



UNIVERSIDADE
ESTADUAL DE LONDRINA

DÉBORA REZENDE FERREIRA

**ALTERAÇÕES FÍSICO-QUÍMICAS DO ÓLEO DE PALMA NA
PRÉ-FRITURA CONTÍNUA DE PRODUTOS CÁRNEOS
EMPANADOS DE FRANGO – TIPO “SNACKS”**

DÉBORA REZENDE FERREIRA

**ALTERAÇÕES FÍSICO-QUÍMICAS DO ÓLEO DE PALMA NA
PRÉ-FRITURA CONTÍNUA DE PRODUTOS CÁRNEOS
EMPANADOS DE FRANGO – TIPO “SNACKS”**

Projeto de pesquisa apresentado ao Curso de Mestrado em Ciência de Alimentos da Universidade Estadual de Londrina – Pr, como parte dos requisitos necessários para obtenção do grau de Mestre.

Orientadora: Profa. Dra. Adelaide Del Pino Beléia

Co-Orientador: Prof. Dr. Rui Sérgio S. F. da Silva

Londrina
2010

**Catálogo na publicação elaborada pela Divisão de Processos Técnicos da
Biblioteca Central da Universidade Estadual de Londrina.**

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)

F383a Ferreira, Débora Rezende

Alterações físico-químicas do óleo de palma na pré-fritura contínua de produtos cárneos empados de frango-tipo “snacks”. / Débora Rezende Ferreira da Silva – Londrina, 2010. 73 f.

Orientador: Adelaide Del Pino Beléia

Co-Orientador: Rui Sérgio dos Santos Ferreira da Silva

Dissertação (Mestrado em Ciência de Alimentos) – Universidade Estadual de Londrina, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Ciência de Alimentos, 2010.

Inclui bibliografia.

1. Óleos e gorduras alimentícias – Teses. 2. Frituras – Teses. 3. Empanados (Alimentos) – Teses. 4. Alimentos – Avaliação sensorial. 5. Óleos e gorduras alimentícias – Viscosidade – Teses. I. Beléia, Adelaide Del Pino. II. Silva, Rui Sérgio dos Santos Ferreira da . III. Universidade Estadual de Londrina. Centro de Ciências Agrárias. Programa de Pós-Graduação em Ciência de Alimentos. IV. Título.

CDU 664.31

DÉBORA REZENDE FERREIRA

**ALTERAÇÕES FÍSICO-QUÍMICAS DO ÓLEO DE PALMA DURANTE
NA PRÉ-FRITURA CONTÍNUA DE PRODUTOS CÁRNEOS
EMPANADOS DE FRANGO – “SNACKS”**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação, em Ciências de Alimentos da Universidade Estadual, como requisito para obtenção do título de Mestre.

BANCA EXAMINADORA

Profa. Dra. Adelaide Del Pino Beléia
UEL – Londrina - PR
(Orientadora)

Profa. Dra. Marisa Aparecida Bismara Regitano
d`Arce
USP

Profa. Dra. Marta de Toledo Benassi
UEL – Londrina - PR

Londrina, 28 de outubro de 2010.

Primeiramente dedico este trabalho à Deus por ter me concedido força e coragem para chegar até aqui. Sem Ele, não teria conseguido.

Aos meus pais Heloisa e Ronaldo pelo amor incondicional, orações, incentivo e apoio em todos os momentos de minha vida.

Às minhas irmãs Deusiane e Danielle pelo amor, amizade verdadeira e torcida.

Ao meu esposo Rodrigo pelo amor, carinho, paciência e compreensão pelos momentos que não pudemos estar juntos.

AGRADECIMENTOS

A minha orientadora professora Dra. Adelaide Del Pino Beléia pela amizade, incentivo, dedicação e ensinamentos, estando sempre disposta a me ajudar. Sua orientação foi imprescindível para o andamento e finalização desse projeto.

Ao meu co-orientador professor Dr. Rui Sérgio S. F. da Silva pelo acolhimento, amizade, disponibilidade e ensinamentos. Agradeço a Deus por ter te colocado em meu caminho num momento que estava sem esperança de conseguir prosseguir nesse caminho.

As professoras Dra. Adriana Soares Lourenço e Dra. Marta de Toledo Benassi pela amizade e imensa ajuda que foi fundamental na elaboração deste trabalho.

As minhas amigas Flávia Daiana Montanuci, Talita Szlapak Franco, Patrícia Salomão Garcia, Beatriz Cervejeira Bolanho e Cíntia Sorane pelos momentos inesquecíveis de descontração, pela amizade, abrigo, apoio e incentivo.

Aos meus colegas de turma, pelo convívio sadio e pelas trocas de experiência e conhecimentos ao longo dessa jornada.

A FUNDETEC / Cascavel, especialmente ao laboratório físico-químico, pelo apoio à pesquisa brasileira.

A todos que de alguma forma contribuíram para que esse sonho se tornasse realidade.

*“Comece fazendo o que é necessário,
depois o que é possível, e de repente
você estará fazendo o impossível.”*

São Francisco de Assis

FERREIRA, Débora Ferreira. “Alterações físico-químicas do óleo de palma na pré-fritura contínua de produtos cárneos empanados de frango – tipo “snack”. 2010. 73 p. Tese (Dissertação em Ciência de Alimentos) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina-PR, 2010.

RESUMO

A falta de tempo para o preparo de alimento tem provocado um aumento no consumo de alimentos fritos que constituem uma alternativa rápida de preparo que promove propriedades sensoriais altamente apreciadas por consumidores. A fritura contínua é utilizada pelo mercado industrial para o preparo de pré-frituras. O óleo de palma possui alta estabilidade oxidativa por possuir quantidades de ácidos graxos saturados e insaturados quase equivalentes. As alterações físico-químicas do óleo de palma durante a pré-fritura contínua de produtos cárneos empanados foram avaliadas através de medidas de degradação de índice de acidez e refração, compostos polares, viscosidade, cor e absorvibilidade (232 e 268nm) em 238 amostras coletadas ao longo de 28 dias de produção. Os dados foram submetidos a ANOVA, teste de Tukey, Análise de Componentes Principais (ACP) e de regressão linear (cinética de 1º ordem). Ao final do período avaliado o óleo apresentou valores máximos de 0,64% de índice de acidez em ácido oléico, 1,4680 de índice de refração, 17,3% de compostos polares, 59,5 cp de viscosidade a 20 rpm, 3,558 e 1,158 de absorvibilidade a 232 e 268nm respectivamente. Houve aumento do escurecimento do óleo ao longo do tempo. O primeiro componente principal (57% de explicação) separou as amostras coletadas em diferentes semanas do experimento, sendo que as amostras à direita do CP1 foram as coletadas na primeira e segunda semana, e as da esquerda coletadas na terceira e quarta semana. Os vetores L* e viscosidade 20 rpm foram inversamente correlacionados indicando que quanto menor o L* maior é a viscosidade. Os vértices do triângulo que representaram os dados do último dia de produção ficaram muito próximos indicando que houve repetibilidade da avaliação. As amostras do primeiro dia do experimento ficaram localizadas à direita do CP1 e abaixo no CP2 (21% de explicação), apresentando baixos valores relacionados a índice de acidez e refração e compostos polares. Apesar das diferenças terem sido encontradas nas respostas dos parâmetros avaliados ao longo do tempo de fritura e em diferentes turnos, o óleo não apresentou após 28 dias de pré-fritura, em nenhuma análise, valores superiores aos limites recomendados por alguns países para o descarte dos mesmos, sugerindo que as condições estabelecidas no processo são seguras e indicam que o óleo é adequado para ser utilizado como meio de fritura sob as condições do experimento. A medida de degradação de compostos polares foi a que melhor se ajustou ao modelo cinético proposto, podendo ser indicada como um método eficaz para o monitoramento do óleo de fritura contínua de produtos cárneos empanados, além do método utilizado para a determinação ser rápido e prático para ser realizado numa indústria.

Palavras – chaves: Pré-fritura contínua. Óleo de palma. Produto cárneo empanado de frango – tipo “snacks”. Degradação do óleo. Índice de acidez. Índice de refração. Compostos polares. Viscosidade. Cor. Absorvibilidade a 232 e 268 nm.

FERREIRA, Débora Ferreira. **Changes physicochemical palm oil in frying continous pre-breaded chickem meat products – such as “snacks”**. 2010. 73 p. Thesis (Dissertation in Food Science) – University of Londrina, Londrina – PR, 2010.

ABSTRACT

The lack of time for the preparation of food has caused an increase in consumption of fried foods that are a rapid alternative of preparation that promotes sensory properties highly appreciated by consumers. The continuous frying method is used by the industrial market for pre frying procedures. Palm oil has high oxidative stability by having almost equivalent amounts of saturated and unsaturated fatty acids. The physical and chemical properties of palm oil during the continuous pre-fried breaded meat products were assessed by acid values and refraction, indexes polar compounds, contents viscosity, color and absorptivity (232 and 268nm) in 238 samples collected over 28 days of production. The data were analyzed by ANOVA, Tukey, Principal Component Analysis and linear regression analysis (1st order kinetics). At the end of the study period, the oil showed maximum values of 0,64% acid value in oleic acid, 1,4680 of refractive index, 17,3% of polar compounds, 59.5 cp viscosity at 20 rpm, 3,558 and 1,158 of absorptivity at 232 and 268nm respectively. There was increased darkening of oil over time. The first principal component (57.33% of explanation) separated samples collected at different weeks of the experiment, while the samples to the right of CP1 were collected in the first and second weeks, and the samples to the left were collected in the third and fourth weeks. The vectors L^* and viscosity at 20 rpm were inversely correlated indicating that the lower the L^* the greater the viscosity. The vertices of the triangle representing the data of the last day of production were very close indicating that there was repeatability of the assessment. Samples from the first day of experiment were located on the right in the CP1 and down in the CP2 (21.33% of explanation), showing low values associated with the analysis of acidity and refractive index and polar compounds. Despite differences found in the responses of these parameters over the frying time and in different shifts, the oil did not show after 28 days of pre frying in any analysis, values higher than the limits recommended by some countries to disposal, suggesting that the conditions during the process were safe and indicated that the oil is suitable for use as a frying medium under the experimental conditions. The extent of degradation of polar compounds was the best index to the proposed kinetic model and it can be recommended as an effective method for monitoring continuous frying oil in breaded meat products besides, the method used to the resolution is rapid and convenient to be performed in industry.

Key – words: Continuous pre-frying. Palm oil. Coated chicken meat product type – snacks. Oil degradation. Acid value. Refractive index. Polar compounds. Viscosity. Color. Absorption at 232 and 268 nm.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Fritador industrial com capacidade de 1200 litros	33
Figura 2 – Fluxograma de produção de empanados.....	34
Figura 3 – Medidor de Compostos Polares Testo 265 (a) e imersão do medidor de compostos polares Testo 265 no óleo de fritura (b)	35
Figura 4 – Projeções das análises físico-químicas (a) e amostras semanais (por turno) de óleo (b) sobre o plano fatorial (CP1X CP2).....	46
Figura 5 – Comparação dos dados preditos com os dados experimentais num intervalo de confiança de 95% parâmetro compostos polares	63

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	– Principais ácidos graxos de óleos e gorduras comestíveis	19
Tabela 2	– Composição em ácidos graxos de óleos vegetais	20
Tabela 3	– Composição em ácidos graxos do óleo de palma	22
Tabela 4	– Plano de amostragem do experimento.....	39
Tabela 5	– Tempos de coleta das 7 amostras coletadas por hora e reposição de óleo	40
Tabela 6	– Características químicas do óleo de palma refinado.....	43
Tabela 7	– Correlações das análises físico-químicas com os eixos dos componentes principais (CP)	48
Tabela 8	– Valores médios (7 amostras com 3 repetições cada) comparativos entre diferentes turnos e semanas de produção para índice de acidez, índice de refração, compostos polares e viscosidade 20 rpm do óleo de palma utilizado na pré-fritura contínua de produtos cárneos empanados de frango – tipo “snacks”	50
Tabela 9	– Valores médios (7 amostras com 3 repetições cada) comparativos entre diferentes turnos e semanas de produção para parâmetros L*, a* e b* de cor do óleo de palma utilizado na pré-fritura contínua de produtos cárneos empanados de frango – tipo “snacks” em diferentes turnos de produção	56
Tabela 10	– Valores médios (7 amostras com 3 repetições cada) de absorvidade a 232 nm e 268 nm de óleo de palma utilizado na fritura contínua de produtos cárneos empanados de frango – tipo “snacks”	59
Tabela 11	– Regressão linear e modelamento cinético dos parâmetros de oxidação avaliados.....	61

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
2 OBJETIVOS	15
2.1 OBJETIVO GERAL	15
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	15
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	16
3.1 PROCESSO DE FRITURA	16
3.2 ÓLEOS VEGETAIS UTILIZADOS PARA FRITURA	18
3.3 ÓLEO DE PALMA	20
3.4 ALTERAÇÕES DE ÓLEOS	22
3.5 MÉTODOS UTILIZADOS PARA AVALIAÇÃO DE ÓLEOS	25
3.6 PROCESSO DE FABRICAÇÃO DE EMPANADOS	29
4 MATERIAL E MÉTODOS	32
4.1 MATERIAL	32
4.2 MÉTODOS	32
4.2.1 Processo de Pré-Fritura	32
4.2.2 Processo de Fabricação de Empanados	33
4.2.3 Compostos Polares	35
4.2.4 Índice de Acidez	36
4.2.5 Índice de Refração	36
4.2.6 Absortividade a 232 nm e 268 nm	37
4.2.7 Viscosidade	37
4.2.8 Cor	38
4.2.9 Amostragem	38
4.2.10 Análise estatística	41
4.2.11 Cinética	42
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	43
5.1 ÓLEO DE PALMA	43

5.2 ANÁLISE MULTIVARIADA DO ÓLEO DE PALMA SUBMETIDO AO PROCESSO DE PRÉ-FRITURA DE PRODUTOS CÁRNEOS EMPANADOS DE FRANGO – “TIPO SNACKS”	45
5.3 ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS DO ÓLEO DE PALMA SUBMETIDO AO PROCESSO DE FRITURA	49
5.4 CINÉTICA DA OXIDAÇÃO LIPÍDICA	60
6 CONCLUSÃO	64
REFERÊNCIA	65
ANEXOS	71
ANEXO 1 – Valores médios e desvio padrão de índice de acidez, índice de refração, compostos polares e viscosidade 20 rpm de óleo de palma utilizado na pré- fritura contínua de produtos cárneos empanados de frango – tipo “snacks”	72
ANEXO 2 – Valores médios e desvio padrão dos parâmetros L*, a*, b*, A 232 nm e A268 nm do óleo de palma utilizado na pré-fritura contínua de produtos cárneos empanados de frango – tipo “snacks”	73

1 INTRODUÇÃO

A relevância da ingestão dos óleos vegetais na dieta humana, primordialmente como recursos alimentares provedores de energia, é indiscutível. Entretanto, o risco à saúde envolvido no consumo de óleos oxidados, como por exemplo, a pré-disposição à aterosclerose e a ação mutagênica carcinogênica (CORSINI; JORGE, 2006), remete a um controle dos aspectos qualitativos e quantitativos dos óleos utilizados no processo de fritura (DEL RÉ; JORGE, 2006).

Considerada como um dos processos mais antigos de preparação de alimentos, a fritura consiste basicamente na imersão de pedaços de alimentos em óleo vegetal quente (MOYANO; RÍOSECO; GONZÁLEZ, 2002). Permanece como um dos principais métodos de cozimento, apesar do alto teor de gordura e do aumento do número de consumidores cientes da relação entre alimento, nutrição e saúde (SAGUY; DANA, 2003).

O consumo de alimentos fritos tem aumentado nos últimos anos, visto que a fritura é um processo culinário de grande aceitação em todas as idades e classes sociais, causando maior ingestão de óleos e gorduras submetidos a altas temperaturas. Este aumento tem sido influenciado por razões econômicas e sociais pela falta de tempo para o preparo dos alimentos e a fritura é uma alternativa rápida de preparação (RAVELLI et al., 2009) que promove propriedades sensoriais de cor, sabor e textura, altamente apreciado por consumidores (DOBARGANES; MÁRQUEZ-RUIZ; VELASCO, 2000). Além disso, confere ao alimento cor dourada, brilhante e uniforme, melhorando sua apresentação (JORGE; LUNARDI, 2005). Estes aspectos fizeram com que as indústrias de alimentos passassem a dispor de produtos específicos para o processo de fritura, como os alimentos pré-fritos congelados, que são largamente adotados pelo mercado consumidor (DEL RÉ; JORGE, 2006).

A fritura por imersão tem sido definida como a imersão de produtos alimentícios em óleo ou gordura aquecidos acima do ponto de ebulição da água e, portanto é considerado um processo de desidratação. Essas condições conduzem a alta velocidade de transferência de calor, cozimento rápido, escurecimento, desenvolvimento de textura e sabor (PEDRESCHI; MOYANO, 2004). Durante a fritura por imersão, os óleos são continuamente expostos à ação de vários fatores

que levam a uma grande diversidade de reações químicas, tais como: hidrólise, oxidação e polimerização da molécula (CORSINI; JORGE, 2006).

Segundo Jorge et al. (2005) há dois tipos de fritura por imersão: contínua e descontínua. A fritura contínua é utilizada pelo mercado industrial para o preparo de snacks extrusados, massas fritas, pré-frituras (empanados), batatas e a fritura descontínua é utilizada pelo mercado institucional (redes de fast-food, restaurantes e pastelarias).

Durante o processo de fritura, uma variedade de reações causa alterações químicas e físicas do óleo. Na presença de oxigênio (do ar ou do produto), umidade do alimento e altas temperaturas, o óleo passa por três diferentes reações: hidrólise, causada pela água, oxidação e alteração térmica causadas pelo oxigênio e aquecimento, respectivamente (SAGUY; DANA, 2003). Sendo assim, a avaliação das alterações e a identificação dos compostos formados durante a fritura de alimentos são de grande interesse para os consumidores (JORGE; JANIERI, 2005), uma vez que parte do óleo é absorvido pelo alimento e torna-se parte de suas dietas. (DOBARGANES; MÁRQUEZ-RUIZ; VELASCO, 2000).

