



Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Coordenação de Tecnologia em Alimentos

Curso Superior de Tecnologia em Alimentos

Trabalho de Conclusão de Curso

Vol. 1

Campo Mourão
1º semestre de 2014



UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
CÂMPUS CAMPO MOURÃO
CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM ALIMENTOS

INDIAMARA CRISTINA TAVARES

**AVALIAÇÃO DE GORDURAS VEGETAIS UTILIZADAS EM
FRITURA DE MANDIOCA PALITO CONGELADA**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

CAMPO MOURÃO
2014

INDIAMARA CRISTINA TAVARES

**AVALIAÇÃO DE GORDURAS VEGETAIS UTILIZADAS EM
FRITURA DE MANDIOCA PALITO CONGELADA**

Trabalho de Conclusão de Curso de graduação, apresentado a UTFPR – Câmpus Campo Mourão, como parte dos requisitos para a conclusão do Curso Superior de Tecnologia em Alimentos.

CAMPO MOURÃO
2014

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
CÂMPUS CAMPO MOURÃO
CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM ALIMENTOS

TERMO DE APROVAÇÃO

AVALIAÇÃO DE GORDURAS VEGETAIS UTILIZADAS EM FRITURA DE MANDIOCA PALITO CONGELADA

por

INDIAMARA CRISTINA TAVARES

Este trabalho foi apresentado às 16:40 horas do dia 12 de agosto de 2014 como requisito para obtenção do título de graduação do curso superior de Tecnologia em Alimentos da Universidade Tecnológica Federal do Paraná. O candidato foi avaliado pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

Prof. Dra. Ailey A. C. Tanamati - Universidade Tecnológica Federal do Paraná
- UTFPR (orientadora)

Prof. Dra. Adriana A. Droval - Universidade Tecnológica Federal do Paraná -
UTFPR

Prof. Dra. Roberta Leone - Universidade Tecnológica Federal do Paraná -
UTFPR

A Deus por tudo que me proporciona na vida.
À minha mãe Luzia e meu pai Joel (in memorian), os quais amo muito.
Aos meus familiares por tudo que me ajudaram até hoje.
Ao meu esposo Sergio, pelo carinho, apoio e companheirismo.
E ao meu filho Juan Pablo pela compreensão e motivação.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, pelo fim de mais essa etapa, pelos sonhos que se concretizam e por ter me acompanhado todos os dias dessa caminhada.

Ao meu esposo e filho por terem compreendido minhas ausências e lutado junto comigo para que este sonho torna-se realidade.

Aos meus familiares e amigos, pelas orações e pensamentos positivos para que eu pudesse alcançar meus objetivos.

Reverencio a Professora Dra. Ailey Aparecida Coelho Tanamati pela confiança depositada desde o início, pela competência com que me orientou e transferiu conhecimentos intelectuais e morais, aos quais me foram muito importantes, pois contribuiu para uma pesquisa mais alargada e enriquecedora. Agradeço a oportunidade de tê-la como orientadora, estou-lhe muito grata por compreender e incentivar a concretização desse trabalho e, por meio dele, eu me reporto a toda a comunidade da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR) pelo apoio incondicional.

Há tantos a agradecer, por tanto se dedicarem a mim, não somente por terem ensinado, mas por terem-me feito aprender! A palavra mestre, nunca fará justiça a todos os professores dedicados, aos quais, sem nominar terão meu eterno agradecimento!

RESUMO

TAVARES, I. C. Avaliação de gorduras vegetais utilizadas em fritura de mandioca palito congelada. 2014. TCC (Trabalho de Conclusão de Curso) – Tecnologia em Alimentos, Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR Campus Campo Mourão.

A fritura é um método rápido de cocção, em que há transferência de calor do óleo de fritura para o alimento, propiciando características sensoriais únicas de aroma, textura e sabor. Devido à ação da água presente nos alimentos, à elevada temperatura de fritura (em torno de 180°C) e ao oxigênio do ar, ocorre uma série de reações químicas, gerando compostos de degradação que nem sempre são benéficos à saúde. Por conta disso, o descarte do óleo de fritura deve ser monitorado, através de métodos físico-químicos, tais como ácidos graxos livres e compostos polares. O presente trabalho teve como objetivo avaliar as alterações oxidativas produzidas nas gorduras vegetais de algodão, soja e palma durante o processo de fritura descontínua de mandioca palito congelada. As frituras foram conduzidas em uma fritadeira elétrica doméstica, onde a gordura foi aquecida, à temperatura de 180°C, com a reposição de gordura vegetal fresca. Depois de realizado o processo de fritura as amostras de gorduras coletadas foram avaliadas quanto aos índices de acidez, peróxidos e, teor de dienos e trienos conjugados. Os resultados mostraram que as menores alterações ocorreram para a gordura de palma, mais saturada. Para as gorduras de algodão e soja, mais insaturadas, verificou-se que ao longo do número de frituras ocorreu um aumento da formação dos compostos de degradação.

Palavras-chave: Lipídios; fritura; mandioca palito congelada; alterações oxidativas.

ABSTRACT

TAVARES, I. C. Evaluation of vegetable fats used in frying frozen cassava. TCC (Trabalho de Conclusão de Curso) – Tecnologia em Alimentos, Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR Câmpus Campo Mourão, 2014.

Frying is a rapid boiling method, in which there is heat transfer oil for frying food, providing unique sensorial characteristics, aroma texture and flavor. Due to the action of water in the food, the high frying temperature (around 180 ° C) and oxygen from the air, a series of chemical reactions occur, causing degradation compounds that are not always beneficial to health cos. Because of this, the disposal of cooking oil should be monitored through physical-chemical methods, such as free fatty acids and polar compounds. This study aimed to evaluate the oxidative alterations produced in vegetable fats cotton, soybean and palm oil during the frying process of discontinuous frozen cassava. The fries were conducted in a domestic electric fryer where the fat was heated to 180 °C with fresh vegetable fat replacement. After performing the process of frying fat samples collected were analyzed for the levels of acidity, peroxides and content of conjugated dienes and trienes. The results showed that minor changes have occurred to palm fat, more saturated. For fats, cotton and soybeans more unsaturated, it was found that over the number of frying was an increase in the formation of degradation compounds.

Keywords: Lipids; frying; frozen cassava; oxidative changes.

LISTA DE ABREVIATURAS

AGPI - ácidos graxos poliinsaturados

AGS - ácidos graxos saturados

DC - dienos conjugados

$E_{1cm}^{1\%}$ - extinção específica

LNA - ácido α -linolênico

IA - índice de acidez

IP - índice de peróxido

TC - trienos conjugados

1O_2 - oxigênio singlete

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	10
2	REVISÃO DE LITERATURA	12
2.1	Características gerais dos óleos e gorduras	12
2.2	Hidrogenação e transesterificação	13
2.3	Fritura por imersão	15
3	OBJETIVOS	20
3.1	Objetivo Geral	20
3.2	Objetivos Específicos	20
4	MATERIAIS E MÉTODOS	21
4.1	Amostragem	21
4.2	Análise da qualidade das gorduras	22
4.2.1	Índice de acidez	22
4.2.2	Índice de peróxidos	22
4.2.3	Dienos e trienos conjugados	23
4.3	Análise Estatística	24
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	25
5.1	Índice de Acidez	25
5.2	Índice de Peróxidos	27
5.3	Dienos e Trienos Conjugados	28
5.3.1	Dienos Conjugados	28
5.3.2	Trienos Conjugados	30
6	CONCLUSÃO	32
7	REFERÊNCIAS	33

1 INTRODUÇÃO

A fritura é um processo complexo no qual o alimento é submerso em óleo quente, que age como meio de transferência de calor, conferindo ao mesmo características sensoriais agradáveis de cor, sabor, textura e palatabilidade. Além dessas alterações positivas, também podem ocorrer reações, que modificam as qualidades funcionais e nutricionais do alimento podendo chegar a níveis em que não se consegue mais produzi-los com qualidade (MÁRQUEZ, 1990).

