

ANTIOXIDANTES NATURAIS E OXIDAÇÃO LIPÍDICA:

Aplicações em produtos
de origem animal



ORGANIZADORES

Aline Mondini Calil Racanicci
Leonardo França da Silva
Ana Vitória Remígio de Gois
Filipe Bittencourt Machado de Souza
Cristiane Bovi de Lima
Geovana Rocha de Oliveira
Jéssica Cabral Carvalho
Samara Aquino Amador
Thais Chiozzini de Souza
Dannielle Leonardi Migotto
Jessica Mansur Siqueira Crusoé



2026

Organizadores
Aline Mondini Calil Racanicci
Leonardo França da Silva
Ana Vitória Remígio de Gois
Filipe Bittencourt Machado de Souza
Cristiane Bovi de Lima
Geovana Rocha de Oliveira
Jéssica Cabral Carvalho
Samara Aquino Amador
Thais Chiozzini de Souza
Dannielle Leonardi Migotto
Jessica Mansur Siqueira Crusoé

ANTIOXIDANTES NATURAIS E OXIDAÇÃO LIPÍDICA

Aplicações em produtos de origem animal

1ª EDIÇÃO



SÃO LUÍS - 2026



EDITORA NOVUS

SÃO LUÍS - MA - 2026

 WWW.EDITORANOVUS.COM.BR  EDITORANOVUS@GMAIL.COM

Diagramação e Edição

Eduardo Mendonça Pinheiro

Edição de Arte

Eduardo Mendonça Pinheiro

Normalização

José Marcelino Nascimento Veiga Júnior

Conteudista

Autores © 2026

Organizadores

Aline Mondini Calil Racanicci

Leonardo França da Silva

Ana Vitória Remígio de Gois

Filipe Bittencourt Machado de Souza

Cristiane Bovi de Lima

Geovana Rocha de Oliveira

Jéssica Cabral Carvalho

Samara Aquino Amador

Thais Chiozzini de Souza

Dannielle Leonardi Migotto

Jessica Mansur Siqueira Crusoé

© 2026 Copyright – Direitos reservados. A Editora Novus é detentora dos direitos autorais relativos à edição, diagramação e ao projeto gráfico da presente obra. Os autores permanecem titulares dos direitos autorais de seus respectivos textos. Esta publicação está licenciada sob a Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC BY 4.0), permitindo a reprodução, o download e o compartilhamento total ou parcial do conteúdo, desde que a fonte seja devidamente citada, com atribuição obrigatória de autoria, e que a obra seja disponibilizada exclusivamente em Acesso Aberto (Open Access). Não é permitida qualquer forma de alteração, adaptação ou modificação do conteúdo, bem como sua disponibilização em plataformas de acesso restrito ou com finalidade comercial.



Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

R121a

Antioxidantes naturais e oxidação lipídica: aplicações em produtos de origem animal. / organizadores: Aline Mondini Calil Racanicci [et al.]. – São Luís: Editora Novus, 2026.

72 f.: il. color. v.1.

Publicação digital (e-book) no formato PDF

ISBN: 978-65-84364-62-2

DOI: 10.29327/5915023

1. Oxidação lipídica. 2. Antioxidantes naturais. 3. Produtos de origem animal. 4. Biodiversidade do Cerrado. 5. Conservação de alimentos. I. Racanicci, Aline Mondini Calil [et al.]. II. Título.

CDU: 664.9

Elaborado por José Marcelino Nascimento Veiga Júnior – CRB 13/320

CONSELHO EDITORIAL

Dr^a Anali Linhares Lima
M.Sc. Alan Jefferson Lima de Moraes
Dr. André Leonardo Demaison Medeiros Maia
Dr^a Anna Christina Sanazario de Oliveira
Dr^a Aurea Maria Barbosa de Sousa
Dr^a Camila Pinheiro Nobre
Dr. Claudio Alves Benassi
Dr. Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua
Dr^a Claudiene Diniz da Silva
Dr. Diogo Guagliardo Neves
M.Sc. Eduardo Oliveira Pereira
Dr^a Elba Pereira Chaves
Dr. Elmo de Sena Ferreira Junior
M.Sc. Érica Mendonça Pinheiro
Dr. Fabio Antonio da Silva Arruda
M.Sc. Fernanda Tabita Barroso Zeidan
Dr. George Alberto da Silva Dias
Dr^a Gerbeli de Mattos Salgado Mochel
Dr^a Giselle Cutrim de Oliveira Santos
Dr^a Herlane de Olinda Vieira Barros
Dr^a Ivete Furtado Ribeiro Caldas
M.Sc. José Carlos Durans Pinheiro
M.Sc. Josiney Farias de Araújo

M.Sc. Julianno Pizzano Ayoub
M.Sc. Lucianna Serfaty de Holanda
Dr^a Luciara Bilhalva Corrêa
Dr^a Maria Raimunda Chagas Silva
Dr^a Marina Bezerra Figueiredo
Dr^a Michela Costa Batista
Dr. Moisés dos Santos Rocha
Dr^a Priscila Xavier de Araújo
M.Sc. Ramaiany Carneiro Mesquita
Dr^a Rita de Cássia Silva de Oliveira
Dr. Saulo José Figueiredo Mendes
Dr^a Sandra Imaculada Moreira Neto
M.Sc. Shirley Ribeiro Carvalho
Dr^a Sinara de Fátima Freire dos Santos
M.Sc. Tatiana Mendes Bacellar
Dr^a Thais Roseli Corrêa
Dr^a Thalita Karolline de Queiroz Pereira
M.Sc. Victor Crespo de Oliveira
Dr. Wellinton de Assunção
Dr. William de Jesus Ericeira Mochel Filho

Acesse www.editoranovus.com.br/corpo-editorial-2/ para conhecer os membros do Corpo Editorial

Parecer editorial e avaliação por pares

Os trabalhos que integram esta obra foram submetidos à apreciação do Conselho Editorial da Editora Novus e avaliados por pareceristas externos, por meio do sistema de revisão por pares (peer review), tendo sido considerados aptos para publicação.

