidas. Apesar do aquecimento do óleo conduzir à hidrólise dos triacilgliceróis (NDJOENKEU; NGASSOUM, 2002), esta hidrólise possivelmente não foi suficiente para compensar ou mesmo aumentar as funções ácidas bloqueadas pela polimerização ou volatilização. Assim, a diminuição no teor de ácidos graxos livres indica que houve maior volatilização desses ácidos graxos do que formação ao longo do aquecimento.

Choo, Birch e Dufour (2007), em estudos de estabilidade do óleo de linhaça durante aquecimento (0, 3 e 6 minutos a $150 \pm 10^{\circ}\text{C}$), observaram, em uma das amostras, aumento no teor de ácidos graxos livres até 3 minutos e posterior manutenção do teor até 6 minutos. Já outra amostra apresentou redução após o terceiro minuto de aquecimento.

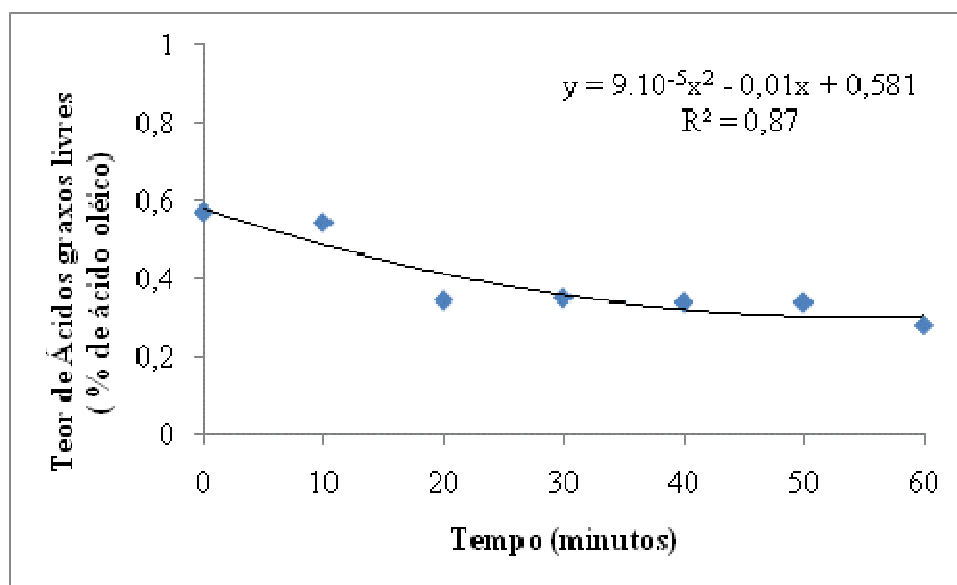


Figura 2. Teor de ácidos graxos livres do azeite de pequi após aquecimento em temperatura de fritura com diferentes tempos de exposição.

Choo, Birch e Dufour (2007), em estudos de estabilidade do óleo de linhaça durante aquecimento (0, 3 e 6 minutos a $150 \pm 10^{\circ}\text{C}$), observaram, em uma das amostras, aumento no teor de ácidos graxos livres até 3 minutos e posterior manutenção do teor até 6 minutos. Já outra amostra apresentou redução após o terceiro minuto de aquecimento.

O resultado do teor de ácidos graxos livres do azeite de pequi nos diferentes tempos de aquecimento foi semelhante ao encontrado por Tsuzuki, Matsuoka e Ushida (2010) em estudo de comparação entre o óleo da semente de manga silvestre e quatro óleos comerciais derivados de palma em aquecimento por 13 h a 180°C . Os autores observaram que o teor de ácidos graxos livres do óleo da semente de manga silvestre inicialmente diminuiu e depois permaneceu estável, em um valor relativamente mais elevado que os valores para os óleos derivados de palma, sugerindo sua maior estabilidade ao longo do aquecimento.

Freitas et al. (2009), em estudo sobre a influência dos recipientes de fritura na qualidade dos óleos refinados de soja e de andiroba, observaram que o teor de ácidos graxos livres mudou significativamente em função do tempo de fritura e do tipo de recipiente. Para o óleo de soja obteve-se aumento no teor de ácidos graxos livres devido ao processo de oxidação. No entanto, o óleo de andiroba não seguiu esse padrão, apresentando diminuição de 50% no teor de ácidos graxos livres, indicando que houve maior volatilização dos ácidos graxos do que formação.

A tendência do teor de ácidos graxos livres observada para o azeite de pequi difere dos resultados encontrados por Gertz, Klostermann e Kochhlar (2000), que estudaram os efeitos do aquecimento convencional e em microondas na degradação termo-oxidativa do óleo de girassol, óleo de girassol com alto teor de oléico, azeite de oliva e banha de porco. Todos os óleos apresentaram ligeiro aumento na acidez durante os tratamentos, exceto no tratamento por microondas sem aquecimento, cujo aumento não foi significativo em relação às amostras não tratadas. Esses dados, segundo os autores, indicam que a degradação oxidativa e hidrolítica aconteceu, mas não de forma acentuada, contrastando com dados encontrados por outros pesquisadores, que relataram graves alterações hidrolíticas durante o aquecimento de óleos em microondas.

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 de quebra dos triacilgliceróis pela hidrólise, bem como os compostos formados durante as reações oxidativas (AKOH; MIN, 2002; BELCUORE, 2007; CHOE;

MIN, 2005). Assim, o azeite de pequi ao longo de 60 minutos de aquecimento apresentou boa estabilidade em relação ao teor de ácidos graxos livres.

O índice de peróxido do azeite de pequi apresentou ligeiro aumento até 20 minutos de aquecimento, tendendo posteriormente à redução (Figura 3). Comportamento semelhante foi encontrado por Casal et al. (2010), em estudo sobre a estabilidade do azeite de oliva sob condições de fritura (170 °C em até 27 h), que observaram aumento no índice de peróxido até 12 h e posterior diminuição, atingindo valores próximos aos iniciais. Geralmente, o índice de peróxido aumenta na fase inicial de aquecimento e na seqüência diminui, visto que os hidroperóxidos tendem a se decompor a 180 °C em produtos secundários de oxidação (LAZOS; TSAKNIS; BANTE, 1995).

Akoh e Min (2002) relatam ser preciso cautela ao usar o índice de peróxido como uma medida do excesso de aquecimento de óleos de fritura, visto que os peróxidos são instáveis em temperatura de fritura, podendo se decompor ou evaporar, mascarando o resultado obtido.

Rady e Madkour (1995) em estudo com oleína de palma duplamente fracionada, submetida a aquecimento (60 h a 180 °C), observaram que o índice de peróxido aumentou até 16 h de aquecimento, diminuindo em seguida e estabilizando nas últimas 20 h de aquecimento.

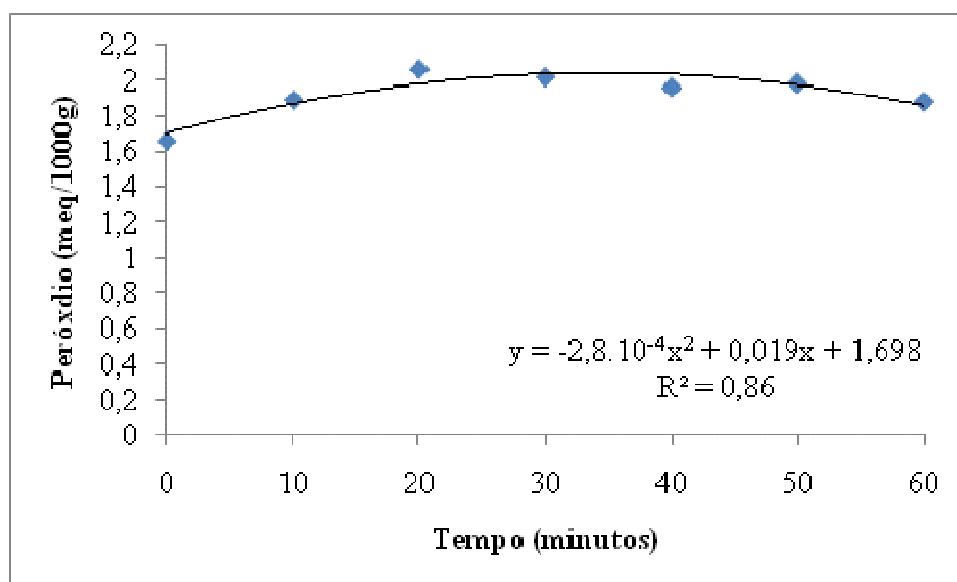


Figura 3. Índice de peróxido do azeite de pequi após aquecimento em temperatura de fritura com diferentes tempos de exposição.

Lazos, Tsaknis e Bante (1995) em estudo com óleo de semente de abóbora submetido ao aquecimento (10 h a 180 ± 5 °C) de forma contínua e de forma intermitente, observaram

resultados diferentes aos encontrados no presente estudo. O índice de peróxido aumentou durante o tempo total de aquecimento em ambos os tipos. Esse aumento inesperado foi atribuído à conjugação que precede a formação de hidroperóxidos no segundo estágio e a polimerização do óleo parcialmente oxidado no terceiro estágio da auto-oxidação.

O índice de iodo do azeite de pequi apresentou pequena redução durante o tempo de aquecimento (Figura 4).

O índice de iodo relaciona-se com a quantidade de duplas ligações presentes na amostra. A redução do índice de iodo observada ao longo do período de aquecimento se deve à quebra de duplas ligações resultantes de reações de polimerização e oxidação. Assim, a diminuição do índice de iodo é um indicativo do aumento da taxa das reações de polimerização e oxidação durante o aquecimento (TSAKNIS; STRAVOS; PROTOPAPA, 2002). A análise do índice de iodo é análoga à redução de ácidos graxos insaturados nas amostras de óleo (TAN et al., 2001). Esta relação foi observada no azeite de pequi ao longo do aquecimento (Tabela 3).

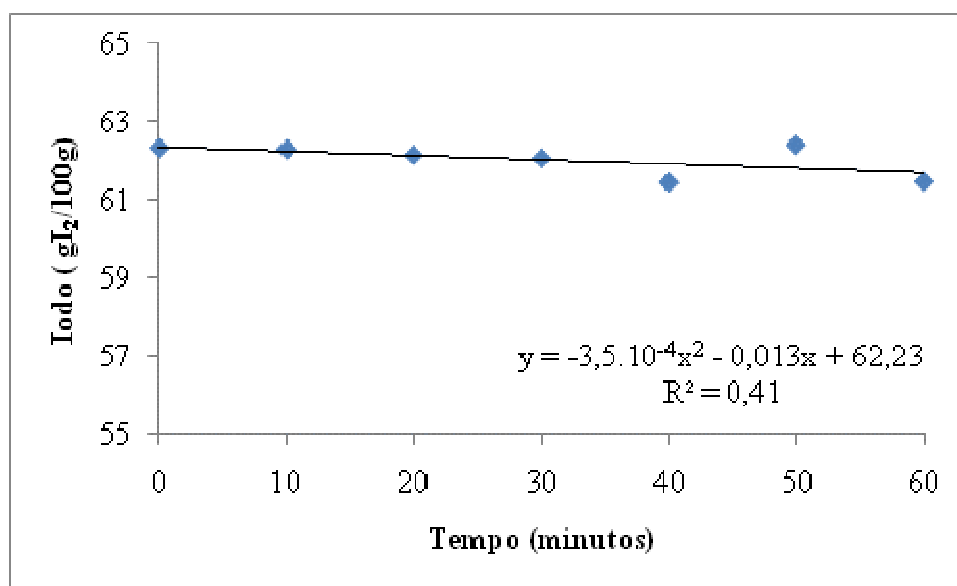


Figura 4. Índice de iodo do azeite de pequi após aquecimento em temperatura de fritura com diferentes tempos de exposição.

A pequena diminuição do índice de iodo no azeite de pequi ao longo do aquecimento pode estar associada ainda à presença dos carotenóides, antioxidantes, que ao serem oxidados durante o período de aquecimento protegeram as estruturas moleculares do azeite de pequi que possuem duplas ligações. Assim, enquanto os carotenóides foram oxidados (MORDI et

al., 1993), as duplas ligações dos ácidos graxos não sofreram muito com esta reação e o índice iodo apresentou ao final do aquecimento valores ainda muito próximos dos iniciais.

Rady e Madkour (1995) verificaram que o índice de iodo foi decrescente com o aumento do tempo de aquecimento da oleína de palma. Essa é uma tendência conhecida, conforme descrito por Fritsch (1981) e Yoon et al. (1987).

Ndjouenkeu e Ngassoum (2002) observaram, no óleo da semente de manga silvestre, diminuição no índice de iodo menor que a observada para os outros óleos. Esta relativa estabilidade do óleo da semente de manga silvestre pode ser atribuída a sua estrutura natural de ácidos graxos saturados.

O índice de TBA do azeite de pequi reduziu ao longo do tempo de aquecimento (Figura 5). Vários fatores podem afetar a análise da reação do ácido tiobarbitúrico com o malonaldeído, tais como o tipo de óleo vegetal, forma de envase e armazenamento das amostras, além da técnica aplicada e a presença de substâncias que diminuem a oxidação (JORGE; JANIERI, 2005).

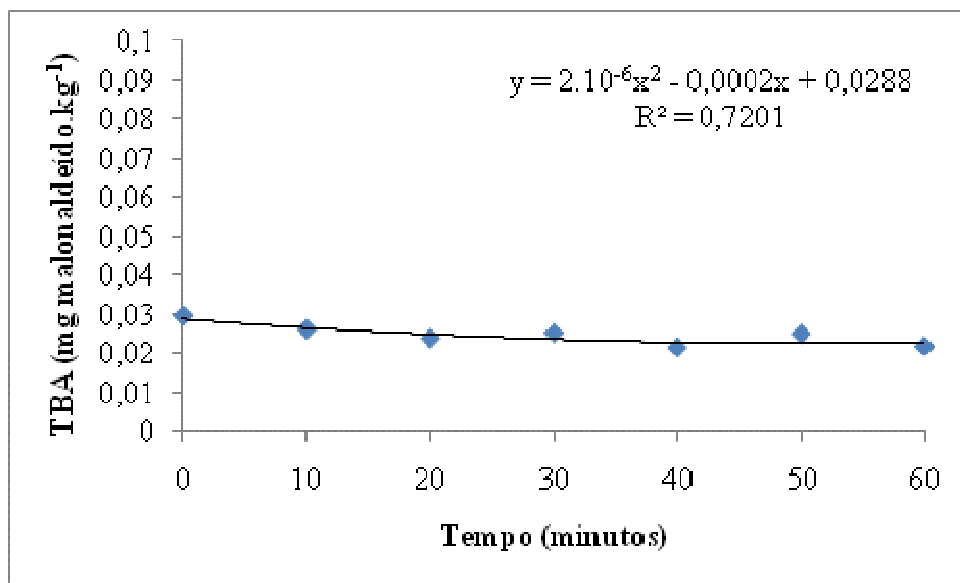


Figura 5. Índice de TBA do azeite de pequi após aquecimento em temperatura de fritura com diferentes tempos de exposição.

O azeite de pequi possui os antioxidantes carotenóides, que são oxidados ao longo do aquecimento em temperatura de fritura, diminuindo a formação do malonaldeído, um dos principais produtos de decomposição dos hidroperóxidos de ácidos graxos poliinsaturados (ST. ANGELO et al., 1996).

A diminuição do índice de TBA no azeite de pequi também está relacionada ao grau de insaturação. Ao longo do aquecimento os ácidos graxos do azeite de pequi foram pouco oxidados, evidenciando assim os ácidos graxos saturados e levando a uma diminuição do índice de TBA (DEL RÉ; JORGE, 2006).

Jorge e Janieri (2005), em estudo do óleo de soja submetido ao processo de fritura descontínua (0 a 15 e 22,5 h a $170 \pm 5^\circ\text{C}$) de diferentes alimentos, observaram que o índice de TBA aumentou significativamente.

Del Ré e Jorge (2006) estudaram o comportamento de óleos vegetais em frituras descontínuas de produtos pré-fritos congelados (12 h a 180°C) e observaram que nos óleos que fritaram batatas o índice de TBA teve um comportamento instável oscilando entre um aumento e uma diminuição. Já, para os *snacks*, os valores do índice de TBA encontrados nos óleos de girassol e soja diminuíram e no óleo de milho oscilou entre um aumento e uma diminuição. O índice de TBA, no geral, foi maior nas frituras das batatas do que nas frituras dos *snacks*, independentemente do tipo de óleo e tempo de fritura. Não é aconselhável, em geral, comparar valores obtidos em testes de índice de TBA. Amostras com composição rica em ácidos graxos poliinsaturados de cadeias longas favorecem a formação do malonaldeído como produto secundário da oxidação de lipídios.

Osawa, Felício e Gonçalves (2005) esclarecem que as diversas metodologias existentes não geram valores de TBA compatíveis e é difícil saber qual método de análise é o mais adequado, se forem levados em conta apenas os aspectos positivos. Aparentemente, todos os métodos estão correlacionados entre si, mas as comparações dos números de TBA obtidos por métodos diferentes podem não ser válidas.

A Figura 6 mostra que o teor de carotenóides diminuiu de modo acentuado ao longo do período de aquecimento.

O processamento térmico dos alimentos, como branqueamento, pasteurização, cozimento, enlatamento, fritura e secagem pode diminuir o teor de carotenóides dos alimentos (MAIANI et al., 2009). A estrutura do β -caroteno, uma longa cadeia central de duplas ligações conjugadas, permite sua atuação como antioxidantes na eliminação de radicais livres e como supressores de oxigênio singlete (BURTON; INGOLD, 1984; DI MASCIO; KAISER; SIES, 1989).

