

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA  
CENTRO DE CIÊNCIAS RURAIS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE  
ALIMENTOS**

**CASCA DA BATATA INGLESA (*Solanum tuberosum*) NA  
PROTEÇÃO ANTIOXIDANTE DA CARNE DE FRANGO**

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO**

**Marta Alessandra de Avila Souza**

**Santa Maria, RS, Brasil**

**2006**

**CASCA DA BATATA INGLESA (*Solanum tuberosum*) NA  
PROTEÇÃO ANTIOXIDANTE DA CARNE DE FRANGO**

**por**

**Marta Alessandra de Avila Souza**

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em  
Ciência e Tecnologia dos Alimentos, Área de Concentração em Ciência e  
Tecnologia de Carnes, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS) como  
requisito parcial para obtenção do grau de  
**Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos**

**Nelcindo Nascimento Terra**

**Santa Maria, RS, Brasil**

**2006**

**Universidade Federal de Santa Maria**  
**Centro de Ciências Rurais**  
**Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia dos Alimentos**

A Comissão Examinadora, abaixo assinada,  
Aprova a Dissertação de Mestrado

elaborada por  
**Marta Alessandra de Avila Souza**

**CASCA DA BATATA INGLESA (*Solanum tuberosum*) NA  
PROTEÇÃO ANTIOXIDANTE DA CARNE DE FRANGO**

como requisito parcial para obtenção do grau de  
**Mestre em Ciência e Tecnologia dos Alimentos**

**COMISSÃO EXAMINADORA:**

---

**Dr. Nelcindo Nascimento Terra**  
(Presidente/Orientador)

---

**Dr. Tatiana Emanuelli**  
Departamento de Tecnologia e Ciência dos Alimentos/UFSM

---

**Dr. Lisiane Terra**  
Departamento de Engenharia Química/UFSM

Santa Maria, 28 de junho de 2006

<sup>1</sup> © 2006

Todos os direitos autorais reservados a Marta Alessandra de Ávila Souza. A reprodução de partes ou do todo deste trabalho só poderá ser feita com autorização por escrito do autor.

Endereço: Rua 5 de março, n.597, Camobi, Santa Maria, RS, 97105900

Fone: (0xx) 55 96150001; Fax (0xx) 2208353; End. Eletr: [aboutgirl2000@yahoo.com.br](mailto:aboutgirl2000@yahoo.com.br)

## AGRADECIMENTOS

A Deus – minha luz , refúgio e força em todos os momentos da minha vida.

A minha mãe (*in memoriam*) – pelo amor incondicional, a minha eterna saudade.

A minha amiga Lisi – pelo ombro amigo nos momentos difíceis.

Ao Prof. Nelcindo Terra – pelo exemplo de profissionalismo, a ser seguido.

Aos funcionários do Depto de Ciência e Tecnologia dos Alimentos (Moisés e Marta) – pela boa vontade e coleguismo.

Aos professores (Edgar, Neide e Luisa Helena) – pela disponibilidade como avaliadores nas análises sensoriais.

Aos professores e alunos do departamento de Fitotecnia – pela doação da matéria-prima utilizada neste experimento.

Ao laboratório do Prof. Nilo (alunos e professores) – pela consideração que tiveram comigo, ao emprestarem o equipamento, para a elaboração dos extratos.

Ao professor Alex Flores – pelos conselhos e doação do programa de estruturas químicas.

Enfim, a todos que de alguma forma torceram para que este trabalho tivesse êxito.

Sei que o meu trabalho é  
uma gota no  
oceano  
mas se não fosse ele  
o oceano seria menor  
(Madre Tereza de Calcutá)

LISTA DE FIGURAS	7
LISTA DE TABELAS	8
LISTA DE QUADROS	9
RESUMO	10
ABSTRACT	11
<b>1. INTRODUÇÃO</b>	12
<b>2. REVISÃO DE LITERATURA</b>	15
2.1 Oxidação lipídica	15
2.1.1 Na carne de frango	15
2.2 Mecanismo da oxidação lipídica	17
2.3 Consequências	18
2.3.1 <i>Flavour</i>	18
2.3.2 Cor	18
2.3.3 Proteínas	20
2.3.4 Vitaminas	20
2.4 Produtos	21
2.4.1 Malonaldeído	21
2.5 Medidas preventivas	22
2.5.1 Controle dos agentes pró-oxidantes	23
2.5.2 Controle dos substratos oxidáveis	23
2.5.3 Uso de antioxidantes	24
2.6 Mecanismo de ação	25
2.7 Antioxidantes sintéticos	26
2.8 Antioxidantes naturais	28
2.8.1 Vitamina E	28
2.8.2 Casca da batata	30
2.8.2.1 Carotenóides	31
2.8.2.2 Ácidos fenólicos	31
2.8.2.3 Antocianinas	33
2.9 Antioxidantes naturais e a saúde humana	33
<b>3. CONCLUSÕES</b>	49
<b>4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	50
<b>3. ARTIGO CIENTÍFICO</b>	36
UTILIZAÇÃO DO SUBPRODUTO DA BATATA INGLESA COMO UM ANTIOXIDANTE NATURAL EM CORTES DE FRANGO	
<b>4. CONCLUSÕES</b>	45
<b>5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	46

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 01. Estrutura do malonaldeído	21
FIGURA 02. Tocoferol	30
FIGURA03. Estrutura dos ácidos fenólicos	32
FIGURA 01. Atividade antioxidante do extrato aquoso (E1) e purificado (E2) da casca da batata no teste da oxidação acelerada em banha	42
FIGURA 02. pH das amostras de cortes de frango tratadas com extrato da casca da batata e armazenadas a -18°C durante 8 meses	42
FIGURA 03. Índice de TBA das amostras de cortes de frango tratadas e armazenadas a -18°C durante 8 meses.	44



## LISTA DE TABELAS

TABELA 01. Transformações pós-abate que predispõem a carne de frango a oxidação	16
TABELA 02. Pigmentos encontrados na carne fresca, curada ou cozida	21
TABELA 03. Caracterização de antioxidantes provenientes de fontes naturais	
TABELA 04. Condições clínicas em que os radicais livres derivados do oxigênio estão envolvidos	34
TABELA 01. Conteúdo de fenóis no extrato aquoso e fracionado da casca da batata	43
TABELA 02. Escores dos testes de aceitação para as amostras de cortes de frango realizados nos dias 2, 20 e 40, após o tratamento com o extrato aquoso (E) ou com o extrato purificado (P) da casca de batata	44

## **LISTA DE QUADROS**

QUADRO 01. Etapas da oxidação lipídica	17
QUADRO 02. Antioxidantes permitidos pela legislação para uso em produtos cárneos	25

## **RESUMO**

Dissertação de Mestrado

Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia dos Alimentos

Universidade Federal de Santa Maria, RS, Brasil

## **ANTIOXIDANTE NATURAL NA PROTEÇÃO DE CORTES DE FRANGO**

Autora: Marta Alessandra de Avila Souza

Orientador: Prof. Dr. Nelcindo Nascimento Terra

Co-orientador: Prof. Dr. Leadir L.M.Fries

Santa Maria, 28 de junho de 2006

A ocorrência da oxidação lipídica é considerada como um dos principais fatores que afetam a qualidade da carne e dos produtos cárneos avícolas, conduzindo-os a alterações sensoriais, perda do valor nutricional, formação de constituintes tóxicos e a geração de radicais livres, os quais estão diretamente associados ao surgimento de inúmeras doenças que afetam a saúde humana. Na tentativa de controlar este processo, muitas pesquisas tem sido desenvolvidas, com o propósito do isolamento de fitoquímicos naturais, obtidos de diversos substratos vegetais, que possuam uma efetiva ação como antioxidantes, os quais, além de terem a preferência dos consumidores, também possuem a capacidade de atuarem como auxiliares na prevenção de doenças. Assim, este trabalho avaliou a ação de extratos obtidos da casca da batata inglesa como antioxidantes em cortes de frango. Elaborou-se dois extratos (aquoso e purificado), os quais foram injetados nos cortes de frango, na proporção de 0,5%. Armazenou-se as amostras sob congelamento (-18°C), analisando-as mensalmente (TBA e pH), juntamente com as amostras sem extrato (controle) durante 8 meses. Realizou-se análises de pH, TBA, atividade antioxidante e fenóis para avaliar a ação antioxidante dos extratos. A atividade antioxidante encontrada foi elevada para os dois extratos, encontrando-se valores entre 84 e 94% de inibição no teste da oxidação acelerada em banha. O extrato purificado apresentou um maior rendimento na extração de fenóis. Os dois extratos foram efetivos no controle da oxidação lipídica nos cortes de frango. A qualidade sensorial do produto não foi afetada pela incorporação do extrato purificado, entretanto, no aquoso, houve uma redução nos escores de sabor.

Palavras-chave: casca de batata, oxidação lipídica, carne de frango

## **ABSTRACT**

Master Degree Dissertation  
Post-Graduate Program in Science and Food Technology  
Federal University of Santa Maria, RS, Brazil

### **NATURAL ANTIOXIDANT IN PROTECTION OF CHICKEN MEAT**

Author: Marta Alessandra de Avila Souza

Adviser: Prof. Dr. Nelcindo Nascimento Terra

Co-Adviser: Prof.Dr.Leadir L.M.Fries

Santa Maria, Jun 28<sup>th</sup>, 2006

The occurrence of lipid oxidation is considered as one of the main factors that affect the quality of meat and chicken products. This process leads to sensorial changes, to loss of nutritional value, appearance of toxic compounds and the development of free radicals that are associated with a variety of human disorders. As an attempt of management this process, various research were developed as a purpose to isolate bioactive compounds, obtained from plant source, that had effective antioxidant activity. This approach has consumers' preference, and also could help in the prevention of diseases. This research evaluated the effect of extracts obtained from potato peel as antioxidants in chicken meat. It was developed two raw extracts (aqueous and purified) were prepared and injected in the chicken meat, at 0,5% concentration. The samples were stored under freezing (-18°C), analyzed monthly (TBA and pH), along with samples without extract as a control, in the time of eight month. An analyses of pH, thiobarbituric acid rate (TBA), antioxidant activity and phenolics were conducted to determine the antioxidant action of raw extracts. The antioxidant activity was highly significant for two raw extracts, it was found value between 84 and 94% of the inhibition, in the test of to accelerate oxidation in the fat. The purified extract showed a greater yield in the content of the phenolics. The two extracts were effective to control lipid oxidation in the chicken meat. The sensorial quality of meat was not affected by added of the purified extract, while, the aqueous, induced a change in the flavour, which was not accepted by the sensory panel.

Keywords: potato peel, lipid oxidation, chicken meat

## 1. INTRODUÇÃO

A oxidação lipídica é um dos principais fatores limitantes da qualidade, aceitabilidade e da estabilidade comercial da carne e dos produtos cárneos avícolas (Bou *et al* 2001; Beltran *et al*, 2003; Botsoglou *et al*, 2003; Pena-Ranos & Xiong, 2003). O desenvolvimento da rancidez oxidativa agrava-se durante o armazenamento da carne de frango congelada, pois, enquanto as reações deteriorativas (microbiológicas e enzimáticas) podem ser inibidas com o emprego de baixas temperaturas, a oxidação lipídica ocorre normalmente à temperatura de congelamento, embora numa velocidade reduzida, além disso, este processo destrói as membranas intracelulares, diminuindo a suculência e o peso da carcaça (Melton, 1983; Grau *et al*, 2000; Gardini, 2001; Gomes *et al*, 2003).

Devido ao seu conteúdo relativamente elevado de ácidos graxos insaturados, a carne de frango é particularmente suscetível a deterioração oxidativa, à qual pode ser acelerada por processamentos tecnológicos anteriores a estocagem como o corte e o cozimento, os quais rompem as membranas celulares do músculo facilitando a interação dos ácidos graxos insaturados com substâncias pró-oxidantes (Igene *et al*, 1980; Tichivangana & Morrissey, 1985; O'Neill *et al*, 1998). Dentro deste contexto, a oxidação lipídica pode ser considerada como um processo autocatalítico, onde os produtos das reações iniciais propagam-se em reações em cadeia, originando novos compostos, os quais relacionam-se diretamente com a perda da qualidade dos produtos alimentícios. Assim, a prevenção destas reações poderá minimizar os seus efeitos adversos, e estender o *shelf-life* (vida-de-prateleira) dos alimentos (Hettiarachchy *et al*, 1996; Kring & Berger, 2001).

Entretanto, os produtos da oxidação lipídica são indesejáveis não somente pela produção de odores e *flavours* ofensivos, como resultado da decomposição de lipídios e produção de compostos voláteis, mas também, pela destruição de constituintes essenciais, ocasionando o decréscimo do valor nutricional dos alimentos e a formação de compostos tóxicos durante o processamento (Kahl & Hildebrandt, 1986; Frankel, 1996; Yang *et al*, 2002).

Na tentativa de controlar este processo nos produtos avícolas, empregaram-se várias metodologias, aplicadas isoladas ou conjuntamente, como a redução da perda de tocoferóis durante o processamento, a eliminação de metais contaminantes e o emprego de antioxidantes naturais na dieta de frangos, porém o uso de antioxidantes naturais na carne *in natura* ainda

tem sido pouco explorado (Botsoglou *et al*, 2002; Botsoglou *et al*, 2003; Jeun-Horng *et al*, 2002; Tang *et al*, 2002).

De acordo com o FDA (*Food and Drug Administration*) os antioxidantes são definidos como substâncias utilizadas para preservar e estender o *shelf-life* de alimentos que contêm lipídios oxidáveis, através do retardo da descoloração, rancidez e deterioração decorrentes da oxidação. Estas substâncias podem provir desde fontes comerciais até os mais exóticos compostos isolados naturalmente dos alimentos (Finley & Jr, 1986; Adegoke, 1998).

No entanto, em se tratando de antioxidantes sintéticos, as pesquisas intensificaram-se na década passada, descobrindo-se que estes compostos possuem um potencial tóxico, documentado em inúmeros ensaios *in vivo*, o que corroborou para a restrição da sua utilização em diversos países e para a crescente oposição dos consumidores ao emprego destas substâncias (Conacher *et al*, 1986; Ito *et al*, 1986; Witschi, 1986; Verhagen *et al*, 1989; Wurtzen, 1990; Duran & Padilha, 1993; Bannawart & Toledo, 1999).

Por outro lado, tem sido relatado que, fitoquímicos naturais como flavonóides, hidroxicinâmicos e seus derivados, carotenóides e esteróis extraídos de alguns vegetais são antioxidantes efetivos, e, fontes de substâncias biologicamente ativas com ações antimutagênicas, entre outras (Halliwell *et al*, 1992; Wong *et al*, 1995; Cook & Samman, 1996; Myake & Shibamoto, 1998; Wanasundava & Shahidi, 1998; Peterson *et al*, 2001; Peterson *et al*, 2002; Cai *et al*, 2003; Doman *et al*, 2003; Kausar *et al*, 2003; Kulisic *et al*, 2003; Mishra *et al*, 2003).

A substituição dos antioxidantes sintéticos pelos naturais pode ter efeitos benéficos, não apenas no que se refere as implicações à saúde humana, mas também, tecnológicos, em razão da solubilidade destes compostos em meios apolares e polares, o que favorece à elaboração de produtos emulsionados (Visioli. *et al*, 1994; Ong. & Khoo, 1997; Theriault *et al*, 1999; Moure *et al*, 2001).

Enfim, considerando-se as consequências indesejáveis da ação de lipídios oxidáveis *in vivo*, acredita-se ser de essencial importância minimizar o conteúdo de produtos da oxidação lipídica nos alimentos (Janero, 1990; Loliger, 1999; Karpinska *et al*, 2001; Halliwell *et al*, 1992). Dentro deste contexto, o presente trabalho teve como objetivo principal, a obtenção de um produto natural (partindo-se do subproduto da batata-inglesa), com capacidade para atuar como antioxidante, a fim de preservar cortes de frango.

Os objetivos específicos foram:

- Obter um extrato aquoso, da casca da batata.
- Separar sequencialmente as frações do extrato aquoso utilizando solventes de polaridade crescente.
- Avaliar a atividade antioxidante do extrato aquoso e da fração obtida.
- Avaliar o conteúdo total de fenóis do extrato aquoso e da fração obtida.
- Avaliar a proteção antioxidante, nos cortes de frango incorporados de extrato aquoso ou purificado.
- Avaliar a interferência dos tratamentos nos caracteres sensoriais das amostras analisadas.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 Oxidação Lipídica

#### 2.1.1 Na carne de frango

A 1ª fase da oxidação lipídica, ocorre inicialmente na ave (frango) *pré-mortem*, a nível das membranas celulares, as quais são ricas em ácidos graxos poliinsaturados, que regulam a permeabilidade destas, funcionando como uma importante barreira contra as alterações deteriorativas (Pikul *et al*, 1984; Chizzolini *et al*, 1998).

Embora possuam vários mecanismos de defesa antioxidante natural, capazes de conferir equilíbrio às reações oxidativas, as células animais, mesmo sob condições fisiológicas normais, estão continuamente mudando por ação de agentes estressores, oriundos de fontes internas e externas. Muitos destes agentes podem atuar como aceleradores das reações de peroxidação, formando radicais livres (Halliwell, 1996; Bergan *et al*, 2001; Soares, 2002).