Nota editorial: Trata-se de uma produção de caráter independente, na qual os direitos autorais permanecem sob a titularidade de seus respectivos autores. Eventualmente, alguns textos podem apresentar desdobramentos de pesquisas, comunicações ou trabalhos acadêmicos previamente apresentados ou defendidos, cabendo aos autores a observância rigorosa das boas práticas acadêmicas, especialmente no que se refere à prevenção do autoplágio. O conteúdo das obras é de responsabilidade exclusiva dos autores, não refletindo, necessariamente, o posicionamento da Editora Novus, dos organizadores, dos revisores ou dos membros do Conselho Editorial.

PREFÁCIO

A produção e o consumo de alimentos de origem animal estão diretamente relacionados à necessidade de preservar a qualidade, a segurança e o valor nutricional dos produtos ao longo de sua cadeia produtiva. Entre os principais desafios tecnológicos envolvidos nesse processo, destaca-se a oxidação lipídica, fenômeno que pode comprometer características sensoriais, nutricionais e funcionais de carnes, ovos e outros alimentos, reduzindo sua vida de prateleira e sua aceitação pelo consumidor.

Nesse contexto, a busca por alternativas naturais capazes de retardar os processos oxidativos tem despertado crescente interesse científico e tecnológico. Os antioxidantes naturais representam uma possibilidade promissora, especialmente diante da demanda por alimentos mais seguros, com menor utilização de aditivos sintéticos e maior valorização dos recursos da biodiversidade brasileira.

O livro “Antioxidantes Naturais e Oxidação Lipídica: Aplicações em Produtos de Origem Animal” apresenta uma compilação de revisões que reúne conhecimentos relevantes sobre os mecanismos de oxidação lipídica e o potencial antioxidante de diferentes fontes naturais. A obra percorre desde os fundamentos relacionados à oxidação dos lipídios até aplicações práticas em produtos de origem animal, proporcionando ao leitor uma visão integrada entre ciência dos alimentos, produção animal, tecnologia e aproveitamento de recursos naturais.

Um dos diferenciais desta obra está na valorização de espécies do Cerrado brasileiro, apresentadas como fontes potenciais de compostos bioativos. Barbatimão, pacari, sucupira, copaíba, murici, mama-cadela e pimenta-de-macaco são abordados em diferentes perspectivas, com destaque para suas possibilidades de utilização na conservação e na qualidade de carnes e ovos. Essa abordagem contribui não apenas para a compreensão do potencial antioxidante dessas espécies, mas também para a valorização da biodiversidade e para a prospecção de novas alternativas tecnológicas.

A obra também contempla espécies amplamente reconhecidas por sua importância alimentar e funcional, como a goiaba (*Psidium guajava* L.) e a erva-mate (*Ilex paraguariensis*), discutindo aspectos relacionados à composição química, ao potencial antioxidante e às atividades biológicas. Dessa forma, os capítulos contribuem para ampliar a compreensão sobre a diversidade de compostos naturais que podem atuar na proteção contra processos oxidativos.

Mais do que reunir informações científicas, este livro evidencia a importância da integração entre conhecimento acadêmico e aplicações tecnológicas. O estudo de antioxidantes naturais pode contribuir para o desenvolvimento de estratégias de conservação mais eficientes, para a agregação de valor aos produtos agropecuários e para o aproveitamento sustentável

de espécies vegetais de interesse econômico e ambiental.

Espera-se que esta obra seja útil a estudantes de graduação e pós-graduação, pesquisadores, professores, profissionais das áreas de Ciência e Tecnologia de Alimentos, Zootecnia, Medicina Veterinária, Agronomia e áreas correlatas, bem como a todos aqueles interessados no desenvolvimento de alimentos de maior qualidade e na utilização de compostos bioativos naturais.

Ao reunir diferentes revisões em uma única publicação, “Antioxidantes Naturais e Oxidação Lipídica: Aplicações em Produtos de Origem Animal” oferece uma contribuição relevante para a disseminação do conhecimento científico e para o fortalecimento das pesquisas voltadas à utilização de recursos naturais como ferramentas para a conservação e a qualidade dos alimentos.

Que esta obra estimule novas pesquisas, aplicações tecnológicas e reflexões sobre o potencial da biodiversidade brasileira, aproximando a ciência das necessidades da sociedade e contribuindo para uma produção de alimentos cada vez mais segura, sustentável e inovadora.

Boa leitura!