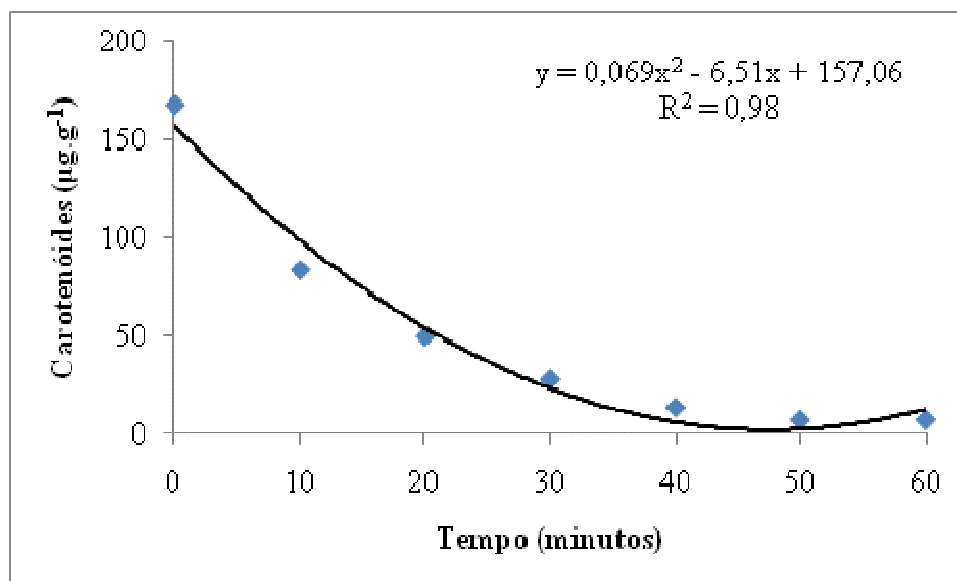


Figura 6. Teor de carotenóides do azeite de pequi após aquecimento em temperatura de fritura com diferentes tempos de exposição.

A isomerização e a oxidação são as duas maiores alterações que ocorrem com os carotenóides durante o processamento. Ao longo das reações de isomerização, a oxidação dos carotenóides ocorre na presença de oxigênio, metais, enzimas, lipídios insaturados e outras moléculas pró-oxidantes. A oxidação é, de longe, a principal causa de degradação dos carotenóides (SCOTT, 1992; SHI; LE MAGUER, 2000; QUIRÓS; COSTA, 2006).

Achir et al. (2010), em estudo sobre a cinética de degradação de β -caroteno e luteína em óleos durante o aquecimento, observaram que em todos os tratamentos a concentração de *trans* β -caroteno diminuiu em função do tempo de aquecimento. Este desaparecimento, visível macroscopicamente pela perda de cor nos óleos, foi mais rápido que o aumento da temperatura. Os resultados revelaram ainda que menos de 10% de *trans* β -caroteno permaneceu 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. Essa tendência também foi verificada no azeite de pequi, cujo teor de carotenóides foi reduzido a menos de 20% do teor inicial, após 30 minutos de aquecimento.

Zeb e Murkovic (2011), em estudo sobre a interação entre carotenóides e triacilgliceróis durante a oxidação (entre 1 e 14 h a 110 °C) do azeite de oliva refinado, observaram que os triacilgliceróis oxidaram mais rapidamente na presença de β -caroteno e mais lentamente na presença de astaxantina, enquanto a degradação do β -caroteno foi muito

mais rápida que da astaxantina. Após 14 h nenhum dos carotenóides foi detectado no sistema, o que pôde ser observado visualmente pela mudança de cor das amostras oxidadas. O mesmo foi observado nas amostras do azeite de pequi (Figura 6).

Em outro estudo, Zeb e Murkovic (2010) caracterizaram os efeitos do β -caroteno na oxidação de triacilgliceróis usando HPLC-ESI-MS. Os resultados demonstraram que a metade do teor de β -caroteno degradou durante as 3 primeiras horas de tratamento térmico e a degradação mais rápida do β -caroteno pode ser devido à ausência de tocoferóis e compostos fenólicos, que também atuam como antioxidantes.

El-Abassy, Donfack e Materny (2010), avaliando o aquecimento convencional e por micro-ondas do azeite de oliva, revelaram que a degradação do teor de carotenóides começou a 180 °C no aquecimento em micro-ondas e a 140°C no aquecimento convencional e que a degradação dos carotenóides pode ser devido ao tempo de aquecimento e não necessariamente à temperatura final alcançada. O grau de degradação dos carotenóides no azeite de oliva foi muito maior com o aquecimento convencional do que no aquecimento por microondas.

O β -caroteno do azeite de pequi mostrou pouca estabilidade ao longo do aquecimento. Para aproveitar os benefícios desse pigmento na saúde humana, especialmente a atividade pró-vitamina A é indicado que o azeite de pequi não sofra processamentos térmicos, ou quando estes forem indispensáveis, que sejam utilizadas baixas temperaturas por um longo período de tempo em vez de altas temperaturas por pouco tempo (ACHIR et al., 2010).

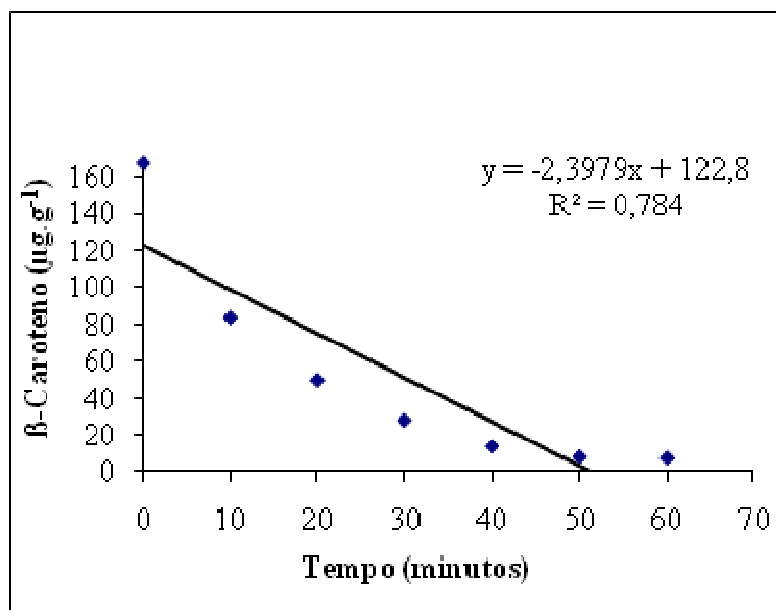
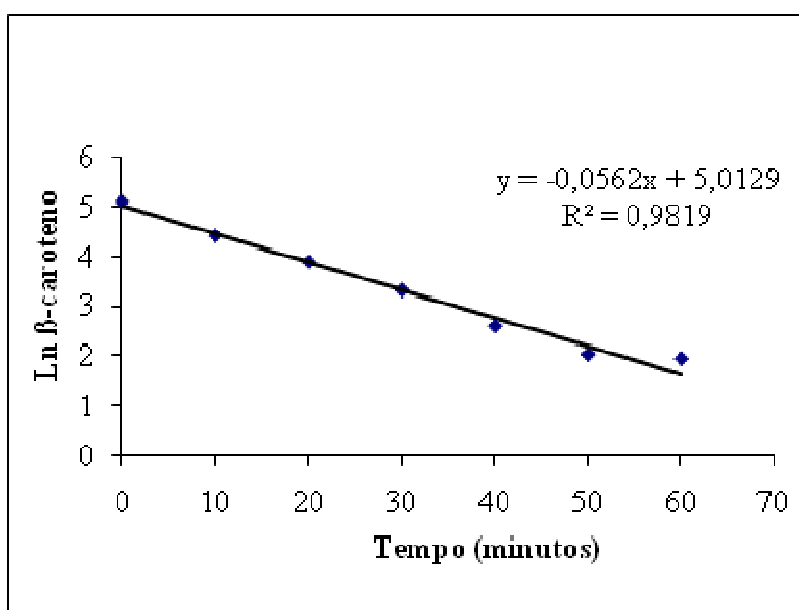
Casal et al. (2010), em estudo sobre a estabilidade do azeite de oliva sob condições de fritura de imersão (170 °C, em até 27 h), observaram diminuição no teor de carotenóides, mas de maneira menos acentuada em relação ao tempo de aquecimento, pois no azeite de oliva encontram-se outros antioxidantes, como a clorofila e o tocoferol.

Com base nos dados do teor de carotenóides do azeite de pequi obteve-se os valores de ordem de reação e o tempo de meia vida. A alteração da cor do azeite de pequi seguiu uma cinética de primeira ordem, indicando que as alterações que ocorrem dependem da concentração do reagente. A meia vida de uma substância é o tempo necessário para que a quantidade inicial se reduza pela metade.

A concentração do teor de carotenóides do azeite de pequi ao longo do aquecimento diminuiu e seu tempo de meia vida foi de aproximadamente 12 minutos (Figura 7 A, 7 B e 7 C e Tabela 2).

Tabela 2. Parâmetros cinéticos da degradação dos carotenóides ao longo do aquecimento.

β -caroteno	n	Regressão linear	Coeficiente de determinação	K	T _{1/2}
$\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$	0	$y = -2,3979x + 122,8$	$R^2 = 0,784$	2,3979	-
	1	$y = -0,0562x + 5,0129$	$R^2 = 0,9819$	0,0562	12,33
	2	$y = 0,0025x - 0,0143$	$R^2 = 0,8731$	0,0025	-

**Figura 7 A.** Gráfico de ordem zero da degradação do teor de carotenóides.**Figura 7 B.** Gráfico de primeira ordem da degradação do teor de carotenóides.

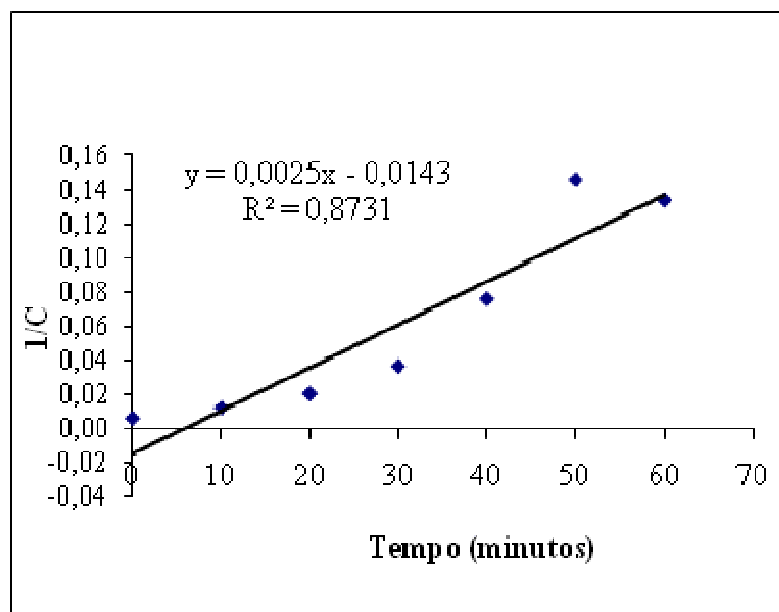


Figura 7 C. Gráfico de segunda ordem da degradação do teor de carotenóides.

O azeite de pequi submetido ao aquecimento em temperatura de fritura apresentou alterações no teor de ácidos graxos ao longo do tempo de aquecimento. No teor de ácidos graxos insaturados, especialmente no ácido oléico, monoinsaturado, observou-se diminuição, que também pôde ser observada no teor de ácidos graxos saturados, especialmente no palmítico (Tabela 3).

Zeb e Murkovic (2011), em estudo sobre a interação de carotenóides e triacilgliceróis durante a oxidação térmica de azeite de oliva, observaram que o β -caroteno degradou lentamente entre 4 e 5 h de tratamento térmico, mas que perdas mais significantes aconteceram posteriormente, até degradação total do β -caroteno com 10 h de aquecimento. Em outro estudo, Zeb e Murkovic (2010) caracterizaram os efeitos do β -caroteno na oxidação de triacilgliceróis usando HPLC-ESI-MS, verificando que metade do teor de carotenóides degradou durante as 3 primeiras horas de aquecimento.

De acordo com Lolos, Oreopoulou e Tzia (1999), os óleos vegetais que possuem grande quantidade de ácidos graxos poliinsaturados estão mais sujeitos à oxidação que óleos que possuem maior quantidade de ácidos graxos saturados. No azeite de pequi, que possui um maior teor de ácidos graxos insaturados em relação ao teor de graxos saturados, as reações de oxidação levaram a perdas de 4,48% e 6,26% no ácido linoléico trans e cis, respectivamente. Corsini e Jorge (2008), em estudo sobre o perfil de ácidos graxos e avaliação da alteração em

óleos de fritura, observaram diminuição de 4,61% para o óleo de palma, 2,33% para o óleo de girassol e 1,37% para o óleo de algodão.

Damy e Jorge (2003), medindo os níveis de alteração do óleo de soja e da gordura vegetal hidrogenada durante processo de fritura, observaram um pequeno aumento percentual dos ácidos graxos saturados. Al-kahtani (1991), em um levantamento da qualidade dos óleos de fritura usados em restaurantes, relatou o aumento do grau de saturação de óleos associado ao aumento do tempo de fritura. Esses resultados diferem dos encontrados para o azeite de pequi, que apresentou diminuição também para o teor de ácidos graxos saturados.

Tabela 3. Perfil de ácidos graxos.

Ácidos graxos	Teor (g.100g ⁻¹)	
	0 min	60 min
Saturados	38,45262	33,929925
C 6:0	0,06771	0,332445
C 8:0	0,037185	0,051615
C 14:0	0,06438	0,093795
C 16:0	35,07378	30,66264
C 17:0	0,82806	0,770895
C 18:0	2,19225	1,853145
C 20:0	0,189255	0,16539
Monoinsaturados	50,797485	45,04713
C 17:1 n7	0,071595	0,07881
C 18:1	49,842885	44,131935
C 20:1 n9	0,883005	0,836385
Poliinsaturados	10,26972	8,9355
C 18:2 trans n6	1,852035	1,77267
C 18:2 cis n6	7,006875	6,56787
C 20:3 n3	0,151515	0,08436
C 22:6 n3 DHA	1,259295	0,5106

Na Figura 8 pode-se observar os valores de densidade obtidos para o azeite de pequi ao longo dos 60 minutos de aquecimento a 180 °C. Apesar da curva apresentar tendência de diminuição, a variação da densidade entre o tempo 0 e o tempo 60 foi muito pequena, variando apenas na terceira casa decimal.

Essa diminuição da densidade pode ser explicada pela maior dilatação que as moléculas de óleos sofreram nos tempos finais de aquecimento em relação aos tempos iniciais, pois ficaram mais tempo sob o efeito da temperatura.

Kalogianni, Karapantsios e Miller (2011), em estudo do efeito da fritura nos óleos de palma e azeite de oliva, observaram que as mudanças na densidade desses óleos foram pequenas e não significativas.

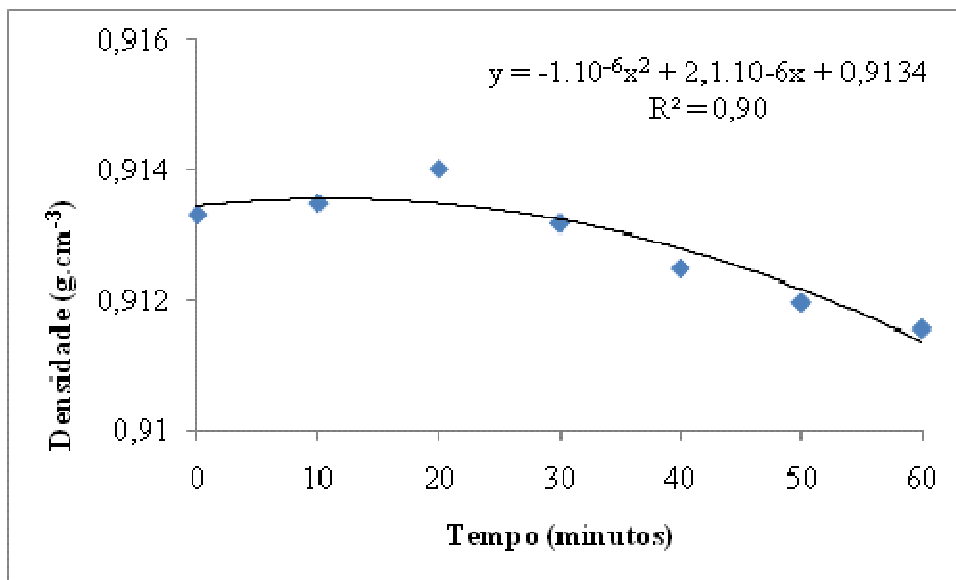


Figura 8. Densidade do azeite de pequi ao longo do aquecimento.

Os valores de viscosidade do azeite de pequi no decorrer do aquecimento apresentaram tendência à diminuição, conforme mostra a Figura 9.

Apesar da redução da instauração no azeite de pequi, os carotenóides presentes desfavoreceram a ocorrência de reações de polimerização, que aliada a uma maior volatilização do que formação de ácidos graxos livres, conduziu à tendência de diminuição da viscosidade. A influência do grau de polimerização de resíduos de ácidos graxos na viscosidade do óleo é completamente reduzida por outros componentes, como os antioxidantes (ABROMOVIC; KLOFUTAR, 1998), como verificado no azeite de pequi, rico em carotenóides.

A viscosidade do óleo tem uma relação direta com algumas características químicas dos lipídios, como o grau de insaturação e o comprimento da cadeia dos ácidos graxos que compõem os triacilgliceróis. A viscosidade diminui ligeiramente com maior grau de insaturação e aumenta rapidamente com a polimerização (ABRAMOVIC; KLOFUTAR, 1998). Assim, a viscosidade do óleo muda consideravelmente com o tempo e temperatura de fritura (BENSMIRA et al. 2007; JIANG, NSABIMANA, JIAN, 2007; TSAKNIS; LALAS, 2002). A viscosidade pode apresentar uma tendência de aumento ou de diminuição, o que dependerá das características do óleo em aquecimento e da presença ou ausência de antioxidantes e de sua interação com o óleo.