Os radicais livres são moléculas que possuem um ou mais elétrons não-pareados, caracterizando-se essencialmente, por apresentarem uma grande instabilidade, vida muito curta, e capacidade de reagirem com diversos compostos, podendo atacar alvos celulares (Halliwell, 1994; Halliwell, 1995).

Podem ser produzidos acidentalmente ou intencionalmente, como nos processos metabólicos normais nos tecidos biológicos onde há consumo de oxigênio, ou através da ação de macrófagos que inativam bactérias e vírus, ou ainda por processos radioativos (raios X, UV), degradação térmica da matéria orgânica e nas reações onde há transferência de elétrons, mediadas por sistemas enzimáticos catalíticos (Aruoma *et al*, 1994).

Entretanto, acredita-se que uma das principais vias geradoras de radicais livres, seja resultante da decomposição de hidroperóxidos, que existem em quantidades traços nos alimentos, antes mesmo do início da autooxidação (Gordon, 1990).

A 2ª fase da oxidação lipídica, ocorre imediatamente no momento *pré-abate* e, posteriormente na etapa *pós-abate*, quando da instalação do *rigor-mortis* (Morrissey, 1998).

As mudanças bioquímicas que acompanham a conversão do músculo em carne oferecem condições favoráveis a oxidação, em razão da perda do equilíbrio entre os fatores pró-oxidativos e o sistema antioxidante natural. Salvo, o grau e a extensão deste processo sofrem uma influência direta de eventos *pré* e *pós-abate*, tais como a alimentação e o estresse,



o abaixamento do pH, a temperatura da carcaça e a estimulação elétrica, respectivamente, os quais promovem o rompimento celular com a conseqüente liberação de íons de metais catalíticos (Kanner, 1994; Grau *et al*, 1996; Rhee *et al*, 1996; Lee *et al*, 1997; Chizzolini *et al*, 1998; Al-Najdawi & Abdullah, 2002).

As transformações pós-abate que predisõem a carne de frango à oxidação, estão evidenciadas na Tabela 01.

A 3ª fase da oxidação lipídica, considerada a mais significativa, ocorre durante as etapas de procesamento dos produtos avícolas (Decker & Crum, 1993). Nestes processos, a perda da integridade das membranas musculares promove alterações nos compartimentos celulares, que resultam na liberação de ferro cataliticamente ativo de macromoléculas como a hemoglobina, mioglobina, ferritina e hemosiderina. Este, e outros agentes pró-oxidantes passam, então, a interagir com compostos de baixo peso molecular como aminoácidos, nucleotídeos e fosfatos, com os quais formam quelatos responsáveis pela catálise da oxidação lipídica *in vivo* (Apte & Morryissey, 1987; Monahan *et al*, 1993; Morrissey *et al*, 1996).

**TABELA 01.** Transformações pós-abate que predisõem a carne de frango à oxidação

---

Atordoamento e sangria – cessamento da circulação sanguínea
Metabolismo anaeróbico – acúmulo de ácido láctico, declínio do pH para aproximadamente 5,5
Circulação de nutrientes rapidamente cessa
Sistema preventivo de enzimas antioxidantes – superóxido dismutase, catalase glutaciona peroxidase, glutaciona redutase      função comprometida
Proteínas sequestrantes de ferro (ceruloplasmina, transferina) – inativadas
Retículo sarcoplasmático perde a capacidade de acumular cálcio
Proteínases dependentes de cálcio, degradam proteínas musculares
Destruição dos compartimentos celulares
Ferro quelatável de baixo peso molecular é liberado
Ferro cataliza reações em cadeia
Oxidação lipídica nas membranas é iniciada

---

Fonte: (Morrissey *et al*, 1998)

## 2.2 Mecanismo da oxidação lipídica

O mecanismo da oxidação lipídica é geralmente descrito como uma reação em cadeia constituída por três etapas distintas (quadro 01): iniciação, propagação e terminação (Cosgrove *et al*, 1987).

Segundo Kahl & Hildebrandt (1986), a autooxidação lipídica é iniciada pela formação de radicais livres, os quais atacam e abstraem um átomo de hidrogênio de um grupamento metil, adjacente à dupla ligação do ácido graxo insaturado, deixando um elétron desemparelhado no carbono, gerando um radical alila ( $L^{\bullet}$ ).

Posteriormente, na etapa de propagação, o radical alila após rearranjo molecular seguido pela adição do oxigênio triplete, origina o radical peroxil ( $LOO^{\bullet}$ ). Este, então, abstrai um átomo de hidrogênio do carbono  $\alpha$ -metileno de outro ácido graxo insaturado adjacente, produzindo hidroperóxidos ( $LOOH$ ) e outro radical alila, que retroalimenta a reação. Desta forma, a degradação oxidativa lipídica é frequentemente descrita como um processo autocatalítico ou autooxidativo (Logani & Davies, 1980; Park *et al*, 1997).

A etapa de terminação é marcada pela interrupção das reações em cadeia, posto que, quando ocorre uma redução da quantidade de ácido graxo insaturado presente no sistema, os radicais livres ligam-se uns aos outros formando compostos estáveis (Niki *et al*, 2005).

Os produtos finais da oxidação lipídica são derivados da decomposição dos hidroperóxidos, além de produtos de elevado peso molecular resultantes das reações de dimerização e polimerização (Kahl & Hildebrandt, 1986).

$LH + OH^{\bullet} \text{ (ou } LO^{\bullet}) \rightarrow L^{\bullet} + H_2O$	Iniciação
$L^{\bullet} + O_2 \rightarrow LOO^{\bullet}$	Propagação
$LH + LOO^{\bullet} \rightarrow L^{\bullet} + LOOH$	Propagação
$LOO^{\bullet} + L^{\bullet} \rightarrow LOOL$	Terminação
$LOO^{\bullet} + LOO^{\bullet} \rightarrow LOOL + O_2$	Terminação

**QUADRO 01.** Etapas da oxidação lipídica

Fonte: Kahl & Hildebrandt (1986)

## 2.3 Consequências

### 2.3.1 Flavour

O *flavour* em carnes é determinado termicamente, e, os seus maiores precursores são representados por compostos hidrossolúveis e lipídios (Mottran, 1998).

Deste modo, quando carnes e produtos cárneos submetem-se a processos de cocção, ocorre um complexa série de reações (Maillard, degradação lipídica) induzidas pelo calor, e que resultam em um ampla variedade de constituintes que caracterizam a sua qualidade sensorial (Farmer & Peterson, 1991).

Contudo, durante o armazenamento de carnes não-curadas tratadas termicamente a perda do frescor (*off-flavours*) acontece rapidamente (Morrissey *et al*, 1998).

O desenvolvimento de *off-flavours* ou *warmed-over flavour* (sabor a requentado) em carnes é descrito principalmente como uma consequência da autooxidação de ácidos graxos poliinsaturados, essencialmente, fosfolipídios (Spanier *et al*, 1988; Byrne *et al*, 2001; Byrne *et al*, 2002).

Neste processo, os hidroperóxidos, produtos primários da oxidação lipídica, são insípidos, entretanto, decompõem-se facilmente em produtos secundários voláteis e não-voláteis. Destes, os compostos carbonílicos, destacam-se como os principais responsáveis pela perda do *flavour* desejável em espécies características como suínos e frangos (Gray & Pearson, 1987; Drum & Spanier, 1991; Konopka *et al*, 1999; Campo *et al*, 2005).

### 2.3.2 Cor

A cor da carne é o mais importante atributo de qualidade que influencia na aceitabilidade de produtos cárneos e nas decisões de compra pelo consumidor (Mancini & Hunt, 2005).

A cor que o consumidor associa como desejável a carnes de boa qualidade é dependente da espécie. Para frangos, perus e suínos *in natura* o róseo-acinzentado é considerado normal, e, nos produtos a base de carne bovina e ovina, o vermelho brilhante é a cor mais comumente aceita (Carpenter *et al*, 2001).

As variações na cor da carne são influenciadas por fatores extrínsecos e intrínsecos, como a temperatura, disponibilidade de oxigênio, exposição a luz, embalagem, tipo e crescimento de microrganismos na superfície, e, o sexo, raça, idade, antioxidantes endógenos, tipo de músculo e metabolismo, velocidade de declínio do pH pós-mortem e pH final da carne, respectivamente (Renerre & Labas, 1987; Renerre, 1990; Yin & Faustman, 1993).

Por outro lado, as bases bioquímicas da cor vermelha da carne estão bem estabelecidas e dependem essencialmente, da concentração e estado redox da mioglobina, hemoglobina e do citocromo C (Bekhit & Faustman, 2005).

No entanto, como a hemoglobina é praticamente perdida durante a sangria, contribuindo com aproximadamente 6 a 16% do total de pigmentos cárneos, a mioglobina é o principal pigmento responsável pela cor da carne (Krzywichi, 1982; O’Keeffe & Hood, 1982; Hunt *et al*, 1999).

A mioglobina é uma proteína globular formada por uma cadeia polipeptídica, de massa molecular 16,8 KD, contendo 153 aminoácidos. Sua porção proteica denomina-se globina e o constituinte cromóforo responsável pela absorção da luz e da cor é uma porfirina denominada heme (Fennema, 2000).

A porção heme é constituída por um anel situado em um vazio hidrofóbico da proteína globina. No centro deste anel existe um átomo de ferro que possui 6 pontos e coordenação, 4 deles estão complexados com átomos de nitrogênio tetrapirrólicos, e, o quinto, unido a um resíduo de histidina. O sexto ponto encontra-se disponível para formar complexos com átomos eletronegativos, doados por diversos ligantes (Mancini & Hunt, 2005).

E normalmente encontrada sob três formas: desoximioglobina, oximioglobina, e metamioglobina (Neto, 2003; Filho *et al*, 2003).

A dexomioglobina (Mb) ou mioglobina reduzida é a cor predominante em carnes submetidas a baixas tensões ou ausência de oxigênio. Neste estado, não há ligantes no sexto ponto de coordenação do anel porfirínico, e, o ferro encontra-se na sua forma ferrosa ( $Fe^{2+}$ ). A cor resultante é o vermelho-púrpura tipicamente associada ao músculo pós-abate (Lindhal *et al*, 2001; Hulsegge *et al*, 2001).

A oximioglobina ( $MbO_2$ ) possui a cor vermelho brilhante, que é resultante da exposição da carne fresca ao oxigênio. Não há mudanças na valência do ferro, e, o sexto ponto de coordenação do anel porfirínico está ocupado pelo oxigênio, o qual também interage com a histidina, alterando a estrutura e a estabilidade da mioglobina (Livingsston & Brown, 1982; Wallace *et al* 1982).

Como resultado da oxidação tanto da desoximioglobina quanto da oximioglobina, tem-se a formação da metamioglobina, que confere a superfície da carne uma cor indesejável de aspecto escuro ou marrom (Bekhit *et al*, 2003).

Nesta oxidação ocorre uma mudança no estado do íon ferro que passa de ferroso para férrico, e, o sexto ponto de coordenação do anel porfirínico encontra-se ocupado pela água (Mancini & Hunt, 2005).

A descoloração da carne fresca pode ocorrer naturalmente, sob a ação de enzimas intrínsecas do músculo que utilizam o oxigênio, como também, sob a influência de inúmeros fatores, como a temperatura, umidade relativa, pressão parcial de oxigênio, luz, período de estocagem e a oxidação lipídica (Hood, 1980; Reddy & Carpenter, 1991; Milkensen *et al*, 1999; Kannan *et al*, 2001).

Muitos autores sustentam que existe uma interdependência entre a oxidação lipídica e a oxidação da cor em carnes. A oxidação do pigmento pode catalizar a oxidação lipídica, assim como, os radicais livres produzidos durante a oxidação lipídica podem oxidar o átomo de ferro ou desnaturar a molécula de mioglobina, alterando negativamente a cor dos produtos cárneos (Rhee *et al*, 1987; Love, 1983; Jacobsen & Bertelsen, 2000; Lynch & Faustman, 2000; O'Grady *et al*, 2001).

Deste modo, a redução da mioglobina é crucial para a manutenção da estabilidade da cor da carne, à qual depende, fundamentalmente, da atividade de enzimas sequestrantes de oxigênio do músculo, do sistema de enzimas redutoras e da concentração de NADH. Salvo, todos estes sistemas são progressivamente depredados durante os processos bioquímicos que se sucedem no músculo *pós-mortem* (Mancini & Hunt, 2005).

As principais reações redox na molécula da mioglobina que determinam a cor da carne fresca, curada ou cozida, estão resumidas na Tabela 02.

### **2.3.3 Proteínas**

Os produtos da oxidação lipídica reagem com proteínas através de diversos mecanismos causando ligações cruzadas e ou modificação química nas cadeias laterais. Assim, muitas ROS podem oxidar grupos –SH, promovendo o decréscimo da digestibilidade e do valor biológico, ocasionando a perda da qualidade destas (Schaid, 1980; Nielsen *et al*, 1985; Finley & Jr, 1986; Aruoma, 1994).

### **2.3.4 Vitaminas**

Os radicais livres produzidos durante as reações de oxidação lipídica podem reagir com vitaminas, degradando-as, e, com isto, ocasionando a perda das vitaminas lipossolúveis, no decorrer do período de estocagem de produtos cárneos desidratados (Finley & Jr, 1986; Madhavi *et al*, 1995).

**TABELA 02.** Pigmentos encontrados na carne fresca, curada ou cozida

Pigmento	Formação	Cor
Desoximioglobina	Redução da metamioglobina	vermelho
	Desoxigenação da Oximioglobina	púrpura
Oximioglobina	Oxigenação da mioglobina	vermelho Vivo
Metamioglobina	Oxidação da mioglobina	marrom
Nitrosomioglobina	Reação da mioglobina Com o óxido nítrico	vermelho róseo
	Nitrosohemocromo	Efeito do calor, agentes Desnaturantes sobre a mioglobina
Nitrosometamioglobina	Reação da metamioglobina Com o óxido nítrico, em Presença de agente redutor	vermelho acinzentado
	Coleglobina	Efeito do peróxido de hidrogênio Sobre a mioglobina /oximioglobina

Fonte: Lawrie (1998)

## 2.4 Produtos

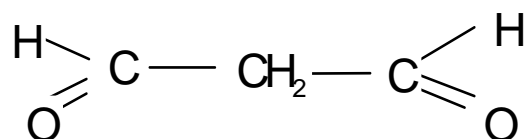
### 2.4.1 Malonaldeído

O malonaldeído (fig01) é um dialdeído de 3 carbonos com grupos carbonil nas posições C-1 e C-3. Pode ser encontrado em diversos alimentos, entretanto, nos gordurosos, a sua concentração é dependente do grau de insaturação do ácido graxo, da presença de metais, do p H e do tempo e temperatura de cocção a que os mesmos estiveram submetidos (Dawson & Gartner, 1983; Pikul *et al*, 1989; Ulu, 2004).

Origina-se através de distintos mecanismos como a partir da decomposição de hidroperóxidos, da oxidação secundária de compostos carbonílicos e da degradação oxidativa de aminoácidos ferro-dependentes. No entanto, também pode ser sintetizado a partir de

processos biológicos, como um produto da degradação de endoperóxidos envolvidos na síntese de prostaglandinas, ou a partir de radicais livres produzidos por tratamento *in vivo* com radiações gama (Rosmini *et al*, 1996; Fernandez *et al*, 1997).

É considerado o maior produto secundário da oxidação lipídica, e, como um aldeído bifuncional, é muito reativo, podendo interagir através de ligações cruzadas com DNA e proteínas, promovendo aberrações cromossômicas e redução da capacidade de síntese proteica, respectivamente (Pearson *et al*, 1983; Addis, 1986; Kubow, 1990; Miyake & Shibamoto, 1998).



**FIG 01.** Estrutura do malonaldeído

Fonte: Fernández (1997)

## 2.5 Medidas preventivas

Para o controle da deterioração oxidativa nos produtos avícolas, torna-se essencial o desenvolvimento de tecnologias, que mantenham o balanço oxidativo, encontrado antes do processamento. Isto pode ser alcançado através da minimização dos efeitos pró-oxidativos do processamento, alterações na concentração de substratos oxidáveis, e o uso de antioxidantes (Wong *et al*, 1995; Chizzolini *et al*, 1998; Decker & Xu, 1998; Jimenez-Colmenero *et al*, 2001).

### 2.5.1 Controle dos agentes pró-oxidantes

Os principais componentes pró-oxidantes das células musculares que atuam durante as etapas de conversão do músculo em carne, são representados pelos metais de transição,

proteínas heme e enzimas, os quais possuem a capacidade de acelerarem a oxidação dos lípidios de membrana (Rhee *et al*, 1987; Decker & Xu, 1998).

Deste modo, durante as operações de processamento da carne e dos produtos cárneos avícolas, cerca de 10% dos metais de baixo peso molecular, que não estão associados a macromoléculas, conjuntamente com os que são liberados destas, tornam-se cataliticamente ativos para atuarem na oxidação. Além disso, o seu potencial oxidativo pode ser aumentado, sob influência do cloreto de sódio, o qual atua na liberação de metais de grupos prostéticos, acelerando, desta maneira, os processos oxidativos (Dunfort, 1987; Decker & Welch, 1990; Kanner *et al*, 1991; Decker *et al*, 1993; Hansen *et al*, 1996; Rhee & Ziprin, 2001; Beltran *et al*, 2003).

