

FACULDADE CAMPO LIMPO PAULISTA
BACHARELADO EM QUÍMICA

Trabalho de Conclusão de Curso

Bruno Eduardo da Veiga Augusto

RA 0511774

**Mecanismos de Ação dos
Antioxidantes em Alimentos**

Campo Limpo Paulista - SP
2012

Bruno Eduardo da Veiga Augusto

Mecanismos de Ação dos Antioxidantes em Alimentos

Trabalho de conclusão de curso apresentado à Faculdade Campo Limpo Paulista para conclusão do curso de bacharelado em Química sob orientação da Profa. Maria do Carmo Guedes

Campo Limpo Paulista
2012

Dedico este trabalho

A minha família, presente de Deus.
Pelo imenso amor e apoio em todas as etapas da minha vida.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pelo dom da vida.

A professora Maria do Carmo Guedes pela orientação.

A professora Lisete Maria Luiz Fischer pelas considerações relevantes do trabalho e pelos puxões de orelha.

A minha noiva Gilcirrèe pela paciência amor e carinho.

As minhas amigas de faculdade Larissa e Márcia que sempre me apoiaram e me ajudaram nas horas difíceis.

Aos meus amigos Wellington, Digão, Kátia, Gustavo (Perdidão), Thalita e Fernando pela amizade e pelos churrascos animados.

A FACCAMP pela infraestrutura.

RESUMO

MECANISMOS DA AÇÃO DOS ANTIOXIDANTES EM ALIMENTOS

Os antioxidantes são da classe dos aditivos alimentares necessários para a conservação dos alimentos, são substâncias que retardam a velocidade da oxidação, por meio de um ou mais mecanismos, tais como inibição de radicais livres e complexação de metais. A reação de oxidação ocorre principalmente entre os lipídios e os ácidos graxos insaturados. Os lipídios tem um importante papel no que se refere a qualidade de alguns produtos alimentares, como o valor nutritivo aos alimentos, pois são fonte de energia metabólica dos ácidos linoléico e linolênico sendo também fonte das vitaminas lipossolúveis A, D, E e K. A oxidação lipídica é responsável pelo desenvolvimento de sabores e odores desagradáveis tornando os alimentos impróprios para consumo. Além de provocar outras alterações que irão afetar não só a qualidade nutricional, devido à degradação de vitaminas lipossolúveis e de ácidos graxos essenciais, também afeta a integridade e segurança dos alimentos, por meio da formação de compostos potencialmente tóxicos. Esse processo é espontâneo e inevitável, e tem uma implicação direta no valor comercial dos produtos comercializados. Assim, é de grande interesse em utilizar aditivos antioxidantes para prevenir a oxidação dos alimentos. Os antioxidantes alimentares são compostos utilizados em indústrias alimentícias com a finalidade de diminuir os impactos causados pelo tempo nos alimentos. Como exemplo, os antioxidantes fenólicos funcionam como seqüestradores de radicais e algumas vezes como quelantes de metais, agindo tanto na etapa de iniciação como na propagação do processo oxidativo. Assim, nesse trabalho investigou-se o mecanismo dos aditivos antioxidantes.

Palavras chaves: aditivos alimentares, oxidação, antioxidantes.

ABSTRACT

MECHANISMS OF ACTION OF ANTIOXIDANTS IN FOODS

Antioxidants are the class of food additives necessary for the preservation of foods, are substances that slow the rate of oxidation by means of one or more mechanism such as inhibition of free radicals and metal complexation. The oxidation reaction occurs mainly between the lipids and unsaturated fatty acids. Lipids play an important role as regards the quality of some food products such as the nutritional value of foods, they are a source of metabolic energy of linoleic acids and linolenic, is also a source of soluble vitamins A, D, E e K. The lipid oxidation is responsible for the development of flavors and odors making the food unfit for consumption. In addition to causing other changes that will affect not only the nutritional quality due to degradation of fat-soluble vitamins and essential fatty acids, but also the integrity and safety of food, through the formation of potentially toxic compounds. This process is natural and inevitable, and has a direct implication on the commercial value of marketed products. Thus, it is of great interest in using antioxidant additives to prevent oxidation of foods. Antioxidants are dietary compounds used in food industries in order to reduce impacts caused by the time the food. As an example, phenolic antioxidants as scavengers of radical and sometimes as metal chelators, acting both in the stage of initiation and propagation of the oxidative process. Thus, this study investigated the mechanism of antioxidant additives.

Keywords: food additives, oxidation and antioxidants.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	1
LISTA DE TABELAS	2
INTRODUÇÃO	3
JUSTIFICATIVA	5
OBJETIVOS	6
METODOLOGIA.....	7
CAPÍTULO 1 – LIPÍDIOS	8
1.1. LIPÍDIOS SIMPLES.....	9
1.2. LIPÍDIOS COMPOSTOS.....	9
1.3. LIPÍDIOS DERIVADOS	10
1.4. ÁCIDOS GRAXOS	10
1.4.1. ÁCIDOS GRAXOS SATURADOS E INSATURADOS	11
CAPÍTULO 2 – ADITIVOS ALIMENTARES.....	15
2.1. ORIGEM E TIPOS DE ADITIVOS.....	16
2.2. ADITIVOS INTENCIONAIS	16
2.3. ADITIVOS INCIDENTAIS.....	17
2.4. CLASSIFICAÇÕES DOS ADITIVOS.....	17
CAPÍTULO 3 – OXIDAÇÃO DE LIPÍDIOS E O EMPREGO DE ADITIVOS	
ANTIOXIDANTES	19
3.1. ANTIOXIDANTES SINTÉTICOS.....	21
3.2. ANTIOXIDANTES NATURAIS	22
CAPÍTULO 4 - MECANISMOS DE OXIDAÇÃO	25
4.1. MECANISMO DE AÇÃO DOS ANTIOXIDANTES.....	26
CONSIDERAÇÕES FINAIS	31
BIBLIOGRAFIA	32

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Molécula de um triacilglicerol	9
Figura 2. Estrutura molecular do ácido esteárico, um dos ácidos graxos saturados mais comuns em óleos vegetais e gorduras animais.	12
Figura 3. Estrutura molecular do ácido linoléico, um dos ácidos graxos polinsaturados mais comuns em óleos vegetais e gorduras animais.....	12
Figura 4. Estrutura fenólica dos antioxidantes sintéticos.....	22
Figura 5. Molécula dos tocoferóis.....	23
Figura 6. Estrutura química dos ácidos benzóicos	24
Figura 7. Estrutura química dos principais ácidos cinâmicos.	24
Figura 8. Distribuição do orbital molecular do oxigênio triplete e singlete.	25
Figura 9. Esquema geral da autoxidação.....	26
Figura 10. Mecanismo antioxidante dos compostos fenólicos.....	28
Figura 11. Mecanismo de ação do BHT.	29
Figura 12. – Exemplo de mudança de cor do radical DPPH após reagir com antioxidante.....	30

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Relação dos ácidos graxos conforme à saturação, número de carbonos na cadeia e fontes alimentares.....	13
Tabela 2. Composição percentual de ácidos graxos no óleo de soja.....	14

INTRODUÇÃO

Os antioxidantes são da classe dos aditivos alimentares necessários para a conservação dos alimentos, sendo substâncias que retardam a velocidade da oxidação, por meio de um ou mais mecanismos, tais como inibição de radicais livres e complexação de metais. (ALMEIDA, 2006)

Um dos principais problemas na conservação dos alimentos é o desencadeamento do processo oxidativo, visto que este torna os alimentos inadequados para o consumo. A oxidação é realizada tanto pelo oxigênio singlete como pelo oxigênio triplete, porém a velocidade da reação com oxigênio singlete é muito maior. Por exemplo, o valor de oxidação do ácido linoléico é $1,3 \times 10^5 \text{ M}^{-1} \text{ s}^{-1}$ para oxigênio singlete e $8,9 \times 10^1 \text{ M}^{-1} \text{ s}^{-1}$ para o oxigênio triplete. (<http://www.qmc.ufsc.br/qmcweb/artigos/aditivos.html>)

A reação de oxidação ocorre principalmente tanto em lipídios como nos ácidos graxos insaturados isolados. O resultado decorrente da oxidação se refere à perda de certas propriedades organolépticas, como, por exemplo, flavor, cor e textura deixando o alimento com odores e gostos característicos do ranço, além da produção de radicais livres durante o processo e que são danosos à saúde. (ALMEIDA, 2006 - <http://www.qmc.ufsc.br/qmcweb/artigos/aditivos.html>)

Os lipídios tem um importante papel no que se refere a qualidade de alguns produtos alimentares. Além de proporcionar propriedades como já mencionadas (flavor, cor e textura) também são responsáveis por conferir valor nutritivo aos alimentos, pois são fonte de energia metabólica dos ácidos linoléico, linolênico e araquínóico sendo também fonte das vitaminas lipossolúveis A, D, E e K. (RIBEIRO, 2007).