SUMÁRIO

Capítulo 19

OXIDAÇÃO LIPÍDICA

Cristiane Bovi de Lima

Aline Mondini Calil Racan Ricci

Leonardo França da Silva

 **10.29327/5915023.1-1**

Capítulo 2 26

ANTIOXIDANTES NATURAIS DO CERRADO EM CARNE DE FRANGO (BARBATIMÃO, PACARI, SUCUPIRA E COPAÍBA)

Cristiane Bovi de Lima

Aline Mondini Calil Racan Ricci

Leonardo França da Silva

 **10.29327/5915023.1-2**

Capítulo 3 32

ANTIOXIDANTES NATURAIS DO CERRADO EM OVOS (BARBATIMÃO, PACARI, SUCUPIRA E COPAÍBA)

Geovana Rocha de Oliveira

Aline Mondini Calil Racan Ricci

Leonardo França da Silva

 **10.29327/5915023.1-3**

Capítulo 444

ANTIOXIDANTES NATURAIS DO CERRADO (MURICI, MAMA-CADELA E PIMENTA-DE-MACACO)

Jéssica Cabral Carvalho

Aline Mondini Calil Racan Ricci

Leonardo França da Silva

 **10.29327/5915023.1-4**

Capítulo 549

GOIABA (*Psidium guajava* L.)

Samara Aquino Amador

Aline Mondini Calil Racan Ricci

Leonardo França da Silva

 **10.29327/5915023.1-5**

Capítulo 6	52
ERVA-MATE (<i>Ilex paraguariensis</i>): IMPORTÂNCIA E POTENCIAL ANTIOXIDANTE	
<i>Thais Chiozzini de Souza</i>	
	10.29327/5915023.1-6

Capítulo 7	59
ERVA-MATE (<i>Ilex paraguariensis</i>): COMPOSIÇÃO QUÍMICA E ATIVIDADES BIOLÓGICAS	
<i>Dannielle Leonardi Migotto</i>	
<i>Aline Mondini Calil Racanicci</i>	
<i>Leonardo França da Silva</i>	
	10.29327/5915023.1-7



Capítulo 1

OXIDAÇÃO LIPÍDICA

Cristiane Bovi de Lima
Aline Mondini Calil Racanicci
Leonardo França da Silva



Lipídios

Os lipídios são a principal fonte energética para os animais de interesse zootécnico, pois possuem o maior teor calórico entre todos os nutrientes. Os átomos de carbono presentes na estrutura dos ácidos graxos são mais reduzidos do que os mesmos átomos encontrados na molécula de açúcar; portanto, a oxidação dos triglicerídeos libera duas vezes mais energia que os carboidratos (Nelson; Cox, 2008).

De acordo com Belitz e Grosch (1999), o termo lipídios é uma denominação genérica que inclui uma grande variedade de nutrientes que são compostos, na sua maioria, por ácidos graxos. Esses são encontrados na forma de ésteres e em menores grupos lipídicos na forma amídica. São formados por unidades estruturais com pronunciada hidrofobia, sendo solúveis apenas em solventes orgânicos não polares.

A classificação dos lipídios ocorre de acordo com as características do resíduo acila, originando dois grupos, os lipídios simples, não saponificáveis, e os acil-lipídios, saponificáveis. O segundo grupo é composto principalmente por gliceróis, fosfolipídios e glicolipídios, componentes das membranas biológicas, que cercam as células e as partículas subcelulares, cumprem funções energéticas e de reservas metabólicas, além de formarem hormônios e sais biliares (Gordon, 2001; Coelho; Moreira, 2001).

Os lipídios são classificados em três grupos definidos, de acordo com sua estrutura, estes grupos são: lipídios simples ou neutros, lipídios complexos e lipídios derivados (O'Keefe, 2002; Perkins, 1993).

A classe simples é formada por ésteres de ácidos graxos e alguns álcoois, principalmente glicerol e colesterol. Essa classe pode ser dividida em três grupos, triglicerídeos, esteroides e ceras. Os triglicerídeos são formados por uma molécula de glicerol esterificada com três ácidos graxos e representa mais de 90% da gordura presente nas rações animais. Os esteróides são lipídios que não podem ser saponificados e o colesterol é o principal esteroide encontrado no tecido animal. As ceras são compostos sem valor nutricional, formados por ésteres de ácidos graxos com álcoois de cadeia longa. Funcionam como uma camada protetora para folhas, galhos, insetos, pele, penas, pêlos e servem de estrutura para as colméias (Ferreira, 1999; O'Keefe, 2002).

Os lipídios complexos são ésteres de glicerol que contêm dois ácidos graxos e outro grupo químico como colina ou serina. Os grupos mais importantes são os fosfolipídios, que contêm fosfato em sua estrutura, enquanto os glicolipídios tem um carboidrato substituindo um ácido graxo e lipoproteínas, que são a principal forma de transporte dos lipídios pelo sangue (Ferreira, 1999; O'Keefe, 2002).

A classe dos derivados inclui substâncias com ácidos graxos, glicerol e outros álcoois que derivam dos lipídios simples e complexos após a hidrólise (Ferreira, 1999).

Os ácidos graxos são ácidos carboxílicos com cadeias hidrocarbonadas de comprimento entre 4 e 36 carbonos. Na maioria dos ácidos graxos, a cadeia pode ser totalmente saturada (não contém duplas ligações) e não-ramificada, ou a cadeia pode conter uma ou mais duplas ligações. O comprimento e o grau de insaturação da cadeia de hidrocarboneto são as principais características que podem afetar as propriedades físicas dos ácidos graxos e dos compostos que os contêm (Nelson; Cox, 2008).

Pontos de fusão também são intensamente afetados pelo comprimento e pelo grau de insaturação da cadeia. Em temperatura ambiente (25°), os ácidos graxos saturados com 12 a 24 carbonos tem consistência cerosa, enquanto os ácidos graxos insaturados do mesmo comprimento são líquidos oleosos. Essas diferenças nos pontos de fusão são devidas a diferentes graus de empacotamento das moléculas de ácido graxo (Berg *et al.*, 2011).