No entanto, a atividade catalítica dos metais de transição no músculo, pode ser controlada pela complexação com proteínas, posto que, uma vez complexados, estes perdem a habilidade para promoverem a oxidação, pois, além de assumirem formas pouco reativas, sua localização na molécula proteica os impede estericamente de interagir com lípidios (Aruoma, 1987).

### **2.5.2** Controle dos substratos oxidáveis

As mudanças na composição dos ácidos graxos de membrana de suínos e aves, através da substituição dos lípidios exógenos por fontes com maior estabilidade oxidativa do que os endógenos pode não ter um efeito satisfatório no controle da oxidação (Jimenez-Colmenero *et al*, 2001).

No entanto, a maximização da fração lipídica do músculo com ácidos graxos saturados, poderá resultar em carnes oxidativamente estáveis, mas isto não é desejável sob o ponto de vista nutricional e tecnológico (Decker & Xu, 1998).

Por outro lado, a oxidação lipídica nos produtos cárneos avícolas, pode ser influenciada pela concentração de oxigênio do meio ambiente (Frankel, 1991).

Assim, o uso de equipamentos a vácuo, ou de processos que modifiquem a atmosfera do meio na etapa final do processo, pode ser considerada uma medida eficaz para o controle da oxidação em produtos minimamente processados ou submetidos a processos de cocção (Ahn, 1992; Spanier, 1992).

### **2.5.3** Uso de Antioxidantes



Historicamente, o uso de antioxidantes nos alimentos teve início em meados de 1940, quando algumas substâncias naturais provenientes da casca de árvores, utilizadas por tribos americanas e indianas, mostraram-se úteis na conservação de gorduras animais e vegetais. Posteriormente, descobriu-se que a efetividade destes compostos estava diretamente relacionada ao seu teor de constituintes fenólicos (Coulter, 1988; Madhavi *et al*, 1995).

Atualmente, a utilização de antioxidantes em produtos alimentícios é controlada pela legislação dos países ou padrões internacionais. Deste modo, apenas alguns compostos reconhecidos como seguros pelas organizações internacionais como a *Food and Agriculture Organization* (FAO), *Joint Expert Committee* (JECFA) e a *World Health Organization* (WHO) são permitidos para o uso em alimentos (Soares, 2002).

No Brasil, para a carne fresca ou congelada, não é permitido o uso de aditivos, porém, para produtos cárneos, existe uma concentração estabelecida pela legislação (quadro 03).

Segundo Madhavi *et al* (1995), para poderem incorporar produtos alimentícios, estes compostos estão sob a dependência de alguns requisitos:

- Solubilidade em meios apolares
- Ser de fácil incorporação
- Efetivos a baixas concentrações
- Estáveis a processamentos térmicos
- Eficazes ao menos 1 ano à temperatura de 25 a 30°C
- Não devem interferir nos caracteres sensoriais de alimentos estocados por um período prolongado
- Sua LD<sub>50</sub> deve ser menor do que 1000mg/Kg do peso corporal humano
- Não devem exercer nenhum efeito significativo no crescimento de animais experimentais, submetidos a um longo tempo de estudo

Deste modo, a aprovação dos antioxidantes para a utilização em alimentos, requer extensivos estudos toxicológicos sob a possibilidade de efeitos mutagênicos, teratogênicos e carcinogênicos (Wurtzen, 1990).

## **2.6 Mecanismo de ação**

De uma forma genérica, os antioxidantes atuam interagindo com o radical peroxil, o qual acha-se mais prevalente na etapa de propagação da autoxidação, e, possui menos energia,

se comparado a outros radicais, fato que favorece a abstração de seu hidrogênio (Decker, 1998).

O radical fenoxil resultante, embora relativamente estável, pode interferir na reação de propagação, ao reagir com um outro radical peroxil, podendo originar novos radicais, por ação da luz ultravioleta e/ou temperaturas elevadas (Melo & Guerra, 2002).

Deste modo, é importante salientar que, a eficácia de um antioxidante no controle da autoxidação, não se restringe apenas a doar e<sup>-</sup> ou hidrogênio, sendo necessário que o radical fenoxil formado possua uma baixa reatividade, que lhe é conferida: pela ressonância de deslocamento do e<sup>-</sup> desemparelhado em volta do anel aromático, ausência de sítios capazes de se ligarem ao O<sub>2</sub>, grupos funcionais presentes e posição que ocupam no anel aromático e pelo tamanho da cadeia desses grupos (Shahidi *et al*, 1992).

Ácido ascórbico	qs*
Ascorbato de sódio	qs
Ascorbato de cálcio	qs
Ascorbato de potássio	qs
Ácido eritórbico	qs
Ácido isoascórbico	qs
Eritorbato de sódio	qs
Isoascorbato de sódio	qs
Butil-hidroxianisol	0,01%
Butil-hidroxitolueno	0,01%
Galato de propila	0,01 %

**QUADRO 02.** Antioxidantes permitidos pela legislação para uso em produtos cárneos (Portaria n° 1004, de 11 de dezembro de 1998)

Fonte: Brasil (1998), [www.anvisa.gov.br](http://www.anvisa.gov.br)

\*qs: quantidade suficiente

No entanto, dependendo da sua função, os antioxidantes podem agir especificamente, através de distintos mecanismos (Kahl & Hildebrandt, 1986; Noguchi & Niki, 2000; Pinchuck & Lichtenberg, 2002):

Como agentes capazes de inibir a produção de radicais livres, induzida por metais de transição:

- formando complexos inativos com íons metálicos
- retardando a etapa da iniciação da autoxidação através da decomposição de hidroperóxidos, formando espécies estáveis não-radicalares

Incluem-se nesta categoria, o ácido tiodipropiônico e o dilauriltiodipropionato, o ácido ascórbico, fosfórico e seus derivados, cítrico, palmitato de ascorbila e o ácido etilenodiamina tetracético (EDTA), entre outros.

Como inibidores das reações em cadeia mediadas por radicais livres:

- atuando como agentes seqüestrantes
- doando e<sup>-</sup> ou hidrogênio aos radicais livres, convertendo-os em produtos termodinamicamente estáveis
- Interagindo com radicais livres, formando um complexo lipídio-antioxidante, de baixa reatividade, a exemplos do BHT, BHA, TBHQ,  $\alpha$ -tocoferol e flavonóides.

## 2.7 Antioxidantes Sintéticos

Os antioxidantes sintéticos mais comumente utilizados nos alimentos são representados pelo BHT, BHA e TBHQ. O BHA comercial é constituído de 2 isômeros: o 3-butil hidroxianisol e o 2-butil hidroxianisol, e, juntamente com o BHT está entre os aditivos mais amplamente utilizados em inúmeros produtos gordurosos, apresentando uma boa resistência a processos de forneamento, embora, inadequados à fritura (Destafney *et al*, 1986).

Após a sua administração oral é absorvido pelo trato gastrointestinal de ratos, coelhos e humanos, sendo rapidamente eliminado, com poucas evidências de acúmulo a longo prazo (Conacher *et al*, 1986).

Até 1982, estudos a longo prazo realizados com o BHA, utilizando-se a via oral de administração, forneceram resultados negativos. Entretanto, nenhum destes estudos seria aceitável atualmente, por apresentarem duração insuficiente ou deficiências na seleção de tecidos para análises histopatológicas, em relação aos padrões atuais. A partir de 1983, a principal preocupação quanto à toxicidade deste composto, foi o desenvolvimento de tumores no primeiro estômago de roedores (Wurtzen , 1990).

Entretanto, a relevância para o homem dos efeitos do BHA no primeiro estômago de roedores foi discutida por vários autores, e, segundo os quais é pouco provável, a ocorrência de efeitos semelhantes no homem, em órgãos como o esôfago e estômago, já que o nível de BHA necessário para produzir efeitos carcinogênicos em roedores é muito superior aos níveis

a que o homem está normalmente exposto através dos alimentos (Altman *et al*, 1986; Wurtzen, 1993).

O BHT comercial é comercialmente utilizado na forma sólida, como cristal branco ou pó, constituindo-se no principal antioxidante encontrado em gorduras animais, cereais matinais, vitaminas, snacks, salames entre outros (Conacher *et al*, 1986).

A administração oral de BHT resulta em absorção rápida pelo trato gastrointestinal e eliminação na urina e nas fezes de ratos, camundongos e humanos (Verhagen *et al*, 1989). O fígado, os pulmões e o sangue são os principais alvos de toxicidade do BHT, sendo que, em ratos, os efeitos deste sobre o fígado são mais marcantes, quando comparados ao BHA (Witschi, 1986).

O *terc*-butil hidroquinona é comumente utilizado para a estabilização de gorduras, óleos e produtos de confeitaria, sendo considerado o antioxidante mais indicado para a conservação de alimentos submetidos a processos de fritura (Giri *et al*, 1986).

O TBHQ administrado oralmente é absorvido no trato gastrointestinal e rapidamente excretado na urina de ratos, cães e humanos. O metabolismo ocorre através de processos oxidativos, seguidos por reações de conjugação (Esch, 1986).

Segundo Sherwin (1980), em estudos realizados a longo prazo com ratos, onde o TBHQ foi testado, o mesmo não causou alterações hemorrágicas semelhantes aquelas observadas em ratos expostos ao BHT, e, quanto a efeitos adversos nos pulmões, enquanto o BHT produziu hiperplasia dos pneumócitos, o TBHQ não ocasionou nenhuma lesão neste órgão.

#### Considerações finais

Conforme dados da literatura, os antioxidantes sintéticos BHA, BHT E TBHQ estão relacionados à ocorrência de determinados efeitos adversos em distintos animais experimentais.

Entretanto, apesar destes efeitos, valores de IDA (Ingestão Diária Aceitável) foram atribuídos pelo JECFA para estes compostos, mediante a avaliação dos diversos estudos toxicológicos disponíveis, e, como tais aditivos são utilizados normalmente em quantidades pequenas (100-200ppm), e em alimentos cujo consumo em uma dieta normal é relativamente baixo, em comparação com outras categorias, acredita-se que os mesmos, não ofereçam riscos à saúde humana.

Porém, é importante salientar que a IDA de um composto, assim como os níveis de uso permitido em diferentes alimentos, podem ser alterados a qualquer momento, desde que

novos estudos sugeriram tal necessidade. Deste modo, é extremamente relevante a continuidade dos estudos toxicológicos, e a realização periódica de estudos de ingestão de antioxidantes, assim como de outras classes de aditivos, a fim de se verificar se a IDA destes compostos não está sendo ultrapassada, garantindo assim a sua segurança de uso.

## 2.8 Antioxidantes Naturais

A análise da atividade antioxidante de compostos naturais, teve início com Chipault *et al* (1952) em especiarias, ingredientes utilizados nos alimentos desde os primórdios da história, não somente para melhorar ou ressaltar suas características sensoriais, mas também, para preservá-los (Escarchou *et al*, 2002).

A partir de então, a literatura refere-se a inúmeras pesquisas realizadas em âmbito nacional e internacional sobre a propriedade antioxidante de produtos naturais, cujos resultados, encontram-se sintetizados na Tabela 03.

Uma análise das informações nela contida, permite evidenciar que nas últimas duas décadas, houve um incremento das pesquisas nesta área, em consequência da busca de um estilo de vida mais saudável e da constatação de que certos alimentos, possuem substâncias biologicamente ativas e que trazem benefícios à saúde ou ações fisiológicas desejáveis, estando potencialmente envolvidos na prevenção de doenças (Park *et al*, 1997; Kroon & Williamson, 1999).

### 2.8.1 Vitamina E

O termo vitamina E é usado como uma alusão genérica a todos os tocóis e tocotrienóis que exibem a atividade bilógica do  $\alpha$ -tocoferol (Jensen *et al*, 1998).

Os tocoferóis (fig 02) são antioxidantes pertencentes a um grupo composto por 4 distintos isômeros, que se diferenciam pelo número e posição do grupo metila ligado ao anel fenólico (Chan & Decker, 1994).

No entanto, dentre todos os tocoferóis conhecidos, o  $\alpha$ -tocoferol tem sido considerado como o mais biologicamente ativo, constituindo-se no principal antioxidante lipossolúvel naturalmente presente no músculo (Machlin & Bendich, 1987; Decker & Xu, 1999).

**TABELA 03.** Caracterização de antioxidantes provenientes de fontes naturais

Fonte	Composto bioativo	Atividade antioxidante	Referência
Canola	1-O- $\beta$ -D	Forte atividade	Wanasundara <i>et al</i> (1994)

---

Glicopiranosilsináptico			
Cevada	2''(3'')-O-glicosilisovitexina	Equivalente ao $\alpha$ -tocoferol	Osawa <i>et al</i> (1992)
Gengibre	Gingerol Diarilheptanóides	Diarilheptanóides> gingerol> $\alpha$ -tocoferol	Kikusaki <i>et al</i> (1989)
Mostarda	ác.3-5 dimethoxi-4-hidroxicinâmico metil éster	90% de inibição da oxidação	Chung <i>et al</i> (1997)
Orégano	Apigenina, eriodictol Dihidrocampferol Dihidroquercetina	Semelhante ao BHT	Vekiari <i>et al</i> (1993)
Sálvia	Ác.carnósico, Rosmadial, rosmanol Carnosol, epirosmanol	Ác.carnósico mais ativo os outros compostos foram 3 a 7 vezes menos ativos do que o BHT	Cuvelier <i>et al</i> (1994)
Pimenta	Quercetina, luteonina	Luteonina > quercetina	Lee <i>et al</i> (1995)

---

Fonte: Melo & Guerra (2002)

Devido a sua natureza lipofílica, o  $\alpha$ -tocoferol possui a propriedade de acumular-se no interior das membranas, sendo transportado por lipoproteínas, essencialmente as de baixa densidade (LDL), armazenando-se em vários tecidos como no fígado, tecido adiposo e músculo (Lauridsen *et al*, 1997; O'Sullivan *et al*, 1997).

A ação antioxidante da vitamina E no processo de peroxidação lipídica está essencialmente relacionada a captura de radicais peroxila e alcoxila. Neste processo, o  $\alpha$ -tocoferol atua através da doação de um átomo de hidrogênio a estes radicais, formando um aduto não radicalar (Burton & Ingold, 1981).

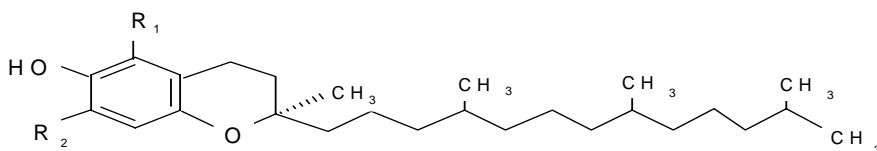
Analogamente, o radical peroxila oxida a vitamina E, produzindo o radical tocoferoxila, o qual é estável e não propaga reações em cadeia (Tsuchiya *et al*, 1994).

A completa oxidação do radical tocoferoxila gera o  $\alpha$ -tocoferolquinona, por meio de uma reação irreversível. Porém, assim que o radical tocoferoxila é formado, o  $\alpha$ -tocoferol é imediatamente regenerado, sugerindo-se que os níveis plasmáticos e teciduais da vitamina E sejam repostos por um *pool* mantido na forma não-oxidada (Liebler, 1993; Junior *et al*, 1998).

A vitamina E é comumente usada na suplementação dietética de animais, comercialmente na forma de ésteres de *all-rac-α*-tocoferol. Estes ésteres são resistentes a oxidação, mas não exibem atividade antioxidante. Porém, quando hidrolizados no intestino, liberam a forma nativa do  $\alpha$ -tocoferol, recuperando, deste modo, a sua atividade (Buckley *et al*, 1995; Higgins *et al*, 1998; Botsoglou *et al*, 2003).

Segundo O'Neill (1998), a suplementação dietética de frangos com  $\alpha$ -tocoferol e a adição de carnosina (na carne *in natura* e tratada termicamente), exercem uma ação sinérgica eficaz no controle da oxidação lipídica durante a estocagem refrigerada.

O mesmo autor (1999), ainda comprovou que a suplementação da dieta com  $\alpha$ -tocoferol e carnosina, promovem um efeito satisfatório na carne de frango *pós-mortem*, inibindo a oxidação lipídica, acelerada pelo uso do sal, como também, a oxidação do colesterol.



**Figura 02.** Tocoferol

Fonte: Theriault (1999)

### 2.8.2 Casca da batata

Nativas dos Andes, as batatas são tubérculos da planta Solanácea (*Solanum tuberosum*), sendo cultivadas inicialmente pelos povos peruanos há cerca de 4000 anos (Muller, 1981; Angelis, 2001). Atualmente, constituem-se em um dos vegetais mais cultivados e economicamente importantes do mundo, fornecendo uma das mais importantes fontes de energia para o consumo humano (Arora & Camire, 1994).

Sua casca representa um dos principais efluentes resultantes da indústria processadora de batata, à qual, geralmente é descartada como um subproduto, sendo utilizada na alimentação animal ou como matéria-prima de fertilizantes orgânicos (Randuz *et al*, 2003).

