



Universidade de Brasília
CET – Centro de Excelência em Turismo

Pós-graduação Lato Sensu

Curso de Especialização em Qualidade em Alimentos

**“ALTERAÇÕES QUÍMICAS, FÍSICAS E NUTRICIONAIS EM ÓLEOS
SUBMETIDOS AO PROCESSO DE FRITURA” : REVISÃO**

MARCIO ANTÔNIO MENDONÇA

Brasília – DF
março / 2006

**Universidade de Brasília
CET – Centro de Excelência em Turismo**

Curso de Especialização em Qualidade em Alimentos

**“ALTERAÇÕES QUÍMICAS, FÍSICAS E NUTRICIONAIS EM ÓLEOS
SUBMETIDOS AO PROCESSO DE FRITURA” : REVISÃO**

MARCIO ANTÔNIO MENDONÇA

Wilma Maria Coelho de
Araújo, Doutora
Professor Coordenador

Luiz Antônio Borgo,
Mestre
Professor Orientador

Wilma Maria Coelho de
Araújo, Doutora
Professor Examinador

“Trabalho apresentado em cumprimento às exigências acadêmicas parciais do curso de pós-graduação lato sensu em Qualidade em Alimentos para a obtenção do grau de Especialista”

Brasília – DF
março / 2006

Mendonça, Marcio Antônio

Alterações químicas, físicas e nutricionais em óleos submetidos ao processo de fritura: revisão / Marcio Antônio Mendonça.

Monografia – Curso de Especialização em Qualidade em Alimentos.

Brasília – DF, março de 2006.

Área de Concentração: Alimentos.

Orientador: Luiz Antônio Borgo.

1. Ácidos Graxos 2. Óleos de fritura 3. Oxidação lipídica

DEDICATÓRIA

À memória de meu pai, Antônio Mendonça, pelo sonho de me ver continuar os estudos, qualificando-me em minha profissão.

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela fé, à coragem e à perseverança que me concedeu e por abençoar todos os dias da minha vida.

À minha esposa Sandra, pelo amor, compreensão, renúncia de seus planos pessoais em prol da minha especialização e pela ajuda constante a mim dispensada.

Aos meus filhos João Pedro e Ana Luíza pelo carinho e compreensão.

À minha mãe Aparecida pela constante oração, apoio e estímulo para a realização deste trabalho.

Ao meu orientador, Prof. Ms. Luiz Antônio Borgo, pela atenção contínua e pela disponibilidade em discutir e aprofundar meus conhecimentos sobre o tema escolhido.

À nossa coordenadora, Prof. Dra. Wilma Araújo, pela atenção e carinho, além da oportunidade e incentivo em realizar este curso.

Aos professores, funcionários e colegas do curso de Especialização em Qualidade em Alimentos pela participação direta ou indireta na realização desta especialização.

Aos funcionários do CET, Joaquim Pedro de Oliveira Junior e Maria das Graças Faria pela atenção, carinho e alegria em servir.

RESUMO

Esta revisão apresenta a importância dos lipídios na alimentação, sua classificação e funcionalidade. Apresenta, também, o óleo como meio de fritura para alimentos, melhorando seus aspectos nutricionais, sensoriais, proporcionando praticidade e rapidez no preparo dos alimentos. Discute o efeito da temperatura de fritura e as interações químicas do óleo com o ar, com a água e componentes do alimento que estão sendo fritos podendo ocorrer reações como oxidação, hidrólise e polimerização, que geram compostos responsáveis por odores e sabores desagradáveis, ocorrendo, assim, a degradação do óleo utilizado por longos períodos. Ressalta também a formação de peróxidos e radicais livres oriundos da oxidação, a transformação dos ácidos graxos cis em trans, a indisponibilização dos ácidos graxos essenciais e as possíveis implicações pela ingestão de alimentos fritos em óleos contendo tais alterações que pode desencadear sérias complicações para a saúde, como doenças degenerativas, cardiovasculares, carcinogênicas. Os dados obtidos indicam que para se ter um alimento frito de alta qualidade é preciso fazer um bom monitoramento, levando em conta a qualidade do óleo inicial, as condições do processo de fritura e a natureza do alimento frito.

1. Ácidos Graxos

2. Óleos de Fritura

3. Oxidação Lipídica

ABSTRACT

This revision presents the importance, classification and function of lipids in nutrition. It also presents oil as a means of frying foods, improving their nutritional and sensorial aspects as well as providing speed and practicality in food preparation. It discusses the effects of frying temperatures and the chemical interactions of oil with air, water and components in the food being fried, creating possible reactions such as oxidation, hydrolysis and polymerization, which generate composites responsible for foul odors and disagreeable flavors and which cause the breakdown of the oil used for extended periods of time. Additionally, the formation of peroxides and free radicals resulting from oxidation, the transformation of fatty acids into trans-fats and the causation of the unavailability of essential fatty acids can occur. For this reason, the ingestion of foods fried in oil containing such alterations can cause a series of health problems such as degenerative, cardiovascular and carcinogenic diseases. The data obtained indicates that to have high quality fried food, good monitoring is necessary, taking into account the initial quality of the oil, the frying process and the nature of the food being fried.

1. Fatty acids
2. Friing oils
3. Oxidation of lipids

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Concentração de gorduras em alimentos de origem vegetal

07

SIGLAS, SÍMBOLOS E ABREVIATURAS

AGT	Ácidos Graxos Trans
Cis	Ácido graxo com configuração Cis
CNNPA	Comissão Nacional de Normas e Padrões para Alimentos
HDL	<i>Lipoproteína de Alta Densidade</i>
kp	Kilo Pascal
LDL	Lipoproteína de Baixa Densidade
Trans	Ácido graxo com configuração Trans
USDA	Departamento de Agricultura dos Estados Unidos da América
W-3	Ômega três (Ácido Linolênico)
W-6	Ômega seis (Ácido Linoléico)
W-9	Ômega nove (Ácido Oleico)

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	01
2. OBJETIVOS.....	02
2.1. Geral	02
2.2. Específico	02
3. REVISÃO DE LITERATURA	03
3.1. Aspectos Gerais.....	03
3.2. O processo de fritura	07
3.3. Conseqüências das alterações dos óleos submetidos ao processo de fritura sob o aspecto toxicológico.....	12
4. METODOLOGIA	16
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	16
6. REFERÊNCIAS	18

1.INTRODUÇÃO

De acordo com RIBEIRO & SERAVALLI (2004), os lipídios são um grupo de compostos mais freqüentemente encontrados na natureza em células de origem animal, vegetal e microbiana e, dentre as suas mais variadas funções, destacam-se na alimentação humana por seu valor energético e nutricional.