Nos compostos completamente saturados, a livre rotação em torno de cada ligação carbono-carbono proporciona grande flexibilidade à cadeia de hidrocarboneto (Figura 1). Nos ácidos graxos insaturados, uma dupla ligação em *cis* provoca curvatura na cadeia e os ácidos graxos com uma ou mais dessas curvaturas não podem se agrupar de forma tão compacta como os ácidos graxos totalmente saturados (Figura 1.1); e as interações entre eles são conseqüentemente mais fracas, pois se gasta menos energia térmica para quebrar esses arranjos fracamente ordenados (Nelson; Cox, 2008). Logo, a presença de insaturações na cadeia hidrocarbonada torna os ácidos graxos importantes substratos para deterioração oxidativa e quanto maior o número de insaturações na cadeia, mais suscetível a molécula está à oxidação (Gordon, 2001).

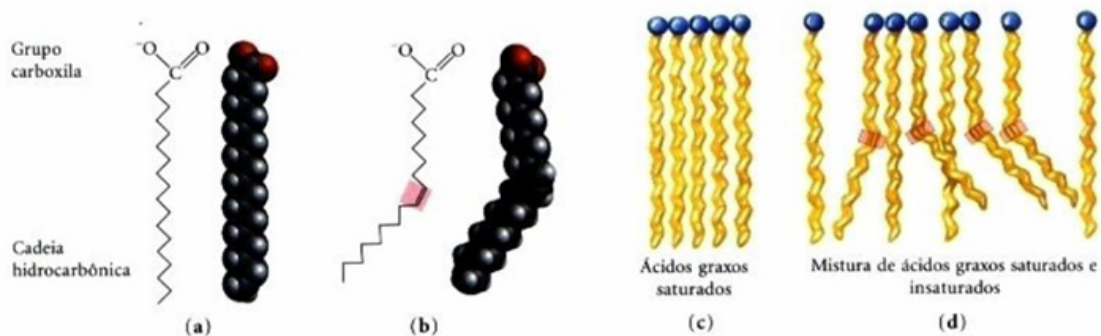


Figura 1. Justaposição de ácidos graxos em agregados estáveis. A extensão do empacotamento depende do grau de saturação. (a) Duas representações do ácido esteárico completamente saturado, cada linha em zigzague representa uma ligação simples entre carbonos adjacentes. (b) Dupla ligação *cis* (sombreada em vermelho) no ácido oleico não permite rotação e introduz uma curvatura rígida na cadeia hidrocarbônica. (c) Ácidos graxos totalmente saturados, na forma estendida, ajustam-se em arranjos quase cristalinos estabilizados por muitas interações hidrofóbicas. (d) A presença de uma ou mais ligações *cis* interfere no empacotamento rígido e como resultado, os agregados são menos estáveis (Nelson; Cox, 2008).

Lipídios em tecidos biológicos

De acordo com Alberts *et al.* (2008), a membrana celular forma uma camada com aproximadamente 5 a 10 nanômetros (nm) de espessura, constituída por lipídios (fosfolipídios, glicolipídios e colesterol) e proteínas integrais e de membrana conectadas por ligações covalentes (Figura 2). Enquanto as proteínas são responsáveis pela maioria das funções da membrana celular, a bicamada lipídica tem função estrutural das membranas biológicas e, na maior parte dos animais, constitui 50% dos componentes da membrana celular. As moléculas lipídicas presentes nas membranas celulares são anfipáticas, possuindo uma porção hidrofílica (polar) e outra hidrofóbica (apolar).