As qualidades funcionais, sensoriais e nutricionais dos óleos se modificam devido às reações oxidativas, podendo chegar a níveis em que não se consegue mais obter alimentos de qualidade (DEL RÉ; JORGE, 2006) e medidas de degradação em óleos de fritura são principalmente baseadas nas alterações de suas propriedades físico-químicas. Compostos polares totais e teor de ácidos graxos livres são usados como parâmetro para descarte de óleos usados (RAVELLI et al., 2009).

Alguns países, como a Bélgica, França, Alemanha, Suíça, Holanda, Estados Unidos e Chile, criaram leis e regulamentações para o descarte de óleos de fritura que estabelecem valores superiores a 25% para compostos polares totais; superiores a 1% para ácidos graxos livres e superiores a 15 meq/Kg de amostra para o índice de peróxido (MALACRIDA; JORGE, 2006). No entanto, o Brasil não tem nenhum regulamento que defina largamente o monitoramento de descarte para óleos e gorduras no processo de fritura (OSAWA; GONÇALVES; MENDES, 2010).

A compreensão das mudanças que o óleo sofre durante a fritura, o conhecimento do grau de alteração dos mesmos e o estabelecimento do momento em que deve ser descartado podem levar à otimização dos processos de fritura e à melhoria da qualidade dos alimentos fritos (JORGE et al., 2005).

Desta forma, torna-se importante avaliar as alterações físico-químicas do óleo de palma na pré-fritura contínua de produtos cárneos empanados.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar as alterações físico-químicas do óleo de palma utilizado na pré-fritura contínua de produtos cárneos empanados.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Avaliar a necessidade de descarte do óleo de fritura e qual o momento mais adequado para realização deste descarte.
- Avaliar se existe uma determinação físico-química mais adequada para ser utilizada pela indústria para a pré-fritura contínua de produtos cárneos empanados.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 PROCESSO DE FRITURA

A fritura é um método culinário comum e popular largamente utilizado na preparação de alimentos (RAMÍREZ; CAVA, 2005). Consiste simplesmente na imersão do alimento em óleo quente, sendo considerada a operação unitária mais antiga utilizada na preparação de alimentos (SÁNCHEZ-GIMENO et al., 2008). No entanto, esta técnica culinária que parece tão simples, é um processo extraordinariamente complexo, que envolve muitos fatores tais como: tipo de equipamento utilizado, temperatura e tempo de processo, volume e tipo de óleo empregado para a fritura e tipo de alimento a ser frito (CORSINI; JORGE, 2006).

Basicamente, a fritura é um processo de desidratação com três características distintas: alta temperatura do óleo que possibilita rápida transferência de calor em curto período de tempo, temperatura do produto que não excede a 100°C (exceto para superfície do alimento) e a mínima lixiviação de compostos solúveis em água lixiviados (SAGUY; DANA, 2003).

O objetivo da fritura é selar o alimento pela imersão do mesmo em óleo quente, que possibilita a retenção de aromas e sucos dentro do produto (MOYANO; RÍOSECO; GONZÁLEZ, 2002). Além disso, possui o propósito de rápido cozimento, formação de cobertura crocante, cor, sabor e textura inigualáveis (SAGUY; DANA, 2003).

A principal razão que leva o processo de fritura a ser usado é que durante o processo, o óleo se incorpora ao alimento para modificar positivamente suas propriedades nutricionais e sensoriais, sendo um meio de transferência de calor reutilizável, muito mais eficiente que o forneamento e muito mais rápido que o cozimento em água. Assim, as altas temperaturas que se utilizam produzem acelerada penetração de calor e rápida elaboração de alimentos, características desejáveis nos tempos modernos (CELLA; REGITANO-D'ARCE; SPOTO, 2002).

Durante a imersão de alimentos no meio de fritura, há dois distintos modos de transferência de calor: condução e convecção. A transferência de calor

por condução ocorre no alimento sólido, e por convecção ocorre entre o alimento e o óleo ao redor do mesmo. O modo convectivo de transferência de calor muda da convecção natural para a forçada devido à presença de considerável turbulência no óleo ao redor do alimento (SINGH, 1995).

No processo de fritura o calor é transferido para o alimento, que é rapidamente aquecido (DOBARGANES; MÁRQUES-RUIZ; VELASCO, 2000) e há conversão de água líquida a vapor quando esta é liberada do alimento. Logo, a água do alimento desempenha um papel importante no processo de fritura, uma vez que capta a energia térmica do óleo quente que rodeia o alimento, evitando que este se queime ou carbonize durante o processo de fritura por excessiva desidratação. Assim, mesmo que o óleo esteja a 180°C, a temperatura do alimento não excede muito a 100°C (MORETTO; FETT, 1998).

A transferência de massa durante a fritura consiste basicamente em perda de umidade e ganho de óleo (NGADI; LI; OLUKA, 2007). Os principais parâmetros que influenciam na perda de água e ganho de óleo são tempo e temperatura. A inter-relação de ambas variáveis na fritura é comum e maiores temperaturas em curtos períodos de tempo resultam em produtos de qualidade (DOBARGANES; MÁRQUEZ-RUIZ; VELASCO, 2000). Devido ao aquecimento ao redor do alimento há evaporação de água de sua superfície, criando um gradiente de difusão quando a água migra do interior do alimento para sua superfície, produzindo contínuo fluxo de vapor. A evaporação de água deixa espaços vazios para posterior entrada de gordura (ROSSI et al., 2009). Por esse motivo a absorção de óleo é muito dependente do teor de umidade inicial do alimento a ser frito (NGADI; LI; OLUKA, 2007).

O processo de fritura incorpora o óleo de processo aos lipídios totais do alimento tornando-o uma fonte mais concentrada de energia. Esse fato isolado é benéfico, considerando a qualidade sensorial do alimento, porém pode desencadear um maior consumo de calorias e, conseqüentemente, no aumento do peso corpóreo, que sob alguns aspectos pode ser indesejável (DEL RÉ; JORGE, 2007).

3.2 ÓLEOS VEGETAIS UTILIZADOS PARA FRITURA

O óleo é um dos componentes mais críticos no sistema de fritura (CORSINI; JORGE, 2006). O conteúdo de óleo absorvido pelo produto durante o processo de fritura tem sido o principal interesse para as indústrias de alimentos do ponto de vista econômico e para consumidores, que estão preocupados com os malefícios que o óleo pode causar à saúde (MOYANO; RÍOSECO; GONZÁLEZ, 2002).

O aumento do número de consumidores atentos para o impacto da gordura na saúde humana influencia na escolha do óleo de fritura (ROMERO; CUESTA; SÁNCHEZ-MUNIZ, 1998) e fatores tais como estabilidade, preço e valor nutritivo devem ser considerados (SANIBAL; MANCINI-FILHO, 2004).

Óleos brutos consistem em sua maior parte de triacilgliceróis, mas também contém compostos secundários tais como ácidos graxos livres, mono e diacilgliceróis, metais, fosfolipídios, peróxidos, clorofilas, carotenóides, compostos fenólicos e tocoferóis. Alguns deles aceleram a oxidação dos óleos e outros agem como antioxidantes (CHOE; MIN, 2006). Através do processo de refino, esses componentes secundários são removidos para a produção de óleos e gorduras refinados com cor, sabor e vida útil desejados (DAMODARAN; PARKIN; FENNEMA, 2010).

A estabilidade térmica dos óleos depende de sua estrutura química: óleos com ácidos graxos saturados são mais estáveis que óleos ricos em ácidos graxos insaturados (REDA; CARNEIRO, 2007). Quando o grau de insaturação é maior, a velocidade de formação e a quantidade de compostos primários da oxidação acumulados no final do período de indução também são maiores (CHOE; MIN, 2006). Isto é de grande interesse para as frituras industriais por causa da necessidade de manter boa qualidade do óleo por maior tempo possível devido à absorção de gordura pelo alimento durante o processo de fritura (ROMERO; CUESTA; SÁNCHEZ-MUNIZ, 1998).

O comprimento da cadeia de ácidos graxos de óleos e gorduras comestíveis varia entre 4 e 24 átomos de carbono. A tabela 1 mostra o tamanho das cadeias, o grau de saturação e insaturação para os ácidos graxos mais comuns identificados em óleos e gorduras comestíveis. Os ácidos graxos saturados mais

comuns são o láurico (C - 12:0), mirístico (C -14:0), palmítico (C -16:0) e esteárico (C -18:0). O ácido graxo monoinsaturado mais comum é o oleico (C -18:1) e os poliinsaturados são os linoléico (C - 18:2) e linolênico (C - 18:3) (O`BRIEN, 1998).

Tabela 1 – Principais ácidos graxos de óleos e gorduras comestíveis

Comprimento da Cadeia carbônica	Ácidos Graxos (dupla ligação)			
	Saturados	Mono insaturados	Di insaturados	Tri insaturados
C - 4	Butírico			
C - 6	Capróico			
C - 8	Caprílico			
C - 10	Cáprico			
C - 12	Láurico			
C - 14	Mirístico	Miristoléico		
C - 15	Pentadecanóico			
C - 16	Palmítico	Palmitoléico		
C - 18	Esteárico	Oléico	Linoléico	Linolênico

Fonte: O`Brien (1998).

Além da insaturação, a qualidade inicial do óleo resultante do processamento de refino (temperaturas, adição de agentes antiespumantes), assim como a presença de componentes menores e antioxidantes naturais, são fatores importantes na estabilidade do meio de fritura (JORGE et al., 2005).

À medida que o óleo vai se alterando na fritura, formam-se surfactantes que facilitam o contato entre o alimento e o óleo, aumentando a taxa de transferência de calor na superfície do alimento e originando uma penetração máxima de óleo, tornando o alimento gorduroso ao invés de uma penetração periférica com formação de uma crosta (JORGE; LUNARDI, 2005).

Uma vez que a velocidade da oxidação depende do número de duplas ligações presentes na molécula, seria de se esperar que os óleos vegetais exibissem maior suscetibilidade à deterioração que as gorduras animais. Porém, tendem a oxidar mais lentamente do que seria de esperar a partir da sua composição química, porque contem quantidades significativas de tocoferóis, os quais atuam como antioxidantes naturais (SILVA; BORGES; FERREIRA, 1999).

Óleos vegetais como os de girassol, canola, milho e, principalmente

soja, são utilizados no preparo de alimentos de consumo imediato, em processos de frituras descontínuas (JORGE et al., 2005). Na tabela 2, é apresentada a composição em ácidos graxos de alguns óleos vegetais.

Tabela 2 – Composição em ácidos graxos de óleos vegetais

Óleos	Ácido Graxo Saturado	Ácido Oléico	Ácido Linoléico	Ácido Linolênico
			26%	10%
GIRASSOL	11%	2%	69%	-
MILHO	13%	25%	61%	1%
OLIVA	14%	77%	8%	< 1%
SOJA	15%	24%	54%	7%
PALMA	51%	39%	10%	< 1%

Fonte: Moretto e Fett (1998).

A composição em ácidos graxos determina as propriedades físicas essenciais, como viscosidade, ponto de fusão, estabilidade térmica, permitindo prever o comportamento, a sua possível decomposição e o melhor método de manuseio (SANTOS; MACHADO; GONZALEZ, 2000).

3.3 ÓLEO DE PALMA

A palma (*Elaeis guineensis*) cresce em regiões tropicais da Ásia, África e América, predominantemente na Malásia e Indonésia. Para obtenção de boas produções, a árvore requer clima tropical úmido com chuva de aproximadamente 2000 mm ao longo do ano (GUNSTONE; PADLEY, 1997).

Segundo Moretto e Fett (1998), no começo do século XX, a palma oleaginosa foi introduzida na Malásia como uma planta ornamental e somente plantada comercialmente pela primeira vez em 1917, o que deu origem à indústria de óleo de palma da Malásia, plantada em larga escala.

As condições climáticas na Malásia incluem um clima tropical com

temperaturas que variam de 24 a 32° C, com períodos chuvosos bem distribuídos ao longo do ano, o que é ideal para o cultivo da palma. Nas estufas, as sementes de palma são cuidadosamente selecionadas e germinadas sob condições controladas (SANTOS; MACHADO; GONZALEZ, 2000).

A palma é de cultivo perene e começa a produzir frutos a partir de 3 anos depois de semeada, tendo ciclo produtivo entre 20 e 30 anos. Anualmente cada hectare de palma pode render até 5 toneladas de óleo, ou seja, 10 a 12 cachos de frutos, cada um pesando entre 20 a 30 kg e cada cacho produzindo de 1000 a 3000 frutos. Isto representa de 5 a 10 vezes mais que qualquer outro cultivo comercial de óleo vegetal (MORETTO; FETT, 1998).

Vários processos operacionais são utilizados para obtenção do produto acabado. A primeira etapa do processamento produz o óleo bruto, extraído do mesocarpo do fruto. Este, na sua segunda fase pode ser refinado e também fracionado, por processos de cristalização e separação simples dos quais são obtidas frações sólidas (estearina) e líquidas (oleína) (SANTOS; MACHADO; GONZALEZ, 2000).

O óleo de palma contém em média 40% de estearina e 60% de oleína. A oleína é um óleo com ótimas características para fritura, na cozinha doméstica e industrial. Resiste às altas temperaturas por períodos prolongados sem sofrer oxidação, que é responsável pela formação de peróxidos e odores desagradáveis. A estearina pode ser utilizada diretamente na fabricação de gorduras industriais para confecção de bolos e biscoitos, como matéria-prima de margarinas e sorvetes (MORETTO; FETT, 1998).

O óleo de palma refinado (fração oleína) apresenta-se na forma pastosa quando à temperatura ambiente, apresentando uma coloração esbranquiçada e quando líquido é um óleo de cor levemente amarelada. Tem sua maior utilização na área alimentícia, pois cerca de 80% da produção mundial é destinada a alguma aplicação em alimentos, tais como azeite de dendê para uso culinário, margarinas, frituras, sorvetes, bolachas, dentre outros (SANTOS; MACHADO; GONZALEZ, 2000).

A composição química do óleo de fritura e suas propriedades físicas e físico-químicas têm influência no processo de fritura (SÁNCHEZ-GIMENO et al., 2008). A tabela 3 mostra a composição em ácidos graxos do óleo de palma.

Tabela 3 – Composição em ácidos graxos do óleo de palma

Composição dos Ácidos Graxos	%
Láurico C - 12:0	0,1
Mirístico C - 14:0	1,0
Palmítico C - 16:0	44,3
Palmitoleico C - 16:1	0,15
Estearico C - 18:0	4,6
Oléico C - 18:1	38,7
Linoléico C - 18:2	10,5
Linolênico C - 18:3	0,3

Fonte: O'Brien (1998).

O óleo de palma possui maior estabilidade oxidativa em relação a outros óleos comercialmente disponíveis devido a sua composição em ácidos graxos. Possui quantidades quase iguais de ácidos graxos saturados (principalmente palmítico) e ácidos graxos insaturados, principalmente oléico, que é um ácido graxo monoinsaturado (GUSTONE; PLADLEY, 1997). Por possuir excelentes propriedades contra oxidação, tem sido aceito por consumidores como um óleo vegetal para alimentos saudáveis. Possui também um grande potencial para o aumento do consumo de óleo de palma em alimentos fritos (SAKATA; TAKAHASHI; SONEHARA, 1985).

3.4 ALTERAÇÕES DE ÓLEOS

O uso consagrado dos óleos vegetais entre a população levou à necessidade de avaliar melhor suas alterações, principalmente a sua estabilidade ao armazenamento e ao estresse térmico (REDA; CARNEIRO, 2007).

A avaliação do estado de oxidação de óleos e gorduras é uma determinação importante a nível industrial. Trata-se em primeiro lugar de um meio de controlar e garantir a qualidade das matérias-primas adquiridas, bem como um método de controle de qualidade dos produtos comercializados (SILVA; BORGES;

FERREIRA, 1999).

A oxidação lipídica é a causa de importantes mudanças deteriorativas em óleos e gorduras comestíveis, que afetam suas propriedades químicas, sensoriais e nutricionais (RAVELLI et al., 2009).

A concentração de oxigênio afeta a oxidação de óleos (CHOE; MIN, 2006) e este fato deveria ser considerado no desenho dos fritadores onde o fluxo de ar e turbulência do óleo precisam ser minimizados (SAGUY; DANA, 2003). Mais oxigênio é dissolvido no óleo quando a sua pressão parcial de oxigênio na superfície do óleo é alta. A solubilidade de oxigênio é maior em óleos do que em água e também em óleos brutos do que em óleos refinados (CHOE; MIN, 2006).

Durante o processo de fritura, óleos e gorduras estão expostos à ação de quatro agentes que causam mudanças drásticas em sua estrutura: umidade proveniente dos alimentos, que é a causa da alteração hidrolítica; o oxigênio atmosférico, que em contato com o óleo possibilita a alteração oxidativa; a elevada temperatura em que ocorre a operação, resultando em alteração térmica e contaminação do óleo pelos ingredientes do alimento (OSAWA; GONÇALVES; RAGAZZI, 2007).

O nível de alteração dos ácidos graxos depende de muitas variáveis, sendo importantes: temperatura, tempo, processo de aquecimento (descontínuo ou contínuo), reposição ou substituição por óleo novo (MACHADO; GARCIA; ABRANTES, 2008).

A concentração de oxigênio na oxidação de óleos tem mais efeito com o aumento da temperatura e em presença de luz e metais, tais como ferro ou cobre. Contudo a solubilidade do oxigênio é reduzida em temperaturas mais altas. O oxigênio é transportado dentro do óleo por difusão quando o óleo não é agitado, tais como durante a estocagem a baixa temperatura. A convecção é outra via para transporte de oxigênio quando o óleo é agitado, por exemplo, durante o processamento a alta temperatura (CHOE; MIN, 2006).