São três os ácidos graxos que se destacam na fração lipídica: oléico, linoléico e o linolênico. Esses três são facilmente oxidados sendo que a velocidade da reação depende do número de insaturações na molécula. (RIBEIRO, 2007).

A oxidação lipídica é um fenômeno espontâneo e inevitável que implica diretamente no valor comercial dos alimentos diminuindo o tempo de vida e o valor nutritivo dos produtos. Ela está na origem da reversão e da ocorrência de um elevado número de reações de polimerização e de cisão. (ALMEIDA, 2006)

A oxidação dos ácidos linolêicos e linolênicos são as primeiras a ocorrerem, levando assim a uma diminuição do valor nutricional do alimento, pois a reação de oxidação produz compostos potencialmente tóxicos como cetonas, alcoóis e hidrocarbonetos. (RIBEIRO, 2007).

A oxidação pode ser evitada e/ou retardada pela utilização de antioxidantes. Estes compostos são largamente utilizados visto que possuem um baixo custo de obtenção, facilidade de emprego, eficácia, termo-resistência, neutralidade organoléptica e ausência reconhecida de toxicidade o que justifica o interesse na pesquisa de novos compostos com capacidade antioxidante. (BOBBIO, 2003).

JUSTIFICATIVA

Em nossa sociedade moderna, a possibilidade de termos alimentos durante todo o ano e por mais tempo conservados e disponibilizados para um número maior de pessoas, principalmente de uma região para outra ou de um país para outro, tem sido um ganho só alcançado com o uso de alguns aditivos alimentares adicionados. É importante, no entanto, entender quais são as reações que levam à degradação e deterioração dos alimentos para poder-se então aplicar os aditivos corretos assim como entender como eles agem para a maior conservação dos alimentos.

O interesse em fazer o trabalho de conclusão de curso nessa área de conhecimento foi devido à minha experiência em indústria de alimentos.

OBJETIVOS

Geral

Estudar o mecanismo da ação dos aditivos antioxidantes adicionados aos alimentos.

Específicos

- Discutir os diferentes tipos de lipídios;
- Apresentar as estruturas químicas de ácidos graxos saturados e insaturados;
- Discutir os diferentes tipos de oxidação de lipídios;
- Abordar os diferentes antioxidantes sintéticos e naturais;
- Discutir o mecanismo de ação de um antioxidante sintético.

METODOLOGIA

A metodologia empregada para construção desse trabalho foi através de uma revisão bibliográfica do tema a partir de artigos obtidos em periódicos científicos de bases de dados como *scielo*, livros obtidos na biblioteca da instituição de ensino (FACCAMP), além de teses relevantes sobre o assunto.

CAPÍTULO 1 – LIPÍDIOS

Os lipídios formam uma das classes de compostos mais importante em alimentos e mais frequentemente encontrados na natureza, tanto em animais como em vegetais e podem ser extraídos de maneira simples com solventes orgânicos de baixa polaridade. (RIBEIRO, 2007 - BOBBIO, 2003). São formados por diversos compostos, sendo os ácidos graxos presentes em maior quantidade. (PADILHA, 2007).

Os lipídios são fontes de energia para o corpo, sendo armazenados como triglicerídeos, até sua utilização; desempenham funções estruturais, sendo vitais para manter a integridade celular (forma, flexibilidade e permeabilidade), sendo decisivos no funcionamento de órgãos e tecidos, pois estão envolvidos na produção de eicosanóides, substâncias similares aos hormônios, que regulam sistemas do organismo e executam manutenção da parede celular. Os lipídios desempenham um importante papel quando se refere à preservação da qualidade de certos alimentos, principalmente no que diz respeito a certas propriedades que os tornam desejáveis, como por exemplo o flavor, e também atuam como transportadores de vitaminas lipossolúveis A, D, E e K . (PADILHA, 2007).

Por abranger um vasto número de substâncias, os lipídios não tem uma definição exata, mas são considerados genericamente como “*compostos encontrados nos organismos vivos, geralmente insolúveis em água, mas solúveis em solventes orgânicos.*” Existem raras exceções quanto à solubilidade dos compostos lipídicos visto que, por exemplo, monoacilgliceróis constituídos de ácidos graxos de baixo peso molecular possuem maior solubilidade em água do que em solventes orgânicos. (RIBEIRO, 2007).

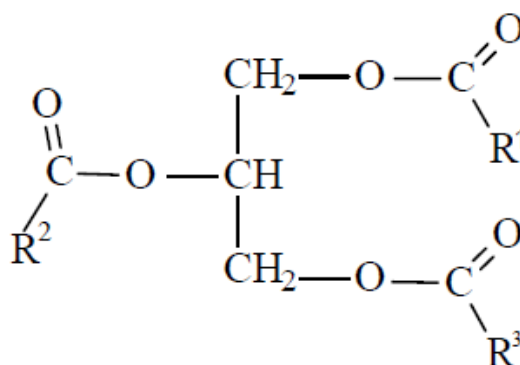
Todos os lipídios contêm carbono, hidrogênio e oxigênio e em algumas classes são encontrados fósforo, nitrogênio e algumas vezes enxofre. ^[3-4] São constituídos por uma mistura de tri-, di- e monoglicerídeos, ácidos graxos livres, glicopídicos, fosfolipídios, esteróis, entre outros. Estes constituintes, na sua maioria são oxidáveis em diferentes graus. (EVANGELISTA, 2001)

Os lipídios desempenham várias funções biológicas importantes no organismo vivo, como: reserva de energia, armazenamento e transporte de combustível metabólico, oferecem isolamento térmico, entre outras. E são muito

utilizados na alimentação, como óleo de cozinha e manteiga, em produtos manufaturados, como sabões e resinas, e são usados como combustíveis, como é o caso do óleo vegetal transesterificado que substitui o óleo diesel. (http://www.eng.ufsc.br/labs/probio/disc_eng_bioq/trabalhos_pos2003/const_microorg/lipideos.html)

1.1. LIPÍDIOS SIMPLES

Os lipídios simples compreendem os óleos e as gorduras, e as ceras. Quimicamente, os óleos e as gorduras (animal e vegetal) consistem de moléculas de triacilglicerol (TG), as quais são constituídas de três moléculas de ácidos graxos (AG) de cadeia longa esterificada a uma molécula do álcool glicerol, conforme representado na Figura 1. (RIBEIRO, 2007).



Onde R^1 , R^2 e R^3 representam as moléculas dos ácidos graxos.

Figura 1. Molécula de um triacilglicerol.
(RIBEIRO, 2003)

Através da hidrólise total são originados ácidos graxos e alcoóis. Já as Ceras incluem ésteres de ácidos graxos e mono-hidroxialcoóis de alto peso molecular, comumente de cadeia linear. (SILVA, 1999)

1.2. LIPÍDIOS COMPOSTOS

Além de ácidos graxos e alcoóis contem outros grupos de moléculas. São divididos em:

- Fosfolipídios: São ésteres de ácidos graxos e possuem na molécula ácido fosfórico e um composto nitrogenado.
- Ceras: Ésteres de ácidos graxos e mono-hidroxilacoóis de ácidos graxos, carboidratos e uma base nitrogenada.
- Sulfolipídicos: Sua estrutura é pouco conhecida; contem enxofre na molécula. (RIBEIRO, 2007 - SILVA, 1999).

1.3. LIPÍDIOS DERIVADOS

Na sua maioria são obtidos por hidrólise dos lipídios simples e compostos. São estes:

- Ácidos graxos;
- Álcoóis: glicerol, álcoois de cadeia reta de alto peso molecular, esteróis;
- Hidrocarbonetos;
- Vitaminas Liposolúveis. Ex: Vitamina E;
- Pigmentos;
- Compostos nitrogenados como: Colina, serina, esfingosina e aminoetanol. (BOBBIO, 2003).

1.4. ÁCIDOS GRAXOS

Segundo Ribeiro et al, (2007), “são denominados ácidos graxos todos monocarboxílicos alifáticos”. No entanto, salvo algumas exceções, todos os ácidos encontrados na natureza são de alto peso molecular, em geral de cadeia linear (denominados também ácidos graxos normais), saturados e insaturados. “Poderão também ter substituintes na cadeia, como grupos metálicos, hidroxílicos ou carbonílicos”.