Abramovic e Klofutar (1998) e Brock et al. (2008) mostraram que para alguns óleos vegetais a viscosidade diminuiu com o aumento da temperatura de fritura. Tsaknis, Lalas, Protopapa (2002) estudaram azeite de oliva, óleo de milho, azeite do resíduo de azeitona e mistura do azeite de oliva e óleo de milho, com BHA ou BHT, durante o aquecimento intermitente (10 h a 175 ± 5 °C) e obtiveram aumento significativo da viscosidade no azeite de oliva (após 10 h), na mistura (após 8 h) e no azeite do resíduo de azeitona e no óleo de milho (após 6 h). O azeite do resíduo de azeitona não apresentou aumento significativo na viscosidade após 6 h, enquanto o mesmo azeite apresentou aumento significativo, no mesmo tempo, quando foi aquecido sem BHA. Esse comportamento indica que o BHA protegeu o óleo de bagaço de azeitona. Já o BHT protegeu o óleo de milho e após 6 horas de aquecimento o aumento da viscosidade não foi significativo. Possivelmente, os carotenóides do azeite de pequi também protegeram a ocorrência de reações de polimerização.

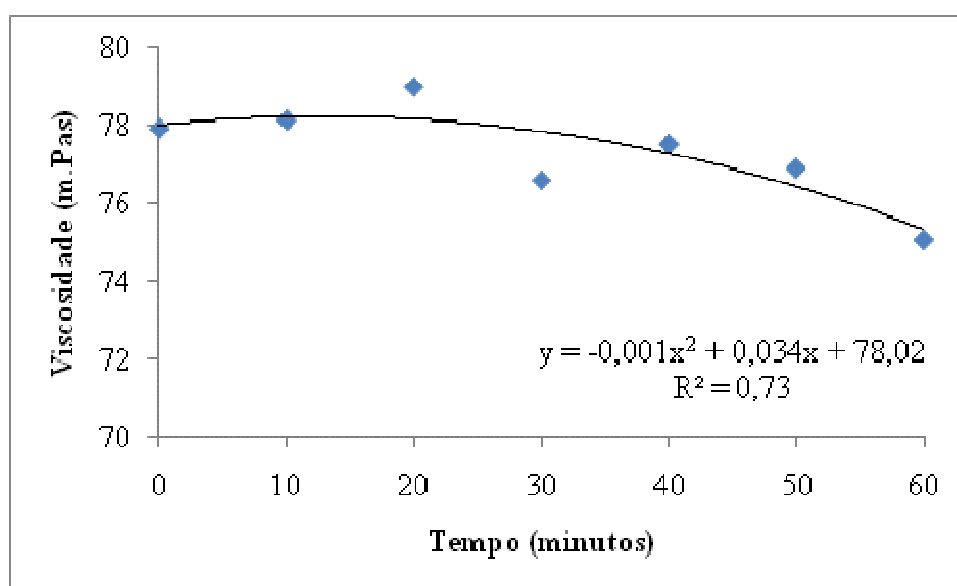


Figura 9. Viscosidade do azeite de pequi ao longo do aquecimento.

Santos, Santos e Souza (2005) estudaram o efeito do aquecimento (190 °C durante 0,5, 1, 2, 4 e 8 h) nos parâmetros de viscosidade do óleo de soja, girassol (com e sem antioxidantes), azeite de oliva, colza (com e sem antioxidantes), milho (com e sem antioxidantes), arroz e misturas de soja (70%) + azeite de oliva (30%) e girassol (97%) + azeite de oliva (3%) e observaram que a presença de antioxidantes diminuiu a degradação nos óleos de colza e girassol. No óleo de milho a viscosidade aumentou, indicando que o antioxidante não foi eficiente. O óleo de soja adicionado de azeite de oliva também teve a degradação diminuída. Observou-se um aumento na viscosidade com o aumento do tempo de

fritura, provavelmente devido à formação de compostos indesejáveis, formados nas reações de oxidação e polimerização, sugerindo então que a viscosidade pode ser utilizada como parâmetro para indicar a degradação de óleos.

Bensmira et al. (2007) avaliaram o efeito da adição de alfavaca e tomilho ao óleo de girassol em relação à resistência térmica (150, 180 e 200 °C durante 30 minutos) e revelaram que o óleo de girassol padrão apresentou aumento de viscosidade significativamente maior que o óleo de girassol tratado com lavanda e tomilho, provavelmente pela sinergia eficaz dos compostos antioxidantes naturais presentes na alfavaca e no tomilho, que preveniram uma diminuição do teor de α -tocoferol, induzida pelo aquecimento do óleo.

Valdés e Garcia (2006) estudaram o azeite de oliva e o óleo de girassol depois do aquecimento em temperatura de fritura (150 e 225 °C durante 1 a 15 dias) e concluíram que nessas condições a viscosidade dos óleos aumentou muito rapidamente. Considerando que, dentre outros fatores, as fortes atrações nas interações intermoleculares do líquido conduz a uma maior viscosidade, algumas funcionalidades do óleo de girassol, que são conhecidas por causar a longo prazo atrações tipo dipolo-dipolo, podem explicar as diferenças nos valores da viscosidade entre os dois óleos vegetais aquecidos.

Em estudo sobre os efeitos do aquecimento (100 °C entre 0 e 48 horas) em algumas características de qualidade do óleo da semente de tâmara, observou-se que a viscosidade aumentou rapidamente depois de atingir o tempo de indução à oxidação, evidenciando a tendência na relação entre o comprimento da cadeia de ácidos graxos e a viscosidade (BESBES et al., 2005).

Muitos estudos que avaliaram óleos aquecidos em temperatura de fritura utilizaram um período de tempo maior que o utilizado neste trabalho. Diante dos resultados encontrados para a viscosidade e considerando a composição do azeite de pequi, pode-se inferir que a presença natural de carotenóides, que possuem características antioxidantes, provavelmente protegeu o azeite de pequi da ocorrência de reações de oxidação e polimerização, impedindo a formação de substâncias que aumentariam a viscosidade do azeite de pequi ao longo do aquecimento. Se o tempo de aquecimento fosse ampliado, provavelmente encontraríamos para a viscosidade uma tendência de aumento, uma vez que os carotenóides foram quase totalmente degradados ao final de 60 minutos de aquecimento e assim o óleo estaria sujeito a ocorrência de reações de oxidação e polimerização, formando então compostos que elevam a viscosidade.

A variação de cor foi evidente (Figura 10), mostrando que a degradação dos carotenóides levou a diminuição da cor avermelhada, intensificando a coloração mais

amarelada. Os valores das coordenadas L^* , a^* e b^* medidas objetivamente estão apresentados na Figura 11.



Figura 10. Amostras obtidas após aquecimento em temperatura de fritura (180 °C) com diferentes tempos de exposição (0 a 60 minutos).

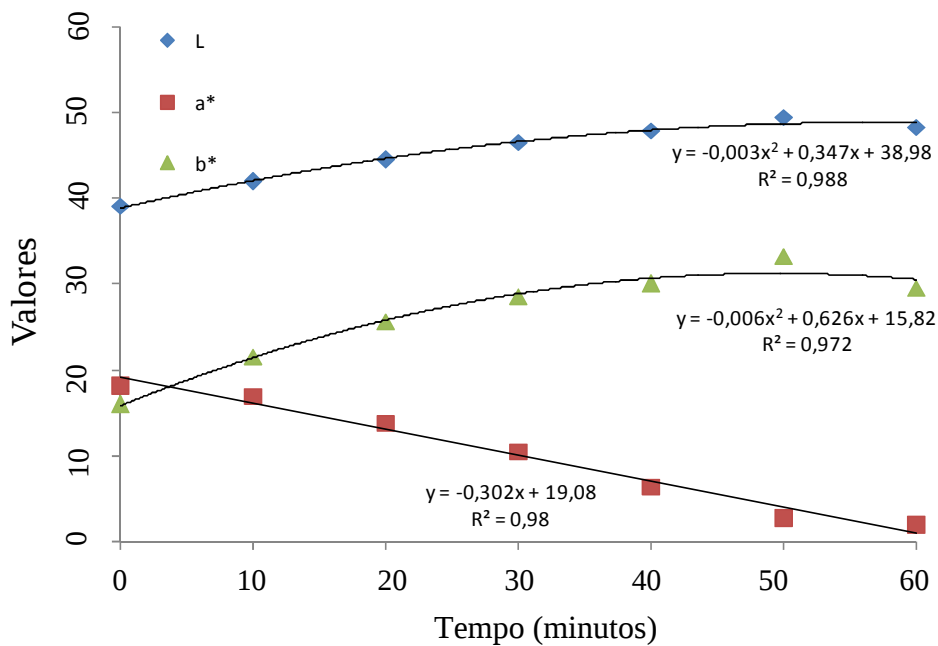


Figura 11. Valores das coordenadas L^* , a^* e b^* do azeite de pequi ao longo do aquecimento (0 a 60 minutos).

Ndjouenkeu e Ngassoum (2002) em estudo comparativo sobre as características em fritura de alguns óleos vegetais observaram que o aquecimento durante a fritura pode levar ao clareamento, como no caso do óleo de palma, devido à destruição dos carotenóides, responsáveis pela sua cor.

Em óleos que não possuem carotenóides ou que os possuem em pequenas quantidades, encontra-se tendência de alteração diferente para as coordenadas L^* , a^* e b^* . Em estudo sobre o desempenho de oleína de palma em repetidas frituras e processos de aquecimento controlados, as coordenadas a^* e b^* aumentaram e consequentemente a coordenada L^*

diminuiu, indicando que o óleo se tornou mais escuro (BESBES et al., 2005; BANSAL et al., 2010). Em estudo sobre os efeitos do aquecimento (100 °C entre 0 e 48 h) no óleo da semente de tâmara, observaram que houve diminuição nos valores das coordenadas a^* e b^* e aumento nos valores da coordenada L^* .

Os gráficos da ordem de reação das coordenadas L^* , a^* e b^* estão apresentados nas ras 12 A, 12 B, 12 C; 13 A, 13 B, 13 C e 14 A, 14 B e 14 C, respectivamente. Os valores da ordem de reação e o tempo de meia vida das coordenadas L^* , a^* e b^* estão apresentados na Tabela 4. A maioria das alterações que ocorrem em alimentos segue um padrão de ordem zero ou de primeira ordem (LABUZA, 1982).

Tabela 4. Parâmetros cinéticos da alteração de cor ao longo do aquecimento.

Coord.	n	Regressão linear	Correlação linear	K	$T_{1/2}$
L^*	0	$y = 0,1643x + 40,514$	$R^2 = 0,89$	0,1643	119,32
	1	$Y = 0,0037x + 3,7026$	$R^2 = 0,89$	0,0037	-
	2	$y = -8.10^{-5}x + 0,0246$	$R^2 = 0,87$	8.10^{-5}	-
a^*	0	$y = -0,3028x + 19,082$	$R^2 = 0,98$	0,3028	29,97
	1	$y = -0,0404x + 3,2297$	$R^2 = 0,93$	0,0404	-
	2	$y = 0,0077x - 0,0384$	$R^2 = 0,83$	0,0077	-
b^*	0	$y = 0,2464x + 18,992$	$R^2 = 0,81$	0,2464	32,41
	1	$y = 0,0103x + 2,9384$	$R^2 = 0,78$	0,0103	-
	2	$y = -0,0004x + 0,0534$	$R^2 = 0,73$	0,0004	-

Observou-se que a alteração da cor do azeite de pequi seguiu uma cinética de ordem zero. A cinética de ordem zero indica que as alterações que ocorrem na coloração do azeite de pequi dependem do tempo de exposição à temperatura empregada. Desta maneira a cor do azeite de pequi sempre sofrerá alteração com o passar do tempo de aquecimento.

O tempo de meia vida da coordenada L^* foi de aproximadamente 120 minutos. Durante os 60 minutos de aquecimento os valores de L^* foram aumentando. A degradação dos carotenóides modificou a cor do azeite de pequi permitindo a passagem de mais feixes luminosos, indicando que ao longo do aquecimento o azeite se tornou mais luminoso (menos preto e mais branco).

Já o tempo de meia vida das coordenadas a^* e b^* foi de aproximadamente 30 minutos, onde percebe-se o decréscimo dos valores de a^* (vermelho) e aumento dos valores de b^* (amarelo), conforme evidenciado nas Figuras 10 e 11.

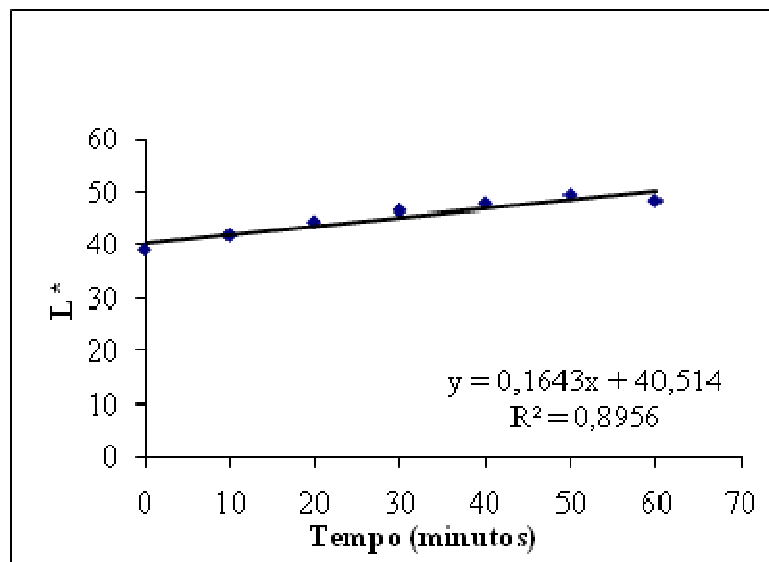


Figura 12 A. Gráfico de ordem zero da alteração de cor (L^*) do azeite de pequi.

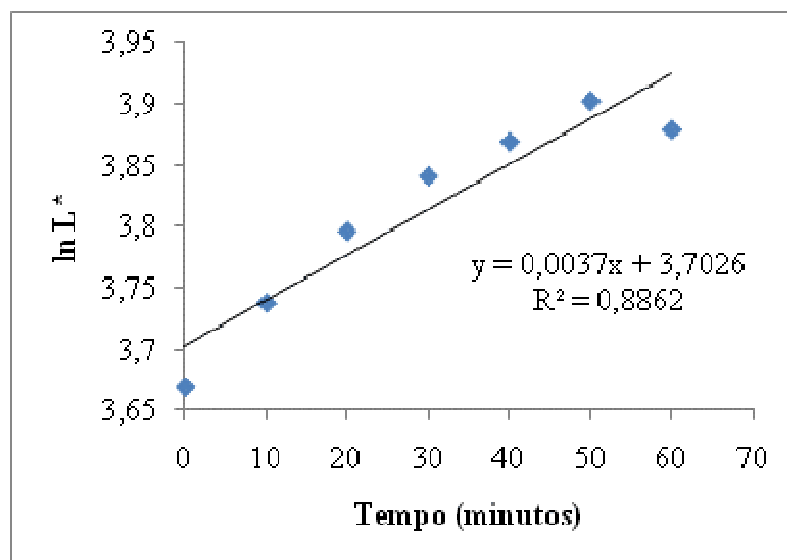


Figura 12 B. Gráfico de primeira ordem da alteração de cor (L^*) do azeite de pequi.

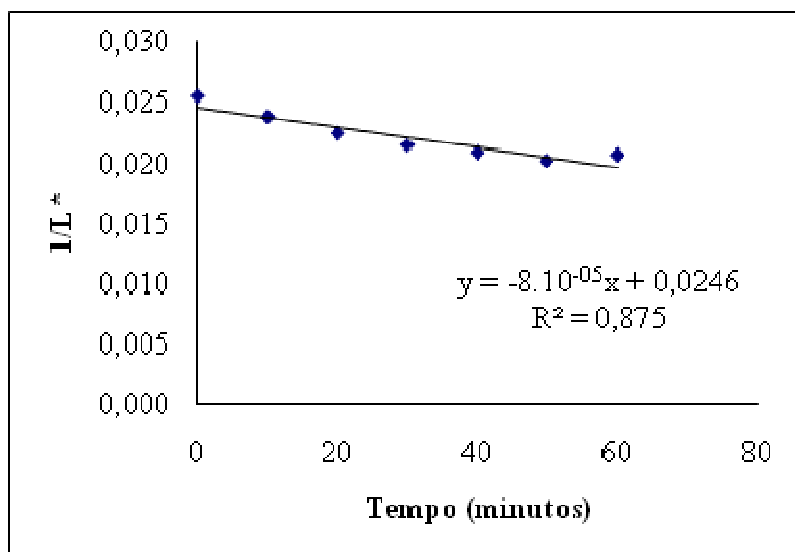


Figura 12 C. Gráfico de segunda ordem da alteração de cor (L^*) do azeite de pequi.

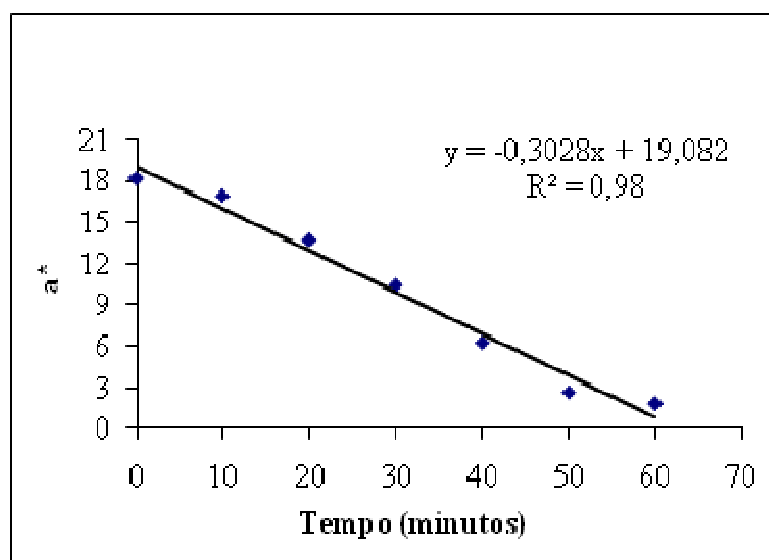


Figura 13 A. Gráfico de ordem zero da alteração de cor (a^*) do azeite de pequi.

