

UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA
ESCOLA DE NUTRIÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ALIMENTOS,
NUTRIÇÃO E SAÚDE

FRITURA POR IMERSÃO: ESTUDO DE CASO EM
UMA UNIDADE DE ALIMENTAÇÃO E NUTRIÇÃO

CLOTILDE ASSIS OLIVEIRA

SALVADOR
2007

CLOTILDE ASSIS OLIVEIRA

**FRITURA POR IMERSÃO: ESTUDO DE CASO EM
UMA UNIDADE DE ALIMENTAÇÃO E NUTRIÇÃO**

CLOTILDE ASSIS OLIVEIRA

**FRITURA POR IMERSÃO: ESTUDO DE CASO EM
UMA UNIDADE DE ALIMENTAÇÃO E NUTRIÇÃO**

Projeto de pesquisa e artigo científico original apresentados ao Programa de Pós-Graduação em Alimentos, Nutrição e Saúde, Escola de Nutrição, Universidade Federal da Bahia, para a obtenção do título de Mestre em Alimentos, Nutrição e Saúde.

Orientadora: Profa. Dra. Deusdélia Teixeira de Almeida

Salvador

2007

CLOTILDE ASSIS OLIVEIRA

**FRITURA POR IMERSÃO: ESTUDO DE CASO EM
UMA UNIDADE DE ALIMENTAÇÃO E NUTRIÇÃO**

**COMISSÃO JULGADORA
PROJETO DE PESQUISA E ARTIGO CIENTÍFICO PARA OBTENÇÃO
DO GRAU DE MESTRE**

Presidente e Orientador: Profa. Dra. Deusdélia Teixeira de Almeida
2º Examinador: Profa. Dra. Marisa Aparecida Bismara Regitano D'Arce
3º Examinador: Profa. Dra. Mariangela Vieira Lopes Silva

Salvador, 28 de março de 2007

AGRADECIMENTOS

A minha gratidão a todos que me apoiaram e incentivaram e cuja convivência foi de extrema importância para o meu crescimento pessoal e profissional.

Agradeço à Profa. Dra. Deusdelia Teixeira de Almeida, pela orientação neste trabalho e por me proporcionar crescimento e amadurecimento científico.

Aos integrantes da banca examinadora, Profa.Dra. Marisa D'Arce e Profa. Dra. Mariângela Silva, pelas críticas e sugestões que contribuíram para a melhoria deste trabalho.

Aos professores da Pós-Graduação pelos ensinamentos transmitidos no decorrer do curso, em especial à Profa. Sandra Chaves, pela amizade e disponibilidade com quem me auxiliou nos pequenos problemas e dúvidas do dia-a-dia e ao Prof. Dr. Ivaldo Trigueiro pelas valiosas sugestões e correções por ocasião do Exame Geral de Qualificação.

Às acadêmicas de nutrição e colaboradoras, Júlia Andrade e Marina Rebouças, pela amizade e pela gentil e minuciosa execução das análises físico-químicas, que me levou a respeitá-las ainda mais.

Manifesto a minha gratidão a todas as pessoas que, direta ou indiretamente, colaboraram para a realização deste trabalho e de forma particular ao Prof. Lafayette Cardoso, do Instituto de Química, pela sua colaboração.

A todos os colegas do curso de Pós-Graduação, especialmente à Ytana, alma nobre e amiga muito amada, pelas valiosas lições de empatia, pelo apoio nos momentos difíceis e pelas discussões sobre o trabalho.

À minha coordenadora, Márcia Serrano, do Hospital da Cidade, pela compreensão e incentivo. Enfim, às colegas Eneida, Renata e Glécia, que suportaram pacientemente todo meu melodrama.

Aos meus queridos pais, pelo valioso apoio familiar que sempre contribuíram para meu crescimento pessoal e para uma melhor compreensão das minhas atitudes e das dos que me cerca, sempre me incentivando e apoiando.

Aos meus irmãos, por toda amizade, carinho e preciosas contribuições em todas as etapas desta jornada.

À Deus, pela força que me impulsiona ao encontro da vida.

Sinceramente, obrigada!

SUMÁRIO

	Página
LISTA DE FIGURAS	ii
LISTA DE QUADROS	ii
LISTA DE TABELAS	ii
1. INTRODUÇÃO	01
2. REVISÃO DA LITERATURA	03
2.1 Sistemas de fritura	05
2.2 Composição química e propriedades dos óleos destinados à fritura	08
2.3 Alterações dos óleos de fritura	11
2.3.1 Alterações hidrolíticas	12
2.3.2 Alterações oxidativas	14
2.3.3 Alterações termoxidativas	17
2.4 Compostos de degradação	18
2.5 Antioxidantes x Estabilidade dos Óleos	20
2.6 Características dos produtos fritos	22
2.7 Controle de qualidade dos óleos de fritura	25
2.8 Aspectos nutricionais dos óleos e gorduras de fritura	27
2.9 Aspectos normativos sobre frituras	29
3. OBJETIVOS	31
3.1 Objetivo geral	31
3.2 Objetivos específicos	31
4. MATERIAL E MÉTODOS	32
4.1 Desenho do estudo	32
4.2 Material	32
4.2.1 Caracterização do local	32
4.2.2 Obtenção das amostras	33
4.2.2.1 Fluxogramas da obtenção das amostras	35
4.3 Métodos	38
4.3.1 Determinações analíticas	38
4.3.2 Análise estatística	39
5. CRONOGRAMA	40
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	41
APÊNDICES	54

LISTA DE FIGURAS

	Página
Figura 1 – Esquema geral das variáveis que podem interferir no processo de fritura	06
Figura 2 – Diagrama das alterações ocorridas no óleo de fritura	12
Figura 3 – Esquema geral do mecanismo de autoxidação lipídica	15
Figura 4 – Secção transversal de uma batata que ilustra modificações durante a fritura	23

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Principais compostos formados no processo de fritura	20
---	----

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Métodos analíticos tradicionais baseados em mudanças físicas e químicas	25
--	----

1 – INTRODUÇÃO

A finalidade básica de uma Unidade de Alimentação e Nutrição (UAN) deve estar centrada no fornecimento de uma alimentação equilibrada nutricionalmente, apresentando garantias higiênico-sanitárias e toxicológicas ao comensal e que também lhe propicie prazer ao receber a refeição (PROENÇA, 1997).

Um dos processos culinários mais difundidos nas UANs é a fritura por imersão, que consiste em submergir o alimento em óleo/gordura, sob elevadas temperaturas, na presença de ar, durante um determinado período de tempo (MCSAVAGE e TREVISAN, 2001; DOBARGANES e MÁRQUEZ-RUÍZ, 1998).

Um das vantagens da fritura frente aos demais processos culinários reside, no cozimento rápido e uniforme do produto (LIMA e GONÇALVES, 1995). Outro fator é a preferência, no momento da compra, por alimentos que apórtem facilidade de manipulação e preparo, bem como possibilidade de consumo instantâneo, pois, a rapidez é um aspecto fundamental nas sociedades industrializadas atuais (MASSON et al., 1999; ANDRIKOPOULOS et al., 2003; ALMEIDA, et al., 2006).

A desvantagem do processo é que os óleos e gorduras, quando aquecidos repetidamente, sob altas temperaturas, por períodos prolongados, podem sofrer uma série de alterações, formando compostos de degradação (MEHTA e SWINBURN, 2001; VARELA et al., 1983). Os produtos de degradação formados podem ser influenciados por variáveis como: tipo de óleos/gorduras utilizados, natureza do alimento e condições do processo (POKORNY, 1998; FEDELI, 1998). Com o decorrer das reações, as qualidades funcionais, sensoriais e nutricionais dos óleos se modificam, podendo chegar a níveis em que não se consegue mais produzir alimentos de qualidade (FRITSCH, 1981; JORGE, 2004).

Vários métodos analíticos são utilizados para a avaliação dos óleos e gorduras de fritura. Por um lado, dispõe-se de métodos que quantificam de forma direta os compostos polares e a determinação específica dos compostos de alteração de polimerização, oxidação e hidrólise, relacionados com os três tipos de alterações mais importantes que ocorrem no processo de fritura (WHITE, 1991; MASSON et al., 1997). Por outro lado, encontram-se os índices analíticos rápidos, simples e precisos, que são pouco úteis para a avaliação de óleos e gorduras de origem desconhecida, mas que podem ser de grande interesse para conhecer a evolução dos óleos de fritura em restaurantes, bares, UANs, dentre outros (DOBARGANES e MÁRQUEZ-RUIZ, 1995; 1998; STIER, 2004).

Os possíveis riscos à saúde envolvidos no consumo de gorduras aquecidas e/ou oxidadas, como predisposição para aterosclerose, ação mutagênica e carcinogênese têm sido revisados e comentados, com o propósito de assegurar à população consumidora que os alimentos preparados através do processo de fritura sejam inócuos (MÁRQUEZ-RUIZ et al., 1990).

Dois simpósios de óleos e gorduras realizados em 1973 e 1979 pela “German Society for Fat Research” (Deutsche Gesellschaft für Fettwissenschaft, DGF) resultaram em recomendações para controlar a qualidade de óleos e gorduras comestíveis (FIRESTONE et al., 1991).

Estudos realizados por alguns autores (DOBARGANES e MÁRQUEZ-RUIZ, 1995a; MASSON et al., 1999; ANS et al., 1999; PINCHAK et al., 2006) sobre a avaliação da qualidade de óleos de fritura utilizados pelo setor de produtos fritos de consumo imediato, mostraram a necessidade de se estabelecerem medidas de controle, tendo em vista que a degradação dos óleos e gorduras pode repercutir desfavoravelmente na saúde. Assim, muitos países têm adotado regulamentações a fim

de proteger o consumidor, limitando a utilização de óleos/gorduras de frituras para o consumo humano e estabelecer critérios para seu descarte (FIRESTONE, 1991).

Outro aspecto a ser considerado na fritura por imersão, refere-se ao destino dos óleos e gorduras residuais, sendo este material poluente causador de grande pressão nos aterros sanitários e redes de esgoto, gerando altos custos no seu processo de tratamento e manutenção quando descartado em locais inapropriados (SAMPAIO, 2003).

Diante do exposto, verifica-se que para a manutenção da qualidade de um meio de fritura, deve-se levar em consideração inúmeras variáveis. O monitoramento inadequado do processo coloca em risco a saúde da população, portanto, faz-se necessário o estabelecimento de bases científicas e tecnológicas de uso do óleo que proporcionem uma alimentação segura e saudável.

Como descrito, as pesquisas sobre o tema, principalmente sobre as degradações produzidas nos óleos durante o processo, centram-se em experimentos laboratoriais. Nota-se assim, a necessidade de estudos que retratem *in situ* os efeitos das condições do processo de fritura por imersão em uma Unidade de Alimentação e Nutrição, proporcionando assim conhecimentos com base na experimentação prática, o que é o objetivo da presente proposta.

2 - REVISÃO DA LITERATURA

A fritura é uma das técnicas mais antigas de preparação de alimentos. Um dos primeiros registros encontra-se em Levítico, terceiro livro do velho testamento da Bíblia Sagrada, provavelmente escrito no período de 600 a.C, cujas leis sanitárias e dietéticas já se referiam à utilização de frigideiras. As civilizações assírias, babilônicas, gregas e egípcias, utilizavam o azeite de oliva como combustível e, também, para fins culinários (MORTON, 1998; VALENZUELA e MORGADO, 2005).

Atualmente sua utilização vem sendo difundida em todo o mundo. Este fato tem razões sociais, econômicas e técnicas. As pessoas dispõem de menos tempo para preparação de alimentos, e assim, o processo de fritura fornece uma alternativa de processo rápido ao mesmo tempo em que confere aos alimentos fritos características sensoriais únicas e exclusivas (VARELA et al., 1983; LIMA e GONÇALVES, 1995). O conjunto de propriedades desenvolvidas, como sabor e aroma, cor dourada e textura crocante, torna a fritura muito mais atrativa, quando comparada com outras formas de preparo de alimentos (CUESTA e MUNIZ-SÁNCHEZ, 1998; ANDRIKOPOULOS et al., 2003).

Muitos consideram a fritura muito mais uma arte que uma ciência ou uma tecnologia. No entanto, este processo culinário que parece tão simples, é um processo extraordinariamente complexo, em que se encontram envolvidos uma grande quantidade de fatores (LIMA e GONÇALVES, 1995).

O grande destaque da fritura é que durante o processo, não só o óleo se incorpora ao alimento para modificar suas propriedades nutricionais e sensoriais, como também atua como meio de transferência de calor reutilizável, muito mais eficiente que o forneamento e muito mais rápido que o cozimento em água (CELLA et al., 2002).

É importante comentar que a fritura é um processo dinâmico em que a temperatura do meio varia conforme a adição do alimento, devido ao processo de evaporação de água e absorção de gordura (KROKIDA et al., 2000; MEHTA e SWINBURN, 2001).

De acordo com Saguy e Dana (2003), durante o processo de fritura a água do alimento se difunde para o meio externo, gerando capilares e, em movimento contrário, ocorre a entrada de óleo quente do meio externo para o interior do alimento, numa taxa que depende da viscosidade e tensão superficial do óleo utilizado. O fato da pressão interior do alimento ser maior do que a externa limita a penetração do óleo.

As condições depois que o alimento é retirado da fritadeira parecem ser decisivas para a absorção de óleo por parte do produto frito. Neste momento, a pressão de vapor interno passa a ser inferior à externa e a gordura é absorvida pelos poros. Conseqüentemente, a agitação e drenagem apropriadas do produto após a fritura são provavelmente técnicas de fritura importantes para reduzir o teor lipídico no alimento (MELLEMA, 2003).

Ao introduzir o alimento no óleo, uma série de processos e reações gera alterações importantes, tanto no meio de fritura como no produto (DOBARGANES & MÁRQUEZ-RUIZ, 1998). Estas alterações dependem de diversos fatores, dentre os quais se destacam aqueles dependentes do processo, do tipo de óleo ou gordura e do alimento (DEL RÉ et al., 2003), conforme **Figura 1**.

O conjunto dessas variáveis determina as distintas características dos alimentos fritos, além de afetar a sua qualidade. Por isso, conseguir que os produtos fritos adquiram textura e cores desejadas, que absorvam quantidades adequadas de óleos, que os mesmos sejam mantidos dentro dos limites de qualidade físico-química e sensorial e que o processo de fritura seja o mais rentável possível, é uma tarefa difícil e que envolve um rigoroso controle (MONFERRER e VILLALTA, 1993a).

2.1. Sistemas de Fritura

Existem duas diferentes formas de fritura: superficial (*shallow frying*) e profunda (*deep frying*). A fritura superficial é realizada, normalmente, em recipientes com pouca profundidade e baixo nível de óleo. O alimento não fica totalmente imerso pelo óleo, tornando-se necessário revolvê-lo para atingir toda a sua superfície, o que exige maior tempo de operação e, conseqüentemente, maior absorção de óleo por parte do produto (MCSAVAGE e TREVISAN, 2001).

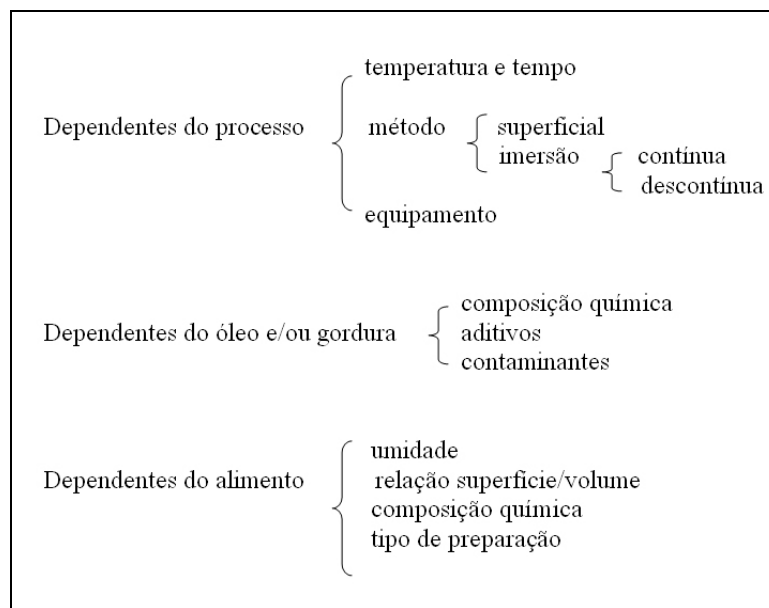


Figura 1 – Esquema geral das variáveis que podem interferir no processo de fritura.

Já a fritura profunda, ou por imersão, é uma operação mais rápida, realizada em recipientes com um nível elevado de óleo, onde o produto está totalmente submerso e a fritura ocorre, uniformemente, sobre toda a superfície do alimento (MCSAVAGE e TREVISAN, 2001).

Há dois tipos de fritura por imersão: contínua e descontínua. Na primeira o alimento é frito em uma só etapa, enquanto na segunda, sucessivas vezes. A fritura contínua é normalmente utilizada pelo mercado industrial para produção de *snacks* extrusados, massas fritas, pré-fritura e fritura de batatas, enquanto que a fritura descontínua é mais utilizada pelo mercado institucional que compreende redes de *fast foods*, restaurantes e pastelarias (SANIBAL e MANCINI-FILHO, 2002).

A utilização crescente da fritura proveniente dos países industrializados, devido às novas necessidades de preparação de alimentos rápidos, determinou a expansão de alimentos fritos e pré-fritos, onde as fritadeiras domésticas e industriais possibilitam a

elaboração dos produtos em grande escala, tanto para consumo imediato como para posterior comercialização (WATERNING, 2003).

Atualmente, a clássica frigideira está sendo substituída pelas fritadeiras, nas quais se aquece uma grande quantidade de óleo, para uma quantidade relativamente pequena de produto a fritar e, como consequência, o óleo é utilizado elevado número de vezes com uma reposição mínima (WATERNING, 2003).

Existem muito tipos de fritadeiras, tanto para uso doméstico como para uso em restaurantes, UANs assim como para a produção em grande escala, em nível industrial. Porém, basicamente, os equipamentos utilizados para a fritura dos alimentos se resumem em fritadeiras contínuas e descontínuas (BERGER, 1984).