Ácido graxo é um ácido carboxílico (COOH) de cadeia alifática. São considerados componentes orgânicos, pois apresentam em sua estrutura moléculas de carbono e hidrogênio. Estes ácidos são produzidos quando as gorduras são

quebradas. E são classificados como saturados e insaturados. (RAMALHO, 2006 - www.infoescola.com/bioquimica/acidoss-graxos/)

Os ácidos graxos fazem parte da estrutura de grande parte dos lipídios, apresentando, normalmente, números pares de átomos de carbonos sem ramificações, exceção feita aos ácidos graxos bacterianos, como os das bactérias do rúmen, que são ímpares e ramificados. (www.infoescola.com/bioquimica/acidoss-graxos/)

1.4.1. ÁCIDOS GRAXOS SATURADOS E INSATURADOS

Os ácidos graxos saturados são normalmente encontrados na forma sólida (gordura) e em produtos de origem animal como leite integral, manteiga, creme de leite, chantilly, queijos gordurosos (provolone, parmesão, mussarela), banha, bacon, sebo, toucinho, gordura das carnes, pele das aves e dos peixes. O consumo excessivo de alimentos contendo lipídios saturados é prejudicial, pois contribui para o aumento das taxas de colesterol no sangue (REDA, 2007)

Já os ácidos graxos insaturados são normalmente encontrados na forma líquida (óleo) e em produtos de origem vegetal. Contêm uma ou mais ligações duplas na cadeia. Quando os grupos ligados aos carbonos da dupla se encontram no mesmo lado do plano, são chamados de *cis*, e se estão em lados opostos, de *trans*. Os ácidos graxos *trans* estão presentes em produtos industrializados, como na margarina e na gordura vegetal hidrogenada. Em excesso, os lipídios *trans* são tão ou mais prejudiciais que os ácidos graxos saturados, no que diz respeito à elevação dos níveis de colesterol sanguíneos. (www.6.ufrgs.br/favet/lacvet/restrito/pdf/ag_omega.pdf)

Quando o ácido graxo possui uma única dupla ligação, é conhecido como monoinsaturado, se contém duas ou mais ligações duplas, é denominado poliinsaturado.

Na tabela 1 está resumida a relação dos ácidos graxos conforme à saturação, número de carbonos na cadeia e fontes alimentares. (TIRAPEGUI, 2002)

Na Figura 2 e 3 estão apresentadas as estruturas químicas de ácidos graxos saturados e insaturados (com 18 carbonos), respectivamente.

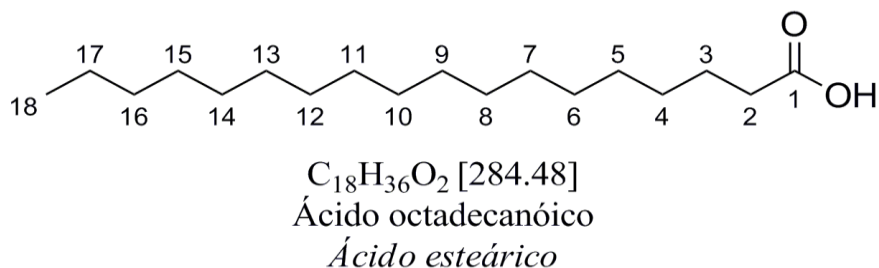


Figura 2. Estrutura molecular do ácido esteárico, um dos ácidos graxos saturados mais comuns em óleos vegetais e gorduras animais.

Fonte: REDA, 2002

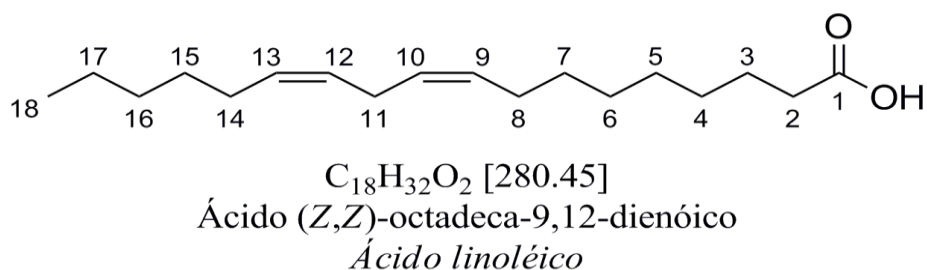


Figura 3. Estrutura molecular do ácido linoléico, um dos ácidos graxos polinsaturados mais comuns em óleos vegetais e gorduras animais. ^[13]

Fonte: www.6.ufrgs.br/favet/lacvet/restrito/pdf/ag_omega.pdf

O consumo moderado de alimentos fontes de ácidos graxos insaturados está relacionado com a diminuição dos níveis de colesterol circulantes e conseqüentemente ao menor risco para o aparecimento de doenças cardiovasculares.

Tabela 1. Relação dos ácidos graxos conforme à saturação, número de carbonos na cadeia e fontes alimentares. (TIRAPEGUI, 2002)

Nome	Saturação	No.de carbonos	Fonte alimentar
Butírico	Saturado	4	Gordura do leite
Capróico	Saturado	6	Gordura do leite
Caprílico	Saturado	8	Óleo de coco
Láurico	Saturado	8	Óleo de coco
Mirístico	Saturado	14	Gordura do leite. Óleo de coco e óleo de noz moscada
Palmítico	Saturado	16	Maioria dos óleos e gorduras
Esteárico	Saturado	18	Gordura animal e manteiga de cacau
Araquidônico	Saturado	20	Óleo de amendoim
Behênico	Saturado	22	Óleo de mostarda e de colza
Lignocênico	Saturado	24	Óleos de amendoim, colza, girassol, mostarda, gergelim
Caproléico	Insaturado	10	Gordura do leite
Lauroléico	Insaturado	12	Gordura do leite
Miristoléico	Insaturado	14 (1 dupla ligação)	Gordura animal
Fisetérico	Insaturado	14 (2 duplas ligações)	Óleo de sardinha
Oléico	Insaturado	18 (ω -9)	Gordura animal e vegetal, principalmente óleo de oliva
Gadoléico	Insaturado	20	Óleo de peixe e de animais marinhos
Erúcido	Insaturado	22	Óleos de mostarda, óleos de peixe, óleo de colza
Linoléico	Insaturado	18 (1 dupla ligação) (ω -6)	Óleos de amendoim, milho, algodão, gergelim e girassol
Linolênico	Insaturado	18 (2 duplas ligações) (ω -3)	Óleos de soja, canola, gérmen de trigo e linhaça

Fonte:TIRAPEGUI, 2002

A Tabela 2 apresenta a composição de ácidos graxos saturados e insaturados de um óleo típico, o óleo de soja, e os seus respectivos percentuais.

Tabela 2. Composição percentual de ácidos graxos no óleo de soja. (TANAMATI, 2008)

Ácido graxo	Nomenclatura usual	Porcentagem
14:0	Ácido mirístico	0,1 – 0,5
16:0	Ácido palmítico	7,0 – 14,0
16:1n-7	Ácido palmitoléico	0,1 – 0,5
18:0	Ácido esteárico	1,4 – 5,5
18:1n-9	Ácido oleico	19,0 – 30,0
18:2n-6	Ácido linoleico	44,0 – 62,0
18:3n-3	Ácido alfa-linolênico	4,0 – 11,0
20:0	Ácido araquídico	0,3 – 1,0
C 22:0	Ácido behênico	0,3 – 0,5

Fonte: TANAMATI, 2008.

CAPÍTULO 2 – ADITIVOS ALIMENTARES

O aumento da demanda de alimento proporcionado pelo grande aumento da população, impulsionou as indústrias produtoras de alimentos à intensificarem suas produções sem perder seus padrões de qualidades e também suas condições de rentabilidade comercial. Junto com a introdução de equipamentos modernos, dos mais sofisticados controle de matéria-prima e do produto elaborado, dos novos tipos de embalagens para proteção dos produtos, das associações dos processos de conservação, o aparecimento e a utilização do uso de aditivos, representa para fabricação de produtos alimentícios, um de seus mais importantes recursos. (EVANGELISTA, 2001)

A Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação - FAO (Food and Agriculture Organization) define os aditivos como *substâncias não nutritivas, com a finalidade de melhorar a aparência, sabor, textura e tempo de armazenamento*. A FAO esclarece que em alguns casos, algumas substâncias inseridas para melhorar esta qualidade do produto, poderão elevar a sua capacidade nutritiva. (<http://www.portalsaofrancisco.com.br/alfa/aromatizantes/aromatizantes-2.php>)

Os aditivos “são substâncias ou misturas de substâncias, presentes nos alimentos, como resultado dos meios de produção, processamento, condicionamento e armazenamento”, segundo o “Food Protection Comitê” da “National Academy of Science” dos Estados Unidos. (EVANGELISTA, 2001)

No Brasil, o uso de aditivos foi regulamentado pelo decreto nº 55.871 de 23 de março de 1965 e atualizado pelo decreto nº 63.526 de 4 de março de 1968. A liberação ou exclusão do uso do aditivo ocorre principalmente de seu grau de toxidez. As normas contidas nas legislações sobre aditivos são atualizadas de acordo com novos conhecimentos e avaliações de sua atividade. (www.insumos.com.br/aditivos_e_ingredientes/materias/88.pdf).

