

**SECRETARIA DE ESTADO DA SAÚDE
PROGRAMA DE APRIMORAMENTO PROFISSIONAL**

DANIELA DE OLIVEIRA

**ANÁLISE COMPARATIVA DAS ALTERAÇÕES FÍSICO-QUÍMICAS DE ÓLEOS
VEGETAIS (CANOLA, GIRASSOL, MILHO E SOJA) SUBMETIDOS AO
PROCESSO DE FRITURA DE ALIMENTOS DE ORIGEM VEGETAL: UMA
REVISÃO DE LITERATURA**

MARÍLIA

2011

**SECRETARIA DE ESTADO DA SAÚDE
PROGRAMA DE APRIMORAMENTO PROFISSIONAL**

DANIELA DE OLIVEIRA

**ANÁLISE COMPARATIVA DAS ALTERAÇÕES FÍSICO-QUÍMICAS DE ÓLEOS
VEGETAIS (CANOLA, GIRASSOL, MILHO E SOJA) SUBMETIDOS AO
PROCESSO DE FRITURA DE ALIMENTOS DE ORIGEM VEGETAL: UMA
REVISÃO DE LITERATURA**

Monografia apresentada ao Programa de Aprimoramento Profissional/SES, elaborada na Faculdade de Medicina de Marília em Nutrição Clínica, sob a orientação do Prof. Dr. Agnaldo Bruno Chies

Área: Nutrição Clínica.

MARÍLIA
2011

Oliveira, Daniela de
O48a Análise comparativa das alterações físico-químicas de óleos vegetais (canola, girassol, milho e soja) submetidos ao processo de fritura de alimentos de origem vegetal: uma revisão de literatura. - - Marília, SP: [s.n.], 2011. f. 34.

Orientador: Prof. Dr. Agnaldo Bruno Chies

Trabalho de Conclusão de Curso (Programa de Aprimoramento Profissional) – Secretaria de Estado da Saúde, elaborado na Faculdade de Medicina de Marília.
Área: Nutrição Clínica.

1. Óleos vegetais. 2. Análise físico-química.

Daniela de Oliveira

Análise comparativa das alterações físico-químicas de óleos vegetais (Canola, Girassol, Milho e Soja) submetidos ao processo de fritura de alimentos de origem vegetal: uma revisão de literatura

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Programa de
Aprimoramento Profissional/SES,
elaborado na Faculdade de Medicina de
Marília em Nutrição Clínica.
Área: Nutrição Clínica

Comissão de Aprovação:

Prof. Dr. Agnaldo Bruno Chies
Orientador – Faculdade de Medicina de Marília - FAMEMA

Mércia Santana Rezende Mattos
Coordenadora PAP – Nutrição Clínica
Faculdade de Medicina de Marília - FAMEMA

Profª Drª Roseli Vernasque Bettini
Coordenadora PAP SES/FUNDAP
Faculdade de Medicina de Marília - FAMEMA

Data de Aprovação: _____

Dedico a Deus, meu refúgio e força, onde sempre encontrei respostas para os meus problemas.

A minha mãe exemplo de determinação e coragem que sempre me incentivou a buscar meus objetivos.

A todos meus amigos que apoiaram para realização deste trabalho.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus que me concedeu a oportunidade de poder estar inserida no Programa de Aprimoramento Profissional, pela minha saúde e todas minhas alegrias.

Agradeço a minha mãe pela paciência e compreensão em todos os momentos.

Agradeço ao meu orientador Prof. Dr. Agnaldo Bruno Chies pela confiança depositada desde o início, pela competência que me orientou e conferiu conhecimentos intelectuais, os quais foram muito importantes, pois contribuíram para uma pesquisa mais ampla e enriquecedora. Sou lhe imensamente grata.

Agradeço a minha amiga Dayane que sempre esteve presente em todos os momentos durante o decorrer deste trabalho pela nossa vivência compartilhada, nossas conversas, risadas e indecisões. Amizade que levarei para sempre. E também a todos os meus colegas do aprimoramento.

Agradeço a todas nutricionistas/supervisoras do Setor de Nutrição e Dietética do Hospital de Clínicas de Marília - SP, que contribuíram de maneira direta ou indireta não só para composição deste trabalho como também para minha formação profissional. Obrigada por todo carinho e atenção.

Agradeço a todos colaboradores do Serviço de Nutrição e Dietética do Hospital de Clínicas de Marília – SP.

Agradeço a todos os funcionários da biblioteca em especial as bibliotecárias Josefia (Jó) e Cláudia por toda paciência e atenção em todos os momentos de solicitações de seus serviços.

Agradeço a Prof. Dra. Silvia por toda dedicação ao longo de todo curso na Faculdade de Medicina de Marília – Famema.

À FUNDAP e Secretaria de Estado da Saúde de São Paulo pela bolsa concedida.

À FAMEMA, pela oportunidade de realizar este Programa de Aprimoramento Profissional.

A todos que, de alguma maneira, contribuíram para conclusão deste trabalho.

“O valor das coisas não está no tempo em que duram, mas na intensidade com que acontecem. Por isso existem momentos inesquecíveis, coisas inexplicáveis e pessoas incomparáveis”.

(Fernando Pessoa)

RESUMO: A fritura é uma das técnicas culinárias que vem apresentando destaque nos dias atuais. Tratar-se de um processo extremamente prático e eficiente e promove características sensoriais e nutricionais positivas ao alimento. Entretanto os óleos utilizados neste processo podem sofrer uma série de reações de degradação, que modificam as qualidades funcionais e nutricionais do alimento frito, podendo torná-lo impróprio ao consumo humano. Diante deste fato o presente objetivou, com base em uma revisão da literatura, realizar uma análise comparativa das alterações físico-químicas apresentadas pelos óleos de canola, girassol, milho e soja durante o processo de fritura. Com base nas informações levantadas, pode-se concluir que todos os óleos vegetais apresentam modificações físico-químicas durante o processo de fritura. Contudo, o óleo de girassol apresentou modificações ligeiramente mais acentuadas ao longo do processo de fritura, quando comparado aos óleos de soja e milho.

Descritores: Óleos vegetais, Análise físico-química.

ABSTRACT: The frying is one of the culinary techniques that has shown highlighted today. This is an extremely practical and effective and promotes positive nutritional and sensory properties to food. However the oils used in this process can undergo a series of degradation reactions, which modify the nutritional and functional qualities of fried food and may make it unfit for human consumption. Given this fact this objective, based on a literature review, conduct a comparative analysis of physical and chemical changes submitted by canola, sunflower, corn and soybeans during the frying process. Based on the information gathered, we can conclude that all vegetable oils have physical and chemical changes during the frying process. However, sunflower oil showed slightly more pronounced changes throughout the frying process when compared to soybean and corn.