Portanto, a escolha do tipo de equipamento é uma das primeiras decisões que afetam a qualidade das operações de fritura. De acordo com Monferrer e Villalta (1993a), as principais características de uma boa fritadeira são:

1. Adequação de tamanho e volume à produção esperada. O nível do óleo deverá ser o mínimo requerido para fritar os alimentos convenientemente e otimizar a distribuição do calor através do óleo;
2. Material de aço inoxidável, não utilizando galvanizados ou cobre, inclusive nas áreas externas, devido ao seu alto poder pró-oxidante;
3. Superfície de contato entre o óleo e o ar deve ser a mínima possível, a fim de evitar um processo de oxidação;
4. Dispor de um bom termostato para controle e verificação periódica da temperatura;
5. Facilidade de limpeza, pois o óleo polimerizado depositado nas paredes tende a catalisar reações que levam a alterações no óleo.

2.2 Composição química e propriedades dos óleos destinados à fritura

Uma grande variedade de óleos e/ou gorduras é usada para operações de fritura. Podem ser de origem vegetal, animal ou uma mistura de ambos. O preço, a disponibilidade, a funcionalidade e os aspectos nutricionais são os maiores fatores envolvidos na seleção de um óleo/gordura para serem utilizados em operações de fritura (LIMA e GONÇALVES, 1995; VALENZUELA et al., 2003).

Em relação aos fatores que influenciam na alteração do óleo, destacam-se o nível de insaturação, a qualidade inicial e a presença de aditivos (LIMA e GONÇALVES, 1995).

O grau de insaturação do óleo ou gordura tem sido considerado há muito tempo, um dos fatores mais importantes, devido à distinta reatividade dos ácidos graxos insaturados. Segundo Sanibal e Mancini Filho (2002), os óleos vegetais apresentam alto índice de ácidos graxos monoinsaturados e poliinsaturados. Assim, são mais susceptíveis às alterações oxidativas. Em pouco tempo tornam-se rançosos à temperatura ambiente e de qualidade inferior para operações de frituras com curtos períodos de reposição, bem como, para alimentos que necessitam de vida de prateleira mais longa.

A maioria dos autores recomenda a utilização de óleos/gorduras de insaturação média ou baixa, de elevada qualidade inicial e isenta de pró-oxidantes (TYAGI e VASISHTHA, 1996; JORGE e GONÇALVES, 1998; JUARÉZ et al., 2004). A garantia da qualidade inicial antes da sua utilização é de grande interesse em nível industrial. Dentre os índices utilizados a fim de assegurar que a gordura apresenta uma boa resistência ao tratamento térmico, têm-se os testes de oxidação acelerada (60 horas), índice de peróxido entre 1 - 2 meq/O₂/kg, acidez livre inferior a 0,1%, ponto de fumaça

inferior a 200°C e manutenção das características de cor, odor e sabor (DOBARGANES e PÉREZ-CAMINO, 1991).

O grau de insaturação é dado pelo número de duplas ligações do ácido graxo. Quanto maior o número de ácidos graxos com duplas ligações, menor é o ponto de fusão do óleo/gordura e maior suscetibilidade à oxidação (FENNEMA, 1993), já que os hidrogênios próximos às duplas ligações são mais reativos quimicamente do que os hidrogênios das ligações saturadas.

Frankel *et al.* (1985) relataram que a relação entre a taxa de autooxidação dos três ácidos graxos constituintes dos óleos/gorduras, como o oléico (C18:1), linoléico (C18:2) e linolênico (C18:3), é da ordem de 1:40-50:100 no que se refere à absorção de oxigênio e 1:12:25 ao desenvolvimento de hidroperóxidos. Segundo estes autores, os resultados indicam que a oxidação aumenta enormemente quando se passa do oléico ao linoléico. A explicação é simples, considerando a fase de iniciação da cadeia autoxidativa, pois dada a posição das duplas ligações no caso dos ácidos poliinsaturados, existe um sistema com um carbono pentadiênico em posição especialmente ativada pela influência simultânea de duplas ligações. Esta situação, que não existe no caso do ácido oléico, se encontra duplicada no ácido linolênico.

Atualmente, pode-se destacar a obtenção de óleos vegetais de elevada estabilidade, obtidos por modificação genética de sementes oleaginosas, com baixos teores de ácidos graxos polinsaturados, ou seja, óleos com alto teor de ácido oléico, cuja composição em ácidos graxos e triacilgliceróis é muito diferente dos óleos convencionais de origem (RATTRAY *et al.*, 1990 apud JORGE e GONÇALVES, 1998). O óleo de girassol com alto teor de oléico, por exemplo, é comercializado nos Estados Unidos desde 1984 e seu consumo experimentou um rápido crescimento de 1988 até 1991 (PURDY, 1986 apud JORGE e GONÇALVES, 1998).

Jorge e Gonçalves (1998), ao avaliar o comportamento do óleo de girassol com alto teor de oléico quando comparado com o óleo de girassol convencional observaram que o primeiro mostrou um excelente comportamento com relação à termoxidação, independente do tipo de aquecimento de fritura.

A hidrogenação parcial de óleos vegetais produz *shortenings* que apresentam um nível controlado de hidrogenação e garantem equilíbrio entre paladar e estabilidade oxidativa. Porém, o fato de existirem poucos estudos que avaliem o comportamento da gordura vegetal hidrogenada, quando sujeitas a condições de termoxidação, tem gerado discussões recentes relacionadas às possíveis implicações dos ácidos graxos *trans* sobre a saúde, sobretudo em relação aos seus aspectos metabólicos e nutricionais, por isso não tem sido recomendada para uso em frituras (MANCINI-FILHO, 1997; MENDES et al., 2002).

A transesterificação, também chamada indistintamente como interesterificação, é um exemplo de um processo que está disponível comercialmente para alcançar menores níveis de isômeros *trans* em óleos comestíveis. Ao contrário do que ocorre na hidrogenação, a interesterificação não promove a isomerização dos ácidos graxos de *cis* para *trans*, pois os ácidos graxos não são modificados, mas sim redistribuídos nas ligações éster do glicerol, criando novas estruturas. Desta forma, a interesterificação é uma alternativa à hidrogenação para obter produtos livres de ácidos graxos *trans* (LU e LAMPERT, 1999).

A qualidade do óleo de fritura também pode ser afetada pelo tempo de utilização e tipo de aquecimento. O aumento do tempo de aquecimento se traduz, logicamente, em um incremento do nível de alteração, porém sua principal consequência é a diferente composição quantitativa dos compostos de alteração (TYAGI e VASISHTHA, 1996; SEPPANEN e CSALLANY, 2006). Um dos exemplos mais claros se encontra na formação de polímeros, os quais podem ser incluídos entre os compostos de maior

estabilidade a longo prazo, porém sua proporção, dentro dos produtos de alteração obtidos em tempos de aquecimento curtos, é insignificante (JORGE, 1996). Já, a formação de hidroperóxidos, é favorecida durante os ciclos de resfriamento. Atribui-se este efeito ao aumento de absorção de oxigênio durante o resfriamento do óleo, favorecendo as reações oxidativas. Em contrapartida, durante os períodos de reaquecimento, ocorre decomposição dos hidroperóxidos (PEERS e SWOBODA, 1982). Por isso, o sistema intermitente de aquecimento das frituras descontínuas é considerado mais danoso para os óleos e gorduras de frituras do que o sistema de aquecimento contínuo (DOBARGANES E PÉREZ-CAMINO, 1991).

Por fim, outra característica a ser considerada na escolha do óleo/gordura para fritura é o seu ponto de fumaça, definido como a temperatura na qual fumaça começa a ser exalada da superfície do óleo aquecido decorrente da decomposição do ácido graxo na presença de oxigênio. É dependente da composição do óleo e/ou gordura e se encontra na faixa de 200-300°C; quando inferior 170°C, o óleo ou a gordura é considerado inadequado para uso em fritura (ARAÚJO, 2004).

2.3 Alterações dos Óleos de Fritura

Na temperatura de fritura, o óleo/gordura interage com o ar, água e componentes dos alimentos que estão sendo fritos, gerando ao longo das várias reutilizações, compostos responsáveis por alterações de características sensoriais, próprias dos produtos fritos, e posterior degradação desses produtos. As interações dependem da qualidade do óleo/gordura, da tecnologia utilizada e da natureza do substrato (MEHTA e SWINBURN, 2001; QUAGLIA et al., 1998).

As várias reações que ocorrem em um óleo de fritura são mostradas na **Figura 2**, sendo as principais formas de deterioração: hidrólise, oxidação e termoxidação (FRITSCH, 1981; WHITE, 1991).

2.3.1 Alterações hidrolíticas

Durante o processo de fritura, quantidade considerável de umidade em forma de vapor proveniente do alimento pode interagir com a matéria graxa aquecida. Os triglicerídeos, então, em contato com o vapor produzido se hidrolisam a diglicerídeos e monoglicerídeos, liberando uma ou duas cadeias de ácidos graxos. Os triglicerídeos de cadeia curta são mais sensíveis que os que apresentam ácidos graxos de cadeia longa (CUESTA e SÁNCHEZ-MUNÍZ, 1998; MCSAVAGE e TREVISAN, 2001).

As maiores alterações ocorrem quando existe umidade no início do aquecimento do óleo ou durante o resfriamento, já que, durante a fritura, o óleo se encontra a 180-185°C e a esta temperatura a umidade é eliminada em forma de vapor (MONFERRER e VILLALTA, 1993a).

O resultado da hidrólise é o aparecimento de ácidos graxos livres, que aumentam a acidez do óleo e, em menor quantidade, a formação de metilcetonas e lactonas. O aparecimento de ácidos graxos livres reduz o ponto de fumaça. Os ácidos graxos de cadeia média ou curta (< 16 carbonos) são mais voláteis e alguns deles podem produzir odores e sabores indesejáveis, em especial o láurico, que deixa gosto de sabão. Por isso, é preciso ter cuidado quando se utilizam óleos como os de coco e palmiste, que são ricos nesse ácido graxo (CUESTA e SÁNCHEZ-MUNÍZ, 1998; SAGUY e DANA, 2003).

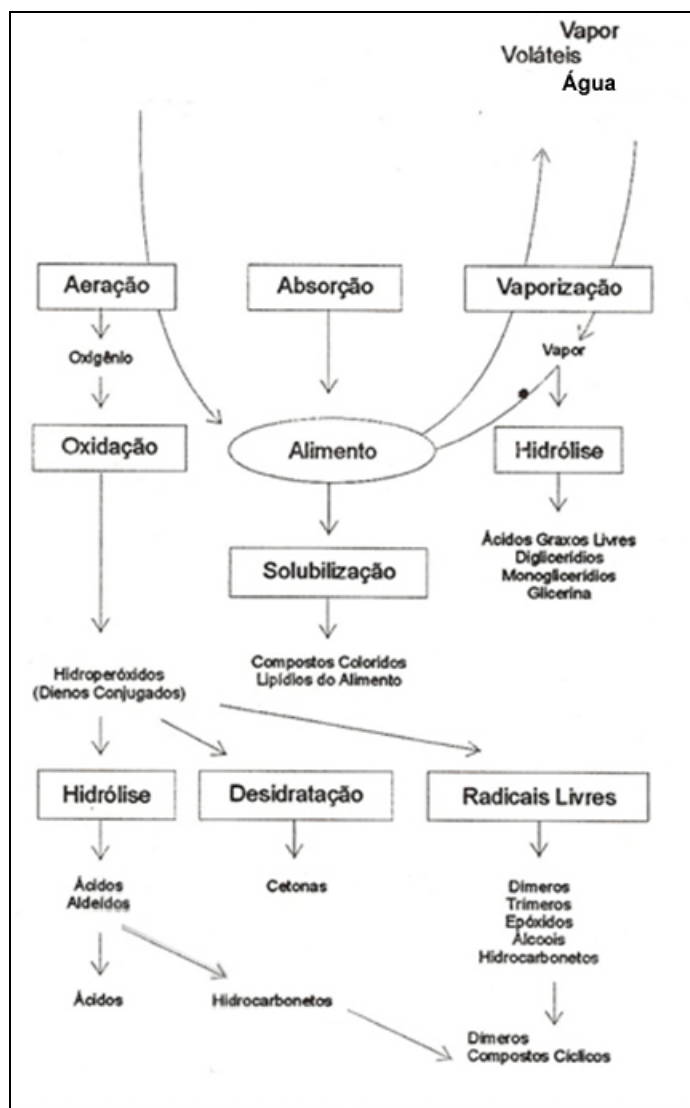


Figura 2 – Diagrama das alterações ocorridas no óleo de fritura (adaptado de FRITSCH, 1981).

Segundo Lawson (1995), a extensão da hidrólise ou a quantidade de ácidos graxos livres formados depende dos seguintes fatores:

a) A quantidade de água liberada no óleo de fritura - uma grande quantidade de água aumenta rapidamente a alteração. A água pode ser introduzida de várias maneiras, inclusive durante o pré-preparo. Batatas frescas, por exemplo, contêm cerca de 85% de água, já as batatas que foram pré-fritas e congeladas contêm menos de 50% de água.

b) Temperatura do óleo de fritura - o aumento da temperatura acelera a taxa de produção de ácidos graxos livres em presença de alimentos úmidos.

c) Taxa de renovação do óleo, obtida através da seguinte relação:

$$\% \text{ taxa de renovação} = \frac{\text{óleo adicionado por hora}}{\text{capacidade da fritadeira}} \times 100$$

Quanto mais rápida a renovação do óleo, mais lenta é a formação de ácidos graxos livres. A recomendação diária da reposição é de 15 a 25% da capacidade da fritadeira (STEVENSON et al., 1984).

d) Número de frituras – um elevado número de frituras pode degradar o óleo e, assim, afetar sua absorção. Quanto mais alterado o meio de fritura, maior é a produção de surfactantes e maior o conteúdo de óleo absorvido pelo alimento. Os surfactantes compreendem os sabões, fosfolipídeos, sais inorgânicos, mono e diglicerídeos e polímeros, sendo formados a partir da degradação dos óleos e/ou entre os componentes do alimento e do óleo (BLUMENTHAL e STIER, 1991).

e) Acúmulo de partículas de alimentos no óleo de fritura aumenta a taxa de formação de ácidos graxos livres. Por isso, uma freqüente filtração é importante.

2.3.2 Alterações oxidativas

A autoxidação lipídica é uma reação química de baixa energia que pode ocorrer na ausência da luz e envolve a formação de radicais livres (**Figura 3**). Está associada à reação do oxigênio com ácidos graxos insaturados e ocorre em três diferentes estágios: iniciação, propagação e terminação (BOBBIO e BOBBIO, 1992; FENNEMA, 1993).

Sabe-se que a autoxidação ocorre através de um processo geral que envolve três fases, as quais explicam a gama de compostos novos formados e que estão resumidas a seguir. Entretanto, o mecanismo de formação do primeiro radical na autoxidação ainda

não foi totalmente esclarecido, estando implicadas a luz, altas temperaturas e presença de metais (FENNEMA, 1993; SAGUY e DANA, 2003).

A iniciação é a fase na qual ocorre a formação de radicais livres (R_1^\bullet), pela retirada de um hidrogênio do carbono α -metilênico adjacente à dupla ligação, seja a partir de um hidroperóxido (ROOH), favorecido pela alta temperatura e luz, ou a partir de um ácido graxo (R_1H), devido à presença de metais no meio (OSAWA e GONÇALVES, 2006).

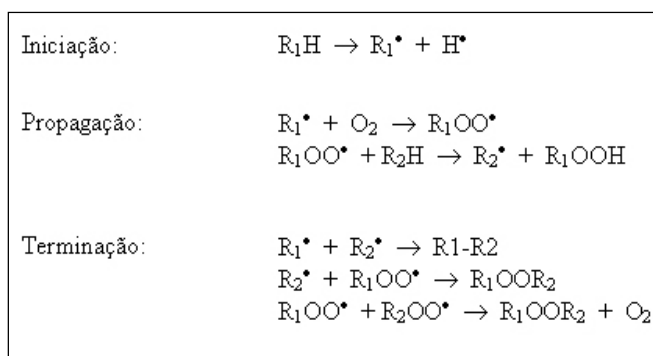


Figura 3 – Esquema geral do mecanismo de autooxidação lipídica (MELO E GUERRA, 2002).

Os metais são conhecidos por serem pró-oxidantes mesmo quando há presença de traços. Já o calor, também é um grande acelerador de oxidação, a partir de 60°C foi estimado que para cada acréscimo de temperatura da ordem de 15°C, a velocidade da reação de oxidação dobra. Na fase de iniciação, há baixo consumo de oxigênio, baixa concentração de peróxidos, aumento da concentração de radicais livres e não há alterações sensoriais. Nela ocorre a formação dos primeiros radicais livres, catalisados pela alta temperatura (MONFERRER e VILLALTA, 1993a).

Na fase de propagação, os radicais livres (R_1^\bullet) formados na fase anterior reagem com o oxigênio atmosférico (O_2) ou com outras cadeias de ácidos graxos, produzindo os produtos primários de oxidação (peróxidos e hidroperóxidos) cuja estrutura depende da

natureza dos ácidos graxos presentes. Os radicais formados atuam como propagadores da reação, resultando em um processo autocatalítico (FENNEMA, 1993; BOBBIO e BOBBIO, 1992).

Finalmente, a fase de terminação ocorre quando os radicais livres reagem entre si produzindo compostos inativos, não permitindo a continuidade da reação em cadeia (BORGIO e ARAÚJO, 2005). Nesta fase, grande parte do lipídio já foi oxidado, de modo que ela não contribui significativamente para a formação de ranço (REGITANO-D-ARCE et al., 2006).

A fotoxidação envolve a interação entre a dupla ligação e o oxigênio singlete, produzido pelo efeito da luz (especialmente a luz ultravioleta ou próximo a sua faixa) no oxigênio triplete, na presença de fotosensibilizadores ou cromóforos, a exemplo da riboflavina, clorofila, mioglobina, hemoglobina. Esta não é uma reação em cadeia e não possui período de indução, mas pode ser inibida por supressores de oxigênio singlete, como o caroteno (BORGIO e ARAÚJO, 2005).

A autoxidação e a fotoxidação ocorrem através de mecanismos distintos e produzem diferentes quantidades de hidroperóxidos. O produto primário da fotoxidação é o hidroperóxido e sua velocidade de formação é de 10 a 30 vezes maior que na autoxidação, pois não há período de indução (ROVELLINI, 1997 apud REGITANO-D'ARCE et al., 2006).

A fotoxidação é uma reação mais rápida que a autoxidação. O oxigênio singlete reage 1500 vezes mais rápido que o oxigênio normal. Na autoxidação, um grupamento metílico associado a uma dupla ligação é mais reativo que uma simples insaturação. Na fotoxidação, a reatividade está relacionada ao número de ligações na cadeia (FENNEMA, 1993).