Não há uniformidade na lista de aditivos permitidos em diferentes países, pois alguns deles podem estar nelas presentes ou não, porém as doses mínimas de aditivos permitidas são unanimemente prescritas, em quantidades muito inferiormente de sua ação tóxica. (www.insumos.com.br/aditivos_e_ingredientes/materias/88.pdf).

A prática que garante boa margem de segurança, para ação de aditivos, se consegue através:

- Dos valores mínimos estabelecidos para aditivos.
- Da suficiente margem de garantia de dose estipulada, para evitar danos à saúde do consumidor.
- Da avaliação dos níveis mínimos, capazes de gerar alterações do comportamento fisiológico normal, de animais de laboratório.
- Da escolha etária a quem se destina o produto.

2.1. ORIGEM E TIPOS DE ADITIVOS

Os aditivos são derivados e demonstram sua inconfundível originalidade pelas características que ostentam.

Os aditivos pertencem a três classes, de acordo com sua origem:

Naturais: obtidos por processos extrativos.

Semi-sintéticos: obtidos de substâncias naturais, por fracionamento ou síntese.

Sintéticos: obtidos em laboratórios, por processo de síntese.

Segundo o modo que se apresentam nos produtos alimentícios, os aditivos se enquadram em dois grupos: Intencionais e Incidentais. (EVANGELISTA, 2001)

2.2. ADITIVOS INTENCIONAIS

Aditivos intencionais, são aqueles que em razão de seu processamento, propositalmente se agregam aos alimentos. A definição de aditivos intencionais pelo decreto 58.871 é: toda substância ou mistura de substâncias, dotadas ou não de valor nutritivo, juntada ao alimento, com a finalidade de impedir alterações, manter, conferir ou intensificar seu aroma, cor e sabor, modificar ou manter seu estado físico geral, ou exercer qualquer ação exigida para uma boa tecnologia de fabricação de alimentos. (www.anvisa.gov.br/legis/decreto_lei/986_69.htm).

Por força de sua própria função e atendendo a necessidade de sua aplicação, os aditivos intencionais podem ser divididos em dois tipos:

Optativos: a presença nos alimentos dos aditivos optativos está condicionada à nossa vontade e por isso, tem caráter facultativo. Estes aditivos não influem na estrutura do produto, como por exemplo, os corantes e os edulcorantes.

Obrigatório: os aditivos obrigatórios se incorporam ao produto, passando a fazer parte de sua estrutura, como por exemplo, os espessantes e os umectantes. (<http://www.portalsaofrancisco.com.br/alfa/aromatizantes/aromatizantes-2.php>)

2.3. ADITIVOS INCIDENTAIS

Os aditivos incidentais compreendem as substâncias residuais ou migradas, encontradas nos produtos alimentícios ou alimentos, como matéria-prima e durante suas fases de beneficiamento, de embalagem, transporte e armazenamento. Esses aditivos são originados geralmente dos produtos utilizados na pulverização de vegetais e frutas, não aplicados na oportunidade e dosagens adequadas. (SILVA, 1999)

Resultantes de compostos empregados na elaboração de alimentos como exemplo de aditivo incidental, podem ser citados: o hidróxido de cálcio Ca(OH)_2 (cal), utilizado na refinação do açúcar de cana; os inseticidas pulverizados nos vegetais e em frutas como o DDT (dicloro-difenil-tricloroetano) e o metoxicloro que podem ficar retidos no organismo, no tecido adiposo, proporcionando vários distúrbios gerais, especialmente hepáticos. (SILVA, 1999)

Nos alimentos de origem animal, ainda podem ocorrer aditivos incidentais, como acontece quando da aplicação de agentes químicos sobre a pele do animal (tratamentos antiparasitários) e que posteriormente são assinalados no leite e nas carnes. (<http://www.portalsaofrancisco.com.br/alfa/aromatizantes/aromatizantes-2.php>)

Os aditivos incidentais podem provir também do material de embalagem, capazes em alguns casos de gerar inconvenientes. No geral, os aditivos incidentais são admitidos pela legislação de alguns países, inclusive o Brasil. (SILVA, 1999)

2.4. CLASSIFICAÇÕES DOS ADITIVOS

De acordo com a legislação nacional e de acordo com as funções que exercem na elaboração de produtos, os aditivos assim se classificam como:

Acidulante: Comunica ou intensifica o gosto levemente ácido dos alimentos.

Antiespumífero: Influi na tensão superficial dos alimentos.

Antioxidante: Retarda o surgimento de processos oxidativos.

Antiumectante: Diminui as características higroscópicas dos produtos.

Conservantes: Impossibilita ou atrasa a deterioração microorgânica ou enzimática dos alimentos.

Corante: Confere ou intensifica a cor dos produtos.

Edulcorante: Transmite sabor doce.

Espessante: Eleva a viscosidade de soluções.

Espumífero: Modifica a tensão superficial dos alimentos.

Estabilizante: Ajuda e conserva as características físicas das emulsões e suspensões.

Aromatizante e flavorizante: Conferem e intensificam o sabor e o aroma dos alimentos.

Umectante: Evita a perda de umidade dos alimentos. (PORTO, 2010).

CAPÍTULO 3 – OXIDAÇÃO DE LIPÍDIOS E O EMPREGO DE ADITIVOS ANTIOXIDANTES

A oxidação lipídica é responsável pelo desenvolvimento de sabores e odores desagradáveis tornando os alimentos impróprios para consumo, além de provocar também outras alterações que irão afetar não só a qualidade nutricional, devido à degradação de vitaminas lipossolúveis e de ácidos graxos essenciais, mas também a integridade e segurança dos alimentos, através da formação de compostos poliméricos potencialmente tóxicos. (SOARES, 2002).

A oxidação lipídica é um processo espontâneo e inevitável, e tem uma implicação direta no valor comercial dos produtos comercializados. [8] Este tipo de reação pode gerar subprodutos nocivos, diminuir o valor nutritivo do alimento, bem como o seu tempo de vida. (SOARES, 2002).

A oxidação dos lipídios tem sistemas reacionais complexos que se relacionam com a estrutura do lipídio e o meio no qual este se encontra. Alguns fatores são determinantes para a estabilidade oxidativa do lipídio, como por exemplo: número das insaturações presentes, bem como a natureza das mesmas, exposição à luz e ao calor, presença de elementos pró-oxidantes, como metais de transição na forma iônica. (SILVA, 1999 - RAMALHO, 2006).

Os lipídios podem ser oxidados por diferentes caminhos:

Reações hidrolíticas: são catalisadas pelas enzimas lipase ou pela ação de calor e umidade, com formação de ácidos graxos livres;

Oxidação enzimática: ocorre pela ação de enzimas lipoxigenases, por exemplo, que atuam sobre os ácidos graxos poliinsaturados, catalisando a adição de oxigênio à cadeia hidrocarbonada poliinsaturada. O resultado é a formação de peróxidos e hidroperóxidos com duplas ligações conjugadas que podem envolver-se em diferentes reações degradativas; (SILVA, 1999).

Fotoxidação: é promovido essencialmente pela radiação UV em presença de fotossensibilizadores (clorofila, mioglobina, riboflavina e outros), que absorvem a energia luminosa de comprimento de onda na faixa do visível e a transferem para o oxigênio tripleto (3O_2), gerando o estado singleto (1O_2). O oxigênio singleto reage diretamente com as ligações duplas por adição formando hidroperóxidos diferentes dos que se observam na ausência de luz e de sensibilizadores, e que por

degradação posterior originam aldeídos, álcoois e hidrocarbonetos. (RAMALHO, 2006).

Autoxidação: é o principal mecanismo de oxidação dos óleos e gorduras e está associada à reação do oxigênio com ácidos graxos insaturados e ocorre em três etapas. Iniciação que ocorre a formação dos radicais livres do ácido graxo devido à retirada de um hidrogênio do carbono alílico na molécula do ácido graxo, em condições favorecidas por luz e calor. A segunda etapa é a prorrogação onde os radicais livres que são prontamente susceptíveis ao ataque do oxigênio atmosférico, são convertidos em outros radicais, aparecendo os produtos primários de oxidação, cuja estrutura depende da natureza dos ácidos graxos presentes. E a última etapa é término onde dois radicais combinam-se, com a formação de produtos estáveis (produtos secundários de oxidação) obtidos por cisão e rearranjo dos peróxidos (epóxidos, compostos voláteis e não voláteis). (SILVA, 1999 - RAMALHO, 2006).