Há dois fatores que favorecem a manutenção da qualidade dos óleos e gorduras durante o processo de fritura. O primeiro é o vapor formado a partir da umidade do alimento que arrasta os subprodutos do processo de oxidação e o segundo é a reposição do óleo ou gordura durante o processo de fritura (BONACINA; QUEIROZ, 2007).

O ciclo de reposição do óleo afeta sua qualidade no processo de fritura diluindo os subprodutos do processo de oxidação. A absorção do óleo pelo alimento diminui o volume do meio de fritura, sendo necessário a sua reposição. Quanto mais curto for o período de reposição do óleo, melhor será a qualidade do óleo que está sendo utilizado (ABOT; BELEIA, 1995).

A rotação de estoque do óleo é definida como a razão entre a quantidade de óleo existente no fritador e a quantidade de óleo consumida por hora. Fritadores industriais são contínuos e a rotação de estoque recomendada é de menos de 8 horas. Porém, como os produtos fritos e fritadores são totalmente diferentes, a rotação poderá variar significativamente e alcançar 100 ou mais horas em equipamentos tais como os usados em restaurantes (SAGUY; DANA, 2003).

O tempo de aquecimento do óleo influencia na quantidade de compostos de degradação formados durante a fritura (BRONCANO et al., 2009). O sistema intermitente de aquecimento das frituras descontínuas é muito mais prejudicial para os óleos e gorduras que o sistema de aquecimento contínuo. Isso pode ser atribuído ao fato de que, em elevada temperatura as reações oxidativas ocorrem fundamentalmente na superfície em contato com o ar; enquanto durante o resfriamento ao diminuir a velocidade dessas reações e aumentar a solubilidade do ar, maior quantidade de hidroperóxidos e radicais livres são produzidos durante o posterior aquecimento (CORSINI; JORGE, 2006).

A oxidação de óleos comestíveis é influenciada pela energia absorvida, tais como luz ou calor, composição de ácidos graxos, tipos de oxigênio (atmosférico ou tripleto - $3O_2$ e singleto - $1O_2$), compostos tais como metais, pigmentos, fosfolipídios, ácidos graxos livres, mono e diacilgliceróis, compostos termicamente oxidados e antioxidantes. Muitos esforços têm sido realizados para melhorar a estabilidade oxidativa de óleos através de estudos sistemáticos nos efeitos desses fatores (CHOE; MIN, 2006).

O processo de oxidação pode ser acelerado pela presença de metais com mais de um estado de valência, tais como ferro e alumínio (FREITAS et al., 2009). Os hidroperóxidos na presença de metais são rapidamente decompostos a radicais alcoxila e formando aldeídos, cetonas, ácidos, ésteres, álcoois e hidrocarbonetos de cadeia curta. Os Óleos brutos contém metais tais como ferro e cobre. Os óleos produzidos sem o refino, como por exemplo, óleo de oliva extra virgem, contém relativamente alta quantidade de metais. Estes aumentam a velocidade

de oxidação devido à redução da energia de ativação da fase de iniciação da autooxidação (CHOE; MIN, 2006).

Os componentes menores presentes no alimento e lixiviados para o óleo de fritura podem facilmente modificar o desempenho e qualidade do óleo. Os alimentos que são empanados ou cobertos com líquido de empanamento chamado de “batter” podem contribuir com partículas da superfície de cobertura para o óleo, resultando em queima das mesmas e aumento da degradação do óleo (DOBARGANES; MÁRQUEZ-RUIZ; VELASCO, 2000).

O nível de alteração depende sobretudo das características dos alimentos, da absorção de ar e da temperatura utilizada e, como consequência, a degradação será tanto maior quanto mais prolongado for o período de utilização do óleo ou gordura e quanto maior sua insaturação (DEL RÉ; JORGE, 2006).

As características de qualidade de óleos e gorduras ou matérias-primas que as contém, sempre estão relacionadas como fenômeno da rancidez, que é sem dúvida nenhuma o fenômeno deteriorativo mais importante neste tipo de produto. A aceitação dos alimentos que contém lipídios rancificados ou que neles foram processados é prejudicada. Além desses problemas, devem ser consideradas as possibilidades de efeitos tóxicos causados pela ingestão contínua e prolongada de produtos rancificados. A redução do valor nutritivo é outra consequência da rancidez, já que há oxidação das proteínas pelos peróxidos, alterando sua textura e funcionalidade (MORETTO; FETT, 1998).

3.5 MÉTODOS UTILIZADOS PARA AVALIAÇÃO DE ÓLEOS

A correta identificação do ponto de descarte de óleos de fritura é economicamente importante porque implica em maiores custos na preparação de alimentos devido ao descarte antecipado ou a perda de qualidade de alimentos fritos quando ocorre descarte depois do ponto final desejável (RAVELLI et al., 2009).

Não há uma única maneira de definir quando descartar um óleo de fritura. Vários alimentos são fritos em diferentes tipos de óleo, em diversos tipos de fritadeiras e sob condições diferentes de operação, que determinam velocidades de degradação maior ou menor (CELLA; REGITANO-D'ARCE; SPOTO, 2002). A

combinação de todas as variáveis é que determina a taxa em que as reações de degradação ocorrem, portanto, um método específico pode ser bom para avaliar um determinado sistema e não ser aplicável para outro (DEL RÉ; JORGE, 2006).

A determinação de compostos polares totais tem sido relatada por vários autores como um dos melhores métodos para determinação do estado de alteração do óleo de fritura (CELLA; REGITANO-D'ARCE; SPOTO, 2002). Entende-se por compostos polares totais todos aqueles compostos que têm uma polaridade maior que os triacilgliceróis e que correspondem aos não voláteis (DEL RÉ; JORGE, 2006). Os produtos da degradação dos triacilglicerídios são constituídos de ácidos graxos livres, ácidos graxos oxidados, dímeros e polímeros resultantes de alterações oxidativas, térmicas e hidrolíticas do óleo de fritura (JORGE et al., 2005).

O objetivo da análise de compostos polares é separar a amostra de óleo em duas frações, uma fração não polar que contém o lipídio que permanece sem alteração e outra fração polar, onde se concentram compostos de degradação ou compostos polares (CORSINI; JORGE, 2006).

A constante dielétrica dos óleos é uma medida rápida e segura do grau de deterioração sofrida. À medida que ocorre a degradação, o número de moléculas polares aumenta e, conseqüentemente, o valor da constante dielétrica (ABOT; BELEIA, 1995).

Segundo Cella, Regitano-d'Arce e Spoto (2002), estudos com óleos aquecidos por longos períodos, sob temperaturas extremamente elevadas, demonstraram que os produtos resultantes contêm mais de 50% de compostos polares. Óleos com altos teores de compostos polares provocam severas irritações do trato gastrointestinal, diarreia, redução no crescimento e, em alguns casos, morte de animais em laboratório.

Os compostos polares são capazes de reduzir a tensão superficial da interface óleo-alimento. Quando o óleo é novo, a tensão superficial é muito alta porque o óleo é um material não aquoso e o alimento é principalmente aquoso. Basicamente as duas fases são imiscíveis, isso significa que o óleo circundante tem pequena possibilidade de aderir à superfície do alimento com a utilização contínua do óleo, a tensão superficial diminui (ROSSI et al., 2009).

O limite do teor de compostos polares para descartar um óleo de fritura aceito pela Espanha é de 25% (CELLA; REGITANO-D'ARCE; SPOTO, 2002), sendo que o conteúdo de compostos polares em um óleo novo sem aquecimento

deve oscilar entre 0,4 e 6,4% (CORSINI; JORGE, 2006).

O nível de ácidos graxos residuais livres não oxidados é estimado pela determinação do índice de acidez que é definido como o número de mg de hidróxido de sódio necessário para neutralizar um grama da amostra. É aplicável a óleos brutos e refinados, vegetais e animais, e gorduras animais. Os métodos que avaliam a acidez titulável resumem-se em titular, com soluções de álcali-padrão, a acidez do produto ou soluções aquosas/alcoólicas do produto (SANIBAL; MANCINI-FILHO, 2004). Denomina-se grau de acidez a porcentagem de ácidos graxos livres que contém um óleo, expressos como ácido oléico (KABORI; JORGE, 2005).

De acordo Choe; Min (2006), óleos refinados apresentam menor teor de ácidos graxos livres que óleos brutos. Ácidos graxos livres diminuem a tensão superficial de óleos comestíveis e aumentam a velocidade de difusão de oxigênio na superfície do óleo, acelerando a oxidação.

A velocidade de formação de ácidos graxos livres é influenciada por vários fatores, entre os quais, a temperatura de fritura, a quantidade de água liberada pelo alimento que está sendo frito, o número de vezes de aquecimento e resfriamento do óleo e a quantidade de partículas queimadas provenientes no alimento e acumuladas no recipiente. Além disso, a acidez livre encontrada no óleo não reflete apenas os ácidos graxos formados durante o processo de fritura, mas também aqueles inicialmente presentes no óleo antes do aquecimento e os compostos extraídos dos alimentos que estão sendo fritos (MALACRIDA; JORGE, 2006).

Segundo a legislação dos Estados Unidos, o mais exigente dos países quanto à qualidade do óleo de fritura, o valor máximo para o índice de acidez é de 1% (CORSINI; JORGE, 2006). Alguns países como Bélgica, Chile e França permitem utilização em frituras de óleos vegetais com no máximo 2% de ácido linolênico em sua constituição (MALACRIDA; JORGE, 2006).

O índice de refração é característico para cada tipo de óleo e está relacionado ao grau de insaturação das ligações, compostos de oxidação e tratamento térmico. Este índice aumenta com o número de duplas ligações, ligações conjugadas e comprimento da cadeia de hidrocarbonetos. Embora ocorra diminuição no teor de ácidos graxos poliinsaturados em óleos vegetais submetidos à fritura, há formação de dienos conjugados e polímeros, os quais podem acarretar aumento no índice de refração ao longo do processo (JORGE et al., 2005).

A oxidação dos ácidos graxos poliinsaturados ocorre com formação de hidroperóxidos e deslocamento das duplas ligações, com conseqüente formação de dienos conjugados (CORSINI; JORGE, 2006). Valores crescente de absorvidade na faixa do UV refletem a presença de duplas ligações conjugadas na estrutura molecular do óleo (BAIXAULI et al., 2002). Produtos da oxidação dos óleos possuem um espectro UV característico: o hidroperóxido do ácido linoléico e os dienos conjugados que resultam da sua formação apresentam um pico máximo de absorção a 232 nm. Os produtos de oxidação secundários e particularmente, dicetonas etilênicas, possuem absorção máxima perto de 268nm (OSAWA; GONÇALVES; RAGAZZI, 2007).

A reologia é uma análise simples e muito aplicada para determinar o comportamento de soluções, suspensões e misturas. O parâmetro fundamental obtido no estudo reológico de alimentos líquidos é a viscosidade (SANTOS; SANTOS; SOUZA, 2005), termo comumente conhecido que descreve as propriedades de escoamento de um fluido, ou seja, o atrito das camadas internas dentro do fluido que impõe resistência a fluir (SANIBAL; MANCINI-FILHO, 2004).

A viscosidade de óleos vegetais comestíveis diminui com o aumento da temperatura, devido aos movimentos térmicos entre as moléculas que reduz as forças intermoleculares tornando o fluxo intermolecular mais fácil e diminuindo a viscosidade (SANTOS; SANTOS; SOUZA, 2005). Durante o processo de fritura, a viscosidade de óleos vegetais aumenta com o tempo de fritura (MORETTO; FETT, 1998).

Estudos de mudanças de cor são baseados em testes rápidos que requerem uma pequena quantidade de amostra e os resultados podem ser considerados como índice de qualidade de óleos. Este tipo de teste pode ser aplicado quantitativamente para indústrias que utilizam óleo de fritura em seus processos e qualitativamente por donos de restaurantes, já que o escurecimento implica em algum grau de degradação, ainda que a cor escura do óleo possa não afetar a cor final do produto frito (BAIXAULI et al., 2002).

Embora as principais reações que contribuem para a cor dourada de produtos fritos sejam consideradas resultados de reações proteína-carboidrato ou reação de Maillard, lipídios podem também ter papel no escurecimento não enzimático. Reações de produtos da oxidação lipídica com aminas, aminoácidos e proteínas, têm sido relacionados particularmente ao escurecimento observado em

muitos alimentos durante o processamento e estocagem (DOBARGANES; MÁRQUEZ-RUIZ; VELASCO, 2000).

A temperatura do óleo e a espessura da amostra são parâmetros do processo que afetam significativamente a cor do produto durante o processo de fritura. O fenômeno de mudança de cor torna-se mais intenso a temperaturas maiores e com amostras de menores espessuras (NGADI; LI; OLUKA, 2007).

3.6 PROCESSO DE FABRICAÇÃO DE EMPANADOS CÁRNEOS DE FRANGO – TIPO “SNACKS”

Na elaboração de empanados geralmente se realiza o processo de trituração do músculo para que ocorra a redução do tamanho das partículas de carne de modo a aumentar a área de contato para a extração protéica. Essa fase é fundamental no processo, pois a extração de proteína faz com que estas se liguem à água, favorecendo a emulsão e melhorando a textura do produto final (BONACINA; QUEIROZ, 2007).

No momento de formatar os empanados é necessário que a temperatura da massa esteja entre 2°C a 4°C, pois caso contrário a massa se torna mole e não adquire a forma desejada. Outro fator importante é a umidade da superfície do produto, pois caso esta seja excessiva, haverá problema de adesão do líquido de empanamento (FIZMAN; SALVADOR, 2003).

A etapa seguinte é o empanamento que pressupõe três operações básicas: o pré-enfarinhamento (“pre-dust”), a aplicação do “batter” (líquido de empanamento) e o “breading” (enfarinhamento). O pré enfarinhamento tem como função promover a ligação entre o substrato e o “batter”, além de absorver a umidade da superfície do substrato, pois se o “batter” for aplicado a superfícies muito úmidas, pode deslizar, deixando algumas áreas descobertas. O “pre-dust” pode também ser utilizado como veículo de adição de sabor, além de melhorar as características de textura do produto (JEMURA; LUZ, 2003).

O líquido de empanamento é usado para promover a aderência da farinha de cobertura, impactando no sabor e contribuindo para textura (FREITAS et al., 2005). É uma mistura composta de água e ingredientes secos. A composição do líquido de empanamento influencia tanto na qualidade sensorial (cor, maciez e

crocância), quanto na espessura da cobertura, que interessa aos fabricantes por razões econômicas. A viscosidade do “batter” é um dos fatores mais importantes para a obtenção de um produto com boa aparência e textura (BONACINA; QUEIROZ, 2007).

As condições do “Batter” e “breeding” podem influenciar na absorção de óleo. A camada de “batter” aparentemente funciona para reduzir a perda de água durante a fritura diminuindo a absorção de óleo (PINTHUS; WEINBERG; SAGUY, 1993).

O enfarinhamento é um processo que consiste na cobertura final e é responsável pela aparência e crocância do produto. Esta cobertura é formada por farinhas como a de rosca, milho ou outro cereal (FREITAS et al., 2005), obtida a partir de cereais processados termicamente e apresenta como características consideradas importantes a granulometria, textura, densidade, umidade, potencial de absorção de umidade e óleo, velocidade de escurecimento, cor e sabor. As farinhas que apresentam partículas de granulometria mais grosseiras promovem um impacto visual maior, porém podem desprender-se durante o transporte ou manipulação. Por outro lado, farinhas com granulometria muito fina apesar de promover cobertura uniforme, absorvem água muito rapidamente, ocasionando rápido aumento de viscosidade de cobertura, resultando em cobertura seca e rígida, depreciando sua aparência geral (UEMURA; LUZ, 2003).

O processo de pré-fritura tem como objetivo realizar o cozimento parcial do produto, pela sua imersão em óleo quente, além de preservar a forma do produto, assegurar a aderência da farinha de cobertura e proporcionar a textura típica crocante (CELLA; REGITANO-D'ARCE; SPOTO, 2002). Durante o processo de fritura, as características físicas, químicas e sensoriais são modificadas (MOYANO; RÍOSECO; GONZÁLEZ, 2002), há formação de poros devido à evaporação da água, o que permite a penetração do óleo dentro desses espaços vazios criados. A maior parte do óleo é absorvida nos primeiros 20 segundos de fritura (SAGUY; DANA, 2003).

Após o processo de pré-fritura, os produtos são assados, congelados e embalados. O congelamento é realizado em túneis de congelamento à temperatura média de 35°C, onde a redução de temperatura transforma a água em cristais de gelo. Este processo promove a conservação do alimento. Convencionalmente utiliza-se embalagem plástica contendo de 8 a 12 unidades para

aciononar o produto. Essa embalagem é seguida por uma proteão de papel, que se destina à formação de barreira à luz (FREITAS et al., 2005).

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 MATERIAL

Para a pré-fritura contínua foi utilizado o óleo de palma fornecido por uma empresa brasileira.

Os produtos cárneos empanados foram os alimentos pré-fritos no processo contínuo utilizando como meio de fritura o óleo de palma.

4.2 MÉTODOS

4.2.1 Processo de Pré-Fritura

O processo de pré-fritura contínua foi conduzido em um fritador industrial com capacidade de 1200 litros (Figura 1). Durante o processo de pré-fritura foram controladas as seguintes condições: temperatura do óleo de palma ($190^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$), tempo de pré-fritura (24 segundos), nível de óleo dentro do fritador e reposição de óleo.