O ataque do oxigênio pode ocorrer à temperatura ambiente ou abaixo dela, como na estocagem do óleo ou de produtos que o utilizam em sua formulação. O mecanismo

básico de oxidação é similar em diferentes temperaturas, mas a razão em que ocorrem é diferente (LIN, 1991 apud REGITANO-D'ARCE et al., 2006).

2.3.3 Alterações termoxidativas

A termoxidação se produz pelo efeito das elevadas temperaturas, de maneira que favorece a alteração oxidativa. A influência da temperatura sobre a alteração foi demonstrada por muitos autores. Já a influência do alimento sobre a alteração termoxidativa é difícil de ser analisada dada a complexidade das interações envolvidas no processo e as diferentes composições dos substratos que são submetidos à fritura (LIMA e GONÇALVES, 1995; POKORNY, 1998; MEHTA e SWINBURN, 2001).

Segundo Monferrer & Villalta (1993b), em temperaturas muito baixas, há maior estabilidade do óleo, no entanto, o alimento tende à oleosidade, devido a maior absorção do meio de fritura. Cerca de 40% a mais de gordura é absorvida para o interior do alimento, quando a temperatura é de 10°C a menos que a recomendada. Portanto, os produtos fritos a baixas temperaturas são menos saudáveis para o consumidor, a taxa de reposição fica aumentada além do necessário, gerando aumento no custo de produção.

Em contrapartida, as temperaturas muito elevadas aceleram o processo de fritura e promovem a formação de uma crosta na superfície do alimento. Conseqüentemente, a cocção torna-se incompleta no interior do produto (POKORNY, 1998; MEHTA e SWINBURN, 2001).

Vários países adotam a temperatura de 180°C como ideal para fritar, uma vez que, temperaturas superiores a 200 °C produzem elevada degradação dos óleos (FIRESTONE et al., 1991; MEHTA e SWINBURN, 2001).

2.4 Compostos de degradação

Os produtos de decomposição dos óleos formados durante a fritura podem ser divididos em compostos voláteis e não voláteis (WHITE, 1991).

Cerca de 220 dos 440 compostos de deterioração identificados são voláteis. Os não voláteis são de grande interesse do ponto de vista nutricional já que fazem parte da dieta ao permanecer dissolvidos no óleo de fritura e ser, portanto, incorporados ao alimento frito (JORGE, 2004).

Dos compostos de degradação pesquisados, cerca de 9 grupos são considerados importantes do ponto de vista toxicológico, nutricional e sensorial, a saber: compostos voláteis (aldeídos, cetonas, furanos, ácidos carboxílicos, hidrocarbonetos), monômeros cíclicos, contaminantes alcalinos, dímeros, polímeros, produtos de decomposição (diacilgliceróis, monoacilgliceróis, ácidos graxos livres, etc), compostos polares totais (polímeros e produtos de decomposição), triacilgliceróis inalterados e ácidos graxos livres (WHITE, 1991).

Ainda que existam diferenças substanciais entre a alteração oxidativa a baixa e a elevada temperaturas, em ambos os casos, a via principal de obtenção de compostos de alteração inclui a formação de hidroperóxidos (FRANKEL, 1991).

Os hidroperóxidos são produtos instáveis que podem se decompor em compostos carbonílicos (ácidos, álcoois, aldeído e cetonas) de cadeia curta, responsáveis pelo sabor de ranço e de reações paralelas que conduzem a uma deterioração generalizada e a formação de polímeros (STEVENSON et al., 1984).

Os radicais livres tendem a combinar entre si ou com os ácidos graxos para formar compostos lineares mais ou menos longos e ramificados, ou compostos cíclicos, especialmente no caso em que existam duplas ligações que podem formar isômeros (FRANKEL, 1991).

Esses polímeros, por serem de maior tamanho e peso molecular, tendem a aumentar a viscosidade do óleo que formam espumas, podendo ser absorvidos pelo alimento frito. Os polímeros tendem a se formar na superfície do óleo e a depositar-se nas laterais da fritadeira, formando uma película muito aderente de consistência plástica. Normalmente, uma grande quantidade de monômeros cíclicos é formada no óleo que apresenta alto teor de ácido linolênico. Os dímeros são formados na primeira etapa da polimerização. Nas polimerizações subseqüentes, são formadas moléculas de alto peso molecular (MONFERRER e VILLATA, 1993a).

O **Quadro 1** demonstra de forma esquemática os principais grupos de compostos que podem ser formados a partir das reações hidrolíticas, oxidativas e térmicas presentes no processo de fritura.

Tipo de reação	Agente causador	Compostos resultantes
Hidrolítica	umidade	Ácidos graxos livres, diglicerídeos, monoglicerídeos e glicerol.
Oxidativa	ar	Monômeros oxidados Dímeros e polímeros oxidados Compostos voláteis (aldeídos, cetonas, hidrocarbonetos, etc.) Óxidos de esteróis
Térmica	temperatura	Dímeros e polímeros não polares Monômeros cíclicos Isômeros <i>trans</i> e de posição

Quadro 1 - Principais compostos formados no processo de fritura (GUTIÉRREZ e DOBARGANES, 1988 apud LIMA, 1994).

2.5 Antioxidantes X Estabilidade dos Óleos

Os antioxidantes são aditivos que promovem diminuição da taxa de oxidação, ou seja, atuam inibindo a formação de radicais livres na fase de iniciação ou interrompendo a fase de propagação (FRITCH, 1981). O grande inconveniente do uso de antioxidantes nos processos de fritura se deve à pouca estabilidade da maioria deles frente às altas temperaturas e o desconhecimento dos possíveis efeitos negativos dos compostos de degradação sobre o organismo humano (GORDON e MAGOS, 1984).

O interesse pelo uso dessas substâncias se deve ao fato de melhorar a qualidade sensorial e, ao mesmo tempo, prolongar o tempo de utilização do óleo, com um importante benefício econômico (MCSAVAGE, 2001; RAMALHO e JORGE, 2005). Entretanto, tem pouca efetividade no processo de fritura, dado a sua volatilidade e degradação elevada (JORGE e GONÇALVES, 1998).

Os antioxidantes apesar de não reverterem os processos oxidativos, evitam sua propagação. Por este motivo é inútil utilizá-los quando o processo de oxidação já está avançado (MONFERRER e VILLALTA, 1993b; LIMA e GONÇALVES, 1995).

Segundo Mehta e Swinburn (2001), os antioxidantes exibem diferenças substanciais na sua capacidade quando usados com diferentes tipos de gorduras e também sob diferentes processos e condições de manipulação. Se utilizados em concentrações muito altas, podem até atuar como pró-oxidantes.

Na seleção de antioxidantes, são desejáveis as seguintes propriedades: eficácia em baixas concentrações (0,001 a 0,01%); ausência de efeitos indesejáveis na cor, no odor, no sabor e em outras características do alimento; compatibilidade com o alimento e fácil aplicação; estabilidade nas condições do processo e armazenamento e o composto e seus produtos de oxidação não podem ser tóxicos, mesmo em doses muito maiores das que normalmente seriam ingeridas no alimento. Além disso, na escolha de

um antioxidante deve-se considerar também fatores, incluindo legislação, custo e preferência do consumidos (FARIA, 1994).

As substâncias empregadas como antioxidantes para retardar a oxidação das gorduras/óleos podem ser sintéticos como butil-hidroxi-anisitol (BHA), butil-hidroxi-tolueno (BHT), terc-butil-hidroquinona (TBHQ) e propil galato (PG) ou naturais como tocoferóis, ácidos fenólicos e extratos de plantas como alecrim e sálvia (MONFERRER & VILLALTA et al., 1993b).

A maioria dos antioxidantes contém estruturas fenólicas que podem atuar em dois níveis: transferir um átomo de hidrogênio ao radical hidroperóxido ou atuar como receptor dos radicais livres formados na primeira fase da autoxidação, impedindo sua propagação. Os antioxidantes com função de radical livre atuam capturando o oxigênio presente no meio, através de reações químicas estáveis, tornando-se, conseqüentemente, indisponíveis para atuar como propagadores da autoxidação. As estruturas fenólicas que bloquearam um radical livre não se regeneram. Por isso, o teor de antioxidante diminui à medida que atua (MONFERRER e VILLALTA, 1993b).

O tocoferol, por ser um dos melhores antioxidantes naturais é amplamente aplicado como meio para inibir a oxidação dos óleos e gorduras comestíveis, prevenindo a oxidação dos ácidos graxos insaturados. Estão presentes de forma natural na maioria dos óleos vegetais. A legislação brasileira permite a adição de 300mg/kg de tocoferóis em óleos e gorduras, como aditivos intencionais, com função antioxidante (RAMALHO e JORGE, 2005).

O Terc-butil-hidroquinona (TBHQ) é um antioxidante muito eficiente para óleos vegetais. É estável em altas temperaturas e sua atividade antioxidante em alimentos fritos é similar ao Butil-hidroxianisol (BHA). Entretanto, o TBHQ não recebeu aprovação para ser usado como aditivo na Europa (GORDON e KOURIMSKA, 1995)..

O BHA é um antioxidante sintético utilizado para óleos e gorduras de origem animal e vegetal. Apresentam efeito sinérgico quando associado com galatos butil-hidroxitolueno (BHT). É utilizado em processos de frituras, mesmo que a essas temperaturas uma parte possa sofrer volatilização. Uma fração ativa, que é absorvida pelo alimento frito, continua exercendo poder antioxidante sobre o mesmo. O BHT é mais efetivo para gorduras animais, mas pouco efetivo para óleos de vegetais e pode ser perdido durante a fritura devido à sua volatilidade (MONFERRER e VILLALTA, 1993b).

O ascorbil-palmitato (AP) é um antioxidante natural. Atua sob diversas condições e simultaneamente com outros antioxidantes fenólicos, inclusive os tocoferóis. Extratos de ervas e especiarias têm sido estudados por sua ação antioxidante. Nesse sentido, o extrato de alecrim apresentou-se particularmente efetivo (GORDON e KOURIMSKA, 1995).

2.6 Características dos Produtos Fritos

Estudos revelam que a penetração do óleo no alimento inicia-se quando cerca de 60% da umidade do produto tenha evaporado (FIRESTONE, 1991). Em relação ao próprio alimento, diversas pesquisas apontam uma série de fenômenos físico-químicos que ocorrem na matriz do produto (TYAGI e VASISHTHA, 1996). Os grânulos de amido são rapidamente gelatinizados, formando uma crosta crocante na superfície. Além disso, os polissacarídeos no processo de fritura dificultam a migração da gordura para o alimento em decorrência da formação de uma película na superfície do produto; oxidação de compostos fenólicos e sua associação com as proteínas, diminuindo sua concentração no produto final (GUILLAUMIN, 1988), conforme mostra a **Figura 4**.

A influência do alimento sobre a alteração das gorduras é difícil de ser analisada dada a complexidade das interações envolvidas no processo e a diferente composição dos substratos que são submetidos à fritura (MELLEMA, 2003). Alimentos com alto teor em gorduras podem modificar a composição do óleo de fritura ao se solubilizarem no mesmo (PÉREZ-CAMINO et al., 1991). Compostos menores solubilizados podem ter efeitos segundo seu caráter pró-oxidante ou antioxidante (POKORNY, 1980). Por outro lado, a absorção preferencial de compostos polares no substrato ou a capacidade de proteínas e produtos da reação de Maillard para formar complexos com metais pró-oxidantes teriam uma influência positiva na qualidade do produto. A fritura de alimentos que contêm níveis elevados de sólidos de ovo, por exemplo, pode contribuir para a rápida formação de espuma pela solubilização da lecitina no banho de óleo na fritura (KAWASHIMA et al., 1977).

A complexa situação foi revisada por Pokorny (1980) e proporciona uma idéia muito clara da impossibilidade de se fazerem previsões sobre esta influência.

O sal e o açúcar também têm um papel importante no processo de fritura, ligando água e diminuindo a alteração da gordura do banho, em comparação com a fritura de alimentos sem a adição de açúcar e sal (CHU e LUO, 1994).

O tipo de preparação do alimento também contribui. As partículas da superfície dos empanados podem se desprender para o óleo e serem queimadas. A carbonização dessas partículas é responsável pelo escurecimento do óleo e confere sabores e aromas desagradáveis ao alimento, ao mesmo tempo em que aceleram a degradação do óleo (LIMA e GONÇALVES, 1995; ANS *et al.*, 1999).

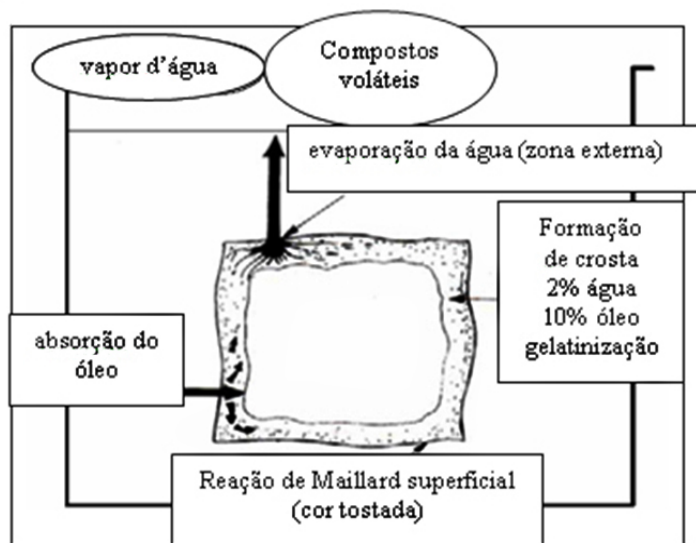


Figura 4 - Secção transversal de uma batata que ilustra modificações ocasionadas durante a fritura (GUILLAUMIN, 1988).

Outro fator importante é a relação entre a área superficial e o peso do alimento, já que este parâmetro influencia diretamente a quantidade de óleo que penetra no alimento (LIMA e GONÇALVES, 1995). Cada tipo de alimento costuma ter um conteúdo característico de óleo absorvido, dependendo, sobretudo, da distância entre a parte interna e a superfície do alimento. O conteúdo lipídico em alimentos com elevada relação superfície/volume é muito maior do que os que apresentam uma relação menor, como são os casos das batatas *chips* e batatas palito, respectivamente (DEL RÉ *et al.*, 2003).

Enfim, deve-se assegurar que o produto frito seja de tamanho uniforme, o mais livre possível de excesso de água e de partículas provenientes do alimento para reduzir ao máximo a alteração da gordura (TYAGI e VASISTHA, 1996; POKORNY, 1998; SANIBAL e MANCINI-FILHO, 2002).

2.7 Controle de Qualidade dos Óleos de Fritura

Os critérios propostos para estabelecer o ponto de descarte de um óleo são muitos e variados (WHITE, 1991; MASSON, *et al.*, 1997). Muitos alimentos são fritos em diferentes tipos de óleo, em diversos tipos de equipamentos e condições de operação. A combinação de todas estas variáveis é que determina a taxa em que as reações de degradação ocorrem e, portanto, um método específico pode ser bom para avaliar em determinado sistema e não ser aplicável a outros (FRITSCH, 1981). Sendo assim, é necessário dispor de métodos de controle para avaliar a alteração produzida, assim como, buscar critérios objetivos para definir quando os óleos devem ser descartados.

Estão descritos dezenas de métodos diferentes (físicos, químicos e físico-químicos) para a avaliação da estabilidade oxidativas de óleos e gorduras. Cada método fornece informações sobre um estágio particular do processo oxidativo, variável em função das condições aplicadas e dos substratos lipídicos usados (SILVA *et al.*, 1999).

O indicador comumente utilizado para determinar o fim da vida útil do óleo/gordura tem sido o aparecimento de espuma, o aumento da viscosidade, a alteração de cor, formação de fumaça. Entretanto, apenas com base nestas características sensoriais, a avaliação de deterioração do óleo torna-se subjetiva e instável, pois nenhum destes métodos pode ser estabelecido como uma boa medida da alteração do óleo de fritura (SANIBAL e MANCINI-FILHO, 2002).

As alterações primárias geralmente são medidas pela (a) diminuição dos teores de ácidos graxos insaturados, (b) utilização de oxigênio ou ganho de peso, (c) índice de peróxido e (d) valor de dienos conjugados. As alterações secundárias são monitoradas por quantificação de (a) carbonilas, determinada por cromatografia gasosa ou como dinitrofenil hidrozona, (b) equivalente em malonaldeído e outros aldeídos (teste de

ácido tiobarbitúrico e *p*-anisidina), (c) hidrocarbonetos (conteúdo de pentano ou etano) e (d) produtos fluorescentes (conteúdo de 1-amino-3-iminopropano). É recomendado que se use uma combinação de métodos para verificação das alterações primárias e secundárias (SILVA *et al.*, 1999).

Os métodos tradicionais, inicialmente utilizados para estabelecer o descarte do óleo de fritura, estão representados na **Tabela 1**.

Índice Analítico	Compostos relacionados
Viscosidade	Polímeros
Cor	Compostos carbonílicos α , β insaturados
Espuma	Polímeros
Ponto de fumaça	Compostos voláteis, ácidos graxos livres
Índice de acidez	Ácidos graxos livres
Índice de iodo	Duplas ligações
Índice de peróxidos	Peróxidos
Índice de anisidina	Aldeídos

Tabela 1 - Métodos analíticos tradicionais baseados em mudanças físicas e químicas (Adaptado de DOBARGANES e PÉREZ-CAMINO, 1991).

Em relação aos métodos considerados complexos os mesmo se utilizam de técnicas cromatográficas, a saber:

- a) Cromatografia gás-líquido: muito utilizada para determinar triacilgliceróis diméricos, monômeros cíclicos e polímeros totais.
- b) Cromatografia de exclusão: muito utilizada para determinar triacilgliceróis diméricos e oligoméricos, polímeros e compostos polares.

Os métodos rápidos são adequados para um diagnóstico, sendo considerados como métodos práticos e vantajosos no controle rotineiro de óleos de fritura, principalmente em estabelecimentos comerciais, pois podem ser realizados no local e por pessoal não especializado. A facilidade das determinações e a não necessidade de equipamentos de difícil manejo, juntamente com resultados exatos e reprodutíveis são características positivas que fazem com que estes testes sejam largamente aceitos

(WHITE, 1991; DOBARGANES e MÁRQUEZ-RUIZ, 1998; STIER, 2004; OSAWA et al., 2005; 2006).