Os antioxidantes alimentares são compostos utilizados em indústrias alimentícias com a finalidade de diminuir os impactos causados pelo tempo nos alimentos. O uso de antioxidantes na indústria de alimentos e seus mecanismos funcionais têm sido amplamente estudados, sendo que o principal componente para que isso ocorra é a presença do oxigênio atmosférico. (SOARES, 2002).

Durante a I Guerra Mundial e pouco depois, pesquisadores testaram a atividade antioxidante de mais de 500 compostos. Esta pesquisa básica, combinada com a vasta importância da oxidação em praticamente todas as operações de manufatura, desencadeou uma busca por aditivos químicos para controlar a oxidação, que ainda hoje está em curso. (RAMALHO, 2006).

O controle do processo oxidativo nos alimentos é feito por meio da adição de substâncias que tem a propriedade de retardar a oxidação lipídica. A autoxidação ou oxidação dos lipídios começa com a formação dos radicais livres; os peróxidos de hidrogênio formados também durante a oxidação podem causar alterações nos sabores e odores indesejáveis diminuindo assim, o tempo da vida útil em alimentos que o contenham, óleos ou gorduras. (SILVA, 1999)

Das centenas de compostos que têm sido propostos para inibir a deterioração oxidativa das substâncias oxidáveis, somente alguns podem ser usados em produtos para consumo humano, dentre eles os aditivos antioxidantes.

Os antioxidantes podem ser divididos em sintéticos e naturais e serão detalhados a seguir. (SOARES, 2002).

3.1. ANTIOXIDANTES SINTÉTICOS

Os antioxidantes sintéticos mais utilizados na indústria são os polifenóis como 3,5-di-terc-butil-4- hidroxitolueno (BHT), 3-terc-butil-4-metil-metoxifenol (BHA), 3,4,5-ácido triidroxibenzóico-propil galato (PG) e terc-butilhidroquinona (TBHQ). O BHA e o TBHQ são os mais utilizados na conservação de óleos vegetais estocados. As estruturas desses antioxidantes estão representadas na Figura 4. (RAMALHO, 2006)

A estrutura fenólica destes compostos permite a doação de um próton a um radical livre, regenerando, assim, a molécula do acilglicerol e interrompendo o mecanismo de oxidação por radicais livres. Dessa maneira, os derivados fenólicos transformam-se em radicais livres. Entretanto, estes radicais podem se estabilizar sem promover ou propagar reações de oxidação. (PADILHA, 2007).

O BHA é um antioxidante mais efetivo na supressão da oxidação em gorduras animais que em óleos vegetais. Como a maior parte dos antioxidantes fenólicos, sua eficiência é limitada em óleos insaturados de vegetais ou semente. O BHT tem propriedades similares ao BHA, porém, enquanto o BHA é um sinergista para propilgalatos, o BHT não é. (RAMALHO, 2006)

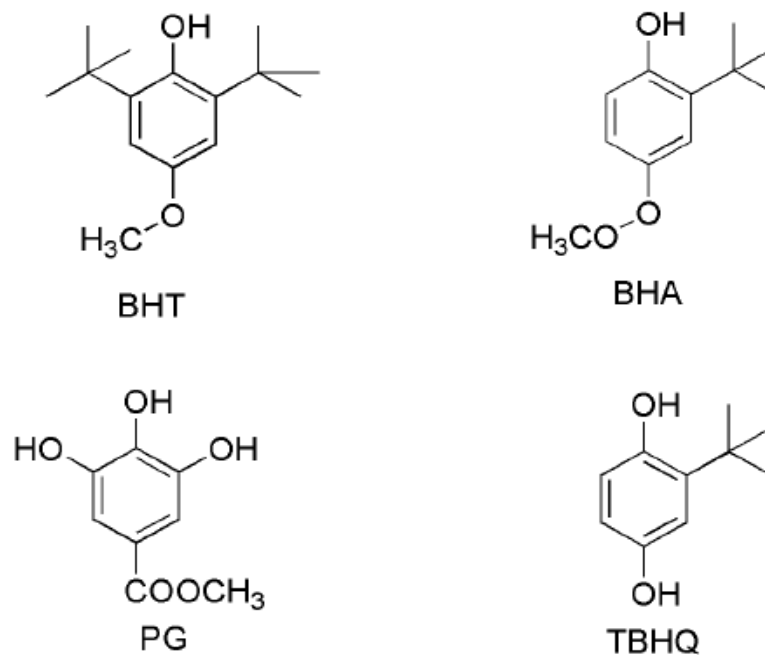


Figura 4. Estrutura fenólica dos antioxidantes sintéticos. ^[10]
 Fonte: RAMALHO, 2006

O PG é, quimicamente, o éster do 3, 4, 5 ácido triidroxibenzóico; tem uma concentração ótima de atividade como antioxidante e quando usado em níveis elevados pode atuar como pró-oxidante. Seu poder para estabilizar alimentos fritos, massas assadas e biscoitos preparados com gorduras é baixo. (PADILHA, 2007).

O TBHQ é um pó cristalino branco, moderadamente solúvel em óleos e gorduras e que não se complexa com íons de cobre e ferro, como o galato de propila. É também considerado o melhor antioxidante para óleo de fritura, pois resiste ao calor e proporciona uma excelente estabilidade para os produtos acabados. (GENENA, 2005).

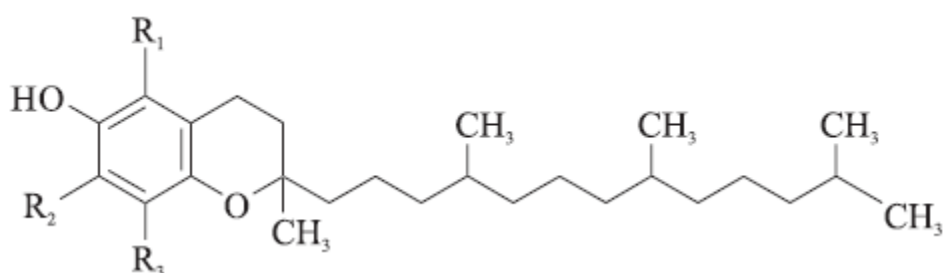
3.2. ANTIOXIDANTES NATURAIS

Entre os antioxidantes naturais mais utilizados podem ser citados os tocoferóis, os ácidos fenólicos e extratos de plantas como alecrim e sálvia. (EVANGELISTA, 2001)

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. (GENENA, 2005)

Os tocoferóis estão presentes de forma natural na maioria dos óleos vegetais, em alguns tipos de pescado e atualmente são fabricados por síntese. Existem quatro tipos segundo a localização dos grupos metila no anel: α , β , γ , δ (Figura 5). A atividade antioxidante dos tocoferóis é principalmente devida à capacidade de doar seus hidrogênios fenólicos aos radicais livres lipídicos interrompendo a propagação em cadeia. (RAMALHO, 2006)



α - tocoferol: $R_1 = R_2 = R_3 = \text{CH}_3$

β - tocoferol: $R_1 = R_3 = \text{CH}_3$; $R_2 = \text{H}$

γ - tocoferol: $R_1 = \text{H}$; $R_2 = R_3 = \text{CH}_3$

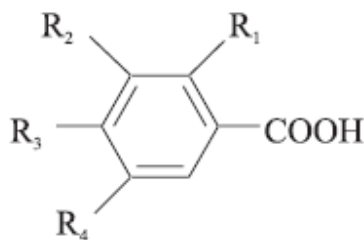
δ - tocoferol: $R_1 = R_2 = \text{H}$; $R_3 = \text{CH}_3$

Figura 5. Molécula dos tocoferóis. ^[10]

Fonte: RAMALHO, 2006

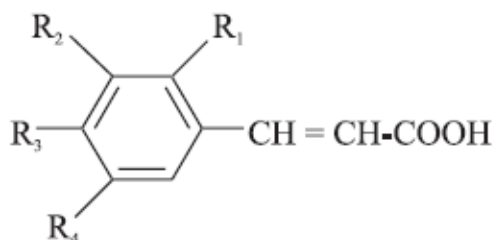
Os ácidos fenólicos caracterizam-se pela presença de um anel benzênico, um grupamento carboxílico e um ou mais grupamentos de hidroxila e/ou metoxila na molécula, que conferem propriedades antioxidantes. São divididos em três grupos; o primeiro é composto pelos ácidos benzóicos, que possuem sete átomos de carbono ($\text{C}_6 - \text{C}_1$), suas fórmulas gerais e denominações estão representadas na Figura 6. (SOARES, 2002).