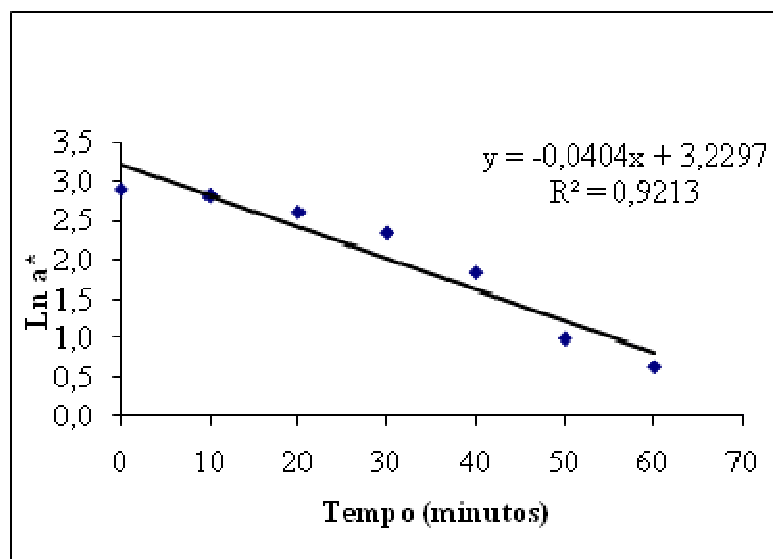


Figura 13 B. Gráfico de primeira ordem da alteração de cor (a^*) do azeite de pequi.

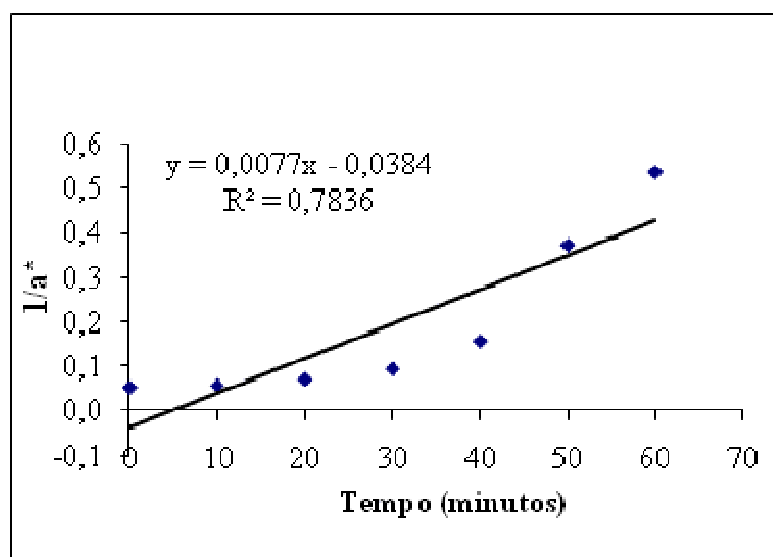


Figura 13 C. Gráfico de segunda ordem da alteração de cor (a^*) do azeite de pequi.

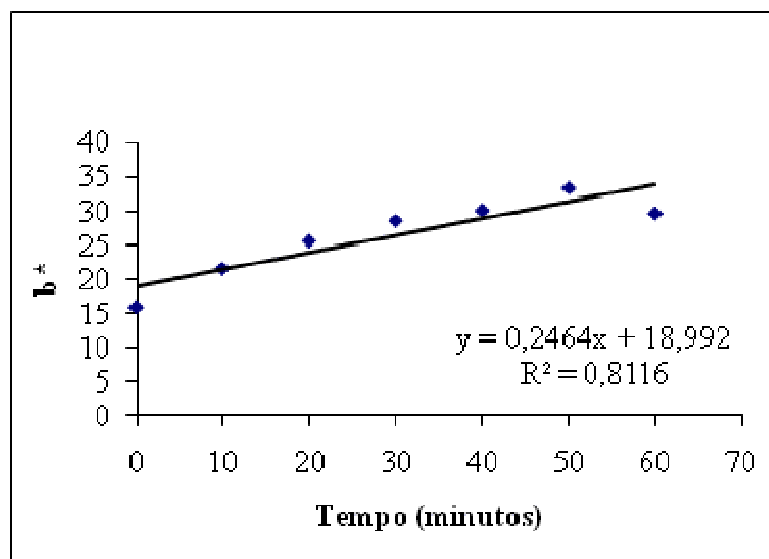


Figura 14 A. Gráfico de ordem zero da alteração de cor (b^*) do azeite de pequi.

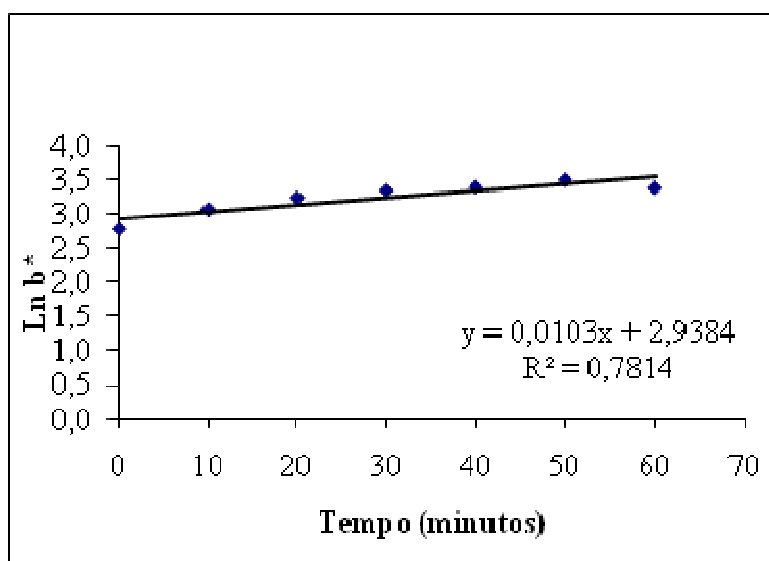


Figura 14 B. Gráfico de primeira ordem da alteração de cor (b^*) do azeite de pequi.

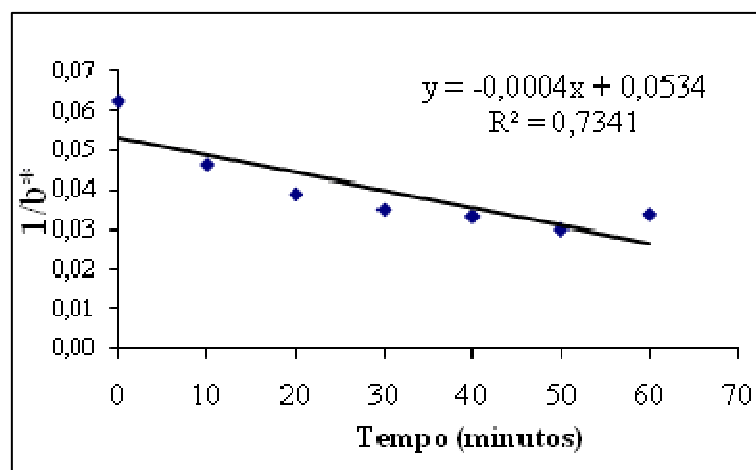


Figura 14 C. Gráfico de segunda ordem da alteração de cor (b*) do azeite de pequi.

Assim, a alteração da cor do azeite de pequi submetido ao aquecimento foi influenciada pela degradação dos carotenóides, seguindo um modelo de reação de ordem zero.

5.2 ELABORAÇÃO DA MS E DA MP

5.2.1 Caracterização do azeite de pequi e do óleo de soja

As características apresentadas pelo azeite de pequi e pelo óleo de soja estão apresentadas na Tabela 5.

Tabela 5. Características das matérias-primas azeite de pequi e óleo de soja utilizados para a elaboração da MP e da MS.

Característica	Azeite de pequi	Óleo de soja
Teor de ác. graxos livres (% ácido oléico)	0,616 ± 0,011	0,174 ± 0,021
Índice de Peróxido (meq.1000g ⁻¹)	4,44 ± 0,18	3,10 ± 0,18
Índice de Iodo (% de iodo absorvido)	55,03 ± 0,22	125,0 ± 0,4
Índice de TBA (mg malonaldeído.kg ⁻¹)	0,031 ± 0,006	0,028 ± 0,005
Extinção específica 232 nm	0,26 ± 0,03	0,90 ± 0,04
Extinção específica 270 nm	0,91 ± 0,02	0,65 ± 0,02
Carotenóides (µg.g ⁻¹)	253,32 ± 0,12	5,75 ± 0,25
Densidade (g.cm ⁻³)	0,9069 ± 0,002	0,917 ± 0,005
Viscosidade (mPa.s)	59,46 ± 0,42	45,18 ± 0,32
Cor L*	46,53 ± 0,35	55,51 ± 0,42
Cor a*	3,48 ± 0,44	17,33 ± 0,78
Cor b*	27,64 ± 0,27	16,59 ± 0,31

A legislação brasileira estabelece parâmetros de qualidade para o óleo de soja (BRASIL, 1999) e para o azeite de pequi (BRASIL, 1989). As características apresentadas tanto pelo óleo de soja quanto pelo azeite de pequi estão de acordo com os padrões preconizados pela legislação.

As diferenças observadas entre os óleos devem-se, possivelmente, ao fato do óleo de soja utilizado ser refinado e o azeite de pequi ser bruto. Sabe-se que os óleos brutos apresentam na sua composição substâncias que são eliminadas durante o refinamento, como grande quantidade de pigmentos e certa quantidade de ácidos graxos livres (MINGUEZ-MOSQUEIRA et al., 1991).

O índice de iodo, que está relacionado com a quantidade de duplas ligações presentes na amostra, explica o diferente comportamento observado no azeite de pequi em relação ao óleo de soja, muitas vezes se solidificando em temperatura ambiente (Figura 15).



Figura 15. Aspecto geral do azeite de pequi (A) e óleo de soja (B) em temperatura ambiente.

Dentre as principais características apresentadas pelo azeite de pequi e pelo óleo de soja, merecem destaque os carotenóides. Os carotenóides proporcionam a cor típica vermelho-alaranjada que observa-se no azeite de pequi, enquanto no óleo de soja esses pigmentos são praticamente ausentes.

Outra característica interessante está relacionada com o perfil de ácidos graxos do azeite de pequi e do óleo de soja. O óleo de soja é constituído por um alto percentual de ácidos graxos insaturados (aproximadamente 85%) (REDA; CARNEIRO, 2007) enquanto o azeite de pequi, apesar de ser composto principalmente por ácidos graxos insaturados, apresenta também um elevado teor de ácidos graxos saturados, o que faz com que até cerca de 30 °C o azeite de pequi esteja solidificado (FACIOLI; GONCALVES, 1998; MARIANO; COURI; FREITAS, 2009).

5.2.2 Composição centesimal da MP e da MS

Como a MP e a MS foram elaboradas com a mesma proporção de ingredientes, variando-se apenas a fração lipídica, a composição centesimal dessas maioneses apresentou valores bem próximos (Tabela 6).

Tabela 6. Composição centesimal da MP e da MS.

Característica	MP	MS
Umidade (% b.u.)	59,4 ± 0,03	59,54 ± 0,02
Resíduo mineral fixo (%)	2,83 ± 0,01	2,74 ± 0,02
Lipídios (%)	20,75 ± 0,04	20,59 ± 0,03
Proteínas (%)	1,13 ± 0,02	1,04 ± 0,03
Carboidratos (%)	15,89 ± 0,03	16,09 ± 0,03
Valor energético total (kcal.100 ⁻¹ g)	254,83 ± 0,03	253,83 ± 0,04

Os valores energéticos das MP e MS foram de aproximadamente 255 kcal.100g⁻¹, ou seja, menores que a maionese comercial com menor teor de gordura (USDA, 2002; TACO, 2006). Para o USDA (2002) uma maionese tradicional tem 680 kcal.100g⁻¹, enquanto que as com menor teor de gordura (*light*) tem 340 kcal.100g⁻¹. Segundo a TACO (2006) a maionese industrializada tradicional com ovos tem 302 kcal.100g⁻¹.

Su et al. (2010) formularam uma maionese com alto e duas com baixo teor de lipídios e encontraram valores calóricos de 711,84; 385,39 e 398,48 Kcal.100g⁻¹. Esses valores diferem dos observados para a MP e MS uma vez que utilizaram maior quantidade de óleo, gema de ovo e carboidratos. Liu, Xu e Guo (2007), estudando maioneses com diferentes simuladores de lipídios (*fat mimetics*), observaram que estas apresentaram valor calórico significativamente menor (385,71 kcal.100g⁻¹) que a maionese com alto teor de lipídios.

5.2.3 Avaliação microbiológica da MP e da MS

As características microbiológicas avaliadas (Tabela 7) apresentaram-se dentro dos padrões estabelecidos pela legislação brasileira (BRASIL, 2001).

Observou-se ausência de *salmonella*, resultado esperado pela utilização do ovo em pó e pelos critérios de higienização adotados ao longo da elaboração. A contagem de coliformes termotolerantes foi muito baixa, resultado dos critérios de higienização e, provavelmente, pelo fato do ovo ser um sistema antimicrobiano natural, possuindo barreiras químicas e físicas contra micro-organismos (HINCKE et al., 2008).

Tabela 7. Características microbiológicas da MP e da MS.

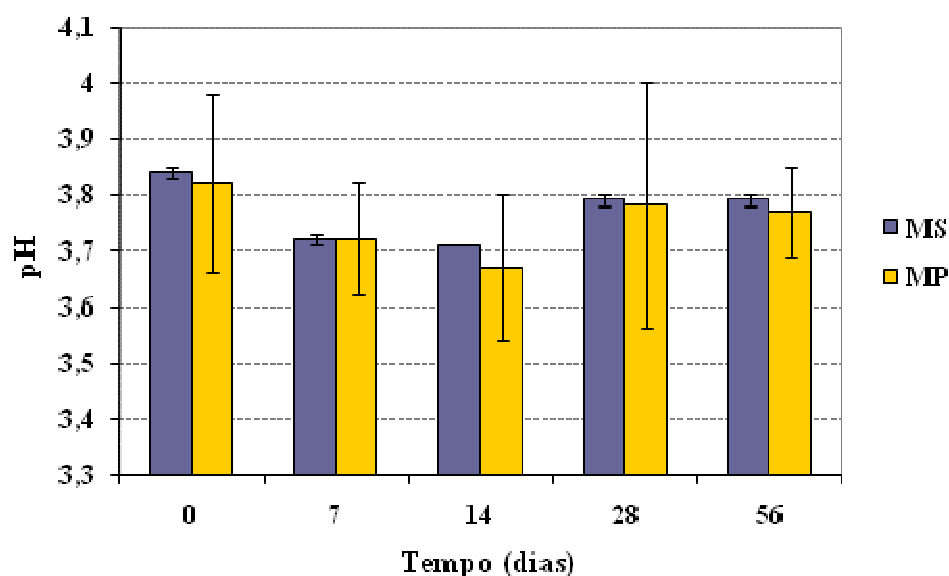
Característica	MP	MS
NMP coliformes termotolerantes	≤ 3	≤ 3
Salmonella	ausência	ausência

O percentual de vinagre geralmente utilizado nas formulações de maionese proporciona, além do atributo sensorial “ácido”, redução no pH do produto, que é desfavorável à sobrevivência e à multiplicação da maioria dos micro-organismos (ABU-SALEM; ABOU-ARAB, 2008).

5.2.4 Caracterização das maioneses

O apêndice A apresenta as médias obtidas ao longo da caracterização das maioneses de elaboradas com óleo de soja e com azeite de pequi.

O pH não apresentou variação significativa entre os tratamentos e nem para cada tratamento ao longo do tempo (Figura 16), provavelmente pelo efeito de tampão entre o vinagre e ovo (XIONG; XIE; EDMONDSON, 2000).

**Figura 16.** Valores de pH da MP e da MS durante a estocagem.

Su et al. (2010) observaram em maioneses de diferentes formulações valores de pH de 3,96 (formulação controle), 3,82 (fibra de cítricos e goma guar) e 3,99 (goma xantana e goma guar) depois de 1 dia de estocagem, com diferenças não significativas entre si, resultado semelhante ao obtido neste estudo. Herald, Abugoush e Aramoun (2009), em estudo sobre as

propriedades físicas e sensoriais da gema de ovo e de substitutos da gema de ovo em um sistema modelo de maionese, observaram pH's variando entre 3,52 e 4,17.

A atividade de água da MP e da MS (Figura 17) não apresentou variação significativa entre os tempos e nem entre os tratamentos. A atividade de água está relacionada à intensidade com que a água se associa a diferentes componentes não aquosos. Como a interação da fração aquosa com os demais componentes aconteceu durante a formação da emulsão, era esperado que os valores de atividade de água não variassem.

Su et al. (2010) observaram valores de atividade de água de 0,945 (formulação controle), 0,982 (fibra de cítrico e goma guar) e 0,984 (goma xantana e goma guar) depois de um dia de estocagem, sendo que o controle diferiu significativamente dos demais tratamentos.