Durante o processo de fritura ocorre, simultaneamente, transferência de calor e massa, entre o alimento e o óleo ou gordura (RAJKUMAR; MOREIRA; BARRUFET, 2003).

O nível de alteração da composição de óleos e gorduras de fritura também depende do tempo de fritura, pois quanto mais prolongado o período de utilização maior será a degradação e, da presença da luz e metais que agem como catalisadores das reações de oxidação (SANIBAL; MANCINI, 2002).

As reações de degradação ocorrem no óleo de fritura, principalmente, devido à ação de três agentes: a umidade, a presença de oxigênio e a temperatura. Esses agentes levam às reações de hidrólise, oxidação e polimerização de óleos e gordura de fritura. Parte dos constituintes do alimento, principalmente, água, lipídios, carboidratos e proteínas são transferidos para o meio de fritura (AKOH; MIN, 1997).

As alterações físicas nos óleos e gorduras de fritura incluem: escurecimento, aumento na viscosidade e formação de espuma e a diminuição do ponto de fumaça. Quanto às alterações químicas, destacam-se: diminuição dos ácidos graxos saturados, formação de ácidos graxos livres, compostos polares, polímeros, compostos voláteis e peróxidos, que são instáveis à temperatura do processo (FENNEMA, 2000).

O óleo é um dos componentes mais críticos em um sistema de fritura. A sua degradação depende da maior ou menor presença de ácidos graxos insaturados em sua composição. Óleos vegetais que apresentam grande quantidade de ácidos graxos poliinsaturados (AGPI) são mais suscetíveis às

reações oxidativas do que os óleos e ou gorduras que possuem maior quantidade de ácidos graxos saturados (AGS) (LOLOS; OREOPOULOU; TZIA, 1999).

O tempo de aquecimento do óleo influencia na quantidade de compostos de alteração formados durante a fritura. O sistema intermitente de aquecimento das frituras descontínuas é muito mais destrutivo para os óleos e gorduras de frituras que no sistema de aquecimento contínuo. Uma das explicações atribuí este efeito ao fato de que, em elevada temperatura, as reações oxidativas ocorrem fundamentalmente na superfície de contato com o ar; enquanto durante o resfriamento, ao diminuir a velocidade das mesmas e aumentar a solubilidade do ar, favorece a entrada de ar na massa, produzindo maior quantidade de hidroperóxidos e radicais livres durante o posterior aquecimento (POZO, 1995).

O alimento também exerce efeito sobre o processo e a qualidade do óleo por meio de diversos fatores envolvidos nele: sua composição, seu tamanho e a forma como foi preparado (PÉREZ *et al.*, 1988).

Todas as alterações que ocorrem nos óleos de fritura têm sido medidas por numerosos métodos analíticos, como os tradicionais índices físicos e químicos: ácidos graxos livres, índice de peróxidos, índice de iodo, cor, ponto de fumaça, viscosidade, dienos conjugados, entre outros (LOLOS; OREOPOULOU; TZIA, 1999).

O Brasil não apresenta legislação específica que regulamente o descarte de óleos e gorduras de fritura. A Associação de Defesa do Consumidor realizou uma mobilização, junto à Agência de Vigilância Sanitária (ANVISA), para a criação de uma norma brasileira sobre utilização e descarte de óleos e gorduras de fritura, com a divulgação de um informe técnico determina que: a quantidade de ácidos graxos livres não seja superior a 0,9%; o teor de compostos polares não seja superior a 25% e, os valores de ácido alfa-linolênico (LNA) presentes no óleo/gordura não ultrapassem o limite de 2% (ANVISA, 2004).

A proposta deste trabalho é submeter às gorduras vegetais ao processo descontínuo de fritura, de um alimento de origem vegetal, avaliando a degradação dessas gorduras através da determinação dos índices de qualidade.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Características gerais dos óleos e gorduras

Os óleos e gorduras são predominantemente triésteres de ácidos graxos e glicerol, chamados triacilgliceróis (Figura 1), formados por três ácidos graxos iguais, ou geralmente diferentes, que podem ser saturados ou insaturados, sendo o último mais reativo devido às duplas ligações (LUZIA; JORGE, 2009).

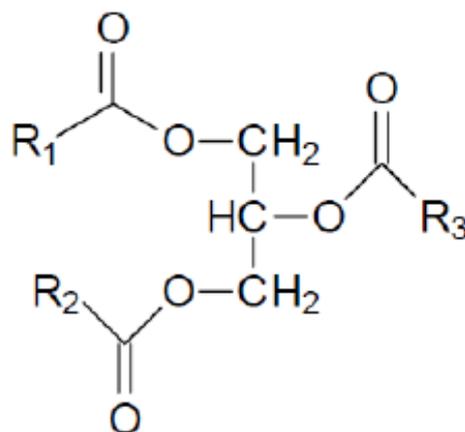


Figura 1 - Molécula de um triacilglicerol (R1, R2, R3 = são unidades de ácidos graxos, podendo ser iguais ou diferentes). (Fonte: Allinger, 1976).

A diferença entre óleos (líquidos) e gorduras (sólidas), à temperatura ambiente, reside na proporção de grupos acila saturados e insaturados presentes nos triglicerídeos, já que os ácidos graxos correspondentes representam mais de 95% do peso molecular dos seus triacilgliceróis (MORETTO; FETT, 1998).

O Conselho Nacional de Normas e Padrões para Alimentos (CNNPA, resolução nº 20/77) define a temperatura de 20°C como limite inferior para o ponto de fusão das gorduras, classificando como óleo quando o ponto de fusão situa-se abaixo de tal temperatura (VISENTAINER; FRANCO, 2006).

As gorduras animais como a banha, o sebo comestível e a manteiga, são constituídas por misturas de triacilgliceróis, que contêm um número de saturações maior do que o de insaturações, conferindo-lhes maior ponto de fusão (sólidos a 20°C) (FENNEMA, 2000).

As propriedades físicas e químicas dos óleos e gorduras que são formados dependem da sua composição em ácidos graxos que estão ligados à molécula do glicerol (CASTRO *et al.*, 2004).

Os óleos e gorduras apresentam como componentes substâncias que podem ser reunidas em duas grandes categorias: glicerídeos e não glicerídeos (MORETTO; FETT, 1998).

Os ácidos graxos presentes nos óleos e gorduras são constituídos, geralmente, por ácidos carboxílicos que contêm de 4 a 30 átomos de carbono na sua cadeia molecular e podem ser saturadas ou insaturadas. Os ácidos graxos são classificados como saturados, mono e poliinsaturados, dependendo do número de duplas ligações na sua cadeia de carbonos. Os saturados não contêm dupla ligação entre os átomos de carbono, têm o ponto de fusão mais alto e, por isso, encontram-se na forma sólida em temperatura ambiente; as maiores fontes são as gorduras animais. Os monoinsaturados contêm uma única dupla ligação e os poliinsaturados (linolênico, linoléico e araquidônico) com duas ou mais duplas ligações, apresentam ponto de fusão mais baixo e são líquidos em temperatura ambiente. Com exceção a gordura de coco, que tem 90% de saturados. E são os ácidos de cadeia média e curta os responsáveis pelo baixo ponto de fusão (LAGO *et al.*, 1997).

Os principais óleos e gorduras vegetais comercializados são: óleo de soja, canola, girassol, milho, arroz, uva, óleo ou gordura de coco de babaçu, óleo ou gordura de coco, óleo ou gordura de palma, gergelim, óleo misto ou composto, óleo vegetal saborizado e azeite saborizado, azeite de oliva e azeite de dendê (TECNOLOGIA DE OBTENÇÃO DE ÓLEOS E GORDURAS, 2012).