No entanto, em razão da necessidade de serem encontradas novas opções, para o uso racional de resíduos, considerando-se os benefícios inquestionáveis ao meio ambiente, acredita-se que a casca da batata poderá se tornar um proveitoso produto para a indústria de alimentícia, uma vez que a mesma, é rica em fibras e antioxidantes naturais como os

carotenóides, antocianinas e ácidos fenólicos (Onyeneho *et al*,1993; Al-Saikhan *et al*, 1995; Sotillo *et al*, 1994).

#### **2.8.2.1 Carotenóides**

Os carotenóides (carotenos e xantofilas) são pigmentos multicoloridos encontrados em diversos vegetais (frutas, sementes, tubérculos), sendo que, alguns deles como o  $\beta$ -caroteno são precursores da vitamina A (Ferrari & Torres, 2002).

O principal mecanismo antioxidante destes compostos está relacionado à sua habilidade de inativar o  $O_2$  singlete. Mas, como o  $O_2$  singlete não é o mais importante agente pró-oxidante do músculo, os carotenóides possuem um potencial limitado para atuarem na estabilidade oxidativa de produtos cárneos (Montensen & Skibsted, 1997; Bem-Amotz & Fishler, 1998).

#### **2.8.2.2 Ácidos fenólicos**

Os ácidos fenólicos são os principais constituintes ativos encontrados na casca da batata, sendo representados essencialmente por duas classes de compostos: os derivados do ácido hidroxicinâmico e, derivados do ácido hidroxibenzóico (Mansour & Khalil, 2000; Rehman *et al*, 2004; Mello & Guerra, 2002).

Os derivados do ácido hidroxicinâmico (fig 03) são compostos fenólicos que existem nas plantas, usualmente na forma de ésteres, a exemplo do ácido clorogênico, mas também podem ser encontrados na forma de glicosídeos ou ligados a proteínas e a outros polímeros da parede celular dos vegetais, e, raramente como ácidos livres. Os ácidos *p*-cumárico, ferúlico, cafeico e sináptico são os hidroxicinâmicos mais comuns encontrados na natureza (Araújo, 1995).

Os derivados do ácido hidroxibenzóico (fig 03), possuem propriedades químicas e biológicas semelhantes a dos ácidos hidroxibenzóicos, destacando-se os ácidos protocatequínico, vanílico, siríngico, gentísico, salicílico, elágico e gálico como os principais representantes (Belitz & Grosch, 1988).

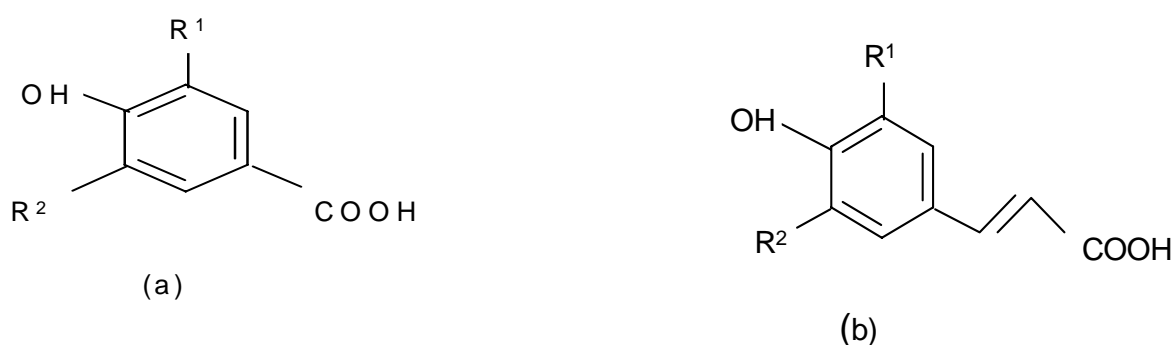
Diversos estudos têm comprovado, a eficácia dos ácidos fenólicos como antioxidantes em alimentos (Duran & Padilha, 1993; Marinova & Yanishlieva, 1992; Von Gadow *et al*, 1997).

Papadopoulos & Boskou (1991) analisando a atividade antioxidante da fração polar contida no óleo de oliva refinado, constatou que a mesma é constituída praticamente por



ácidos fenólicos, e, uma vez testada a atividade antioxidante de cada ácido, o ácido cafeico apresentou uma atuação superior ao BHT.

Onyeneho & Hettiarachchy (1992), estudando a atividade antioxidante do extrato do farelo de trigo através do método do oxigênio ativo, descobriram que este composto apresentou um grande potencial. Após a sua análise por CLAE (cromatografia líquida de alta eficiência), detectaram-se quantidades apreciáveis de ácidos fenólicos como protocatequínico, gentísico, cafeico, vanílico, clorogênico e ferúlico.



Ácido *p*-hidroxibenzóico:  $R_1=R_2=H$

Ácido *p*-cumárico:  $R_1=R_2=H$

Ácido vanílico:  $R_1=OCH_3$   $R_2=H$

Ácido cafeico:  $R_1=OH$   $R_2=H$

**FIGURA 03.** Estrutura dos ácidos fenólicos: hidroxibenzóicos (a) hidroxicinâmicos (b)

Fonte: Melo & Guerra (2002)

### 2.8.2.3 Antocianinas

Distribuídas em diversas famílias vegetais, as antocianinas são, em sua maioria, responsáveis pelas multicores das pétalas de flores e frutos de vegetais superiores (Kahkonen, 1999). Atualmente, conhece-se 20 antocianinas, mas apenas 6 delas são importantes para a tecnologia dos alimentos: pelargonidina, cianidina, delphinidina, peonidina, etunidina e malvidina. As demais são relativamente raras e normalmente encontradas em flores e folhas (Degáspari & Waszczynskyj, 2004).

São consideradas como aditivos eficazes e seguros na indústria alimentícia, essencialmente no que se refere à conferência de coloração adequada e desejada a produtos alimentícios (Fennema, 2000).

Entretanto, em função da grande reatividade do seu núcleo fundamental (cátion *flavillium*), tornam-se facilmente suscetíveis à descoloração, principalmente quando no pré-processamento de frutas e hortaliças, emprega-se sulfitos ou dióxido de enxofre, com os quais as antocianinas podem reagir, tornando-se descaracterizadas (Frankel *et al*, 1995; Steinmetz & Potter, 1996).

## 2.9 Antioxidantes naturais e a saúde humana

Como uma consequência da sua própria ocupação, o homem está frequentemente exposto à ação física e química de distintos agressores ambientais, tais como, resíduos tóxicos, fumaça, ozônio, radiações, somados ainda, ao estresse (físico e psíquico). Todos estes fatores, produzem similarmente efeitos nocivos à saúde humana (Bagchi *et al*, 2000).

Os agressores ambientais produzem quantidades significativas de radicais livres, os quais estão envolvidos na deterioração oxidativa de lipídios e proteínas, na ativação de agentes procarcinogênicos, na inibição do sistema de defesa celular e antioxidante e nas alterações da expressão genética, contribuindo, deste modo, para o aparecimento de diversas doenças Tabela 06, particularmente as crônicas-degenerativas (Ames, 1992; Kehrer, 1993; Stohs & Bagchi, 1995).

Por outro lado, o potencial seqüestrante de diversos antioxidantes naturais como vitaminas (C, E,  $\beta$ -caroteno), flavonóides, minerais (zinco e selênio), e enzimas tem sido extensivamente estudado, como uma alternativa eficaz na prevenção de inúmeras doenças, destacando-se as cardiovasculares e o câncer (Stravic, 1994; Osawa, 1999; Micah *et al*, 1999; Gandini *et al*, 2000; Kritharides & Stocker, 2002).

As doenças cardiovasculares e o câncer constituem-se em um dos maiores problemas de saúde pública nos países industrializados, e, nas maiores causas de mortes prematuras (antes dos 65 anos de idade). Estas patologias possuem origem multifatorial, relacionando-se a causas ambientais e genéticas (Herberg *et al*, 1998; Papas, 1999; Kritharides & Stocker, 2002).

**TABELA 04.** Condições clínicas em que os radicais livres derivados do oxigênio estão envolvidos

---

Órgão	Doença
-------	--------

Cérebro	Parkinson , Alzeimer Hipertensão cerebrovascular Encefalomielite alérgica Síndrome demencial
Olhos	Hemorragia ocular, Catarata, Retinopatia Prematura
Coração e Sistema Cardiovascular	Aterosclerose, Hipertensão arterial , Infarto do miocárdio
Pulmão	Displasia broncopulmonar, Enfisema
Fonte: Aruoma (1994)	

Inúmeros estudos epidemiológicos tem comprovado, que o consumo de alimentos ricos em flavonóides pode atenuar o desenvolvimento de doenças cardiovasculares (Ishige *et al*, 2001; Kris-Etherton, 2002; Ceconi *et al*, 2003).

Flavonóides como a quercetina, rutina e outros, protegem os vasos sanguíneos através da sua habilidade em inibir a agregação plaquetária e a de sequestrar radicais livres, restaurando, desta maneira, a biossíntese e a ação de prostaciclina endoteliais, as quais atuam no relaxamento destes (Gryglewski *et al*, 1987; Mora *et al*, 1990; Cai *et al*, 1997).

Grinberg *et al* (1997) estudando o efeito das catequinas do chá verde e preto na proteção de células sanguíneas contra alterações bioquímicas e morfológicas causadas por oxidantes exógenos, encontrou uma correlação positiva entre o aumento da concentração destes constituintes e a ação protetora, sugerindo que as catequinas podem atuar terapêuticamente independentemente da cafeína.

Hertog *et al* (1993) em um estudo com uma população masculina com idade entre 65-84 anos durante 5 anos, demonstrou a existência de uma relação inversa entre o consumo de flavonóides e a mortalidade proveniente de doenças cardiovasculares, como também, a incidência de infarto do miocárdio .

A média de flavonóides integrantes da dieta desta população foi estimada em 26mg/dia e os maiores contribuintes foram o chá (61%), cebola (13%) e maçãs(10%).

As doenças cardiovasculares estão usualmente relacionadas com altos níveis de colesterol no sangue, uma vez que a oxidação da LDL tem um papel importante na formação de placas nas paredes dos vasos sanguíneos. Esta oxidação ainda pode ser afetada por vários fatores, como a presença de íons cobre, teor de antioxidantes intracelulares (enzimáticos e

não-enzimáticos), a sua composição de ác. graxos poliinsaturados e localização (Aviram, 1993; Gaziano, 1996; Kritharides & Stocker, 2002; Yilmaz & Toledo, 2004).

Estudos *in vitro* indicam que flavonóides (quercetina, rutina, malvidina), taninos, ác.cinâmicos (cafeico e ferúlico) e ác.benzóicos possuem a propriedade de inibir a oxidação da LDL, sendo que esta inibição é superior a antioxidantes como a vit. C e E (Sanchez-Moreno *et al*, 1999, 2000).

Yamakoshi *et al* (1999) estudando o efeito antiaterosclerótico dos extratos de proantocianidinas a distintas concentrações, no colesterol inserido na dieta de coelhos, verificou que as mesmas não ocasionam mudanças nos lipídios séricos, entretanto, inibem significativamente a oxidação da LDL, reduzindo a aterosclerose na aorta.

Similarmente aos seus efeitos cardioprotetores os flavonóides também atuam como agentes anticarcinogênicos, através de distintos mecanismos, como antioxidantes (inibindo a oxidação do DNA), estrogênicos e antiestrogênicos, inibidores da hiperproliferação e apoptose celular, indutores de enzimas detoxificantes e reguladores do sistema imune (Birt *et al*, 2001; Drisko *et al*, 2003; Ferrari & Torres, 2003; Vitaglione & Fogliano, 2003).

Russo *et al* (2006), analisando a atividade inibitória dos isoflavonóides, contra o crescimento de células associadas ao aparecimento de melanoma em humanos, através de alguns parâmetros como: vitalidade da célula, citotoxicidade e alterações no DNA induzidas por radicais livres, podem comprovar que estes antioxidantes em função da sua capacidade sequestrante, protegem o DNA, como também, inibem o crescimento destas células, confirmando, deste modo, as suas propriedades anticarcinogênicas, as quais contribuem para a atividade biológica dos grãos de soja.

Gao *et al* (2006), estudando o efeito da naringenina na estimulação da expressão genética, contra danos oxidativos induzidos pela administração de sulfato ferroso em células associadas ao câncer de próstata em humanos, pode observar que as mesmas quando tratadas com naringenina demonstraram uma efetiva capacidade, de indução da expressão do mRNA, o que favoreceu a ativação do sistema de enzimas de reparo do DNA, o qual aumentou significativamente nestas, em comparação com as células controle, comprovando, desta maneira, os efeitos antimutagênicos das frutas cítricas na prevenção do câncer de próstata.

### **3. Artigo científico**

**UTILIZAÇÃO DO SUBPRODUTO DA BATATA-INGLESA COMO  
ANTIOXIDANTE NATURAL EM CORTES DE FRANGO**

MARTA ALESSANDRA DE AVILA SOUZA<sup>A</sup>, NELCINDO NASCIMENTO  
TERRA<sup>B</sup>, LEADIR L.M.FRIES<sup>C</sup>

\* Este trabalho é parte da Dissertação de Mestrado da primeira autora, a ser apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal de Santa Maria, RS.

<sup>A</sup> Programa de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria, RS

<sup>B</sup> Departamento de Tecnologia e Ciência dos Alimentos, Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria, RS

<sup>C</sup> Departamento de Tecnologia e Ciência dos Alimentos, Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria, RS

Autor para correspondência: Nelcindo Nascimento Terra. Endereço: Depto. De Ciência e Tecnologia dos Alimentos, Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria, Faixa de Camobi, Km 9. CEP 97105-900. Santa Maria, RS, Brasil. Fone: (55) 220- 8254/ Fax: (55) 220 –8353

**UTILIZAÇÃO DO SUBPRODUTO DA BATATA INGLESA COMO UM  
ANTIOXIDANTE NATURAL EM CORTES DE FRANGO**

Marta Alessandra de Ávila Souza<sup>A</sup>, Nelcindo Nascimento Terra<sup>B</sup>, Leadir L.M.Fries<sup>C</sup>

## Resumo

Atualmente, a busca por uma maior eco-eficiência, quanto ao destino e uso racional dos resíduos industriais, tornou-se um requisito básico para o desenvolvimento sustentável, e, para a inserção da indústria nas novas condições de competitividade. Dentro deste contexto, e, como uma alternativa para o reaproveitamento de resíduos, este trabalho avaliou a utilização da casca da batata inglesa, como um antioxidante natural, para a proteção de cortes de frango. Para tanto, elaborou-se dois extratos (aquoso e purificado), os quais foram injetados nos cortes de frango, na proporção de 0,5%. Armazenou-se as amostras sob congelamento (-18°C), analisando-as mensalmente, juntamente com as amostras sem extrato (controle) durante 8 meses. As análises da atividade antioxidante, índice de TBA e fenóis totais foram realizadas para avaliar a ação antioxidante dos extratos. A atividade antioxidante encontrada foi elevada para os dois extratos, encontrando-se valores entre 84 e 94% de inibição, no teste da oxidação acelerada em banha. O extrato purificado apresentou um maior rendimento no conteúdo de fenóis, comparando-se com o extrato aquoso. Os dois extratos apresentaram-se efetivos na contenção da oxidação lipídica nos cortes de frango, diferindo ( $p < 0,05$ ) do controle. Entretanto, também houve diferença entre os tratamentos, evidenciando-se a maior eficácia do extrato purificado na inibição deste processo. A qualidade sensorial do produto não foi afetada pela incorporação do extrato purificado, entretanto, no aquoso, houve uma redução dos escores de sabor.

Palavras-chave: casca da batata, oxidação lipídica, carne de frango

## Abstract

Actuality, the search by a more efficiency ecology that for the place and efficient use of waste, was had return a requeriment basic for the sustentable development and for the inserction of the industry in the new competitive condition. Thus, and as alternative for the recyclement of residuals, this research used the potato peel as a natural antioxidant in the protection of the chicken meat. It was developed two raw extracts (aqueous and purificated), that were injected in the chicken meat, at 0,5% concentration. The samples were stored under freezing (-18°C), analyzed montly along with samples without extract as a control, in the time of eight month. The analyses of the antioxidant activity, thiobarbituric acid rate (TBA) and phenolics were conducted to determine the antioxidant action of the raw extracts. The antioxidant was highly significant for the two raw extracts, it was finded the value between 84 and 94% of the inhibition, in the test of to accelerate oxidation in the pork. The purificated extract it was obtained a greater yield in the content of the phenolics, it was compared an as aqueous extract. The two extracts it was apresented effective in the contention of the lipid oxidation in the chicken meat, statistically significant of the control, while, also it was difference between of the extracts, it was showed the great efficient of the purificated extract in the inhibition this process. <sup>1</sup>

The sensorial quality of the chicken meat was not affected by added the purificated extract, while, the aqueous extract it was a reduction of the score in the taste.

Keywords: potato peel, lipid oxidation, chicken meat

## 1.Introdução

---

<sup>1</sup> A Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria, RS. Endereço: Rua 5 de março nº 597, apto:208, Faixa Nova de Camobi. CEP: 97105-900. Santa Maria, RS, Brasil. Fone: (55) 96150001. Fax: (55) 3220- 8353. e-mail: [aboutgirl2000@yahoo.com.br](mailto:aboutgirl2000@yahoo.com.br)

<sup>B</sup> Departamento de Tecnologia e Ciência dos Alimentos, Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria, RS.