Os óleos vegetais desempenham um papel importante na indústria alimentícia, melhorando as características sensoriais dos alimentos como sabor, odor e textura.

Em contrapartida, estudos relacionam várias doenças ocasionadas pelo seu consumo, como: obesidade, hipertensão, diabetes, entre outras (FOX & KETEVIAN, 2000).

Atualmente, devido à praticidade e a rapidez necessárias ao preparo dos alimentos, grande parte dos óleos vegetais comestíveis está sendo usada em processos de fritura onde, além de transferir calor, conferem aos alimentos características organolépticas e nutricionais desejáveis, bem como o aumento da vida de prateleira (O'DONNELL, 1995; CELLA *et al.*, 2002).

Os processos de fritura (contínuo e intermitente) provocam alterações físicas e químicas nos óleos, como a oxidação e a hidrólise, levando à produção de compostos tóxicos, alterações de sabor, cor e odor, tornando-se uma preocupação para os profissionais das áreas de nutrição e saúde pública (ARAUJO, 2004; PEREDA *et al.*, 2005).

Outro fator relevante é a possível formação de ácidos graxos trans no óleo em temperatura elevada, que pode acarretar problemas cardiovasculares, baixo crescimento do feto, risco de pré-eclâmpsia, entre outros (CHIARA *et al.*, 2002; SANIBAL & FILHO, 2004).

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Fazer uma revisão bibliográfica sobre as alterações físicas, químicas e nutricionais de óleos vegetais utilizados em processos intermitente e contínuo de fritura, bem como as conseqüências toxicológicas dessas alterações para o organismo humano.

2.2 Objetivos Específicos

- Mostrar, segundo a literatura, a importância de um monitoramento e controle no processo de fritura, devido à predisposição do óleo em sofrer alterações.

- Correlacionar os dados obtidos na literatura sobre os processos de hidrólise e oxidação de óleos submetidos à fritura.

- Correlacionar os dados obtidos na literatura sobre a isomerização cis e trans dos ácidos graxos em óleos de fritura.

- Correlacionar os riscos toxicológicos com as alterações químicas sofridas pelos óleos submetidos à fritura.

- Apresentar dados que evidenciam possíveis doenças causadas pela ingestão de óleos alterados no processo de fritura.

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1 Aspectos Gerais

Os lipídios definem-se como um dos mais importantes grupos de compostos em alimentos e mais freqüentemente encontrados na natureza em células de origem animal, vegetal ou microbiana. Pertencem ao grupo dos lipídios as substâncias que, em geral, são oleosas, solúveis em solventes orgânicos e insolúveis ou ligeiramente solúveis em água. Contêm um grande número de diferentes tipos de substâncias, incluindo acilgliceróis, ácidos graxos e fosfolipídios, compostos a estes relacionados, derivados e, às vezes, esteróis e carboidratos. Os triacilgliceróis são os lipídios mais comuns em alimentos, formados predominantemente por produtos da condensação entre glicerol e ácidos graxos, usualmente conhecidos como óleos ou gorduras (RIBEIRO & SERAVALLI, 2004).

Desempenham um relevante papel na nutrição humana, já que constituem o principal aporte energético da dieta, provendo 37,7 kj, ou seja, aproximadamente o dobro da energia proporcionada pelas proteínas e pelos carboidratos. São transportadores de vitaminas lipossolúveis (A, E, D e K) e ácidos graxos insaturados essenciais para o interior das células. Contribuem para o sabor e a palatabilidade dos alimentos e também para a sensação de saciedade após a alimentação. Exercem uma importante função na estrutura, na composição e na permeabilidade das membranas e das paredes celulares (PEREDA, 2005).

No tecido adiposo servem como fonte eficiente de energia; no subcutâneo, atua como isolante e, em volta de certos órgãos, os lipídios não polares atuam como isolantes elétricos que permitem a rápida propagação das ondas de despolarização ao longo dos nervos mielinizados. O teor de gordura do tecido nervoso é particularmente elevado. As combinações de gordura e proteína (lipoproteínas) são constituintes celulares importantes, ocorrendo tanto na membrana celular quanto na mitocôndria. O conhecimento da fisiologia dos lipídios

é importante no entendimento das relações de muitas áreas biomédicas de interesses comuns: obesidade, aterosclerose, papel das gorduras no exercício físico e a função de vários ácidos graxos poliinsaturados na nutrição e saúde (FOX & KETAYIAN, 2000; SCHAUF, MOFFET & MOFFET, 1993).

Em determinados alimentos, os lipídios são encontrados formando emulsões. Em alguns processos, é preciso mantê-los; em outros, eliminá-los e, às vezes, é preciso modificá-los e estabilizá-los. Há alguns compostos lipídicos que, por sua natureza anfifílica, constituem excelentes estabilizantes. São suscetíveis a fenômenos de deterioração (rancificação e lipólise), que provocam alterações nas características sensoriais dos alimentos. São suscetíveis a processos de transformação estrutural que, ao mudar suas propriedades físico-químicas, os tornam mais aptos para determinadas aplicações. Desempenham importantes funções tecnológicas: emulsificantes, texturizantes, aromatizantes, umectantes, assim como agentes de transmissão de calor. (PEREDA, 2005).

São classificados em simples quando, por hidrólise, fornecem ácidos graxos e álcoois; em compostos quando, por hidrólise, fornecem ácidos graxos e álcool e, além disso, apresentam em suas moléculas um outro grupo funcional, como os fosfolipídios, os glicolipídios e os sulfolipídios. Os lipídios derivados são provenientes da hidrólise dos simples e compostos: ácidos graxos; álcoois (glicerol, esterol); hidrocarbonetos, carotenóides e vitaminas lipossolúveis (RIBEIRO & SERAVALLI, 2004).

Os óleos e gorduras são lipídios simples; ésteres de ácidos graxos de alto peso molecular e glicerol (BOBBIO, 1995a).

A diferença entre óleos e gorduras reside basicamente na sua forma física. As gorduras apresentam-se na forma sólida e os óleos na forma líquida, à temperatura ambiente. A resolução número 22/77 do CNNPA (Comissão Nacional de Normas e Padrões para Alimentos - Ministério da Saúde) define a temperatura de 20°C como limite inferior para o ponto de fusão de gorduras, classificando-as como óleo quando o ponto de fusão é menor que 20°C. O termo gordura é mais abrangente e usualmente empregado quando o estado físico não tem importância.