O segundo grupo é formado pelos ácidos cinâmicos, que possuem nove átomos de carbono ($\text{C}_6 - \text{C}_3$), sendo sete os mais comumente encontrados no reino vegetal (Figura 7). As cumarinas são derivadas do ácido cinâmico por ciclização da cadeia lateral do ácido *o*-cumárico. (SOARES, 2002).



Ácido salicílico: $R_1 = \text{OH}$; $R_2 = R_3 = R_4 = \text{H}$
 Ácido gentísico: $R_1 = R_4 = \text{OH}$; $R_2 = R_3 = \text{H}$
 Ácido *p*-hidroxibenzoico: $R_1 = R_2 = R_4 = \text{H}$; $R_3 = \text{OH}$
 Ácido protocatequínico: $R_1 = R_4 = \text{H}$; $R_2 = R_3 = \text{OH}$
 Ácido vanílico: $R_1 = R_4 = \text{H}$; $R_2 = \text{OCH}_3$; $R_3 = \text{OH}$
 Ácido gálico: $R_1 = \text{H}$; $R_2 = R_3 = R_4 = \text{OH}$
 Ácido siríngico: $R_1 = \text{H}$; $R_2 = R_4 = \text{OCH}_3$; $R_3 = \text{OH}$

Figura 6. Estrutura química dos ácidos benzóicos. ^[9]
 Fonte: SOARES, 2002



Ácido cinâmico: $R_1 = R_2 = R_3 = R_4 = \text{H}$
 Ácido *o*-cumárico: $R_1 = \text{OH}$; $R_2 = R_3 = R_4 = \text{H}$
 Ácido *m*-cumárico: $R_1 = R_3 = R_4 = \text{H}$; $R_2 = \text{OH}$
 Ácido *p*-cumárico: $R_1 = R_2 = R_4 = \text{H}$; $R_3 = \text{OH}$
 Ácido caféico: $R_1 = R_4 = \text{H}$; $R_2 = R_3 = \text{OH}$
 Ácido ferúlico: $R_1 = R_4 = \text{H}$; $R_2 = \text{OCH}_3$; $R_3 = \text{OH}$
 Ácido sinápico: $R_1 = \text{H}$; $R_2 = R_4 = \text{OCH}_3$; $R_3 = \text{OH}$

Figura 7. Estrutura química dos principais ácidos cinâmicos. ^[9]
 Fonte: SOARES, 2002

Os antioxidantes fenólicos funcionam como seqüestradores de radicais e, algumas vezes, como quelantes de metais, agindo tanto na etapa de iniciação como na propagação do processo oxidativo. Os produtos intermediários formados pela ação destes antioxidantes são relativamente estáveis, devido à ressonância do anel aromático apresentada por estas substâncias. (RAMALHO, 2006)

CAPÍTULO 4 - MECANISMOS DE OXIDAÇÃO

A oxidação lipídica ocorre quando o oxigênio reage com lipídios em uma série de reações em cadeia dos radicais livres que é frequentemente iniciada pela exposição dos lipídios à luz, calor, radiação ionizante, íons metálicos ou catálise metalo-protéica e que conduzem à complexas alterações químicas. A oxidação de lipídios em alimentos causa perdas na qualidade e, em seres humanos, podem causar diversas doenças como câncer, aterosclerose, e processo de envelhecimento. (PADILHA, 2007).

A oxidação é realizada tanto pelo oxigênio singlete como pelo oxigênio triplete, porém a velocidade da reação com oxigênio singlete é muito maior, pois é mais reativo devido a disposição dos spins eletrônicos no orbital molecular nessa configuração, como pode ser visto na Figura 8. (http://es.wikipedia.org/wiki/Ox%C3%ADgeno_singlete).

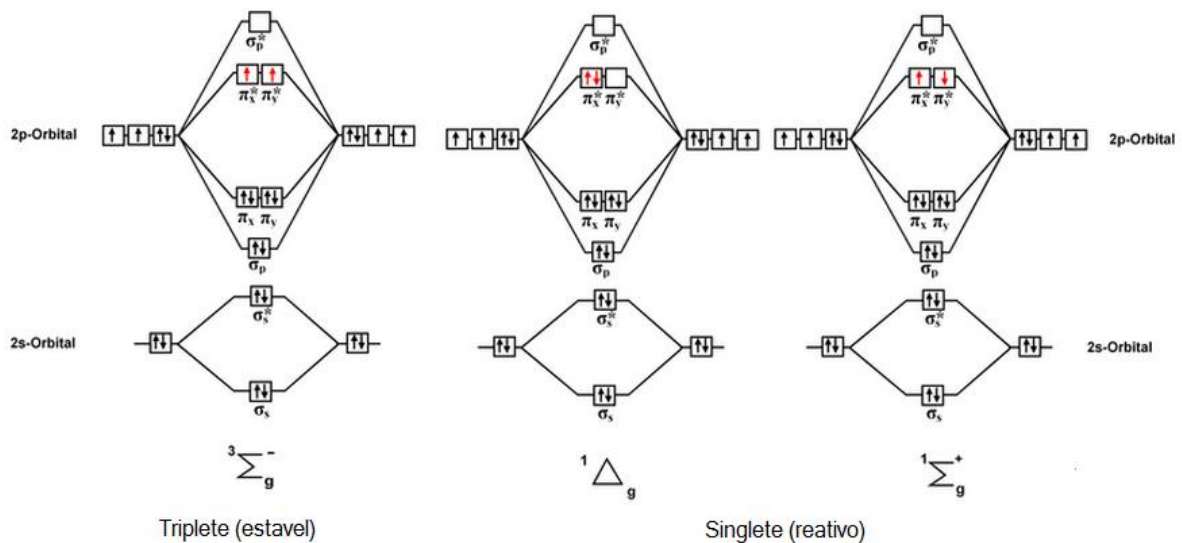


Figura 8. Distribuição do orbital molecular do oxigênio triplete e singlete. [21]
 Fonte: http://es.wikipedia.org/wiki/Ox%C3%ADgeno_singlete

O processo de oxidação é descrito como uma reação em cadeia constituída por três fases distintas: início, prorrogação e término, resumidos na Figura 9. A autooxidação é iniciada com a formação de radicais livres, essas moléculas são geradas a partir da reação da molécula lipídica com o oxigênio na

presença de catalisadores, como luz visível, radiação ultravioleta, temperatura e metais, onde são denominados iniciadores. (RAMALHO, 2006)

Os produtos da autoxidação primária são hidroperóxidos, que não apresentam gosto e flavor, mas seus produtos de degradação (aldeídos, cetonas, etc) são potentes modificadores do gosto e do flavor. Assim, a proteção de alimentos contra essa deterioração é de grande importância econômica e nutricional para a indústria de alimentos. Por isso, antioxidantes são freqüentemente utilizados em produtos alimentícios para prevenir ou retardar a oxidação de óleos e gorduras. (RAMALHO, 2006)

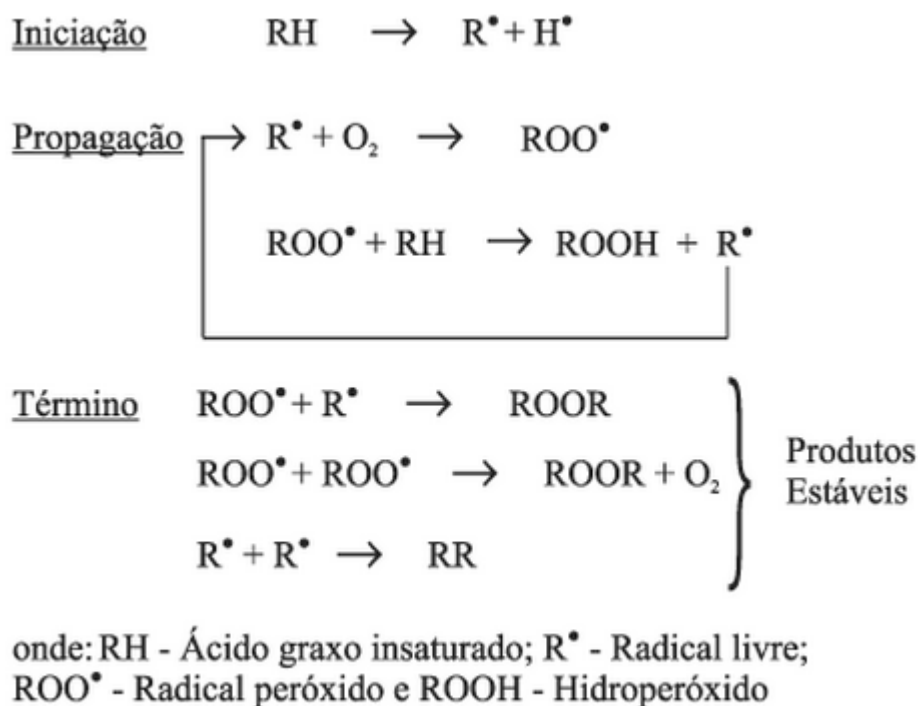


Figura 9. Esquema geral da autoxidação. ^[10]
 Fonte: RAMALHO, 2006

4.1. MECANISMO DE AÇÃO DOS ANTIOXIDANTES

Os mecanismos pelos quais estes antioxidantes estão envolvidos no controle da autoxidação são diferentes, podendo ser descritos por dois sistemas: o primário e o secundário. (GENENA, 2005)