Keywords: Vegetable oils, Physicochemical analysis

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	9
2 OBJETIVO GERAL	12
2.1 ESPECÍFICOS:	12
3 RECURSOS METODOLÓGICOS	13
4 REVISÃO DE LITERATURA	14
4.1 PROPRIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS INICIAIS QUE DEVEM APRESENTAR OS ÓLEOS VEGETAIS DESTINADOS AO CONSUMO HUMANO.....	14
4.2 PRINCIPAIS MODIFICAÇÕES FÍSICO-QUÍMICAS QUE OCORREM NOS ÓLEOS VEGETAIS DURANTE O PROCESSO DE FRITURA: HIDRÓLISE, OXIDAÇÃO E POLIMERIZAÇÃO	16
4.3 MÉTODOS DE AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DOS ÓLEOS VEGETAIS SUBMETIDOS AO DE PROCESSO DE FRITURA.....	20
4.4 CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DOS ÓLEOS VEGETAIS ESTUDADOS OBSERVADAS DURANTE O PROCESSO DE FRITURA	22
4.4.1 ÁCIDOS GRAXOS LIVRES	22
4.4.2 COMPOSTOS POLARES TOTAIS.....	24
4.4.3 ÍNDICE DE PERÓXIDO	27
4.4.4 ÍNDICE DE REFRAÇÃO.....	29
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	30
REFERÊNCIAS.....	33

1 INTRODUÇÃO

Os lipídeos biológicos constituem um grupo de compostos que, apesar de quimicamente diferentes entre si, exibem, como características definidora e comum, insolubilidade em água. As funções biológicas dos lipídeos são tão diversas quanto a sua química. Em muitos organismos, gorduras e óleos são as principais formas de armazenamento de energia. Porém, outros lipídeos como fosfolipídios e esteróis são os principais elementos estruturais de membranas celulares. Os lipídeos, mesmo quando presentes em quantidades relativamente pequenas, também têm papéis cruciais como co-fatores enzimáticos, transportadores de elétrons, pigmentos que absorvem radiação luminosa, agentes emulsificantes, hormônios e mensageiros intracelulares (BOBBIO; BOBBIO, 1992; NELSON, 2002).

As gorduras, reservatórios de energia nos organismos vivos, são derivados de ácidos graxos que, por sua vez, são constituídos por ácidos carboxílicos com cadeias hidrocarbonadas de comprimento entre 4 e 36 carbonos. Em alguns ácidos graxos essa cadeia é totalmente saturada (não contém duplas ligações) enquanto em outras, podem apresentar uma ou mais duplas ligações, caracterizando assim as insaturações da cadeia carbônica. Algumas poucas cadeias contêm anéis de três carbonos, grupo hidroxila ou ramificações através do grupo metila (BOBBIO; BOBBIO, 1992; NELSON, 2002).

Os lipídeos mais simples, construídos a partir de ácidos graxos, são os triacilgliceróis, também chamados triglicerídeos, gorduras ou gorduras neutras. Triacilgliceróis são compostos de três ácidos graxos, cada um em ligação éster com o mesmo glicerol. Aqueles contendo o mesmo tipo de ácido graxo em todas as três posições são classificados como triacilgliceróis simples e sua nomenclatura é derivada do ácido graxo que o constitui (NELSON, 2002).

Os lipídeos de uma maneira geral, quer seja na forma de óleos ou gorduras (denominados genericamente “óleos” no presente estudo), são amplamente utilizados na culinária brasileira, sobretudo no processo de fritura. Com efeito, a fritura é um processo rápido de preparação de alimentos e que confere aos mesmos características únicas de odor, sabor, textura e crocância (CELLA; REGITANO-D'ARCE; SPOTO, 2002). Neste sentido, observa-se um aumento significativo no consumo deste tipo de preparação, tão palatável e prático, ideal ao padrão de consumo das sociedades ocidentais (MASSON et al. ,1999; JORGE, 1996).

Apesar destes atributos que são conferidos aos alimentos durante este tipo de preparação, é importante levar em conta as diversas modificações físico-químicas sofridas pelas moléculas lipídicas durante o processo de fritura (DOBARGANES; PÉREZ-CAMINO; MÁRQUEZ-RUIZ, 1989). Estas modificações podem levar ao surgimento de substâncias altamente tóxicas e, portanto, tem sido feito um controle de qualidade cada vez mais rigoroso do processo de produção dos alimentos a fim de minimizar a ingestão destas substâncias na dieta (JORGE; JANIERI, 2005).

Infelizmente, não há uma maneira única e simples de definir o momento em que óleo de fritura está alterado a ponto de ser inadequado ao consumo humano e, portanto, quando este deve ser descartado (CELLA; REGITANO-D'ARCE; SPOTO, 2002). Alguns países como Bélgica, França, Alemanha, Suíça, Holanda, Estados Unidos e Chile têm regulamentações específicas sobre o grau de alterações físico-químicas aceitáveis nos óleos utilizados no processo de fritura, bem como para estabelecer o momento de descarte dos mesmos. Contudo, no Brasil e em muitos outros países, não existem regulamentações a este respeito. Considera-se que óleos deteriorados pelo processo de fritura devem ser descartados quando o seu teor de compostos polares encontra-se acima de 25%, limite geralmente

estabelecido nas legislações internacionais (FIRESTONE et al. 1991). Outro parâmetro considerado é a porcentagem de ácidos graxos livres, para os quais, alguns países estabelecem limites máximos em torno de 1 e 2,5%. (MASSON et al. 1999; PAUL & MITTAL, 1997).

Como não existem normativas específicas a este respeito no Brasil, em dezembro de 2003, a Agência de Vigilância Sanitária – ANVISA foi acionada no sentido de se criar uma Norma Brasileira que disponha sobre a utilização e descarte de óleos e gorduras utilizados para fritura. De acordo com esta solicitação, a quantidade de ácidos graxos livres não deveria ser superior a 0,9%, o teor de compostos polares não deveria ser superior a 25% e os teores de ácido linolênico, presentes nas frituras, não deveriam ultrapassar o limite de 2%. Juntamente com a solicitação, laudos de análises de óleos coletados em estabelecimentos comerciais da cidade de São Paulo foram encaminhados. Estes laudos, porém, foram considerados insuficientes para o estabelecimento de tais parâmetros que deve ser precedido de uma avaliação de risco mais aprofundada. Assim, foi constituído um Grupo Técnico Ad Hoc (GT) composto por especialistas de Universidades e Institutos de Pesquisas para tratar exclusivamente das alterações causadas nos óleos vegetais durante o processo de fritura (BRASIL, 2004).

Entretanto diante das dificuldades encontradas no sentido de estabelecer Regulamento Técnico específico e com o propósito de se minimizar a decomposição do óleo, prolongar sua vida útil e reduzir os fatores de risco à saúde, o GT propôs-se primeiramente a trabalhar na elaboração da Resolução RDC nº 216, de 15 de setembro de 2004 que disponham sobre Boas Práticas de Fabricação (BPF) para utilização e descarte de óleos utilizados em frituras (BRASIL, 2004). Além das BPF, o Brasil conta também com a Portaria CVS 6/99 que embora disponha de maneira

muito genérica sobre a qualidade dos óleos submetidos ao processo de fritura, contribui para que os estabelecimentos utilizem-se de critérios subjetivos (alteração de coloração, viscosidade, formação de odor desagradável, além da produção de fumaça e espuma) para detectar o momento do descarte do óleo (BRASIL, 2004; BRASIL, 1999).

Sabendo que características físico-químicas dos óleos vegetais podem ser alteradas durante o processo de fritura e interferir na qualidade final do óleo destinado ao consumo humano, propusemo-nos no presente estudo rever de forma crítica a literatura e, assim, contribuir com esta discussão.

2 OBJETIVO GERAL

Estudar as características físico-químicas dos óleos vegetais utilizados no preparo de alimentos, com ênfase no processo de fritura.

2.1 ESPECÍFICOS:

- ✓ Levantar as propriedades físico-químicas que devem apresentar os óleos vegetais destinados ao preparo de alimentos para o consumo humano.
- ✓ Descrever as modificações físico-químicas que ocorrem nos óleos vegetais durante o processo de fritura
- ✓ Com base nos objetivos específicos 1 e 2, comparar os principais óleos vegetais utilizados na culinária brasileira quanto à capacidade de manter suas propriedades físico-químicas durante o processo de fritura.