Os ácidos graxos são os principais constituintes das gorduras. São todos os

ácidos orgânicos monocarboxílicos alifáticos que, em geral, apresentam alto peso molecular e cadeia linear (GREGÓRIO & ANDRADE, 2004).

É comum dividir os ácidos graxos em saturados e insaturados; essa divisão é muito utilizada em tecnologia de alimentos, já que a diferença existente no ponto de fusão de uns e de outros condiciona de maneira significativa as propriedades físicas de uma gordura ou de um óleo (PEREDA, 2005).

Os ácidos graxos que apresentam uma única ligação insaturada recebem o nome de monoinsaturados, os que contêm mais de uma insaturação são denominados poliinsaturados e os sem nenhuma insaturação são os saturados (LEHNINGER, 1993).

A presença de duplas ligações (insaturações) na cadeia, faz com que haja uma modificação espacial na cadeia carbonada promovendo seu dobramento no plano, o que confere um arranjo mais fraco entre as moléculas, permitindo uma dissociação mais fácil, conferindo o estado físico mais liquefeito em relação ao ácido graxo saturado de número de carbono correspondente. Os ácidos graxos poliinsaturados, por apresentarem menos hidrogênios em sua molécula (cada dupla ligação corresponde a um par de hidrogênios a menos em relação a uma ligação C-C saturada), são menos calóricos que os ácidos graxos saturados quando degradados pela beta-oxidação (SANIBAL & FILHO, 2002).

Os ácidos graxos são classificados também de acordo com o número de carbonos presente em suas moléculas. Ácidos graxos de cadeia curta são os que apresentam 2 a 4 carbonos, como o propiônico, o butírico, o acético; ácidos graxos de cadeia média, de 6 a 12 carbonos (caprílico, láurico, capróico, cáprico); ácidos graxos de cadeia longa, de 14 a 24 carbonos (mirístico, palmítico, esteárico) (MAYES, 1990; ROCHA, 2004). Ácidos graxos com 16 a 18 carbonos, com uma dupla ligação, são chamados de monoinsaturados (ácido oléico, elaídico, palmitoléico); e ácidos graxos poliinsaturados são os que possuem de 18 a 24 carbonos com mais de uma dupla ligação (ácidos linoléico, linolênico, araquidônico, eicosapentaenóico e docosahexaenóico) (INNIS, 1991; ROCHA, 2004).

Os animais, em geral, possuem apenas a enzima dessaturase delta-9, por isso eles só sintetizam o ácido oléico ou sua família w-9, impossibilitados de produzir endogenamente as famílias w-6 e w-3, considerados, assim, essenciais na

alimentação. A família W-6 é representada pelo ácido linoléico, encontrado em maior ou menor abundância nas plantas oleaginosas.

A família W-3 compreende o ácido alfa-linolênico que, embora encontrado em alguns óleos vegetais, como os de linhaça e de soja, sua grande fonte são os animais marinhos, particularmente peixes (BELDA & POURCHET-CAMPOS,1991).

Segundo Belda & Pourchet-Campos (1991), a necessidade do consumo dos ácidos graxos de cadeia longa, pertencentes às famílias w-3 e w-6, já ficou completamente provada para o estado de saúde das membranas biológicas, isto é, para que elas possam desempenhar adequadamente as funções que dependem de suas propriedades.

Os ácidos graxos insaturados podem ser subcategorizados pelo isômero posicional da dupla ligação em cis e trans. Os ácidos graxos insaturados com configuração trans são produzidos mediante hidrogenação de ácidos graxos poliinsaturados e monoinsaturados (SOMMERFIELD,1983; ROCHA, 2004).

Diversos estudos sugerem que os ácidos graxos com configuração trans elevam a concentração de colesterol total e colesterol – LDL e demonstram que a ingestão de ácidos graxos trans está associada à prevalência de hiperlipidemias nas populações com consumo excessivo de alimentos fritos. (TROISI, WILLET & WEISS 1992; ROCHA, 2004).

Dietas ricas em ácidos graxos cis e pobres em ácidos graxos saturados estão associadas a baixos índices de doenças cardíacas (SIRTORI *et al.*,1986; ROCHA, 2004).

Muitos estudos demonstram a relação entre a diminuição da incidência de doenças cardiovasculares em resposta à menor ingestão de gordura total, gordura saturada, colesterol e sugerem que, para a prevenção das dislipidemias, é fundamental controlar a ingestão de lipídios, bem como a sua qualidade, enfatizando principalmente a proporção entre os tipos de gorduras existentes na dieta (GIANNINI,1998; ROCHA,2004).

Para uma avaliação correta das funções gastronômicas, sensorial, fisiológica e nutricional dos lipídios, a Tabela 01 apresenta as principais fontes e quantidades de gorduras saturadas, monoinsaturadas e poliinsaturadas em óleos vegetais

usados na indústria de alimentos, segundo o Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (USDA, 2003).

Tabela 1: Concentração de gorduras de origem vegetal (USDA, 2003)

Fonte	Gordura Saturada, (%)	Gordura poliinsaturada (%)	Gordura monoinsaturada (%)	Lipídios Totais (%)
Óleo de canola	7	30	59	100
Óleo de girassol	10	40	45	100
Óleo de milho	13	59	24	100
Óleo de oliva	14	8	74	100
Óleo de soja	14	58	23	100
Óleo de amendoim	17	32	46	100
Óleo de algodão	26	52	18	100
Óleo de palma	49	9	37	100
Óleo de coco	87	2	6	100

3.2 O processo de fritura

A deficiência de ácidos graxos essenciais pode acarretar alterações no organismo; uma delas é a dermatológica, como dermatite, prurido, ulcerações e rachaduras na pele (GREGÓRIO & ANDRADE, 2004).

Na nutrição humana, os óleos apresentam uma importância significativa, uma vez que são ricos em ácidos graxos insaturados (ácido oléico, ácido linoléico e alfa-linoléico) e, conseqüentemente, pobres em ácidos graxos saturados, além de serem veiculadores de vitaminas lipossolúveis (KRATZ, 2002; ORNELLAS, 2001; GREGÓRIO & ANDRADE, 2004).

Para a obtenção de uma boa qualidade dos óleos vegetais comestíveis, na sua industrialização é necessária a remoção de vários componentes menores com o intuito de melhorar a aparência, o odor, o sabor e a estabilidade do produto, o que é feito em várias etapas de refino: a degomagem, que consiste em remover fosfatídeos, proteínas e substâncias coloidais com o uso de solução de H_3PO_4 ou água aquecida e posterior centrifugação das gomas formadas; a neutralização com solução de NaOH ou de Na_2CO_3 , para eliminar ácidos graxos livres e outras impurezas como proteínas e ácidos oxidados; o branqueamento, feito com terras ativadas para adsorver pigmentos naturais (caroteno, clorofila) tornando o óleo mais claro; e a desodorização, última etapa do refino, que consiste no tratamento

com vapor aquecido a temperatura de 220°C-250°C e pressão reduzida de 1,0 kp, para remover os voláteis (aldeídos, cetonas, peróxidos) e reduzir os teores de tocoferóis, esteróis e de pesticida (MORETTO & FET.,1998; ARAÚJO, 2004).