No início da produção, o fritador foi abastecido e a reposição ocorreu de 15 em 15 minutos (aproximadamente 75 litros de óleo). A cada 24 horas, todo o óleo da fritadeira (mínimo 1125 litros) retornou para o tanque reservatório que possui capacidade de armazenamento de 6000 litros de óleo com auxílio de uma bomba para que o equipamento fosse higienizado, ocorrendo mistura de óleo utilizado com óleo fresco ou limpo do tanque. Para manutenção do nível de óleo dentro do tanque reservatório interno, utilizou-se uma bóia niveladora. À medida que o óleo vai sendo consumido e o nível de óleo vai abaixando, óleo é transferido automaticamente dos tanques reservatórios externos (capacidade de armazenamento de 30.000 litros). Desta forma, consegue-se manter o volume de óleo de 6000 litros no tanque interno.

Mensalmente o tanque reservatório de óleo foi esvaziado por

completo para que fosse realizada higienização do mesmo. Após esta higienização, a produção iniciou com óleo completamente limpo e não uma mistura de óleo utilizado e óleo limpo como ocorreu nos demais dias de produção.



Figura 1 – Fritador industrial com capacidade de 1200 litros.

4.2.2 Processo de Fabricação de Empanados

A figura 2 ilustra o fluxograma básico de fabricação de produtos cárneos empanados utilizados na elaboração deste trabalho.

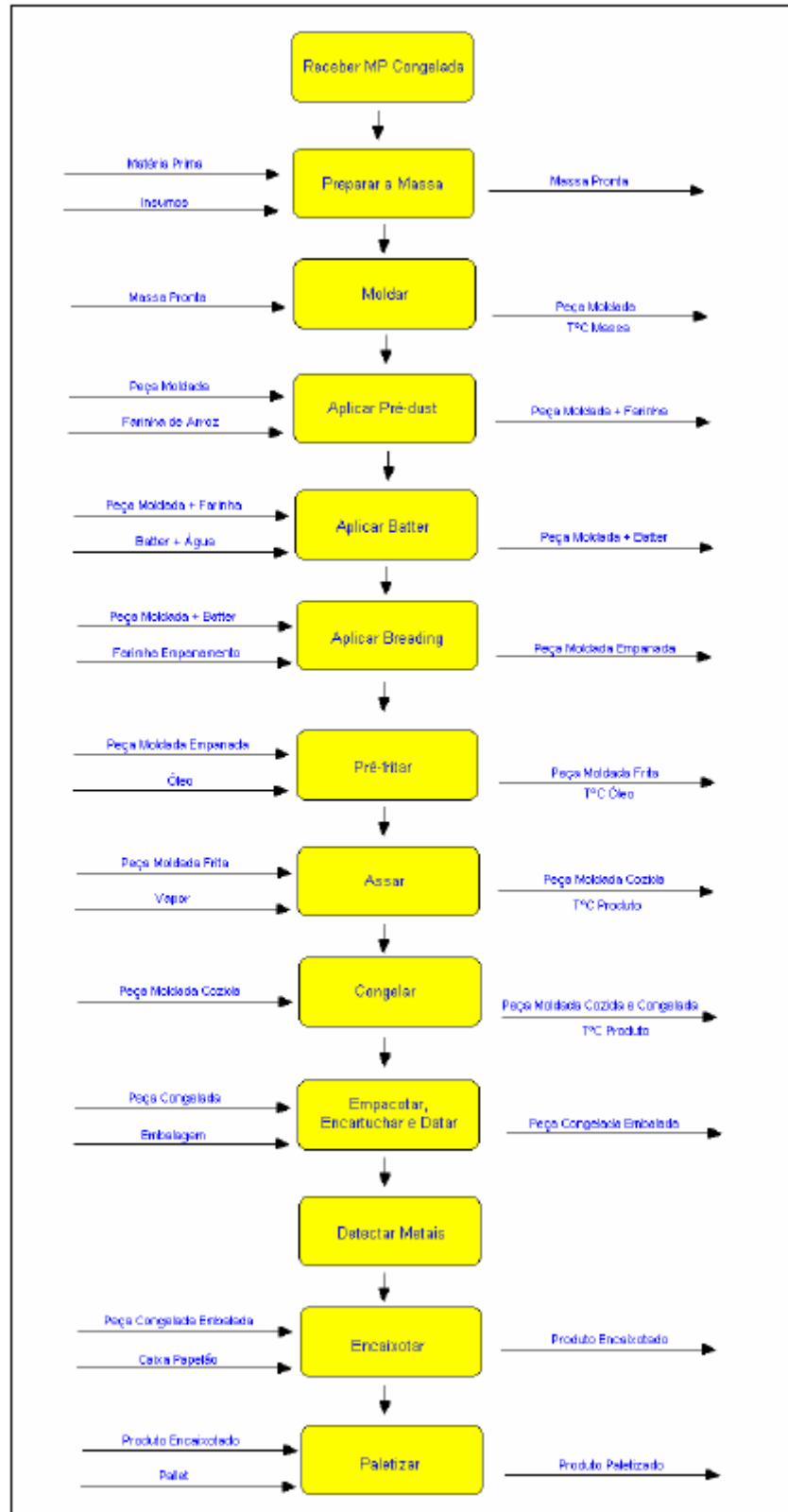


Figura 2 – Fluxograma de produção de empanados

4.2.3 Compostos Polares

A medida de compostos polares (em porcentagem) foi realizada por um método rápido utilizando um equipamento denominado analisador de óleos, modelo 265 da marca Testo. Este instrumento baseia-se em medidas de constante dielétrica e possibilita leituras entre 40°C e 210°C havendo uma interpretação que corresponde a toda variação de temperatura. O limite máximo de sensibilidade do equipamento é de 24% de compostos polares.

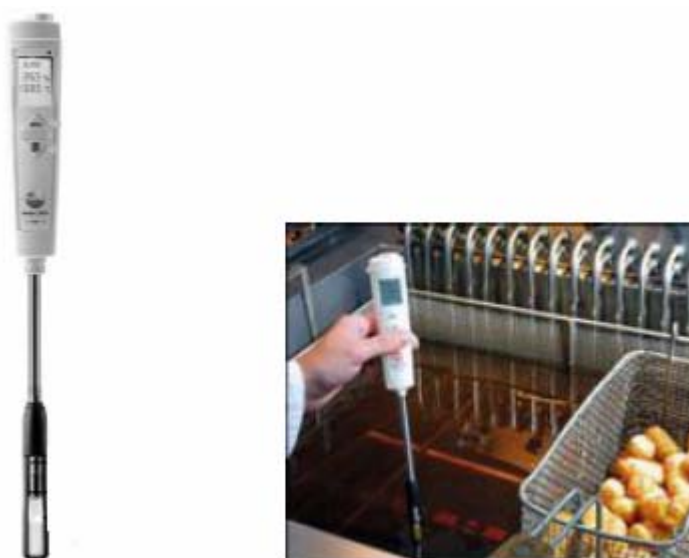


Figura 3 – Medidor de Compostos Polares Testo 265 (a) e imersão do medidor de compostos polares Testo 265 no óleo de fritura (b).

Para realização da leitura dos compostos polares, o instrumento foi imerso no óleo amostrado na temperatura de aproximadamente 60°C, respeitando a limite de profundidade mínima e máxima de imersão do sensor de leitura. O resultado foi expresso em porcentagem de compostos polares e foi visualizado diretamente no visor do equipamento, bem como a temperatura do óleo em que a leitura foi obtida.

4.2.4 Índice de Acidez

A determinação de índice de acidez foi realizada mediante o método AOCS Ca 5a – 40 (AOCS, 1983).

Com auxílio de uma balança analítica, $28,2 \pm 0,2$ gramas de óleo foram pesados em um erlenmeyer de 250 mL. Foi adicionado 50 mL de solução de álcool neutro e duas gotas do indicador fenolftaleína. Essa solução foi titulada com solução de hidróxido de sódio 0,1 M agitando o frasco vigorosamente até o aparecimento da coloração rósea e sua persistência por 30 segundos. O volume de hidróxido de sódio gasto na titulação foi anotado e o índice de acidez foi calculado através da seguinte fórmula:

$$\% \text{ ácidos graxos livres} = \frac{V \times M \times fc \times \text{Peso Molecular ácido oléico}}{P}$$

V = volume gasto do titulante

M = molaridade do titulante

fc = fator de correção do titulante

P = peso da amostra (gramas)

4.2.5 Índice de Refração

A determinação de índice de refração foi realizada mediante o método AOCS Cc 7-25 (AOCS, 1993) utilizando refratômetro de Abbé.

A amostra foi fundida em banho-maria a 40°C e logo em seguida filtrada para remoção de quaisquer impurezas. Os prismas do equipamento foram limpos com auxílio de algodão e duas gotas de óleo foram colocadas no prisma inferior com auxílio de uma pipeta. Os prismas foram fechados e travados e a leitura do índice de refração foi realizada em triplicata.

4.2.6 Absortividade a 232 nm e 268 nm

A análise de absortividade a 232nm e 268nm foi realizada pela medida espectrofotométrica de uma solução da amostra numa diluição que permite leitura entre 0,2 e 0,8 num solvente opticamente transparente, segundo o método 2.505 da IUPAC, 1987. Foi utilizado um espectrofotômetro Cintra 20. A solução da amostra foi preparada a partir da pesagem de 1 gota de óleo em balão volumétrico de 50 mL e diluição com iso-octano até completar o volume.

O resultado de cada medição a 232 nm e 268 nm realizada em triplicata foi expresso em:

$$E^{1\%}_{1\text{cm}}(\lambda) = \frac{A_{\lambda}}{c \times d}$$

A_{λ} = absorvância no λ especificado

c = concentração em g / 100 mL

d = espessura da cubeta de quartzo

4.2.7 Viscosidade

A viscosidade foi determinada na velocidade de 20 rpm utilizando um viscosímetro da marca Brookfield LVDV-I Prime e um spindle S18. A temperatura do óleo foi aferida antes das análises e com auxílio de uma banho termostático, foi garantida a temperatura de 50°C no momento das análises.

Com auxílio de uma pipeta, 7 mL de óleo a 50°C foram adicionados ao adaptador para pequenas amostras e a viscosidade, bem como o torque, foram medidos em triplicata.

4.2.8 Cor

A determinação do valor da cor foi realizada com colorímetro Konica Minolta Chroma Meter – CR 400. Os resultados foram expressos conforme o sistema CIELAB com referência ao iluminante D65 e ângulo de observador de 10°. Foi utilizado um adaptador com diâmetro de 4cm para garantir a remoção total do óleo entre as análises. Foi realizada uma demarcação do recipiente de forma a utilizar a mesma quantidade de amostra em todas determinações. Além disso a temperatura do óleo foi aferida antes das análises e com auxílio de uma banho termostático, foi garantida a temperatura de 50°C no momento das análises. Os componentes L* (luminosidade), a* (vermelho-verde) e b* (amarelo-azul) foram medidos em triplicata.

4.2.9 Amostragem

O plano de amostragem do experimento está apresentado na tabela 4 e os tempos de coleta realizada a cada hora e tempo de reposição de óleo estão apresentados na tabela 5.

Tabela 4 – Plano de amostragem do experimento

Dia de coleta	Nº de Amostras	Turno de coleta	Análises físico –químicas*
1º	21	1º, 2º e 3º	IA, IR, CP, visco 20 rpm, L*, a*, b*, A232 nm e A268nm
2º	7	2º	IA, IR, CP, visco 20 rpm, L*, a*, b*
3º	7	2º	IA, IR, CP, visco 20 rpm, L*, a*, b*
4º	7	2º	IA, IR, CP, visco 20 rpm, L*, a*, b*
5º	7	2º	IA, IR, CP, visco 20 rpm, L*, a*, b*
6º	7	2º	IA, IR, CP, visco 20 rpm, L*, a*, b*, A232 nm e A268nm
7º	21	1º, 2º e 3º	IA, IR, CP, visco 20 rpm, L*, a*, b*
8º	7	2º	IA, IR, CP, visco 20 rpm, L*, a*, b*
9º	7	2º	IA, IR, CP, visco 20 rpm, L*, a*, b*
10º	7	2º	IA, IR, CP, visco 20 rpm, L*, a*, b*
11º	7	2º	IA, IR, CP, visco 20 rpm, L*, a*, b*
12º	7	2º	IA, IR, CP, visco 20 rpm, L*, a*, b*, A232 nm e A268nm
13º	21	1º, 2º e 3º	IA, IR, CP, visco 20 rpm, L*, a*, b*
14º	7	2º	IA, IR, CP, visco 20 rpm, L*, a*, b*
15º	7	2º	IA, IR, CP, visco 20 rpm, L*, a*, b*
16º	7	2º	IA, IR, CP, visco 20 rpm, L*, a*, b*
17º	7	2º	IA, IR, CP, visco 20 rpm, L*, a*, b*
18º	7	2º	IA, IR, CP, visco 20 rpm, L*, a*, b*, A232 nm e A268nm
19º	21	1º, 2º e 3º	IA, IR, CP, visco 20 rpm, L*, a*, b*
20º	7	2º	IA, IR, CP, visco 20 rpm, L*, a*, b*
21º	7	2º	IA, IR, CP, visco 20 rpm, L*, a*, b*
22º	7	2º	IA, IR, CP, visco 20 rpm, L*, a*, b*
23º	7	2º	IA, IR, CP, visco 20 rpm, L*, a*, b*
24º	21	2º	IA, IR, CP, visco 20 rpm, L*, a*, b*, A232 nm e A268nm

* IA = índice de acidez, IR = índice de refração, CP = compostos polares, visco 20 rpm = viscosidade a 20 rpm, A232nm e A268nm = absorvidade no comprimento de onda de 232 nm e 268 nm respectivamente.

Tabela 5 – Tempos de coleta das 7 amostras coletadas por hora e reposição de óleo

Tempo de coleta (min)	Reposições de óleo
Início	Entre os tempos início, 5, 10 e 15 minutos não houve reposição de óleo.
5	
10	
15	
30	Após a coleta de 15 minutos, houve reposição de óleo.
45	Após a coleta de 30 minutos, houve reposição de óleo.
60	Após a coleta de 45 minutos, houve reposição de óleo.

A fábrica de empanados opera de segunda a sábado em três turnos de produção, sendo que diariamente ao final do terceiro turno, todos os equipamentos são higienizados para o reinício das atividades.

Para a coleta das amostras de óleo, foi utilizada uma concha de aço inox e a homogeneidade do óleo foi garantida através de um raspador que ficava em constante movimento dentro do fritador.

O primeiro dia de coleta de amostras foi realizado após a higienização do tanque reservatório de óleo. O processo iniciou com óleo novo ou limpo e toda reposição nas primeiras 24 horas foi feita com óleo novo. Nos demais dias de amostragem, o óleo retornava ao tanque reserva para a higienização da fritadeira e a fritura continuava com a mistura de óleo novo e usado do tanque reservatório. Desta forma, foi possível avaliar o comportamento do óleo durante todo seu período de utilização que compreendeu 28 dias, exceto aos domingos.

No início de cada semana a coleta foi realizada nos três turnos, sendo coletado 7 amostras na primeira hora de produção de cada turno, totalizando 21 amostras em triplicata (perfazendo um total de 63 amostras). Nos demais dias de produção a coleta foi realizada no início do segundo turno que coincide com metade das horas trabalhadas do dia, nestes dias foram coletadas 7 amostras durante 1 hora de produção.

A coleta de amostra foi realizada de acordo com a necessidade de reposição de óleo, ou seja, de 15 em 15 minutos antes da reposição de óleo, sendo que nos primeiros 15 minutos foram coletadas quatro amostras de 5 em 5 minutos sem haver reposição de óleo. As outras três amostras foram coletas de 15 em 15

minutos antes da reposição de óleo, totalizando 7 amostras coletadas em 1 hora de produção.

No último dia de coleta, produção antecedente ao dia da higienização do tanque, também foi realizada coleta na primeira hora dos três turnos de produção totalizando 21 amostras. Ao final de todo experimento, foram coletadas 238 amostras.

As análises de absorvitividade a 232nm e 268nm foram realizadas em 7 amostras de um único dia de produção por semana, totalizando 35 amostras em todo experimento. As demais análises foram realizadas em todas as amostras do experimento.

As amostras de óleo (200 mL) foram acondicionadas em vidro âmbar, adicionadas de gás nitrogênio e em seguida foram armazenadas à temperatura de aproximadamente -5°C , para evitar posteriores alterações oxidativas. As amostras foram descongeladas apenas no momento das análises, as quais foram realizadas em triplicata.

4.2.10 Análise Estatística

Para a interpretação dos resultados foi aplicada análise de componentes principais, utilizando-se os procedimentos Multivariate Exploratory Techniques – Principal Components & Classification Analysis programa computacional Statistica 7.0 e o teste de média Tukey pelo programa SAS 9.0 (SAS, 1998). O esquema de tratamento foi parcela subdivida, sendo o tratamento principal as amostras e o secundário o tempo de coleta. Os dados foram tratados pela análise de variância e teste de média Tukey a nível de significância de 5%.

Os resultados analisados por esta técnica compreenderam as amostras coletadas no início de cada semana e último dia do experimento nos três turnos de produção.

4.2.11 Cinética

Para o estudo da cinética de oxidação lipídica, os parâmetros de índice de acidez, índice de refração, compostos polares, viscosidade, L^* , a^* , b^* e absorvidade a 232 nm e 268nm foram modelados através da equação cinética de 1º ordem. Os dados utilizados para este estudo compreenderam os resultados médios de todos os dias de coleta, sendo que os dias em que a amostragem foi realizada em turnos, estes foram considerados realizando média dos resultados por turno, tendo três resultados de um mesmo dia de produção.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 ÓLEO DE PALMA

Os resultados médios referentes às análises físico-químicas das amostras do óleo de palma são apresentados na tabela 6.

Tabela 6 – Características químicas do óleo de palma refinado*.