Dentre os métodos físicos destaca-se a utilização do equipamento de fabricação belga, Fri-Check[®]. O mesmo permite a rápida determinação de compostos polares totais, através da simultaneidade de três medidas físicas: viscosidade, densidade e tensão superficial. Segundo Osawa *et al.* (2005; 2006), os resultados de compostos polares totais gerados pelo Fri-Check[®] apresentaram alta correlação com os valores obtidos através da metodologia oficial AOCS Cd 20-91.

2.8 Aspectos nutricionais dos óleos e gorduras de frituras

Os possíveis riscos à saúde envolvidos no consumo de óleos aquecidos ou oxidados como predisposição à aterosclerose, ação mutagênica ou carcinogênica têm sido, há muitos anos, comentados e revisados (MASSON, 1999; MEHTA e SWINBURN, 2001; QI *et al.*, 2002).

Trabalhos realizados com óleos e gorduras aquecidos por longos períodos, na presença de elevadas temperaturas, têm demonstrado que os produtos resultantes contêm quantidades elevadas de compostos polares (maiores que 50%) Quando estas amostras foram administradas em animais, observaram-se severas irritações do trato gastrointestinal, diarreia, redução no crescimento em alguns casos a morte dos animais (DOBARGANES *et al.*, 1990).

Outrossim, óleos aquecidos sob condições normais de fritura doméstica ou comercial (180°C), com teor de compostos polares entre 10-20%, com o tempo de fritura não superior a 96 horas administrados a animais, não se apresentaram prejudiciais (MÁRQUEZ-RUIZ *et al.*, 1990).

Esses estudos na realidade geram muita controvérsia, pois os dados obtidos originam-se de uma grande variedade de compostos incomuns formados sob condições extremas de uso dos óleos e, em alguns casos, de completa destruição de nutrientes essenciais, tal como ácido linolênico (MÁRQUEZ-RUIZ *et al.*, 1990; BARRERA-ARELLANO e BLOCK, 1993). As divergências em resultados devem-se fundamentalmente ao elevado número de variáveis que influem nas alterações e impedem a obtenção de resultados reprodutíveis, inclusive em um mesmo laboratório (MÁRQUEZ-RUIZ *et al.*, 1990).

A conclusão mais aceita na atualidade resume-se na idéia de que as gorduras usadas em frituras contêm pequenas quantidades de substâncias que são tóxicas para os animais de experimentação. Mesmo quando administradas em doses muito elevadas de gorduras de frituras, estas substâncias tóxicas estão presentes em níveis tão baixos, praticamente, sem significado dietético (MÁRQUEZ-RUIZ *et al.*, 1990).

Quanto aos ácidos graxos *trans-isômeros*, é sabido que são formados durante o processamento tecnológico de hidrogenação de óleos vegetais, bastante utilizado na obtenção de produtos substitutos para a manteiga e gorduras animais, a fim de lhe conferir, entre outras propriedades desejáveis, ponto de fusão mais elevado e maior estabilidade à oxidação (MANCINI-FILHO, 1997).

Sob condições de fritura, os óleos e gorduras são levados à formação de inúmeros isômeros geométricos *trans* dos ácidos graxos oléico, linoléico e α -linolênico (BERTIOLLON *et al.*, 1998). Os ácidos graxos *trans* de maior ocorrência são os monoinsaturados, mas vários isômeros diinsaturados, ou mesmo, triinsaturados podem ser formados a partir dos ácidos linoléico e linolênico (VALENZUELA e MORGADO, 1999 apud SANIBAL e MANCINI-FILHO, 2004).

Do ponto de vista nutricional, considera-se que os *trans-isômeros* são digeridos, absorvidos e incorporados pelo organismo de forma semelhante aos *cis-isômeros*.

Entretanto, não apresentam atividade como ácidos graxos essenciais. O efeito dos *trans*-isômeros sobre a colesterolemia vêm sendo motivo de vários estudos, os quais têm indicado efeitos semelhantes desses ácidos aos de ácidos graxos saturados. Existem, ainda, aspectos não totalmente elucidados quanto à influência dessas substâncias na gênese de doenças ateroscleróticas, alguns tipos de câncer e outros problemas ligados à saúde (MANCINI-FILHO, 1997).

Há controvérsias sobre o significado dos ácidos graxos *trans* na nutrição humana, particularmente no que concerne seus efeitos negativos no perfil das lipoproteínas, com implicações desfavoráveis na aterosclerose. Há algumas evidências de que modesta ingestão de ácidos graxos *trans* pode afetar o perfil das lipoproteínas, aumentando a lipoproteína de baixa densidade (LDL), diminuindo a lipoproteína de alta densidade (HDL) e aumentando a lipoproteína a (Lpa). No entanto, estas observações têm sido discutidas, procurando avaliar se os ácidos graxos *trans* são melhores ou piores do que os ácidos graxos saturados, quando utilizados na produção de alguns alimentos fritos, gorduras e margarinas (ASCHERIO e WILLETT, 1997; SUNDRAM et al., 1997).

2.9 Aspectos normativos sobre a fritura por imersão

A legislação para óleos de fritura de vários países europeus segue, com pequenas alterações, os mesmos princípios adotados pela legislação alemã para óleos de fritura, que estipula no máximo: 2% de ácidos graxos livres, 170°C para o ponto de fumaça, 24% de compostos polares totais e 0,7% de ácidos graxos oxidados (FRITSCH, 1981; WHITE, 1991).

Os limites permitidos para compostos polares totais, determinados em coluna de sílica, oscilam entre 24 e 27%. A Áustria, Bélgica, Japão e Finlândia adotam o valor

máximo para o teor de ácidos graxos livres de 2,5%. Na Holanda este valor é de 4,5% e nos EUA é de 1%. A França e a Bélgica não permitem a utilização de óleos com mais de 2% de ácido linolênico para frituras (LIMA e GONÇALVES, 1995). De acordo com o Chile (2000), os limites recomendados para a alteração de óleos de fritura são: 2,5% de ácidos graxos livres, 25-27% de compostos polares totais, 180°C para ponto de fumaça e restrição para fritura com óleos vegetais com menos de 2% de ácido linolênico (PINCHAK *et al.*, 2006).

No Brasil, como em muitos outros países, não existem regulamentações que definam legalmente o monitoramento do processamento de fritura. As normas que regulamentam a adequação de um óleo para o consumo no país, prevêm alguns itens físico-químicos para controle da adequação do óleo, tais como: índice de iodo, índice de peróxido e índice de acidez, no entanto não se referem aos óleos e gorduras de fritura (BRASIL, 2005).

Embora o Brasil não possua legislação sobre este tema, o município de São Paulo, em 1999, estabeleceu pela PORTARIA CVS-6/99 de 10/03/99, o regulamento técnico sobre os parâmetros e critérios para o monitoramento e descarte de óleos utilizados na fritura (SECRETARIA DE SAÚDE DO ESTADO DE SÃO PAULO, 1999). Posteriormente, em outubro de 2004, a Agência Nacional de Vigilância Sanitária divulgou um informe técnico com dez recomendações de autocontrole na preparação de alimentos com óleo de fritura, enfatizando a necessidade de estudos sobre o tema (BRASIL, 2004).

Como visto, a fritura de imersão é um assunto atual e complexo em que inúmeras variáveis devem ser controladas. O monitoramento inadequado dos óleos e do processo pode colocar em risco a saúde da população, tornando-se necessário o estabelecimento de regulamentações ou leis específicas para óleos de fritura com bases

científicas e tecnológicas, visando garantir a segurança do ponto de vista alimentar e nutricional.

3. OBJETIVOS

3.1. Objetivo Geral

- Avaliar o processo de fritura por imersão em uma Unidade de Alimentação e Nutrição (UAN).

3.2. Objetivos Específicos

- Avaliar a qualidade do óleo novo e utilizado na fritura de imersão através da determinação do índice de acidez, índice de peróxido, índice de refração e compostos polares totais;
- Avaliar as técnicas utilizadas no processamento dos alimentos submetidos à fritura de imersão;
- Avaliar o nível de conhecimento do processo de fritura por parte dos responsáveis por essas preparações;
- Modelar as provas físico-químicas em função de variáveis preditoras relacionadas ao processo e ao produto;
- Sugerir critérios para elaboração de um manual de boas práticas de fabricação de frituras, a partir do diagnóstico das reais condições do processo produtivo de alimentos fritos encontrados na UAN.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1. Desenho do estudo

Trata-se de um estudo de caso na Unidade de Alimentação e Nutrição (UAN) localizada no Pólo Petroquímico de Camaçari – Bahia. Do ponto de vista da sua natureza, esta pesquisa se estruturará como aplicada, descritiva, de caráter exploratório.

4.2. Material

4.2.1. Caracterização do local.

A presente pesquisa será desenvolvida em uma UAN que apresenta como particularidade a terceirização do serviço de alimentação. O serviço funciona durante 24 horas, sendo servidas aproximadamente 2.220 refeições, distribuídas entre desjejum (820), almoço (1200), jantar (120) e ceia (80), de segunda a sexta-feira. Nos finais de semana, o número de refeições servidas é reduzido para aproximadamente 400 (almoço), mantendo as mesmas quantidades referidas, anteriormente, no jantar e ceia.

Os cardápios são elaborados com base em padrão pré-estabelecido entre a empresa contratante e a contratada. A característica dos cardápios (**Anexo 1**) é a sua rotatividade, sendo oferecidas preparações à base de fritura por imersão 8 dias ao mês, distribuídas entre três refeições (almoço, jantar e ceia), totalizando 24 preparações por mês.

Importa destacar que a referida UAN é parceira da Escola de Nutrição, Universidade Federal da Bahia, aonde vem sendo desenvolvidos dois projetos com apoio financeiro da FAPESB (Fundação de Apoio à Pesquisa do Estado da Bahia). O

primeiro projeto, intitulado como *Identificação e análise de riscos e agravos nutricionais à saúde de trabalhadores da indústria*, atualmente em curso e com dados preliminares que sinalizam um aparente paradoxo ao apontar a UAN como um dos elementos que pode limitar a promoção de saúde dos trabalhadores. O segundo projeto, *Avaliação de Unidade de Alimentação e Nutrição na Perspectiva da Alimentação Saudável* apresenta como um dos seus objetivos a avaliação das técnicas culinárias utilizadas na elaboração das preparações, estando incluída a presente proposta.

4.2.2 Obtenção das amostras

Os cardápios a serem analisados não estão disponíveis no momento, dado que a sua elaboração é mensal. Tendo em vista este aspecto, realizou-se um ensaio piloto no local, com intuito de testar a aplicabilidade do estudo e estimar o número de amostras a serem analisadas.

Conforme acima descrito, as preparações à base de fritura por imersão na UAN totalizam 24 preparações ao mês. Partindo-se deste pressuposto, serão selecionados, através de sorteio, três dias em cada mês (julho e setembro) e o acompanhamento do processo de fritura se realizará nas três refeições (almoço, jantar e ceia).

Estimou-se em 8 o número de amostras de óleo coletadas em um único dia. Esse valor foi obtido a partir da observação do processo de fritura na referida UAN, durante o estudo piloto, sendo considerada a seguinte distribuição:

- Almoço:

1 - óleo inicial: coletado na frigideira antes de iniciar o processo (1 amostra);

2 – óleo final: coletado após a finalização do processo (1 amostra);

3 – óleo de reposição: conforme observado na UAN, a reposição de óleo é realizada uma vez, o que perfaz 2 amostras (óleo contido na frigideira imediatamente antes e após reposição).

- Jantar e ceia: nestas refeições não ocorre reposição do óleo, portanto, serão coletadas amostras de óleo novo e final, em ambas, totalizando 4 amostras.

Sendo assim, estimou-se em 48 o número de amostras a serem coletadas durante o período do estudo. Como as amostras serão analisadas em triplicata, totalizarão 144 análises para cada determinação analítica.

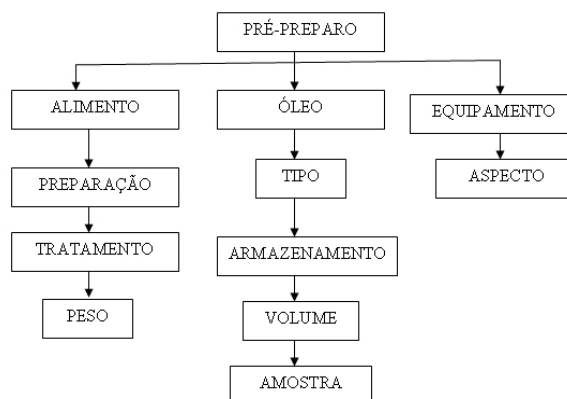
Amostras com 60 mL de óleo serão coletadas com o auxílio de um coletor de aço inox (confeccionado para o estudo), armazenadas em frascos de vidro âmbar com tampa, transportadas em isopor contendo gelo seco até o laboratório, onde permanecerão armazenadas em *freezer* a -20°C e descongeladas apenas no momento das análises, as quais serão realizadas em triplicata.

Cabe ressaltar que o serviço dispõe de quatro frigideiras iguais, tipo basculante elétrica (marca Ppienk), com fundo de aço-carbono tipo estrutural de 12 mm de espessura e laterais de aço inox, resistências blindadas de aço inox, com controle da temperatura por termostato e capacidade de 60 litros, onde são realizadas as frituras por imersão. Através de sorteio será selecionada uma frigideira para realização dos ensaios.

O estudo compreenderá 2 etapas. Na primeira, será observado todo o processo de fritura com preenchimento *in situ* de planilhas de acompanhamento (**Apêndices 1, 2 e 3**). A segunda contemplará entrevistas com os operadores de fritura a fim de categorizá-los quanto ao nível de conhecimento do processo de fritura (**Apêndice 4**). Esse dado será utilizado para correlacionar o nível de conhecimento do operador com os resultados obtidos nas respectivas determinações analíticas. Os operadores serão entrevistados após o primeiro mês de coleta. A planilha para análise dos dados encontra-se no **Apêndice 5**.

4.2.2.1 Fluxograma da obtenção das amostras

➤ Etapa 1 - Pré-preparo (Planilha 1)



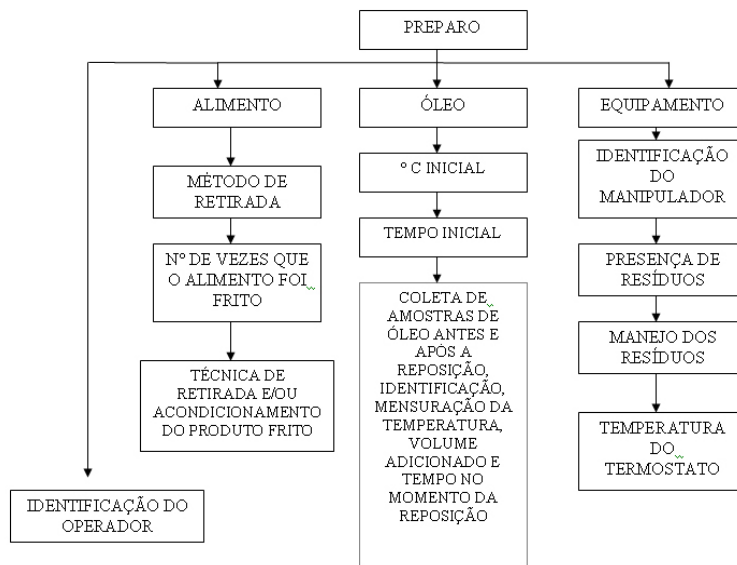
- **Alimento:** serão coletadas informações referentes à mensuração total (balança eletrônica Filizola), tipo (peixe, boi, frango, vegetal), tratamento (congelado, pré-cozido, sob refrigeração, empanado, adição de sal, especiarias, açúcar, etc).
- **Óleo:** será coletada uma amostra de 60 mL do óleo (coletor em aço inox) para posterior realização de provas físico-químicas, mensurado o volume total de óleo adicionado à frigideira antes de iniciar a fritura * , tipo de óleo e avaliadas as condições de armazenamento. Será considerado adequado armazenamento em local protegido da luz, recipiente tampado, em temperatura ambiente ou sob refrigeração.

* Para o cálculo do volume de óleo será contabilizado o número de garrafas de 900 mL adicionadas em cada frigideira ou através da medida do nível do óleo, aplicando-se a fórmula:

$$V \text{ (volume)} = \underline{c \text{ (comprimento)} \times l \text{ (largura)} \times h \text{ (altura ou nível do óleo)}}$$

- **Equipamento:** identificação numérica do equipamento utilizado e verificação do aspecto da fritadeira. Será considerado adequado se o termostato estiver funcionando e a frigideira estiver limpa, ou seja, isenta de resíduos ou crostas.

➤ **Etapa 2 – Preparo (Planilha 2)**

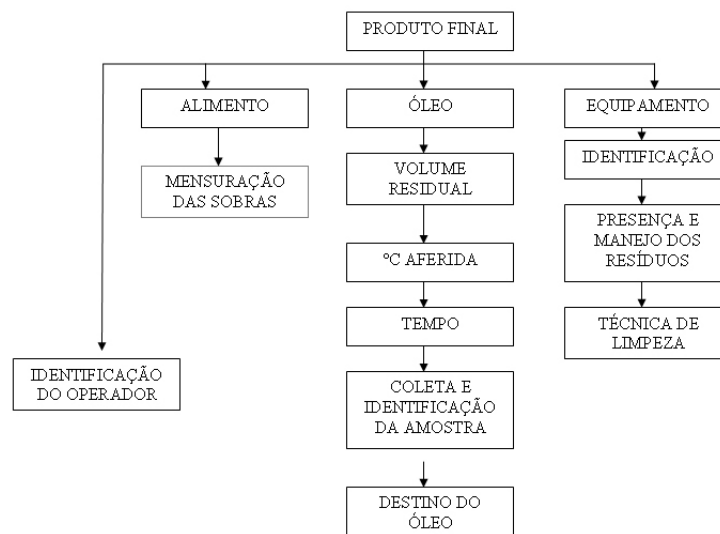


- **Operador:** identificação do funcionário responsável pela fritura.
- **Alimento:** total de vezes que o alimento é adicionado (frito uma vez ou mais de uma vez), a técnica de retirada e/ou acondicionamento do produto frito. Será considerada técnica adequada se durante a retirada o alimento for agitado vigorosamente e colocado em papel manteiga ou escorredor para drenagem do óleo do produto frito.
- **Óleo:** nesta etapa serão mensurados a temperatura (termômetro digital de haste) e o tempo (cronômetro) do óleo imediatamente antes de ser adicionado o

primeiro lote de alimento. Só haverá coleta de amostra de óleo caso haja reposição durante a fritura (o mesmo procedimento de coleta da etapa pré-preparo). Sendo assim, será coletada uma amostra do óleo antes e após a reposição, bem como serão aferidos o tempo e a temperatura.