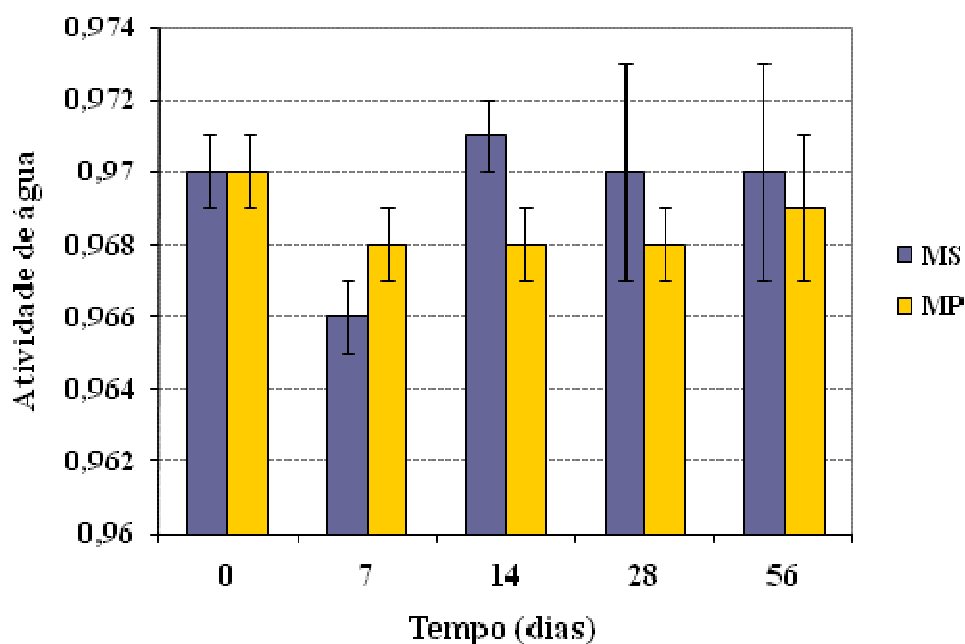


Figura 17. Atividade de água da MP e da MS durante a estocagem.

Nas Figuras 18 A, 18 B e 18 C estão apresentadas, respectivamente, as medidas objetivas L^* , a^* e b^* da MS e da MP. A MP e a MS foram elaboradas seguindo a mesma formulação em termos de quantidade de ingredientes, alterando-se apenas o tipo de fração lipídica utilizada: óleo de soja ou azeite de pequi. Portanto, a fração lipídica foi responsável pela diferença de cor observada entre as maioneses, amarela para a MP e branca para a MS (Figura 19).

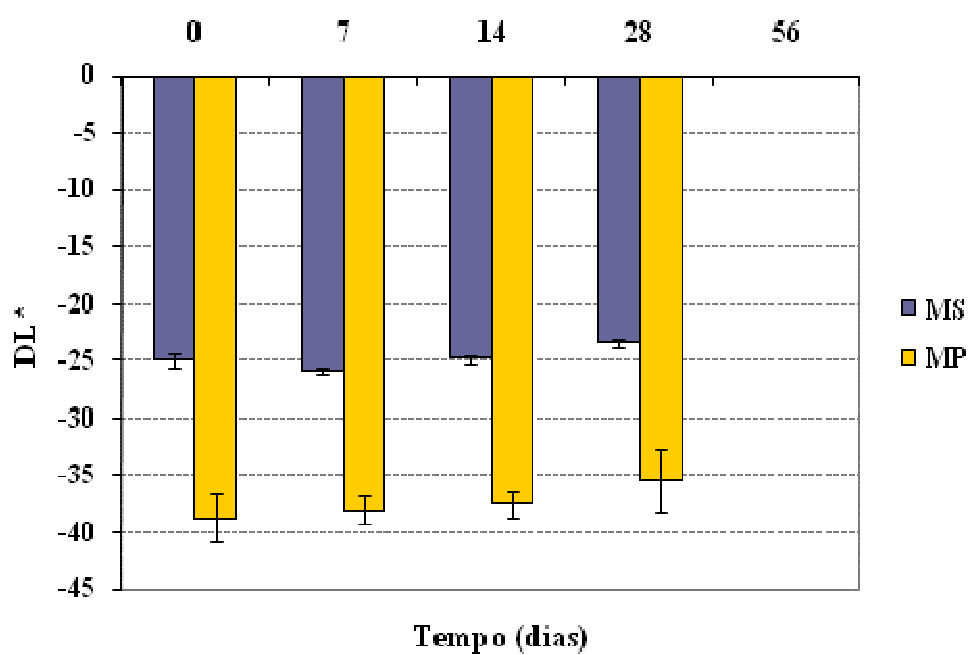


Figura 18 A. Diferença da coordenada L* da MP e da MS durante a estocagem.

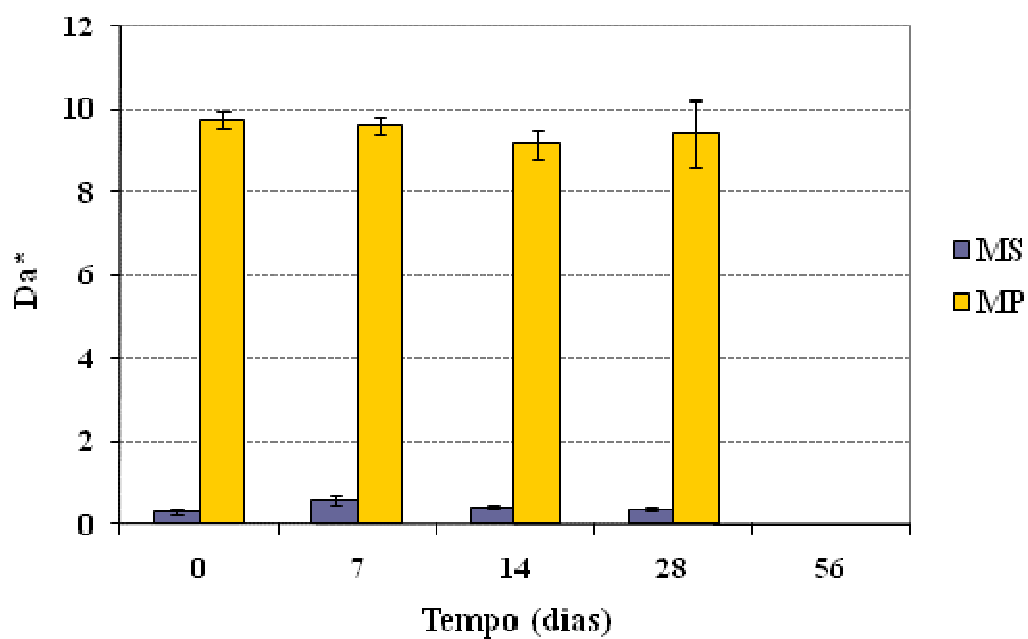


Figura 18 B. Diferença da coordenada a* da MP e da MS durante a estocagem.

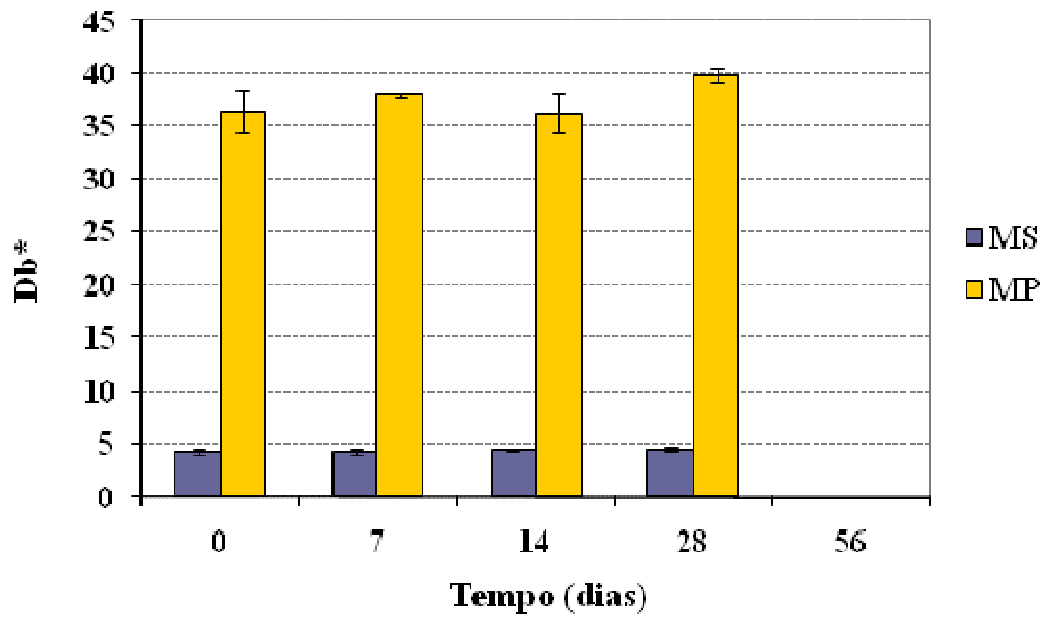


Figura 18 C. Diferença da coordenada b^* da MP e da MS durante a estocagem.



Figura 19. Amostras de maionese elaboradas com o óleo de soja (branca) e com o azeite de pequi (amarela).

Santipanichwong e Supphantharika (2007), estudando carotenóides como corantes em maioneses, observaram que com a adição de β -caroteno ou luteína houve diminuição da luminosidade da maionese. Na MP observou-se resultado semelhante, provavelmente causado pela absorção de luz pelas moléculas de carotenóides. Os carotenóides também foram responsáveis pelos maiores valores dos parâmetros a^* e b^* encontrados na MP. A MS apresentou-se mais branca que a comercial, uma vez que estas contêm, dentre os ingredientes

de sua formulação, corante curcumina e/ou corante β -caroteno e/ou mostarda, todos de coloração amarelada (LACA et al., 2010).

Laca et al. (2010), estudando maioneses com baixo teor de colesterol, verificaram tendência geral de mudança de cor ao longo do período de estocagem, fato não observado no presente estudo.

Herald, Abugoush e Aramouni (2009) em estudo sobre as propriedades físicas e sensoriais da gema de ovo e de substitutos da gema de ovo em um sistema modelo de maionese, observaram que o valor de L^* não variou significativamente entre os tratamentos (79,74 a 84,47), mas que o controle apresentou maior intensidade de cor que as maioneses elaboradas com os substitutos da gema, pois esses não contêm os carotenóides que existem na gema do ovo.

Nas emulsões do tipo óleo em água, como a maionese, a estabilidade depende do tamanho e da quantidade de gotículas de óleo (DEPREE; SAVAGE, 2001; HERALD; ABUGOUSH; ARAMOUNI, 2009). A estabilidade da emulsão geralmente envolve a prevenção de coalescência das gotículas, floculação e cremosidade. A cremosidade geralmente não é um problema em maioneses com alto teor de lipídios ($\pm 80\%$) porque as gotículas estão empacotadas tão estreitamente juntas que não podem se mover. Entretanto, em produtos com baixo teor de lipídeos, a cremosidade geralmente é prevenida adicionando um agente espessante, como uma goma ou um amido, para que a fase aquosa retarde o movimento da gota (MANOJ et al., 1998; MANOJ et al., 2000).

Em testes preliminares tentou-se produzir a MP sem a adição de um agente espessante, mas em nenhuma das muitas formulações testadas alcançou-se a estabilidade, especialmente depois do resfriamento, seguido de exposição à temperatura ambiente. Assim, para que a MP tivesse alta estabilidade foi necessária a adição de amido de milho e de amido de milho modificado, que agiram como agentes espessantes da fase contínua, retardando o movimento das gotículas e promovendo maior estabilidade.

Não houve diferença significativa de estabilidade na MS ao longo da estocagem (apêndice A), cuja estabilidade foi sempre 100% (Figura 20). A MP, entretanto, apresentou diferença significativa de estabilidade ao longo da estocagem. Observou-se aumento na estabilidade da MP, que variou cerca de 10% entre a estabilidade no tempo inicial e com 56 dias. Entre a MS e a MP houve diferença significativa na estabilidade em todos os tempos de estocagem. Considerando que a MP e a MS foram elaboradas com os mesmos ingredientes (exceto a fração lipídica) e submetidas às mesmas condições para realização do teste de

estabilidade, pode-se concluir que o azeite de pequi influenciou negativamente a estabilidade da emulsão.

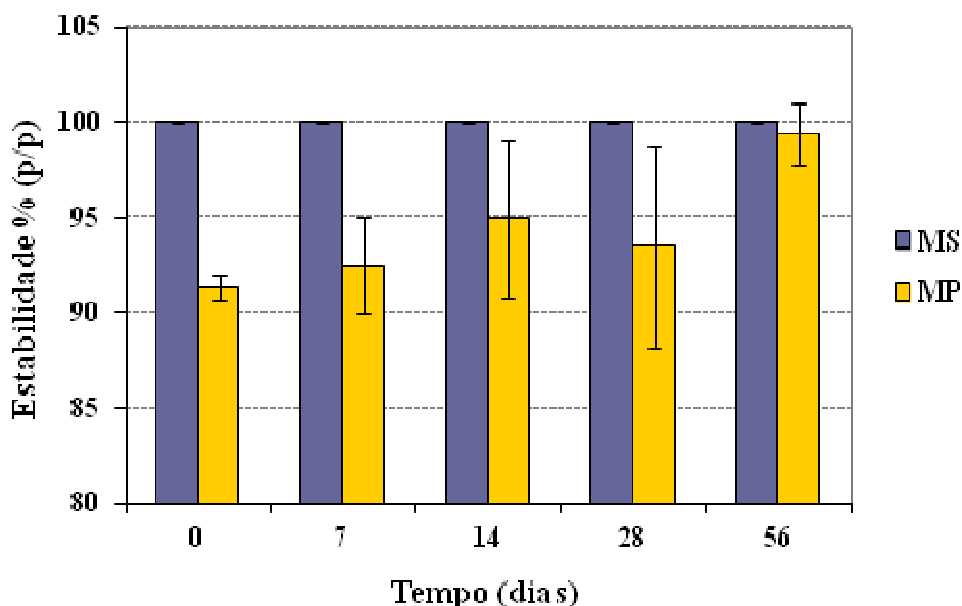


Figura 20. Estabilidade da MP e da MS durante a estocagem.

A influência do azeite de pequi na estabilidade da emulsão pode estar associada ao seu ponto de fusão, que depende do número de instaurações dos ácidos graxos que compõem o óleo. O óleo de soja possui uma grande quantidade de ácidos graxos insaturados, aproximadamente 85% e assim apresentam-se líquidos em temperatura ambiente (REDA; CARNEIRO, 2007). Já no azeite de pequi, apesar da predominância dos ácidos graxos insaturados, encontra-se também uma grande quantidade de ácidos graxos saturados, aproximadamente 40%, o que eleva o ponto de fusão do azeite de pequi (FACIOLI; GONCALVES, 1998; MARIANO; COURI; FREITAS, 2009).

Mariano (2008), em estudos sobre a tecnologia enzimática para extração do azeite de pequi, observou que o ponto de fusão para os óleos de pequi extraídos pelos processos de extração aquosa, extração aquosa enzimática, extração por prensagem convencional e extração por prensagem combinada se apresentou na faixa de 26 a 30 °C. Assim, quando submetido a temperaturas iguais ou menores às citadas, o azeite de pequi passa do estado líquido para o estado sólido. Como as maioneses ficaram estocadas em temperatura ambiente, na MP as gotículas de azeite podem ter se solidificado. Ao aquecer a MP durante o teste de estabilidade, o retorno dessas gotículas para o estado líquido afetou a emulsão, resultando em menores valores de estabilidade.

Em relação à tendência do aumento da estabilidade ao longo do tempo de estocagem, observou-se que esta pode estar relacionada com a firmeza.

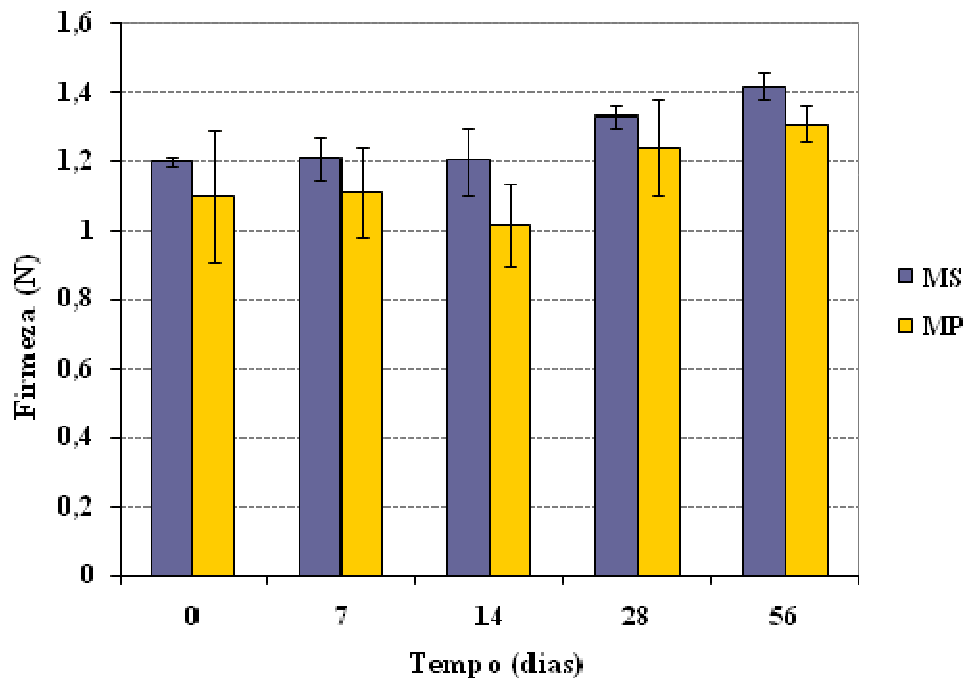


Figura 21. Firmeza da MP e da MS durante a estocagem.