Parâmetros	Resultados
Índice de acidez (% em ácido oleico)	0,18 ± 0,00
Índice de refração	1,4600 ± 0,00
Compostos polares (%)	6,0 ± 0,58
Viscosidade 20 rpm (cp)	56,9 ± 0,12
L*	42,29 ± 0,11
a*	-1,55 ± 0,06
b*	13,35 ± 0,08
A _{232 nm}	2,88 ± 0,02
A _{268 nm}	0,79 ± 0,00

*Média de três determinações ± desvio padrão.

Há uma natural variação na composição e características de óleos refinados. Durante o refino, as variações no óleo bruto frequentemente conduzem a processos e produtos com variação de qualidade (PERKINS; ERICKSON, 1996).

Idris, Abdullah e Halim (1992) trabalhando com avaliação da qualidade do óleo de palma verificou uma fonte de variação na composição do óleo devido a diferentes tempos e temperaturas de estocagem do óleo. Estes autores encontraram valores de índice de acidez entre 0,06 e 0,58% para óleo de palma refinado em tempos de estocagem que variaram de 4 dias a 60 meses nas temperaturas de 10, 15 e 23°C, sendo que todos os valores acima citados são referentes ao óleo sem uso.

Os resultados encontrados neste trabalho estão coerentes com os relatados na literatura. Segundo Corsini e Jorge (2006) o óleo de palma sem uso possui 5,32% de compostos polares e 0,28 de dienos conjugados. Para Bhattacharya et al. (2008) os valores do óleo de palma sem uso são de 0,05% de acidez, 0,04 de dienos conjugados a 232 nm, 78,13 cp de viscosidade a 30°C e 5,41% de compostos polares. Corsini et al. (2008) encontraram 5,32% de compostos polares e Machado, Garcia e Abrantes (2008), 0,08% de acidez em ácido oléico no óleo de palma sem uso.

Num estudo realizado em óleo de palma duplamente fracionado por Rossi et al. (2009) foi encontrado 0,09% de índice de acidez para o óleo sem uso e Gil, Cho e Yoon (2004), encontraram 1,4554 de índice de refração a 20°C, 0,01% de acidez e menos que 8% de compostos polares.

A oleína de palma sem uso apresentou valores de 0,12% de ácidos graxos, 5,52% de compostos polares e 73,5 cp de viscosidade num estudo realizado por Che Man e Wan Russin (1998), porém os autores não citam em que temperatura a medida de viscosidade foi realizada.

Valores de 0,057% de índice de acidez (% oléico), 6,0% de compostos polares, 4,187 e 1,473 de absorvidade a 232 nm e 270 nm respectivamente foram encontrados no óleo de soja sem uso num estudo realizado por Cella, Regitano-D`Arce e Spoto (2002).

Numa pesquisa realizada por Bastida e Sanches-Muniz (2001) foi observado que o óleo de oliva novo apresentou valores de 3,4 e 0,3% para compostos polares e índice de acidez, respectivamente.

Os resultados das análises demonstraram que o óleo utilizado neste trabalho estava adequado para ser utilizado em frituras, pois o parâmetro de acidez avaliado estava dentro do limite máximo estabelecido pela legislação brasileira de 4,0 mg de KOH/g de óleos e gorduras refinados (exceto azeite de oliva refinado e óleo de bagaço de oliva refinado) (BRASIL, 2005).

5.2 ANÁLISE MULTIVARIADA DO ÓLEO DE PALMA SUBMETIDO AO PROCESSO DE PRÉ-FRITURA DE PRODUTOS CÁRNEOS EMPANADOS DE FRANGO – “TIPO SNACKS”

Os dados utilizados para a análise dos componentes principais (ACP) representam o primeiro dia de coleta de cada semana nos três turnos de produção, contemplando a primeira e última amostragem realizada. Os resultados das análises físico-químicas do óleo de palma utilizado durante a fritura de empanados estão representados pelos gráficos de análise dos componentes principais (ACP) (Figura 4).

A figura 4a mostra as projeções das análises físico-químicas sobre os componentes principais (CP1 X CP2), enquanto que a figura 4b mostra a alocação das amostras de óleo para os mesmos planos.

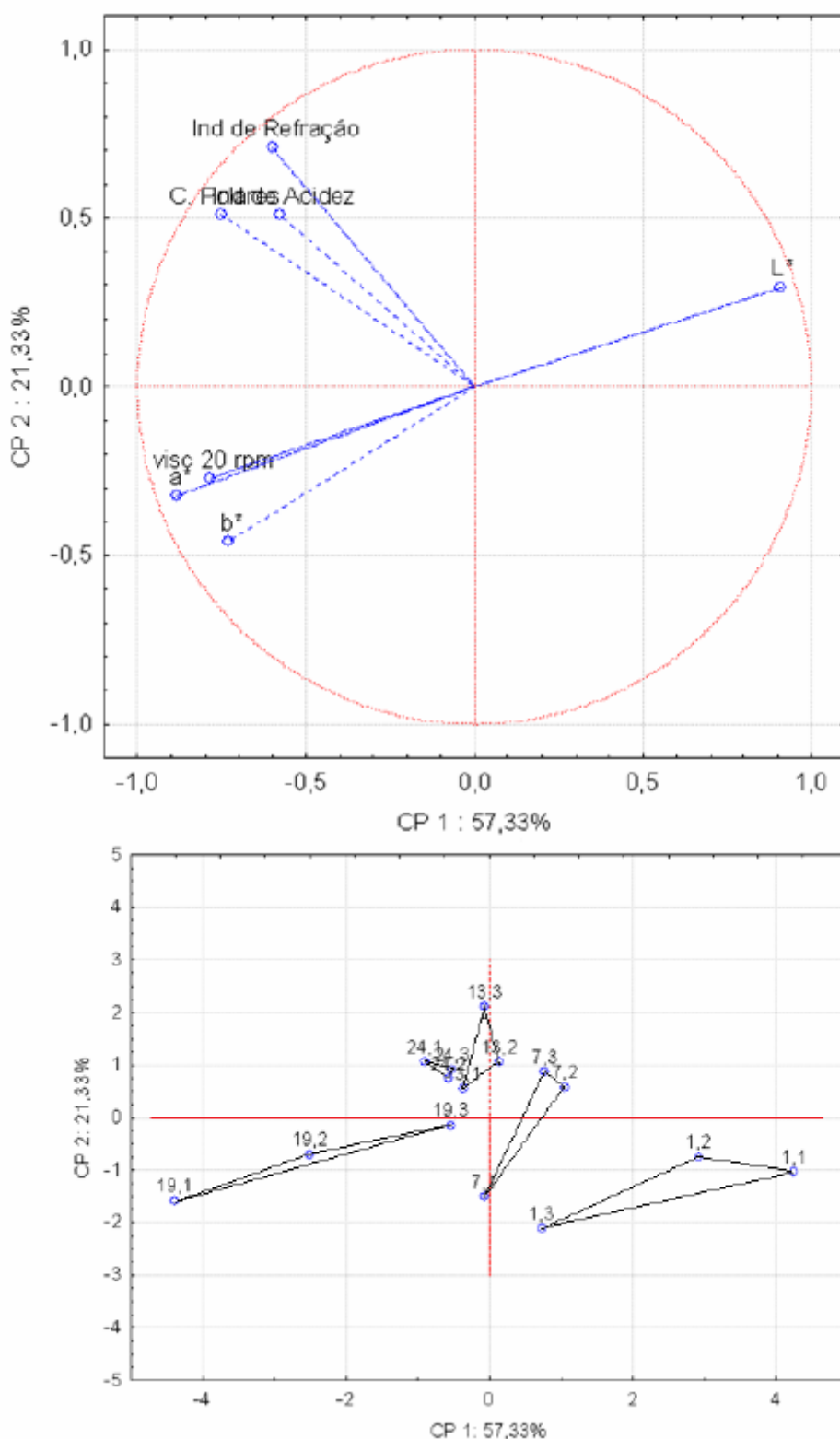


Figura 4 – Projeções das análises físico-químicas (a) e amostras semanais (por turno) de óleo (b) sobre o plano fatorial (CP1X CP2)*.

*Amostras de óleo semanais e por turno: 1 (primeira semana / primeiro dia no 1°, 2° e 3° turno); 7 (segunda semana no 1°, 2° e 3° turno); 13 (terceira semana no 1°, 2° e 3°); 19 (quarta semana no 1°, 2° e 3° turno); 24 (último dia no 1°, 2° e 3° turno).

O primeiro componente principal (CP1) explicou 57,33 % da variabilidade total contida nas variáveis originais e o segundo (CP2) 21,33 %, cujos autovalores foram iguais ou superiores a 1, totalizando 78,66 % de explicação. Segundo Lawless e Heymann (1998) é recomendável seguir o critério de Kaiser para determinar o número de dimensões a serem consideradas. Este critério considera que componentes principais com autovalores superiores a 1 devem ser mantidos e interpretados. Já Rosenthal (1999) afirma que um resultado adequado é aquele em que no mínimo 70 a 80 % da variação entre as formulações sejam explicadas nos três primeiros componentes principais. Desta forma, neste trabalho foram utilizados os dois primeiros componentes principais, por estar de acordo com os autores mencionados.

Na ACP os descritores (análises físico-químicas) são representados por vetores (Figura 4a), sendo que os vetores que se apresentam longos, ao serem decompostos em um eixo de componente principal (CP), apresentam alta correlação com o eixo explicando a variabilidade entre as amostras de óleo naquele CP. Tais fatos podem ser confirmados pelos valores de correlações das análises com os eixos CP (Tabela 7) e indicam a importância ou o poder de cada análise em cada componente principal. Foram considerados valores superiores a 0,6 (em módulo) como importantes. As análises com correlação negativa localizam-se à esquerda e aquelas com correlação positiva estão à direita no eixo horizontal (CP1), ou mais abaixo (correlação negativa) e mais acima (correlação positiva) no eixo vertical (CP2) da figura.

Tabela 7 – Correlações das análises físico-químicas com os eixos dos componentes principais (CP)*

Análises	CP1	CP2
Índice de acidez	-0,579	0,508
Índice de refração	-0,601	0,706
Compostos polares (%)	-0,752	0,508
Viscosidade 20 rpm	-0,786	-0,272
L*	0,908	0,294
a*	-0,883	-0,323
b*	-0,729	-0,459

*valores em negrito correspondem à correlações superiores a 0,6 (em módulo)

No primeiro CP, em ordem decrescente de importância (contribuição discriminante) e com correlação negativa com eixo CP1 encontram-se as análises físico-químicas do parâmetro cor a*, viscosidade 20 rpm, compostos polares e cor b* com correlação positiva tem-se a luminosidade (L*). No segundo CP, o principal parâmetro foi o índice de refração com correlação positiva com o eixo.

Quando os vetores estão próximos um do outro indicam correlação positiva entre as análises, quando são ortogonais, possivelmente não há correlação linear entre as análises e quando estão num ângulo de 180° entre si indicam correlação negativa. Na figura 4a observa-se que os vetores L* e viscosidade 20 rpm estão num ângulo de 180° indicando que quanto menor o L* maior é a viscosidade.

Na Figura 4b, as primeiras amostras coletadas por semana e por turno do experimento estão representadas por um triângulo, onde cada vértice corresponde ao valor médio obtido em cada coleta. Assim, se os vértices estiverem próximos significa que houve repetibilidade da avaliação, como ocorreu principalmente com dados do último dia de produção (24.1, 24.2, 24.3).

O primeiro componente principal separou (discriminou) as amostras coletadas em diferentes semanas do experimento. As amostras à direita (1.1, 1.2, 1.3, 7.1, 7.2 e 7.3) foram coletadas na primeira e segunda semana do experimento, e as amostras à esquerda (13.1, 13.2, 13.3, 19.1, 19.2, 19.3, 24.1, 24.2 e 24.3) foram coletadas na terceira e quarta semana. As amostras 1.1, 1.2 e 1.3

correspondem às primeiras amostras coletadas no experimento (início da primeira semana) e as amostras 24.1, 24.2 e 24.3 correspondem às últimas coletas realizadas no experimento (final da quarta semana).

Na ACP quando as amostras (triângulos) estão próximas entre si (Figura 4b), significa que são semelhantes em relação aos resultados das análises avaliadas e quando posicionadas num ângulo de 180° tem características opostas. Cada amostra se localiza na região próxima ao vetor (descriptor) que a caracteriza (Figura 4a). Dessa forma, analisando-se as Figuras 4a e 4b em conjunto, verifica-se que as amostras 1.1, 1.2 e 1.3 (primeira semana / primeiro dia no 1°, 2° e 3° turno respectivamente) estão localizadas mais à direita do CP1 e mais abaixo no CP2, posicionadas num ângulo de 180° às características de índice de acidez, índice de refração e compostos polares, tendo portanto, baixos valores relacionados a essas análises. A amostra 7.1 (segunda semana no 1ºturno) apresentou comportamento semelhante às amostras 1.1, 1.2 e 1.3. Já as amostras 7.2 e 7.3 (segunda semana no 2° e 3ºturno) se localizam do lado direito do CP1 e mais acima do CP2, apresentando maior intensidade de luminosidade. As amostras 13.1, 13.2 e 13.3 / 24.1, 24.2 e 24.3 (terceira semana / último dia de coletas no 1°, 2° e 3° turno respectivamente) estão do lado esquerdo do CP1 e acima do CP2 e, portanto, apresentam maior intensidade de índice de acidez e índice de refração. As amostras 19.1, 19.2 e 19.3 (quarta semana no 1°, 2° e 3° turno respectivamente) estão à esquerda do CP1 e mais abaixo do CP2 apresentando maior intensidade de viscosidade, a^* e b^* .

A Análise dos Componentes Principais (ACP) apenas sugere semelhanças e diferenças entre as amostras. Desta forma, para se obter resultados com nível de significância, realizou-se análise de variância (ANOVA) e teste de comparação de médias Tukey dos dados.

5.3 ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS DO ÓLEO DE PALMA SUBMETIDO AO PROCESSO DE FRITURA

Nas tabelas 8 e 9 estão apresentados os resultados médios referentes às análises físico-químicas das amostras do óleo de palma coletadas na fritadeira no 1° dia de cada semana em que houve coleta nos três turnos de

produção.

Tabela 8 – Valores médios (7 amostras com 3 repetições cada) comparativos entre diferentes turnos e semanas de produção para índice de acidez, índice de refração, compostos polares e viscosidade 20 rpm de óleo de palma utilizado na pré-fritura contínua de produtos cárneos empanados de frango – “tipo snacks”*.

Parâmetros	Tempo (dias)**	1° Turno	2° Turno	3° Turno
Índice de Acidez (% em ácido oléico)	1	0,21 ± 0,02 ^{aB}	0,26 ± 0,01 ^{aB}	0,35 ± 0,03 ^{aB}
	7	0,33 ± 0,02 ^{bAB}	0,50 ± 0,07 ^{aA}	0,38 ± 0,01 ^{bB}
	13	0,42 ± 0,02 ^{bA}	0,54 ± 0,04 ^{bA}	0,64 ± 0,06 ^{aA}
	19	0,50 ± 0,07 ^{aA}	0,49 ± 0,11 ^{aA}	0,42 ± 0,05 ^{aB}
	24	0,42 ± 0,05 ^{aA}	0,24 ± 0,04 ^{bB}	0,38 ± 0,09 ^{abB}
Índice de Refração	1	1,4610 ± 0,00 ^{bC}	1,4632 ± 0,00 ^{aC}	1,4610 ± 0,00 ^{bC}
	7	1,4632 ± 0,00 ^{bB}	1,4644 ± 0,00 ^{bC}	1,4682 ± 0,00 ^{aA}
	13	1,4680 ± 0,00 ^{aA}	1,4672 ± 0,00 ^{aAB}	1,4672 ± 0,00 ^{aAB}
	19	1,4670 ± 0,00 ^{aA}	1,4660 ± 0,00 ^{abB}	1,4650 ± 0,00 ^{bB}
	24	1,4680 ± 0,00 ^{aA}	1,4680 ± 0,00 ^{aA}	1,4680 ± 0,00 ^{aAB}
Compostos Polares (%)	1	6,8 ± 0,06 ^{bE}	7,0 ± 0,19 ^{aE}	8,8 ± 0,16 ^{aE}
	7	11,4 ± 0,21 ^{bD}	12,4 ± 0,05 ^{aD}	12,4 ± 0,06 ^{aD}
	13	13,7 ± 0,05 ^{bC}	13,3 ± 0,07 ^{bC}	15,6 ± 0,05 ^{aC}
	19	14,9 ± 0,05 ^{bB}	15,2 ± 0,03 ^{aB}	15,4 ± 0,04 ^{aB}
	24	16,9 ± 0,03 ^{bA}	17,2 ± 0,09 ^{abA}	17,3 ± 0,05 ^{aA}
Viscosidade 20 rpm (cp)	1	56,7 ± 0,06 ^{aC}	57,4 ± 0,30 ^{aB}	57,1 ± 0,31 ^{aAB}
	7	57,6 ± 0,42 ^{aB}	56,5 ± 0,13 ^{bC}	56,5 ± 0,13 ^{bB}
	13	57,4 ± 0,23 ^{abC}	56,8 ± 0,36 ^{bC}	57,7 ± 0,56 ^{aA}
	19	59,5 ± 0,12 ^{aA}	58,5 ± 0,14 ^{bA}	57,9 ± 0,17 ^{bA}
	24	57,9 ± 0,28 ^{aB}	57,6 ± 0,24 ^{aB}	57,8 ± 0,43 ^{aA}

*Médias ± desvio padrão na mesma linha acompanhadas de letras minúsculas iguais não diferem a $p \leq 0,05$.

Médias ± desvio padrão na mesma coluna acompanhadas de letras maiúsculas iguais não diferem a $p \leq 0,05$, para cada parâmetro.

**Amostras de óleo semanais e por turno: 1 (primeira semana / primeiro dia); 7 (segunda semana); 13 (terceira semana); 19 (quarta semana); 24 (último dia).