- **Equipamento:** será identificado o operador de fritura, a temperatura do termostato e observação do manejo dos resíduos durante a fritura. Será considerado manejo adequado se houver retirada dos resíduos frequentemente, de maneira que não permita o acúmulo dos mesmos no equipamento.

➤ **Etapa – Final (Planilha 3)**



- **Alimento:** verificar se todo o alimento mensurado foi utilizado, em caso negativo serão aferidas as sobras.
- **Óleo:** será aferido o volume residual, o tempo e temperatura do óleo no momento em que o operador informar que o procedimento estiver finalizado, sendo coletada uma amostra (mesmo procedimento de coleta das demais etapas). Será considerado destino adequado se o óleo for envasado em recipiente fechado

e encaminhado às empresas responsáveis pelo tratamento de resíduos e/ou houver filtragem e envase em recipiente opaco com tampa e armazenado em temperatura ambiente ou sob refrigeração para reutilização em outras frituras após avaliação criteriosa.

- **Equipamento:** será observada a técnica de limpeza do equipamento, sendo considerada adequada se for utilizado balde com água, sabão e esponja macia, conforme recomendação do fabricante do equipamento que proíbe lavagem por jateamento.
- **Operador:** identificação do operador.

4.3. Métodos

4.3.1 Determinações Analíticas

- **Compostos polares totais** - será medida através do equipamento Fri-Check[®], expressos em porcentagem e considerado fora do limite tolerável valores superiores a 25%.
- **Ácidos graxos livres** - definido como o número de miligramas de hidróxido de potássio necessário para neutralizar os ácidos graxos livres de um grama de amostra. Será determinado por titulação expressos em ácido oléico (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 2006) e considerado fora do limite tolerável valores superiores a 1 % .
- **Índice de Peróxido** - definido como a quantidade de oxigênio ativo, calculado em miliequivalentes, contido em um quilograma de óleo. Será determinado por titulação e expressos por meq/kg de amostra (IAL, 2006) e considerado fora do

limite tolerável valores superiores a 15 meq/kg de amostra (Monferrer & Villalta, 1993a).

- **Índice de refração** - é a relação entre a velocidade da luz no vácuo e a velocidade da luz na substância testada. O índice de refração é característico para cada tipo de óleo, dentro de certos limites. Está relacionado com o grau de saturação das ligações, com o teor de ácidos graxos livres, oxidação e tratamento térmico (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 2006).

4.3.2 Análise Estatística

Será utilizada a estatística descritiva e inferencial a fim de descrever, analisar e interpretar os dados relativos às variáveis estudadas e calculados os coeficientes de Spearman's para o % AGL, IP, IR e CPT das amostras finais de óleo de soja, considerando-se estatisticamente significantes $p \leq 0,05$. Será utilizado o pacote estatístico *Statistical Package for the Social Sciences* – SPSS/PC+ (versão 11,0).

5.0 CRONOGRAMA DE EXECUÇÃO

ATIVIDADES	MESES											
	ANO I *		MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
Pesquisa bibliográfica			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
ANO II **	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
Elaboração do projeto	X	X										
Elaboração do instrumento de pesquisa		X	X									
Exame de qualificação			X									
Projeto Piloto				X	X							
Coleta de dados							X		X			
Padronização dos métodos												X
ANO III ***												
Análise das amostras	X											
Análise dos dados	X											
Redação		X										
Defesa			X									

* Ano I = 2005 ** Ano II= 2006 *** Ano III= 2007

REFERÊNCIAS

ASCHERIO, A.; WILLET, W. C. Health effects of *trans* fatty acids. **American Journal Clinical of Nutrition**, v. 66, n. 4, p. 1006-1010, 1997.

ALMEIDA, D. T.; ARAÚJO, M. P. N.; FORTUNATO, D. M. N.; SOUZA, J. C.; MORAES, T. M. Revisão de literatura: aspectos gerais do processo de fritura de imersão. **Higiene Alimentar**, v. 20, n. 138, p. 42-47, 2006.

ANDRIKOPOULOS, N. K.; BOSKOU, G.; DEDOUSSIS, G. V. Z.; CHIOU, A.; TZAMTZIS, V. A.; PAPATHANASIOU, A. Quality assesement of frying oils fats from 63 restaurants in Athens, Greece. **Food Service Technology**, v. 3, p. 49-59, 2003.

ANS, V.G.; MATTOS, E. S.; JORGE, N. Avaliação da qualidade dos óleos de frituras usados em restaurantes, lanchonetes e similares. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 19, n. 3, p. 413-419, 1999.

ARAÚJO, J. M. A. **Química de Alimentos: teoria e prática**. Viçosa: Editora UFV, 2004, 478 p.

BARRERA-ARELLANO, D.; BLOCK, J. M. Ácidos grasos *trans* en aceites hidrogenados: implicaciones técnicas y nutricionales. **Grasas y Aceites**, v. 44, n. 4-5, p. 286-293, 1993.

BERGER, K. G. The practice of frying. **Porim Technology**, v. 9, n. 5, p. 1-34, 1984.

BERTILLON, L.; CHARDIGNY, J. M.; NOEL, J. P.; SEBEDIO, J. L. **Desaturation and chain elongation of [1⁻¹⁴ C] mono-*trans* isomers of linoleic and α -linoleic acids in perfuse rat liver.** Journal Lipid Research, v. 39, p. 2228-2236, 1998.

BOBBIO, P. A.; BOBBIO, F. O. **Química do processamento de alimentos.** São Paulo: Varela, 2^a ed., 1992, 151 p.

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

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária, ANVISA. Anvisa normatiza uso de óleos e gorduras. Informe Técnico n. 11, de 5 de outubro de 2004. Disponível em: < www.anvisa.gov.br/alimentos/informes/11_051004.htm - 99k >. Acesso em 03 de jan. 2004.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária, ANVISA. Resolução n° 270, de 22 de setembro de 2005. Dispõe sobre regulamento técnico para óleos vegetais, gorduras vegetais e creme vegetal. Disponível em: < <http://e-legis.bvs.br> >. Acesso em 17 de dez. 2005.

CELLA, R. C. F.; REGITANO-d-ARCE, M. M. B.; SPOTO, M. H. F. Comportamento do óleo de soja refinado utilizado em fritura por imersão com

alimentos de origem animal. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 22, n. 2, p. 111-116, 2002.

CHU, Y-H; LUO, S. Effects of Sugar, Salt and Water on Soybean Oil Quality During Deep-Frying. **Journal of American Oil Chemists' Society**, v. 71, n. 8, p. 897-900, 1994.

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

DEL RÉ, P. V.; COLTRO, A. L.; MANENTE, J. C. P. P.; MARTI, G. E.; JORGE, N. Influência da relação superfície/volume em frituras de batata palito. **Revista Instituto Adolfo Lutz**, v. 62, n. 3, p. 213-219, 2003.

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

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**. Campinas, SP, 9-11 jul. 1991.

DOBARGANES, M. C.; MÁRQUEZ-RUIZ, G. Control de calidad de las grasas de fritura. Validez de los métodos de ensayos rápidos en sustitución de la

determinación de compuestos polares. **Grasas y Aceites**, v. 46, n. 3, p.196-201, 1995.

DOBARGANES, M. C.; MÁRQUEZ-RUIZ, G. Calidad de las grasas de fritura en el sector de restauración de Andalucía. **Grasas y Aceites**, v.46, n. 2, p.115-120, 1995a.

DOBARGANES, M. C.; MÁRQUEZ-RUIZ, G. Regulation of used frying fats and validity of quick tests for discarding the fats. **Grasas y Aceites**, v.49, n. 3-4 p.331-335, 1998.

FARIA, J. A. F. Antioxidantes e estabilidade de óleos comestíveis. **Óleos e Grãos**, n. 20, p. 32-34, 1994.

FEDELI. E. Physical-chemical aspects of the frying process. **Grasas y Aceites**, v. 49, n. 3-4, p. 261-264, 1998.

FENNEMA, O. R. Química de los alimentos. In: NAWAR, W. W, **Lipídios**. Editorial Acribia S.A, 1993.197-240 p.

FIRESTONE, D.; STIER, R. F.; BLUMENTHAL, M. M. Regulation of Frying Fats and Oils. **Food Technology**, v.45, n.2, p.90-94, 1991.

FRANKEL, E. N.; WARNER, K.; MOUTON, K. J. S. Effects of hydrogenation and additives on cooking oil performance of soybean oil. **Journal of American Oil Chemists' Society**, v. 62, n. 9, p. 1354-1358, 1985.

FRANKEL, E. Recent advances in lipid oxidation. **Journal of Science Food Agriculture**, v. 54, n. 4, p. 495-511, 1991.

FRITSCH, C. W. Measurements of Frying Fat Deterioration: A Brief Review. **Journal of American Oil Chemists' Society**, v. 58, p. 272-274, 1981.

GORDON, A.; KOURIMSKA, C. The effects of antioxidants on changes in oils during heating and deep-frying. **Journal Science Food Agriculture**, v. 68, p. 347-353, 1995.

GORDON, A.; MAGOS, P. The effects of sterols on oxidation of edible oils. **Food Chemistry**, v. 10, p. 141-147, 1984.

GUILLAUMIN, R. Kinetics of fat penetration in food. In: VARELA, G.; BENDERA, A. E.; MORTON, I. A. (Ed) **Frying foods: principles, changes, new approaches**. Chichester: Ellis Horwood, 1988.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ (IAL). São Paulo. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. 4ª ed. Varela, 2006, 1017p.

JORGE, N. Alterações químicas em óleos e gorduras de fritura. **Nutrição Brasil**, v. 3, n. 4, p. 247-263, 2004.

JORGE, N; GONÇALVES, L. A. G. Comportamento do óleo de girassol com alto teor de ácido oléico em termoxidação e fritura. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.18, n.3, p.335-342, 1998.

JORGE, N. **Estudo do comportamento do óleo de girassol e do efeito do dimetil polisiloxano em termoxidação e frituras.** Campinas, 1996. Tese (doutorado) – Universidade Estadual de Campinas, 1996.

JUÁREZ, M. D.; ALFARO, M. E.; SAMMÁN, N. Nutrient retention factors of deep-fried milanesas. **Journal of Food Composition and Analysis**, n. 17, p. 119-124, 2004.

KAWASHIMA, K.; ITOH, H.; CHIBATA, I. Antioxidant activity of browning products prepared from low molecular carbonyl compounds and amino acids. **Journal Agriculture Food Chemistry**, v. 25, n. 1, p. 202-204, 1977.

KROKIDA, M. K.; OREOPOULOU, V.; MAROULIS, Z. B. Water loss and oil uptake as a function of frying time. **Journal of Food Engineering**, v. 44, p. 39-46, 2000.

LAWSON, H. **Food oils and fat: technology, utilization and nutrition.** New York: Chapman & Hall, 1995. 339 p.

LIMA, J. R. **Avaliação da qualidade de óleo de soja utilizado para fritura.** Campinas, 1994. Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual de Campinas, 1994.

LIMA, J. R.; GONÇALVES, L. A. G. O processo de fritura: alterações observadas em óleos e gorduras. **Boletim da Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 29, n. 2, p. 179- 185, 1995.

MANCINI-FILHO, J. Avaliação da participação dos ácidos graxos *trans* em processos metabólicos. In: **Ciências dos alimentos – avanços e perspectivas na América Latina**. 1997. 16p.

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

MASSON, L.; ROBERT, P.; ROMERO, N. IZAURETA, M. VALENZUELA, S.; ORTIZ, J.; DOBARGANES, M. C. Comportamiento de aceite poliinsaturados en la preparación de patatas fritas para consumo inmediato: Formación de nuevos compuestos y comparación de métodos analíticos. **Grasas y Aceites**, v. 48, n. 5, p. 273-281, 1997.

MASSON, L.; ROBERT, P.; IZAURIETA, M.; ROMERO, N.; ORTIZ, J. Fat deterioration in deep frying “French fries” potatoes at restaurant and food shop setor. **Grasas y Aceites**, v.50, n. 6, p. 460-468, 1999.

MCSAVAGE, J.; TREVISAN, S. The use and abuse of frying oil. **Food Service Technology**, v. 1, p. 85-92, 2001.

MEHTA, U.; SWINBURN, B. A Review of Factors Affecting Fat Absorption in

Hot Chips. **Critical reviews in food science nutrition**, v. 41, n. 2, p. 133-154, 2001.

MELLEMA, M. Mechanism and reduction of fat uptake in deep-fat fried foods. **Trends in Food Science**, n. 14, p. 364-373, 2003.

MELO, E. A.; GUERRA, N. B. Ação antioxidante de compostos fenólicos naturalmente presentes em alimentos. **Boletim da SBCTA**, 36(1), p.1-11. 2002.

MENDES, A. C. R.; BISCONTINI, T. M. B.; MIRANDA, M. S. Ácidos graxos *trans* isômeros em alimentos: conteúdo, consumo e implicações nas doenças cardiovasculares. **Boletim CEPPA**, v. 20, n. 1, p. 121-132, 2002.

MONFERRER, A.; VILLALTA, J. La fritura desde un punto de vista práctico (I). **Alimentación, Equipos y Tecnología** , v.21, n. 4, p. 85-90, 1993a.

MONFERRER, A.; VILLALTA, J. La fritura desde un punto de vista práctico (II). **Alimentación, Equipos y Tecnología** , v.21, n. 4, p. 87-91, 1993b.

MORTON, I. D. Geography and history of the frying process. **Grasas y Aceites**, v.49, n.3-4, p. 247-249, 1998.

OSAWA, C. C; GONÇALVES, L. A. G.; GRIMALDI, R. Nova ferramenta ao monitoramento e à inspeção do descarte “in situ” de óleos e gorduras de fritura. **REVISA**, v. 1, n. 2, p. 102-107, 2005.

OSAWA, C. C.; GONÇALVES, L. A. G.; GRIMALDI, R. Empleo do *Fri-Check*[®] na avaliação da qualidade de óleos e gorduras de fritura. **Higiene Alimentar**, v. 20, n. 145, p. 73-79, 2006.

OSAWA, C. C.; GONÇALVES, L. A. G. Oxidación lipídica y nuevos métodos analíticos de detección. **Aceites y Grasas**, v. 2, n. 14, p. 330-338, 2006.

PEERS, K. E.; SWOBODA, P. A. T. Deterioration of sunflower seed oil under simulated frying conditions and during small-scale frying of potato. **Journal Science Food Agriculture**, v. 33, n. 4, p. 389-395, 1982.

PÉREZ-CAMINO, M. C.; MÁRQUEZ-RUIZ, G.; RUIZ-MÉNDEZ, M. V.; DOBARGANES, M. C. Lipid changes during frying of frozen prefried foods. **Journal Food Science**, v. 56, p. 1644-1647, 1991.

PINCHAK, Y.; GROMPONE, M. A.; DOBARGANES, M. C. Calidad de los aceites utilizados en fritura de algunos restaurantes uruguayos. **Aceites y Grasas**, v. 2; n. 63, p. 296 – 301, 2006.

POKORNY, J. Effect of browning reactions on the formation of flavour **substances**. **Nahrung**, v. 24, p. 115-127, 1980.

POKORNY, J. Substrate influence on the frying process. **Grasas y Aceites**, v. 49, n. 3-4, p. 265-270, 1998.

PROENÇA, R. P. DA C. **Inovações Tecnológicas na Produção de Alimentação Coletiva**. Florianópolis: Insular, 1997.

QI, D.; XIAU-O.; FAN, J.; YU-TANG, G.; ZIH-XIAN, H.; WEI, Z. Consumption of animal foods, cooking methods, and risk of breast cancer. **Cancer Epidemiology, Biomarkers & Prevention**, v.11, p. 801-808, 2002.

QUAGLIA, G.; COMENDADOR, J.; FINOTTI, E. Optimization of frying process in food safety. **Grasas y Aceites**, v. 49, n. 3-4, p. 275-281, 1998.

RAMALHO, V. C.; JORGE, N. Antioxidantes utilizados em óleos, gorduras e alimentos gordurosos. **Química Nova**, v.15, n. 00, p. 1-6, 2005.

REGITANO-D'ARCE, M. A. B.; OETTERER, M.; SPOTO, M. H. F. **Fundamentos de Ciência e Tecnologia de Alimentos**. São Paulo: Manole, 2006. 612p.

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

SAMPAIO, L. A. G. **Reaproveitamento de óleos e gorduras residuais de frituras: tratamento da matéria-prima para produção de biodiesel**. Ilhéus, 2003. Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual de Santa Cruz, 2003.

SANIBAL, E.A.; MANCINI-FILHO, J. Alterações físicas, químicas e nutricionais de óleos submetidos ao processo de fritura. **Food Ingredient South American**, v. 18, p.48-54, 2002.

SANIBAL, E.A.; MANCINI-FILHO, J. Perfil de ácidos graxos *trans* de óleo e gordura hidrogenada de soja no processo de fritura. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 24, n. 1, p. 27-31, 2004.

SECRETARIA DE SAÚDE DO ESTADO DE SÃO PAULO. Portaria CVS – 6, de 10.03.99: aprova regulamento técnico que estabelece os parâmetros e critérios para o controle higiênico-sanitário em estabelecimentos de alimentos. Diário oficial do Estado de São Paulo, 12 mar. 1999. Seção I. p. 24-27.

SEPPANEN, C. M.; CSALLANY, A. S. The Effect of Intermittent and Continuous Heating of Soybean Oil at Frying Temperature on the Formation of 4-Hydroxi-2-*trans*-nonenal and Other α -, β -Unsaturated Hydroxyaldehydes. **Journal of American Oil Chemists' Society**, v.83, n.2, p. 121-127, 2006.

SILVA, F. A. M et al. Métodos para avaliação do grau de oxidação lipídica e da capacidade antioxidante. **Química Nova**, v. 22, n. 10, p. 94-103, 1999.

STEVENSON, S. G.; VAISEY-GENSER, M.; ESKIN, N. A. M. Quality control in the use of deep frying oils. **Journal of American Oil Chemists' Society**, v.61, n.6, p. 1102-1108, 1984.

STIER, R. F. Tests to monitor quality of deep-frying fats and oils. **European Journal Lipid Science Technology**, v. 106, p. 766-771, 2004.