<sup>C</sup> Departamento de Tecnologia e Ciência dos Alimentos, Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria, RS.

A ocorrência da oxidação lipídica é considerada um dos principais fatores limitantes da qualidade, aceitabilidade e da estabilidade comercial da carne e dos produtos cárneos avícolas os quais, em razão do seu conteúdo relativamente elevado de ácidos graxos insaturados são particularmente suscetíveis à deterioração oxidativa (Bou *et al*, 2001; Beltran *et al*, 2003).

No entanto, o desenvolvimento da rancidez oxidativa na carne de frango, ainda pode ser acelerado sob influência de processos tecnológicos, anteriores à estocagem, que rompem as membranas celulares do músculo, facilitando a interação dos ácidos graxos insaturados com substâncias pró-oxidantes, e, agravar-se durante o armazenamento, uma vez que, a oxidação lipídica continua ocorrendo normalmente a baixas temperaturas, embora numa velocidade reduzida (Igene *et al*, 1980; Tichivangana & Morrissey, 1985; Gardini, 2001).

Por outro lado, os produtos da oxidação lipídica são indesejáveis não somente pela produção de odores e *flavours* ofensivos, como resultado da decomposição de lipídios e produção de compostos voláteis, mas também, pela destruição de constituintes essenciais, ocasionando o decréscimo do valor nutricional dos alimentos e a formação de compostos tóxicos (Kahl & Hildebrandt, 1986).

Na tentativa de controlar este processo nos produtos avícolas, empregaram-se várias metodologias, aplicadas isoladas ou conjuntamente, como a redução da perda de tocoferóis durante o processamento, a eliminação de metais contaminantes e o emprego de antioxidantes naturais na dieta de frangos, como também, na carne *in natura* (Botsoglou *et al*, 2002; Tang *et al*, 2002).

Deste modo, nestas últimas décadas, como uma medida preventiva para o controle de reações oxidativas, tem merecido destaque em inúmeras pesquisas, o isolamento e a busca de novos antioxidantes oriundos de fontes vegetais, descobrindo-se que estes compostos além de possuírem eficácia similar a antioxidantes sintéticos, podem atuar fisiologicamente como auxiliares na prevenção de doenças (Halliwell *et al*, 1992; Cook & Samman, 1996; Mishra *et al*, 2003).

Dentro deste contexto, várias pesquisas tem reportado o potencial antioxidante da casca da batata-inglesa (*Solanum tuberosum*), o qual tem sido comprovado em ensaios *in vitro* e, cuja efetividade pode ser comparada, com antioxidantes sintéticos comumente utilizados nos alimentos tais como BHT, BHA e TBHQ (Onyeneho *et al*, 1993; Mansour & Khalil, 2000).

Este subproduto é rico em fibras e contém constituintes fenólicos, em sua maioria, representados pelos ácidos fenólicos, clorogênico, cafeico, entre outros, os quais atuam na minimização dos efeitos indesejáveis, dos produtos da oxidação lipídica nos alimentos, e, se convenientemente aproveitado, poderá se tornar a fonte de um interessante produto para a indústria. Assim, como uma opção para o uso racional de resíduos industriais, este trabalho teve como objetivo, avaliar o uso de extratos da casca da batata-inglesa como um antioxidante em cortes de frango.

## 2. Materiais e Métodos

### 2.1 Materiais

Todos os reagentes utilizados eram p.a, adquiridos junto aos fornecedores locais.

## 2.2 Métodos

### 2.2.1 Preparo da matéria-prima

As batatas (*Solanum tuberosum*) da variedade *Asterix* foram doadas pelo Departamento de Fitotecnia da UFSM. Posteriormente, procedeu-se a retirada da casca, manualmente, e, a secagem em estufa a 60 °C, com circulação forçada de ar, por 48h.

Para a elaboração do extrato aquoso, utilizou-se 80g de casca de batata, previamente cominuídas, para 400 ml de solução hidro-etanólica (1:5). Procedeu-se a extração a frio, na qual a mistura foi agitada por 40 min, utilizando-se um agitador magnético, e submetida a um repouso de 20 min. Após, filtrou-se a mesma, e o resíduo foi submetido a outras duas extrações sucessivas, utilizando-se 400ml de etanol, como solvente. Os extratos obtidos foram reunidos e o álcool removido em rotaevaporador, com o auxílio de um banho-maria a 40°C, obtendo-se o extrato aquoso.

O extrato purificado foi obtido através de uma separação sequencial, utilizando-se solventes de polaridade crescente, segundo Simões *et al* (1999). Para tanto, utilizou-se funis de separação onde o extrato aquoso foi colocado em contato (separadamente) com os solventes, na seguinte ordem: hexano, clorofórmio, acetato de etila e n-butanol. Assim, no primeiro funil, misturou-se o extrato+hexano, homogeneizou-se sob agitação e, após a separação, a fração hexânica foi reservada, e o extrato aquoso, transferido para um segundo funil, onde foi obtida a fração clorofórmica, e, assim, sucessivamente, até a obtenção da fração n-butanol, à qual foi submetida a evaporação do solvente, e, o resíduo, ressuspenso em água destilada. O extrato purificado, como também, o aquoso, foram mantidos sob refrigeração e protegidos da luz, até serem utilizados.

### 2.2.2 Preparação das amostras

Os cortes de frango (coxa) sem pele e desossados, foram adquiridos junto ao Supermercado Dois Irmãos, e pesados em uma balança de precisão. A seguir, injetou-se, nas amostras (5 ml do extrato aquoso ou purificado/Kg de coxa), tendo como veículo uma solução salina a 0,9% e homogeneizou-se, manualmente. No controle injetou-se apenas a solução salina.

Seqüencialmente, as amostras foram embaladas em um filme de polietileno e armazenadas a -18°C em um freezer comercial, durante 8 meses. A cada mês, eram realizadas análises de TBA e pH. Após 8 meses, tranferiu-se as amostras para uma geladeira comercial a 15°C, onde permaneceram, durante 24h. Após este período realizou-se as análises de TBA e pH.

## 2.3 Análises

### 2.3.1 Atividade antioxidante

A atividade antioxidante dos extratos aquosos e purificados foram determinadas através do teste da oxidação acelerada em banha.

Pesou-se 100g de banha e adicionou-se 0,5 ml de extrato aquoso ou purificado. O controle não continha extrato. Aqueceu-se e manteve-se a mesma a 100-110°C durante 1h e 30 min, sob agitação com o auxílio de um agitador magnético. Decorrido este tempo, fez-se a análise do índice de TBA nas amostras, procedendo-se a leitura da absorbância a 531 nm.

A atividade antioxidante dos extratos foi calculada em relação a percentagem de inibição da oxidação na banha, segundo Chang *et al* (2002), pela seguinte fórmula:

(%) de inibição =  $[1 - (\text{absorbância da amostra a } 531\text{nm}) / (\text{absorbância do controle a } 531\text{ nm})] \times 100$ .



### 2.3.2 pH

O pH foi determinado, utilizando-se 10g de amostra (coxa de frango) triturada e homogeneizada com 100 ml de água destilada. Fez-se a leitura em triplicata em pH metro previamente calibrado (Terra & Brum, 1988).

### 2.3.3 Índice de TBA

A extensão da oxidação lipídica foi determinada pelo índice de TBA (ácido tiobarbitúrico), segundo Raharjo *et al* (1992). Triturou-se 10g de amostra (coxa de frango). Adicionou-se 1 ml de BHT 0,15% e 40 ml de TCA a 5%. Homogeneizou-se em bag mixer e, em seguida, as amostras foram filtradas para balões volumétricos de 50 ml, e o volume, completado com TCA a 5%. Pipetou-se 2 ml do filtrado e 2 ml do reagente de TBA em tubos de ensaio. Incubou-se em banho-maria fervente por 5 min. Procedeu-se a leitura da absorbância em triplicata a 531 nm.

### 2.3.4 Fenóis

Para a determinação do total de fenóis nos extratos aquosos e purificados utilizou-se o método colorimétrico de Folin-Ciocalteu, segundo Gavilan *et al* (1986).

### 2.3.5 Análise sensorial

Os atributos sensoriais, cor, odor, sabor e textura das amostras de frango, foram avaliados durante 2 meses, a cada 20 dias, utilizando-se uma escala hedônica de 7 pontos. Elaborou-se uma ficha de avaliação com códigos distintos (números aleatórios), um para cada amostra. Os testes foram realizados nas dependências do Depto de Tecnologia e Ciência dos Alimentos – CCR da UFSM, no período da manhã, com provadores não treinados, constituídos por professores e alunos.

Os cortes de frango foram previamente descongelados e assados em uma forma de alumínio por aproximadamente 25 min, no forno de um fogão a gás doméstico. Após, cortou-se e serviu-se aos avaliadores e pratos codificados.

### 2.3.6 Análise estatística

Os dados da atividade antioxidante, fenóis, TBA, pH e análise sensorial, foram avaliados através da variância (ANOVA) e as médias foram comparadas pelo teste de Duncan ( $\alpha=5\%$ ;  $p<0,05$ ).

Todas as análises estatísticas foram realizadas utilizando-se o programa *Statistical Analysis System*, versão 8.02.

## 3. Resultados e Discussão

### 3.1 Atividade antioxidante

A figura 01 refere-se à atividade antioxidante dos extratos aquosos e purificados da casca da batata, determinada em relação a percentagem de inibição da oxidação, acompanhada no teste da oxidação acelerada em banha.

Observa-se que a percentagem de inibição da oxidação do extrato aquoso foi elevada, porém coincidente (84,31%), para as diferentes concentrações.

O extrato purificado apresentou uma inibição da oxidação superior a do extrato aquoso. Além disso, houve diferença significativa ( $p < 0,05$ ) entre as duas concentrações testadas.

Deste modo, os dois extratos foram efetivos no controle da oxidação da banha, no entanto, o purificado apresentou maior eficácia.

Estes resultados concordam com vários autores. Sotillo *et al* (1994), avaliando a atividade antioxidante do extrato aquoso liofilizado da casca da batata, durante a oxidação do óleo de girassol estocado a 63°C por 4 dias, encontrou uma relevante ação antioxidante do mesmo, em comparação com misturas de antioxidantes sintéticos. Sing & Rajini (2004), investigando a atividade antioxidante do extrato aquoso liofilizado da casca da batata, contra a ocorrência de peroxidação lipídica em homogeneizado de fígado de ratos, encontrou uma potente atividade inibitória, sendo que a máxima proteção mostrou-se evidente nas maiores concentrações. Al-Saichan *et al* (1995), estudando a atividade antioxidante de distintos genótipos da batata, observou que a mesma variou entre os cultivares, entretanto, distribuiu-se similarmente dentro das secções tubérculas de cada cultivar, com exceção da casca, que apresentou uma elevada atividade antioxidante, como também, conteúdo de fenóis, em todas as amostras analisadas.

Resultados similares aos encontrados neste experimento, também foram comprovados por outros autores, os quais analisaram extratos de plantas ricas em compostos fenólicos. Bergman *et al* (2001), analisando a atividade antioxidante de frações do extrato aquoso de espinafre, testadas através de distintos métodos encontrou uma potente atividade nas frações polifenólicas purificadas, à qual mostrou-se similar a vit.E e superior ao BHT. Yamaguchi *et al* (1999), comparando o extrato obtido de sementes de uva com os antioxidantes (tocoferol e ácido ascórbico) observou variações na sua atividade antioxidante, em função da concentração de flavonóis.

Por outro lado, a atividade antioxidante de fitoquímicos naturais, segundo Economou *et al* (1991), Jito *et al* (1992) e Moller *et al* (1999) também pode ser influenciada pelo solvente empregado durante o processo de extração dos compostos ativos. A extração por solvente é comumente utilizada para o isolamento de antioxidantes e, o rendimento da extração, como também, a atividade antioxidante dos extratos varia consideravelmente, em função do solvente empregado, devido as diferenças no potencial antioxidante de compostos com diferentes polaridades. Assim, a maior percentagem de inibição da oxidação do extrato purificado em comparação com o aquoso, demonstra a eficácia superior do n-butanol, na extração dos compostos ativos da casca da batata comparando-se com o etanol e a água. Esses compostos, provavelmente são ácidos fenólicos (clorogênico, gálico, cafeico), ácido ascórbico e a quercetina comumente encontrados na casca da batata e que atuam como aceptores de radicais livres (Sotillo *et al*, 1994; Mansour & Khalil, 2000).

Ainda, embora os constituintes funcionais da casca da batata possuam uma baixa solubilidade em meios apolares, esta característica não comprometeu a sua ação antioxidante, acreditando-se que estes compostos provavelmente interagem sinergicamente, o que aumentaria o potencial antioxidante dos extratos.

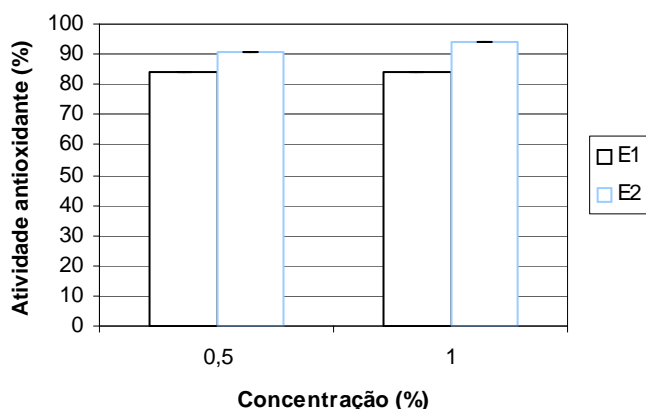


Figura 01. Atividade antioxidante do extrato aquoso (E1) e purificado (E2) da casca da batata no teste da oxidação acelerada em banha.

### 3.2 pH

A figura 02, apresenta os valores médios de pH das amostras de cortes de frango armazenadas sob congelamento a  $-18^{\circ}\text{C}$  durante 8 meses.

Conforme os dados obtidos, pode-se afirmar que não houve diferença ( $p > 0,05$ ) entre os tratamentos apenas no quinto mês, sendo que no último mês, apenas as amostras tratadas com o extrato purificado diferiram ( $p < 0,05$ ) comparando-se com as demais.

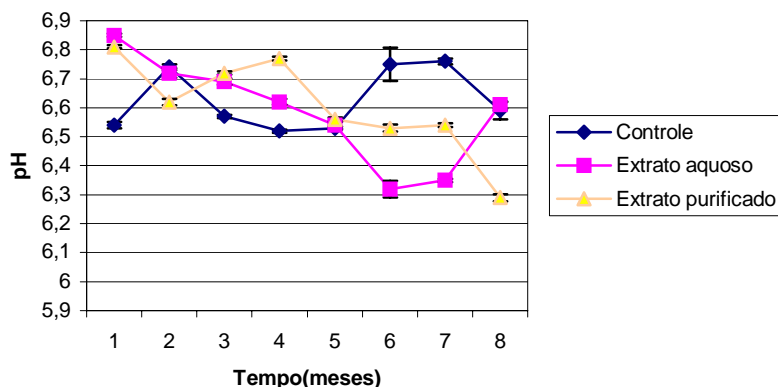


FIGURA 02. pH das amostras de cortes de frango tratadas com extrato da casca da batata e armazenadas a  $-18^{\circ}\text{C}$  durante 8 meses. Os resultados são dados como média  $\pm$  desvio padrão ( $n=3$ ).

### 3.3 Fenóis

A Tabela 01 fornece o conteúdo de fenóis em mg catequina/g de extrato, no extrato aquoso e purificado da casca da batata.

Comparando-se o conteúdo de fenóis entre os extratos, constata-se que, no purificado, para teores equivalentes de fenóis ( $p > 0,05$ ), em relação ao extrato aquoso, a quantidade destes constituintes é significativamente superior, evidenciando-se, deste modo, a maior efetividade da extração por fracionamento, no isolamento destes compostos.

Onyeneho *et al* (1993), avaliando o conteúdo de fenóis da casca de seis variedades de batata, também encontraram valores relevantes, verificando ainda, que o teor destes constituintes foi influenciado pela cor da casca, uma vez que, as cascas vermelhas apresentaram uma maior quantidade de fenóis em comparação com as cascas marrons, evidenciando que, esta diferença pode estar relacionada a presença de antocianinas na casca vermelha.

### 3.4 Índice de TBA

A figura 03 fornece os valores médios de TBA, das amostras de cortes de frango, armazenadas sob congelamento, durante 8 meses. Analisando-se os dados apresentados, verifica-se que não houve diferença ( $p>0,05$ ) entre a amostra controle e as demais, até o sétimo mês de armazenamento, acreditando-se que a baixa temperatura de armazenamento possa ter influenciado no retardo das reações oxidativas. Porém, no oitavo mês de armazenamento as amostras diferiram ( $p<0,05$ ), sendo que, neste último mês as mesmas foram mantidas não mais sob congelamento, mas sob refrigeração a 15°C por 24h.

TABELA 01. Conteúdo de fenóis no extrato aquoso e purificado da casca da batata

Tratamentos	Fenóis (mg catequina/g de extrato)
E. aquoso	0,16 <sup>a</sup> ± 0,0065
	0,54 <sup>b</sup> ± 0,0114
	0,87 <sup>c</sup> ± 0,0224
	1,09 <sup>c</sup> ± 0,0252
E.purificado	0,77 <sup>c</sup> ± 0,0104
	2,06 <sup>d</sup> ± 0,0245
	3,66 <sup>e</sup> ± 0,0345

Os resultados são a média ± desvio padrão (n=4).