3 RECURSOS METODOLÓGICOS

O presente trabalho foi estruturado a partir de uma revisão de literatura, conforme o conceito definido por Luna (2002). Este autor considera que a revisão pode constituir, por ela mesma, um trabalho de pesquisa, e é parte importante do processo de formulação de um problema.

Ressalva-se, contudo, levando em consideração a finalidade e a limitação necessária à realização deste trabalho de conclusão de curso, necessitou-se estabelecer critérios, os quais definem os limites da pesquisa. Desta forma, situamos esta revisão mais como um recorte pontual sobre o tema do que como uma revisão sistemática (ampla), podendo esta servir como base para pesquisas posteriores e de maior abrangência.

Primeiramente, realizamos a busca e a compilação das fontes, o fichamento e por fim a análise do material bibliográfico. Em relação à estratégia de busca foram consultados artigos de periódicos e artigos indexados na base de dados LILACS e SCIELO disponível na Biblioteca Virtual de Saúde.

A pesquisa na base citada configurou-se a partir do cruzamento de palavras *óleo \$ and fritura \$* (truncado). As palavras foram truncadas para que se pudesse abranger o maior número de termos possivelmente utilizados em relação ao tema de interesse, bem como suas variantes singular, plural, feminino e masculino.

Uma vez feita à pesquisa na base de dados, obteve-se uma lista de resumos, os quais foram lidos e selecionados a partir da referência, explícita no título, no resumo ou nos descritores. Uma vez selecionados os resumos, recuperou-se os artigos na íntegra referentes a estes resumos. Os artigos foram recuperados através da internet, em bibliotecas ou solicitados pelo serviço de comutação entre bibliotecas. Ao final, de acordo com os critérios expostos, doze artigos compuseram

o que denominamos a fonte bibliográfica da pesquisa, constituindo o material que foi posteriormente analisado.

Na segunda etapa, denominada categorização, organizou-se o material lido em tópicos segundo critérios de repetição (elementos em comum entre os artigos) e relevância (destaque de um elemento considerado relevante, mesmo que apontado apenas em um artigo). Na última etapa, fez-se a interpretação dos dados colhidos na literatura, discutindo-os e buscando gerar uma nova contribuição sobre o assunto.

A seguir, são apresentados os capítulos com a análise e a discussão do tema proposto.

4 REVISÃO DE LITERATURA

4.1 PROPRIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS INICIAIS QUE DEVEM APRESENTAR OS ÓLEOS VEGETAIS DESTINADOS AO CONSUMO HUMANO

Os parâmetros de qualidade adotados para a comercialização de óleos vegetais destinado ao consumo humano no Brasil são determinados pela RDC nº 270, de 22 de setembro de 2005. De acordo com esta resolução, os óleos destinados ao preparo de alimentos para seres humanos devem apresentar algumas características físico-químicas que indicam a qualidade do produto. Considerando que estas características podem sofrer modificações durante o aquecimento, os parâmetros da RDC nº 270 são válidos para o momento da comercialização, ou seja, antes que estes óleos sejam submetidos ao aquecimento inerente ao preparo de alguns alimentos.

A resolução RDC nº 270 define óleos vegetais como:

[...] produtos constituídos principalmente de glicerídeos de ácidos graxos de espécie(s) vegetal (is). Podem conter pequenas quantidades de outros lipídeos como fosfolipídeos, constituintes insaponificáveis e ácidos graxos livres naturalmente presentes no óleo ou na gordura. Os óleos vegetais se apresentam na forma líquida à temperatura de 25°C e as gorduras vegetais se apresentam na forma sólida ou pastosa à temperatura de 25°C.

A mesma resolução RDC nº 270 define alguns parâmetros físico-químicos que devem ser obedecidos para a comercialização de óleos vegetais destinado ao preparo de alimentos para consumo humano: “Acidez: óleos e gorduras refinados: máximo 0,6 mg KOH/g; Índice de peróxidos para óleos e gorduras refinadas: máximo 10 meq/kg” (BRASIL, 2005).

Está demonstrado na tabela 1 as características físico-químicas dos principais óleos vegetais disponíveis no mercado brasileiro, comumente utilizados na fritura de batatas, que são objetos de discussão do presente estudo. Estas características físico-químicas referem-se à composição dos óleos no momento da comercialização, portanto, antes do aquecimento. Com base nestes dados, podemos concluir que todos os óleos comercializados no país encontram-se dentro dos parâmetros estabelecidos pela legislação brasileira quanto à concentração de peróxidos, podendo ser considerados óleos de boa qualidade para consumo humano quanto este índice.

Tabela 1. Características físico-químicas dos óleos de girassol, milho e soja

Determinações físico-químicas	Óleo de Girassol	Óleo de Milho	Óleo de Soja
Ácidos graxos livres (% em ácido oléico)	0,13	0,11	0,09
Índice de peróxidos (meq/Kg)	0,99	1,00	3,21
Índice de refração (40° C)	1,44679	1,4657	1,4671
Compostos polares totais (%)	3,10	3,20	5,09
Composição de ácidos graxos (%)			
Ácido Palmítico (C 16:0)	6,66	12,00	12,66
Ácido Estéarico (C18:0)	4,32	2,90	3,96
Ácido Oléico (C 18:1 n9)	21,09	32,20	23,61
Ácido linoléico (C 18:2 n6)	67,78	52,20	55,26
Acido linolênico (C 18:3 n3)	0,15	0,70	4,52

Fonte: jorge et al. (2005, p. 948).

4.2 PRINCIPAIS MODIFICAÇÕES FÍSICO-QUÍMICAS QUE OCORREM NOS ÓLEOS VEGETAIS DURANTE O PROCESSO DE FRITURA: HIDRÓLISE, OXIDAÇÃO E POLIMERIZAÇÃO

Como visto anteriormente a fritura é uma das técnicas culinárias que vem apresentando destaque nos dias atuais. Tratar-se de um processo extremamente prático e eficiente promovendo características sensoriais e nutricionais positivas ao alimento (JORGE, 1996). O processo de fritura é considerado complexo, onde o alimento é submerso em óleo quente e este age como meio de transferência de calor, conferindo ao alimento características agradáveis de cor, sabor, textura e palatabilidade. Apesar de levar a estas modificações positivas, o processo também

desencadeia uma série de reações de degradação, que modificam as qualidades funcionais e nutricionais do alimento, podendo tornar este produto desprovido de qualidade desejada e até impróprio ao consumo humano (MÁRQUEZ-RUIZ; PÉREZ-CAMINO; DOBARGANES, 1990).

A qualidade dos óleos vegetais durante o processo de fritura é diretamente influenciada pelo binômio tempo/temperatura de fritura. O tempo e a temperatura de aquecimento são fatores preponderantes no processo de fritura já que influenciam consideravelmente o nível de alteração do óleo. O tempo de fritura necessário para o desenvolvimento de cor e textura adequadas no alimento depende da temperatura empregada. Portanto, um tempo de aquecimento curto proporciona uma formação limitada de produtos de degradação, enquanto que em um tempo de aquecimento mais longo, observa-se de forma mais evidente o surgimento destes compostos JORGE (1997). A relação superfície/volume também influencia a qualidade dos óleos vegetais durante o processo de fritura. De fato, quanto maior for esta razão, maior será a superfície de contato do óleo com ar, o que pode favorecer o processo de oxidação e, assim, afetar consideravelmente a qualidade do óleo (YOON et al., 1985; DEL RÉ et al., 2003; MALACRIDA; JORGE, 2005).