Os dias 1 e 24 representam o primeiro e último dia de coleta do experimento respectivamente. O índice de acidez das amostras variou de 0,21 a 0,64 % em ácido oleico, sendo que as amostras do primeiro dia/primeiro turno apresentaram menores valores. O maior valor para índice de acidez foi encontrado no 13° dia de coleta no 3° turno. No primeiro e 19° dia de coleta não houve diferença ($p < 0,05$) entre os turnos de produção. Nos demais dias essa diferença entre turnos foi encontrada, sendo que no último dia de coleta, houve uma diminuição da resposta no 2° turno de produção, mas não houve diferença ($p < 0,05$) para os valores encontrados no 1° e 3° turno de produção.

Houve um aumento do índice de acidez ao longo do tempo (dias) no 1° turno de produção, não havendo diferença ($p < 0,05$) entre o 19° e último dia de produção. Não foi encontrada diferença ($p < 0,05$) entre o primeiro e último de coleta realizada no 2° turno. Com exceção do 13° dia, não foi encontrada diferença ($p < 0,05$) ao longo do tempo para os resultados obtidos das amostras coletadas no 3° turno.

Seguindo a legislação dos Estados Unidos, o país mais exigente quanto à qualidade do óleo de fritura, o valor máximo para o índice de acidez é de 1% (FIRESTONE, 1996). O óleo de palma do presente estudo apresentou valores abaixo deste limite de qualidade.

Durante todo o período do experimento o índice de acidez do óleo de palma oscilou. A reposição do óleo fresco para compensar o óleo absorvido pelo produto frito, afeta muito a qualidade do óleo e pode ser uma possível causa da flutuação do índice de acidez.

O aumento do índice de acidez indica o desenvolvimento de reações hidrolíticas com a produção de ácidos graxos livres e consequentemente de diglicerídeos, que ocorrem devido à presença de água e alta temperatura, pois quanto maior o percentual de água no alimento mais rápida é a reação (CELLA; REGITANO-D'ARCE; SPOTO, 2002).

Um fato muito comum que ocorre em frigoríficos de aves é a reprovação de um lote no *drip test*, onde é avaliado o percentual de água resultante do descongelamento do frango. A portaria nº 210 (BRASIL, 1998) estabelece um limite máximo de 8% do peso da carcaça de absorção de água. Ultrapassando este limite ocorre reprovação do lote e o frango é destinado ao corte para em seguida ser enviado à fabricação de empanados. Para minimizar o impacto da variação de umidade nos lotes de matéria-prima, os cortes oriundos de aves reprovadas no *drip*

test são diluídos aos lotes com percentual de umidade padrão. Ainda assim, essa variação pode impactar na umidade do produto industrializado, podendo ser uma possível causa da variação do índice de acidez do óleo de palma entre turnos e dias de produção observada neste trabalho.

Ao realizarem um estudo para avaliar o comportamento do óleo de soja refinado utilizado em frituras descontínuas por imersão com alimentos de origem vegetal, Cella, Regitano-d'Arce e Spoto (2002) relataram que o aumento ou diminuição do índice de acidez refletiu o tempo de fritura e a diluição pelo óleo novo.

No estudo realizado para verificar a influência da relação superfície / volume e do tempo de fritura descontínua de batatas sobre as alterações da mistura azeite de dendê- óleo de soja (1:1), Malacrida e Jorge (2006) observaram aumento da porcentagem de ácidos graxos livres com o tempo de fritura.

Dentre os óleos de girassol, milho e soja submetidos a frituras descontínuas de batatas, o óleo de girassol apresentou maiores médias de índice de acidez, seguido pelo óleo de soja e milho, sendo que aumento do índice de acidez durante o processo de fritura ocorreu nos três óleos, indicando desenvolvimento de reações hidrolíticas (JORGE et al., 2005).

O índice de acidez é muito usado por indústrias para medir a qualidade de diferentes lotes do mesmo óleo ou para decidir o ponto de descarte de um dado óleo, por causa do aumento deste parâmetro com o tempo de fritura e de sua determinação fácil (PANTZARIS, 1998).

O índice de refração das amostras encontraram-se na faixa de 1,4610 a 1,4680, sendo que as amostras do primeiro dia/primeiro turno apresentaram menores valores. O maior valor para índice de refração foi encontrado no 24° dia de coleta, sendo que neste dia não houve diferença ($p < 0,05$) entre os três turnos de produção. Foi observado aumento do índice de refração ao longo dos dias de coleta nos três turnos de produção, não havendo diferença ($p < 0,05$) entre 19° e 24° dia de produção. Os resultados obtidos indicam um aumento da oxidação e consequente polimerização do óleo de palma ao longo do processo de fritura.

Outros autores verificaram resultados semelhantes aos encontrados neste trabalho para índice de refração. Damy e Jorge (2003) em estudos sobre comportamento do óleo de soja refinado e da gordura vegetal hidrogenada em frituras descontínuas de batatas, observaram aumento do índice de refração com sucessivas frituras e o grau de insaturação do óleo.

De acordo com Malacrida e Jorge (2006) o índice de refração aumentou com o tempo de fritura num estudo realizado para avaliar a influência da relação superfície/volume e do tempo de fritura descontínua de batata chips sobre as alterações da mistura azeite de dendê- óleo de soja (1:1) na temperatura em torno de 180°C.

Num estudo realizado por Jorge et al. (2005) das alterações físico-químicas dos óleos de girassol, milho e soja em frituras descontínuas de batatas em temperatura média de 180°C foi observado aumento do índice de refração em sucessivas frituras nos três óleos.

Os compostos polares médios das amostras variaram entre 6,8 e 17,3% sendo que a amostra do primeiro dia/primeiro turno apresentou menor valor e a amostra do 24° dia/3° turno apresentou o maior valor. Foi encontrada diferença ($p < 0,05$) nos compostos polares ao longo do tempo (dias) e entre turnos do mesmo dia de coleta, havendo aumento em ambos os casos.

Os compostos polares foram determinados por método rápido (TESTO 265) e recentemente uma boa correlação deste método com o oficial (por coluna cromatográfica de sílica) foi estabelecida (DOBARGANES, 2007).

O óleo de palma estudado neste trabalho apresentou valores menores que o limite de 25% de compostos polares estabelecido pela legislação de alguns países como Bélgica, França, Alemanha, Suíça, Holanda, Estados Unidos e Chile (FIRESTONE, 1996).

Num estudo realizado por Pantzaris (1998) para realizar a comparação de óleos monoinsaturados e poliinsaturados em fritura contínua sob temperatura de 180°C foi verificado que óleos ricos em monoinsaturados (oleína de palma e óleo de oliva) apresentaram valores mais baixos de compostos polares totais comparado à óleos poliinsaturados (girassol e soja). Logo, os baixos percentuais de compostos polares encontrados neste trabalho pode ser devido à composição em ácidos graxos do óleo de palma que possui quantidades quase iguais de ácidos graxos saturados (principalmente palmítico) e ácidos graxos insaturados, principalmente oleico, que é um ácido graxo monoinsaturado.

Resultados semelhantes ao presente trabalho foram encontrados por Del Ré e Jorge (2006) ao estudarem o comportamento de óleos vegetais (girassol, soja e milho) em frituras descontínuas de produtos pré-fritos congelados na temperatura de $180 \pm 2^\circ\text{C}$, no qual observaram um aumento dos compostos polares

ao longo dos tempos de fritura independente do tipo de óleo. Verificaram ainda que os óleos de fritura dos snacks (empanados) apresentaram metade do valor de compostos polares formados quando comparados aos óleos de fritura de batatas, provavelmente devido à composição em ácidos graxos saturados do produto cárneo que passam a fazer parte do óleo de fritura, tornando-o ainda mais resistente às reações oxidativas.

Os resultados obtidos também podem ser comparados aos de Gil, Cho e Yoon (2004) que realizaram a determinação rápida de componentes polares em óleos de soja e óleo de palma duplamente fracionados aquecidos continuamente por 80 horas à temperatura de $145 \pm 1^\circ\text{C}$ usando análises de imagens (cromatografia de camada delgada). Foi verificado um aumento dos compostos polares ao longo da fritura para o óleo de palma duplamente fracionado alcançando 30% ao final de 80 horas de fritura.

Ao estudarem o comportamento do óleo de soja refinado durante a fritura de vegetais sob temperatura de 170° a 180°C com adição periódica de óleo fresco, Cella et al. (2002) encontraram o valor máximo de 21% de compostos polares no óleo de soja submetido por mais de 30 horas de fritura descontínua.

De acordo com Damy e Jorge (2003) o percentual de compostos polares aumentou ao longo do tempo de fritura num estudo realizado para avaliar comportamento do óleo de soja e gordura vegetal hidrogenada durante o processo de fritura descontínua de batata chips, sendo que o óleo de soja apresentou maiores alterações em relação a gordura vegetal hidrogenada.

Num estudo sobre oxidação térmica de óleo de oliva, girassol e a misturas de ambos durante o processo de quarenta frituras descontínuas de alimentos diversos na temperatura de 180°C , Bastida; Sanches-Muniz (2001) encontraram o valor de 28,9% de compostos polares no óleo de oliva ao final do seu estudo.

A viscosidade das amostras encontrou-se na faixa de 56,5 a 59,5 cp sendo que as amostras do sétimo dia / segundo e terceiro turno apresentaram menores valores, mas a resposta de viscosidade obtida para o primeiro dia de coleta realizada no primeiro turno (56,7) foi muito próxima ao menor valor encontrado. O maior valor deste parâmetro foi encontrado no 19º dia / primeiro turno de coleta. Não houve diferença ($p < 0,05$) entre os três turnos no primeiro e último dia de produção.

Foi observado aumento da viscosidade ao longo dos dias de coleta

somente no terceiro turno, não havendo diferença ($p < 0,05$) entre o 13º, 19º e 24º dia de produção. Os maiores valores de viscosidade foram obtidos no 19º dia nos três turnos de produção.

Ao estudarem a adequação do ângulo de medida de contato como índice de degradação do óleo durante a fritura de batatas em óleo de palma e óleo de palma duplamente fracionado na temperatura de 175°C, Rossi et al. (2009) encontraram que a viscosidade medida a 40°C aumentou com o tempo de fritura devido à formação de compostos poliméricos.

O aumento da viscosidade com o tempo de fritura observado por Sánchez-Gimeno et al. (2008) ao estudarem algumas mudanças físicas no óleo de oliva extra virgem e óleo de girassol durante o processo de fritura utilizando temperatura de 170 °C foi atribuído à polimerização e formação de compostos de alto peso molecular.

Os valores médios dos parâmetros de cor (L^* , a^* e b^*) do óleo de palma submetido ao processo de pré-fritura de empanados encontram-se na Tabela 9.

Tabela 9 – Valores médios (7 amostras com 3 repetições cada) comparativos entre diferentes turnos e semanas de produção para componentes L*, a* e b* de cor do óleo de palma utilizado na pré-fritura contínua de produtos cárneos empanados de frango – tipo “snacks” em diferentes turnos de produção*.

Parâmetro**	Tempo (dias)***	1° Turno	2° Turno	3° Turno
L*	1	42,05 ± 0,25 ^{aA}	40,78 ± 0,23 ^{bA}	39,45 ± 0,33 ^{cB}
	7	39,66 ± 0,41 ^{bB}	40,64 ± 0,16 ^{aA}	40,90 ± 0,15 ^{aA}
	13	39,97 ± 0,05 ^{bB}	40,59 ± 0,30 ^{aA}	40,07 ± 0,63 ^{abA}
	19	37,68 ± 0,09 ^{cC}	38,40 ± 0,13 ^{bB}	39,36 ± 0,08 ^{aB}
	24	39,27 ± 0,07 ^{bB}	40,24 ± 0,13 ^{aA}	40,22 ± 0,21 ^{aA}
a*	1	-1,28 ± 0,05 ^{bD}	-1,18 ± 0,04 ^{bC}	-0,66 ± 0,05 ^{aA}
	7	-0,36 ± 0,05 ^{aB}	-0,65 ± 0,04 ^{bB}	-0,80 ± 0,05 ^{bAB}
	13	-0,70 ± 0,13 ^{aC}	-0,69 ± 0,08 ^{aB}	-0,92 ± 0,03 ^{bB}
	19	0,31 ± 0,08 ^{aA}	-0,30 ± 0,05 ^{bA}	-0,81 ± 0,03 ^{cAB}
	24	-0,76 ± 0,01 ^{aC}	-0,65 ± 0,03 ^{aB}	-0,73 ± 0,03 ^{aA}
b*	1	12,66 ± 0,58 ^{bC}	12,41 ± 0,51 ^{bC}	15,10 ± 0,58 ^{aA}
	7	14,64 ± 0,42 ^{aAB}	13,20 ± 0,32 ^{aBC}	14,42 ± 0,69 ^{aAB}
	13	14,38 ± 0,61 ^{aB}	14,48 ± 0,77 ^{aAB}	12,30 ± 0,69 ^{bC}
	19	16,15 ± 0,34 ^{aA}	15,35 ± 0,29 ^{abA}	14,36 ± 0,46 ^{bAB}
	24	13,34 ± 0,30 ^{aBC}	14,28 ± 0,56 ^{aB}	13,89 ± 0,38 ^{aB}

*Médias ± desvio padrão na mesma linha acompanhadas de letras minúsculas iguais não diferem a $p \leq 0,05$. Médias ± desvio padrão na mesma coluna acompanhadas de letras maiúsculas iguais não diferem a $p \leq 0,05$, para cada parâmetro.

**L* variando de 0 (preto) a 100 (branco); a* variando do vermelho (+a*) ao verde (-a*) e b* variando do amarelo (+b*) ao azul (-b*).

***Amostras de óleo semanais e por turno: 1 (primeira semana / primeiro dia); 7 (segunda semana); 13 (terceira semana); 19 (quarta semana); 24 (último dia).

Todas as amostras apresentaram valores de a* negativos (exceto 19° dia / 1° turno), porém menores que 2 indicando que a tonalidade vermelha não está presente no produto, e que o verde tem pouca participação. Os valores de b* foram positivos e entre 12,3 e 16,15, indicando tonalidade amarela dos óleos.

Houve diminuição do parâmetro L* do 1° ao 19° dia de coleta, sendo que entre o 19° e 24° dia de coleta foi observado um aumento no valor de luminosidade nos três turnos. O maior valor de luminosidade foi obtido do primeiro dia / 1° turno de produção (42,05) e o menor valor encontrado foi no 19° dia / 1°

turno de produção (39,97).

A parâmetro a^* das amostras obtidos estavam na faixa de 0,31 a -1,28, sendo que o único valor positivo de a^* foi encontrado no 19° dia / 1° turno e o segundo maior valor dessa resposta foi obtido também do 19° dia, porém no 2° turno. Essas amostras tiveram um aumento no valor de a^* entre o 19 e 24° dia de produção.

O menor valor de b^* foi encontrado nas amostras do primeiro dia / 2° turno, porém não houve diferença ($p \leq 0,05$) entre as amostras do 1° e 2° turno do primeiro dia de coleta. Logo, os menores valores de b^* encontrados foram 12,41 e 12,66 e maior valor de b^* foi obtido no 19° dia / 1° turno. Houve aumento do parâmetro b^* do 1° ao 19° dia de coleta nos dois primeiros turnos de produção, sendo que entre o 19° e 24° dia de coleta foi observado uma diminuição de b^* nos três turnos.

Resultados semelhantes aos do presente trabalho foram encontrados por Che Man, Wan e Russin (1998) ao realizarem a comparação do desempenho na fritura descontínua da oleína de palma refinada, branqueada e desodorizada e óleo de coco aquecidos à temperatura de $180 \pm 5^\circ\text{C}$, observaram um aumento do escurecimento do óleo ao longo da fritura. Uma das causas desse escurecimento argumentada por Che Man et al. (1996) é a absorção da cor do alimento que está sendo frito no óleo. Por esta razão não é correto avaliar a qualidade do óleo somente pelo monitoramento de mudanças na cor do óleo de fritura.

Outra possível causa da diminuição da luminosidade ao longo do tempo de fritura de produtos empanados com “batters” que contém ovos em sua formulação atribuída por Paul Mittal (1996) é que amidos, fosfolipídios e farinhas do produto podem difundir no óleo contribuindo para o escurecimento do meio de fritura.

Num estudo das propriedades ópticas do óleo de canola mantido a $190 \pm 2^\circ\text{C}$ durante a fritura descontínua, Vijayan, Slaughter e Singh (1996) observaram mudanças significativas na cor do óleo. As razões atribuídas ao escurecimento com o tempo de fritura foram a possibilidade de partículas do alimento carbonizarem ou caramelizarem produzindo algumas partículas coloridas solúveis em gordura. Outra possível causa seria a difusão de pigmentos presentes no alimento para dentro do meio de fritura aumentando a absorção da luz azul por

ligações duplas conjugadas podendo conduzir a um aumento do escurecimento.

Sánchez-Gimeno et al. (2008) ao estudarem algumas mudanças físicas no óleo de oliva extra virgem e óleo de girassol durante o processo de fritura descontínua à temperatura de 170°C observaram que a luminosidade (L^*) do óleo de girassol diminui ao longo do processo de fritura e valores de b^* positivos mostraram coloração mais amarela.

A diminuição de todos os parâmetros discutidos até o momento entre o 19º e último dia de produção, provavelmente é devido a diferença na composição do alimento que estava sendo frito nestes dias. Como a produção a nível industrial é realizada em grande escala, são utilizados grandes volumes de matérias-primas de diferentes lotes. Desta forma, há variação principalmente no teor de gordura e umidade que pode impactar no produto que está sendo industrializado e conseqüentemente nas alterações físico-químicas do óleo que está sendo utilizado para a pré-fritura dos mesmos.