SUNDRAM, K.; ISMAL, A.; HAYES, K. C.; JEYMALAR, R.; PATHMANATHAN, R. *Trans* (elaidic) fatty acids adversely affect the lipoprotein profile relative to specific saturated fatty acids in human. **Journal of Nutrition**, v. 27, n. 3, p. 514. 1997.

TYAGI, V. K.; VASISHTHA, A. K. Changes in the Characteristics and Composition of Oils During Deep-Fat Frying. **Journal of American Oil Chemists' Society**, v.73, n.4, p. 499-506, 1996.

VALENZUELA, A.B; SANHUEZA, J.; NIETO, S.; PETERSEN, G.; TAVELLA, M. Estudio comparativo, en fritura, de la estabilidad de diferentes aceites vegetales, **Aceites y Grasas**, v. 13, n. 53, p. 568 -573, 2003.

VALENZUELA, A.; MORGADO, N. Las grasas y aceites en la nutrición humana: algo de su historia. **Revista Chilena Nutrición**, v. 32, n. 2, p. 88-94, 2005.

VARELA, G.; MOREIRAS-VARELA, O; RUIZ-ROSO, B. Utilización de algunos aceites en frituras repetidas. Cambios en las grasas y análisis sensorial de los alimentos fritos. **Grasas y Aceites**, v. 34, n. 2, p. 101-107, 1983.

WARNER, C. R.; DANIELS, D. H.; LIN, F. S. D. et al. **Fate** of antioxidants and antioxidants-derived products in deep-fat frying and cookie baking. **Journal of Agriculture and Food Chemistry**, v. 34, n. 1, p. 1-5, 1983.

WATERNING, R. Diseño y construcción de freidoras industriales. **Aceites y Grasas**, v. 13, n. 1, p. 140-145, 2003.

WHITE, P. J. Métodos para medir los cambios en los aceites de fritura por inmersión en grasas. **Alimentaria**, n.9, p. 81-87, 1991.

APÊNDICE 1 - QUESTIONÁRIO

Data: ____/____/____ Operador (código): _____

I) FORMAÇÃO PROFISSIONAL DO OPERADOR

1. Qual o seu nível de escolaridade?

- | | |
|--|--------|
| <input type="checkbox"/> analfabeto | Peso 3 |
| <input type="checkbox"/> ensino fundamental incompleto | Peso 2 |
| <input type="checkbox"/> ensino fundamental completo | Peso 2 |
| <input type="checkbox"/> ensino médio incompleto | Peso 1 |
| <input type="checkbox"/> ensino médio completo | Peso 1 |

2. Você recebeu algum treinamento quanto à técnica de fritura?

- | | |
|------------------------------|--------|
| <input type="checkbox"/> sim | Peso 1 |
| <input type="checkbox"/> não | Peso 3 |

2.1. Em caso afirmativo, há quanto tempo?

- | | |
|---|--------|
| <input type="checkbox"/> menos de 1 ano | Peso 1 |
| <input type="checkbox"/> mais de 1 ano | Peso 2 |
| <input type="checkbox"/> mais de 5 anos | Peso 3 |

3. Já recebeu orientações específicas quanto ao procedimento de fritura dos alimentos na UAN?

- | | |
|------------------------------|--------|
| <input type="checkbox"/> sim | Peso 1 |
| <input type="checkbox"/> não | Peso 3 |

3.1. Quem orientou?

- | | |
|--|--------|
| <input type="checkbox"/> Nutricionista | Peso 1 |
| <input type="checkbox"/> Outro (especificar) | Peso 2 |

II. CONHECIMENTOS DO OPERADOR SOBRE OS PROCESSOS DE FRITURA

4. Qual o local que você considera mais adequado para armazenar o óleo?

- | | |
|--|--------|
| <input type="checkbox"/> em câmara refrigerada | Peso 2 |
| <input type="checkbox"/> em local seco, afastado da luz e do calor | Peso 1 |
| <input type="checkbox"/> próximo ao local de fritura | Peso 3 |
| <input type="checkbox"/> em qualquer lugar | Peso 3 |
| <input type="checkbox"/> não sabe | Peso 3 |
| <input type="checkbox"/> outros | Peso 3 |

APÊNDICE 1 - QUESTIONÁRIO

Data: ____/____/____ Operador (código): _____

5. Qual o tipo de óleo que você acredita ser o melhor para fritura?

- | | |
|--|--------|
| <input type="checkbox"/> soja | Peso 1 |
| <input type="checkbox"/> girassol | Peso 1 |
| <input type="checkbox"/> milho | Peso 1 |
| <input type="checkbox"/> mistura de óleos | Peso 3 |
| <input type="checkbox"/> gordura hidrogenada | Peso 2 |
| <input type="checkbox"/> azeite de oliva | Peso 1 |
| <input type="checkbox"/> outros | Peso 2 |
| <input type="checkbox"/> não sabe | Peso 3 |

6. Qual a quantidade de óleo que você utiliza para iniciar a fritura?

- | | |
|---|--------|
| <input type="checkbox"/> mais da metade da capacidade do equipamento/utensílio | Peso 2 |
| <input type="checkbox"/> segundo as especificações do fabricante do equipamento | Peso 1 |
| <input type="checkbox"/> quantidade suficiente para cobrir o alimento | Peso 3 |
| <input type="checkbox"/> depende do alimento a ser frito | Peso 3 |
| <input type="checkbox"/> não utiliza critério algum | Peso 3 |
| <input type="checkbox"/> outros | |

7. Qual o tipo de equipamento que deve ser utilizado para fritura por imersão?

- | | |
|--|--------|
| <input type="checkbox"/> fritadeira com termostato | Peso 1 |
| <input type="checkbox"/> qualquer utensílio | Peso 3 |
| <input type="checkbox"/> frigideiras domésticas | Peso 3 |
| <input type="checkbox"/> frigideiras tipo basculante | Peso 3 |
| <input type="checkbox"/> não sabe | Peso 3 |
| <input type="checkbox"/> outros | Peso 3 |

8. Qual o procedimento dado ao alimento antes de ser frito?

- | | |
|---|--------|
| <input type="checkbox"/> devem estar secos | Peso 1 |
| <input type="checkbox"/> não necessitam de tratamento | Peso 3 |
| <input type="checkbox"/> dependerá do alimento | Peso 2 |
| <input type="checkbox"/> não sabe | Peso 3 |
| <input type="checkbox"/> outros | Peso 3 |

9. Quando você acha que o alimento deve ser adicionado a fritadeira?

- | | |
|---|--------|
| <input type="checkbox"/> quando o termostato atingir 180°C | Peso 1 |
| <input type="checkbox"/> após 10 minutos de aquecimento do óleo | Peso 2 |
| <input type="checkbox"/> após adição de um alimento teste (ex.cebola) | Peso 3 |
| <input type="checkbox"/> “quando o óleo pára de fazer zoadá” | Peso 3 |
| <input type="checkbox"/> quando coloca um palito de fósforo no óleo quente e acende | Peso 3 |
| <input type="checkbox"/> com o óleo ainda frio | Peso 3 |
| <input type="checkbox"/> não utiliza critério algum | |
| <input type="checkbox"/> outros | |

APÊNDICE 1 - QUESTIONÁRIO

Data: ____/____/____ Operador (código): _____

10. Quando você acha que os resíduos dos alimentos que permanecem no óleo devem ser retirados?

- à medida que se tornam visíveis Peso 1
- no momento em que o óleo for trocado Peso 3
- nunca devem ser retirados Peso 3
- quando começar a queimar Peso 3
- outros Peso 3

11. Quando você acha que deve ser realizada a reposição do óleo?

- à medida que o nível do óleo diminui Peso 1
- quando o óleo apresenta sinais de degradação Peso 3
- cada vez que são acrescentados mais alimentos Peso 3
- dependerá do tempo de utilização do óleo em cada fritura Peso 3
- não observa nenhum critério Peso 3
- outros Peso 3

12. Quando você acha que o óleo de fritura pode ser reutilizado?

- sempre Peso 3
- dependerá do tipo de alimento que foi frito Peso 2
- dependerá do tempo de utilização do óleo em cada fritura Peso 1
- nunca Peso 2
- outros (especificar) Peso 3
- não sabe Peso 3

13. Quando você acha que óleo de fritura deve ser descartado?

- quando cheira mal, escurece, aumenta a viscosidade, forma espuma, libera fumaça Peso 1
- quando apresentar sabor acidificado Peso 2
- após longo tempo de fritura Peso 3
- diariamente Peso 3
- após análise físico-química Peso 3
- quando deixa odor acentuado no alimento frito Peso 3
- não utiliza critério algum
- outros

14. O que deve ser feito com o óleo de descarte?

- filtrado e depois descartado na pia (ralo) Peso 3
- acondicionados em vasilhas e jogados no lixo Peso 2
- doados à empresas para aproveitamento Peso 1
- armazena sob refrigeração para reutilização Peso 2
- não sabe Peso 3
- outros Peso 3

APÊNDICE 1 - QUESTIONÁRIO

Data: ____/____/____ Operador (código): _____

15. Considerando-se que você realiza fritura todos os dias, quando você acha que as fritadeiras devem ser higienizadas?

- quando termina a fritura Peso 1
- quando trocar de óleo Peso 2
- semanalmente Peso 3
- quinzenalmente Peso 3
- mensalmente Peso 3
- outros Peso 3

16. Como as fritadeiras devem ser higienizadas?

- apenas com água, detergente e sabão Peso 1
- conforme especificação do fabricante Peso 1
- por jateamento de água Peso 3
- não sabe Peso 3
- outros Peso 3

RESULTADO	
<input type="checkbox"/> BOM OPERADOR	16 – 25 pontos
<input type="checkbox"/> OPERADOR REGULAR	26 – 35 pontos
<input type="checkbox"/> OPERADOR RUIM	36 – 45 pontos

**APÊNDICE 2 - PLANILHA PARA ACOMPANHAMENTO DO PROCESSO DE FRITURA
POR IMERSÃO - ETAPA DE PRÉ-PREPARO**

Data: ___/___/___

Operador (código): _____

ALIMENTO		
PRODUTO	TRATAMENTO	PESO TOTAL ALIMENTO (kg)
<input type="checkbox"/> peixe à escabeche <input type="checkbox"/> bife à milanesa <input type="checkbox"/> frango à pizzaiolo <input type="checkbox"/> pernil <input type="checkbox"/> carne à brase <input type="checkbox"/> frango à dorê	<input type="checkbox"/> temperatura ambiente <input type="checkbox"/> congelado <input type="checkbox"/> pré-cozido <input type="checkbox"/> refrigerado <input type="checkbox"/> outro. Especificar: _____	

Nº AMOSTRA	TIPO	VOLUME INICIAL (L)	TEMPO INICIAL (h)	ARMAZENAMENTO
_____	<input type="checkbox"/> soja <input type="checkbox"/> outro _____			<input type="checkbox"/> adequado <input type="checkbox"/> inadequado

EQUIPAMENTO
ASPECTO
<input type="checkbox"/> adequado <input type="checkbox"/> inadequado

APÊNDICE - 3 PLANILHA PARA ACOMPANHAMENTO DO PROCESSO DE FRITURA DE IMERSÃO - ETAPA DE PREPARO

Data: ___/___/___

Operador (código): _____

ALIMENTO
TÉCNICA DE RETIRADA E ACONDICIONAMENTO DO PRODUTO
() adequada () inadequada

TEMPO DE REPOSIÇÃO (min.)	TEMPERATURA (°C)	VOLUME DE REPOSIÇÃO (L)	COLETA DE AMOSTRA DE REPOSIÇÃO	MANEJO DOS RESÍDUOS
	Se houver reposição: Antes: _____ Depois: _____		Se houver reposição: Antes da reposição (código): _____ Após reposição (código): _____	() retira raramente () retira freqüentemente () retira sempre cada adição de novo lote de alimento () não retira

EQUIPAMENTO
TEMPERATURA DO TERMOSTATO
() adequada () inadequada

**APÊNDICE - 4 PLANILHA PARA ACOMPANHAMENTO DO PROCESSO DE FRITURA
DE IMERSÃO - ETAPA FINAL**

Data: ___/___/___

Operador (código): _____

ALIMENTO
MENSURAÇÃO DAS SOBRAS (kg)

ÓLEO					
VOLUME RESIDUAL (L)	TEMPERATURA (°C)	TEMPO FINAL (min.)	COLETA DA AMOSTRA	TRATAMENTO	DESTINO FINAL
			Código: _____	1. Tratamento <input type="checkbox"/> filtrado <input type="checkbox"/> não filtrado <input type="checkbox"/> outro. Especificar _____ _____	1. Se armazenado <input type="checkbox"/> adequadamente <input type="checkbox"/> inadequadamente 2. Se descartado <input type="checkbox"/> adequadamente <input type="checkbox"/> inadequadamente

EQUIPAMENTO	
REALIZADA LIMPEZA DO EQUIPAMENTO	TÉCNICA DE LIMPEZA
<input type="checkbox"/> sim <input type="checkbox"/> não	<input type="checkbox"/> adequada <input type="checkbox"/> inadequada <input type="checkbox"/> não se aplica

FRITURA POR IMERSÃO: ESTUDO DE CASO EM UMA UNIDADE DE ALIMENTAÇÃO E NUTRIÇÃO

Deusdélia Teixeira de ALMEIDA ¹

Maria da Purificação Nazaré ARAÚJO ¹

Gilênio Borges FERNANDES ²

Júlia Carvalho ANDRADE ³

Marina Oliveira Bonelli REBOUÇAS ³

Clotilde Assis OLIVEIRA ⁴

RESUMO

Objetivo: Avaliar o processo de fritura por imersão em uma Unidade de Alimentação e Nutrição, localizada no Pólo Petroquímico de Camaçari - Bahia.

Métodos: Foram selecionadas aleatoriamente, durante três meses consecutivos, preparações à base de fritura por imersão dos cardápios oferecidos no almoço. A coleta de dados foi realizada via observação direta do processo e coleta de amostras de óleo. Para avaliar a qualidade dos óleos foram analisados: ácidos graxos livres (%), expressos em oléico), índice de peróxido (mEq/kg), índice de refração (40°C) e compostos polares totais (%).

Resultados: Verificaram-se inadequações no que se refere à temperatura empregada, tipo de equipamento, técnica de retirada do alimento após fritura e dos resíduos acumulados ao longo do processo, reposição do óleo, limpeza dos equipamentos e descarte do óleo de fritura. Nenhuma das amostras de óleo analisadas apresentou valores fora dos limites estabelecidos na literatura para as quatro determinações físico-químicas.

Conclusão: Apesar de todas as amostras de óleo se apresentarem dentro dos limites aceitáveis, alguns condicionantes relacionados ao processo de fritura estariam contribuindo para o aumento do valor calórico das preparações, alteração das suas características sensoriais dos produtos fritos e aumento do custo de produção.

Termos de indexação: oxidação lipídica, fritura por imersão, controle de qualidade unidade de alimentação e nutrição.

¹ Universidade Federal da Bahia, Escola de Nutrição, Departamento Ciência dos Alimentos. Salvador-BA, Brasil.

² Universidade Federal da Bahia, Instituto de Matemática, Departamento de Estatística. Salvador-BA, Brasil.

³ Universidade Federal da Bahia, Escola de Nutrição, Salvador-BA, Brasil.

⁴ Universidade Federal da Bahia, Escola de Nutrição, Programa de Pós-graduação, Mestrado em Alimentos, Nutrição e Saúde. End.: Av. Araújo Pinho, 32, Canela, CEP: 40110-150. Salvador-BA, Brasil. Correspondência para: C.A. OLIVEIRA. E-mail: <clotildeassis@yahoo.com.br>.

DEEP-FRYING: CASE STUDY IN A FOOD AND NUTRITION UNIT

Deusdélia Teixeira de ALMEIDA ¹

Maria da Purificação Nazaré ARAÚJO ¹

Gilênio Borges FERNANDES ²

Júlia Carvalho ANDRADE ³

Marina Oliveira Bonelli REBOUÇAS ³

Clotilde Assis OLIVEIRA ⁴

ABSTRACT

Objective: To evaluate the deep-frying process in a Food and Nutrition Unit (FNU), located at the Petrochemical Complex in Camaçari – Bahia.

Methods: They had been selected of random form, during three consecutive months, preparations to the base of deep-frying on menu offered in the lunch. The collection of data was carried through way direct comment of the process and collection of oil samples. To evaluate the quality of oils they had been analyzed: acid greasy free (%), Expresses in oléico), peroxide value (mEq/kg), total refractive index (40°C) and polar composites (%).

Results: Not conformity had been verified in that if it relates to the used temperature, type of equipment, technique of withdrawal of the food after deep-frying and the accumulated residues to the long one of the process, replacement of the oil, cleanness of the equipment and discarding of the deep-frying oil. None of the analyzed oil samples presented values is of the limits established in literature for the four determination physical and chemical.

Conclusion: Although all the oil samples if to present inside of the acceptable limits, some condicionantes related to the frying process would be contributing for the increase of the value caloric of the preparations, alteration of its sensorial characteristics of the deep-frying and increase of the production cost.

Indexing Terms: lipid oxidation, deep-frying, quality control, food and nutrition unit.

¹Federal University of the Bahia, School of Nutrition, Department Science of Foods. Salvador-BA, Brazil.

² Federal University of the Bahia, Institute of Mathematics, Department of Statistics. Salvador-BA, Brazil.

³ Federal University of the Bahia, School of Nutrition. Salvador-BA, Brasil.

⁴ Federal University of the Bahia, School of Nutrition, Program of After-graduation, Master's in Foods, Nutrition and Health. Address.: Avenue Araújo Pinho, 32, Canela, CEP: 40110-150. Salvador-BA, Brazil. *Correspondence to:* C.A. OLIVEIRA. E-mail: <clotildeassis@yahoo.com.br>.

1.0 INTRODUÇÃO

O setor de alimentação coletiva reveste-se de grande importância econômica e social, tendo seu desenvolvimento atrelado à evolução de vários hábitos da sociedade urbana contemporânea¹. É um mercado que no Brasil consome diariamente um volume de 3,0 mil toneladas de alimentos e representa para os governos uma receita de 1 bilhão de reais anuais entre impostos e contribuições².

Para Abreu, Spinelli & Zanardi³, o mercado da alimentação é dividido em alimentação comercial e alimentação coletiva, sendo que os estabelecimentos que trabalham com produção e distribuição de alimentos para coletividades, atualmente recebem o nome de Unidade de Alimentação e Nutrição (UAN), e tem como finalidade produzir e distribuir alimentos seguros e saudáveis visando o controle dos riscos associados à alimentação.