2.2 Hidrogenação e transesterificação

A obtenção do óleo vegetal bruto é feita por meio de métodos físicos e químicos sobre as sementes de oleaginosas usando-se um solvente como extrator e prensagem. Nesta fase, o óleo vegetal contém impurezas como ácidos graxos livres prejudiciais à qualidade e estabilidade do produto, sendo necessário remover estas impurezas, pelos processos de refino que envolve a

remoção do solvente, a degomagem, o branqueamento, a desacidificação e a desodorização (BATISTA; MONNERAT; KATO, 1999).

Óleo de soja, que é considerado impróprio para fritura, devido ao elevado teor de ácido linolênico, situando entre 2 e 13%. Analogamente, o óleo de canola, com 9,2% de ácido linolênico, também é considerado impróprio para frituras pelo mesmo motivo, recomendando-se sua substituição por gorduras hidrogenadas ou óleos vegetais com baixo teor de ácido linolênico (HUI, 1996).

A hidrogenação é muito utilizada pela indústria alimentícia para aumentar o prazo de validade de óleos ou para produzir as gorduras vegetais hidrogenadas. A diferença entre os dois processos é o grau de hidrogenação. Para estabilizar óleos, a hidrogenação é feita de forma parcial, mantendo um determinado grau de insaturação no produto final, de forma a que sua fluidez não seja comprometida e ele continue líquido a temperatura ambiente. Já para a produção de gorduras vegetais hidrogenadas, muito usadas para confecção de tortas e bolos, a hidrogenação é realizada de forma completa quando todas as duplas ligações são saturadas no processo (CARVALHO, 2008).

A hidrogenação é realizada com o intuito de modificar a composição, estrutura e consistência de um óleo. O processo de hidrogenação ocorre em tanques herméticos, onde o gás hidrogênio é intimamente misturado com o óleo na presença de 0,05 a 0,20% de catalisador níquel finamente dividido, a temperaturas superiores a 180 °C, com pressões entre 0,5 a 4 atm. No decorrer do processo, algumas das duplas ligações dos ácidos graxos são eliminadas, enquanto uma proporção significativa de duplas ligações cis é isomerizada através de conversão cis-trans e de mudança posicional ao longo da cadeia (VALENZUELA; KING; NIETO, 1995). Seu resultado é a redução do grau de insaturação do óleo e aumento de seu ponto de fusão, associado ao aumento da estabilidade oxidativa e funcionalidade das frações semi-sólidas produzidas (HUI, 1996).

No Brasil, a hidrogenação comercial de óleos vegetais data da década de 50, visando à produção de gorduras técnicas, margarinas e gorduras para frituras (MARTIN *et al.*, 2006).

Devido à crescente preocupação com o impacto nutricional dos ácidos graxos trans na saúde, a interesterificação tem-se mostrado como o principal

método para preparação de gorduras plásticas com baixos teores de isômeros trans ou mesmo ausência destes compostos (NORIZZAH *et al.*, 2004).

A interesterificação consiste em alternativa tecnológica ao processo de hidrogenação parcial, uma vez que viabiliza a produção de óleos e gorduras com funcionalidades específicas (PETRAUSKAITE *et al.*, 1998).

Existem dois tipos de interesterificação em uso corrente: química e enzimática. No processo enzimático, biocatalisadores, tais como lípases microbianas, são utilizados para promover a migração acila nas moléculas acilglicéridicas. Na interesterificação química, largamente utilizada, o catalisador empregado com maior frequência é o metóxido de sódio, embora outras bases, ácidos e metais estejam disponíveis. Alquiltos de sódio são reconhecidamente os catalisadores mais ativos, inclusive a temperaturas relativamente baixas, entre 50 e 90 °C (MARANGONI; ROUSSEAU, 1995).

No processo químico, óleos e gorduras, isentos de umidade, são aquecidos e o catalisador é adicionado em proporções apropriadas (0,1 a 0,5%), de forma a ocorrer sua rápida e completa dispersão na matéria-prima. A reação é conduzida por intervalo de tempo predeterminado e finalizada mediante a adição de água, que promove a inativação do catalisador. Fatores que podem influenciar a reação incluem intensidade de agitação, temperatura e tamanho de partícula do catalisador (SREENIVASAN, 1978).

Em contraste à hidrogenação, a transesterificação não promove a isomerização de duplas ligações dos ácidos graxos e não afeta o grau de saturação dos mesmos (HAUMANN, 1994).

2.3 Fritura por imersão

A fritura por imersão é um método muito antigo e popular de preparo de alimentos. O processo de fritura por imersão consiste em mergulhar o alimento em banho de óleo ou gordura quente que está contido num recipiente (LAWSON, 1994).

As principais características desta técnica de preparo dos alimentos são: a alta temperatura e a rápida transferência de calor. O tempo do processo depende, principalmente, da temperatura do meio de fritura e do tipo de

alimento. O contato direto, entre o meio de fritura e o alimento, faz com que este processo seja mais eficiente que o cozimento por ar quente em fornos e mais rápido que o cozimento em água (NGADI; LI; OLIKA, 2007).

No processo de fritura, as alterações físicas e químicas dos óleos e gorduras implicam na formação de compostos que podem trazer implicações nutricionais. Os principais riscos à saúde envolvidos no consumo de óleos aquecidos ou oxidados são a pré-disposição à aterosclerose e a ação mutagênica ou carcinogênica (KUBOW, 1990).

O processo de fritura desenvolve características de odor, sabor, cor e textura que tornam os alimentos mais atraentes para o consumo (CELLA; REGITANO-D'ARCE; SPOTO, 2002). Distinguem-se dois tipos de fritura de imersão: contínua e descontínua.

A fritura contínua, é normalmente utilizada pelo mercado industrial de snacks extrusados, massas fritas, pré-fritura e fritura de batatas e a fritura descontínua é empregada, principalmente, pelo mercado institucional que compreende as redes de *fast food*, restaurantes, lanchonetes, cantinas escolares e pastelarias (SANIBAL; MANCINE, 2002).

Apesar das vantagens, em se preparar os alimentos através da fritura, esse processo provoca uma série de reações complexas no meio de fritura, como a formação de substâncias que modificam as qualidades funcionais e nutricionais dos alimentos fritos (JORGE *et al.*, 2005).

No processo de fritura, os óleos são parcialmente hidrolisados para formar ácidos graxos livres, glicerol, mono e diglicerídeos e estes compostos vão se acumulando no óleo depois de repetidas frituras. Por outra parte, os óleos também sofrem oxidações com degradação dos triglicerídeos formando peróxidos, compostos polares (polímeros, dímeros, ácidos graxos livres, diglicerídios e ácidos graxos livres oxidados) (FRITSCH, 1981).

A quantidade de ácidos graxos livres, no meio de fritura, aumenta com: quantidade de água liberada pelo alimento; temperatura do processo; o número de fritura (s); quantidade de partículas queimadas oriundas do alimento que está sendo frito. Entretanto, a reposição do meio de fritura diminui a velocidade de formação dos ácidos graxos livres (LAWSON, 1994).

A má condução do processo de fritura resulta em acúmulo de produtos tóxicos, que afetam tanto a qualidade do produto como a saúde do consumidor (BILLEK, 1985).

O Brasil não dispõe de legislação específica que regulamente a fritura por imersão, existindo o Informe Técnico nº 11 de 05 outubro de 2004 da Agência Nacional de Vigilância Sanitária – ANVISA, o qual recomenda práticas de fritura adequadas visando garantir a qualidade do óleo e do produto e a RDC 216, que estabelece apenas a temperatura máxima de 180°C (ANVISA, 2004).

Durante o processo de fritura, muitos compostos formados pela oxidação de óleos ou gorduras, evaporam, sofrem decomposição ou reagem com componentes dos alimentos (SEBEDIO; PREVOST; GRANDIRARD, 1987).