Médias com a mesma letra na vertical não diferem ( $p>0,05$ ) pelo teste de Duncan.

A ocorrência da oxidação lipídica durante o descongelamento de produtos cárneos pode ser discutida, segundo vários autores como Varnan & Stutherland (1998) e Fennema (2000), como sendo uma consequência das flutuações de temperatura, que ocorrem durante este processo, as quais favorecem o crescimento de cristais de gelo na face externa da fibra muscular, que produzem danos as estruturas celulares, como também, favorecem o aumento da concentração de sais no interior da fibra, desnaturando, deste modo, as proteínas miofibrilares, com consequente perda da capacidade de retenção de água. Esses fatores aumentam a interação dos constituintes celulares com substratos pró-oxidantes, acelerando, os processos oxidativos. Contudo, a proteção antioxidante efetuada pelos extratos, nos cortes de frango, mostrou-se eficaz, havendo diferença ( $p<0,05$ ) entre os tratamentos, comprovando-se a maior eficácia do extrato purificado na inibição da oxidação lipídica, das amostras pós-congelamento, mantidas sob refrigeração a 15°C por 24h.

### 3.5 Análise Sensorial

Os resultados das análises sensoriais, correspondem a uma escala hedônica de 7 pontos, utilizada na avaliação dos atributos, entretanto, os pontos de 1 a 7 foram substituídos por valores de 4 a 10, sendo o 4 (desgostei muitíssimo) e o 10 (gostei muitíssimo).

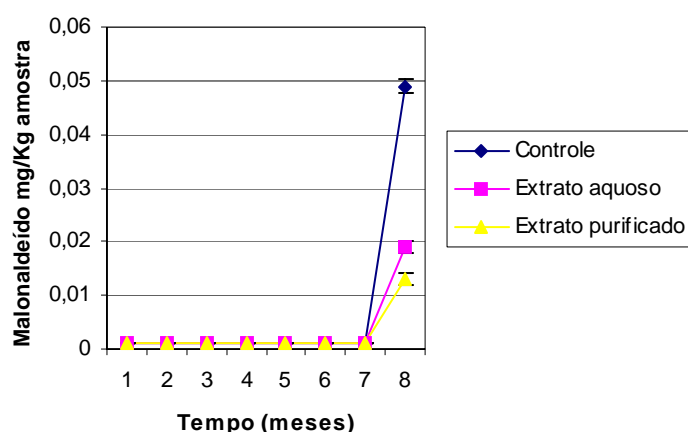


Figura 03. Índice de TBA das amostras de cortes de frango tratadas com extrato da casca da batata e armazenadas a  $-18^{\circ}\text{C}$ . Os resultados são a média  $\pm$  desvio padrão ( $n=3$ ).

A Tabela 02 apresenta os valores médios dos testes de aceitação para cor, odor, sabor e textura para as amostras de cortes de frango congeladas a  $-18^{\circ}\text{C}$  nos dias 2, 20 e 40. Analisando-se os dados obtidos, observa-se que a amostra controle não apresentou alteração nos atributos cor, odor, sabor e textura com o decorrer do tempo. Com relação aos tratamentos, as amostras tratadas com o extrato aquoso apresentaram escores inferiores com relação aos atributos cor, odor e sabor, na média final. Porém, para as amostras tratadas com o extrato purificado, não foi verificada diferença ( $p>0,05$ ) em relação ao controle, em todos os atributos analisados no decorrer do tempo.

TABELA 02. Escores dos testes de aceitação para as amostras de cortes de frango realizados nos dias 2, 20 e 40, após o tratamento com o extrato aquoso (E) ou com o extrato purificado (P) da casca de batata.

Dias	Tratamentos	Cor	Odor	Sabor	Textura
2	Controle	7,80 <sup>aA</sup> $\pm$ 1,0145	7,93 <sup>aA</sup> $\pm$ 0,7071	7,86 <sup>aA</sup> $\pm$ 1,1114	8,20 <sup>abA</sup> $\pm$ 0,7524
20		8,23 <sup>abA</sup> $\pm$ 0,5622	8,05 <sup>abcA</sup> $\pm$ 0,6586	7,70 <sup>acA</sup> $\pm$ 1,1048	8,23 <sup>abA</sup> $\pm$ 0,6642
40		8,38 <sup>abA</sup> $\pm$ 0,6504	7,84 <sup>aA</sup> $\pm$ 0,8006	8,15 <sup>abcA</sup> $\pm$ 1,2142	8,00 <sup>abcA</sup> $\pm$ 1,2909
Média		8,13 A	7,94 A	7,90 A	8,14 A
2	E	7,94 <sup>aA</sup> $\pm$ 0,8993	7,70 <sup>acA</sup> $\pm$ 0,9195	7,29 <sup>cdA</sup> $\pm$ 1,3117	7,94 <sup>aA</sup> $\pm$ 1,0880
20		7,23 <sup>cdB</sup> $\pm$ 0,8313	7,11 <sup>cdB</sup> $\pm$ 0,7812	6,88 <sup>bbB</sup> $\pm$ 1,3173	8,11 <sup>abcA</sup> $\pm$ 0,6966
40		7,46 <sup>cbB</sup> $\pm$ 0,8770	7,61 <sup>acA</sup> $\pm$ 1,1929	6,00 <sup>eE</sup> $\pm$ 1,2909	7,00 <sup>cdA</sup> $\pm$ 1,5275
Média		7,54B	7,47B	6,72B	7,68 A
2	P	7,80 <sup>aA</sup> $\pm$ 0,7717	7,82 <sup>aA</sup> $\pm$ 0,7276	7,70 <sup>acA</sup> $\pm$ 0,8488	7,88 <sup>aA</sup> $\pm$ 0,9926
20		7,94 <sup>aA</sup> $\pm$ 1,0289	8,35 <sup>abA</sup> $\pm$ 0,4925	8,00 <sup>abcA</sup> $\pm$ 1,000	8,17 <sup>abcA</sup> $\pm$ 0,9510
40		7,30 <sup>cbB</sup> $\pm$ 0,9473	8,00 <sup>abcA</sup> $\pm$ 1,0801	7,84 <sup>aA</sup> $\pm$ 0,6887	7,69 <sup>acA</sup> $\pm$ 0,8548
Média		7,68 A	8,05 A	7,84 A	7,91 A

Os resultados são a média  $\pm$  desvio padrão ( $n=13-17$ ). Os escores foram obtidos utilizando-se uma escala hedônica de 7 pontos, onde 4= desgostei muitíssimo e 10= gostei muitíssimo.

Médias com a mesma letra, minúscula na vertical e maiúscula na horizontal, não diferem ( $p>0,05$ ) pelo teste de Duncan.

## Conclusões

Tendo em vista os resultados obtidos, pode-se concluir que:

Os extratos obtidos da casca da batata inglesa são efetivos como protetores contra a oxidação lipídica em cortes de frango.

O congelamento retardou de forma eficaz a rancificação da gordura em cortes (coxa) de frango.

O extrato purificado obteve a preferência dos avaliadores com relação aos atributos sensoriais analisados, uma vez que o mesmo não interferiu na qualidade sensorial do produto, comparando-se com o extrato aquoso.

O método da extração por fracionamento foi mais efetivo do que a extração hidroetanólica no isolamento de compostos fenólicos.

## **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

AL-SAIKHAN, M.S *et al.* Antioxidant activity and total phenolics in different genotypes of potato (*Solanum tuberosum*, L). **Journal of Food Science**. v.60, n.2, p.341-34, 1995.

BELTRAN, E *et al.* Lipid oxidation of pressurized and cooked chicken: role of sodium chloride and mechanical processing on TBARS and hexanal values. **Meat Science**. v.64, p.19-25, 2003.

BERGMAN, M *et al.* The antioxidant activity of aqueous spinach extract: chemical identification of active fractions. **Phytochemistry**. v.58, p.143-152, 2001.

BOTSOGLOU, N.A *et al.* The effect of dietary *oregano* essential oil on lipid oxidation in raw and cooked chicken during refrigerated storage. **Meat Science**. v.62, p.259-265, 2002.

BOU, R *et al.* Influence of dietary fat source,  $\alpha$ -tocopherol, and ascorbic acid supplementation on sensory quality of dark chicken meat. **Poultry Science**. v.80, p.800-807, 2001.

COOK, N.C & SAMMAN, S. Review Flavonoids – Chemistry, metabolism, cardioprotective effects, and dietary sources. **Nutritional Biochemistry**. n.7, p.66-76, 1996.

ECONOMOU, K.D *et al.* Antioxidant activity of some plant extracts of the family *Labiatae*. **Journal of the American Oil Chemists' Society**. v.68, n.2, p.109-113, 1991.

FENNEMA, O.R. **Química de los alimentos**. 2º ed, Acribia: Zaragoza, 2000, 1258p.

GARDINI, C.H.C. Efeito da vitamina E na qualidade da carne de frango de corte. **Revista Nacional da Carne**. n.288, p.97, 2001.

GAVILAN, J.M *et al.* **Análisis de vinos y mostos**. Acribia: Zaragoza, p.96-97, 1986.

HALLIWELL, B *et al.* Free radicals, antioxidants, and human disease: where are we now?. **Journal of Laboratory and Clinical Medicine**. v.119, p.598-620, 1992.

IGENE, J.O *et al.* Role of triglycerides and phospholipids on development of rancidity in model meat systems during frozen storage. **Food Chemistry**. v.5, p. 263-276, 1980.

JITO, E. A *et al.* Antioxidant activity of tropical ginger extracts and analysis of the contained curcuminoids. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**. v.40, p.1337-1340, 1992.

KAHL, R & HILDEBRANDT, A.G. Methodology for studying antioxidant activity and mechanisms of action of antioxidants. **Food Chemical Toxicology**. v.24, n.10/11, p. 1007-1014, 1986.

MANSOUR, E.H & KHALIL, A.H. Evaluation of antioxidant activity of some plant extracts and their application to ground beef patties. **Food Chemistry**. v.69, p.135-141, 2000.

MISHRA, B *et al.* Effect of *o*-glycosilation on the antioxidant activity and free radical reactions of a plant flavonoid.*Chrysoeriol*. **Biorganic Medicinal Chemistry**. v.11, p.2677-2685, 2003.

MOLLER, J.K.S *et al.* Dittany (*Origanum dictamnus*) as a source of water-extractable antioxidants. **Food Chemistry**.v.64, p.215-219,1999.

ONYENEHO, S.N *et al.* Antioxidant activity, fatty acids and phenolic acid compositions of potato peels. **Journal of Science and Food Agriculture**. v.62, p.345-350, 1993.

RAHARJO, S *et al.* Improved speed, specificity, and limit of determination of an aqueous acid extraction thiobarbituric acid – C18 method for measuring lipid peroxidati on in beef. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**. v.40, p.2182-2185, 1992.

SING, N & RAJINI, P.S . Free radical scavenging activity of na aqueous extract of potato peel. **Food Chemistry**. v.85, p.611-616, 2004.

SOTILLO, D.R *et al.* Potato peel waste:stability and antioxidant activity of a freeze-dried extract . **Journal of Food Science**. v.59, n.5, 1994.

TANG, S.Z *et al.* Antioxidative mechanisms of tea catechins in chicken meat systems. **Food Chemistry**. v.76, p.45-51, 2002.



TERRA, N.N & BRUM, M.A.R. **Carne e seus derivados: técnicas de controle de qualidade**. SP:Nobel, 1988, 121p.

TCHIVANGANA, J.Z & MORRISSEY, P.A . Metmyoglobin and inorganic metals as prooxidants in raw and cooked muscle systems. **Meat Science**. v.15, p.107-116, 1985.

VARNAN, A.H & STUTHERLAND, J.P. **Carne y products carnicos: tecnologia, química Y microbiologia**. Zaragoza: Acribia, 1998, 423p.

YAMAGUCHI, *Fet al.* Free radical scavening activity of grape seed extract and antioxidants by electrn spin resonance spectrometry in an H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>/NaOH/DMSO system. **Journal of Agricultural and Food Chemsitry**. v.47, p.2544-2548, 1999.

## Conclusões

Mediante os resultados obtidos, pode-se concluir que:

Os extratos obtidos da casca da batata inglesa são eficientes como inibidores da oxidação lipídica em cortes de frango.

O congelamento retardou de forma eficaz a rancificação da gordura em cortes (coxa) de frango.

O extrato purificado obteve a preferência dos avaliadores com relação aos atributos sensoriais analisados, uma vez que o mesmo não interferiu na qualidade sensorial do produto, comparando-se com o extrato aquoso.

O método da extração por fracionamento foi mais efetivo do que a extração hidroetanólica na seleção de compostos fenólicos.

## **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

ADEGOKE, G.O *et al.* Antioxidants and lipid oxidation in foods– A critical appraisal. **Journal of Food Science and Technology**. v.35, n.4, p.283-298, 1998.

ADDIS, P.B. Occurrence of lipid oxidation products in foods. **Food Chemistry**. v.24, n.10/11, p.1021-1030, 1986.

AHN, D.U *et al.* Packaging cooked turked patties while hot reduces lipid oxidation **Journal Food Science**. v.57, p.1075-1077, 1992.

A. JUNIOR, A *et al.* Peroxidação lipídica e etanol: papel da glutationa reduzida e da vit. E. **Medicina, Ribeirão Preto**.v.31, p.4334-449, 1998.

AL-NAJDAWI, R & ABDULLAH, B. Proximate composition, selected minerals, cholesterol content and lipid oxidation of mechanically and hand-deboned chickens from the Jordanian market. **Meat Science**. v.61, p.243-247, 2002.

ALTMAN, H.J *et al.* Effects of BHA and related phenols on the forestomach of rats. **Food and Chemical Toxicology**.v.24, n.10/11, p.1183-1188, 1986.

AL-SAIKHAN, M.S *et al.* Antioxidant activity and total phenolics in different genotypes of potato (*Solanum tuberosum,L*).**Journal of Food Science**.v.60, n.2, p.341-347, 1995.

AMES, B.N. Pollution, pesticides and cancer. **Journal AOAC International**.v.75, p.1-5, 1992.

ANGELIS, R.C. **Importância de alimentos vegetais na proteção da saúde – Fisiologia da nutrição protetora e preventiva de enfermidades degenerativas**. SP:RJ:BH: Atheneu, 2001.295 p.

APTE, S & MORRISSEY, P.A. Effect of haemoglobin and ferritin on lipid oxidation in raw and cooked muscle systems . **Food Chemistry**. v. 25, p. 127-134, 1987.

ARAÚJO, J.M.A . **Química dos alimentos- teoria e prática** . Viçosa: UFV, 1995.

ARORA, A & CAMIRE, M.E. Performance of potato peels in muffins and cookies. **Food Research International**, v.15, p.15-22, 1994.

ARUOMA, O.I & HALLIWELL, B. Superoxide-dependent and ascorbate-dependent formation of hydroxyl radicals from hydrogen peroxide in the presence of iron. **Biochemical Journal**. v.241, p. 273-278, 1987.

ARUOMA, O.I. Nutrition and health aspects of free radicals and antioxidants. **Food and Chemical Toxicology**. v.32, n.7, p.671-683, 1994.

AVIRAM, M. Modified forms of low density lipoprotein and atherosclerosis. **Atherosclerosis**. v.98, p.1-9, 1993.

BAGCHI, D *et al.* Free radicals and grape seed proanthocyanidin extract: importance in human health and disease prevention. **Toxicology**. v.148, p.187-197, 2000.

BANNAWART, G.C.M.C & TOLEDO, M.C.F. Aspectos toxicológicos dos antioxidantes BHA, BHT e TBHQ. **Bol SBCTA**. v.33, n.2, p. 245-255, 1999.

BELITZ, H.D & GROSCH, W. **Química de los alimentos**. Zaragoza:Acribia , p.645-656, 1988.

BELTRAN, E *et al.* Lipid oxidation of pressurized and cooked chicken: role of sodium chloride and mechanical processing on TBARS and hexanal values. **Meat Science**. v.64, p. 19-25, 2003.

BEM-AMOTZ, A & FISHLER, R. Analysis of carotenoids with emphasis on 9-cis  $\beta$ -carotene in vegetables and fruits commonly consumed in Israel. **Food Chemistry**. v.62, n.4, p.515-520, 1998.

BERGMAN, M *et al.* The antioxidant activity of aqueous spinach extract: chemical identification of active fractions. **Phytochemistry**. v.58, p.143-152 , 2001.

BEKHIT, A .E.D *et al.* The effects of natural antioxidants on oxidative processes and metmyoglobin reducing activity in beef patties. **Food Chemistry**. v.81, n.2, p. 175-187, 2003.

BEKHIT, A.E.D & FAUSTMAN.C. Metmyoglobin reducing activity. **Meat Science**. v.71, n.407-439, 2005.

BIRT, D.F *et al.* Dietary agents in cancer prevention: flavonoids and isoflavonoids. **Pharmacology & Therapeutics**. v.90, p.157-177, 2001.

BOTSOGLOU, N.A *et al.* The effect of dietary *oregano* essential oil on lipid oxidation in raw and cooked chicken during refrigerated storage. **Meat Science**. v.62, p. 259-265, 2002.