Um dos métodos de cocção mais difundidos nas Unidades de Alimentação e Nutrição (UANs) é a fritura por imersão, que consiste em submergir o alimento em óleo/gordura, sob elevadas temperaturas, na presença de ar, durante um determinado período de tempo⁴. A popularidade da fritura está relacionada à rapidez, conveniência, baixo custo, características sensoriais conferidas aos alimentos e excelente aceitabilidade por diferentes grupos populacionais⁵.

Uma das desvantagens do processo de fritura é que os óleos e gorduras, quando aquecidos repetidamente, sob altas temperaturas, por períodos prolongados, podem sofrer uma série de alterações, formando compostos de degradação⁶. Estes últimos podem ser influenciados por fatores tais como: estabilidade do óleo empregado e sua contaminação com resíduos provenientes do alimento, presença de antioxidantes, ar e água, tempo de aquecimento e temperatura de exposição do alimento à fritura e o tipo de equipamento utilizado⁷.

Os possíveis riscos à saúde envolvidos no consumo de óleos aquecidos ou oxidados como predisposição à aterosclerose, ação mutagênica ou carcinogênica têm sido, há muitos anos, comentados e revisados^{8,9}.

A fim de proteger a saúde do consumidor, muitos países têm adotado regulamentações, limitando a utilização de óleos/gorduras de frituras para o consumo humano e estabelecendo critérios para seu descarte¹⁰.

Em face da inter-relação entre alimentos fritos e saúde, a presente proposta objetivou avaliar o processo de fritura por imersão em uma UAN, de modo que se possa, com base científica, descrevê-lo de forma eminentemente prática e, conseqüentemente, subsidiar ações que visem melhorar a qualidade de alimentação ofertada aos usuários da UAN.

2.0 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Desenho do estudo e características da UAN

A pesquisa caracteriza-se como um estudo de caso, descritivo e exploratório, realizado no período de agosto a outubro de 2006, em uma UAN localizada no Pólo Petroquímico de Camaçari – Bahia.

A UAN analisada é terceirizada e funciona durante 24 horas, sendo servidas aproximadamente 2.220 refeições/dia, distribuídas entre desjejum (820), almoço (1200), jantar (120) e ceia (80). Os cardápios são diferenciados, servidos em dois balcões (tradicional e *light*) e elaborados com base em padrão pré-estabelecido. Uma das características dos cardápios é a sua rotatividade, sendo oferecidas preparações à base de fritura por imersão entre 8 e 10 dias ao mês, distribuídas no almoço como prato principal.

2.2 Avaliação do processo de fritura

Foram identificadas nos cardápios mensais diferentes preparações à base de fritura por imersão e selecionadas aleatoriamente duas destas para cada mês estudado, o que totalizou 54% das refeições servidas durante o período estudado (**Tabela 1**).

Tabela 1 - Preparações à base de fritura servidas na UAN durante o período do estudo.

Mês/semanas	1 ^a	2 ^a	3 ^a	4 ^a	5 ^a
Agosto	–	Lombo ao molho (pré-cozido) *	Filé de pescada à escabeche (refrigerado) *	Pernil suíno	Almôndega de frango (congelada)
Setembro	–	–	Carne suína à brasé (pré-cozida)*	Almôndega de frango (congelada)	Pernil suíno (pré-cozido) e almôndega de frango congelada*
Outubro	Cupim ao molho (pré-cozido)	–	Carne suína à brasé (pré-cozida)	Filé de merluza à escabeche (refrigerado) *	Filé de frango à dorê (refrigerado) *

* Dias selecionados para o estudo. **Lombo ao molho**: cupins temperados e fritos em pedaços de aproximadamente 2 kg e posteriormente cortados; **filé de pescada à escabeche**: temperado e empanado com farinha de trigo; **carne suína à brasé**: pernil temperado, cortada em cubos, submetida à cocção; pernil suíno, temperado, cortado em cubos; Filé de frango: empanado em líquido (ovo, leite, e farinha de trigo) e posteriormente em farinha de trigo; almôndegas industrializadas congeladas.

A coleta de dados foi realizada através da observação direta, com anotação *in situ* em planilhas elaboradas para acompanhamento de cada etapa do processo, a saber: pré-preparo, preparo e produto final. Na primeira etapa, foram considerados aspectos relativos ao local de armazenamento do óleo, peso e tipo do alimento, tipo e volume inicial de óleo utilizado (para cálculo contabilizou-se as garrafas adicionados de óleo novo; no caso de presença de óleo reutilizado, mediu-se a altura do óleo no recipiente (h), comprimento (c) e largura (l) da frigideira, aplicando-se a fórmula: $V = c \times l \times h$),

temperatura (termômetro digital, haste pontiaguda, tipo espeto, escala de -10 a 300°C, Incotherm) e o operador responsável pelo processo. Na segunda etapa, foram levantadas informações sobre tempo de aquecimento do óleo antes da adição do alimento, técnica de retirada do alimento frito, manejo dos resíduos e reposição de óleo. Na última etapa foram contempladas informações acerca da técnica de limpeza do equipamento, tempo total de fritura e destino e/ou descarte do óleo.

2.3 Avaliação da qualidade do óleo

Para verificar a qualidade do óleo foram realizadas análises físico-químicas. Amostras de óleo de soja refinado foram obtidas de 4 frigideiras tipo basculante (marca Ppienk), capacidade de 60 L. Com auxílio de um coletor inox, confeccionado especialmente para o estudo, procedeu-se retirada de 60 mL de amostras de óleo antes do início da fritura (óleo novo), durante a reposição (óleo de reposição) e no descarte (óleo final). Todas as amostras foram transportadas em gelo seco, colocadas em frascos de vidro âmbar, armazenadas em *freezer* à - 20°C e descongeladas apenas no momento das análises, as quais foram realizadas em triplicata.

As amostras de óleo foram analisadas mediante determinações físico-químicas tais como: ácidos graxos livres (AGL), índice de peróxido (IP) e refração (IR), conforme as normas do Instituto Adolfo Lutz¹¹. Para a determinação dos compostos polares totais, utilizou-se o Fri-Check[®]. Os resultados gerados pelo Fri-Check[®], expressos em %, foram multiplicados por um fator de 1,25 conforme recomendações feitas por Osawa et al.¹².

Neste estudo foram estabelecidos como limite de alteração 1% para AGL, 10 mEq/kg para IP e 25% para CPT.

2.4 Análise Estatística

Foram calculados os coeficientes de correlação de *Sperman's* para o % AGL, IP, IR e CPT das amostras finais de óleo de soja, considerando-se estatisticamente significantes $p \leq 0,05$. Para análise estatística, empregou-se o pacote estatístico SPSS (*Statistical Package for the Social Sciences 13 for Windows*).

3.0 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Avaliação do processo de fritura

A pesquisa englobou a análise de cinco tipos de preparações à base de fritura, todas de origem animal, servidas no almoço, produzidas em quatro frigideiras tipo basculante, utilizadas ou não simultaneamente (**Tabela 2**). O processo de fritura foi conduzido por quatro funcionários que se revezaram ao longo de todas as etapas da produção, conforme rotina da UAN estudada.

Apenas um tipo de óleo era utilizado para fritura por imersão, óleo de soja refinado, armazenado protegido da luz e em temperatura ambiente, condições estas consideradas adequadas¹³.

O Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, através da Instrução Normativa nº 49¹⁴, determina que o óleo de soja refinado possa apresentar de 3,5 a 8 % em ácido linolênico. As legislações do Chile, França e Bélgica, por exemplo, não permitem a utilização de óleos vegetais com mais de 2% de ácido linolênico em processos de fritura^{8, 10,15}, por favorecer a rápida formação de monômeros cíclicos, considerados compostos de risco do ponto de vista fisiológico. Por essa razão, o óleo de soja, do ponto de vista nutricional e tecnológico, não é considerado adequado para ser usado em processos de fritura.

Tabela 2 - Esquema geral da utilização das frigideiras durante o período em estudo.

das amostras	Preparações	kg	VI (L)	RP (L)	TA (minutos)	TI (°C)	TF (°C)
1° DIA							
Frigideira 1 ☉	Lombo ao molho		27	sr	12	188	172
Frigideira 2 ☉	(pré-cozido)	230	27	sr	12	178	163
2° DIA							
Frigideira 1 ☉			26,1	**	34,8	170	160
Frigideira 2 ☉	Filé de pescada à escabeche	229,2	26,1	sr	31,2	170	165
Frigideira 4 ☉	(refrigerado)		18	□	16,2	200	187
3° DIA							
Frigideira 1 ☉			27	sr	100,2	186	174
Frigideira 2 ☉	Carne suína à brasé	159,0	27	sr	112,2	175	162
Frigideira 3 ☉	(pré-cozida)		27	sr	112,8	201	110
Frigideira 4 ☉			27	sr	100,2	155	127
4° DIA							
Frigideira 1 ☉	Pernil suíno (pré-cozido) e		27	□	52,2	204	167
Frigideira 2 ☉	Almôndega (congelada)	480	27	**	28,2	178	144
Frigideira 3 ☉			27	**	31,8	137	220
5° DIA							
Frigideira 1 ☉			27	**	42	190	163
Frigideira 2 ☉	Filé de merluza à escabeche	225	27	**	40,8	152	166
Frigideira 3 ☉	(refrigerado e empanado)		27	□	49,8	154	161
Frigideira 4 ☉			27	sr	42	150	159
6° DIA							
Frigideira 1 ☉			27	sr	63	205	189
Frigideira 2 ☉	Filé de frango à doré	201	27	□	75	206	162
Frigideira 3 ☉	(refrigerado e empanado)		27	**+5,4⊗	10,2	177	159
Frigideira 4 ☉			27	sr	10,2	171	140

kg: quantidade total de alimento frito; VI: volume inicial do óleo; RP reposição de óleo: sr: sem reposição, ⊗ óleo de reposição novo; □: frigideira cujo volume de óleo foi transferido para outra(s) frigideira(s); ** frigideiras que receberam adição de óleo proveniente de outra frigideira (□), TA: tempo de aquecimento do óleo antes da adição do alimento TI: temperatura inicial; TF: temperatura final. ☉: fritura iniciada com óleo novo, ☉: fritura iniciada com óleo mistura de óleo novo+velho.

O tipo de equipamento utilizado, tempo de fritura, temperatura de aquecimento e a taxa de renovação do óleo são fatores preponderantes na etapa de fritura, pois influenciam consideravelmente o nível de alteração do óleo ¹⁶.

Com relação ao tipo de equipamento, atualmente se recomenda a utilização de fritadeiras, por serem mais adequadas em tamanho e volume em concordância com a produção esperada, apresentarem filtros, termostato e menor superfície de contato entre o óleo e o ar, evitando as reações oxidativas⁵. Neste caso, o uso de frigideiras basculantes encontradas na UAN não está indicado para fritura por imersão, mas para preparações grelhadas ou refogadas.

Observou-se que embora os operadores da UAN desconhecem a capacidade das frigideiras, eram orientados a colocar em torno de 30 garrafas de 900 mL em cada

um dos equipamentos, mantendo-se uma relação superfície/volume (S/V) de óleo de $0,45 \text{ cm}^{-1}$ ao iniciar o processo de fritura (**Tabela 2**).

A importância da relação S/V se deve ao seu efeito drástico sobre a velocidade de alteração dos óleos. Segundo Malacrida e Jorge ¹⁷, as alterações são mais evidentes com relações S/V acima de $1,0 \text{ cm}^{-1}$. Apesar da baixa relação S/V encontrada neste estudo não favorecer as reações oxidativas, a excessiva agitação mecânica do óleo praticada pelos operadores da UAN durante o processo de fritura, conduz a uma maior exposição do óleo ao oxigênio, acelerando sua deterioração ^{4, 5, 13, 16}.

Quanto ao tempo de aquecimento do óleo para iniciar o processo de fritura, observou-se variações entre 10,2 e 112,2 minutos. Esses resultados sugerem desempenho insatisfatório das frigideiras, uma vez que o aumento do tempo de aquecimento não implicou, necessariamente, na elevação das temperaturas iniciais (**Tabela 2**). O tempo máximo de fritura em cada frigideira variou de 0,35 a 6 horas.

Através da aferição direta das temperaturas dos óleos, constatou-se que as temperaturas sinalizadas pelo termostato (300°C) não correspondiam àquelas do meio de fritura, cujos valores se apresentavam acima ou abaixo do recomendado (180°C).

Estudos têm demonstrado que temperaturas superiores a 200°C produzem maior quantidade de compostos tóxicos. Vários países adotam a temperatura de 180°C como ideal para fritar ^{7,10}. Medidas precisas da temperatura do óleo são muito importantes, pois o uso de sinais subjetivos para estimar a temperatura como, por exemplo, o ponto de fumaça são pouco satisfatórios⁷.

Se por um lado, temperaturas muito altas, superiores a 200°C , reduzem a vida útil dos óleos. Por outro lado, as baixas temperaturas aumentam a vida útil dos óleos de frituras, mas cerca de 40% a mais de óleo é absorvido para o interior do alimento. Como resultado da diminuição da vaporização da água da superfície do alimento, observa-se aumento da pressão externa do óleo o que propicia sua penetração no alimento. Com

isso, há aumento do valor calórico das preparações, maior transferência de componentes menores, inclusive compostos de degradação, e elevação do custo de produção devido a elevada taxa de reposição^{7, 18}.

A falta de padronização no que se refere à quantidade de alimento a ser adicionado por vez, a cada frigideira, inviabilizou o cálculo relação alimento/volume de óleo (A/V).

Durante a etapa de preparo, observaram-se inadequações referentes ao manejo dos resíduos, uma vez que, as partículas que se desprendiam raramente eram retiradas, favorecendo seu acúmulo nas laterais e no fundo das frigideiras. A carbonização de partículas é responsável pelo escurecimento do óleo e confere sabores e aromas desagradáveis ao alimento, ao mesmo tempo em que aceleram a degradação do óleo^{13, 16}.

Segundo Mellema¹⁸, as condições de retirada do alimento após a fritura parecem ser decisivas para a absorção de óleo por parte do produto frito. Quando o alimento esfria, a pressão de vapor diminui como resultado o alimento absorve gordura, tal efeito pode ser minimizado através da agitação e drenagem apropriadas do produto após a fritura, o que não se observou nesta UAN.

Inadequações quanto à técnica de retirada dos produtos fritos, aliada as baixas temperaturas observadas no processo, contribuíram para uma redução expressiva do nível de óleo nas frigideiras, constatada pela elevada taxa de reposição, realizada a partir do óleo drenado pelos alimentos fritos e/ou transferência entre frigideiras (**Tabela 2**)^{7, 13, 18}. A diluição do óleo usado com óleo novo não melhora a qualidade do sistema de fritura, pois os compostos de alteração presentes no óleo usado atuam como catalisador das reações no óleo novo fazendo com que este se deteriore rapidamente^{5, 10,}

A limpeza da frigideira é outro fator importante a ser controlado, pois o óleo polimerizado que se deposita nas paredes destas tende a catalisar as reações degradativas^{5, 7, 13}. Neste aspecto, observou-se que após finalização do processo os equipamentos eram higienizados com jatos d'água, o que não contribui para a eliminação total dos resíduos. Além disso, tal procedimento tem repercussões diretas no que se refere ao desempenho dos equipamentos, pois podem danificá-lo e/ou causar curtos circuitos e, conseqüentemente, acidentes de trabalho, colocando em risco os trabalhadores da UAN.

Ao final do processo de fritura, os óleos utilizados eram decantados e armazenados em panelas de alumínio com tampa, em temperatura ambiente ou descartados diretamente na rede de esgoto. Tais inadequações observadas na UAN estudada refletem o desconhecimento das boas práticas de fritura e, conseqüentemente, tem repercussões negativas do tanto do ponto de vista econômico quanto ambiental^{16, 20}.

3.2 Avaliação da qualidade do óleo

Devido aos compostos formados no óleo de fritura se transferirem ao alimento em maior ou menor grau, é imprescindível conhecer a qualidade dos óleos utilizados ao longo de cada ciclo de fritura^{15, 18, 21}. Sendo assim, é necessário dispor de métodos de controle para avaliar a alteração produzida, assim como, buscar critérios objetivos para definir quando os óleos devem ser descartados^{12, 21, 23}.

Em princípio, o protocolo do estudo objetivou comparar os índices analíticos iniciais e finais, o que foi inviabilizado devido à prática na UAN de redistribuir aleatoriamente o óleo drenado do alimento entre as frigideiras, assim como entre as mesmas (**Tabela 2**). Vale ressaltar, que em alguns dias, no início do processo, os equipamentos continham óleo anteriormente utilizado, ao qual era adicionado óleo

novo. Neste caso, a análise correspondeu à mistura de óleos (novo:velho) (**Tabelas 3 e 4**).

Pode-se verificar que todas as amostras de óleo novo apresentavam valores de ácidos graxos livres, índice de refração e índice de peróxido dentro dos limites estabelecidos pelas legislações brasileiras para óleos refinados ^{13,23}.

Em relação à acidez inicial da mistura de óleos (**Tabela 3**) e dos óleos finais (**Tabela 4**), os valores oscilaram entre 0,21-0,27 % e 0,21-0,85 %, respectivamente, sugerindo o desenvolvimento de reações hidrolíticas.

Tabela 3 – Resultados das características físico-químicas dos óleos iniciais utilizados durante o período do estudo.