Grande parte dos óleos comestíveis vem sendo mais utilizada como meio de preparo dos alimentos: a fritura (LIMA & GONÇALVES,1995).

Destaca-se no processo de fritura o óleo incorporado ao alimento para modificar positivamente suas propriedades nutricionais, sensoriais e atuando como meio de transferência de calor reutilizável, além de ser uma técnica rápida para o preparo de alimentos, muito mais eficiente que o forneamento e mais rápido que o cozimento em água. Assim, as altas temperaturas que se utilizam, em torno de 180°C, produzem uma acelerada penetração de calor, levando a uma rápida elaboração dos alimentos, necessários no momento atual. (CELLA *et al.*, 2002).

O processo de fritura desenvolve característica de odor, sabor, cor e textura que tornam os alimentos mais atraentes para o consumo (O'DONNELL, 1995; CELLA *et al.*, 2002). Considerando ainda que uma parte do óleo utilizado como meio de transferência de calor é absorvida pelo alimento, tornando-se um ingrediente do produto, verifica-se a necessidade do uso de um meio de fritura de qualidade e a sua manutenção por período mais longo possível.

Na fritura, o mecanismo se dá pelo bombeamento da água do interior dos alimentos para o exterior; arrasta alguns compostos, que passam para o óleo. Ao mesmo tempo, ocorre a absorção do óleo pelo alimento (BARBANTI,1993; LIMA & GONÇALVES,1995).

Enquanto o alimento está sendo frito, sua água capta energia do óleo quente que o rodeia, evitando a queima ou a carbonização por excessiva desidratação. A água liberada do alimento transforma-se em vapor consumindo parte da energia do óleo em contato com o mesmo, fazendo com que o alimento cozinhe à temperatura mais baixa do que o meio de fritura (BARBANTI,1993; LIMA & GONÇALVES,1995).

O contato entre o alimento e o óleo aumenta à medida que aumenta o tempo de utilização do óleo de fritura. Durante a reutilização do óleo, compostos são formados, como os agentes tensoativos, que quebram a tensão superficial entre os compostos imiscíveis. Aumenta o contato entre água e óleo, faz com que o

alimento absorva quantidades excessivas deste último, amplia a taxa de transferência de calor para a superfície e promove o escurecimento e o endurecimento do alimento (BLUMENTHAL,1991; LIMA & GONÇALVES,1995).

Diferentes estágios de degradação do óleo mostram como a qualidade do alimento é afetada pelo tempo em que o óleo é utilizado no processo de fritura. No óleo novo, o alimento frito fica com o interior bem cozido, a superfície mais branca, com pouca absorção de óleo devido ao baixo nível de agentes tensoativos existentes limitando o contato óleo/alimento.

No óleo fresco foi formada uma pequena quantidade de agentes tensoativos que levam a um melhor cozimento do alimento, que fica ligeiramente mais tostado e crocante superficialmente. Com o decorrer do tempo de fritura o óleo passa para fase de ótimo; observa-se a formação de um pequeno excesso de compostos tensoativos, que melhoram o cozimento, mas também permitem que quantidades de óleo maiores que as desejadas penetrem no alimento. Qualquer óleo fresco adicionado nesta fase retarda, mas não para a degradação e promove a interação imediata com os radicais livres e produtos de oxidação já existentes. O alimento fica mais dourado, rígido, crocante e adquire aroma de fritura. No estágio de degradação, o meio de fritura apresenta avançadas reações de oxidação que levam à formação de moléculas voláteis, libera odores desagradáveis, gerando alimento frito de baixa qualidade, superfície endurecida, com manchas e encharcado. Na fase de óleo de descarte a taxa de hidrólise encontra-se muito avançada e os produtos de oxidação acumulam-se no óleo, diminuindo o ponto de fumaça com adição de compostos tóxicos. Os alimentos preparados apresentam vida de prateleira curta e “flavor” desagradável, superfície muito dura e escura, excesso de óleo absorvido e o centro do alimento cru (BARBANTI,1993; BLUMENTAL,1988; LIMA & GONÇALVES,1995).

O escurecimento, o aumento da viscosidade, a diminuição do ponto de fumaça e a formação de espuma são mudanças físicas que ocorrem no óleo ou na gordura durante o processo de fritura, com influência na sua qualidade e na do alimento frito (SANIBAL & FILHO, 2002).

Os óleos podem sofrer várias transformações químicas durante a sua produção, processamento, preservação, armazenamento e o preparo dos

alimentos. Essas transformações causam deterioração de vários produtos biologicamente importantes, alteram diversas propriedades, como qualidade sensorial, nutricional, funcional e toxidez. (BOBBIO,1995b; ARAÚJO,2004).

Na fritura, o alimento é submerso no óleo quente em presença de ar e, assim, está exposto a três agentes que causam mudanças em sua estrutura: a água, proveniente do próprio alimento, que leva a alterações hidrolíticas; o oxigênio, que entra em contato com o óleo a partir de sua superfície, levando a alterações oxidativas; e a temperatura, que resulta em alterações térmicas (VARELA *et al.*,1983; LIMA & GONÇALVES,1995).

A rancidez oxidativa é a principal responsável pela deterioração de óleos, por originar sabores e odores indesejáveis conhecidos como ranço. A auto-oxidação dos óleos acontece em três fases: iniciação, propagação e terminação. Na iniciação formam-se radicais livres a partir dos ácidos graxos insaturados, que se combinam com oxigênio, produzindo peróxidos. Na propagação, acumula-se peróxido e oxida-se a maioria dos lipídios insaturados. E, na terminação, os radicais livres procedentes da decomposição dos peróxidos lipídicos associam-se, formando compostos não-radicaais, de peso molecular baixo (aldeídos, cetonas), responsáveis pelo odor de ranço (BORGIO & ARAÚJO, 2005; PEREDA *et al.*,2005).

Outro tipo de oxidação que pode acontecer em óleos é a fotoxidação. A presença de sensores nos tecidos animal e vegetal, como a riboflavina, clorofila e mioglobina, na presença de luz e oxigênio, dão início ao processo de transferência de energia para a reação de formação de peróxido. Esta reação provoca mudanças na insaturação dos ácidos graxos, da configuração *cis* para *trans* (ARAÚJO, 2004; BORGIO & ARAÚJO, 2005).