O intervalo de temperatura do óleo ou gordura, durante o processo de fritura deve ser entre 163-191°C. A Agência de Vigilância Sanitária (ANVISA, 2004) indica a utilização de uma temperatura de 180°C. Além da temperatura e do grau de insaturação dos ácidos graxos, outros fatores podem favorecer a reação de oxidação do meio de fritura, como: presença de metais, ausência de antioxidantes e área superficial entre o meio de fritura e oxigênio.

O efeito da relação existente entre a superfície da fritadeira e o volume do óleo é outro parâmetro importante. Quanto maior a superfície do óleo em contato com o ar, maior a taxa de reações de alteração (JORGE et al., 2005). A adição de óleo novo para completar o volume da fritadeira e compensar o que foi absorvido pelo alimento frito é uma prática comum, mas nesse caso o óleo novo se deteriora mais rapidamente pelo efeito catalítico dos produtos de degradação presentes no óleo usado (HELLÍN; CLAUSSEL, 1984).

Durante o aquecimento do óleo no processo de fritura uma complexa série de reações produz inúmeros compostos de degradação. Com o decorrer das reações, as qualidades funcionais, sensoriais e nutricionais se modificam e pode-se chegar a níveis em que não se consegue mais produzir alimentos de qualidade (ANS; MATTOS; JORGE, 1999).

Quando o alimento é submerso no óleo quente em presença de ar, o óleo é exposto a três agentes que causam mudanças em sua estrutura: água proveniente do próprio alimento, que leva a alterações hidrolíticas, oxigênio que entra em contato com o óleo a partir de sua superfície levando alterações

oxidativas e, finalmente, a temperatura em que o processo ocorre, resultando em alterações térmicas (MORETTO; FETT, 1998).

As principais formas de deterioração são a hidrólise, oxidação e polimerização. A hidrólise envolve a quebra de ligações éster no glicerídeo com formação de ácidos graxos livres, monoglicerídeos, diglicerídeos e glicerol (PINTO *et al.*, 2003).

A oxidação é a principal causa de deterioração, provocando alterações do sabor, textura, aroma e da cor nos alimentos, ocasionando perda do valor nutricional e gerando toxicidade. Pode ocorrer ainda à polimerização, que ocorre quando duas ou mais moléculas de ácidos graxos combinam-se devido às alterações do processo de oxidação e às altas temperaturas (FENNEMA, 2000).

A perda da estabilidade oxidativa de um óleo se deve às reações de oxidação dos lipídios. A oxidação é um processo degradativo que ocorre quando o oxigênio atmosférico ou aquele que está dissolvido no óleo, reage com ácidos graxos insaturados. As reações químicas envolvidas no processo de oxidação dos óleos são muito complexas gerando, em seus estágios mais avançados, produtos sensorialmente inaceitáveis (LIMA; GONÇALVES, 1995).

O processo de oxidação pode ser acelerado através da presença de contaminantes, tais como: metais que apresentam mais de um estado de valência (cobalto, cobre, ferro, manganês e níquel), encontrados na maioria dos óleos comestíveis, originários da própria terra, onde suas sementes foram cultivadas ou através de equipamentos utilizados no processo de refino, de estocagem ou de cocção (NAWAR, 1996).

A oxidação de ácidos graxos pode ser descrita por três etapas: iniciação, propagação e terminação. Na fase de iniciação, o ácido graxo insaturado forma um radical, através da abstração de um átomo de hidrogênio de sua molécula, que reage rapidamente com o oxigênio singlete ($^1\text{O}_2$) formando um radical peróxido (MARIUTTI; BRAGAGNOLO, 2007). Na fase de propagação, uma vez formado o radical, inicia-se a reação com o oxigênio para formar um radical peróxido. Esses radicais são extremamente reativos e podem retirar átomos de hidrogênio de outros lipídios insaturados e, dessa maneira, propagar a reação de oxidação. Essa etapa caracteriza-se pela reação em cadeia de radicais, pelo alto consumo de oxigênio, pelo alto teor de peróxidos e pelo início de

alterações de aroma e sabor (RIBEIRO; SERAVALLI, 2007). Na fase de término, dois radicais combinam-se, com a formação de produtos estáveis, que são produtos secundários de oxidação, obtidos por cisão e rearranjo dos peróxidos (époxydos, compostos voláteis e não voláteis) (RAMALHO; JORGE, 2006).

A formação de hidroperóxidos e dienos conjugados está relacionada à diminuição da concentração de tocoferóis (um antioxidante natural) (DEIANA et al., 2002). Logo, a formação de hidroperóxidos e dienos conjugados, alvos fáceis de ataques por radicais livres, formados sob altas temperaturas, deterioram o óleo, tornando-o impróprio para o consumo (BRENES *et al.*, 2002).

3 OBJETIVOS

3.1 Objetivo Geral

Avaliar a oxidação das gorduras vegetais *TRI FRY 30* (óleo de algodão), *TRI FRY 40* (óleo de soja) e *TRI PALMA MULTI* (gordura de palma) durante o processo de fritura descontínua de mandioca palito congelada.

3.2 Objetivos Específicos

- Realizar separadamente, o processo de fritura descontínuo da mandioca palito nas diferentes gorduras por um período de cinco dias consecutivos.
- Determinar os índices de acidez, peróxidos e o teor de dienos e trienos conjugados nas gorduras utilizadas nas frituras.

4 MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 Amostragem

Para os ensaios de fritura descontínua de mandioca palito congelada, in natura, utilizou-se as gorduras vegetais elaboradas através da hidrogenação parcial de óleos vegetais, sendo óleo de algodão (Tri Fry 30), soja (Tri Fry 40) e (Tri Palma Multi) óleo extraído do fruto da palmeira *Elaeis Guineensis* por métodos físicos sem uso de solventes e submetido a processo de refino. Estas foram fornecidas por uma indústria de alimentos localizada no interior do estado de São Paulo.

A mandioca palito congelada para o processo de fritura foi adquirida em estabelecimento comercial na cidade de Campo Mourão - PR. Os reagentes, indicadores bem como os equipamentos para as análises são provenientes da própria universidade. A aquisição, preparação do material e realização das análises foram realizadas no período de novembro de 2013 a março de 2014.

O processo de fritura foi realizado em ambiente doméstico em uma fritadeira elétrica com capacidade total de 2,5 L. Aqueceu-se a gordura até a temperatura de 180°C, monitorando-se o tempo de aquecimento com o auxílio de um termômetro além do próprio termostato da fritadeira.

Após o aquecimento adicionou-se aproximadamente 200 g de mandioca palito que foi frita pelo tempo recomendado na embalagem de 10 minutos. Esse procedimento de fritura aconteceu duas vezes ao dia, sendo um no período da manhã e o outro à noite. Antes de cada etapa de fritura o volume de gordura era completado. Após a fritura e resfriamento da gordura coletava-se, em recipiente plástico, aproximadamente 50 mL de gordura, sendo esta depois acondicionada em freezer a -18°C até a realização das análises.

Foi realizado um total de 10 frituras, para cada uma das gorduras especificadas anteriormente, no entanto, somente as gorduras coletadas das frituras 0, 2, 4, 6, 8 e 10 foram analisadas em triplicatas e os resultados expressos como média e desvio padrão.

4.2 Análise da qualidade das gorduras

4.2.1 Índice de acidez

O índice de acidez (IA) foi determinado conforme o método proposto pelo Manual de Normas do Instituto Adolf Lutz (2008) e calculado de acordo com a Equação 1. Foram pesados em um erlenmeyer, aproximadamente 2,0 g de gordura, adicionados 25 mL de uma solução de éter-álcool etílico (2:1) e agitado. Em seguida foram adicionadas 2 gotas do indicador fenolftaleína. Realizou-se a titulação com solução de hidróxido de sódio 0,01 mol/L, até o aparecimento da coloração rosa.

$$IA \text{ (mg de KOH/g)} = V \times fc \times C \times 5,61 / m \quad (1)$$

Onde:

V = volume de NaOH (mL);

fc = fator de correção;

C = concentração de NaOH (mol/L);

m = massa da amostra (g).