De fato, o aquecimento dos óleos vegetais durante a frituração promove uma complexa série de reações produzindo numerosos compostos de degradação. Mais de 400 compostos químicos diferentes têm sido identificados em óleos de frituras deteriorados (CORSINI, M. S.; JORGE, N. 2008). As alterações químicas podem decorrer de três tipos diferentes de reação: os óleos podem hidrolisar-se para formar ácidos graxos, monoacilglicerol e diacilglicerol; podem oxidar-se e levar a formação dos peróxidos, hidróxidos e cetonas; ou podem decompor-se em pequenos fragmentos ou permanecer na molécula do triacilglicerol e se associarem,

conduzindo a triacilglicerois diméricos e poliméricos (SANIBAL; MANCINI-FILHO, 2001; SCHILLER, et al., 2002).

Durante a frituração, o alimento absorve grande quantidade de energia térmica do óleo e, por consequência, parte da água presente no alimento é liberada e incorporada no óleo. Esta água pode romper ligações éster do triglicerídeo e formar mono e diglicerídeo ou ainda glicerol e ácidos graxos livres, caracterizando o processo de hidrólise (AYLÓN, 2009; BOSKOU; ELMADFA, 1999; MACHADO; GARCIA; ABRANTES, 2008). Os ácidos graxos insaturados de cadeia curta e média são particularmente susceptíveis à hidrólise por serem mais solúveis em água comparados aos ácidos graxos de cadeia longa e saturados (AYLÓN, 2009; BELITZ; GROSCH; SCHIEBERLE, 2004).

No processo de fritura também pode ocorrer reações de oxidação dos lipídios. A oxidação é um processo degradativo que ocorre quando o oxigênio atmosférico ou aquele que está dissolvido no óleo reage com ácidos graxos insaturados. Neste sentido, a insaturação dos óleos vegetais tem sido considerada há muito tempo, como uma das variáveis mais importantes, devido à elevada reatividade dos ácidos graxos insaturados frente às reações oxidativas (STEVENSON; VAISEY-GENSER; ESKIN 1984). Estes autores lembram que a literatura recomenda, a para uso em frituras, a utilização de gorduras de insaturação média ou baixa, de elevada qualidade inicial e isenta de pró-oxidantes. Quando se compara óleos semelhantes, com baixo grau de insaturação, esperara-se alta estabilidade quando utilizadas no preparo de frituras. Todavia, pode-se observar diferentes resultados dependendo de sua qualidade inicial destes óleos (DOBARGANES; PÉREZ-CAMINO 1991).

Os subprodutos formados em temperaturas mais elevadas são classificados em voláteis, que são moléculas de baixo peso molecular como cetonas, ésteres, alcoóis e hidrocarbonetos de cadeia curta e não voláteis como os triacilgliceróis oxidados, dímeros, trímeros e polímeros de triacilglicerol, contribuindo para escurecimento, aumento da viscosidade, incrementação na formação de espumas e promovendo o desenvolvimento de sabor e aromas indesejáveis (FRITSCH, 1981; MONFERRER & VILLALTA, 1993; CHOE & MIN, 2006).

As reações de oxidação de lipídeos podem ser favorecidas e/ou intensificadas pela incidência de luz, que atua como catalisador MONOFERRER; VILLALTA (1993). É interessante relatar também que a rápida perda de antioxidantes presentes nos óleos, durante o processo de fritura, estimula o início da fase de oxidação. Por isso, as indústrias se preocupam em manter os níveis de antioxidantes naturais no processo de refino, a fim de se evitar uma iniciação rápida de oxidação na fritura (BARRERA-ARELLANO et al., 2002; SCHILLER et al., 2002).

A polimerização é outro processo que ocorre em elevadas temperaturas, pelo rearranjo dos produtos que se formam durante a fritura. Este processo gera outros produtos, de maior peso molecular e polaridade, provocando alteração na viscosidade, cor, formação de espuma, diminuição da capacidade condutiva de energia, além das perdas nutricionais e organolépticas (BLUMENTHAL, 1991; BOSKOU; ELMADFA, 1999; VERGARA et al., 2006).

Com a formação dos dímeros pelo processo de oxidação, outros ácidos graxos com duplas ligações do triglicerídeo reagem formando trímeros, dando sequência à polimerização. Ocorre também a formação de monômeros cíclicos, com a abstração de um hidrogênio em posição alílica, seguido da adição intramolecular do radical livre à dupla ligação. Todos esses compostos

desencadeiam alterações físico-químicas no óleo que diminuem sua qualidade e contribuem para maior absorção do óleo pelo alimento (VILLALTA; MONOFERRER; 1993).

4.3 MÉTODOS DE AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DOS ÓLEOS VEGETAIS SUBMETIDOS AO DE PROCESSO DE FRITURA.

Como visto anteriormente, não existe no Brasil uma regulamentação dos parâmetros que determinam o momento para o descarte de óleos vegetais que apresentam alterações durante o período de fritura. Assim, não há uma única maneira de se definir o momento exato para o descarte, pois vários alimentos são fritos em diferentes tipos de óleo, em diversos tipos de fritadeiras e sob condições diferentes de operação, que determinam velocidades distintas de degradação. Portanto um método específico pode ser bom para avaliar um determinado sistema e não ser aplicável a outro (FRITSCH 1981; WHITE 1991; STEVENSON 1984).

A determinação dos compostos polares tem sido proposta por vários autores como um dos melhores métodos para determinação do estado de alteração do óleo de fritura. Este método consiste em separar a amostra de óleo em duas frações, com base na diferença de polaridade de seus componentes, utilizando a cromatografia de adsorção. A fração apolar contém lipídios não degradados enquanto, na fração polar, concentram-se os componentes de degradação ou compostos polares. Esta determinação fornece uma idéia do nível global de alteração total produzida pelas diferentes variáveis envolvidas no processo (POZO-DÍEZ,1995).

Os ácidos graxos livres são produtos resultantes de reações hídrolíticas e, ainda que em pequenas quantidades, também podem ser produzidos por reações oxidativas. Análise de ácidos graxos livres é considerado um método rápido e

simples e também poderia ser um bom parâmetro para controle da alteração dos óleos no sistema de fritura. Contudo, as proporções de ácidos graxos livres varia dependendo da matéria-prima utilizada, o que compromete a eficácia deste método para a determinação do momento de descarte dos óleos (STEVENSON; VAISEY-GENSER; ESKIN, 1984). Estes autores também salientam que existem questionamentos na literatura acerca importância da análise dos ácidos graxos livres como forma de monitoramento da degradação dos óleos submetidos à fritura. Isto porque estes ácidos são moderadamente voláteis e uma quantidade desconhecida é perdida durante com aquecimento. Por fim, ácidos graxos livres ainda podem sofrer oxidação convertendo-se em outros produtos que não podem ser medidos por métodos de titulação.

Em relação ao índice de peróxido trata-se de um método químico utilizado para avaliar a formação de hidroperóxidos. Contudo, este parâmetro não distingue, dentre os ácidos graxos insaturados, qual sofreu oxidação nem tampouco fornece informações sobre os produtos de oxidação secundária. Além disso, nas temperaturas utilizadas no processo de fritura, os hidroperóxidos se degradam rapidamente dando origem a produtos secundários de oxidação, o que faz com esse índice não seja um bom indicador do estado de alteração do óleo (CUESTA et al., 1991; LIMA, 1994).