Outra possível causa da diferença citada acima é a alteração dos tipos de gordura utilizados para a fabricação do produto cárneo empanado. Existe uma formulação padrão a ser seguida, mas em caso de falta de uma determinada matéria-prima, são realizadas substituições respeitando a composição final do produto com relação aos limites estabelecidos pelo regulamento técnico de identidade e qualidade de empanados (BRASIL, 2001) e a composição declarada no rótulo do produto, porém não são levadas em consideração as diferenças existentes em ácidos graxos que constituem cada matéria-prima. Desta forma, no último dia em que houve diminuição dos parâmetros avaliados provavelmente foram utilizadas matérias-primas com maiores porcentagens de ácidos graxos saturados na formulação do produto, contribuindo para diminuição da degradação do óleo.

Os valores médios de absorvidade a 232 nm e 268nm do óleo de palma submetido ao processo de pré-fritura de empanados encontram-se na Tabela 10.

Tabela 10 – Valores médios (7 amostras com 3 repetições cada) de absorvidade a 232 nm e 268 nm de óleo de palma utilizado na pré-fritura contínua de produtos cárneos empanados de frango – tipo “snacks”*.

Tempos (dias)**	A _{232nm}	A _{268nm}
1	2,908 ± 0,02 ^E	0,839 ± 0,01 ^D
6	3,558 ± 0,02 ^A	1,145 ± 0,02 ^A
12	3,404 ± 0,01 ^B	1,158 ± 0,01 ^A
18	3,303 ± 0,02 ^C	1,069 ± 0,02 ^B
24	3,014 ± 0,03 ^D	0,925 ± 0,01 ^C

*Médias ± desvio padrão na mesma coluna acompanhadas de letras maiúsculas iguais não diferem a $p \leq 0,05$, para cada parâmetro.

**Amostras de óleo semanais 1 (amostras coletadas na primeira semana / primeiro dia do experimento); 6 (amostras coletadas na segunda semana do experimento); 12 (amostras coletadas na terceira semana do experimento); 18 (amostras coletadas na quarta semana do experimento); 24 (amostras coletadas no último dia do experimento).

O maior valor de absorvidade a 232 nm foi obtido no 6° dia de coleta (3,558) e a 268 nm no 12° dia de coleta (1,158), sendo que não houve diferença ($p \leq 0,05$) entre o 6° e 12° dias de coleta para o parâmetro absorvidade a 268nm.

Estudos realizados por Cella, Regitano d`Arce e Spoto (2002) com óleo de soja, Del Ré; Jorge (2006) com óleo de soja e girassol refinados, Jorge e Janieri (2005) com óleo de soja, sobre o comportamento de óleos vegetais em frituras descontínuas observaram que a formação de dienos conjugados foi crescente com o aumento do tempo de aquecimento, independente dos óleos utilizados. Porém os valores encontrados nestes trabalhos acima citados não foram similares aos encontrados no presente estudo. Este fato provavelmente se deve às diferenças existentes no procedimento de fritura no que se refere ao tempo e tipo de fritura (contínua e descontínua) e tipo de produto.

Os resultados que mais se assemelharam ao presente estudo foram os divulgados por Corsini e Jorge (2006) que observaram que os dienos conjugados no óleo de palma refinado submetido a 25 horas de fritura descontínua de mandioca palito congelada com temperatura controlada em $180 \pm 5^\circ\text{C}$ permaneceram praticamente constantes, não havendo diferença significativa entre eles ao longo do

período em estudo.

De acordo com a pesquisa realizada por Lake e Scholes (1997) óleos nos quais foram fritos produtos como carnes e peixes, apresentaram valores de dienos conjugados superiores a produtos de origem vegetal.

Cella, Regitano-d'Arce e Spoto (2002) ao estudarem o comportamento do óleo de soja refinado utilizado em fritura por imersão com alimentos de origem vegetal, observaram que o aquecimento próximo a 170°C por 29h35min promoveu aumento crescente nos valores da absorvidade na faixa de 232nm.

5.4 CINÉTICA DA OXIDAÇÃO LIPÍDICA

Um modelo cinético de primeira ordem foi empregado para testar as alterações físico-químicas do óleo de palma durante o processo de pré-fritura contínua de produtos cárneos empanados.

O modelo matemático foi proposto por Özilgen e Özilgen (1990) por meio da equação 1 para explicar a oxidação lipídica em alimentos baseados no mecanismo de reação de radicais livres envolvendo reações de iniciação, propagação e terminação.

$$\frac{dC}{dt} = kC \left[1 - \frac{C}{C_{\text{máx}}} \right] \quad (1)$$

onde C é a concentração total dos produtos da oxidação, C_{máx} é o valor máximo do parâmetro C disponível ao final do processo de oxidação lipídica, k é a constante de velocidade da reação e t é o tempo.

Se $C \ll C_{\text{máx}}$, o termo $1 - C/ C_{\text{máx}}$ da equação 1 se aproxima de zero e pode ser reescrita como $dC/dt = KC$ que é a equação de primeira ordem. Na fase de terminação, quando $C = C_{\text{máx}}$ o termo $1 - C/ C_{\text{máx}}$ se torna igual a zero e então $dC/dt = 0$ e isso implica o final do processo. Estes autores assumiram que durante a fase de indução a equação poderia ser reescrita na forma integrada como

segue:

$$\log C = \log C_0 + \frac{kt}{2,303} \quad (1)$$

onde C é a concentração total dos produtos da oxidação, C₀ é a concentração inicial (t = 0), t é o tempo em horas (h) e k é a constante de velocidade (h⁻¹).

Para construção do modelo cinético, foram utilizados os valores médios por dia de cada parâmetro da oxidação e as médias e desvio padrão para cada ponto estão apresentados nos anexos 1 e 2.

Os resultados da regressão linear e da modelagem cinético das variáveis avaliadas estão apresentados na tabela 11.

Tabela 11 – Regressão linear e modelagem cinética dos parâmetros de oxidação avaliados.

Parâmetros	p	Modelo Cinético	K x 10 ⁻³ (horas ⁻¹)	r ²
Índice de Acidez (% em ácido oléico)	0,123	y = 1,58E-4x + 0,328	0,364	0,071
Índice de Refração	0,000	y = 8E-6x + 1,463	0,018	0,495
Compostos Polares (%)	0,000	y = 1,515E-2x + 8,710	34,886	0,941
Viscosidade 20 rpm (cp)	0,053	y = 1,54E-3x + 57,436	3,547	0,109
L*	0,024	y = -1,96E-3x + 40,161	-4,510	0,146
a*	0,139	y = 4,45E-4x - 0,753	1,025	0,065
b*	0,494	y = 7,5E-4x + 13,754	1,727	0,014
A _{232 nm}	0,671	y = 3,56E-4x + 1,275	0,820	0,001
A _{268 nm}	0,786	y = -1,4E-5x + 1,006	-0,322	0,002

A regressão linear resultou em dados significativos (p<0,05) apenas para os parâmetros de índice de refração, compostos polares e luminosidade (L*), provavelmente devido à reposição de óleo novo nestes processos que dilui os compostos produzidos durante a fritura contribuindo para diminuir a degradação detectada no óleo. Um aumento linear com o tempo de fritura foi observado para

estes índices de oxidação e compostos polares foi o índice que obteve o maior valor de constante de velocidade (tabela 11).

Resultados semelhantes ao presente trabalho foram encontrados por Houhoula, Oreopoulou e Tzia (2002) ao estudarem a cinética de degradação do óleo de algodão durante o processo de fritura descontínua sem reposição de óleo onde observaram um aumento linear dos compostos polares ao longo da fritura com um bom coeficiente de determinação (r^2) e constante de velocidade da reação de $1,971 \text{ h}^{-1}$ para temperatura do óleo de fritura de 195°C . A diferença no valor da constante de velocidade encontrada no presente trabalho ($0,035 \text{ h}^{-1}$) possivelmente é devido à reposição de óleo novo e à diferença dos meios de fritura utilizados.

O valor negativo da constante de velocidade da luminosidade significa que houve uma diminuição da luminosidade ou aumento do escurecimento do óleo de palma ao longo do processo de fritura.

Apesar de a regressão linear ter resultado em dados significativos ($p < 0,05$) para os parâmetros de índice de refração e luminosidade (L^*), os coeficientes de determinação desses parâmetros que indicam o quanto a reta da regressão explicam o ajuste da reta dos valores experimentais, mostram que a proporção da variância de y (L^* e índice de refração) explicada pelo conhecimento de X (tempo) não é boa. Logo não houve relação numérica linear para os parâmetros L^* e índice de refração. Já a figura 5 mostra os valores experimentais e os previstos para o parâmetro de compostos polares considerando o intervalo de confiança de 95% e representam um dia de coleta por semana, além do último dia de produção que está representado por três pontos (1°, 2° e 3° turno).

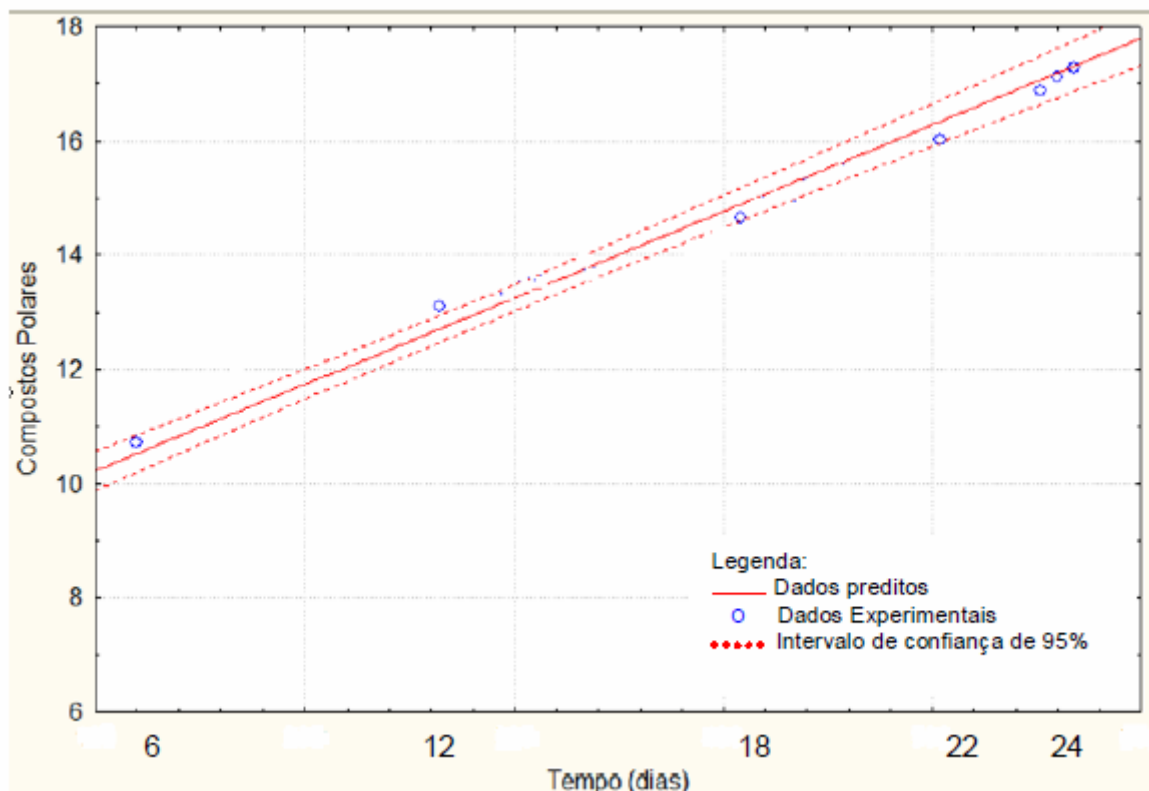


Figura 5 – Comparação dos dados previstos com os dados experimentais num intervalo de confiança de 95% para o parâmetro de compostos polares.

O modelo cinético proposto se ajustou melhor aos dados de compostos polares que resultou em um coeficiente de determinação de 0,941, ou seja, 94,1% da variação de compostos polares (y) está relacionada com a variação do tempo (x) e 5,9% não é explicada por x, significando que grande parte da variação em relação a reta é explicada pelo modelo proposto. Pela figura 5 observa-se que houve uma boa concordância entre os dados experimentais e previstos, onde os dados ficaram dentro do intervalo de confiança de 95%, além dos valores previstos e experimentais do último dia terem sido praticamente iguais, o que para este trabalho é muito importante, uma vez que melhora a previsibilidade do ponto de descarte do óleo baseado no parâmetro de compostos polares, que é um método rápido e prático para ser realizado numa indústria.

Tendo em vista a existência de poucos trabalhos desenvolvidos em método de pré-fritura contínua, novas pesquisas seriam interessantes para colaborar com os órgãos governamentais no sentido de desenvolverem legislações para estabelecer limites de alterações físico-químicas do óleo utilizado para frituras em processos industriais.

6 CONCLUSÃO

- Para as condições da pesquisa realizada, pode-se recomendar a utilização deste óleo por tempo superior a um mês de produção e para determinação do tempo a ser extrapolado, é necessário o acompanhamento das alterações do óleo de fritura durante o período adicional.
- Quanto às determinações físico-químicas, a de compostos polares realizada pelo método rápido utilizando o analisador de óleo da marca Testo modelo 265, pode ser indicada como um método eficaz para o monitoramento do óleo de fritura contínua de produtos cárneos empanados, uma vez que este parâmetro foi o que melhor se ajustou ao modelo cinético proposto, além do método utilizado para a determinação ser rápido e prático para ser realizado numa indústria.

REFERÊNCIAS

- ABOT, A. E. T. **Avaliação Físico Química dos Óleos de Fritura em Londrina, PR.** 1995. 63f. Dissertação em Ciência de Alimentos – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 1995.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTRY (AOAC). Official methods of analysis of AOAC.** 3a ed; Champaign, 1983.
- BAIXAULI, R.; SALVADOR, A.; FIZMAN, S.M.; CALVO, C. Effect of oil degradation during frying on the color of fried, battered squid rings. **Journal of the American Oil Chemists` Society**, v.79, n.11, p.1127-1131, 2002.
- BATISTA, S.; SÁNCHEZ-MUNIZ, F.J. Thermal oxidation of olive oil, sunflower oil and a mix of both oils during forty discontinuous domestic fryings of different foods. **Food Science Technology**, v.7, n.1, p.15 - 21, 2001.
- BHATTACHARYA, A.B.; SAJILATA, M.G; TIWARI, S.R.; SINGHAL, R.S. Regeneration of thermally polymerized frying oils with adsorbents. **Food Chemistry**, v.110, p. 562 – 570, 2008.
- BONACINA, M. S; QUEIROZ, M.I. Elaboração de empanados a partir de corvina (*Micropogonias furnieri*). **Ciência e tecnologia de Alimentos**, v.27, n.3, p.544-552, jul-set. 2007.
- BRASIL. Instrução Normativa n.6 de 15 de fevereiro de 2001. Aprova o regulamento técnico de identidade e qualidade de empanados. **Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento**, Brasília, DF, 15 de fevereiro de 2001. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br>>. Acesso em: 25 ago 2010.
- BRASIL. Portaria n° 210 de 10 de novembro de 1998. Estabelece regulamento técnico da inspeção tecnológica e higiênico sanitária de carnes de aves. **Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento**, Brasília, DF, 10 de novembro de 1998. Disponível em:<<http://www.agricultura.gov.br>>. Acesso em: 25 ago. 2010.
- BRASIL. Resolução RDC n° 270, de 22 de setembro de 2005. Aprova o regulamento técnico para óleos vegetais, gorduras vegetais e creme vegetal. **Agência Nacional de Vigilância Sanitária**, Brasília, DF, 23 de setembro de 2005. Disponível em: <<http://www.anvisa.gov.br/e-legis>>. Acesso em: 21 ago 2010.
- BRONCANO, J.M.; PETRÓN, M.J.; PARRA, V.; TIMÓN, M.L. Effect of different cooking methods on lipid oxidation and formation of free cholesterol oxidation products (COPs) in *Latissimus dorsi* muscle of Iberian pig. **Meat Science**, v.83, p. 431-437, 2009.
- CELLA, R.C.F.; REGITANO-D`ARCE, M.A.B.; SPOTO, M.H.F. Comportamento do óleo de soja refinado utilizado em fritura por imersão com alimentos de origem vegetal. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.22, n.2, p.111-116, maio - ago. 2002.

- CHE MAN, Y.B.; WAN HUSSIN, W.R. Comparison of the frying performance of refined, bleached and deodorized palm olein and coconut oil. **Journal of Lipids**, v.5, p. 197-210, 1988.
- CHOE, E.; MIN, D.B. Mechanisms and factors for edible oil oxidation. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, v.5, p.169-186, 2006.
- CORSINI, M.S.; JORGE, N. Alterações oxidativas em óleos de algodão, girassol e palma utilizados em frituras de mandioca palito congelada. **Alimentos e Nutrição**, Araraquara, v.17, n.1, p.25-34, jan.-mar. 2006.
- CORSINI, M.S.; JORGE, N. Estabilidade oxidativa de óleos vegetais utilizados em frituras de mandioca palito congelada. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.26, n.1, p.27-32, jan.- mar. 2006.
- CORSINI, M.S.; JORGE, N.; MIGUEL, A.M.R.O.; VICENTE, E. Perfil de ácidos graxos e avaliação da alteração em óleos de fritura. **Química Nova**, v.31, n.5 p.956-961, 2008.
- CUESTA, C.; ROMERO, A.; SÁNCHEZ-MUNIZ, F.J. Fatty acid changes in high oleic acid sunflower oil during successive deep-fat fryings of frozen foods. **Food Science Technology**, v. 7, n. 4, p. 317- 328, 2001.
- DAMY, P.C.; JORGE, N. Determinações físico-químicas do óleo de soja e da gordura vegetal hidrogenada durante o processo de fritura descontínua. **Brazilian Food Technology**, v.6, n.2, p. 251-257, jul. - dez. 2003.
- DEL RÉ, P.V.; JORGE, N. Comportamento de óleos de girassol, soja e milho em frituras de produto cárneo empanado pré-frito congelado. **Ciências Agrotecnologia, Lavras**, v.31, n.6, p. 1774-1779, nov./dez. 2007.
- DEL RÉ, P.V.; JORGE, N. Comportamento de óleos vegetais em frituras descontínuas de produtos pré-fritos congelados. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.26, n.1, p. 56-63, jan./mar. 2006.
- DOBARGANES, C.; MÁRQUEZ-RUIZ, G.; VELASCO, J. Interactions between fat and food during deep-frying. **Europe Journal Lipids Science Technology**, v.102, p. 521-528, 2000.
- DOBARGANES, C. Informe: **Evaluación del sistema Testo 265 para el control de calidad de los aceites y grasas de fritura**. Instituto de la Grasa, 2007.
- McCLEMENTS, D.J.; DECKER, E.A. LIPÍDEOS. In: DOMODARAN, S.; PARKIN, K.L.; FENNEMA, O.R. **Química de alimentos de Fennema**. 4.ed. Porto Alegre: Artmed, 2010. p. 131-178.
- FIZMAN, S.M.; SALVADOR, A. Recent Developments in coating batters. **Trends in Food Science & Technology**, v.14, p. 399-402, 2003.
- FIRESTONE, D. Regulation of frying fat and oil. In: PERKINS, E.; ERICKSON, M.D. **Deep Frying: Chemistry, Nutrition, and practical applications**. USA: AOCS press, 1996. p. 323-334.