5,61 = massa molar do KOH

4.2.2 Índice de peróxidos

Para a determinação do índice de peróxido (IP) das amostras foi empregado o método titulométrico e como solução titulante o tiosulfato de sódio 0,01 mol/L, conforme a metodologia proposta pelo Manual de Normas do Instituto Adolf Lutz (2008) e calculado de acordo com a Equação 2. Foram pesados em um erlenmeyer, aproximadamente 5,0 g de gordura, adicionados 30 mL da solução ácido acético-clorofórmio 3:2 e agitados até a dissolução da amostra. Acrescentou-se 0,5 mL da solução saturada de iodeto de potássio, a qual permaneceu em repouso ao abrigo da luz por um minuto e em seguida acrescentados 30 mL de água destilada. Procedeu-se a titulação com uma solução de tiosulfato de sódio 0,01 eq/L até o clareamento da coloração amarela. Adicionou-se 0,5 mL de solução de amido a 1% e deu prosseguimento à titulação até o desaparecimento da coloração azul.

$$IP \text{ (meq O}_2\text{/kg)} = (A - B) \times N \times f \times 1000 / m \quad (2)$$

Onde:

A = volume, em mL, da solução de tiosulfato de sódio gasto na titulação da amostra;

B = volume, em mL, da solução de tiosulfato de sódio gasto na titulação do branco;

N = concentração normal da solução de tiosulfato de sódio (eq/L);

f = fator da solução de tiosulfato de sódio;

m = massa, em gramas, da amostra.

4.2.3 Dienos e trienos conjugados

A análise espectrofotométrica das gorduras para determinação de quantidade de dienos e trienos conjugados foi realizada conforme o método do Manual de Normas do Instituto Adolf Lutz (2008). Foi pesado, diretamente em balão volumétrico de 50 mL, aproximadamente, 0,1 g de gordura, a qual foi dissolvida em ciclohexano, grau espectrofotométrico. A solução foi adicionada numa cubeta de quartzo, com 1 cm de caminho ótico e, então determinadas as absorvâncias a 232 nm e 270 nm. Os resultados foram calculados de acordo com a Equação (3), e expressos em porcentagem.

$$E_{1cm}^{1\%} = \frac{A\lambda}{(c \times l)} \quad (3)$$

Onde:

$E_{1cm}^{1\%}$ = extinção específica no comprimento de onda λ ;

$A\lambda$ = absorvância medida no comprimento de onda λ ;

c = concentração da solução, em g/100 mL;

l = caminho ótico da cubeta, em cm.

4.3 Análise Estatística

Os resultados foram submetidos ao teste estatístico de análise de variância (ANOVA) e pelo Teste de Tukey, com nível de 5% de significância. O programa usado foi o Statistica 7.0 (StaSoft, USA, 2005).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Índice de Acidez

No Quadro 1 estão dispostos os tipos de gorduras vegetais empregada na pesquisa, o número de frituras e o índice de acidez titulável das gorduras de fritura.

Quadro 1: Índice de acidez (mg KOH/g) nas gorduras em função do número de frituras

Número de frituras	Índice de acidez (mg KOH/g)		
	Gorduras		
	Gordura de soja	Gordura de palma	Gordura de algodão
0	3,092 ^{ca} ±0,496	2,164 ^{ca} ±0,387	2,166 ^{da} ±0,144
1	3,112 ^{ca} ±0,246	2,677 ^{bcA} ±0,384	2,761 ^{ca} ±0,145
2	3,266 ^{bcA} ±0,142	3,019 ^{abA} ±0,142	3,021 ^{bcA} ±0,138
4	3,452 ^{ba} ±0,137	3,108 ^{abA} ±0,245	3,193 ^{abA} ±0,137
6	3,703 ^{abA} ±0,280	3,201 ^{abB} ±0,143	3,200 ^{abB} ±0,137
8	3,887 ^{abA} ±0,492	3,533 ^{aA} ±0,140	3,539 ^{aA} ±0,141
10	4,502 ^{aA} ±0,132	3,373 ^{abB} ±0,2468	3,473 ^{abB} ± 0,158

Média ± desvio padrão das triplicatas. Letras iguais minúsculas na mesma coluna e maiúsculas na mesma linha indicam que, não diferem pelo teste de Tukey ao nível de 5%.

O índice de acidez é uma importante avaliação do estado de conservação do óleo e está relacionada com a natureza e qualidade de óleos e gorduras (STEVENSON *et al.*, 1984).

De acordo com o Quadro 1 verificou-se um aumento no IA em todas as gorduras avaliadas com o aumento do número de frituras, com diferenças significativas ($p < 0,05$) para alguns tempos e entre as gorduras.

O aumento no IA, com diferença significativa ($p < 0,05$) entre os resultados, pode ser atribuído ao desenvolvimento de reações hidrolíticas, que são aceleradas pelo aquecimento, presença de água no alimento que está sendo frito, quantidade de partículas queimadas provenientes do alimento e acumuladas no recipiente (SAGUY; DANA, 2003; FIRESTONE *et al.*, 1991).

Os menores valores de IA foram 3,092; 2,164 e 2,166 mg KOH/g sem diferença significativa para as gorduras originais (fritura 0) de soja, palma e algodão, respectivamente.

Avaliando a variação do IA com o número de frituras para a gordura de soja, verifica-se que não ocorreu alteração até a fritura 4 e atingiu o máximo na fritura 10 de 4,5021 mg KOH/g. Para a gordura de palma as amostras que não apresentaram diferença significativa ($p < 0,05\%$) foram as da fritura de número 2, 4, 6, 8 e 10. Já para a gordura de algodão as amostras que não diferiram entre si ($p < 0,05$) foram as da fritura de número 4, 6, 8 e 10, sendo o índice de acidez máximo de 3,473 mg KOH/g atingido na fritura 10.

Os maiores índices de acidez foram verificados na gordura de soja e são provenientes ao fato desta possuir segundo (GUNSTONE, 1996) menores quantidade de ácidos graxos monoinsaturados (24%) quando comparada a da gordura de palma (40%).

De acordo com Lolos; Oreopoulou; Tzia (1999) os óleos vegetais que possuem grande quantidade de ácidos graxos poliinsaturados estão mais sujeitos à oxidação que óleos que possuem maior quantidade de ácidos graxos saturados.

Dentre as gorduras estudadas, verificou-se que ao longo do número de frituras, a de palma apresentou os menores valores de IA atingindo o máximo de 3,373 mg KOH/g, semelhante ao encontrado para a gordura de algodão.

Ao longo do tempo de fritura verificou-se que a estabilidade oxidativa da gordura de palma cuja composição compreende 50% de ácidos graxos saturados, 40% de mono-insaturados e 10% de poli-insaturados (SAMBANTHAMURTHI; SUDRAM; TAN, 2000), foi superior à das gorduras de algodão e soja. De acordo com Solomons (2002), óleo de algodão é composto de aproximadamente 1-2% é de ácido graxo mirístico, 18-25% de palmítico, 1-25% de esteárico, 1-2 de palmitoléico, 17-38% de oléico e 45-55% de linoleico. Já o óleo de soja 61% ácidos graxos poliinsaturados, 24% monoinsaturados e 15% de saturados (GUNSTONE, 1996). Os ácidos graxos insaturados são mais suscetíveis ao processo de oxidação durante o processo de aquecimento, o que justifica maiores valores nos índices de acidez dos óleos se soja e algodão quando comparados ao de palma.

5.2 Índice de Peróxidos

O índice de peróxidos é um método químico utilizado para avaliar a formação de hidroperóxidos, que são os produtos primários da oxidação.

Os peróxidos são os primeiros produtos formados da oxidação de óleos insaturados. Porém na deterioração do sabor, os peróxidos não são importantes, mas sim os produtos originados de sua decomposição, como aldeídos, alcoóis, hidrocarbonetos e ácidos (ARAÚJO, 2008). O Quadro 2 apresenta os resultados médios encontrados para o índice de peróxidos nas gorduras estudadas em função do número de frituras.