O sistema primário estabelece em uma primeira linha de defesa formada por substâncias que impedem a geração de espécies reativas ou através da retirada das mesmas de forma a impedir sua interação com alvos celulares, ou seja, bloqueiam a etapa de iniciação da cadeia radicalar. Nesse grupo encontram-se:

a) enzimas antioxidantes.

b) quelantes e proteínas como a transferrina e a ceruloplasmina que transportam, respectivamente, ferro e cobre, impedindo que esses metais sejam liberados e catalisem a formação de espécies oxidantes.

c) substâncias não-enzimáticas como o ascorbato, albumina e carotenóides que seqüestram radicais superóxido e hidroxila, ou suprimem oxigênio singlete. (GENENA, 2005)

O sistema de defesa secundário é formado por compostos que atuam bloqueando a etapa de propagação da cadeia radicalar (quebrando a cadeia), seqüestrando radicais intermediários (ex. peroxil ou alcoxil). Esses antioxidantes geralmente são compostos fenólicos ou aminas aromáticas. Entre eles estão o α -tocoferol, flavonóides e vários antioxidantes sintéticos. (BAGGIO, 2006)

Os extratos fenólicos da planta são antioxidantes multifuncionais que podem agir em diversos níveis na seqüência oxidativa. Os compostos fenólicos presentes nesses extratos vegetais podem suprimir o oxigênio singlete, iniciador da reação, ou podem ainda quelar metais de transição que também se constituem iniciadores da oxidação. (BAGGIO, 2006)

A potencialidade das diferentes substâncias fenólicas para carregar vários tipos de radicais iniciadores da oxidação tem sido reportada na fase polar e na fase lipídica. Os compostos fenólicos também são sugeridos como sendo capazes de regenerar o α -tocoferol. Eles também são conhecidos por inibir vários tipos de enzimas de oxidação. Estes mecanismos potenciais múltiplos da ação antioxidante fazem dos diversos grupos de compostos fenólicos um alvo interessante na busca de fitoquímicos benéficos à saúde, e oferecem também a possibilidade de usar os compostos fenólicos ou os extratos ricos neles em alimentos ricos em lipídios a fim estender sua vida útil. (GENENA, 2005)

Antioxidantes fenólicos funcionam como sequestradores de radicais, agindo tanto na etapa de iniciação como na propagação do processo oxidativo, gerando assim outros produtos. Esses produtos intermediários, formados pela ação

destes antioxidantes, são relativamente estáveis devido à ressonância do anel aromático apresentada por estas substâncias. Deste modo, os compostos fenólicos e alguns de seus derivados são, portanto, eficazes na prevenção da oxidação lipídica. (BAGGIO, 2006)

Na figura 10 está resumido o mecanismo antioxidante de compostos fenólicos formando radicais que são estáveis devido a ressonância do anel aromático. (BAGGIO, 2006)

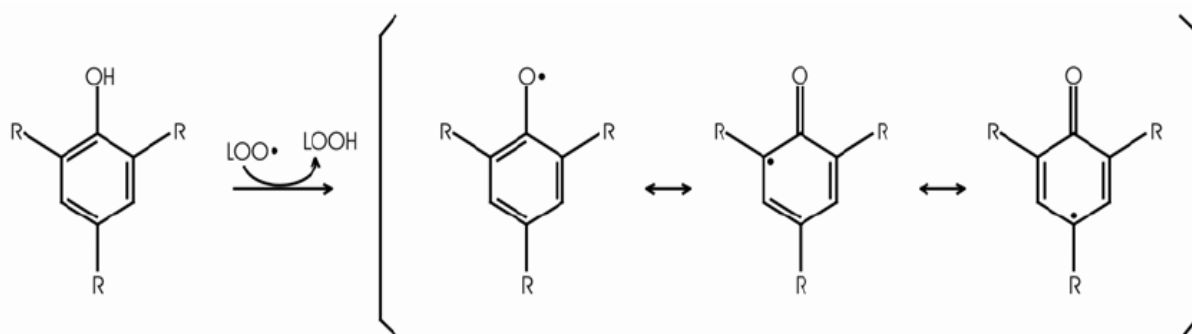


Figura 10. Mecanismo antioxidante dos compostos fenólicos. [22]
Fonte: BAGGIO, 2006

A preocupação constante de proporcionar aos consumidores produtos de alta qualidade levou à adoção de medidas que permitem reduzir a oxidação durante as fases de processamento e armazenamento dos produtos. Deste conjunto de ações, a adição de compostos antioxidantes é, sem dúvida, uma prática corrente, razão que justifica o atual interesse pela pesquisa de novos compostos com capacidade antioxidante. (BAGGIO, 2006)

Dentre os vários tipos de antioxidantes sintéticos e naturais, os primários tem sido os mais utilizados no controle da autooxidação. Tratam-se de compostos fenólicos que promovem a remoção ou inativação dos radicais livres formados durante a iniciação ou propagação da reação, através da doação de um átomo de hidrogênio a esta molécula, interrompendo a reação em cadeia e tem sido os mais utilizados no controle do processo da auto-oxidação. (RODRIGUES FILHO, 2010).

Na figura 11 está representado o mecanismo de ação do aditivo antioxidante BHT, um antioxidante sintético muito utilizado na indústria alimentícia e em outros ramos da química.

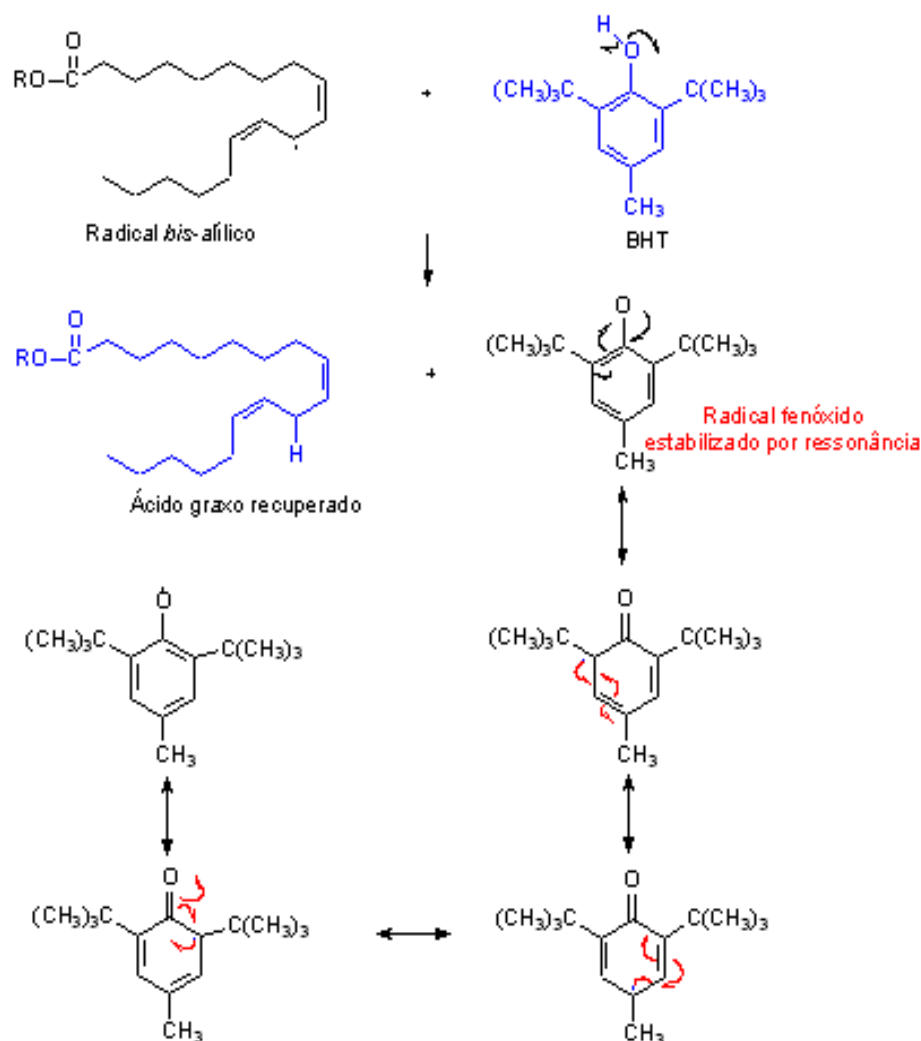


Figura 11. Mecanismo de ação do BHT. [23]
 Fonte: RODRIGUES FILHO, 2010

A figura 11 mostra o mecanismo de ação do BHT onde o átomo de hidrogênio ativo do antioxidante é abstraído pelos radicais livres $R\bullet$ e $ROO\bullet$ com maior facilidade do que o hidrogênio aliílico das moléculas insaturadas. Assim, formam-se espécies inativas para a reação em cadeia e um radical mais estável ($A\bullet$) procedente do antioxidante. Este radical, estabilizado por ressonância, não tem a capacidade de iniciar ou propagar as reações em cadeia.