O índice de refração é característico para cada tipo de óleo. Este índice aumenta de acordo com o número de duplas ligações, conjugações e tamanho da cadeia hidrocarbonada (PAUL; MITTAL, 1997). Dessa forma, em óleos vegetais submetidos à fritura espera-se redução do índice de refração uma vez que nestas condições ocorre diminuição no teor de ácidos graxos poliinsaturados (CORSINI, 2004). Durante o processo de fritura também ocorre à formação de dienos

conjugados e polímeros, os quais podem acarretar aumento no índice de refração ao longo do processo (VILLALTA; MONFERRER 1993).

4.4 CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DOS ÓLEOS VEGETAIS ESTUDADOS OBSERVADAS DURANTE O PROCESSO DE FRITURA

4.4.1 ÁCIDOS GRAXOS LIVRES

Em ensaio de frituras descontínuo de batatas, à temperatura de 175°C, considerando-se quatro tempos de fritura (0,7; 3; 5,75 e 8,5 horas) e relação superfície/volume 0,2 cm⁻¹, utilizando-se óleos de girassol, milho e soja, verificou-se que os valores de ácidos graxos livres aumentaram ao longo do tempo de fritura, independentemente do tipo de óleo. Vale ressaltar não houve diferenças significativas na formação de ácidos graxos livres para os três tipos de óleos analisados, no tempo de fritura 0,7 horas. Entretanto nenhuma das amostras deste estudo apresentou valores de ácidos graxos livres superior aos propostos pelas legislações internacionais (JORGE ; LUNARDI 2004).

Por outro lado, verificou-se em ensaios de frituras domésticas de batatas, utilizando-se óleos refinados de girassol, milho e soja, com relação S/V 1,0 cm⁻¹ e temperatura média de 180°C, que existe aumento da formação de ácidos graxos livres para os três óleos pesquisados, indicando o desenvolvimento de reações hidrolíticas neste processo (JORGE et al.,2005). Não se observou diferenças entre os óleos analisados para o tempo de fritura de 1,5 horas, contudo, para os demais tempos de fritura, o óleo de girassol apresentou valores superiores aos de milho e soja. Após 7,5 horas de fritura, o óleo de girassol apresentou percentual de ácidos graxos livres acima de 1%, valor acima do adotado pela legislação dos Estados Unidos como limite para descarte de óleos de fritura.

Aumento no percentual de ácidos graxos livres também foi observado em ensaios de fritura descontínua de batatas utilizando-se óleo de milho, relação superfície/volume (S/V) 1,0 e 0,5 cm⁻¹ e temperatura média de fritura de 180° C. Este aumento no percentual de ácidos graxos livres, observado no decorrer do processo de fritura, indica o desenvolvimento de reações hidrolíticas para ambas relações S/V. Ao final do processo, para relação S/V 0,5 cm⁻¹, o percentual de ácidos graxos livres foi de 0,28%, enquanto que para a relação S/V 1,0 cm⁻¹, o valor encontrado foi de 0,39% (JORGE; SOARES, 2004). Portanto não ultrapassando os limites máximos (1 - 2,5%) propostos por alguns países para o descarte dos mesmos (MASSON et al. 1999; PAUL & MITTAL 1997).

MALACRIDA; JORGE(2005) Em experimento no qual se utilizou óleo de soja refinado em ensaio de fritura descontínua de batata chips observou-se um aumento significativo na formação de ácidos graxos livres ao longo do processo de fritura. Este aumento foi verificado para ambas as relações S/V, 0,5 e 1,0 cm⁻¹. Foi verificado ainda que, em relação ao óleo de soja, independentemente da relação S/V houve aumento significativo na porcentagem de ácidos graxos livres ao longo do tempo de fritura. A temperatura e fatores como a quantidade de água liberada pelo alimento, números de aquecimento e resfriamento do óleo e quantidade de partículas queimadas provenientes do alimento acumuladas no recipiente também exercem influência na velocidade de formação de ácidos graxos livres (LAWSON, 1995). Somente a partir de 3,25 horas de uso de óleo é que se observou aumento significativo das médias de ácidos graxos livres em relação S/V de 0,5 cm⁻¹. Neste estudo, a concentração de ácidos graxos livres também não ultrapassou 1%, adotado pela legislação dos Estados Unidos como indicativo do momento de descarte para óleo de fritura.

Posteriormente, em experimentos utilizando-se óleo de soja refinado em temperatura de 180° C para preparo de batata pré fritas congeladas, foi observado um aumento na porcentagem de ácidos graxos livres para a relação S/V de 0,2 e 0,6 cm⁻¹ (SILVA et al.2007). Neste estudo, a formação de ácidos graxos livres aumentou ao longo do processo de fritura com destaque para o tempo de 12,5 horas, sobretudo na relação S/V 0,6 cm⁻¹. Entretanto nenhuma das amostras analisadas apresentou valores superiores a 1%, adotado por alguns países como máximo para utilização de óleos de fritura.

Observou-se um aumento no percentual de ácidos graxos livres em ensaios de fritura utilizando-se óleo de soja refinado à temperatura de 180° C e relação S/V 0,2; 0,4; 0,6 cm⁻¹, indicando o desenvolvimento de reações hidrolíticas. Neste estudo, não se observou diferença no aumento de percentual de ácidos graxos livres quando se comparou a relação S/V 0,2 cm⁻¹ e 0,4 cm⁻¹, nos tempos de fritura 0,5; 3,5; 9,5 e 12,2 horas. A relação S/V 0,6 cm⁻¹ apresentou valores maiores em comparação às demais relações S/V em todos os tempos de fritura, indicando uma tendência a desenvolver mais alterações hidrolíticas. Entretanto nenhuma das amostras analisadas apresentou valores superiores a 1%, valor adotado por legislações internacionais (DEL RÉ et al.2003).

4.4.2 COMPOSTOS POLARES TOTAIS

Ensaio de fritura descontínua de mandioca palito congelada, utilizando-se o óleo de girassol refinado foi observado um aumento no percentual de compostos polares totais. Este percentual passou de 2,4 %, no início do processo, para 14,20 % após 25 horas de fritura. Este percentual de compostos polares no óleo de girassol, embora elevado após 25 horas de fritura, não ultrapassou os limites recomendados

por alguns países para descarte de óleos de fritura (CORSINI; JORGE, 2008). Segundo estes autores, as condições estabelecidas no processo de fritura como: tempo/temperatura de aquecimento, relação superfície/volume e reposição de óleo novo são seguras e garante a qualidade do óleo usado bem como a qualidade do alimento a ser consumido.

Ensaio de fritura descontínua de batatas utilizando-se óleo de milho em temperatura média de fritura de 180° foi observado que compostos polares totais aumentaram ao longo do tempo de fritura para ambas às relações S/V 1,0 e 0,5 cm⁻¹. O óleo de milho na relação S/V 0,5 cm⁻¹ apresentou valores de compostos polares totais do acima do limite estabelecido para descarte de óleos de fritura no tempo de fritura de 7,5 horas. A concentração dos compostos polares elevou-se em um tempo de fritura ainda menor, 5,5 horas, quando a relação S/V foi de 1,0 cm⁻¹. Isto sugere que o óleo de milho deve ser descartado após 7,5 horas de fritura quando a relação S/V for 0,5 cm⁻¹ e após 5,5 horas quando a relação S/V for 1,0 cm⁻¹ (JORGE; SOARES, 2004).