BOTSOGLOU, N.A *et al.* Inhibition of lipid oxidation in long-term frozen stored chicken meat by *oregano* essential oil and  $\alpha$ -tocopherol acetate supplementation. **Food Research International**. v.36, p. 207-213, 2003.

BOU, R *et al.* Influence of dietary fat source,  $\alpha$ -tocopherol, and ascorbic acid supplementation on sensory quality of dark chicken meat. **Poultry Science**. v.80, p. 800-807, 2001.

BUCKLEY, D.J *et al.* Influence of dietary vit. E on the oxidative stability and quality of pig meat. **Journal of Animal Science**. v.73, p.3122-3130, 1995.

BURTON, G.W & INGOLD, K.U. Autoxidation of biological molecules. The antioxidant activity of vit.E and related chain-breaking phenolic antioxidants *in vitro*. **Journal of the American Chemical Society**. v.103, p.6472-647, 1981.

BLOOR, S.J. Overview of methods for analysis and identification of flavonoids. **Methods in Enzymology**. v.335, p.3-14, 2001.

BYRNE, D.V *et al.* Sensory and chemical analysis of cooked porcine meat patties in relation to warmed-over flavour and pre-slaughter stress. **Meat Science**. v.59, p.229-249, 2001.

BYRNE, D.V *et al.* Sensory and chemical investigations on the effect of oven cooking on warmed-over flavour development in chicken meat. **Meat Science**. v.61, p.127-139, 2002.

CAI, Y-J *et al.* Inhibition of free radical-induced peroxidation of rat liver microsomes by resveratrol and its analogues. **Biochimica et Biophysica Acta**. n.1637, p. 31-38, 2003.

CAMPO, M.M *et al.* Flavour perception of oxidation in beef. **Food Chemistry**. v.104, p.1-9, 2005.

CARPENTER, C.E *et al.* Consumer preferences for beef color and packaging did not affect eating satisfaction. **Meat Science**. v.57, n.4, p. 359-363, 2001.

CECONI, C *et al.* Oxidative stress in cardiovascular disease: myth or fact? **Archives of Biochemistry and Biophysics**. v.420, p.217-221, 2003.

CONACHER, H.B.S *et al.* Levels of BHA and BHT in human and animal adipose tissue: interspecies extrapolation. **Food and Chemical Toxicology**. v.24, n.10/11, p. 1159-1162 , 1986.

COOK, N.C & SAMMAN, S. Review Flavonoids–Chemistry,metabolism, cardioprotective effects, and dietary sources. **Nutritional Biochemistry**. n.7, p. 66-76, 1996.

COSGROVE, J.P *et al.* The Kinetics of autoxidation of polyunsaturated fatty acids. **Lipids**. v.22, n.5, p.299-304, 1987.

COULTER, R.B. Extending shelf-life by using traditional phenolic antioxidants. **Cereal Foods World**. v.33, p.207-217, 1988.

CUVELIER, M.E. Antioxidant constituents in sage (*Salvia officinallis*). **Journal of Agricultural and Food Chemistry**. v.42, n.3, p.665-669, 1994.

CHAN, K.M & DECKER, E.A. Endogenous skeletal muscle antioxidants. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**.v.34, p.403-426, 1994.

CHIPAULT, J.R *et al.* The antioxidant properties of natural spices. **Food Research**. v.17, p.46-55, 1952.

CHIZOLINI, R *et al.* Oxidation in traditional mediterranean meat products. **Meat Science**. v.49, n.1, p. 87-99, 1998.

CHUNG, S.K *et al.* Hydroxyl radical-scavenging effects of spices and scavengers from brown mustard (*Brassica nigra*). **Bioscience, Biotechnology and Biochemistry**. v.61, p.118-123, 1997.

DAWSON, L.E & GARTNER, R. Lipid oxidation in mechanically deboned poultry. **Food Technology**. v.37, n.7, p.112-116, 1983.

DECKER, E.A & WELCH, B. The role of ferritin as a lipid oxidation catalysis in muscle foods. **Journal of Agriculture and Food Chemistry**. v.38, p. 674-677, 1990.

DECKER, E. A & CRUM, A. Inhibition of oxidative rancidity in salted ground pork by carnosine. **Journal Food Science**. v.56, p.1170-1180, 1991.

DECKER, E.A *et al.* Catalysis of lipid oxidation by iron originating from an insoluble fraction of beef diaphragm muscle. **Journal Food Science**. v.58, p.233-236, 1993.

DECKER, E.A. Strategies for manipulating the prooxidative/antioxidative balance of food to maximize oxidative stability. **Trends in Food Science and Technology**. v.9, n.6, p.241-148, 1998.

DECKER, E.A & XU, Z. Minimizing rancidity in muscle foods. **Food Technology**. v.52, n.10, p.54-59, 1998.

DEGÁSPARI, C.H & WASZCZYNSKYJ, N. Propriedades antioxidantes de compostos fenólicos. **Visão Acadêmica**. v.5, n.1, p.33-40, 2004.

DESTAFNEY, C.M. Studies related to the mechanism of 3-BHA induced neoplasia of the rat forestomach. **Food Chemical Toxicology**. v.24, n.10/11. P.1149-1157, 1986.

DORMAN, H.J.D *et al.* Characterization of the antioxidant properties of de-odourised aqueous extracts from selected *Lamiaceae* herbs. **Food Chemistry**. v.83, p. 255-262, 2003.

DUNFORT, H.B. Free radicals in iron-containing systems. **Free Radical Biology Medicine**.v.3, p.405-421, 1987.

DURAN, R.M & PADILHA, R.B. Actividad antioxidante de los compuestos fenólicos . **Grasas y Aceites**. v.44, n.2, p.101-106, 1993.

DRISKO, J.A *et al.* The use of antioxidant therapies during chemotherapy. Review. v.88, p.434-439, 2003.

ESCARCHOU, V *et al.* Antioxidant activities and phenolic composition of extracts from greek oregano, greek sage and summer savory. **Journal of Agriculture and Food Chemistry**. v.50, n.19, p.5294-5299, 2002.

ESCH, G.I.V. Toxicology of tert-butylhydroquinone (TBHQ). **Food Chemical Toxicology**.v.24, n.10/11, p.1063-1065, 1986.

FARMER, L.J & PETERSON, R.L.S. Compounds contributing to meat flavour. **Food Chemistry**.v.40, p.201-205, 1991.

FENNEMA, O.R. **Química de los alimentos**. 2º ed , Acribia: Zaragoza, 2000, 1258 p.

FERNANDEZ, J *et al.* Thiobarbituric acid test for monitoring lipid oxidation in meat. **Food Chemistry**. v.59, n.3, p.345-353, 1997.

FERRARI, C.K.B & TORRES, E.A .F.S. Biochemical pharmacology of functional foods and prevention of chronic diseases of aging. **Biomedicine & Pharmacotherapy**. v.57, p.251-268, 2003.

FINLEY, J.W & G, Jr.P. Technological necessity of antioxidants in the food industry. **Food and Chemical Toxicology**. v.24, n.10/11, p. 999-1006, 1986.

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



FRANKEL, E.N *et al.* Principal phenolic phytochemicals in selected California wines and their antioxidant activity in inhibiting oxidation of human low-density lipoproteins. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**. v.43, p.890-894, 1995.

FRANKEL, E.N. Antioxidants in lipid foods and their impact on food quality. **Food Chemistry**. v.57, p. 51-55, 1996.

GANDINI, S *et al.* Meta-analysis of studies on breast cancer risk and diet: the role of fruit and vegetable consumption and the intake of associated micronutrients. **European Journal of Cancer**. v.36, p.636-646, 2000.

GAO, K *et al.* The citrus flavonoid naringenin stimulates DNA repair in prostate cancer cells. **Journal of Nutritional Biochemistry**. v.45, p. 25-36,2006.

GARDINI, C.H.C. Efeito da vitamina E na qualidade da carne de frango de corte. **Revista Nacional da Carne**. n.288, p.97, 2001.

GOMES, H.A *et al.* Evaluation of the 2-thiobarbituric acid method for the measurement of lipid oxidation in mechanically deboned gamma irradiated chicken meat. **Food Chemistry**. v.80, p. 433-437, 2003.

GRAU, A *et al.* Measurement of 2-thiobarbituric acid values in dark chicken meat through derivatized spectrophotometry: influence of various parameters. **Journal of Agriculture and Food Chemistry**. v.48, p. 1155-1159, 2000.

GRAY, J.I & PEARSON, A . M. Rancidity and warmed-over flavor. **Advances in Meat Research**. n.3, p. 221-269, 1987.

GRYGLEWSKI, R.J *et al.* On the mechanism of antithrombotic action of flavonoids. **Biochemical Pharmacology**.v.36, p.317-322, 1987.

HALLIWELL, B *et al.* Free radicals, antioxidants, and human disease: where are we now ?. **Journal of Laboratory and Clinical Medicine**. v.119, p. 598-620, 1992.

HALLIWELL, B. Free radicals, antioxidants, and human disease: curiosity, cause, or consequence?. **The Lancet**. v.344, p. 721-724, 1994.

HALLIWELL, B *et al.* The characterization of antioxidants. **Food and Chemical Toxicology**. v.33, n.7, p.601-617, 1995.

HALLIWELL, B *et al.* Free radicals na antioxidants in food and and *in vivo*: What they do and how they work.**Critical Reviews in Food Science and Nutrition**. v.35, p. 7-20, 1995.

HALLIWELL, B. Antioxidants i human health and disease. **Annual Reviews Nutrition**. v.16 , p. 33-50, 1996.

HANSEN, T.B *et al.* The influence of the anticaking agent potassium ferrocyanide and salt on the oxidative stability of frozen minced pork meat. **Meat Science**. v.43, p.135-144, 1996.

HERCBERG, S *et al.* The potential role of antioxidant vitamins in preevnting cardiovascular diseases and cancers. Review. **Nutrition**. v.14, n.8, p.513-520, 1998.

HERTOG, M.G.L *et al.* Content of potentially anticarcinogenic flavonoids of 28 vegetables and nine fruits commonly consumed in the Netherlands. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**. v.40, p.2379-2383, 1992.

HETTIARACHCHY, K.C *et al.* Natural antioxidants extract from fenugreek (*Trigonella foenumgraecum*) for ground beef patties. **Journal of Food Science**. v.61, n.3, 1996.

HIGGINS, F.M *et al.* Effect of dietary  $\alpha$ -tocopheryl acetate supplementation on  $\alpha$ -tocopherol distribution in raw turkey muscles and its effect on the storage stability of cooked turkey meat. **Meat Science**.v.50, n.3, p.373-383, 1998.

HOOD, D.E. Factors affeting the rate of metmyoglobin accumulation in pre-packaged beef. **Meat Science**. v.4, p. 247-265, 1980.

HOULIHAN, C.M *et al.* The structure of rosmariquinone – a new antioxidant isolated from *Rosmarinus officinalis* L. **Journal of the American Oil Chemists' Society**.v.62, n.1, p. 96-98, 1985.

HULSEGGE, B *et al.* Instrumental colour classification of veal carcasses. **Meat Science**. v.57, n.2, p.191-195, 2001.

HUNT, M.C *et al.* Color and heat desaturation of myoglobin forms in ground beef. **Journal of Food Science**, v.64, n.5, p.847-851, 1999.

IGENE, J.O *et al.* Role of triglycerides and phospholipids on development of rancidity in model meat systems during frozen storage. **Food Chemistry**. v.5, p. 263-276, 1980.

ISHIGE, K *et al.* Flavonoids protect neuronal cells from oxidative stress by three distinct mechanisms. **Free Radical Biology & Medicine**.v.30, n.4, p.433-446, 2001.

ITO, N *et al.* Studies on antioxidants: their carcinogenic and modifying effects on chemical carcinogenesis. **Food Chemical Toxicology**. v.24, n.10/11, p.1071-1082, 1986.

IVERSON, F. Phenolic antioxidants: health protection branch studies on butylated hydroxyanisole. **Cancer Letters**. v.93, p.49-54, 1995.

JACOBSEN, M & BERTELSEN, G. Colour stability and lipid oxidation of fresh beef. Development of a response surface model for predicting the effects of temperature, storage time, and modified atmosphere composition. **Meat Science**. v.54, n.1, p. 49-57, 2000.

JANERO, D.R.Malondialdehyde and thiobarbituric acid reactivity as diagnostic indices of lipid peroxidation and peroxidative tissue injury. **Free Radical Biology Medicine**. v.9, p. 515-540, 1990.

JENSEN, C *et al.* Dietary vit.E: quality and storage stability of pork and poultry. A review. **Trends in Food Science & Technology**.v.9, p.62-72, 1998.

JENKINS, D.J *et al.* Effects of high and low-isoflavone soyfoods on blood lipids, oxidized LDL, homocysteine, and blood pressure in hyperlipidemic men and women. **American Journal Clinical Nutrition.** v.76, p.365-372, 2002.

JEUN-HORNG, L *et al.* Effect of dietary fish oil on fatty acid composition, lipid oxidation and sensory property of chicken frankfurters during storage. **Meat Science.** v.60, p. 161-167, 2002.

JIA, T-D *et al.* Comparison of quality loss and changes in the glutathione antioxidant system in stored mackerel and blue fish muscle. **Journal Agriculture and Food Chemistry.** v.44, p.1195-1201, 1996.

JIMENEZ-COLMENERO, F *et al.* Healthier meat and meat products: their role as functional foods. A review. **Meat Science.** v.59, p.5-13, 2001.

KAHKONEN, M.P. Antioxidant activity of plant extracts containing phenolic compounds. **Journal of Agricultural and Food Chemistry.** v.47, p.3954-3962, 1999.

KAHL, R & HILDEBRANDT, A .G. Methodology for studying antioxidant activity and mechanisms of action of antioxidants. **Food Chemical Toxicology.** v.24, n.10/11, p. 1007-1014, 1986.

KANNAN, G *et al.* Colour changes reflecting myoglobin and lipid oxidation in chevon cuts during refrigerated display. **Small Ruminant Research.** v.42, n.67-75, 2001.

KANNER, J *et al.* Lipid peroxidation of muscle foods as affected by NaCl. **Journal of Agriculture and Food Chemistry.** v.39, p.1017-1021, 1991.

KANNER, J. Oxidative processes in meat and meat products: quality implications. **Meat Science.** v. 36, p. 169-189, 1994.

KARPINKA, M *et al.* The use natural antioxidants in ready-to-serve food. **Food Chemistry.** v.72, p.5-9, 2001.

KAUSAR, H *et al.* Palm oil alleviates 12-*O*-tetradecanoyl-phorbol-13-acetate-induced tumor promotion response in murine skin. **Cancer Letters**. v.192, p.151-160, 2003.

KEHRER, J.P. Free radicals as mediators of tissue injury and disease. **Critical Review Toxicology**. v.23, p.21-48, 1993.

KIKUSAKI, H *et al.* Structure of a new antioxidative phenolic acid from oregano (*Origanum vulgare L.*). **Agricultural and Biological Chemistry**. v.53, n.2, p.519-522, 1989.

KONOPKA, V.C *et al.* Potent odorants formed by lipid peroxidation as indicators of the warmed-over flavour (WOF) of cooked meat. **Zeitschrift fur Lebensmittel-Untersuchung und-Forschung** .v.201, p.1-9, 1995.

KUBOW, S. Toxicity of dietary lipid peroxidation products. **Trends in Food Science & Technology**.v.34, p.67-71, 1990.

KULISIC, T *et al.* Use of different methods for testing antioxidative activity of *oregano* essential oil. **Food Chemistry**. v.85, p. 633-640, 2004.

KRETZSCHMAR, M. Regulation of hepatic glutathione metabolism and its role in hepatotoxicity. **Experimental and Toxicology Patology**.v.48, p.439-446, 1996.

KRING, U & BERGER, R.G. Antioxidant activity of some roasted foods. **Food Chemistry**. v.72, p. 223-229, 2001.

KRIS-ETHERTON, P.M *et al.* Bioactive compounds in foods: their role in the prevention of cardiovascular disease and cancer. **The American Journal of Medicine**. v.113, p.71-88, 2002.

KRITHARIDES, L & STOCKER, R. The use of antioxidant supplements in coronary heart disease. Review. **Atherosclerosis**. v.164, p.211-219, 2002.

KROON, P.A & WILLIAMSON, G. Hydrocinnamates in plant and food: current and future perspectives. **Journal of the Science of Food and Agriculture**. v.79, n.3, p.355-361, 1999.

KRZYWICHI, K. The determination of haem pigments in meat . **Meat Science**. v.7, p. 29-36, 1982.

LAURIDSEN, C *et al.* Influence of dietary fat and vit.E supplementation on  $\alpha$ -tocopherol levels and fatty acid profiles in chicken muscle membranal fractions and on susceptibility to lipid peroxidation. **Meat Science**. v.46, p.9-22, 1997.

LAWRIE, R.A. **Meat Science**. Lancaster: Technomic, 1998, 336 p.

LEE, Y *et al.* Flavonoids and antioxidant activity of fresh pepper (*Capsicum annuum*) cultivars. **Journal of Food Science**. v.60, n.3, p.473-476, 1995.

LEE, S.K *et al.* Influence of sodium chloride on the antioxidant enzyme activity and lipid oxidation in frozen ground pork. **Meat Science**. v.46, p. 349-355, 1997.