FREITAS, A.A.; KWIATKOWSKI, A.; TANAMATI, A.A.C.; FUCHS, R.H.B. Uso de farinha de batata inglesa (*Solanum tuberosum* L.) cv. Monalisa em misturas para cobertura de empanados de frango. **Ciências Exatas Terra, Ciências Agrotecnologia**, Ponta Grossa, v.11, n.2, p.17-26, ago. 2005 .

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**, v.52, n.1, p. 197-206, jan./feb. 2009.

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

GUNSTONE, Frank D.; PADLEY, Fred B. **Lipid Technologies and applications**. New York: Marcel Dekker, Inc., 1997. 834p.

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

INTERNATIONAL UNION OF PURE AND APPLIED CHEMISTRY. **Standard methods for the analysis of oils, fats and derivatives**, 7a ed, Boston, method 2504, IUPAC, 1987.

INTERNATIONAL UNION OF PURE AND APPLIED CHEMISTRY. **Standard methods for the analysis of oils, fats and derivatives**, 7a ed, Boston, method 2505, IUPAC, 1987.

IDRIS, N.A.; ABDULLAH, A.; HALIM, A.H. Evaluation of palm oil quality: correlation sensory with chemical analyses. **Journal of the American Oil Chemists` Society**, v.69, n.3. march. 1992.

JORGE, N.; JANIERI, C. Avaliação do óleo de soja submetido ao processo de fritura de alimentos diversos. **Ciências Agrotecnologia**, Lavras, v.29, n.5, p. 1001 – 1007, set.- out. 2005.

JORGE, N.; LOPES, M.R.V. Avaliação de óleos e gorduras de frituras coletados no comércio de São José do Rio Preto-SP. **Alimentos e Nutrição**, Araraquara, v.14, n.2, p. 149-156, 2003.

JORGE, N.; LUNARDI, V.M. Influência dos tipos de óleos e tempos de fritura na perda de umidade e absorção de óleo em batatas fritas. **Ciências Agrotecnologia**, Lavras, v.29, n.3, p. 635-641, maio./jun. 2005.

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

KABORI, C.N.; JORGE, N. Caracterização dos óleos de algumas sementes de frutas como aproveitamento de resíduos industriais. **Ciências Agrotecnologia**, Lavras, v.29, n.5, p. 1008-1014, set./out. 2005.

LAKE, R.J.; SCHOLLES, P. Quality and consumption of oxidized lipids from deep-frying fats and oils in New Zealand. **Journal of the American Oil Chemistry Society**, Chicago, v.24, n.9, p. 1065-1068, 1997.

LAWLESS, H.T.; HEYMANN, H. **Sensory evaluation of food: principles and practices**. New York: Chapman & Hall. 1998. 819 p.

MACHADO, E.R.; GARCIA, M.C.D.; ABRANTES, S.M.P. Alterações dos óleos de palma e de soja em fritura descontínua de batatas. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.28, n.4, p. 786-792, out./dez. 2008.

MALACRIDA, C.R.; JORGE, N. Influência da relação superfície / volume e do tempo de fritura sobre as alterações da mistura azeite de dendê-óleo de soja. **Ciências Agrotecnologia**, Lavras, v.30, n.4, p. 724-730, jul./ago. 2006.

MOYANO, P.; RÍOSECO, V.K.; GONZÁLEZ, P.A. Kinetics of crust color changes during deep-fat frying of impregnated french fries. **Journal of Food Engineering**, v.54, p. 249 - 255, 2002.

MORETTO, Eliane.; FETT, Roseane. **Tecnologia de óleos e vegetais na indústria de alimentos**. São Paulo: Varela, 1998. 150 p.

NGADI, M.; LI, Y.; OLUKA, S. Quality changes in chicken nuggets fried in oils with different degrees of hydrogenation. **Swiss Society of Food Science Technology**, v.40, p. 1784-1791, 2007.

O'BRIEN, Richard D. **Fats and oils: formulating and processing for applications**. USA: Technomic Publishing, 1998. 694p.

OSAWA, C.C.; GONÇALVES, L.A.G.; RAGAZZI, S. The use of fast methodologies (Kits) in evaluating deep-frying oils. **Journal of the American Oil Chemists' Society**, v. 84, p. 893-897, 2007.

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

ÖZILGEN, S.; ÖZILGEN, M. Kinetic model of lipid oxidation in foods. **Journal of Food Science**, v.55, n.2, p. 498-502, 1990.

PAUL, S.; MITTAL, G.S. Dynamics of fat/oil degradation during frying based on optical properties. **Journal of Food Engineering**, v.30, p. 389-403, 1996.

PEDRESCHI, F.; MOYANO, P. Effect of pre-drying and oil uptake of potato chips. **Swiss Society of Food Science and Technology**, v.38, p. 599-604, 2004.

PERKINS, E.; ERICKSON, M. Initial quality of frying oil. In: ORTHOEFER, F.T; COOPER, D.S. **Deep frying. Chemistry, nutrition and practical applications**. 1. ed. Champaign: AOCS press, 1996. p. 29-42.

PINTHUS, E.J.; WEINBERG, P.; SAGUY, I.S. Criterion for oil uptake during deep-fat-frying. **Journal of Food Science**, v.58, n.1, 1993.

RAMÍREZ, M.R.; CAVA, R. Changes in colour, lipid oxidation and fatty acid composition of pork loin chops as affected by type of culinary frying fat. **Swiss Society of Food Science and Technology**, v.38, p. 726 - 734, 2005.

RAVELLI, D.; MATSUOKA, C.R.; MODESTA, R.C.D., VIEIRA, T.M.F.S., REGITANO-D'ARCE, M.A.B. Determination of deep frying soybean oil disposal point by a sensory method. **Journal of the American Oil Chemists` Society**, v.75, n.2, 2009.

REDA, S.Y.; CARNEIRO, P.I.B. Óleos e gorduras: aplicação e implicações. **Revista Analytica**, n.27, fev./mar. 2007.

ROMERO, A.; CUESTA, C.; SÁNCHEZ-MUNIZ, F.J. Effect of oil replenishment during deep-fat frying of frozen foods in sunflower oil and high-oleic acid sunflower oil. **Journal of the American Oil Chemists` Society**, v.75, n.2, 1998.

ROSENTHAL, A.J. **Food Texture: measurement and perception**. Aspen Publishers, 1999. 311 p.

ROSSI, M.; ALAMPRESE, C.; RATTI, S.; RIVA, M. Suitability of contact angle measurement as an index of overall oil degradation and oil uptake during frying. **Food Chemistry**, n.112, p. 448-453, 2009.

SAGUY, I.S.; DANA, D. Integrated approach to deep fat frying: engineering, nutrition, health and consumer aspects. **Journal of Food Engineering**, v.56, p. 143-152, 2003.

SAKATA, M.; TAKAHASHI, Y.; SONEHARA, M. Quality of fried foods with palm oil. **Journal of the American Oil Chemists` Society**, v.62, n.2, 1985.

SÁNCHEZ-GIMENO, A.C.; NEGUERUELA, A.I.; BENITO, M.; VERCET, A.; ORIA, R. Some physical changes in Bajo Aragón extra virgin olive oil during the frying process. **Food Chemistry**, v.110, p. 654 - 658, 2008.

SANIBAL, E.A.A.; MANCINI-FILHO, J. Frying oil fat quality measure by chemical, physical, and test kit analyses. **Journal of the American Oil Chemists` Society**, v.81, n.9, 2004.

SANTOS, C.M.; MACHADO, C.R.; GONZALEZ, W.A. **Causa do Aumento da Acidez do Óleo Bruto durante o Armazenamento**. Instituto Militar de Engenharia – Seção Química, Rio de Janeiro, 2000.

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

SAS Institute Inc. (1989). PC – SAS Version 6.0. Cary, NC: **Statistical Analysis System Institute**.

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

SINGH, R.P. Heat and mass transfer in foods during deep-fat frying. **Food Technology**, p.134-137, abril – 1995.

STATSOFT. STATISTICA for Windows – Computer program manual. Tulsa: Statsoft Inc., 2004.

UEMURA, C.H.; LUZ, M.B. Sistemas de cobertura. **Aditivos & Ingredientes**, v.28, p. 71-74, 2003.

VIJAYAN, J., SLAUGHTER, D.C., SINGH, R. P. Optical properties of corn oil during frying. **International Journal of Food Science and Technology**, n.31 p. 353-358, 1996.

ANEXOS

ANEXO 1 – Valores médios e desvio padrão de índice de acidez, índice de refração, compostos polares e viscosidade 20 rpm de óleo de palma utilizado na pré- fritura contínua de produtos cárneos empanados de frango – tipo “snacks”.

Amostras*	Índice de Acidez (% em ácido oleico)	Índice de Refração	Compostos Polares (%)	Viscosidade 20 rpm (cp)
1.1	0,21 ± 0,02	1,4610 ± 0,00	6,8 ± 0,06	56,7 ± 0,06
1.2	0,26 ± 0,01	1,4632 ± 0,00	7,0 ± 0,19	57,4 ± 0,30
1.3	0,35 ± 0,03	1,4610 ± 0,00	8,8 ± 0,16	57,1 ± 0,31
2	0,40 ± 0,02	1,4614 ± 0,00	9,0 ± 0,10	57,2 ± 0,26
3	0,26 ± 0,03	1,4632 ± 0,00	8,8 ± 0,05	59,4 ± 0,41
4	0,27 ± 0,04	1,4650 ± 0,00	9,7 ± 0,09	59,6 ± 0,18
5	0,31 ± 0,02	1,4650 ± 0,00	10,8 ± 0,06	58,3 ± 0,14
6	0,28 ± 0,02	1,4652 ± 0,00	10,7 ± 0,03	57,5 ± 0,05
7.1	0,33 ± 0,02	1,4632 ± 0,00	11,4 ± 0,21	57,6 ± 0,42
7.2	0,50 ± 0,07	1,4644 ± 0,00	12,4 ± 0,05	56,5 ± 0,13
7.3	0,38 ± 0,01	1,4682 ± 0,00	12,4 ± 0,06	56,5 ± 0,13
8	0,35 ± 0,02	1,4634 ± 0,00	12,1 ± 0,09	57,9 ± 0,23
9	0,30 ± 0,01	1,4674 ± 0,00	12,6 ± 0,10	57,0 ± 0,19
10	0,32 ± 0,00	1,4672 ± 0,00	12,4 ± 0,07	58,2 ± 0,51
11	0,24 ± 0,01	1,4662 ± 0,00	12,8 ± 0,09	57,6 ± 0,31
12	0,32 ± 0,04	1,4644 ± 0,00	13,1 ± 0,07	57,3 ± 0,07
13.1	0,42 ± 0,02	1,4680 ± 0,00	13,7 ± 0,05	57,4 ± 0,23
13.2	0,54 ± 0,04	1,4672 ± 0,00	13,3 ± 0,07	56,8 ± 0,36
13.3	0,64 ± 0,06	1,4672 ± 0,00	13,6 ± 0,05	57,7 ± 0,56
14	0,38 ± 0,05	1,4670 ± 0,00	13,6 ± 0,05	57,7 ± 0,14
15	0,45 ± 0,04	1,4670 ± 0,00	13,7 ± 0,08	57,6 ± 0,29
16	0,46 ± 0,05	1,4670 ± 0,00	13,7 ± 0,08	57,5 ± 0,12
17	0,54 ± 0,03	1,4670 ± 0,00	14,1 ± 0,03	58,5 ± 0,28
18	0,43 ± 0,05	1,4664 ± 0,00	15,0 ± 0,06	58,7 ± 0,19
19.1	0,50 ± 0,07	1,4670 ± 0,00	14,9 ± 0,05	59,5 ± 0,12
19.2	0,49 ± 0,11	1,4660 ± 0,00	15,2 ± 0,03	58,5 ± 0,14
19.3	0,42 ± 0,05	1,4650 ± 0,00	15,4 ± 0,04	57,9 ± 0,17
20	0,37 ± 0,01	1,4654 ± 0,00	15,5 ± 0,06	58,5 ± 0,33
21	0,39 ± 0,02	1,4660 ± 0,00	15,8 ± 0,03	58,4 ± 0,22
22	0,30 ± 0,04	1,4672 ± 0,00	16,0 ± 0,06	58,6 ± 0,13
23	0,17 ± 0,01	1,465 ± 0,00	16,2 ± 0,04	59,2 ± 0,31
24.1	0,42 ± 0,05	1,4680 ± 0,00	16,9 ± 0,03	57,9 ± 0,21
24.2	0,24 ± 0,04	1,4680 ± 0,00	17,2 ± 0,09	57,6 ± 0,24
24.3	0,38 ± 0,09	1,4680 ± 0,00	17,3 ± 0,05	57,8 ± 0,43

* Primeiro número corresponde ao dia de coleta e o segundo número ao turno de produção.

ANEXO 2 – Valores médios e desvio padrão dos parâmetros L*, a*, b*, A 232 nm e A268 nm do óleo de palma utilizado na pré-fritura contínua de produtos cárneos empanados de frango – tipo “snacks”.

Amostras	L*	a*	b*	A _{232 nm}	A _{268 nm}
1.1	42,05 ± 0,25	-1,28 ± 0,05	12,66 ± 0,58	2,908 ± 0,017	0,839 ± 0,015
1.2	40,78 ± 0,23	-1,18 ± 0,04	12,41 ± 0,51		
1.3	39,45 ± 0,33	-0,66 ± 0,05	15,10 ± 0,58		
2	39,34 ± 0,09	-0,22 ± 0,04	16,51 ± 0,28		
3	38,53 ± 0,14	-0,41 ± 0,04	14,79 ± 0,44		
4	38,19 ± 0,18	-0,50 ± 0,05	13,93 ± 0,44		
5	39,60 ± 0,16	-1,15 ± 0,01	11,54 ± 0,28		
6	39,89 ± 0,12	-1,00 ± 0,02	12,37 ± 0,42	3,558 ± 0,02	1,145 ± 0,02
7.1	39,66 ± 0,41	-0,36 ± 0,05	14,64 ± 0,42		
7.2	40,64 ± 0,16	-0,65 ± 0,04	13,20 ± 0,32		
7.3	40,90 ± 0,15	-0,80 ± 0,05	14,42 ± 0,69		
8	40,36 ± 0,15	-0,71 ± 0,06	13,62 ± 0,43		
9	40,29 ± 0,24	-0,23 ± 0,07	15,49 ± 0,52		
10	40,08 ± 0,10	-0,44 ± 0,10	14,32 ± 0,52		
11	39,50 ± 0,22	-0,70 ± 0,04	13,22 ± 0,37		
12	39,64 ± 0,07	-0,73 ± 0,11	13,96 ± 0,70	3,404 ± 0,01	1,158 ± 0,01
13.1	39,97 ± 0,05	-0,70 ± 0,13	14,38 ± 0,61		
13.2	40,59 ± 0,30	-0,69 ± 0,08	14,48 ± 0,77		
13.3	40,07 ± 0,63	-0,92 ± 0,03	12,30 ± 0,69		
14	39,61 ± 0,06	-0,64 ± 0,03	13,27 ± 0,32		
15	39,95 ± 0,26	-0,83 ± 0,04	12,94 ± 0,18		
16	40,01 ± 0,05	-0,74 ± 0,02	12,89 ± 0,34		
17	39,13 ± 0,15	-0,39 ± 0,10	15,01 ± 0,44		
18	38,62 ± 0,12	-0,35 ± 0,05	14,37 ± 0,36		
19.1	37,68 ± 0,09	0,31 ± 0,08	16,15 ± 0,34		
19.2	38,40 ± 0,13	-0,30 ± 0,05	15,35 ± 0,29		
19.3	39,36 ± 0,08	-0,81 ± 0,03	14,36 ± 0,46		
20	38,51 ± 0,12	-0,61 ± 0,07	13,67 ± 0,45		
21	39,34 ± 0,14	-0,88 ± 0,09	13,40 ± 0,50		
22	38,40 ± 0,21	-0,44 ± 0,08	14,41 ± 0,65		
23	38,29 ± 0,21	-0,42 ± 0,07	15,15 ± 0,45		
24.1	39,27 ± 0,07	-0,76 ± 0,01	13,34 ± 0,30		
24.2	40,24 ± 0,13	-0,65 ± 0,03	14,28 ± 0,56	3,123 ± 0,02	0,909 ± 0,01
24.3	40,22 ± 0,21	-0,73 ± 0,03	13,89 ± 0,38	2,906 ± 0,04	0,941 ± 0,01

* Primeiro número corresponde ao dia de coleta e o segundo número ao turno de produção.