Amostras	Ácidos graxos livres (% oléico)	Índice de peróxido (meq/kg)	Índice de refração (40°C)	Compostos polares totais (%)
1° DIA				
Frigideira 1 ☺	0,08 (± 0,00)	1,03 (± 0,04)	1,4685 (± 0,00)	2,92 (± 0,07)
Frigideira 2 ☺	0,08 (± 0,00)	1,03 (± 0,04)	1,4685 (± 0,00)	2,92 (± 0,07)
2° DIA				
Frigideira 1 ☺	0,10 (± 0,00)	0,24 (± 0,04)	1,4683 (± 0,00)	2,88 (± 0,00)
Frigideira 2 ☺	0,10 (± 0,00)	0,24 (± 0,04)	1,4683 (± 0,00)	2,88 (± 0,00)
Frigideira 4 ☺	0,10 (± 0,00)	0,24 (± 0,04)	1,4683 (± 0,00)	2,88 (± 0,00)
3° DIA				
Frigideira 1 ☺	0,13 (± 0,03)	0,47 (± 0,03)	1,4682 (± 0,00)	2,88 (± 0,00)
Frigideira 2 ☺	0,13 (± 0,03)	0,47 (± 0,03)	1,4680 (± 0,00)	2,88 (± 0,00)
Frigideira 3 ☹	0,24 (± 0,01)	4,97 (± 0,27)	1,4692 (± 0,00)	2,88 (± 0,00)
Frigideira 4 ☺	0,14 (± 0,03)	0,47 (± 0,03)	1,4680 (± 0,00)	2,88 (± 0,00)
4° DIA				
Frigideira 1 ☺	0,14 (± 0,03)	0,21 (± 0,03)	1,4688 (± 0,00)	2,88 (± 0,00)
Frigideira 2 ☺	0,14 (± 0,03)	0,21 (± 0,03)	1,4688 (± 0,00)	2,88 (± 0,00)
Frigideira 3 ☺	0,14 (± 0,03)	0,21 (± 0,03)	1,4688 (± 0,00)	2,88 (± 0,00)
5° DIA				
Frigideira 1 ☹	0,06 (± 0,02)	0,19 (± 0,01)	1,4687 (± 0,00)	3,13 (± 0,26)
Frigideira 2 ☹	0,27 (± 0,02)	0,75 (± 0,04)	1,4680 (± 0,00)	2,88 (± 0,00)
Frigideira 3 ☺	0,07 (± 0,00)	0,10 (± 0,03)	1,4680 (± 0,00)	2,88 (± 0,00)
Frigideira 4 ☺	0,07 (± 0,00)	0,10 (± 0,03)	1,4680 (± 0,00)	2,88 (± 0,00)
6° DIA				
Frigideira 1 ☺	0,09 (± 0,02)	0,22 (± 0,05)	1,4680 (± 0,00)	2,88 (± 0,00)
Frigideira 2 ☹	0,27 (± 0,02)	1,05 (± 0,04)	1,4680 (± 0,00)	3,08 (± 0,07)
Frigideira 3 ☹	0,22 (± 0,01)	1,51 (± 0,06)	1,4705 (± 0,00)	3,04 (± 0,19)
Frigideira 4 ☺	0,09 (± 0,02)	0,22 (± 0,05)	1,4680 (± 0,00)	2,88 (± 0,00)

Valores médios ± desvio padrão obtidos das 3 determinações, ☺: fritura iniciada com óleo novo, ☹: fritura iniciada com óleo mistura de óleo (novo:velho).

Tabela 4 – Características físico-químicas dos óleos finais durante o período do estudo.

Amostras	Ácidos graxos livres (% oléico)	Índice de peróxido (meq/kg)	Índice de refração (40°C)	Compostos polares totais (%)
1° DIA				
Frigideira 1 ☺	0,31 (± 0,02)	8,60 (± 0,04)	1,4695 (± 0,00)	5,58 (± 0,31)
Frigideira 2 ☺	0,46 (± 0,00)	2,56 (± 0,08)	1,4670 (± 0,00)	5,46 (± 0,62)
2° DIA				
Frigideira 1 ☺	0,29 (± 0,01)	2,86 (± 0,02)	1,4700 (± 0,00)	2,96 (± 0,14)
Frigideira 1 * ☺	0,30 (± 0,03)	5,89 (± 0,03)	1,4690 (± 0,00)	3,29 (± 0,14)
Frigideira 2 ☺	0,23 (± 0,02)	3,22 (± 0,05)	1,4695 (± 0,00)	3,13 (± 0,22)
Frigideira 4 ☺	0,22 (± 0,01)	4,40 (± 0,11)	1,4690 (± 0,00)	3,38 (± 0,27)
3° DIA				
Frigideira 1 ☺	0,21 (± 0,01)	9,26 (± 0,03)	1,4680 (± 0,00)	4,00 (± 0,13)
Frigideira 2 ☺	0,28 (± 0,03)	6,17 (± 0,01)	1,4680 (± 0,00)	3,08 (± 0,26)
Frigideira 3 ☹	0,29 (± 0,02)	5,13 (± 0,20)	1,4670 (± 0,00)	3,25 (± 0,43)
Frigideira 4 ☺	0,28 (± 0,03)	2,56 (± 0,40)	1,4670 (± 0,00)	3,13 (± 0,13)
4° DIA				
Frigideira 1 ☺	0,17 (± 0,00)	0,41 (± 0,39)	1,4670 (± 0,00)	3,33 (± 0,38)
Frigideira 2 ☺	0,38 (± 0,01)	4,18 (± 0,24)	1,4645 (± 0,00)	3,71 (± 0,43)
Frigideira 2 * ☺	0,52 (± 0,02)	2,62 (± 0,05)	1,4640 (± 0,00)	4,96 (± 0,71)
Frigideira 3 ☺	0,57 (± 0,04)	0,75 (± 0,01)	1,4660 (± 0,00)	4,75 (± 0,43)
5° DIA				
Frigideira 1 ☹	0,85 (± 0,22)	2,30 (± 0,17)	1,4660 (± 0,00)	6,46 (± 0,19)
Frigideira 2 ☹	0,38 (± 0,00)	1,90 (± 0,06)	1,4685 (± 0,00)	3,17 (± 0,19)
Frigideira 3 ☺	0,38 (± 0,00)	2,38 (± 0,07)	1,4685 (± 0,00)	3,25 (± 0,13)
Frigideira 4 ☺	0,29 (± 0,03)	2,94 (± 0,06)	1,4685 (± 0,00)	2,92 (± 0,07)
6° DIA				
Frigideira 1 ☺	0,72 (± 0,05)	3,61 (± 0,11)	1,4683 (± 0,00)	6,5 (± 0,88)
Frigideira 2 ☹	0,32 (± 0,05)	1,50 (± 0,09)	1,4710 (± 0,00)	3,42 (± 0,31)
Frigideira 3 ☹	0,30 (± 0,03)	1,82 (± 0,03)	1,4712 (± 0,00)	3,29 (± 0,40)
Frigideira 4 ☺	0,27 (± 0,03)	2,81 (± 0,14)	1,4710 (± 0,00)	2,88 (± 0,00)

Valores médios ± desvio padrão obtidos das 3 determinações, *análise do óleo após a reposição, ☺: fritura iniciada com óleo novo, ☹ fritura iniciada com mistura de óleo novo:velho.

A baixa acidez encontrada na mistura de óleos no 5° dia (frigideira 1), pode ser explicada pelo menor tempo de aquecimento do óleo velho e/ou diluição dos compostos (Tabela 3). Entretanto, observa-se ao final do processo incremento no nível de alteração, o que significa dizer que a diluição do óleo usado com óleo novo não melhora a qualidade do sistema, pois os compostos de alteração presentes no óleo usado atuam como catalisadores das reações no óleo novo, fazendo com que este se deteriore mais rapidamente (Tabela 4).

Em estudo experimental controlado, Lima e Gonçalves²⁴, Cella e Regitano-D'Arce²⁵, Tyagy e Vasishitha²¹, encontraram variações para AGL de 0,16 para 0,72%

em 44h de fritura., de 0,057% para 0,4735% após 16h50min de fritura e de 0,04% para 1,51%, após 70 horas de fritura, respectivamente.

Os valores finais de AGL obtidos neste estudo (**Tabela 4**), apesar de se apresentarem dentro dos limites estabelecidos por vários países¹⁰, são relativamente elevados se for considerado o reduzido tempo de fritura (0,35 a 6 horas).

Em relação ao índice de peróxido, os valores finais (**Tabela 4**) foram superiores aos iniciais (**Tabela 3**) para todas as amostras analisadas, embora se mantivesse dentro dos limites estabelecidos em literatura¹⁰. Observa-se que o índice de peróxido tem um aumento pronunciado durante o processo de fritura, indicando presença de produtos secundários e, conseqüentemente, estágios um pouco mais adiantados do processo de oxidação^{21, 22}.

O elevado resultado encontrado na amostra de óleo no 3º dia (frigideira 3) para o índice de peróxido pode ser explicado por se tratar de uma mistura de óleos (**Tabela 4**).

Nas frigideiras em que houve reposição, os óleos apresentaram um comportamento instável durante o processo de fritura para o índice de peróxidos (**Tabela 4**). Enquanto se observa incremento desse índice no 2º dia (frigideira 1*), no 4º dia (frigideira 2*), verifica-se decréscimo (**Tabelas 2 e 4**). Essa redução pode ser justificada pela diluição dos compostos, decorrentes da incorporação de óleos provenientes de outras frigideiras, como também da decomposição dos peróxidos favorecidas pelas flutuações de temperatura observadas durante o processo de fritura. Por isso, o sistema intermitente de aquecimento das frituras descontínuas é considerado mais danoso para os óleos e gorduras de frituras do que o sistema de aquecimento contínuo¹⁶.

Varela et al.²⁶, em seus estudos sobre o comportamento de alguns óleos vegetais, utilizados em frituras repetidas, observaram que os valores para o índice de refração não apresentaram alterações ao longo do processo de fritura.

Nas preparações de fritura de filé de peixe e frango empanados, os índices de refração finais foram superiores aos iniciais, observando-se o inverso para as preparações à base de carne suína e bovina, exceto para os valores da frigideira 1 (**Tabela 4**). Provavelmente, o empanamento do alimento interferiu nos resultados, devido maior solubilização de compostos e desprendimento de partículas da superfície do alimento, produzindo escurecimento do óleo.

De acordo com Masson et al.¹⁵, os óleos refinados não aquecidos são considerados de boa qualidade quando apresentam valores abaixo de 5% de compostos polares totais, evidenciado em todas as amostras iniciais analisadas neste estudo (**Tabela 3**).

Conforme já citado, a determinação da quantidade de compostos polares constitui-se um indicador para descarte dos óleos de fritura, com limites de utilização estabelecidos em torno de 24-27%¹⁰. Diante destas recomendações, os resultados obtidos de todas as amostras de óleo ao final do processo de fritura indicam que os óleos em estudo não atingiram estágios finais do processo de oxidação (**Tabela 4**).

A análise de correlação demonstrou significância entre os compostos polares e o índice de acidez, resultado explicado pela formação dos ácidos graxos livres, provenientes da degradação dos triglicerídeos, que compõe os compostos polares^{22, 25, 28}. Em contrapartida, observa-se correlação significativa e negativa entre os valores finais de peróxido e acidez (**Tabela 5**).

Ainda que as temperaturas de fritura diminuam a capacidade de absorção do oxigênio pelo óleo, não favorecendo a formação de hidroperóxidos, quando a temperatura de óleo reduz, a solubilidade do oxigênio aumenta, acelerando as reações de oxidação. Quando o óleo é novamente aquecido, os peróxidos que são altamente instáveis em elevadas temperaturas, rapidamente se decompõem, produzindo compostos que não podem ser determinados por métodos de titulação²¹. Diante disso, as oscilações

de temperatura e a mistura de óleos provenientes das frigideiras, verificadas no sistema analisado, podem explicar a correlação negativa encontrada entre o índice de peróxido e ácidos graxos livres.

Tabela 5 – Valores de coeficientes de correlação entre as determinações analíticas realizadas nos óleos finais do processo de fritura.

		AGL	IP	IR	CPT
AGL	R	1,000	-,579(**)	-,342	,580(**)
	p	.	,005	,119	,005
IP	R	-,579(**)	1,000	-,060	-,008
	p	,005	.	,790	,970
IR	R	-,342	-,060	1,000	-,421
	p	,119	,790	.	,051
CPT	R	,580(**)	-,008	-,421	1,000
	p	,005	,970	,051	.

CPT: % compostos polares totais; AGL: % ácidos graxos livres; IP: índice de peróxido; IR: índice de refração. R= coeficiente de correlação de Spearman's e p= significância estatística para $p \leq 0,05$. ** A correlação é significativa ao nível 0,01.

CONCLUSÕES

Os dados analisados nesta pesquisa demonstram que, se por um lado, nenhuma das amostras de óleo analisadas apresentou valores acima dos limites adotados na literatura, por outro, a falta de padronização dos procedimentos operacionais, de uma forma geral, contribuiu para o aumento dos custos de produção uma vez que as amostras descartadas ainda estavam em condição de serem reutilizadas.

No tocante às condições do processo, percebe-se sua contribuição para aumentar sobremaneira o valor calórico e comprometer as características sensoriais do produto frito. Este fato se justifica provavelmente pelas inadequações das temperaturas de fritura, verificadas na prática, refletindo-se claramente na velocidade de reposição de óleo nas frigideiras, para compensar as perdas.

A partir do contextualizado, portanto, é possível concluir que os dados deste trabalho oferecem subsídios para medidas corretivas no processo de fritura estudado e

reiteram a necessidade de estabelecimento de padrões de identidade e qualidade e programas de educação continuada dos operadores envolvidos com a produção de alimentos.

AGRADECIMENTOS

A equipe do projeto *Avaliação de Unidade de Alimentação e Nutrição na Perspectiva da Alimentação Saudável: um estudo de caso no Pólo Petroquímico de Camaçari*, aos funcionários da empresa estudada e a Fundação de Apoio a Pesquisa do Estado da Bahia (FAPESB), pelo apoio financeiro.

REFERÊNCIAS

1. Proença RPC. Inovações Tecnológicas na Produção de Alimentação Coletiva. Florianópolis: Insular; 1997.
2. Associação Brasileira das Empresas de Refeições Coletivas (ABERC). História e Mercado [acesso em 02 de janeiro de 2007]. Disponível em: <http://www.aberc.com.br/base.asp?id=2>
3. Abreu ES, Spinelli MGN, Zanardi, AMP. Gestão de unidades de alimentação e nutrição: um modo de fazer. São Paulo: Editora Metha Ltda; 2003.
4. McSavage J, Trevisan S. The use and abuse of frying oil. Food Service Technology. 2001; 1: 85-92.
5. Monferrer A, Villalta J. La fritura desde un punto de vista práctico (I). Alimentación, Equipos y Tecnología. 1993a; 21 (4). 85-90.

6. Saguy IS, Dana D. Integrated approach to deep fat frying: engineering, nutrition, health and consumer aspects. *Journal of Food Engineering*. 2003; 56: 143-152.
7. Mehta U, Swinburn BA Review of factors affecting fat absorption in hot chips. *Critical Reviews in Food Science Nutrition*. 2001; 41 (2): 133-154.
8. Masson L, Robert P, Izaurieta M, Romero N, Ortiz J. Fat deterioration in deep frying “french fries” potatoes at restaurant and food shop setor. *Grasas y Aceites*. 1999; 50 (6): 460-468.
9. Qi D, Xiau-o, Fan J, Yu-Tang G, Zih-Xian H, Wei Z. Consumption of animal foods, cooking methods, and risk of breast cancer. *Cancer Epidemiology, Biomarkers & Prevention*. 2002; 11: 801-808.
10. Firestone D, Stier RF, Blumenthal MM. Regulation of Frying Fats and Oils. *Food Technology*. 1991; 2: 90-94.
11. Instituto Adolfo Lutz. São Paulo. Métodos físico-químicos para análise de alimentos. São Paulo: Varela; 2006.
12. Osawa CC, Gonçalves LAG, Grimaldi R. Nova ferramenta ao monitoramento e à inspeção do descarte “in situ” de óleos e gorduras de fritura. *Revisa*. 2005; 1 (2): 102-107.
13. Lima JR. Fritura de alimentos: procedimentos para obtenção de alimentos com qualidade. *Instruções Técnicas*. Embrapa Agroindústria Tropical. 2001, 8: 1-3.
14. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução normativa N°.49, de 22 de dezembro de 2006.
15. Masson L, Robert P, Romero N, Izaurieta M, Valenzuela S, Ortiz J, Dobarganes MC. Comportamiento de aceite poliinsaturados en la preparación de patatas fritas para consumo inmediato: Formación de nuevos

compuestos y comparación de métodos analíticos. *Grasas y Aceites*. 1997; 48: 273-281.

16. Dobarganes MC, Pérez-Camino, MC. Frying process: selection of fats and quality control. In: International meeting on fats & oils technology symposium and exhibition. 1991; Campinas: São Paulo, jul: 9-11.
17. Malacrida CR, Jorge N. Alterações do óleo de soja e da mistura de azeite de dendê – óleo de soja em frituras descontínuas de batatas chips. *Brazilian Journal Food Technology*. 2003; 6 (2): 245-249.
18. Mellema M. Mechanism and reduction of fat uptake in deep-fat fried foods. *Trends in Food Science*. 2003; 14: 364-373.
19. Stevenson SG, Vaisey-Genser M, Eskin NA. M. Quality control in the use of deep frying oils. *Journal of American Oil Chemists' Society*. 1984; 61 (6):1102-1108.
20. Sampaio LAG. Reaproveitamento de óleos e gorduras residuais de frituras: tratamento da matéria-prima para produção de biodiesel. Ilhéus [dissertação], Ilhéus: Universidade Estadual de Santa Cruz; 2003.
21. Tyagi VK.; Vasishtha AK. Changes in the characteristics and composition of oils during deep-fat frying. *Journal of American Oil Chemists' Society*. 1996; 73: 499-506.
22. Gertz C. Chemical and physical parameters as quality indicators of used frying fats. *European Journal of Lipid Science and Technology*. 2000, 102: 566-572.
23. Brasil. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária, ANVISA. Resolução nº 270, de 22 de setembro de 2005. Dispõe sobre regulamento técnico para óleos vegetais, gorduras vegetais e creme vegetal [Acesso em 17 de dez. 2005]. Disponível em: < <http://e-legis.bvs.br> >.

24. Lima, J. R. Avaliação da qualidade de óleo de soja utilizado para fritura. [dissertação]. Campinas: Universidade de São Paulo; 1994.
25. Cella RCF, Regitano-d'Arce MAB, Spoto MHF. Comportamento do óleo de soja refinado utilizado em fritura por imersão com alimentos de origem vegetal. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*. 2002; 22: 111-116.
26. Cuesta, C, Sánchez-Muniz FJ, Hernández I, Varela LS. Modificaciones de un aceite de oliva durante las frituras sucesivas de patatas. Correlaciones entre distintos índices analíticos y de evaluación global de la degradación. *Revista de Agroquímica y Tecnología de Alimentos*. 1991, 31 (4): 523-531.
27. Varela G, Moreiras-Varela O, Ruiz-Roso B. Utilización de algunos aceites en frituras repetidas. Cambios en las grasas y análisis sensorial de los alimentos fritos. *Grasas y Aceites*. 1983, 34 (20):101-107.
28. Ans VG, Mattos ES, Jorge N. Avaliação da qualidade dos óleos de frituras usados em restaurantes, lanchonetes e similares. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*. 1999; ; 19 (3): 413-419.