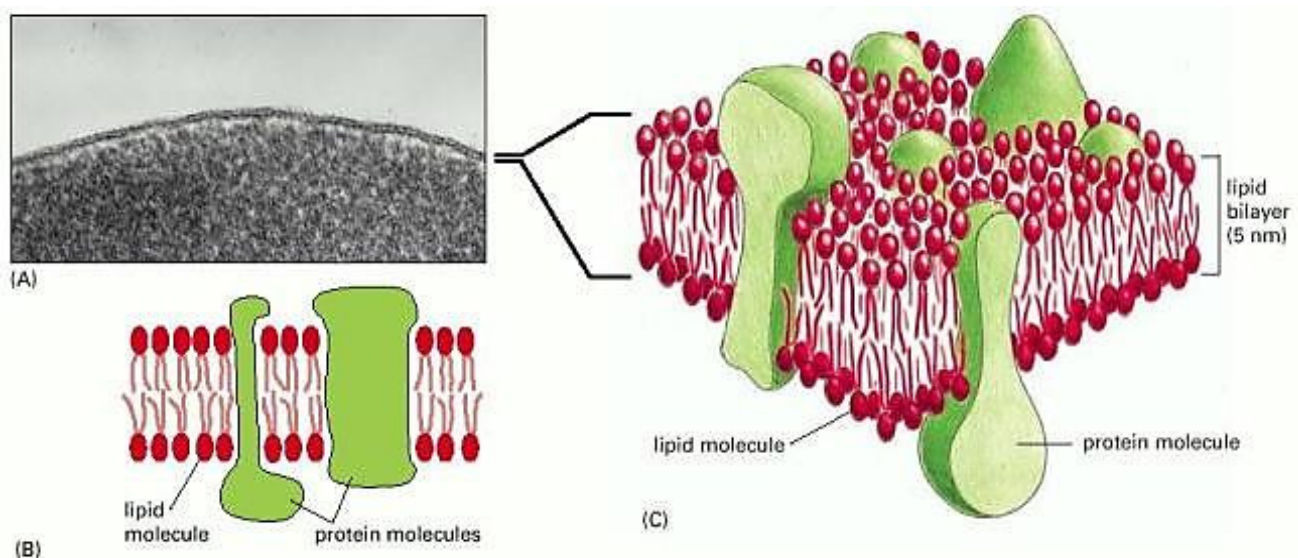


Figura 2. Membrana Celular. (A) Microscopia eletrônica de uma membrana celular (hemácia humana) vista em corte transversal. (B e C) Desenhos bi e tri-dimensionais, respectivamente, de uma membrana celular (Alberts *et al.*, 2007).

O lipídio de membrana mais comum é o fosfolipídio. Ele possui uma porção (cabeça) polar e duas caudas hidrofóbicas hidrocarbônicas. Nas células animais, bacterianas e vegetais, as caudas são geralmente formadas por ácidos graxos, que podem diferir em comprimento, contendo entre 14 a 24 carbonos (Figura 3). Uma das caudas é geralmente insaturada, com uma ou mais ligações duplas do tipo *cis*, enquanto a outra cauda não possui insaturações. O número de insaturações presentes na membrana celular varia de acordo com a espécie e afeta a fluidez da membrana (Alberts *et al.*, 2007). Os glicolipídios e as glicoproteínas são formados pela ligação dos carboidratos à superfície externa dos lipídios e das proteínas respectivamente. A camada resultante de carboidratos na superfície da membrana externa constitui o glicocálice, que desempenha importantes funções na célula (Coelho; Moreira, 2001).

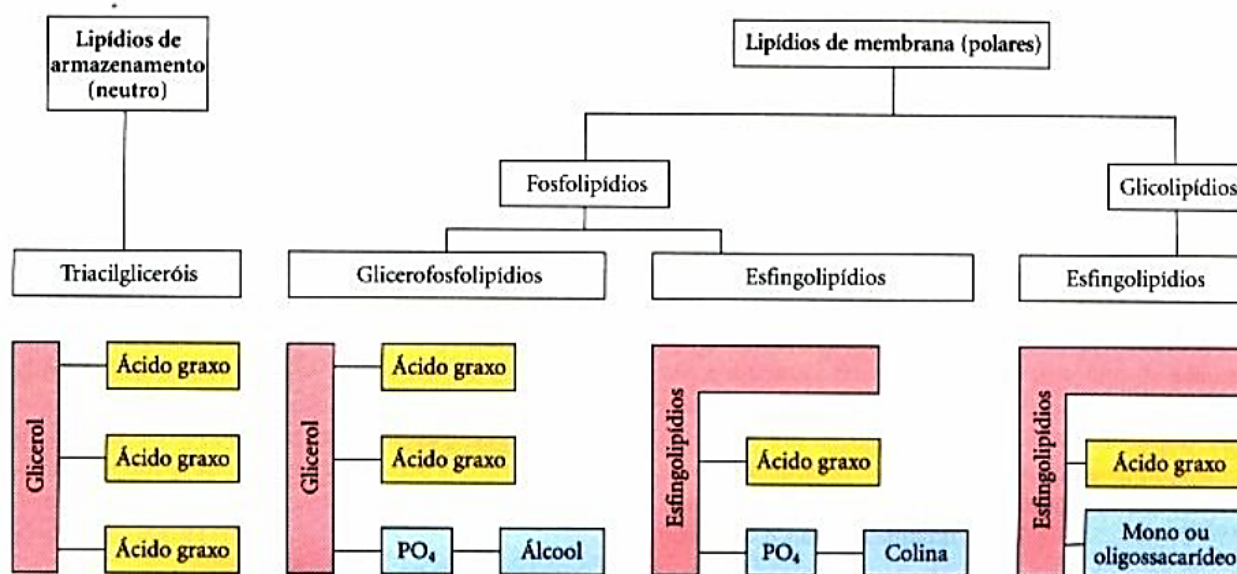


Figura 3. As principais classes de lipídios de armazenamento e de membranas (Lehninger *et al.*, 2000).

Lipídios na carne de frango

Os ácidos graxos presentes na dieta, quando armazenados no organismo, são distribuídos entre os lipídios neutros ou entre os fosfolipídios na musculatura animal. Os fosfolipídios, constituintes essenciais da membrana celular, mantêm-se em quantidade praticamente constantes sofrendo pequenos aumentos quando há ganho de peso dos animais. No frango de corte, a carne do peito possui um maior teor de lipídios localizados nos fosfolipídios, enquanto a carne da coxa e sobrecoxa possui um maior teor de triacilgliceróis, um tipo de lipídio neutro, que irá acumular-se em adipócitos. O número destes aumenta de acordo com o ganho de peso dos animais e eles estão localizados no perimísio (Wood *et al.*, 2004; Gonzalez-Esquerre; Leeson, 2001).

O perfil de ácidos graxos da carne de frango está diretamente relacionado ao conteúdo, composição e qualidade dos lipídios da dieta. A ingestão de ácidos graxos poliinsaturados (AGP), presentes na dieta, é refletida no perfil lipídico da carne de frango, que tem uma tendência em armazenar ácidos graxos nos fosfolipídios de membrana. Essa relação entre ingestão e deposição na musculatura está ligada a um mecanismo de dose-resposta que possui comportamento variável e depende do ácido graxo envolvido (Newman *et al.*, 2002; Bourre, 2005).