SILVA et al.(2007) observaram, em experimento de fritura de batatas pré-fritas congeladas temperatura de 180° C e relações S/V de 0,2 e 0,6 cm⁻¹, que os valores de compostos polares totais no óleo de soja aumentou ao longo do tempo de fritura para ambas as relações S/V. Este aumento, entretanto, não ultrapassou a concentração de 25% que é recomendada pelas legislações internacionais para descarte de óleos deteriorados pelo processo de fritura (FIRESTONE et al. 1991). Paralelamente, em ensaio de fritura descontínua de batatas chips utilizando óleo de soja refinado temperatura empregada de 180° C e relações S/V de 1,0 e 0,5 cm⁻¹, o aumento da relação S/V teve efeito marcante sobre a velocidade de alteração do óleo nos diferentes tempos de fritura (MALACRIDA; JORGE, 2005). Os valores de

compostos polares totais observados neste estudo foi acima de 25% a partir de 6,25 horas de fritura na relação S/V $1,0 \text{ cm}^{-1}$, portanto, além dos limites propostos pelas legislações internacionais.

DEL RÉ et al.(2003) também observaram aumento significativo de compostos polares totais ao longo do tempo de fritura em ensaios de fritura com óleo de soja refinado (180° C e relação S/V $0,2; 0,4; 0,6 \text{ cm}^{-1}$). Mais precisamente, os valores compostos polares totais para 12,5 horas de fritura na relação S/V $0,4 \text{ cm}^{-1}$ foi de 25,23% e, para relação S/V $0,6 \text{ cm}^{-1}$, foi de 26,57%. Estes valores estão acima dos limites adotados pelas legislações internacionais Firestone et al. (1991). Desta forma, DEL RÉ et al.(2003) recomendam o consumo de óleo de soja refinado por período de até 9,5 horas de aquecimento. Após este período, a qualidade deste óleo fica comprometida se considerarmos a formação de compostos polares totais.

Em estudo utilizando-se óleos de girassol, milho e soja em frituras descontínuas de batatas, à temperatura de 175°C , em quatro tempos de fritura (0,7, 3, 5,75 e 8,5 horas) e relação superfície/volume $0,2 \text{ cm}^{-1}$, observaram que os valores para compostos polares totais aumentaram ao longo do tempo de fritura, independentemente dos tipos de óleo utilizados JORGE; LUNARDI (2004). Observou-se também neste estudo que, no tempo de fritura 8,5 horas, o óleo de soja refinado apresentou maior valor de compostos polares, seguidos dos óleos de girassol e milho. Pode-se observar que o óleo de soja foi o que obteve maior alteração, chegando a atingir ao final de 8,5 horas do processo de fritura valor de 14,95%, enquanto que os óleos de girassol e milho obtiveram valores de 9,10 e 5,92%, respectivamente. Contudo, os valores de compostos polares totais observados em todos os óleos analisados neste estudo foram aquém de 25%, considerado como limite para descarte estabelecido pelas legislações internacionais.

Isto pode ser atribuído à baixa relação S/V (0,2 cm⁻¹) e também à reposição de óleo novo empregado no processo.

Estes mesmo óleos foram utilizados em ensaios de frituras domésticas de batatas, com temperatura média de 180° C (JORGE et al.,2005). Neste estudo observou-se que os percentuais de compostos polares totais aumentaram para os três tipos de óleos analisados. Contudo, o óleo de soja foi o que apresentou melhor comportamento, apresentando menor teor de compostos polares totais (26,49%) ao final de 7,5 h de aquecimento, ligeiramente acima dos 25% estabelecidos internacionalmente como limite para o descarte. Neste trabalho verificou-se também que o óleo de girassol apresentou maiores alterações em termos de percentuais de compostos polares totais uma vez que o limite de 25% foi superado após 4,5 h de fritura. É importante ressaltar que, considerando o percentual de compostos polares total de 25%, os três óleos utilizados neste estudo apresentaram-se inadequados para consumo após 6,5 horas de fritura.

4.4.3 ÍNDICE DE PERÓXIDO

Em ensaios de fritura descontínua de batatas utilizando-se óleo de milho, relação superfície/volume (S/V) 1,0 e 0,5 cm⁻¹ e temperatura média de fritura de 180° C, JORGE; SOARES (2004) verificaram que os índices de peróxidos apresentaram comportamento instável, decrescendo ao longo dos tempos de fritura de 0,5; 1,5; 2,5; 3,5; 4,5; 5,5; 6,5; 7,5 horas. Isto provavelmente deveu-se à formação de compostos voláteis como aldeídos e cetonas. A relação S/V 1,0 cm⁻¹ apresentou maiores índices de peróxido durante todo o processo de fritura sendo o valor máximo encontrado 19,04 meq/Kg para tempo de 6,5 horas de fritura, que

ultrapassa os limites estipulados para descarte (15 meq/Kg) pelas regulamentações internacionais (VILLALTA; MONFERRER 1993).

Esta decomposição também foi sugerida para explicar a instabilidade dos índices de peróxidos observada em ensaio de fritura descontínua de batatas chips em óleo de soja refinado (180° C) com relações S/V de 1,0 e 0,5 cm⁻¹ ao longo de 0,25; 1,25; 2,25; 3,25; 4,25; 5,25; 6,25 e 7,25 horas de aquecimento (MALACRIDA; JORGE, 2005). Algumas amostras ainda apresentaram valores de índice de peróxidos acima de 15 meq/Kg para tempo de fritura 1,25 e 2,25 horas para S/V 0,5 cm⁻¹ e relação S/V 1,0 para tempo de fritura de 2,25; 6,25 e 7,25 horas. Também em ensaios de fritura com óleo de soja refinado e aquecido à temperatura de 180° C e relação S/V 0,2; 0,4; 0,6 cm⁻¹ verificou-se um comportamento instável para o óleo estudado em relação aos tempos de fritura, oscilando entre aumento e diminuição. A relação S/V 0,6 cm⁻¹, a partir de 6,5 horas, apresentou valores superiores aos 15 meq/Kg recomendados (DEL RÉ et al.2003).

Da mesma forma, em ensaios de frituras domésticas de batatas, utilizando-se óleos refinados de girassol, milho e soja com temperatura média de 180° C foi observado comportamento instável quanto ao índice de peróxido para os óleos de milho e soja durante o processo de fritura (JORGE et al.,2005). Isso também foi explicado pelo fato de que os peróxidos se decompõem rapidamente em produtos secundários de oxidação nas temperaturas empregadas em torno de 180° C utilizadas no processo de fritura. Contudo, no tempo de fritura 3,5 horas, os índices de peróxidos não diferiram significativamente entre em relação aos três tipos de óleos estudados. O óleo de girassol não apresentou elevações significativas nos índices de peróxidos até 4,5 horas de fritura sendo que, a partir deste tempo, os índices de peróxidos aumentaram significativamente até o final do processo.

Em estudo de fritura descontínua de batatas à temperatura de 175°C e relação superfície/volume 0,2 cm⁻¹, os índices de peróxidos apresentaram-se gradativamente aumentado ao longo de 0,7, 3, 5,75 e 8,5 horas de fritura nos óleos de girassol, milho e soja (JORGE; LUNARDI. 2004). Verificou-se também que o óleo de girassol foi o que apresentou maiores valores de peróxidos, seguidos pelos óleos de soja e milho, a partir de 3 horas de fritura. Dentre os três óleos, o que apresentou maiores índices de peróxidos ao final do processo foi o óleo de girassol, chegando a atingir 15,79 meq/kg, enquanto para o óleo de milho e soja os valores obtidos foram de 6,99 e 9,46 meq/kg, respectivamente.