Quadro 2: Índice de peróxidos (meq/kg) nas gorduras em função do número de frituras

Número de frituras	Índice de peróxidos (meq O ₂ /kg)		
	Gorduras		
	Gordura de soja	Gordura de palma	Gordura de algodão
0	0,865 ^{cdA} ±0,281	0,620 ^{ca} ±0,107	0,804 ^{ba} ±0,281
1	1,052 ^{cdA} ±0,106	0,868 ^{bcA} ±0,107	0,868 ^{ba} ±0,106
2	1,425 ^{bcdA} ±0,211	1,363 ^{abA} ±0,281	1,178 ^{aba} ±0,281
4	1,488 ^{bcA} ±0,183	1,425 ^{aa} ±0,282	1,363 ^{abA} ±0,281
6	1,671 ^{abA} ±0,184	1,488 ^{aa} ±0,184	1,550 ^{aa} ±0,281
8	1,86 ^{abA} ±0,183	1,427 ^{ab} ±0,106	1,734 ^{abB} ±0,106
10	2,170 ^{aa} ±0,281	1,426 ^{ab} ±0,106	1,613 ^{ab} ±0,106

Média ± desvio padrão das triplicatas. Letras iguais minúsculas na mesma coluna e maiúsculas na mesma linha indicam que, não diferem pelo teste de Tukey ao nível de 5% entre os resultados.

A determinação de peróxido para a gordura de soja apresentou um constante aumento evidenciando o comportamento citado por (MASSON *et al.*, 1997), atingindo o máximo 2,170 meq O₂/kg na fritura 10. Enquanto que para as gorduras de palma e algodão o máximo foi de 1,488 meq O₂/kg e 1,734 meq O₂/kg para as frituras 6 e 8, respectivamente.

A formação de peróxidos durante o processo de fritura está diretamente relacionada à composição dos ácidos graxos do óleo. Os ácidos graxos saturados são mais estáveis que os insaturados, considerando que o óleo de soja apresenta 15% de ácidos graxos saturados, o de algodão contém 35% e o

de palma 50% (ZAMBIAZI, 1999) justifica maiores valores de índice de peróxidos no óleo de soja.

Segundo Ordóñez *et al* (2005) no início da reação, acumulam-se os peróxidos, mas dada sua natureza instável, vão se decompondo, e, por isso, seu conteúdo final acaba por diminuir. Fato esse evidenciado para as gorduras de palma e algodão apresentaram um comportamento instável ao longo dos tempos de fritura, oscilando entre um aumento com uma posterior diminuição.

De acordo com os resultados apresentados no Quadro 2 para o índice de peróxidos, nota-se que os valores das amostras encontram-se dentro das margens permitidas pelas normas que regulamentam a adequação de um óleo para o consumo no Brasil que estabelece 10 meq O₂/kg para o índice de peróxido (ANVISA, 2005).

Óleos ou gorduras absorvidos pelos alimentos durante a fritura devem ser repostos, pois a diminuição do volume do meio de fritura é danosa à qualidade. Com a redução do volume, a relação entre superfície e volume é aumentada, acarretando crescimento da taxa de degradações (JORGE, 2005) apesar de que também ocorre o efeito catalítico dos produtos de degradação com a reposição do óleo. (HELLÍN; CLAUSSEL, 1984).

A reposição é uma técnica necessária para restituir a gordura absorvida pelo alimento, porém quando completa-se a capacidade da fritadeira com gordura original (nova) faz com que se tenha uma diluição dos compostos de degradação podendo isso também alterar os valores dos índices determinados.

5.3 Dienes e Trienos Conjugados

5.3.1 Dienes Conjugados

Quando os AGI, constituintes dos óleos e gorduras, são oxidados, há a formação de hidroperóxidos e as duplas ligações se tornam conjugadas. O mecanismo envolve a subtração do hidrogênio alicíclico, seguida pela migração da dupla ligação, resultando em dienos conjugados (DC), os quais demonstram uma absorção intensa a 232 nm. Da mesma forma, os trienos conjugados (TC), demonstram uma absorção a 268 nm e 270 nm. O aumento da absorção na

região do ultravioleta é proporcional à absorção de oxigênio e formação de hidroperóxidos durante os estágios iniciais de oxidação (KULAS; ACKMAN, 2001).

As ligações duplas conjugadas são formadas com rapidez em ácidos graxos poliinsaturados após a abstração do hidrogênio na etapa de iniciação. A medida de dienos conjugados pode ser útil para sistemas de óleos simples, entretanto costuma ser ineficaz em alimentos complexos. Nos quais muitos compostos existentes também absorvem em comprimentos de onda similares e, por isso, causam interferência (DAMODARAM; PARKIN; FENNEMA, 2010).

A Figura 2 corresponde a porcentagem de dienos conjugados nas gorduras de soja, palma e algodão.

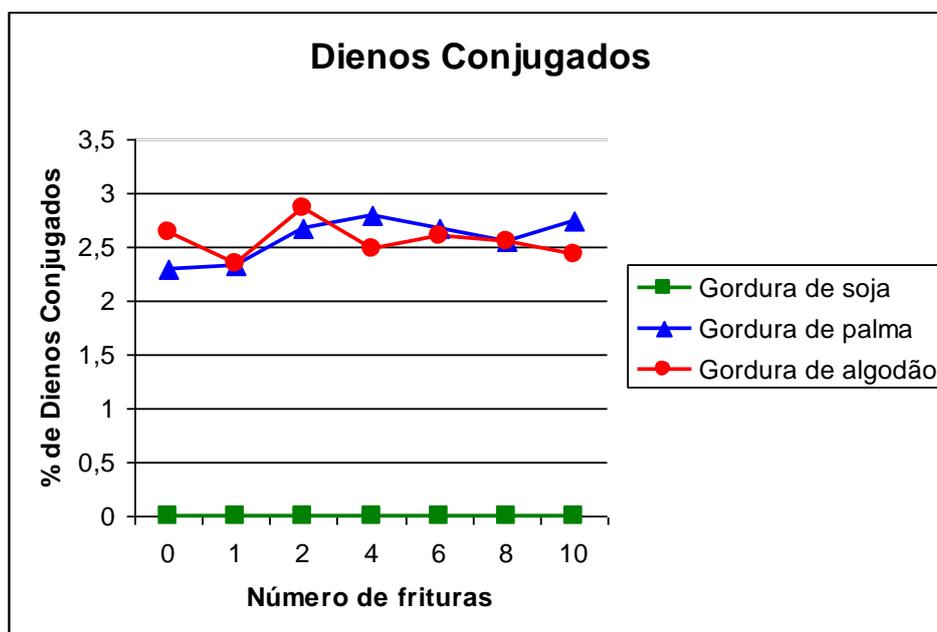


Figura 2 Porcentagem de dienos conjugados das gorduras de soja, palma e algodão.

De acordo com a Figura 2, observa-se para as gorduras iniciais, uma maior porcentagem de dienos conjugados para a gordura de algodão (2,64%), seguida da de palma (2,29%), já o óleo de soja não foi observada nenhuma absorbância. A maior porcentagem de dienos conjugados para a gordura de palma ocorreu na fritura de número 10 (2,75%) e a menor na fritura 0 (2,29%).

A gordura de algodão obteve a maior porcentagem de dienos conjugados na fritura 2 (2,86%), e a menor porcentagem foi correspondente a fritura 1 (2,35%).

Ao analisar os resultados de dienos conjugados obtidos no presente trabalho, observou-se que para as gorduras de palma e algodão a porcentagem de dienos conjugados aumentou após o aquecimento dos óleos. Verificou-se, ainda, que os valores de dienos apresentaram pequenas variações dentre as gorduras de palma e algodão.