Como a firmeza apresentou tendência de valores maiores ao longo do tempo de estocagem (Figura 21), as gotículas de óleo dispersas na fase contínua encontraram maior resistência ao escoamento e a MP se tornou mais estável. Este efeito pode estar relacionado à presença de amido na formulação, atuando provavelmente como estabilizante.

Kim et al. (2009) observaram que a estabilidade da maionese preparada com gema de ovo fresca aumentou de 41 para 97% quando a quantidade de gema fresca passou de 6 para 10%. A maionese preparada com a gema de ovo enzimaticamente modificada, apresentou mais de 90% de estabilidade com a incorporação de apenas 4% dessa gema.

Mun et al. (2009) observaram que na ausência de goma xantana a amostra de maionese rica em lipídios apresentou menor estabilidade que a maionese com substituição de lipídios suplementada com amido de arroz modificado enzimaticamente. Herald, Abugoush e Aramouni (2009) testaram a estabilidade das maioneses obtidas a 24 °C, checando a quebra da emulsão (separação da fração lipídica e da fração aquosa) a cada 4 h. Os autores observaram que as maioneses com substitutos (até 96 h) apresentaram valores de estabilidade maiores que a maionese controle (25,5 h).

Gousha et al. (2008) verificaram, em um sistema-modelo de maionese, que a temperatura de estocagem influenciou na estabilidade, que foi maior a 4 °C e menor a 40 °C, devido provavelmente à floculação muito rápida e/ou coalescência das pequenas gotículas que ocorreu com temperaturas de armazenamento cada vez maiores.

A força requerida para que a sonda penetrasse a MP foi menor que a força requerida para que a sonda penetrasse a MS, mas não foi suficiente para que fosse significativa. Para cada tratamento não houve diferença significativa nos valores de firmeza ao longo da estocagem, exceto para a MP no tempo 56 dias de estocagem (Figura 21).

A firmeza é um indicativo da resistência da amostra à penetração da sonda. Assim, quanto mais firme a amostra, maior será a força observada. Ao longo do tempo de estocagem a estabilidade da MS manteve-se constante em 100%, mas observou-se que esta maionese apresentou tendência de aumento na firmeza nesse mesmo período. Já a MP revelou, ao longo do tempo de estocagem, tendência de aumento tanto para estabilidade quanto para a firmeza. O aumento da firmeza pode estar ligado ao tamanho e uniformidade das gotículas de óleo, que variou desde o início, quando as gotículas apresentaram-se maiores e mal distribuídas, até o final da estocagem, quando apresentaram-se menores e melhor distribuídas (KERKHOF et al., 2011).

Shen, Luo e Dong (2011), em estudo sobre a aplicação da dextrina de aveia como substituto de lipídios em maionese, verificaram valores de força (g) variando entre 8,12 e 29,33 (0,07966 N e 0,2877 N).

Herald, Abugoush e Aramouni (2009) observaram que a firmeza da maionese com 100% de substituição pelo amido de milho modificado (aproximadamente 600 x g) foi significativamente menor que o controle. Liu, Xu, e Guo (2007), em estudos de maionese com diferentes substitutos de gordura, observaram que todos os parâmetros de textura (firmeza, consistência e coesividade) foram similares entre a maionese com alto teor de lipídio e o tratamento com géis fracos de pectina e significativamente maiores que os encontrados para os tratamentos com gel de micropartículas de pectina e com a combinação de micropartículas.

Depois de avaliar a firmeza, que pode ser comparada a uma característica pontual, uma vez que a força máxima observada sofre mais influência de uma região específica em que a sonda penetra, pode-se avaliar a consistência, que diz respeito à integral da área do gráfico formada pela força *versus* a distância até a máxima força observada. Em relação aos valores de consistência (Figura 22), percebe-se uma tendência de aumento na consistência das maioneses, embora com um pouco mais de oscilação na MP.

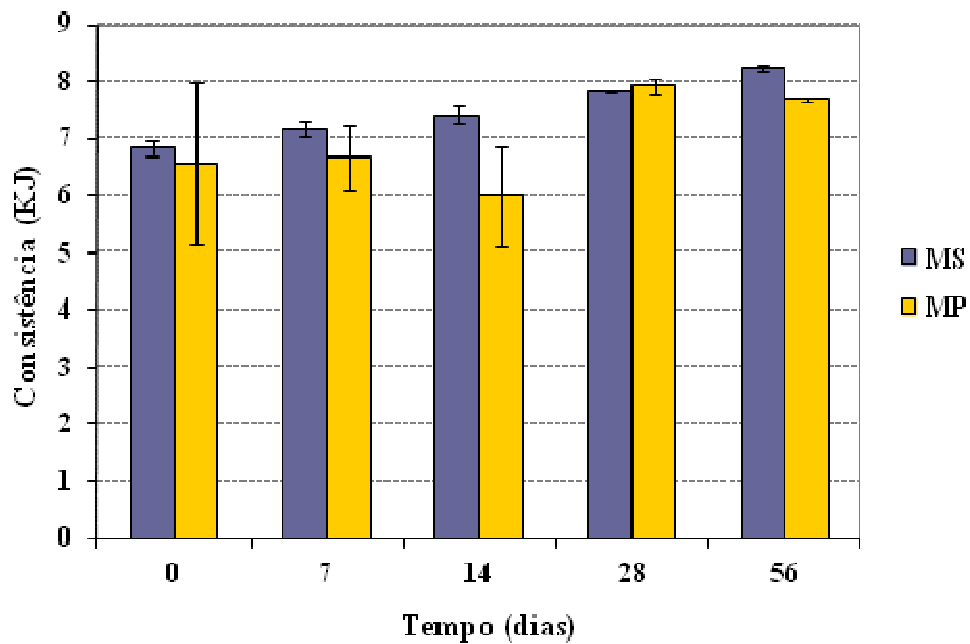


Figura 22. Consistência da MP e da MS durante a estocagem.

Em relação à consistência, apesar das diferenças entre os tratamentos e entre cada tratamento durante a estocagem, essas não foram suficientes para diferir significativamente. A consistência pode ser associada, por exemplo, à ação de colocar uma colher dentro de um pote de maionese. Como a consistência reflete as características da amostra como um todo, talvez seja esse o motivo desta característica não ter sofrido grandes variações.

Quanto maior a capacidade de interação da superfície da sonda com a amostra (ou seja, quanto mais a sonda adere à amostra), maior a adesividade. Essa característica pode ser comparada, por exemplo, com o mel que escorre na superfície de uma torrada, caracterizando baixa interação entre as superfícies. No caso da MP e da MS observou-se efeito inverso, ou seja, boa adesividade, que pode estar associada à melhor interação entre a fração lipídica e a fração aquosa (Figura 23).

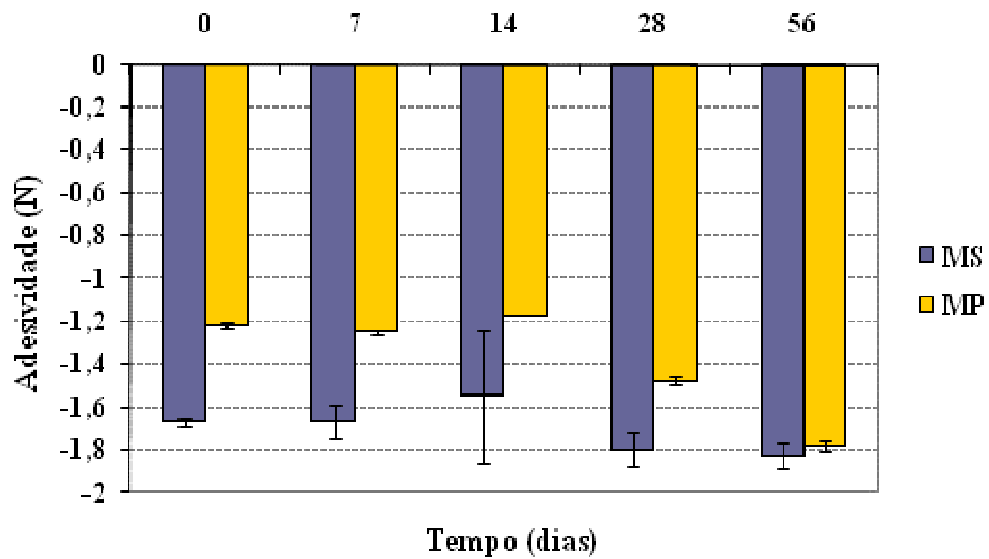


Figura 23. Adesividade da MP e da MS durante a estocagem.

Nos tempo 0 e 7 dias de estocagem a adesividade da MP diferiu significativamente da adesividade da MS. Ao longo da estocagem a adesividade da MS não diferiu significativamente, enquanto a MP apresentou diferença significativa no tempo 28.

Do mesmo modo que a consistência pode-se dizer que o trabalho de adesão reflete as características da amostra como um todo, pois é calculado a partir da integral da área do gráfico formada pela força *versus* a distância até a máxima força negativa observada. Apesar das variações que o trabalho de adesão apresentou (Figura 24), estas não foram muita grandes, implicando em diferença significativa somente no tempo 14 dias de estocagem. A consistência da MS não apresentou diferença significativa durante a estocagem, enquanto a MP apresentou diferença significativa durante a estocagem, exceto em 56 dias.

Uma emulsão ideal consiste em gotas esféricas empacotadas juntas na fase contínua (LACA et al., 2010). Na MS e na MP, entretanto, o alto teor de óleo e o acondicionamento estreito das gotas afetaram a forma esférica das gotas de óleo, deixando-as distorcidas. Géis fracos dispersam mal em soluções, induzindo a um tamanho grande de partícula. Assim, os géis de amido e amido modificado utilizados na elaboração da maionese formaram grupos maiores e a emulsão apresentou assim menos partículas dispersas. Os resultados das análises de estabilidade e firmeza podem ser reforçados pelas imagens obtidas nas microfotografias, nas quais se percebe as diferenças de tamanho e de uniformidade das gotículas de azeite de pequi ou óleo de soja (Figura 25).

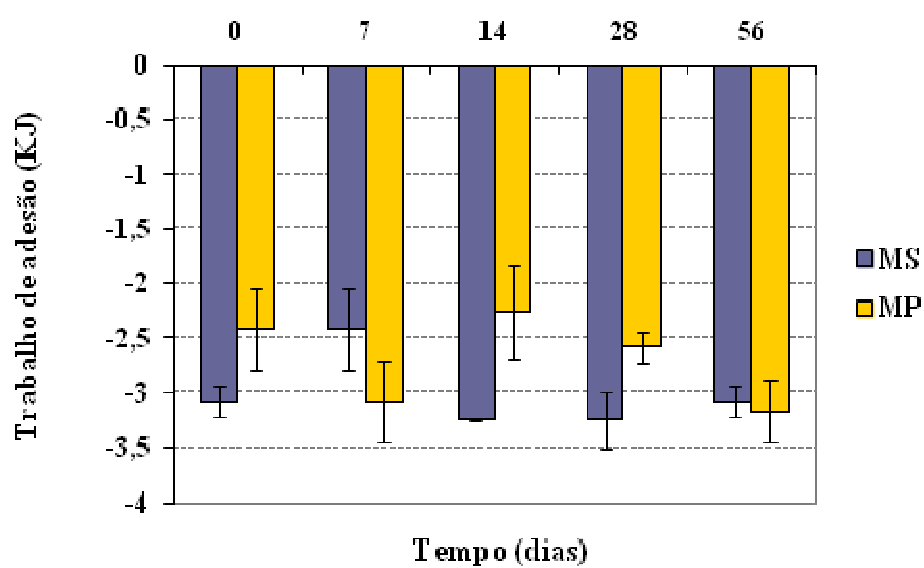


Figura 24. Trabalho de adesão da MP e da MS durante a estocagem.

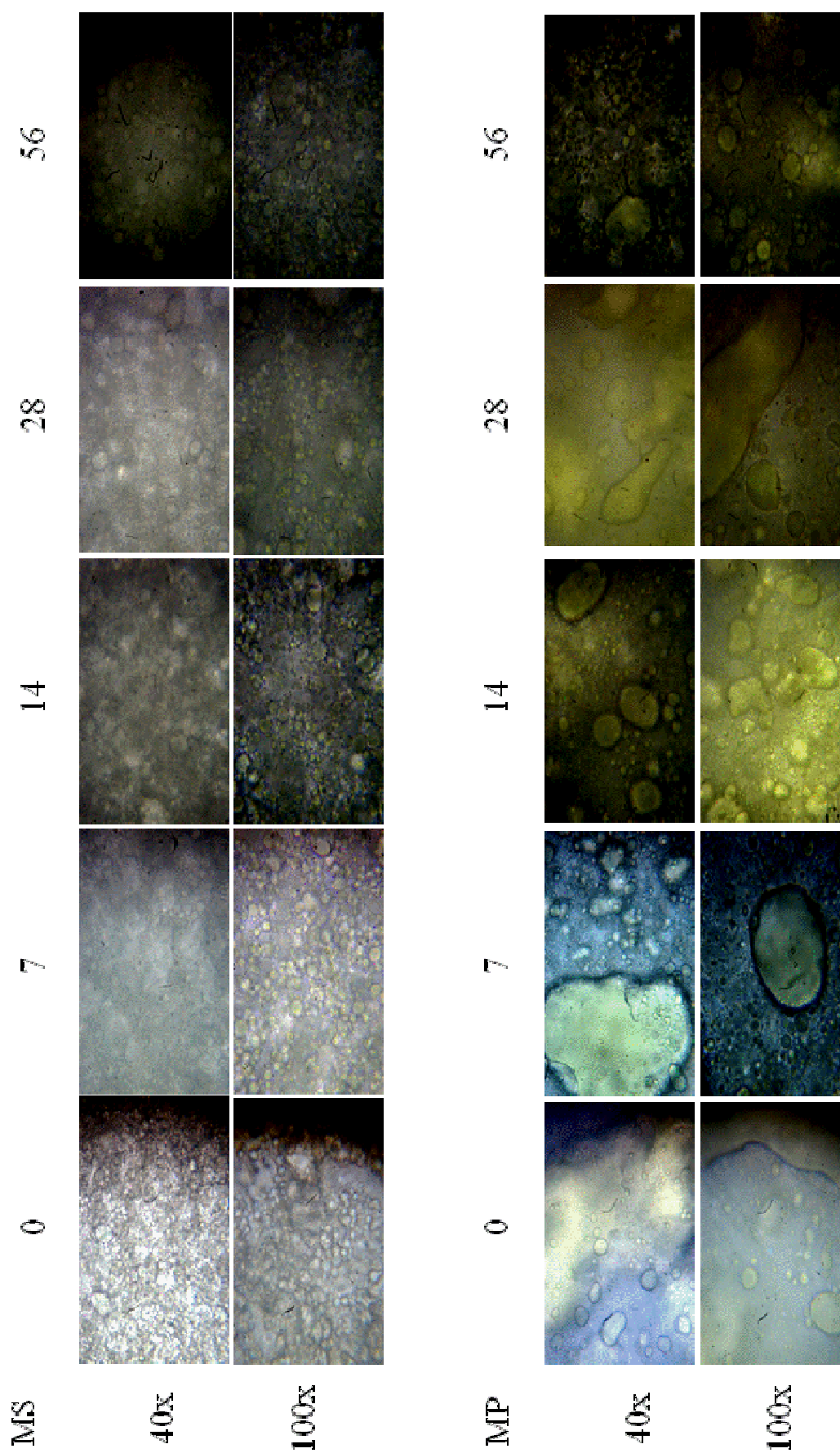


Figura 25. Microfotografias da MP e da MS em 40 e em 100 vezes de aumento.

6 CONCLUSÕES

- O azeite de pequi apresentou boa estabilidade ao longo dos 60 minutos de aquecimento em temperatura de fritura conforme evidenciado pelas análises.
- O teor de ácidos graxos livres, índice de peróxido, índice de iodo, índice de ácido tiobarbitúrico, densidade e viscosidade não sofreram muitas alterações nesse período.
- O teor de carotenóides foi praticamente todo degradado ao longo dos 60 minutos de aquecimento em temperatura de fritura e consequentemente a cor foi bastante alterada.
- Nos resultados do tempo 20 minutos as variações observadas podem estar associadas ao fato do tempo de meia-vida dos carotenóides ter sido verificado neste tempo.
- Os ácidos graxos do azeite de pequi sofreram poucas variações ao longo do aquecimento devido ao efeito antioxidante dos carotenóides.
- A cinética de degradação dos carotenóides e a cinética de alteração da cor refletiram as observações visuais das amostras do azeite de pequi obtidas depois de cada tratamento.
- O azeite de pequi é indicado para a realização de processos de frituras durante um período de 60 minutos. Outros estudos devem ser realizados com tempos maiores de aquecimento para que se entenda o comportamento do azeite de pequi depois que os carotenóides, que atuaram como antioxidantes, são degradados.
- As características físicas e químicas da maionese elaborada com azeite de pequi foram compatíveis com as características da maionese elaborada com óleo de soja.
- Apesar da menor estabilidade que a MP apresentou nos tempos iniciais de estocagem, isso não seria um empecilho para a comercialização desse produto, pois o teste de estabilidade aplicado foi bastante rigoroso, e condições ambientais normais dificilmente alcançariam as condições utilizadas no teste de estabilidade.
- As microfotografias confirmaram as características apresentadas pelas maioneses ao longo do tempo de estocagem. A estabilidade e as propriedades de textura foram fortemente influenciadas pelo tipo de dispersão das gotículas na fase contínua da maionese.
- Como a maionese é um alimento de consumo freqüente entre as diferentes faixas etárias e classes econômicas, a utilização do azeite de pequi para a elaboração de maionese é mais uma alternativa para o alcance da ingestão diária recomendada de β -caroteno (pro-vitamina A).
- Considerando que os lipídios são os componentes encontrados em maior quantidade no mesocarpo interno do pequi, a inserção da MP no mercado pode contribuir com o desenvolvimento do agro-negócio do pequi.