O mecanismo de reação é baseado em transferência de elétrons, enquanto a abstração de átomo de hidrogênio é uma reação marginal, pois a mesma acontece lentamente em solventes que estabelecem fortes ligações de hidrogênio. O método é influenciado pelo solvente e pelo pH das reações. (<https://www.repository.utl.pt/bitstream/10400.5/3146/3/TESEMESTRADO3x.pdf>)

Esse fato comprova como a estrutura do antioxidante é fundamental para a atividade do mesmo (atividade protetora), minimizando os efeitos tóxicos das decomposições oxidativa e termo-oxidativa de ácidos graxos insaturados. (RODRIGUES FILHO, 2010)

Como já dito, a captação de radicais é o principal mecanismo de ação dos antioxidantes nos alimentos, por isso tem-se desenvolvido vários métodos em que se mede a capacidade antioxidante através da captação de radicais livres sintéticos em solventes orgânicos polares, por exemplo metanol, a temperatura ambiente. O radical utilizado é o DPPH (1,1-difenil-2-picrilhidrazila), onde aplicado a extratos, mede-se a captação deste radical através da diminuição da absorvância, que acontece devido à redução de um antioxidante (AH) ou por reação com radicais mudando a coloração da solução, como mostra a Figura 12. (<https://www.repository.utl.pt/bitstream/10400.5/3146/3/TESEMESTRADO3x.pdf>)



Figura 12. – Exemplo de mudança de cor do radical DPPH após reagir com antioxidante. [24]

Fonte: <https://www.repository.utl.pt/bitstream/10400.5/3146/3/TESEMESTRADO3x.pdf>

Este método podem ser útil para a busca de novos antioxidantes mas não quando se pretende valorizar a utilidade de um antioxidante num alimento, já que a sua atividade neste caso depende de fatores tais como a polaridade, solubilidade e a atividade quelante de metais. (<https://www.repository.utl.pt/bitstream/10400.5/3146/3/TESEMESTRADO3x.pdf>)

Assim, o mecanismo de ação de antioxidantes representado e discutido evidencia o papel importante dos aditivos intencionais antioxidantes na prevenção desse considerável complexo de reações químicas orgânicas que levam à oxidação dos lipídios presentes e constituindo os alimentos que nos trazem saúde e a manutenção da vida. (RODRIGUES FILHO, 2010).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A oxidação dos alimentos é uma reação espontânea devido ao oxigênio presente na atmosfera. Dessa forma, a presença dos aditivos antioxidantes nos alimentos industrializados é de fundamental importância, pois os alimentos podem ter um tempo de validade mais longo.

Os aditivos antioxidantes reagem com os radicais livres formados pela oxidação dos produtos, gerando assim espécies estáveis que não prejudicam a conservação dos alimentos.

A estrutura do antioxidante é fundamental para a atividade do mesmo, minimizando os efeitos tóxicos das decomposições oxidativas, sendo de importância fundamental conhecer qual antioxidante é mais efetivo para determinada aplicação, estendendo a vida de prateleira de um produto e oferecendo um alimento livre de reações deteriorativas e que poderiam causar danos à saúde.

BIBLIOGRAFIA

- [1] ALMEIDA, J. M. D., SANTOS, R. J., GENOVESE, M. I. E LAJOLO, F. M. Avaliação da atividade antioxidante utilizando sistema β -caroteno/ácido linoléico e método de sequestro de radicais DPPH•. **Ciênc. Tecnol. Aliment.**, Campinas, n. 26(2), p. 446-452, 2006.
- [2] <http://www.qmc.ufsc.br/qmcweb/artigos/aditivos.html> Acesso em: 27 jan. 2008.
- [3] RIBEIRO, E. P. e SERAVALLI, E. A. G. **Química de alimentos**. 2ª Ed. São Paulo: Editora Blucher, 2007. 196 p.
- [4] BOBBIO, F. O. e BOBBIO, P. A. **Introdução à química de Alimentos**. 1ª Ed. Editora Varela, 2003. 231p.
- [5] PADILHA, A. D. G. **Antioxidante natural de erva mate na conservação da carne de frango in vivo**. 2007. 97 f. Dissertação de Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal de Santa Maria, Rio Grande do Sul, 2007.
- [6] EVANGELISTA, J. **Tecnologia de alimentos**. 2ª Ed. São Paulo: Editora Atheneu, 2001. 118p.
- [7] www.enq.ufsc.br/labs/probio/disc_eng_bioq/trabalhos_pos2003/const_microorg/lipideos.htm Acesso em: 30 jan. 2010.
- [8] SILVA, F. A. M., BORGES, M. F. M. E FERREIRA, M. A. Métodos para avaliação do grau de oxidação lipídica e da capacidade antioxidante. **Química Nova**, Paredes, n. 22(1), p. 94-103, 1999.
- [9] SOARES, S. E. Ácidos fenólicos como antioxidantes. **Revista Nutrição**, Campinas, n. 15(1), p.71-81, 2002.
- [10] RAMALHO, V. C. e JORGE, N. Antioxidantes utilizados em óleos, gorduras e alimentos gordurosos. **Química Nova**, São Paulo, n. 29(4), p. 755-760, 2006.
- [11] www.infoescola.com/bioquimica/acidoss-graxos/ Acesso em: 18 nov. 2011.

[12] REDA, S. Y. e CARNEIRO, P. I. B. Óleos e gorduras: aplicações e implicações. **Revista Analytica**, Ponta Grossa, n. 27, p. 60-67, 2007.

[13] www.6.ufrgs.br/favet/lacvet/restrito/pdf/ag_omega.pdf Acesso em: 18 nov. 2011.

[14] TIRAPEGUI, J. **Nutrição: Fundamentos e Aspectos Atuais**, Ed. São Paulo: Atheneu, 2002. 342 p.

[15] TANAMATI, A. A. C. **Instabilidade oxidativa do óleo de soja submetido à fritura de alimentos congelados**. 2008. 93 f. Tese de Doutorado em Química, Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2008.

[16] <http://www.portalsaofrancisco.com.br/alfa/aromatizantes/aromatizantes-2.php> Acesso em: 05 mar. 2010.

[17] www.insumos.com.br/aditivos_e_ingredientes/materias/88.pdf Acesso em: 18 nov. 2011.

[18] www.anvisa.gov.br/legis/decreto_lei/986_69.htm Acesso em: 18 nov. 2011.

[19] PORTO, A. A. **Contribuição para a estimativa da prevalência da ingestão de edulcorantes intensos num grupo de jovens estudantes em Portugal continental**. 2010. 187 f. Dissertação de Mestrado em Controle da qualidade e toxicologia dos alimentos. Faculdade de Farmácia, Universidade de Lisboa, 2010.

[20] GENENA, A. K. **Extração e caracterização do extrato de alecrim (*Rosmarinus officinalis* L.): estudo de sua ação antioxidante**. 2005. 155 f. Dissertação de Mestrado em Engenharia de Alimentos do Centro Tecnológico da Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2005.

[21] http://es.wikipedia.org/wiki/Ox%C3%ADgeno_singlete Acesso em: 04 set. 2012

[22] BAGGIO, J. **Avaliação dos resíduos (casca e pó orgânico) de café (*coffea arabica* L.) como provável fonte de substâncias bioativas**. 2006. 77 f. Dissertação de Mestrado em Ciência dos Alimentos. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2006.

[23] RODRIGUES FILHO, M. G. **Cardanol e Eugenol Modificados – Uso Como Antioxidantes no Controle do Processo Oxidativo do Biodiesel Etilico de Algodão**. 2010. 113 f. Tese de Doutorado em Química, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2010.

[24]<https://www.repository.utl.pt/bitstream/10400.5/3146/3/TESEMESTRADO3x.pdf> Acesso em: 22 dez. 2012.