Na rancidez hidrolítica a ação de determinadas enzimas e as reações químicas rompem a ligação éster dos lipídios. A hidrólise ocorre devido à presença de água e é mais rápida quando se submetem à fritura alimentos com altos teores desta, alterando a qualidade do óleo que, além de resultar no desenvolvimento de sabor e odor indesejáveis, reduz também o ponto de fumaça (PEREDA *et al.*, 2005; RIBEIRO & SERAVALLI, 2004).

Hidrólise e oxidação estão na verdade inter-relacionadas, tornando maior a complexidade do processo de fritura. É necessário considerar-se ainda que, na

avaliação das alterações em frituras, múltiplas reações ocorrem entre o alimento e o óleo, tais como a solubilização de compostos do alimento e os produtos de reação destes com o óleo (DOBARGANES & PEREZ-CAMINO,1991; LIMA & GONÇALVES,1995).

Alguns fatores influem nas alterações dos óleos durante o processo de fritura, como:

- A importância da escolha de um bom óleo para a fritura, em função do preço, da disponibilidade e da funcionalidade, pois uma maior quantidade de insaturações e reduzida qualidade inicial que favorecem as reações degradativas, com comprometimento da integridade do alimento frito (LIMA & GONÇALVES,1995).
- A natureza do alimento que está sendo frito, pois sua composição altera a qualidade do óleo. Produtos com alto teor de água, açúcar e proteínas, bem como os empanados, contribuem para contaminação e degradação do óleo, que pode ocorrer formação de “off-flavors,” reação de Maillard, com produção de pigmentos assimilados pelo óleo, alterando sua cor (STEVENSON *et al.*,1984; LIMA & GONÇALVES,1995).
- As condições do processo de fritura: a temperatura - um dos fatores preponderantes no processo - se for muito baixa o alimento absorve óleo em excesso, se for muito alta o meio fritante altera rapidamente (KUPRANYCS *et al* 1986; LIMA & GONÇALVES,1995); a fritadeira, que deve ser de aço inox para não contribuir no processo de oxidação do óleo (BERGUER,1984; LIMA & GONÇALVES,1995); o uso contínuo da fritura, sendo mais indicado do que por períodos curtos, pois o resfriamento do óleo a cada parada permite a melhor absorção de oxigênio, favorecendo as reações oxidativas (HELLIN,1984; LIMA & GONÇALVES,1995); o efeito da relação superfície/volume do óleo é outro fator a ser considerado: quanto maior a superfície do óleo em contato com o ar, maior a taxa de reações de alteração (HELLIN,1984; LIMA & GONÇALVES, 1995).

Existem medidas para definir o ponto correto para o descarte de óleo de fritura; uma delas é a análise de quantificação de compostos polares, usada por alguns países da Europa (Bélgica, França, Alemanha e Suíça), que permitem o

máximo de 25% de compostos polares nos óleos. No Brasil, não há regulamento que defina legalmente o monitoramento de descarte para óleos de fritura (SANIBAL & FILHO, 2002).

A análise do índice de peróxido é aplicável apenas em estágios iniciais de oxidação. Durante a oxidação o valor de peróxido atinge um pico e depois a curva declina, não sendo um método eficiente para óleos de fritura (SANIBAL & FILHO, 2002).

Os kits de testes rápidos estão sendo usados para resultados imediatos no monitoramento da qualidade e ponto de descarte dos óleos de fritura. Baseiam-se na quantidade de compostos polares formados durante o processo (SANIBAL & FILHO, 2002).

3.3 Conseqüências das alterações dos óleos submetidos ao processo de fritura sob o aspecto toxicológico

Os ácidos graxos são denominados trans quando os hidrogênios ligados aos carbonos de uma insaturação encontram-se em lados opostos. Na natureza, os ácidos graxos geralmente são encontrados na configuração cis. Nesta configuração, os hidrogênios ligados aos carbonos da dupla ligação se encontram do mesmo lado (MARTIN *et al.*, 2004).

Os isômeros geométricos trans de ácidos graxos insaturados são formados no processo de fritura, assim como no refino de óleos e no processo de hidrogenação, por mecanismo induzido termicamente (SEBEDIO *et al.*, 1996; SANIBAL & FILHO, 2004).

Para ARO *et al.*, 1998 e MARTIN *et al.*, 2004 os óleos refinados apresentam níveis razoavelmente pequenos (1,0% – 1,5 %) de ácidos graxos trans (AGT), mas a reutilização, principalmente no preparo de alimentos fritos, pode tornar significativa a sua contribuição na ingestão diária de AGT.

Na década de 1960, já se estudavam os efeitos sobre os níveis de colesterol plasmático da ingestão de gordura parcialmente hidrogenada, de óleos vegetais e gorduras saturadas. Estes estudos mostravam que os níveis de colesterol total

associados à ingestão de gordura saturada eram um pouco mais elevados que os níveis relacionados a gordura parcialmente hidrogenada (KATAN *et al.*, 1995; MARTIN *et al.*, 2004).

Apenas em 1990, por meio de um estudo realizado por Mensink & Katan, a atenção de muitos pesquisadores foi despertada para a investigação dos efeitos adversos dos ácidos graxos trans.

Os AGT vêm sendo associados com o aumento dos níveis de triacilgliceróis no plasma sanguíneo (KATAN *et al.*, 1995 & ASCHERIO *et al.*, 1999). Este efeito tem sido observado pela substituição de ácidos graxos com a configuração cis por AGT, em uma mesma dieta e os pesquisadores sugeriram uma provável contribuição deste efeito na elevação do risco de doenças cardiovasculares (Hu *et al.*, 2001).

Os compostos formados pela decomposição de ácidos graxos insaturados durante o processo de fritura afetam a disponibilidade dos ácidos graxos essenciais, linoléico e α -linolênico (KINSELLA *et al.*, 1981 & TYAGI & VASISHTHA, 1996), responsáveis pela biossíntese dos ácidos araquidônico, eicosapentaenóico e docosahexaenóicos, sendo que estes últimos participam da formação das prostaglandinas, tromboxanos e prostaciclina, compostos que participam da regulação da pressão arterial, frequência cardíaca, resposta imunológica, dos processos da coagulação sanguínea e do funcionamento do sistema nervoso central (MANTZIORIS *et al.*, 1994).