Os valores encontrados no presente estudo foram semelhantes aos descritos por diversos autores (CELLA; REGITANO-D'ARCE; SPOTO, 2002), (DEL RÉ, 2003), (MASSON *et al.*, 1997) ao estudarem o comportamento de óleos vegetais como algodão e palma em frituras descontínuas, nos quais observaram que a formação de dienos conjugados foi crescente durante o aumento do tempo de aquecimento.

5.3.2 Trienos Conjugados

Segundo Cella; Reginato-d'arce; Spoto (2002) o acompanhamento dos espectros de absorção na faixa do ultravioleta das amostras de óleo fornece uma boa indicação das alterações que ocorrem durante o processo oxidativo, visto que o índice de peróxidos não reflete o aumento da degradação do óleo com o tempo de fritura. Por serem instáveis, os peróxidos são rapidamente formados e quebrados em moléculas menores, como aldeídos e cetonas. Porém, os dienos e trienos conjugados que se formam concomitantemente, permanecem no óleo de fritura.

Os produtos secundários (aldeídos, cetonas, hidrocarbonetos, hidroxiácidos, polímeros), apresentam um máximo de absorção a 272 nm. Esta diferença permite diferenciar estados de evolução oxidativa, sendo que quanto maior o valor da absorbância a 272nm, maior será o teor de produtos secundários presentes (LUZIA; JORGE, 2009). A Figura 3 corresponde a porcentagem de trienos conjugados nas gorduras de soja, palma e algodão.

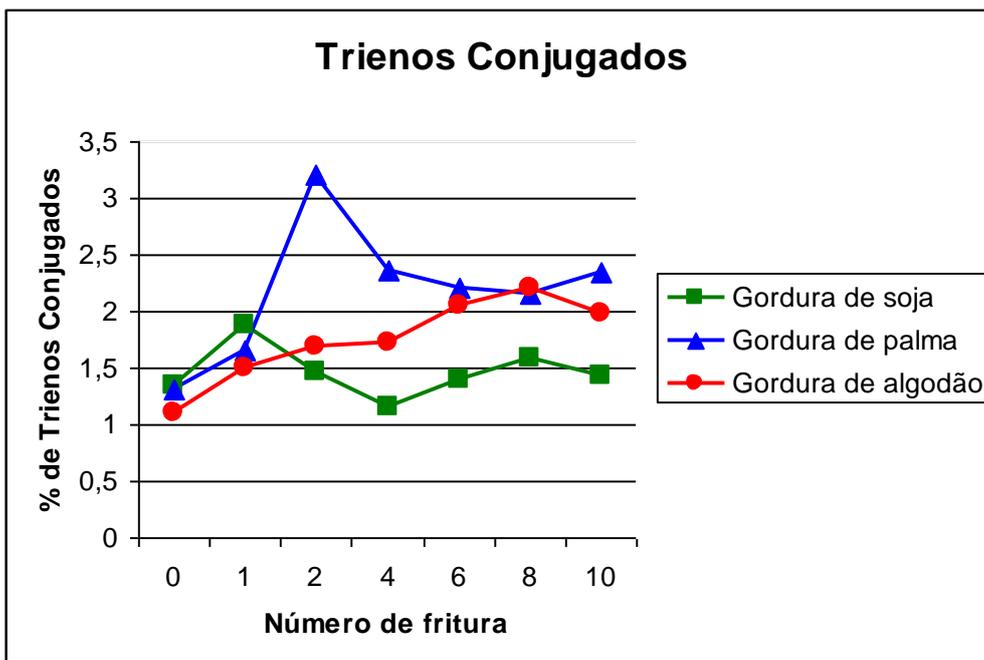


Figura 3: Porcentagem de trienos conjugados das gorduras de soja, palma e algodão.

De acordo com a Figura 3, observa-se para as gorduras iniciais, uma maior porcentagem no teor de trienos conjugados para a gordura de soja (1,34%) e palma (1,31%) respectivamente.

Os maiores valores para trienos conjugados foram observados na fritura de número 1 para a gordura de soja (1,88), 2 para gordura de palma (3,21%) e 6 para a gordura de algodão (2,05%).

6 CONCLUSÃO

O processo de fritura acelerou a reação de oxidação nos óleos de palma, algodão e soja, evidenciada pelo aumento nos índices determinados.

Dentre as gorduras estudadas, a de palma apresentou menores valores para os índices de acidez e peróxidos em quase todos os números de frituras, resultado este, que pode ser atribuído ao seu maior grau de saturação.

A gordura de soja apresentou valores médios de acidez e peróxidos maiores que a gordura de algodão e palma, resultado este, que pode ser atribuído ao seu maior grau de insaturação.

7 REFERÊNCIAS

AKOH, C. C.; MIN, D. B. **Food Lipids: Chemistry, Nutrition, and Biotechnology**. New York: Marcel Dekker, p. 167-178, 1997.

ALLINGER, N. L.; CAVA, M. P.; de Jongh, D. C.; JONSHSON, C. R.; LEBEL, N. A.; STEVENS, C. L. **Química Orgânica**. Rio de Janeiro: Guanabara, 1976.

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

ANVISA - Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Informe Técnico nº. 11 de 05 de outubro de 2004. Dispõe sobre Boas Práticas de Fabricação para utilização e descarte de óleos utilizados em frituras. Disponível em: http://www.anvisa.gov.br/alimento/informes/11_051004.htm. Acesso em 16 Maio 2014.

ANVISA. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC nº 216, de 15 de setembro de 2004. Dispõe sobre Regulamento Técnico de Boas Práticas para Serviços de Alimentação. Disponível em: http://elegis.bvs.br/leisref/public/showAct.php?mode=PRINT_VERSION&id=12546. Acesso em: 16 Maio 2014.

ANVISA - Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução de Diretoria Colegiada - RDC nº. 270, de 22 de setembro de 2005, que aprova o Regulamento Técnico para óleos vegetais, gorduras vegetais e creme vegetal. Disponível em: <http://e-legis.anvisa.gov.br/leisref/public/showAct.php?id=18829&word>. Acesso em 25 Abril 2014.

ARAÚJO, J. M. A. **Química de alimentos: teoria e prática**. 4. ed. atual. e ampl. Viçosa: UFV- Universidade Federal de Viçosa, 2008.

BATISTA, E.; MONNERAT, S.; KATO, K. **Liquid-Liquid Equilibrium for Systems of Canola Oil, Oleic Acid, and Short - Chain Alcohols**. J. Chem.Eng., p. 1360-1364, 1999.

BILLEK, G. **Health aspects of thermoxidized oils and fats**. Eur J Lipid Sci Technol, p. 587-593, 1985.

BRENES, M.; GARCÍA, A.; DOBARGANES, M. C.; VELASCO, J.; ROMERO, C. **Influence of Thermal Treatments Simulating Cooking Processes on the Polyphenol Content in Virgin Olive Oil**. Journal of Science of Food and Agriculture, 2002.

CARVALHO, M. S.; Dissertação de Mestrado, Universidade de Brasília, 2008.

CASTRO, H. F.; MENDES, A. A.; SANTOS, J. C.; AGUIAR, C. **Modificação de Óleos e Gorduras por Biotransformação**. Química Nova, p. 146-156, 2004.

CELLA, R. C. F.; REGITANO-D' ARCE, A. B.; SPOTO, M. H. F. **Comportamento do óleo de soja refinado utilizado em fritura por imersão com alimentos de origem vegetal.** Ciência e Tecnologia de Alimentos, Campinas, p. 111-116, 2002.

DAMODARAM, S.; PARKIN, K. L.; FENNEMA, O. R. **Química de Alimentos de Fennema.** 4. ed. Artmed, 2010.

DEIANA, M. R. A.; CAO, C. F.; PIRISI, F. M.; BANDINO, G.; DESSE, M. A. **Novel Approach to Study Oxidative Stability of Extra Virgin Olive Oils: Importance of Tocopherol Concentration.** J Agric Food Chem, p. 4342-4346, 2002.