A presença de gorduras poli-insaturadas na carne, assim como algumas operações de processamento comuns na indústria, tais como a diminuição no tamanho das partículas, o cozimento e a adição de sal, tornam a carne mais suscetível à degradação, promovendo a oxidação. Este processo leva ao estresse oxidativo, com perda do balanço oxidativo entre pró-antioxidantes e antioxidantes, provocando rápido desenvolvimento da rancidez oxidativa (Araújo, 2007).

Oxidação

A oxidação é um conjunto de reações físico-químicas, que podem ser potencializadas pela ação microbiológica. Trata-se de um processo generalizado, que afeta lipídios, pigmentos, proteínas, DNA, carboidratos e vitaminas (Kanner, 1994). Ela ocorre pela ação em cadeia, geralmente iniciada pelos radicais livres e pela sua interação com o oxigênio.

Radicais livres

Radicais livres são produtos do metabolismo celular que possuem um ou mais elétrons desemparelhados ocupando um orbital atômico ou molecular e tornando-o instável. Essa molécula é altamente reativa e com uma capacidade de recombinar-se com moléculas integrantes da estrutura celular (Roberfroid; Calderon, 1995).

Os radicais livres podem ser gerados no interior citoplasmático, nas mitocôndrias ou na membrana e o seu alvo celular (proteínas, lipídeos, carboidratos e DNA) está relacionado com o seu sítio de formação (Anderson, 1996; Yu & Anderson, 1997). O organismo animal é constantemente atacado por radicais livres, como consequência das atividades metabólicas fisiológicas do corpo e também por causa do mecanismo de defesa do sistema imune contra a ação de microrganismos patogênicos. Os radicais livres têm importante função no metabolismo

celular devido a sua participação na reação de peroxidação lipídica (Surai, 2002).

Peroxidação lipídica

A oxidação lipídica é uma reação em cadeia que ocorre em três etapas: iniciação, propagação e terminação. A iniciação da peroxidação lipídica começa pela ação de qualquer elemento que, com reatividade suficiente, retira um átomo de hidrogênio de um grupo metil da molécula lipídica, formando um radical livre. As diferenças na taxa de iniciação da peroxidação lipídica estão relacionadas a energia de dissociação das ligações entre as moléculas de carbono e hidrogênio nas cadeias de ácido graxo. Conforme observado na Figura 4, a retirada da molécula de hidrogênio da cadeia lipídica deixa um elétron desemparelhado no carbono central da cadeia. Este radical carbono será estabilizado por rearranjo molecular e, num ambiente aeróbico, deverá reagir com as moléculas de oxigênio, formando um radical peróxido (Min; Ahn, 2005).

Na etapa de propagação, o peróxido formado extrai um átomo de hidrogênio de outra molécula lipídica ou de um ácido graxo adjacente para formar um hidroperóxido lipídico e formando um novo radical livre e propagando a reação em cadeia (Surai, 2002).

A última etapa da peroxidação lipídica, a terminação, ocorre quando os peróxidos formados reagem uns com os outros para originar produtos secundários da peroxidação (Silva *et al.*, 1999).

O oxigênio é o principal fator responsável pelo desenvolvimento da peroxidação. O oxigênio atmosférico é pouco reativo, mas ele pode ser convertido às espécies reativas de oxigênio (ROS), tais como peróxido de hidrogênio (H_2O_2), radical hidroxí ($\cdot OH$), ânion superóxido ($O_2\cdot^-$), radical hidroperóxido ($HO_2\cdot$), radical peróxido lipídico ($LOO\cdot$), radical alcoxi ($LO\cdot$), oxigênio “singlet” (1O_2) e complexo ferro-oxigênio (radical ferri e periferri). Estes podem participar direta ou indiretamente no processo de peroxidação (Ahn *et al.*, 1993).

Os compostos secundários da oxidação formam uma gama de compostos voláteis e não voláteis, como os aldeídos, cetonas, álcoois, hidrocarbonos e furanos que causam o sabor característico