Segundo a FDA – Food and Drug Administration, (2001), os AGT têm sido cada vez mais pesquisados, tanto no campo tecnológico quanto em relação aos aspectos nutricionais. Várias propostas têm surgido como alternativa na formulação da gordura vegetal hidrogenada sem isômeros trans.

Foram observados nos trabalhos de WARNER & MOUNTS (1993) e SANIBAL & FILHO (2004) que o aquecimento tanto do óleo de soja quanto da gordura parcialmente hidrogenada de soja no processo de fritura implicaram na diminuição das concentrações dos ácidos graxos essenciais linoléico e α -linolênico e um conseqüente aumento proporcional na concentração dos ácidos graxos saturados. SANIBAL & FILHO (2002) chamam a atenção também para os resultados obtidos com o óleo de soja, pois este inicialmente apresentava apenas

2,1% de ácidos graxos trans, possivelmente formados durante o refino. No entanto, com a utilização deste óleo, pode-se observar um aumento no conteúdo dos AGT, chegando a um total de 17,1% após 50 horas de fritura; no caso da gordura parcialmente hidrogenada, pode-se observar também um aumento na concentração de ácidos graxos trans, porém não tão expressivo como o óleo de soja.

Preocupado com essas descobertas, estudos clínicos foram realizados, e demonstraram que AGT formados durante a hidrogenação dos óleos vegetais, no processo de fritura ou em menor escala em produtos originados de animais ruminantes, agem sobre as lipoproteínas, aumentam os teores de LDL e reduzem o de HDL; tais efeitos são potenciais fatores de risco para a saúde cardiovascular (SABARENSE & FILHO, 2003).

Segundo algumas pesquisas, os ácidos trans podem desencadear alguns efeitos no organismo, como aumento de peso dos rins e do nível de lipídios no fígado; inibição da biossíntese do ácido araquidônico, aumentando os sintomas de deficiência de ácidos graxos essenciais (ARO *et al.*, 1998; CARLSON *et al.*, 1997, CHIARA *et al.*, 2002).

Também, apesar de evidências ainda insuficientes, estudos sugerem que os ácidos graxos trans são transferidos ao feto através da placenta, de acordo com teores encontrados no plasma materno diretamente proporcionais aos do cordão umbilical (KOLETZKO & MÜLLER, 1990; CHIARA *et al.*, 2002).

Sugere-se, ainda, que os AGT afetam o crescimento intra-uterino, por inibição da biossíntese dos ácidos graxos essenciais, observando consumo de ácidos graxos trans e o peso ao nascer (KOLETZKO, 1995; CHIARA *et al.*, 2002).

De acordo com o experimento de BOOYENS & MERWE (1992), acredita-se que os AGT podem afetar o desenvolvimento da criança pela deficiência dos ácidos araquidônico e docosahexaenóico, envolvidos na função psicomotora.

Analisando a pressão arterial em 2 grupos de mulheres grávidas, estudiosos observaram que aquelas com consumo mais elevado de AGT, durante a gestação, apresentaram maior risco de pré-eclâmpsia (WILLIAMS *et al.*, 1998).

Outro fator avaliado é que os AGT maternos podem ser transferidos para a criança também através da amamentação, de acordo com análise de leite materno

em mulheres francesas, encontrando níveis médios de trans de $1,9\% \pm 0,2\%$ do total de lipídios (CHARDIGNY *et al.*, 1995).

Cabe destacar que os AGT têm efeitos sobre os lipídios sanguíneos, exercem ação inibitória na atividade hepática, modificam a membrana celular, provocando potencial aterogênico. Ao mesmo tempo, estudos ainda em andamento mostram a possível ação benéfica do ácido linoléico conjugado com ação hipocolesterolêmica, efeito no sistema imunológico estimulando a síntese de imunoglobulina, efeitos anticarcinogênicos e antioxidantes (SANHUEZA & VALENZUELA, 2002).

Em uma outra questão, estudos apontaram que ratos alimentados com óleos exaustivamente processados em frituras apresentaram alterações metabólicas, resultando em perda de peso, supressão do crescimento, diminuição do tamanho do fígado e rins, aumento da taxa de colesterol no fígado e fertilidade reduzida. Estas alterações estão relacionadas ao processo oxidativo das membranas desses animais, na presença de oxidantes (EDER, 1999).

ARAÚJO (2004) relata que a peroxidação de ácidos graxos poliinsaturados leva à formação de malonaldeído, que pode provocar ligações cruzadas nas lipoproteínas de baixa densidade, causando acúmulo de colesterol no vaso sanguíneo.

ARAÚJO (2004) destaca, ainda, que radicais livres formados no processo de oxidação reagem rapidamente com lipídios insaturados presentes na membrana celular, ocasionando lesões ou mesmo destruição. O DNA e o RNA podem ser afetados, mudando a função celular, desenvolvendo doenças como câncer, aterosclerose, artrite e envelhecimento precoce.

4. METODOLOGIA

Toda documentação utilizada para a pesquisa se encontra nos idiomas: inglês, português e espanhol. As palavras-chave utilizadas foram: lipídios, ácidos graxos, óleos de fritura, oxidação, hidrólise, isomerização Cis e Trans.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Relatos evidenciam a importância nutricional e funcional dos lipídios nos alimentos. É possível incluí-los em programas de alimentação saudável desde que se observe a quantidade e a qualidade dos mesmos.

No processo de fritura o óleo interage com o alimento frito melhorando características nutricionais e sensoriais do produto. Mas, para que isso ocorra, é necessário monitorar o processo, verificar a escolha do óleo a ser empregado, sua qualidade inicial, as condições do processo de fritura e a natureza do alimento frito.

Com a reutilização do óleo de fritura, podem acontecer alterações físicas como escurecimento, aumento da viscosidade, diminuição do ponto de fumaça e formação de espuma. Acontecem também alterações químicas como oxidação, hidrólise e polimerização. Estas alterações levam à formação de compostos que trazem implicações nutricionais e sensoriais, como indisponibilização dos ácidos graxos essenciais e “flavor” desagradável, respectivamente.

A preocupação em não se utilizar o óleo várias vezes, deve-se também aos produtos formados no processo de sua degradação serem tóxicos, como o malonaldeído, que podem provocar ligações cruzadas nas lipoproteínas causando acúmulo de colesterol nos vasos sanguíneos. E a formação de radicais livres no processo oxidativo dos óleos, leva à lesão da membrana celular, afetando DNA, podendo originar doenças como câncer, aterosclerose, envelhecimento precoce e outras.