4.4.4 ÍNDICE DE REFRAÇÃO

Em ensaios de frituras domésticas de batatas, utilizando-se óleos refinados de girassol, milho e soja com temperatura média de 180° C e tempos de fritura de 0,5; 1,5; 2,5; 3,5; 4,5; 5,5; 6,5; e 7,5 horas, observou-se em relação aos tempos de fritura que os valores para o índice de refração aumentaram mediante sucessivas frituras para os três óleos. Observou-se também neste ensaio que, independentemente do tempo de fritura, o óleo de girassol apresentou as maiores índices de refração, seguido pelos óleos de soja e milho (JORGE et al., 2005).

Os índices de refração após ensaios de fritura descontínua de batatas em óleo de milho (180° C) mostraram-se aumentados ao longo de 0,5; 1,5; 2,5; 3,5; 4,5; 5,5; 6,5; 7,5 horas de fritura, para ambas as relações S/V 1,0 e 0,5 cm⁻¹ (JORGE; SOARES, 2004). Neste estudo, a relação S/V não influenciou o aumento no índice de refração observado ao longo dos tempos de fritura. Contudo, quando se utilizou óleo de soja (180°C) para fritura descontínua de batatas chips com relação S/V 0,5 cm⁻¹, o índice de refração não apresentou modificações significativas ao longo do

tempo de fritura. Por outro lado, na relação S/V $1,0 \text{ cm}^{-1}$ houve aumento significativo do índice de refração no tempo de 4,25 horas, que ficou mais evidente a partir de 6,25 horas de fritura. Quando comparado as duas relações S/V, verificou-se que os tempos de fritura 0,25; 1,25 e 2,25 horas não apresentaram diferenças significativas, entretanto, a partir do tempo de fritura 3,25 horas as médias deste índice foram superiores para relação S/V $1,0 \text{ cm}^{-1}$. Isto pode estar relacionado com uma maior ocorrência de reações oxidativa quando a relação S/V é aumentada (MALACRIDA; JORGE, 2005)

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O aquecimento dos óleos vegetais durante o processo de fritura pode desencadear reações químicas e físicas alterando suas propriedades sensoriais e nutricionais. Em consequência destas alterações, a qualidade dos alimentos preparados pode ser prejudicada. Neste sentido, diversos estudos têm apontado que o consumo excessivo dos produtos formados durante o processo de fritura pode representar risco à saúde humana (DOBARGANES ; PÉREZ-CAMINO; MÁRQUEZ-RUIZ,1989).

Com base nos dados levantados na literatura observamos que os óleos comumente utilizados para fritura na culinária brasileira, soja, milho, girassol e canola, apresentam características físico-químicas próprias quando *in natura* (característica iniciais) que podem facilitar a ocorrência de alterações ao longo do processo de fritura. Logicamente, estas alterações físico-químicas dependem de fatores intimamente relacionados ao processo de fritura, como tempo/temperatura de fritura, relação superfície/volume, a constituição dos alimentos submetidos à fritura etc. Contudo, em maior ou menor grau, dependendo destas características

inicias, podemos dizer que todos os óleos estudados são susceptíveis a sofrer alterações em suas características ao longo do processo de fritura.

A literatura também mostra a dificuldade de se estabelecer parâmetros claros para se estabelecer o momento de descarte dos óleos utilizados em fritura. Mostra também que no Brasil, não existe uma legislação clara a este respeito. Dessa forma, os trabalhos de pesquisa que buscam analisar a qualidade dos óleos durante e após serem submetidos ao processo de fritura baseiam-se em legislações internacionais. Esta ausência de referências próprias é um problema para o controle da qualidade dos alimentos produzidos no país. Com efeito, é urgente a necessidade de criar uma legislação que estabeleça claramente estes parâmetros, visando à produção de alimentos mais saudáveis.

Quando se analisou os diferentes tipos de óleos observou-se que o óleo de girassol apresentou um maior grau de alteração em termos de ácidos graxos livres e concentração compostos polares totais. Observou-se ainda que estas alterações deram-se em um menor de tempo de fritura. Vale ressaltar, que as alterações físico-químicas observadas nos óleos são diretamente proporcionais à relação S/V e tempo de fritura. Contudo, os óleos de milho e soja apresentaram em comparação ao óleo de girassol, maior a estabilidade por um tempo maior de fritura independente das relações S/V analisadas.

Todos os óleos estudados apresentaram índices de peróxidos igualmente bastante variáveis ao longo do tempo de fritura. Talvez isto se deva à formação de compostos voláteis como aldeídos e cetonas. Com efeito, isto acaba dificultando a utilização deste parâmetro para a análise comparativa dos óleos empregados em fritura. Além disso, quando se analisou o índice de refração, observou-se que o óleo

de girassol também sofre maiores alterações, independentemente do tempo de fritura.

Óleo de canola do ponto de vista nutricional é considerado um óleo de ótima qualidade fonte tanto de ômega 6 e ômega 3 ácidos graxos que exercem propriedades funcionais. Entretanto, poucas informações estão disponíveis na literatura acerca da qualidade destes óleos quando empregados em fritura.

Por fim, vale ressaltar que esta revisão de literatura baseou-se apenas literatura nacional Lilacs e Scielo. Dessa forma, o presente estudo não finaliza esta discussão, mas abre perspectiva para futuras investigações, em bases de dados mais ampliadas.

REFERÊNCIAS

AYLÓN, M.A.Y. Estudio de utilización de aceites para fritura em estabelecimentos alimentarios de comidas preparadas. Disponível em: <<http://magno.uab.es/epsi/alimentaria/mangeles-aylon/pdf>>. Acesso em: 21 out. 2010.

BARRERA-ARELLANO, D. et al. Loss of tocopherols and formation of degradation compounds at frying temperatures in oils differing in degree of unsaturation and natural antioxidant content. **Journal of the Science of Food and Agriculture, Malden**, v. 82. n. 14 p. 1696-1702, 2002.

BELITZ, H. D.; GROSCH, W.; SCHIEBERLE, P. **Food chemistry**. 3 rd. ed. Berlin: Springer Verlag. chap. 3 p. 157-242, 2004.

BLUMENTHAL, M. A, New look at the chemistry and physical of deepfat frying. **Food Technology**, Oxford. v. 45, n. 2, p. 68-71, 1991.

BOBBIO, F. O. BOBBIO, P. A. Introdução à química dos alimentos. 2. ed. São Paulo: Varela, 1992.

BOSKOU, D.; ELMADFA, I. Frying of food: oxidation, nutrient and non-nutrient antioxidants biologically active compounds and high temperatures. Lancaster: Technomic Pub, 1999.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Informe técnico n. 11: óleos e gordura utilizados em fritura. Brasília, 2004. Disponível em: <http://www.anvisa.gov.br/alimentos/informes/11_051004.htm>. Acesso em: 29 nov.2010.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução n. 216, de 15 de setembro de 2004. Dispõe sobre regulamento técnico de boas práticas para serviços de alimentação. **Diário Oficial da União**, Brasília, 16 set. 2004. Seção 1, p. 25.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução n. 270, de 22 de set. de 2005. Aprova o regulamento técnico para óleos vegetais, gorduras vegetais e creme vegetal. **Diário Oficial da União**, Brasília, 23 set. 2005. Seção 1, p. 372.

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. Disponível em: < <http://www.scielo.br/pdf/cta/v22n2/a02v22n2.pdf>>. Acesso em: 22 jul. 2010.

CORSINI, M. S. Medidas dos teores de tocoferóis e estabilidade oxidativa em óleos de fritura. 2004. 153 f. Dissertação (Mestrado) - Instituto de Biociência, Letras e Ciências Exatas, São José do Rio Preto, 2004.