DEL RÉ, P. V. **Comportamento de óleos vegetais em frituras descontínuas de produtos pré-fritos congelados.** Dissertação (Mestrado em Engenharia e Ciência de Alimentos) - Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, São José do Rio Preto, 2003.

FENNEMA, O. R. **Química de los Alimentos.** 2. ed. Zaragoza: Acribia, 2000.

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

FRITSCH, C. W. **Measurements of frying fat deterioration: A Brief Review.** JAOCS, p. 272-274, 1981.

GUNSTONE, F. D.; **Fatty acid and lipid chemistry,** Chapman & Hall: London, 1996.

HAUMANN, B. F. Inform, 1994.

HELLÍN, L. C.; CLAUSSEL, M. P. R. **Incidencia de La fritura en la composition de fraccion lipidica de diversos aperitivos de consumo generalizado en nuestropais.** I. Transformaciones de los aceites durante la fritura. Anal. Bromat., v. 36, n. 1, p. 5-31, 1984.

HUI, Y. H. **Bailey's industrial oil and fat products.** New York: John Wiley & Sons, p. 708, 1996.

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

KUBOW, S. **Toxicity of dietary lipid peroxidation products.** Trends Food Sci. Technol., Cambridge, p. 67-71, 1990.

KULAS, E.; ACKMAN, R.G. **Different tocopherols and the relationship between two methods for determination of primary oxidation products in fish oil.** Journal of Agricultural and Food Chemistry, 49 (4), p. 1724-1729, 2001.

LAGO, R. C. A., e t a l. **Técnicas Cromatográficas aplicadas à análise e identificação de óleos e gorduras**. Rio de Janeiro: Embrapa, 1997.

LAWSON, H.(1994). **Aceites y grasas alimentarios**: Tecnología, utilización y nutrición. Zaragoza: Acribia, p. 67-93, 1994.

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

LOLOS, M.; OREOPOULOU, V.; TZIA, C. **Oxidative stability of potato chips: effect of frying oil type, temperature and oxidants**. Journal of Science of Food and Agriculture, p. 1524-1528, 1999.

LUZIA, D. M. M.; JORGE, N. **Atividade antioxidante do extrato de sementes de limão (*Citrus limon*) adicionado ao óleo de soja em teste de estocagem acelerada**. Química Nova, v.32, n.4, p.946-949, 2009.

MANUAL DE NORMAS DO INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Métodos químicos e físicos para análise de alimentos**. 4. ed. São Paulo: IMESP, 2008.

MARANGONI, A. G.; ROUSSEAU, D.; Trends Food Sci. Technol. 1995.

MARIUTTI, L. R. B.; BRAGAGNOLO, N. **Revisão: Antioxidantes Naturais da Família Lamiaceae. Aplicação em Produtos Alimentícios**. Braz. J. Food Technol., v.10n.2, p.96-103, 2007.

MÁRQUEZ, R. G., et al. **Evaluación nutricional de grasas termoxidadas y de frituras**. Grasas y Aceites, Sevilla, p. 432-439, 1990.

MARTIN. C. A.; VISENTAINER. J. V.; de OLIVEIRA. C. C.; MATSUSHITA. M.; de SOUZA. N. E. **Trans polyunsaturated fatty acids contents in Brazilian refined soybean oil**. *Analytical Sciences*, 22 (4), p. 631-633, 2006.

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

MORETTO, E; FETT, R. **Tecnologia de Óleos e Gorduras vegetais na Indústria de Alimentos**. São Paulo: Livraria Varela, 1998.

NAWAR, W.W. **Lipids**. In: Food Chemistry, New York, 1996.

NGADI, M.; LI, Y.; OLIKA, S. **Quality changes in chicken nuggets fried in oils with different degrees of hydrogenation**. LWT - Food Science and Technology, 40 (10), p. 1784-1791, 2007.

NORIZZAH, A. R.; CHONG, C. L.; CHEOW, C. S.; ZALIHA, O. **Regulation of frying fats and oils**. Journal of Science of Food and Agriculture , 2004.

ORDONEZ , J. A.; RODRIGUEZ, M. I.; ALVARES, L.; SANZ, M. L. **Tecnologia de alimentos**. V. 1, Porto Alegre: Artmed, 2005.

PÉREZ, C. M. C., et al. **Alteración de grasas usadas en fritura. II. Variables que influyen en el proceso en continuo y análisis real en freidoras industriales**. Grasas y Aceites, Sevilla, p. 39-43, 1988.

PETRAUSKAITE, V.; DE GREYT, W.; KELLENS, M.; HUYGHEBAERT, A.; **Journal of Science of Food and Agriculture**, p. 475-479, 1998.

PINTO, E. P.; BORGES, C D.; TEIXEIRA, A. M.; ZAMBIANI, R. C. **Características da Batata Frita em Óleos com Diferentes Graus de Insaturação**. B. CEPPA, Curitiba, p. 293-302, 2003.

POZO, D. R. M. **Estudio del proceso de fritura de alimentos frescos y congelados prefritos. Comportamiento del aceite de semilla de girasol de alto contenido en ácido oleico**. Tese (doutorado em Farmacia). Facultad de Farmacia. Universidad de Alcalá de Henares, Alcalá de Henares, 1995.

RAJKUMAR, V.; MOREIRA, R.; BARRUFET, M. **Modeling the structural changes of tortilla chips during frying**. Journal of Food Engineering, p.167-175, 2003.

RAMALHO, V. C.; JORGE, N. **Antioxidantes utilizados em óleos, gorduras e alimentos gordurosos**. Química Nova, v.29, n.4, p.755-760, 2006.

RIBEIRO, E. P.; SERAVALLI, E. A. G. **Química de alimentos**. 2. ed. rev. São Paulo, SP: Instituto Mauá de Tecnologia, Blucher, 2007.

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

SAMBANTHAMURTHI, R.; SUDRAM, K.; TAN, Y. Chemistry and biochemistry of palm oil. **Progress in Lipid Research**, 2000.

SANIBAL, E. A. A.; MANCINE, F. J. **Alterações Físicas, Químicas e Nutricionais de Óleos Submetidos ao Processo de Fritura**. Caderno de Tecnologia de Alimentos & Bebidas, 2002.

SEBEDIO, J. L.; PREVOST, J.; GRANDGIRARD, A. **Heat treatment of vegetable oils. II. GC-MS and GC-FTIR spectra of some isolated cyclic fatty acid monomers**. Journal of the American Oil Chemists' Society, p. 1324-1333, 1987.

SOLOMONS, T. W. **Química Orgânica 2**, 7. ed. LTC, Rio de Janeiro, 2002.

SREENIVASAN, B.; J. Am. Oil Chem. Soc, p.55, 1978.

StaSoft, (2005). Statistica 7.0 software, Tucksas, USA.

STEVENSON, S. G. et al. **Quality control in the use of deep frying oils.** J. Am. Oil Chem. Soc., Chicago, v. 61, n. 6, p. 1102-1108, 1984.

TECNOLOGIA DE OBTENÇÃO DE ÓLEOS E GORDURAS. Disponível em: <http://www.fag.edu.br/professores/amartins/Tecnologia%20de%20Alimentos/TECNOLOGIA%20DE%20OBTEN%20C7%20C3O%20DE%20%20D3LEO%20E%20GORDURAS.doc>. Acesso em 27 Maio 2014.

VALENZUELA, A.; KING, J.; NIETO, S.; Grasas y Aceites, p.369, 1995.

VISENTAINER, J. V.; FRANCO, M. R. B. **Ácidos graxos em óleos e gorduras: Identificação e quantificação.** São Paulo: Varela, p.11-17; 99-119, 2006.

ZAMBIAZI, RZ. **Oxidation reactions of vegetable oils and fats.** Revista da Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia de Alimentos. 1999.