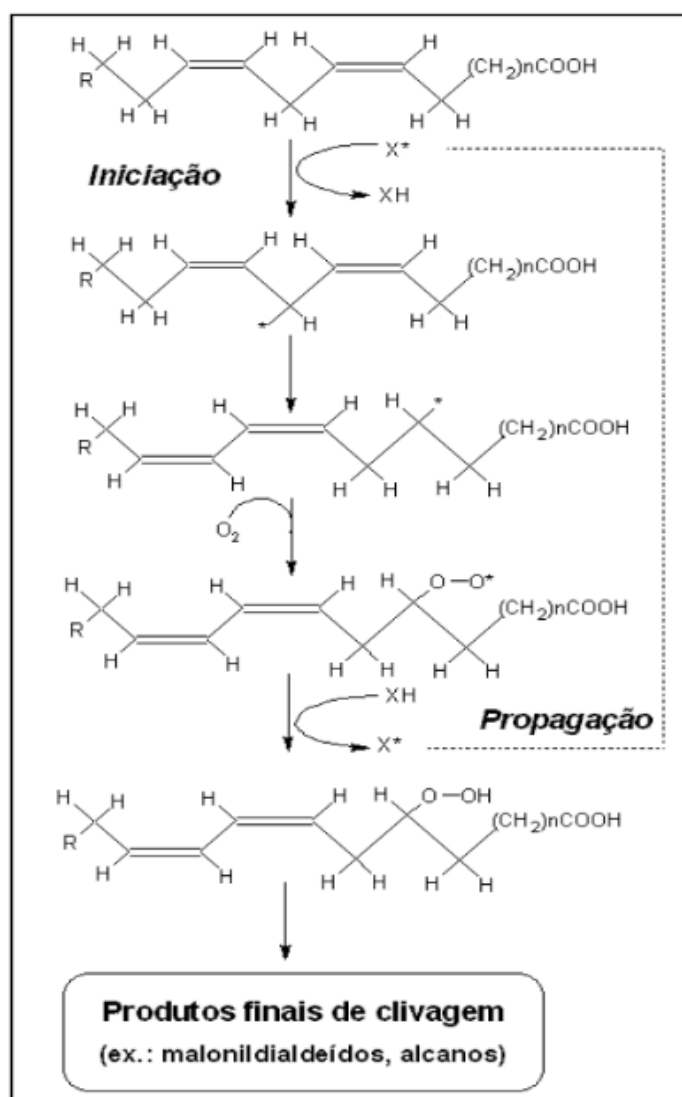


Figura 4. Etapas da Oxidação Lipídica
(Racanizzi, 2004).

de ranço no alimento. Entre os compostos voláteis, os aldeídos são encontrados em abundância e provocam alterações de cor e sabor na carne (Lynch; Faustman, 2000). Estes compostos, de forma geral, promovem alterações sensoriais, como também destruição de constituintes essenciais, ocasionando o decréscimo do valor nutricional e a formação de compostos tóxicos durante o processamento e o armazenamento do alimento (Melo; Guerra, 2002).

A oxidação lipídica depende de diversos mecanismos complexos que estão relacionados com o meio e a estrutura do lipídio, com o número e a natureza das insaturações presentes, com o tipo de interface entre os lipídios e o oxigênio, com a exposição à luz e ao calor e com a presença de pró-oxidantes ou de antioxidantes. Estes fatores são determinantes para a estabilidade oxidativa dos lipídios (Frankel *et al.*, 1994; Berset; Cuvelier, 1996).

Oxidação e a qualidade da carne

A peroxidação lipídica na carne provavelmente começa imediatamente após o abate. As mudanças bioquímicas que ocorrem durante a conversão de músculo para carne destroem o balanço entre as substâncias pró-oxidantes e antioxidantes. A taxa em que a peroxidação ocorre e sua extensão dependem do grau de dano ao tecido muscular durante o pré-abate, provocados por estresse e dano físico ao animal, e por danos pós abate, provocados pelo manuseio, processamento, armazenamento e cozimento da carne (Morrissey *et al.*, 1998).

Vários outros fatores podem influenciar a taxa de peroxidação lipídica na carne e em produtos cárneos: composição da carne crua, cozimento, aquecimento, diminuição do tamanho da partícula da carne, desossa, especialmente a desossa mecânica, aditivos como sal, nitrito, condimentos e antioxidantes, disponibilidade de oxigênio e armazenamento prolongado (Kanner, 1994).

Estudos demonstram que os fosfolipídios tem um importante papel no desenvolvimento da peroxidação lipídica da carne. Esses lipídios são os principais precursores dos produtos da oxidação lipídica, formando aproximadamente 90% dos malonaldeídos que podem ser mensurados no teor de lipídios totais da carne de frango. Por fazer parte da membrana celular, os fosfolipídios estão expostos as proteínas e outros catalisadores da oxidação, como os metais e, devido ao alto teor de insaturações na cadeia dos ácidos graxos que compõem esses lipídios polares, eles estão relacionados ao desenvolvimento da rancidez (Ventanas *et al.*, 2007; Pikul *et al.* 1984).

Na tentativa de se preservar das injúrias provocadas nas células pela oxidação, estas utilizam compostos chamados antioxidantes que agem interrompendo a cadeia oxidativa e interceptando os radicais livres. Desta forma, são evitadas a formação de lesões e a perda da integridade celular (Salazar *et al.*, 2006).

Antioxidantes

Os antioxidantes são mensageiros químicos que protegem as membranas da ação do estresse oxidativo, que provoca extensos danos à imunidade e integridade celular. As células, ricas em ácidos graxos poli-insaturados, são muito suscetíveis ao ataque dos radicais livres. Neste aspecto, os antioxidantes como a vitamina

E, por exemplo, agem aumentando a resistência da membrana contra quebras de neutrófilos ativados (Traber; Atkinson, 2007; Numakawa *et al.*, 2006). A peroxidação lipídica pode modificar a estrutura da membrana e suas propriedades, o que afetaria a função imune das células. Em contraste, os antioxidantes são capazes de prevenir os prejuízos causados pelo estresse oxidativo (Surai, 2002).

Os antioxidantes são um conjunto heterogêneo de substâncias formadas por vitaminas, minerais, enzimas, pigmentos naturais e outros compostos vegetais. Eles agem suprimindo a formação dos radicais livres e consequentemente reduzem a taxa de oxidação. Os antioxidantes agem ligando-se aos radicais livres interrompendo a propagação da oxidação e formando um radical pouco reativo que não interage com os lipídeos (Yanishlieva-Maslarova, 2001).