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. Disponível em: Disponível: <<http://www.scielo.br/pdf/cta/v26n1/28844.pdf>>. Acesso em: 22 jul. 2010.

CORSINI, M. S. et al. Perfil de ácidos graxos e avaliação da alteração em óleos de fritura. **Química Nova**, São Paulo, v. 31, n. 5, p. 956-961, 2008. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-0422008000500003&script=sci_arttext> Acesso em: 22 jul. 2010.

CUESTA, C.; SÁNCHEZ-MUÑIZ, F.J. Quality control during repeated fryings. **Grasas y Aceites**, v. 49, n. 3/4, p. 310-318, 1998.

DEL RÉ, P. V. et al. Influência da relação superfície/volume em frituras de batata palito. **Rev. Instituto Adolfo Lutz**, São Paulo, v. 62, n. 3, p. 213-219, 2003.

DOBARGANES, M. C.; PÉREZ-CAMINO, M. C. Frying process: selection of fats and quality control. In: INTERNATIONAL MEETING ON FATS & OILS TECHNOLOGY SYMPOSIUM AND EXHIBITION, 1991, Campinas. **Anais...Campinas**, 1991. p. 58-66.

DOBARGANES, M. C.; PÉREZ-CAMINO, M. C.; MÁRQUEZ-RUIZ, G. Determinación de compuestos polares en aceites y grasas de fritura. **Grasas y Aceites**, v. 40, n. 1, p. 35-38, 1989.

FIRESTONE, D.; STIER, R. F., BLUMENTHAL, M. M. Regulation of frying fats and oils. **Food Technology**, Oxford, v. 45, n. 2, p. 90-94, 1991.

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

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

JORGE, N. **Estudo do comportamento do óleo de girassol e do efeito do dimetil polisiloxano em termoxidação e frituras**. 1996. 233 f. Tese (Doutorado) - Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1996.

JORGE, N.; CORSINI, M. S. Perfil de ácidos graxos e avaliação da alteração em óleos de fritura. **Química Nova**, São Paulo, v. 31, n. 5, p. 956-961, abr. 2008. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/qn/v31n5/a03v31n5.pdf>> Acesso em: 22 jul. 2010.

JORGE, N.; JANIERI, C. Avaliação do óleo de soja submetido ao processo de fritura de alimentos diversos. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 29, n. 5, p. 1001-1007, set./out. 2005. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/cagro/v29n5/a13v29n5.pdf>>. Acesso em: 22 jul. 2010.

JORGE, N.; LUNARDI, V. M. Comportamento de óleos poliinsaturados em frituras descontínuas de batatas. **Alimentos e Nutrição**, Araraquara, 15, n. 2, p. 119-124, 2004. Disponível em: <<http://serv-bib.fcfar.unesp.br/seer/index.php/alimentos/article/viewFile/65/80>>. Acesso em: 28 out. 2010.

JORGE, N.; SOARES, B. B. P. Comportamento do óleo de milho em frituras. Rev. Instituto Adolfo Lutz, São Paulo, v. 63, n. 1, p. 63-69, jan./jun. 2004.

JORGE, N. et al. Alterações físico-químicas dos óleos de girassol, milho e soja em frituras. **Química Nova**, São Paulo, v. 28, n. 6, p. 947-951, 2005. Disponível em: < <http://www.scielo.br/pdf/qn/v28n6/26819.pdf>>. Acesso em: 22 jul. 2010.

LAWSON, H. Food oils and fats: technology, utilization and nutrition. New York: Chapman & Hall, 1995.

LIMA, J. R. **Avaliação da qualidade de óleo de soja utilizado para fritura**. 1994. 54 f. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1994.

LUNA, S. V. **Planejamento de pesquisa**: uma introdução. São Paulo: EDUC, 2002.

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. Alterações do óleo de soja em frituras: Efeitos da relação superfície/volume e do tempo de fritura. **Higiene Alimentar**, São Paulo, v. 19, n. 129 p. 25-31, mar. 2005.

MÁRQUEZ-RUIZ, G.; PÉREZ-CAMINO, M.C.; DOBARGANES, M. C. Evaluación nutricional de grasas termoxidadas y de fritura. **Grasas y Aceites**, Sevilla, v. 41, n. 6, p. 432-439, 1990.

MASSON, L. et al. Fat deterioration in deep fat frying of <<french fries>> potatoes at restaurant and food shop sector. **Grasas y Aceite**, Sevilla, v. 50, n. 6, p. 460-468, 1999.

MASSON, L. et al. Comportamiento de aceites poliinsaturados em la preparación de patatas fritas para consumo inmediato: formación de nuevos compuestos y comparación de métodos analíticos. **Grasas y Aceites**, Sevilla, v. 48, n. 5, p. 273-281, 1997.

VILLALTA, J. ; MONFERRER, A. La fritura desde un punto de vista práctico (Y II). *Alimentación, Equipos y Tecnología*, [S. l.], v. 12, n. 4, p. 85-90, 1993.

NELSON, D. L.; COX, M. M. Lipídios. In: _____ Lehninger princípios de bioquímica. 3. ed. São Paulo: Savier, 2002. cap. 11, p. 280-300.

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

POZO-DÍEZ, R.M.; **Estudio del proceso de fritura de alimentos frescos y congelados prefritos**: comportamiento del aceite de semilla de girassol de alto contenido em ácido oléico. 1995. 338 f. Tese (Doutorado) – Faculdade de Farmácia, Universidade de Alcalá de Henares, Madrid, 1995.

SANIBAL, E.A.A.; MANCINI-FILHO, J. Alterações físicas, químicas e nutricionais de óleos submetidos ao processo de fritura. **Food Inged. South Am.**, v. 18, p. 64-71, 2002.

São Paulo (Estado). Centro de Vigilância Sanitária. Portaria n.6, de março de 1999. Aprova o Regulamento técnico sobre os parâmetros e critérios para controle higiênico-sanitário em estabelecimentos de alimentos. **Diário Oficial do Estado de São Paulo**, São Paulo, 12 mar. 1999. Seção 1.

SCHILLER, J. et al., Thermal stressing of unsaturated vegetable oils: effects analysed by Maldi-tof mass spectrometry. **European Food Research and Technology**, Berlin, v. 215, n. 4, p. 282-286, 2002.

SILVA, F. P. et al. Qualidade do óleo de soja sob diferentes condições de fritura. **Higiene Alimentar**, São Paulo, v. 21, n. 148, p. 86-90, jan./fev. 2007.

SILVA, J.J.R.F. Introdução à química da vida. Cap. 1. Universidade Nova Lisboa, Lisboa, p. 7, 1978.

STEVENSON, S. G.; VAISEY-GENSER, M.; ESKIN, N. A. M. Quality control in the use of deep frying oils. **Journal of the American Oil Chemists' Society**, Champaign, v. 61, n. 10, p. 1487 – 1489 – 1984.

VERGARA, P. et al. Estudo do comportamento do óleo de soja e arroz reutilizados em frituras sucessivas de batata. **Boletim do Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos**, Curitiba, v. 24, n. 1, p. 207-220, jan./jun. 2006.

WHITE, P. J. Methods for measuring changes in deep fat frying oils. **Food Technology**, v. 45, n. 2, p. 75- 80, 1991.

YOON, S. H. et al. Comparative study of physical methods for lipid oxidation measurement in oil. **Journal of the American Oil Chemists' Society**, Champaign, v.62, n. 10, p. 1487-1489, 1985.