REFERÊNCIAS

- ABRAMOVIC, H.; KLOFUTAR, C. The temperature dependence of dynamic viscosity for some vegetable oils. **Acta Chimica Slovenica**, Ljubljana, v. 45, n. 1, p. 69-77, 1998.
- ABU-SALEM, F. M.; ABOU-ARAB, A. A. Chemical, microbiological and sensory evaluation of mayonnaise prepared from ostrich eggs. **Grasas y Aceites**, Sevilla, v. 59, n. 4, p. 352-360, 2008.
- 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**, Weinheim, v. 112, n. 3, p. 349-361, 2010.
- AKOH, C. C.; MIN, D. B. **Food lipids: chemistry, nutrition and biotechnology**. 2. ed. New York: Basel, 2002. 1014 p.
- AL-KAHTANI, H. A. Survey of quality of used frying oils from restaurants. **Journal of the American Oil Chemists' Society**, Chicago, v. 68, n. 11, p. 857-862, 1991.
- ALMEIDA, S. P.; SILVA, J. A. **Pequi e buriti: importância alimentar para a população dos cerrados**. Planaltina: EMBRAPA - CPAC, 1994. 38p.
- ALVES, C. C. de O.; RESENDE, J. V. de; 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.
- AMBRÓSIO, C. L. B.; CAMPOS, F. de A. C. e S.; FARO, Z. P. Carotenóides como alternativa contra a hipovitaminose A. **Revista de Nutrição**, Campinas, v. 19, n. 2, p. 233-243, 2006.
- AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION (APHA). **Compendium of methods for the microbiological examination of foods**. 4. ed. Washington: APHA, 2002.
- AOAC - INTERNATIONAL. ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis of AOAC International**. 16. ed. Gaithersburg: AOAC International, 1997.
- AOCS - AMERICAN OIL CHEMISTS' SOCIETY. 1909: Let's meet at the Jockey Club. **Inform**, Champaign, v. 19, n. 4, p. 219-221, 2008.
- AOCS - AMERICAN OIL CHEMISTS' SOCIETY. **Methods and recommended practices of the American Oil Chemists' Society**. 5. ed. Champaign: American Oil Chemists' Society, 1997.
- 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.

ATWATER, W. O.; WOODS, C. D. **The chemical composition of American food materials**. Washington: Government Printing Office, 1896. 46 p.

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.

BANSAL, G.; ZHOU, W.; BARLOW, P. J.; LO, H.; NEO, F. Performance of palm olein in repeated deep frying and controlled heating processes. **Food Chemistry**, London, v. 121, n. 2, p. 338-347, 2010.

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

BENGOECHEA, C.; LÓPEZ, M. L.; CORDOBÉS, F.; GUERRERO, A. Influence of Semicontinuous Processing on the Rheology and Droplet Size Distribution of Mayonnaise-like Emulsions. **Food Science and Technology International**, London, v. 15, n. 4, p. 367-373, 2009.

BENSMIRA, M.; JIANG, B.; NSABIMANA, C.; JIAN, T. Effect of lavender and thyme incorporation in sunflower seed oil on its resistance to frying temperatures. **Food Research International**, Barking, v. 40, n. 3, p. 341-346, 2007.

BESBES, S.; BLECKER, C.; DERONNEC, C.; LOGNAYD, G.; DRIRAB, N.; ATTIA, H. Heating effects on some quality characteristics of date seed oil. **Food Chemistry**, London, v. 91, n. 3, p. 469-476, 2005.

BESTER, E.; BUTINAR, B.; BUCAR-MIKLAVCIC, M.; GOLOB, T. Chemical changes in extra virgin olive oils from Slovenian Istra after thermal treatment. **Food Chemistry**, London, v. 108, n. 2, p. 446-454, 2008.

BINKS, B. P. Particles as surfactants - similarities and differences. **Current Opinion in Colloid & Interface Science**, Oxford, v. 7, n. 1-2, p. 21-41, 2002.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Portaria DINAL/MS nº 04, de 29 de maio de 1989**. Estabelece o padrão de identidade e qualidade para o Óleo de Pequi. Brasília, DF: ANVISA, 1989.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Resolução nº 482, de 23 de setembro de 1999**. Aprova Regulamento Técnico para Fixação de Identidade e Qualidade de óleos e gorduras vegetais. Brasília, DF: ANVISA, 1999.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Resolução RDC nº 12, de 02 de janeiro de 2001**. Aprova o Regulamento Técnico sobre padrões microbiológicos para alimentos. Brasília, DF: ANVISA, 2001.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Resolução RDC nº 276, de 22 de setembro de 2005**. Aprova o Regulamento Técnico para Especiarias, Temperos e Molhos. Brasília, DF: ANVISA, 2005.

BROCK, J.; NOGUEIRA, M. R.; ZAKRZEWSKI, C.; CORAZZA, F. C.; CORAZZA, M. L.; OLIVEIRA, J. V. Determinação experimental da viscosidade e condutividade térmica de óleos vegetais. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 28, n. 3, p. 564-570, 2008.

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

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.

CEASA GO - Centrais de Abastecimento de Goiás. **Análise conjuntural 2010 nº35**. Goiânia: CEASA GO, 2011. 353p.

CHEN, M. B. Study on processing technology of functional mayonnaise with plasma cholesterol lowering activity. **Academic Periodical of Farm Products Processing**, Benjin, n. 2, p. 22-24, 2005.

CHIAVARO, E.; RODRIGUEZ-ESTRADA, M. T.; VITTADINI, E.; PELLEGRINI, N. Microwave heating of different vegetable oils: relation between chemical and thermal parameters. **Food Science and Technology - LWT**, London, v. 43, n. 7, p. 1104-1112, 2010.

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.

CHOO, W. S.; BIRCH, E. J.; DUFOUR, J. P. Physicochemical and Stability Characteristics of Flaxseed Oils During Pan-heating. **Journal of the American Oil Chemists' Society**, Chicago, v. 84, n. 8, p. 735-740, 2007.

CHOUARD, G.; RETTENMAIER, J.; HNE, S. 100% Indulgence 0% guilt be in phase, bring connectivity to your low fat mayonnaise. **Innovations in Food Technology**, v. 29, p. 98-100, 2005.

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

COOPER, D. A. Carotenoids in health and disease: recent scientific evaluations, research recommendations and the consumer, **Journal of Nutrition**, Philadelphia, v. 134, n. 1, p. 221S-224S, 2004.

COOPER, R. G.; KLEINSCHMIDT, E. Determinants of timeless in product development. **Journal of Product Innovation Management**, New York, v. 11, n. 5, p. 381-396, 1994.

CORSINI, M. S.; JORGE, N. Perfil de ácidos graxos e avaliação da alteração em óleos de friture. **Química Nova**, São Paulo, v. 31, n. 5, p. 956-961, 2008.

DAMY-BENEDETTI, P. C.; JORGE, N. Absorção do óleo de soja refinado e da gordura vegetal hidrogenada durante o processo de fritura descontínua de batatas chips. **Alimentos e Nutrição**, São Paulo, v. 14, n. 1, p. 23-26, 2003.

DAVIES, B. H. Carotenoids. In: GOODWIN, T. W. (Ed.). **Chemistry and Biochemistry of Plant Pigments**. London: Academic Press, 1976. cap. 19, p. 38-65.

DEL RÉ, P. V.; JORGE, N. Comportamento de óleos vegetais em frituras descontínuas de produtos pré-fritos congelados. **Ciência e Tecnologia dos Alimentos**, Campinas, v. 26, n. 1, p. 56-63, 2006.

DEPREE, J. A., SAVAGE, G. P. Physical and flavour stability of mayonnaise. **Trends in Food Science and Technology**, Cambridge, v. 12, n. 5-6, p. 157-163, 2001.

DI MASCI, P.; KAISER, S.; SIES, H. Lycopene as the most efficient biological carotenoid singlet oxygen quencher. **Archives of Biochemistry and Biophysics**, New York, v. 274, n. 2, p. 532-538, 1989.

DICKINSON, E. Hydrocolloids as emulsifiers and emulsion stabilizers. **Food Hydrocolloids**, Oxford, v. 23, n. 6, p. 1473-1482, 2009.

DICKINSON, E. Food emulsions and foams: Stabilization by particles. **Current Opinion in Colloid & Interface Science**, Oxford, v. 15, n. 1-2, p. 40-49, 2010.

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

DOLZ, M., HERNANDEZ, M. J., DELEGIDO, J. Oscillatory measurements for salad dressings stabilized with modified starch, xanthan gum, and locust bean gum. **Journal of Applied Polymer Science**, New York, v. 102, n. 1, p. 897-903, 2006.

EASTAUGH, N.; WALSH, V.; CHAPLIN, T.; SIDDALL, R. **Pigment Compendium: A Dictionary and Optical Microscopy of Historical Pigments**. Oxford: Elsevier, 2008. 958p.

EL-ABASSY, R. M.; DONFACK, P.; MATERNY, A. Assessment of conventional and microwave heating induced degradation of carotenoids in olive oil by VIS Raman spectroscopy and classical methods. **Food Research International**, Barking, v. 43, n. 3, p. 694-700, 2010.

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

FACIOLI, N. L.; GONCALVES, L. A. G. Modificação por via enzimática da composição triglicéridica do óleo de piqui (*Caryocar brasiliense* Camb). **Química Nova**, São Paulo, v. 21, n. 1, p. 16-19, 1998.

FARHOOSH, R.; TAVAKOLI, J.; KHODAPARAST, M. H. H. Chemical Composition and Oxidative Stability of Kernel Oils from Two Current Subspecies of *Pistacia atlantica* in Iran. **Journal of the American Oil Chemists' Society**, Chicago, v. 85, n. 8, p. 723-729, 2008.

FERNANDES, A. C.; CÔRTEZ, M. R.; PINHO, M. Caracterização das pequenas e médias empresas de base tecnológica em São Paulo: uma análise preliminar. **Economia e Sociedade**, Campinas, v. 13, n. 1, p. 151-173, 2004.

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.

FRITSCH, C. W. Measurement of frying fat deterioration: a brief review. **Journal of the American Oil Chemists' Society**, Chicago, v. 5, n. 3, p. 272-274, 1981.

GARCIA, K.; SRIWATTANA, S.; NO, H. K.; CORREDOR, J. A. H.; PRINYAWIWATKUL, W. Sensory Optimization of a Mayonnaise-Type Spread Made with Rice Bran Oil and Soy Protein. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 74, n. 6, p. 248-254, 2009.

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**, Weinheim, v. 102, n. 8-9, p. 543-551, 2000.

GHOUSHA, M. A.; SAMHOURIB, M.; AL-HOLYA, M.; HERALDC, T. Formulation and fuzzy modeling of emulsion stability and viscosity of a gum-protein emulsifier in a model mayonnaise system. **Journal of Food Engineering**, Essex, v. 84, n. 2, p. 348-357, 2008.

GODOY, H. T.; RODRIGUEZ-AMAYA, D. B. Occurrence of cis-Isomers of provitamin A in brazilian fruits. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 42, n. 6, p. 1306-1313, 1994.

GONÇALVES, G. A. S.; VILASBOAS, E. V. de B.; RESENDE, J. V. DE; MACHADO, A. L. DE L.; VILASBOAS, B. M. Qualidade dos frutos do pequi submetidos a diferentes tempos de cozimento. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, n. 2, p. 377-385, 2011.

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

GUNSTONE, F. D.; HARWOOD, J. L.; DIJKSTRA, A. J. **The lipid handbook**. 3. ed. Boca Raton: CRC, 2007. 791 p.

HASENHUETTL, G. L. Overview of food emulsifiers. In: HASENHUETTL, G. L., HARTEL, R. W. (Ed.). **Food Emulsifiers and their Applications**. New York: Springer, 2008. p. 1-7.

HAUPTMAN, O.; HIRJI, K. K. The influence of process concurrency on project outcomes in product development: an empirical study of cross-functional teams. **IEEE Transactions on Engineering Management**, New York, v.43, n. 2, p.153-164, 1996.

HERALD, T. J.; ABUGOUSH, M.; ARAMOUNI, F. Physical and sensory properties of egg yolk and egg yolk substitutes in a model mayonnaise system. **Journal of texture studies**, Westport, v. 40, n. 6, p. 692–709, 2009.

HINCKE, M. T.; WELLMAN-LABADIE, O.; MCKEE, M. D.; GAUTRON, J.; NYS, Y.; MANN, K. Biosynthesis and structural assembly of eggshell components. In: MINE, Y. (Ed.). **Egg Bioscience and Biotechnology**. Hoboken: John Wiley & Sons Inc., 2008. cap. 2, p. 97–128.

HOGAN, D. J.; CUNHA, J. M. C.; CARMO, R. L. Uso do solo e mudança de sua cobertura no centro-oeste do Brasil: conseqüências 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.

IBGE. **Mapas de biomas do Brasil**. Escala 1:5.000.000. Rio de Janeiro: IBGE, 2004. Disponível em <http://mapas.ibge.gov.br/biomas2/viewer.htm>. Acesso em 28/02/2011.

IZIDORO, D. R.; SCHEER, A. P.; SIERAKOWSKI, M. R.; HAMINIUK, C. W. I. Influence of green banana pulp on the rheological behaviour and chemical characteristics of emulsions (mayonnaises). **LWT – Food Science and Technology**, Zurich, v. 41, p. 1018–1028, 2008.

JORGE, N.; JANIERI, C. Avaliação do óleo de soja submetido ao processo de fritura de alimentos diversos. **Ciência e agrotecnologia**, Lavras, v. 29, n. 5, p. 1001-1007, 2005.

KALOGIANNI, E. P.; KARAPANTSIOS, T. D.; MILLER, R. Effect of repeated frying on the viscosity, density and dynamic interfacial tension of palm and olive oil. **Journal of Food Engineering**, Essex, v. 105, n. 1, p. 169–179, 2011.

KERKHOF, S.; LIPKENS, H.; VELGHEB, F.; VERLOOYA, P.; MARTENSA, J. A. Mayonnaise production in batch and continuous process exploiting magnetohydrodynamic force. **Journal of Food Engineering**, Essex, v. 106, n. 1, p. 35-39, 2011.

KIM, M.; SHIM, J.; PARK, K.; IMMD, B.; OH, S.; IMMA, S. Optimization of the enzymatic modification of egg yolk by phospholipase A2 to improve its functionality for mayonnaise production. **LWT- Food Science and Technology**, Zurich, v. 42, n. 1, p. 250-255, 2009.

KRINSKY, N. I.; JOHNSON, E. J. Carotenoid actions and their relation to health and disease. **Molecular Aspects of Medicine**, Elmsford, v. 26, n. 6, p. 459–516, 2005.

KROKIDA, M. K.; OREOPOULOU, V.; MAROULIS, Z. B.; MARINOS-KOURIS, D. Colour changes during deep fat frying. **Journal of Food Engineering**, Essex, v.48, n. 3, p. 219-225, 2001.

KUMMEROW, F. A. The negative effects of hydrogenated trans fats and what to do about them. **Atherosclerosis**, Limerickv, v. 205, n. 2, p. 458–465, 2009.

LABUZA, T. P. **Shelf-life dating of foods**. Westport: Food & Nutrition, 1982. 500 p.

LACA, A.; SÁENZ, A. C.; PAREDES, B.; DÍAZ, B. Rheological properties, stability and sensory evaluation of low-cholesterol mayonnaises prepared using egg yolk granules as emulsifying agent. **Journal of Food Engineering**, Essex, v. 97, n. 2, p. 243–252, 2010.

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.

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.

LIU, H.; XU, X. M.; GUO, SH. D. Rheological, texture and sensory properties of low-fat mayonnaise with different fat mimetics. **LWT- Food Science and Technology**, Zurich, v. 40, n. 6, p. 946–954, 2007.

LOLOS, M.; OREOPOULOU, V.; TZIA, C. Oxidative stability of potato chips: effect of frying oil type, temperature and antioxidants. **Journal of the science of food and agriculture**, London, v. 79, n. 11, p. 1524-1528, 1999.

MACHADO, E. R.; MARMESAT, S.; DOBARGANES, M. C.; ABRANTES, S. Avaliação quantitativa de monoepoxiácidos, monocetoácidos e monohidroxiácidos em óleos e gorduras provenientes de fritura descontínua de batatas. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 28, n. 3, p. 675-682, 2008.

MCCLEMENTS, D. J. **Food emulsions: principles, practice, and techniques**. Boca Raton: CRC Press, 2005.

MACULAN, A. M. Ambiente empreendedor e aprendizado das pequenas empresas de base tecnológica. In: LASTRES, H. M. M.; CASSIOLATO, J. E.; MACIEL, M. L. **Pequena empresa: cooperação e desenvolvimento local**. Rio de Janeiro: Relume Dumará - UFRJ, 2003. v. 1, cap. 18, p. 311-327.

MAIANI, G.; CASTÓN, M. J. P.; CATASTA, G.; TOTI, E.; CAMBRODÓN, I. G.; NYSTED, A.; GRANADO-LORENCIO, F.; OLMEDILLA-ALONSO, B.; KNUTHSEN, P.; VALOTI, M.; BOHM, V.; MAYER-MIEBACH, E.; BEHSNILIAN, D.; SCHLEMMER, U. Carotenoids: Actual knowledge on food sources, intakes, stability and bioavailability and their protective role in humans. **Molecular nutrition e food research**, Weinheim, v. 53, n. 2, p. 194-218, 2009.

MALHEIRO, R.; OLIVEIRA, I.; VILAS-BOAS, M.; FALCÃO, S.; BENTO, A.; PEREIRA, J. A. Effect of microwave heating with different exposure times on physical and chemical parameters of olive oil. **Food and Chemical Toxicology**, Oxford, v. 47, n. 1, p. 92-97, 2009.

MANCINI, F.; MONTANARI, L.; PERESSINI, D.; FANTOZZI, P. Influence of alginate concentration and molecular weight on functional properties of mayonnaise. **LWT-Food Science and Technology**, Zurich, v. 35, n. 6, p. 517–525, 2002.