Por essas razões e outras, observa-se a necessidade de pesquisas relacionadas a melhoria das tecnologias empregadas na produção de óleos e

gorduras, bem como a otimização das operações utilizadas no preparo de alimentos fritos e assim contribuir para a redução de peróxidos, radicais livres e ácidos graxos trans nos alimentos e, conseqüentemente, para a diminuição da ingestão dessas substâncias via dieta.

Sugere-se, então, a continuidade do trabalho no sentido de quantificar a formação de compostos como peróxidos e AGT, bem como a perda de ácidos graxos essenciais no óleo submetido ao processo de fritura.

6. REFERÊNCIAS

ARAÚJO, J.M.A. *Química de alimentos: teoria e prática*. UFV, 3ª ed., 2004, 478p.

ARO, A.; JAUHAINEN, M.; PARTANEN, R.; SALMINEN, I.; MUTANEN, M. Stearic acid , trans fatty acids, and dairy fat: effects on serum and lipids, apolipoproteins, and lipid transfer proteins in healthy subjects. *American Journal of clinical Nutrition*, Bethesda, v.65, n.5, p.1419-1426, 1997.

ARO, A; van Amelsvoort Becker, W.; van Erp-Baart, M.A.; Kafatos, A.; Leth, T.; van Poppel, G. Trans fatty acids in dietary fats and oils from 14 European Countries: The TRANSFAIR study. *J. Food Comp Anal* 1998; 11(2):137-49.

ASCHERIO, A; KATAN, M.B.; ZOCK, P.L.; STAMPFER, M.J.; WILLETT, W.C. Trans fatty acids and coronary heart disease. *N Engl J Med* 1999; 340(25):1994-8.

AOAC. ASSOCIATION OF OFFICIAL AGRICULTURAL CHEMISTS. Official methods of analysis. 16th edition, 1998.

BARBANTI, D. La Cottura degli alimenti in olio. Aspetti generali del processo. *Ind. Aliment*, 1993.

BELDA, M.C.R.; POURCHET-CAMPOS, M.A. Ácidos graxos essenciais em nutrição: Uma visão atualizada. *Ciência e Tecnologia de Alimentos* 11(01), 1991.

BERGER, K.G. The practice of frying. *Porim Technol*, 9(5): 1-34, 1984.

BLUMENTHAL, M.M. Una nueva perspectiva en la química y física de las frituras por inmersión. *Alimentaria*, 28 (9), 1991.

BLUMENTHAL, M.M. Rapid test for the deterioration of frying oil; relatório técnico. New Jersey, Libra Laboratories, 1988.

BOBBIO, P.A.; BOBBIO, F.O. *Introdução à química dos alimentos*. 2ª edição. Varela, São Paulo, 1995a.

BOBBIO, P.A.; BOBBIO, F.O. *Química do processamento de alimentos*. 2ª edição. Varela, São Paulo, 1995b.

BOUYENS, J.; MERWE, van der C.F. Margarines and coronary artery disease. *Medical Hypotheses*, v.37, p.241-244, 1992.

BORGO, L. A.; ARAÚJO, W. M. C. Mecanismos dos processos de oxidação lipídica. *Higiene Alimentar*, 19(130):50-58, 2005.

CARLSON, S.; THOMAS, M.C.; COOK, H.W.; EMKEN, E.A., FILER Jr.; L. Trans Fatty acids: infant and fetal development. *American Journal of Clinical Nutrition*, Bethesda, v.66, n.3, p.717s-736s, 1997. Supplement.

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, SBCTA*, 22 (2), Campinas. São Paulo, 2002.

CHARDIGNY, J.M.; WOLFF, R.L.; MAGER, E.; SEBEDIO, J.L.; MARTINE, L.; JUANEDA, P. Trans mono- and polyunsaturated fatty acids in human milk. *European Journal of Clinical Nutrition*, London, v.49, n.7, p.523-531, 1995.

CHIARA, V.L.; SILVA, R.; JORGE, R.; BRASIL, A.P. Ácidos graxos trans: doenças cardiovasculares e saúde materno-infantil. *Rev. Nutr.*, Campinas, 15(3):341-349, set/dez., 2002.

CHRISTIE, W. W. *Gas chromatography and lipids: a practical guide*. Oily, Great Britain, 1989.

DOBARGANES, M.C.& PEREZ-CAMINO, M.C. Frying process: selection of fats and quality control. In: International Meeting of Fats & Oils Technology Symposium and Exhibition. Campinas. São Paulo, 1991.

EDER, K. The effects of a dietary oxidized oil on lipid metabolism in rats. *Lipids*, 34(7): 717-725, 1999.

FDA. U.S. Food and Drug Administration. Trans fatty acid in nutrition labeling, nutrient content claims, and health Claims. 2001.

FOX, E.L., KETHEYIAN, S.J. *Bases fisiológicas do exercício e do esporte*. 6ª edição. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2000.

GIANNINI, D.S. *Aterosclerose e dislipidemias clínica e terapêutica*. BG Editora e Produções Culturais, 1ª ed., p.158, 1998.

GREGÓRIO, B.M; ANDRADE, E.C.B. Influência do aquecimento sobre as propriedades físico-químicas de óleos comestíveis. *Higiene Alimentar*. 18(124), 2004.

HELLIN, L.C. & CLAUSELL, M.P.R. Incidencia de la fritura en la composition de fraccion lipidica de diversos aperitivos de consumo generalizado en nuestro pais. Transformaciones de los aceites durante la fritura. *Anal. Bromatol.* 36 (1): 5-31, 1984.

HU, F.B.; MANSON, J.E.; WILLETT, W.C. Types of dietary fat and risk of coronary heart disease: a critical review. *J Am Coll Nutr.* 2001; 20(1): 5-19.

INNIS, S.M. Essential fatty acids in growth and development. *Prog lipid Res.* 30(39): 103, 1991.

KATAN, M.B.; MENSINK, R.P.; ZOCK, P.L. Trans fatty acids and their effect on lipoproteins in humans. *Annu Rev. Nutr* 1995; 15(5):473-93.

KINSELLA, J. E.; BRUCKNER, G.; MAI, J.; SHIMP, J. Metabolism of trans fatty acids with emphasis on the effects of trans, trans-octadecadienoate on lipid composition, essential fatty acid, and prostaglandins: an overview. *Am. J. Clin. Nutr.*, Bethesda, v. 34, p. 2307-2318, 1981.

KOLETZKO, B.; MÜLLER, J. Cis-and trans- fatty acids in plasma lipids of newborn infants and their mothers. *Biology of the Neonate*, Basel, v.57, n.3/4, p.172-178, 1990.

KOLETZKO, B. Potencial adverse effects of trans fatty acids in infants and children. *European Journal Medical Research*, v.17, n.1, p.123-125, 1995.