LIEBLER, D.C. The role of metabolism in the antioxidant function of vit.E. **Critical Review Toxicology**. v.23, p.167-169, 1993.

LINDAHL, G *et al.* Contribution of pigment content, myoglobin forms and internal reflectance to the colour of pork loin and ham from pure breed pigs. **Meat Science**. v.59, n.2, p.141-151, 2001.

LIVINGSTON, D.J & BROWN, W.D. The chemistry of myoglobin and its reactions. **Food Tecnology**. v.35, n.5, p.244-252, 1982.

LOGANI, M.K & DAVIES, R.E. Lipid oxidation: biologic effects and antioxidants. **Lipids**.v.15, p. 485-495, 1980.

LOLIGER, J *et al.* **The use of antioxidants in food**. In free radicals and food additives. Taylor and Francis: London , p. 129-150 , 1999.

LOVE, J.D. The role of heme iron in the oxidation of lipids in red meats. **Food Tecnology**. v.16, p. 45-58, 1983.

LYNCH, M.P & FAUSTMAN, C. Effect of aldehyde lipid oxidation products on myoglobin. **Journal of Agriculture and Food Chemistry**. v.48, n.3, p. 600-604, 2000.

L, FILHO, A *et al.* Uma alternativa na embalagem de carnes frescas. **Revista Nacional da Carne**. n.318, p. 36 , 2003.

MACHLIN, L.J & BENDICH, A. Free radical tissue damage: protective role of antioxidant nutrients. **Faseb Journal**.v.1, p.441-445, 1987.

MADHAVI, D.L *et al.* **Food antioxidants: technological, toxicological and health perspectives**. Marcel Decker: New York. 490 p. 1995.

MADHAVI, D.L *et al.* **Food antioxidantes: Sources and Methods of Evaluation**. Marcel Decker: New York, p. 65-67, 1995.

MANCINI, R.A & HUNT, M.C. Current research in meat color. **Meat Science**. v.71, n.100-121, 2005.

MANSOUR, E.H & KHALIL, A .H. Evaluation of antioxidant activity of some plant extracts and their application to ground beef patties. **Food Chemistry**. v.69, p.135-141, 2000.

MARINOVA, E.M & YANISHLIEVA, N.V. Inhibited oxidation of lipids II: comparison of the antioxidative properties of some hydroxy derivates of benzoic and cinnamic acids. **Fett-Wissenschaft Technologie**.v.94, n.11, p.428-432, 1992.

MELO, E.A & GUERRA, N.B. Ação antioxidante de compostos fenólicos naturalmente presentes em alimentos. **Bol SBCTA** .v.36, n.1, p.1-11, 2002.

MELTON, S.T. Methodology for following lipid oxidation in muscle foods. **Food Technology**. v.37, p. 105-116, 1983.

MICAH, J *et al.* Supplementation with fruit and vegetable extracts may decrease DNA damage in the peripheral lymphocytes of an elderly population. **Nutrition Research**. v.19, n.10, p.1507-1518, 1999.

MILKKENSEN, A *et al.* Metmyoglobin reductase activity in porcine *m.longissimus dorsi* muscle. **Meat Science**. v.51, p.155-161, 1999.

MISHRA, B *et al.* Effect of *o*-glycosilation on the antioxidant activity and free radical reactions of a plant flavonoid, *Chrysoeriol*. **Biorganic Medicinal Chemistry**. v. 11, p. 2677-2685, 2003.

MIYAKE, T & SHIBAMOTO, T. Inhibition of malonaldehyde and acetaldehyde formation from blood plasma oxidation by naturally occurring antioxidants. **Journal of Agriculture and Food Chemistry**. v.46, p.3694-3697, 1998.

MOLLER, J.K.S *et al.* Dittany (*Origanum dictamnus*) as a source of water-extractable antioxidants. **Food Chemistry**.v.64, p.215-219, 1999.

MONAHAN, F.J *et al.* Catalysis of lipid oxidation in muscle model systems by haem and inorganic iron. **Meat Science**. v.34, p. 95-106, 1993.

MORA, A *et al.* Structure-activity relationships of polymethoxy flavones and other flavonoids as inhibitors of non-enzymic lipid peroxidation. **Biochemical Pharmacology**. v.40, p.793-797, 1990.

MORRISSEY, P.A *et al.* Uptake of  $\alpha$ -tocopherol in porcine plasma and tissues. **Meat Science**. v.44, p. 275-283, 1996.

MORRISSEY, P.A *et al.* Lipid stability in meat and meat products. **Meat Science**. v.49, p. 73-86, 1998.

MOTTRAM, D.S Flavour formation in meat and meat products: a review. **Food Chemistry**. v.62, n.4, 1998.



MOURE, A *et al.* Review – Natural antioxidants from residual sources. **Food Chemistry**. v.72, p. 145-171, 2001.

MULLER, G. **Microbiología de los alimentos vegetales**. Zaragoza: Acribia, 1981, 291p.

NIELSEN, H.K *et al.* Reactions of proteins with oxidizing lipids. 2.Influence on protein quality and on the bioavailability of lisine, methionine, cysteine and tryptophan as measured in rat assays. **British Journal Nutrition**. v. 53, p. 75-80, 1985.

NIKI.E *et al.* Lipid peroxidation: mechanisms, inhibition and biological effects. **Biochemical and Biophysical Research Communications**. v.336, p.1-9, 2005.

NOGUCHI, N & NIKI, E. Phenolic antioxidants: a rationale for design and evaluation of novel antioxidant drug for atherosclerosis. **Free Radical Biology & Medicine**.v.28, n.10, p.1538-1546, 2000.

O'GRADY, M.N *et al.* Oxymyoglobin in bovine muscle systems as affected by oxidizing lipids, vit.E and metmyoglobin reductase activity. **Journal of Muscle Foods**. v.12, n.19-35, 2001.

O'KEEFFE, M & HOOD, D.E.Biochemical factors influencing metmyoglobin formation in beef from muscles of differing colour stability. **Meat Science**. v.7, p. 209-221, 1982.

O'NEILL, L.M *et al* . Inhibition of lipid oxidation in chicken by carnosine and dietary  $\alpha$ -tocopherol supplementation and its determination by derivate spectrophotometry. **Meat Science**, v.50, p. 479-488, 1998.

O'NEILL, L.M *et al.* Effect of carnosine, salt and dietary vitamin E on the oxidative stability of chicken meat . **Meat Science** . v.52, p.89-94, 1999.

O'SULLIVAN, M.G *et al.* The distribution of dietary vit.E in the muscles of porine carcass. **Meat Science**. v.45, p.297-305, 1997.

ONG, K.C & KHOO, H-E. Review – Biological effects of *Myricetin*. **General Pharmacology**. v.29 , p. 121-126 , 1997.

ONYENEHO, S.N & HETTIARACHCHY, N.S. Antioxidant activity of durum wheat bran. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**. v.40, p.1496-1500, 1992.

ONYENEHO, S.N *et al.* Antioxidant activity, fatty acids and phenolic acid compositions of potato peels. **Journal of Science and Food Agriculture**. v.62, p.345-350, 1993.

OSAWA, T *et al.* A novel antioxidant isolated from young green barley leaves. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**. v.40, n.7, p.1135-1138, 1992.

OSAWA, T. Protective role of dietary polyphenols in oxidative stress. **Mechanisms of Ageing and Development** . v.111, p.133-139, 1999.

PANIANGVAIT, P *et al.* Cholesterol oxides in foods of animal origin. **Journal of Food Science**.v.60, n.6, p. 1159-1174, 1995.

PAPAS, A.M. Diet and antioxidants status. **Food and Chemical Toxicology**. v.37, p.999-1007, 1999.

PAPADOPOULOS, G & BOSKOU, D. Antioxidant effect of natural phenols on olive oil. **Journal American Oil Chemists' Society**. v.68, n.9, p.669-671, 1991.

PARK, Y.K *et al.* Recentes progressos dos alimentos funcionais. **Bol SBCTA**.v.31, n.2, p.200-206, 1997.

PEARSON, A.M *et al.* Safety implications of oxidized lipids in muscle foods. **Food Technology**. v.37, n.121-130, 1983.

PENA-RAMOS, E.A & XIONG, Y.L. Whey and soy protein hydrolysates inhibit lipid oxidation in cooked pork patties. **Meat Science**. v. 64, p. 259-263, 2003.

PETERSON, D.M. Oat antioxidants. **Journal of cereal science**. v.33, p.115-129, 2001.

PETERSON, D.M *et al.* Oat avenanthramides exhibit antioxidant activities *in vitro*. **Food Chemistry**. v. 79, p. 473-478, 2002.

PIKUL, J *et al.* Relative role of phospholipids, triacylglycerols and cholesterol esters on malonaldehyde formation in fat extracted from chicken meat. **Journal of Food Science**. v.49, p. 704-708, 1984.

PIKUL, J *et al.* Evaluation of three modified TBA methods for measuring lipid oxidation in chicken meat. **Journal of Agriculture and Food Chemistry**. v.37, p.1309-1313, 1989.

PINCHUK, I & LICHTENBERG, D. The mechanism of action of antioxidants against lipoprotein peroxidation, evaluation based on kinetic experiments. **Progress in Lipid Research**. v.41, p.279-314, 2002.

P, NETO.M. Embalagem da carne vermelha. **Revista Nacional da Carne**. v..36, n.318, 2003.

RANDUZ, A.E *et al.* Influence of steam-peeled potato-processing waste inclusion level in beef finishing diets: Effects on digestion, feedlot performance, and meat quality. **Journal of Animal Science**. v. 81, p.2675-2875, 2003.

REDDY, I.M & CARPENTER, C.E. Determination of metmyoglobin reductase activity in bovine skeletal muscle. **Journal of Food Science**. v.56, p.1161-1164, 1991.

REHMAN, ZIA-UR. Evaluation of antioxidant activity of matanolic extract from peanut hulls in fried potato chips. **Plant Foods for Human Nutrition**.v.58, p.75-83, 2003.

REHMAN, ZIA-UR. Utilization of potato peels extract as a natural antioxidant in soy bean oil. **Food Chemistry**. v.85, p.215-220, 2004.

RENERRE, M & LABAS, R. Biochemical factors influencing metmyoglobin formation in beef muscles. **Meat Science**. v.19, p.151-165, 1987.

RENERRE, M. Factors involved in the discoloration of beef meat: A review. **International Journal of Food Science and Technology**.v.25, p.613-630, 1990.

RICE-EVANS, C.A *et al.* Antioxidant properties of phenolic compounds. Review. **Trends in Plant Science**. v.2, n.4, p.152-159, 1997.

ROSMINI, M.R *et al.* TBA test by extractive method applied to 'Paté'. **Meat Science**. v.42, n.1, p.103-110, 1996.

RUSSO, A *et al.* Genistein inhibits UV light-induced plasmid DNA damage and cell growth in human melanoma cells. **Journal of Nutritional Biochemistry**. v.17, p.103-108, 2006.

RHEE, K.S *et al.* Lipid oxidation in traditional mediterranean meat products . **Journal of Food Science**. v.61, p.8-12, 1996.

RHEE, K.S & ZIPRIN, Y.A. Pro-oxidative effects of NaCl in microbial growth-controlled and uncontrolled beef and chicken. **Meat Science**. v.57, p.105-112, 2001.

SANCHEZ-MORENO, C *et al.* Free radical scavenging capacity and inhibition of lipid oxidation of wines, grape juices and related polyphenolic constituents. **Food Research International**. v.32, p.407-412, 1999.

SANCHEZ-MORENO, C *et al.* Study of low-density lipoprotein oxidizability indexes to measure the antioxidant activity of dietary polyphenols. **Nutrition Research**.v.20, n.7, p.942-953, 2000.

SOARES, S.E . Ácidos fenólicos como antioxidantes. **Revista de Nutrição**. v.15, n.1, p.3-16, 2002 .

SOTILLO, D.R *et al.* Potato peel waste: stability and antioxidant activity of a freeze-dried extract . **Journal of Food Science**. v.59, n.5, 1994.

SOTILLO, D.R *et al.* Phenolics in aqueous potato peel extract: extraction, identification and degradation. **Journal of Food Science**. v.59, n.2, 1994.

SHAHIDI, F *et al.* Phenolic antioxidants. **Critical Review in Food Science and Nutrition.** v.32, n.1, p.67-103, 1992.

SHERWIN, E.R. **Antioxidants: Food Additives.** Marcel Dekker: New York, p.139-193, 1990.

SPANIER, A.M *et al.* The warmed-over flavour process in beef: a study of meat proteins and peptides. **Food Technology.** v.46, p.110-118, 1988.

SPANIER, M.K *et al.* Response of beef flavor to oxygen depletion and a antioxidant chelator mixture. **Journal of Agriculture and Food Chemistry.** v.40, n.9, p. 1656-1662, 1992.

STEINMETZ, K.A & POTTER, J.D. Vegetables, fruit and cancer prevention: a review. **Journal American Dietetic Association.** v.96, p.1027-1039, 1996.

STOHS, S.J & BAGCHI, D. Oxidative mechanisms in the toxicity in metal ions. **Free Radical Biology & Medicine.**v.18, p.321-336, 1995.

STRAVIC, B. Role of chemopreventers in human diet. **Clinical Biochemistry.**v.27, n.5, p.319-332, 1994.

TANG, S.Z *et al.* Antioxidative mechanisms of tea catechins in chicken meat systems. **Food Chemistry.** v.76, p.45-51, 2002.

TCHIVANGANA, J.Z & MORRISSEY, P.A. Metmyoglobin and inorganic metals as prooxidants in raw and cooked muscle systems. **Meat Science.** v.15 , p.107-116 , 1985.

THERIAULT, A *et al.* Tocotrienol: a review of its therapeutic potential. **Clinical Biochemistry.** v.32, n.5 , p.309-319 , 1999.

TSUCHIYA, M *et al.* Antioxidant activity of  $\alpha$ -tocopherol,  $\beta$ -carotene and ubiquinol in membranes: cis-parinaric acid-incorporated liposomes. **Methods in Enzimology.** v.234, p.371-383, 1994.

ULU, H. Evaluation of three 2-thiobarbituric acid methods for the measurement of lipid oxidation in various meats and meats products. **Meat Science**. v.67, p.683-687, 2004.

VEKIARI, S.A *et al.* Flavonoids as lipid antioxidants. **Journal the American Oil Chemists' Society**. v.70, n.5, p.483-487, 1993.

VERHAGEN, H *et al.* Disposition of single oral doses of butylated hydroxytoluene in man and rat. **Food Chemical Toxicology**. v.27, n.12, p. 765-772, 1989.

VISIOLI, F & GALLI, C. Oleuropein protects low density lipoprotein from oxidation. **Life Science**, v.55, n.24, p. 1965-1971, 1994.

VITAGLIONE, P & FOGLIANO, V. Use of antioxidants to minimize the human health risk associated to mutagenic /carcinogenic heterocyclic amines in food. **Jouranal of Chromatography B**. v.123, p.1-11, 2003.

VON GADOW, A *et al.* Comparison of the antioxidant activity of aspalathin with that of other plant phenols of rooibos tea (*Aspalathus linearus*),  $\alpha$ -tocopherol, BHT and BHA. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**. v.45, p.632-638, 1997.

YANG.A *et al.* Warmed-over flavor and lipid stability of beef: effects of prior nutrition . **Food Chemical Toxicology**, v. 67, n.9 , p. 3309-3313 , 2002.

YAMAKOSHI, J *et al.* Proanthocyanidin-rich extract from grape seeds attenuates the development of aortic atherosclerosis in cholesterol-fed rabbits. **Atherosclerosis**. v.142, p.139-149, 1999.

YILMAZ , Y & TOLEDO, R.T .Health aspects of functional grape seed constituents. **Trends in Food Science & Technology**.v.15, p.422-433, 2004.

YIN, M.C & FAUSTMAN, C. The influence of temperature, p H and phospholipid composition on the stability of myoglobin and phospholipid a liposome model. **Journal of Agriculture and Food Chemistry**. v.41, n. 853-857, 1993.

WALLACE, W.J *et al.* Mechanism of autoxidation for hemoglobins and myoglobins. **Journal of Biological Chemistry**. v.257, n.9, p.4966-4977, 1982.

WANASUNDARA, U.N *et al.* Isolation and identification of an antioxidative component in canola. **Journal of Agriculture and Food Chemistry**. v.42, n.6, p.1285-1290, 1994.

WITSCHI, H.P. Enhanced tumour development by butylated hidroxytoluene (BHT) in the liver, lung and gastro-intestinal tract. **Food Chemical Toxicology**.v.24, n.10/11, p.1127-1130, 1986.

WONG, J.W. Antioxidant activities of rosemary and sage extracts and vitamin E in a model meat system. **Journal of Agriculture and Food Chemistry**. v.43, p. 2707-2712, 1995.

WURTZEN, G. Shortcomings of current strategy for toxicity testing of food chemicals: antioxidants. **Food and Chemical Toxicology**. v.28, n.11, p. 743-745, 1990.

WURTZEN, G. Scientific evaluation of the safety factor for the acceptable daily intake. Case study: butylated hydroxyanisole (BHA). **Food Additives and Contaminants**. v.10, n.3, p.307-314, 1993 .