MANOJ, P.; FILLERY-TRAVIS, A. J.; WATSON, A. D.; HIBBERD, D. J.; ROBINS, M. M. Characterization of a depletion-flocculated polydisperse emulsion I. Creaming behavior. **Journal of colloid and interface science**, New York, v. 207, n. 2, p. 283-293, 1998.

MANOJ, P.; FILLERY-TRAVIS, A. J.; WATSON, A. D.; HIBBERD, D. J.; ROBINS, M. M. Characterization of a Polydisperse Depletion-Flocculated Emulsion: III. Oscillatory Rheological Measurements. **Journal of colloid and interface science**, New York, v. 228, n. 2, p. 200-206, 2000.

MARIANO, R. G. B. **Extração do Óleo da Polpa de Pequi (*Caryocar brasiliense*) por Processos Convencionais Combinados com Tecnologia Enzimática**. 2008. 70 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Instituto de Tecnologia, Universidade Federal Rural do Rio De Janeiro, Seropédica, 2008.

MARIANO, R. G. B.; COURI, S.; FREITAS, S. P. Enzymatic technology to improve oil extraction from *Caryocar brasiliense* camb (pequi) pulp. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 31, n. 3, p. 637-643, 2009.

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

MERRILL, A. L.; WATT, B. K. **Energy value of foods: basis and derivation**. Washington: Government Printing Office, 1973. 109 p.

MIN, D. B.; BOFF, J. M. Lipid Oxidation of Edible Oil. In: Akoh, C. C.; Min, D. B. (Ed). **Food Lipids: Chemistry, Nutrition, and Biotechnology**. 2. ed., New York: Marcel Dekker, 2002. cap. 11.

MINGUEZ-MOSQUEIRA; M. I.; REJANO-NAVARRO, L.; GANDUL-ROJAS, B.; SANCHEZ-GOMEZ, A. H.; GARRIDO-FERNANDEZ, J. Color-pigment correlation in virgin olive oil. **Journal of the American Oil Chemists'Society**, Chicago, v. 68, n. 5, p. 332-336, 1991.

MIRANDA-VILELA, A. L.; GRISOLIA, C. K.; RESCK, I. S.; MEDONÇA, M. A. Characterization of the major nutritional components of *Caryocar brasiliense* fruit pulp by NMR spectroscopy. **Química Nova**, São Paulo, v.32 , n. 09, p. 2310-2313, 2009.

MITTELBAACH, M.; ENZELSBERGER, H., Transesterification of heated rapeseed oil for extending diesel fuel. **Journal of the American Oil Chemists'Society**, Chicago, v. 76, n. 4, p. 545-550, 1999.

MOHAMED, M. O.; MORRIS, H. A. Textural and microstructural properties of rennet-induced milk coagulum as affected by the addition of soy protein isolate. **Journal of Texture Studies**, Westport, v. 18, n. 2, p. 137-155, 1987.

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. 2039-20149, 2010.

MORAES, A. R. F.; GOUVEIA L. E. R.; SOARES N. F. F.; SANTOS, M. M.S.; GONÇALVES, M. P. J. C. Desenvolvimento e avaliação de filme antimicrobiano na conservação de manteiga. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 27, n. 1, p. 33-36, 2009.

MORDI, R. C.; WALTON, J. C.; BURTON, G. W.; HUGHES, L.; INGOLD, K. U.; LINDSAY, D. A.; MOFFATT, D. J. Oxidative Degradation of β -Carotene and β -Apo-8'-carotenal. **ChemInform**, Weinheim, v. 24, n. 20, p. 18, 1993.

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**, London, v. 114, n. 4, p. 1529–1536, 2009.

MUN, S.; KIM, Y. L.; KANG, C. G.; PARK, K. H.; SHIM, J. Y.; KIM, Y. R. Development of reduced-fat mayonnaise using 4 α Gase-modified rice starch and xanthan gum. **International Journal of Biological Macromolecules**, Guildford, v. 44, n. 5, p. 400-407, 2009.

NARSIMHAN, G.; WANG, Z. Guidelines for processing emulsion-based foods. In: HASENHUETTL, G. L., HARTEL, R. W. (Ed.). **Food Emulsifiers and their Applications**. New York: Springer, 2008. p.349-389.

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**, Essex, v. 52, n. 2, p. 121–125, 2002.

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.

NAWAR W.W., Chemical changes in lipids produced by thermal processing, **Journal of Chemical Education**, Easton, v. 61, n. 4, p. 299–302, 1984.

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

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**, v. 28, n. 3, p. 380-386, 2006.

OSAWA, C. C.; FELÍCIO, P. E.; GONÇALVES L. A. G. Teste de tba aplicado a carnes e derivados: métodos tradicionais, modificados e alternativos. **Química Nova**, São Paulo, v. 28, n. 4, p. 655-663, 2005.

OSLON, J. A. Carotenoids and human health. **Archivos Latinoamericanos de Nutrición**, Caracas, v. 49, n. 1 p. 7-11, 1999.

POOLTON, J.; BARCLAY, I. New Product Development From Past Research to Future Applications. **Industrial Marketing Management**, New York, v. 27, n. 3, p. 197-212, 1998.

QUILES, J. L.; RAMÍREZ-TORTOSA, M. C.; GO´MEZ, 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**, London, v. 76, n. 4, p. 461-468, 2002.

QUIRÓS, A. R.; COSTA, H. S. R. Analysis of carotenoids in vegetable and plasma samples: A review. **Journal of food composition and analysis**, San Diego, v. 19, n. 2-3, p. 97-111, 2006.

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.

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

REDA, S. Y.; CARNEIRO, P. I. B. Óleos e gorduras: aplicações e implicações. **Revista Analytica**, São Paulo, n. 27, p. 60-67, 2007.

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

RODRIGUEZ-AMAYA, D. B. Critical review of provitamin A determination in plant foods. **Journal of Micronutrients Analysis**. London, v. 5, p. 191-225, 1989.

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

SAITO, S., TAKESHITA, M., TOMONOBU, K., KUDO, N., SHIIBA, D., HASE, T. Dose-dependent cholesterol-lowering effect of a mayonnaise-type product with a main component of diacylglycerol-containing plant sterol esters. **Nutrition**, New York, v. 22, p. 174-178. 2006.

SANIBAL, E. A. A.; MANCINI FILHO, J. Alterações Físicas, Químicas e Nutricionais de Óleos Submetidos ao Processo de Fritura. **Caderno de tecnologia de alimentos e bebidas**, São Paulo, p. 48-54, 2002.

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

SANTIPANICHWONG, R.; SUPHANTHARIKA, M. Carotenoids as colorants in reduced-fat mayonnaise containing spent brewer's yeast β -glucan as a fat replacer. **Food Hydrocolloids**, Oxford, v. 21, n. 4, p. 565-574, 2007.

SANTOS, J. C. O.; SANTOS, I. M. G.; A. G.SOUZA. Effect of heating and cooling on rheological parameters of edible vegetable oils. **Journal of Food Engineering**, Essex, v. 67, n. 4, p. 401-405, 2005.

SAS - Statistical Analysis System Institute. **SAS/QC**: software usage and reference. Version 6.0: SAS, 1996. CD-ROM 1.

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.

SCOTT, K. J. Observations on some of the problems associated with the analysis of carotenoids in foods by HPLC. **Food Chemistry**, London, v. 45, n. 5, p. 357–364, 1992.

SEC. 169.140 MAYONNAISE. **Code of Federal Regulations**. Title 21, Volume 2. p. 545, 2002.

SEGALL S. D.; ARTZ W. E.; RASLAN D. S.; FERRAZ V. P.; TAKAHASHI J. A. Triacylglycerol analysis of pequi (*Caryocar brasiliensis* Camb.) oil by electrospray and tandem mass spectrometry. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, Davis, v. 86, n. 3, p. 445–452, 2006.

SHEN, R.; LUO, S.; DONG, J. Application of oat dextrine for fat substitute in mayonnaise. **Food Chemistry**, London, v. 126, n. p. 65–71, 2011.

SHI, J.; LE MAGUER, M. Lycopene in tomatoes: chemical and physical properties affected by food processing. **Critical reviews in biotechnology**, Boca Raton, v. 20, n. 4, p. 293–334, 2000.

SIEGRIST, M. Consumer attitudes to food innovation and technology. In FREWER, L.; TRIJP, H. (Ed.). **Consumer-led food product development**. Boca Raton: CRC Press, 2007. p. 122–140.

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. 278p.

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.

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

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.; VERCELLOTTI, J.; JACKS, T.; LEGENDRE, M. Lipid oxidation on foods. **Critical reviews in food science and nutrition**, Boca Raton, v. 36, n. 3, p. 175-224, 1996.

STRATTON, S. P.; SCHAEFER, W. H.; LIEBLER, D. C. Isolation and identification of singlet oxygen oxidation products of β -carotene. **Chemical Research in Toxicology**, Washington, v. 6, p. 542-547, 1993.

SU, H.; LIEN, C.; LEE, T.; HO, J. Development of low-fat mayonnaise containing polysaccharide gums as functional ingredients. **Journal of The Science of Food And Agriculture**, London, v. 90, n. 5, p. 806-812, 2010.

TACO – Tabela Brasileira de Composição de Alimento. 2. ed. Campinas: NEPA – UNICAMP, 2006. 114 p.

TAN, C. P.; CHE MAN, Y. B.; JINAP, S.; YUSOFF, M. S. A. Effects of microwave heating on changes in chemical and thermal properties of vegetable oils. **Journal of the American Oil Chemists’ Society**, Chicago, v. 78, n. 12, p. 1227-1232, 2001.

TCHOLAKOVA, S.; DENKOV, N. D.; LIPS, A. Comparison of solid particles, globular proteins and surfactants as emulsifiers. **Physical Chemistry Chemical Physics**, Cambridge, v. 10, p. 1608–1627, 2008.

TOLEDO, J. C.; SILVA, S. L.; MENDES, G. H. S.; JUGEND D. Fatores críticos de sucesso no gerenciamento de projetos de desenvolvimento de produto em empresas de base tecnológica de pequeno e médio porte. **Gestão & Produção**, São Carlos, v. 15, n. 1, p. 117-134, 2008.

TSAKNIS, J.; LALAS, S. Stability during frying of Moringa oleifera seed oil variety “Periyakulam 1”. **Journal of Food Composition and Analysis**, San Diego, v. 15, n. 1, p. 10–79, 2002.

TSAKNIS, J.; STAVROS, S.; PROTOPAPA, E. Effectiveness of the antioxidants BHA and BHT in selected vegetable oils during intermittent heating. **Grasas y Aceites**, Sevilla, v. 53, n. 2, p. 199-205, 2002.

TSUZUKI, W.; MATSUOKA, A.; USHIDA, K. Formation of trans fatty acids in edible oils during the frying and heating process. **Food Chemistry**, London, v. 123, n. 4, p. 976-982, 2010.

USDA - UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE. **Nutritive Values of Foods. U.S. Department of Agriculture**. Maryland: Agricultural Research. Nutrient Data Laboratory; 2002.

VACLAVIK, V. A.; CHRISTIAN, E. W. **Essential of food science**. 3. ed. New York: Springer, 2008. 565 p.

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 Agriculture and Food Chemistry**, Washington, v. 52, n. 8, p. 2358-2365, 2004.

VALDÉS, A. F.; GARCIA, A. B. A study of the evolution of the physicochemical and structural characteristics of olive and sunflower oils after heating at frying temperatures. **Food Chemistry**, London, v. 98, n. 2, p. 214-219, 2006.

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.

VERA, R.; NAVES, R. V.; NASCIMENTO, J. L. do; CHAVES, L. J.; LEANDRO, W. M.; SOUZA, E. R. B. de. CARACTERIZAÇÃO FÍSICA DE FRUTOS DO PEQUIZEIRO (Caryocar brasiliense Camb.) NO ESTADO DE GOIÁS. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v.35, n. 2, p. 71-79, 2005.

WORRASINCHAI, S.; SUPHANTHARIKA, M.; PINJAI, S.; JAMNONG, P. β -Glucan prepared from spent brewer's yeast as a fat replacer in mayonnaise. **Food Hydrocolloids**, Oxford, v. 20, n. 1, p. 68–78, 2006.

WU, Z.; ROBINSON, D. S.; HUGHES, R. K.; CASEY, R.; HARDY, D.; WEST, S.I. Co-oxidation of β -carotene catalyzed by soybean and recombinant pea lipoxygenases. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 47, n. 12, p. 4899-4906, 1999.

XIONG, R; XIE, G; EDMONDSON, A .S. Modelling the pH of mayonnaise by the ratio of egg to vinegar. **Food Control**, Guildford v. 11, n. 1, p. 49-56, 2000.

YAMAUCHI, R.; MIYAKE, N.; INOUE, H.; KATO, K. Products formed by peroxy radical oxidation of β -carotene. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 41, n. 5, p. 708-713, 1993.

YAP, C. M.; SOUDER, W. E. Factors influencing new product success and failure in small entrepreneurial high-technology electronics firms. **Journal of Product Innovation Management**, New York, v. 11, n. 5, p. 418-432, 1994.

YOON, H. Y.; KIM, K. H.; KWON, T. W.; TEAH, Y. K. Evaluation of physicochemical changes in cooking oil during heating. **Journal of the American Oil Chemists' Society**, Chicago, v. 64, n. 6, p. 870-873, 1987.

ZEB, A.; MURKOVIC, M. Carotenoids and triacylglycerols interactions during thermal oxidation of refined olive oil. **Food chemistry**, London, 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**, Weinheim, v. 112, n. 11, p. 1218-1228, 2010.

APÊNDICE A – Médias dos resultados de caracterização da MS e da MP.

		0	7	14	28	56
pH	Soja	3,84 ± 0,01 Aa	3,72 ± 0,01 Aa	3,71 ± 0,00 Aa	3,79 ± 0,01 Aa	3,79 ± 0,01 Aa
	Pequi	3,82 ± 0,01 Aa	3,72 ± 0,01 Aa	3,67 ± 0,00 Aa	3,78 ± 0,02 Aa	3,77 ± 0,02 Aa
Aw	Soja	0,97 ± 0,001 Aa	0,966 ± 0,001 Aa	0,971 ± 0,001 Aa	0,970 ± 0,003 Aa	0,970 ± 0,002 Aa
	Pequi	0,97 ± 0,001 Aa	0,968 ± 0,001 Aa	0,968 ± 0,001 Aa	0,968 ± 0,001 Aa	0,969 ± 0,003 Aa
DL	Soja	-24,98 ± 0,58 Aa	-25,78 ± 0,27 Aa	-24,83 ± 0,37 Aa	-23,45 ± 0,34 Aa	nc
	Pequi	-38,76 ± 2,08 Ba	-38,04 ± 1,21 Ba	-37,59 ± 1,18 Ba	-35,48 ± 2,74 Ba	nc
Da	Soja	0,32 ± 0,06 Aa	0,61 ± 0,12 Aa	0,43 ± 0,06 Aa	0,37 ± 0,05 Aa	nc
	Pequi	9,75 ± 0,21 Ba	9,60 ± 0,21 Ba	9,16 ± 0,34 Ba	9,43 ± 0,78 Ba	nc
Db	Soja	4,29 ± 0,26 Aa	4,22 ± 0,27 Aa	4,42 ± 0,14 Aa	4,53 ± 0,12 Aa	nc
	Pequi	36,37 ± 1,93 Ba	37,82 ± 0,14 Ba	36,22 ± 1,85 Ba	39,78 ± 0,70 Ba	nc
DE	Soja	25,35 ± 0,54 Aa	26,13 ± 0,27 Aa	25,22 ± 0,34 Aa	23,94 ± 0,21 Aa	nc
	Pequi	54,09 ± 0,53 Ba	54,50 ± 0,82 Ba	52,92 ± 0,99 Ba	54,17 ± 1,68 Ba	nc
Estab	Soja	100 ± 0 Aa	100 ± 0 Aa	100 ± 0 Aa	100 ± 0 Aa	100 ± 0 Aa
	Pequi	91,32 ± 0,62 Ba	92,47 ± 2,51 Ba	94,95 ± 4,10 Bab	93,46 ± 5,25 Bab	99,38 ± 1,60 Bb
Firm	Soja	1,20 ± 0,01 Aa	1,21 ± 0,06 Aa	1,2009 ± 0,10 Aa	1,33 ± 0,03 Aa	1,42 ± 0,04 Aa
	Pequi	1,10 ± 0,19 Aa	1,11 ± 0,13 Aa	1,0168 ± 0,12 Aa	1,24 ± 0,14 Aab	1,31 ± 0,05 Ab
Cons (10³)	Soja	6,83 ± 0,14 Aa	7,17 ± 0,14 Aa	7,42 ± 0,14 Aa	7,83 ± 0,38 Aa	8,25 ± 0,43 Ab
	Pequi	6,58 ± 1,42 Aa	6,67 ± 0,58 Aa	6,00 ± 0,87 Aa	7,92 ± 1,01 Aa	7,67 ± 0,29 Ab
Ades	Soja	-1,67 ± 0,02 Aa	-1,67 ± 0,08 Aa	-1,55 ± 0,31 Aa	-1,80 ± 0,08 Aa	-1,83 ± 0,06 Aa
	Pequi	-1,22 ± 0,16 Ba	-1,25 ± 0,10 Ba	-1,17 ± 0,13 Aa	-1,48 ± 0,22 Ab	-1,78 ± 0,08 Ab
T. Ad (10³)	Soja	-3,08 ± 0,14 Aa	-2,42 ± 0,38 Aa	-3,25 ± 0,00 Aa	-3,25 ± 0,25 Aa	-3,08 ± 0,14 Aa
	Pequi	-2,42 ± 0,38 Aab	-3,08 ± 0,38 Aab	-2,25 ± 0,43 Bb	-2,58 ± 0,14 Aab	-3,17 ± 0,29 Aa

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna, individualmente para cada análise, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.