KRATZ, M. et al. Dietary mono and polyunsaturated fat acids similarly affect LDL size in healthy men and women. *Journal of Nutrition*, 132(04), 2002.

KUPRANYCS, D.B; AMER, M.A; BAKER, B.E.

Effects of thermal oxidation on the constitution of butterfat, butterfat fractions and certain vegetable oils. *J. Am. Oil Chem. Soc.* 63 (3): 332-337, 1986.

LEHNINGER, A.L; NELSON, D.L; COX, M.M. *Principles of biochemistry*. 2^a ed. New York: Worth Publishers, 1993.

LIMA, J.R; GONÇALVES, L.A.G. O processo de fritura: Alterações observadas em óleos e gorduras. *Boletim SBCTA*, 29(2): 179-185, Campinas. São Paulo, 1995.

MANTZIORIS, E.; JAMES, M.J.; GIBSON, R.A.; CLELAND, L.G. Dietary substitution with α -linolenic acid –rich vegetable oil increases eicosapentaenoic acid concentrations. *Am. J. Clin. Nutr.*, Bethesda, v.59, p. 1304-1309, 1994.

MARTIN, C.A; MATSHUSHITA,M; SOUZA, N.E. Ácidos graxos trans: implicações nutricionais e fontes na dieta. Rev. Nutr; jul./set.2004,vol.17, nº 3, p.351-359. ISSN 1415-5273.

MAYES, P.A. Lipídios de significado fisiológico. In: Harper HÁ. *Bioquímica*. São Paulo, Atheneu, p. 133 – 145, 1990.

MENSINK, R.P.; KATAN, M.B. Effect of dietary trans fatty acids on high-density and low-density lipoprotein cholesterol levels in healthy subjects. N Engl J Med 1990; 323(7):439-45.

MORETTO, E; FET, R. *Tecnologia de óleos e gorduras vegetais na indústria de alimentos*. Varela. São Paulo, 1998.

NORMAS ANALÍTICAS DO INSTITUTO ADOLFO LUTZ. Métodos químicos e físicos para análise de alimentos. Sec. do Estado da Saúde – S.P., Vol. 1, 1976, 371p.

O'DONNELL, C.D. Fats and oils: forces in fried food quality. Prepared Foods, 77-78, 1995.

ORNELLAS, L. *Técnica dietética: seleção e preparo de alimentos*. 7ª ed., São Paulo, Atheneu, 2001.

PEREDA, J.A.O.; RODRIGUEZ, M.I.C.; ALVAREZ, L.F.; SANZ, M.L.G.; MIGUILLON, G.D.G.F.; PERALES, L.L.H.; CORTECERO, M.D.S. *Tecnologia de Alimentos. Volume 01. p.33-49. Componentes dos alimentos e processos*. Artmed, 2005.

RIBEIRO, E.P; SERAVALLI, E.A.G. *Química de alimentos*. Edgard Blücher, 2004. p.111-143.

ROCHA, F.A. Análise da gordura total e do perfil de ácidos graxos em queijos mussarela, prato e ricota e comparação dos resultados experimentais com os teóricos. Brasília, 2004.

SABARENSE, C.M.; FILHO, J.M. Efeito da gordura vegetal parcialmente hidrogenada sobre a incorporação de ácidos graxos trans em tecidos de ratos. Rev. Nutr. V.16 n.4 Campinas out./dez.2003.

SANHUEZA, J.C.; NIETO, S.K.; VALENZUELA, A.B. Acido linoleico conjugado: Un acido graso con isomeria trans potencialmente beneficioso. Rev. Chil. Nutr. V.29, n.2, ago.2002.

SANIBAL, E.A.A; FILHO, J.M. Alterações físicas, químicas e nutricionais de óleos submetidos ao processo de fritura. Caderno de Tecnologia de Alimentos e Bebidas. Edição 18, 2002.

SANIBAL, E.A.A; FILHO, J.M. Perfil dos ácidos graxos trans de óleo e gordura hidrogenada de soja no processo de fritura. Ciências e Tecnologia de Alimentos v.24 n.1 Campinas jan./mar. 2004.

SCHAUF, C. L., MOFFETT, D.F., MOFFET, S. B. *Fisiologia humana*. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1993.

SEBEDIO, J.L; CATTE, M.; BOUDIER M.A., PREVOST, J., GRANDGIRARD, A. Formation of fatt acid geometrical isomers and of cyclic fatty acid monomers during the finish frying of frozen prefried potatoes. Food Res.Int., Barking, v.29, n.2, p.109-116, 1996.

SIRTORI, C.R. *et al.* Controlled evaluation of fat intake in the Mediterranean diet: Comparative activities of olive oil and corn oil on plasma lipids and platelets in high – risk patients. Am J Clin Nutr, V.44, 1986.

SOMMERFIELD, M. Trans unsaturated fatty acids in natural products and processed foods. *Prog Lipid Res*, V.22, 1983.

STEVENSON, S.G; VAISEY-GENSER, M; ESKIN, N.A.M. Quality Control in the use of deep frying oils. *J. Am. Oil Chem. Soc.* 61 (6):1102-1108, 1984.

TROISI,R; WILLET,W.C; WEISS,S.T. Trans – fatty acid intake in relation to serum lipid concentrations in adult man. *Am J Clin Nutr*, V. 56, 1992.

TYAGI, V.K.; VASISHTHA, A.K. Changes in the characteristics and composition of oils during deep-fat frying. *J. Am. Oil Chem. Soc.*, Champaign, v. 73, n.4, p.449-506, 1996.

UNITED STATES OF AMERICA. Food composition data. Agricultural Research Service. USDA Nutrient database for Standard Reference, 2001.

VARELA, G; MOREIRAS-VARELA, O; RUIZ-ROSO, B. Utilizacion de algunos aceites en frituras repetidas. *Câmbios en las grasas y analisis sensorial de los alimentis fritos. Grasas y aceites*, 34 (2), 1983.

WARNER, K.; MOUNTS, T.L. Frying stability of soybean and canola oils with modified fatty acid compositions. *J. Am. Oil Chem. Soc.*, Champaign, v. 70, n. 10. p. 983-988, 1993.

WILLIAMS, M.A.; KING, I.B.; SORENSEN, T.K.; ZINGHEIM, R.W.; TROYER, B.L.; ZEBELMAN, A.M. Risk of preeclampsia in relation to elaidic acids (trans fatty acid) in maternal erythrocytes. *Ginecologic and Obstetric Investigation*, Basel, v.46, n.2, p.84-87, 1998.