Os antioxidantes biológicos trabalham em conjunto com o objetivo de prevenir os efeitos nocivos dos radicais livres e de seus metabólitos tóxicos. Cada antioxidante atua de forma específica e estão localizados em partes distintas da célula para que tenham maior eficiência. Eles agem de forma coordenada e a deficiência em um componente terá impacto na eficácia do restante, é o que acontece com o sinergismo verificado entre as vitaminas E e C, impedindo o processo de autooxidação (Gitto *et al.*, 2001; Sato *et al.*, 1990).

Porém, quando o sistema encontra-se em condições de estresse e há um aumento drástico na produção de radicais livres, dificilmente o organismo conseguirá controlar o processo de oxidação sem a suplementação de compostos antioxidantes exógenos. Logo, a suplementação de antioxidantes na dieta se faz necessária (Surai *et al.*, 2007).

Os antioxidantes agem protegendo os sistemas biológicos contra os efeitos potencialmente danosos de espécies reativas ao oxigênio, com diversos alvos celulares (Pereira, 2009). Seu uso deve ser compatível com o substrato, não conferir odor ou sabor estranhos ao produto, ser estável ao processamento e armazenamento, deve ser facilmente incorporado ao alimento e o composto e seus produtos de oxidação não podem ser tóxicos (Melo; Guerra, 2002).

Os antioxidantes podem ser classificados pelo tipo ou pelo mecanismo de ação. Eles podem ser sintéticos ou naturais e, de acordo com seu mecanismo de ação, podem ser primários, sinergistas, removedores de oxigênio, biológicos e agentes quelantes.

Os antioxidantes primários são compostos fenólicos que promovem a remoção ou inativação dos radicais livres formados durante a iniciação ou propagação, eles agem doando um átomo de hidrogênio, inativando o radical livre e formando um radical inerte. Seus principais representantes são o butil-hidroxi-anisol (BHA), butil-hidroxi-tolueno (BHT), terc-butil-hidroquinona (TBHQ) e propil galato (PG), que são sintéticos, e tocoferóis, que são naturais (Fukumoto; Mazza, 2000).

Os sinergistas são substâncias com pouca ou nenhuma atividade antioxidante, que podem aumentar a atividade dos antioxidantes primários quando combinados adequadamente, como por exemplo, a interação positiva entre o ácido ascórbico e o α -tocoferol (Yeum *et al.*, 2009).

Os removedores de oxigênio são compostos que capturam o oxigênio do meio tornando-o indisponível para a propagação da oxidação, o ácido ascórbico, e seus derivados são representantes deste grupo (Choe; Min, 2009).

Os antioxidantes biológicos também atuam removendo o oxigênio e com-

postos altamente reativos do sistema, são representados pelas enzimas glicose oxidase, superóxido dismutase e catalases (Iqbal *et al.*, 2002).

Os quelantes agem complexando íons metálicos, como cobre, ferro e zinco que catalisam a oxidação lipídica, os mais comuns são o ácido cítrico e seus derivados e sais do ácido etileno diamino tetra acético (EDTA), segundo Yanishlieva-Maslarova (2001a).

Antioxidantes sintéticos

Os antioxidantes sintéticos são comumente utilizados pela indústria para prevenção da oxidação lipídica em produtos alimentícios (Martinez-Tome *et al.*, 2001). Na indústria avícola, são comumente utilizados os antioxidantes sintéticos BHT, etoxiquin e BHA para preservação de componentes das rações animais. Seu emprego, visando o aumento do prazo de validade dos componentes das rações, é frequente devido ao seu baixo custo, estabilidade e eficácia. Porém, nas últimas duas décadas têm se levantado suspeitas com relação a inocuidade dos antioxidantes sintéticos (Pokorný, 1991).

O BHT é um antioxidante sintético com fórmula $C_{15}H_{24}O$ (Figura 5). Ele é um sólido cristalino e insolúvel em água. Seu uso é autorizado para adição a óleos e gordura que passam por processamento térmico, sendo o limite máximo de uso permitido controlado, pois existem relatos de toxicidade hepática e cancerígena relacionadas à exposição contínua (EFSA, 2012; Kahl; Kappus, 1993).

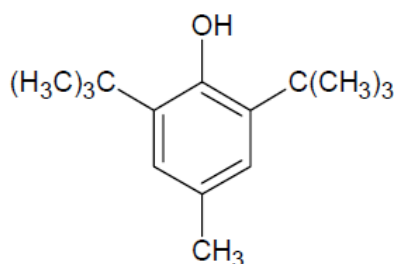


Figura 5. Fórmula estrutural do BHT (EU, 2012).

O BHA é um antioxidante formado por 90% de uma mistura de isômeros 2 e 3 do terciário-butil-4-metoxifenol (Figura 6). É uma substância sólida, cristalina, de cor branco-amarelada e resistente a altas temperaturas durante o processamento. É muito utilizado em combinação com o BHT devido ao efeito sinérgico entre eles (Baruffaldi; Oliveira, 1998).

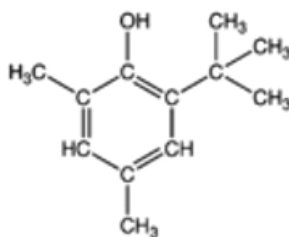


Figura 6. Fórmula estrutural do BHA (Araújo, 2004).

O Etoxiquin (Figura 7) é um antioxidante líquido, de coloração amarelo-amarronzada, não solúvel em água, comumente adicionado a óleos e gorduras e também adicionado a ração com intuito de proteger os carotenóides (Wanasundara; Shahidi, 2005).

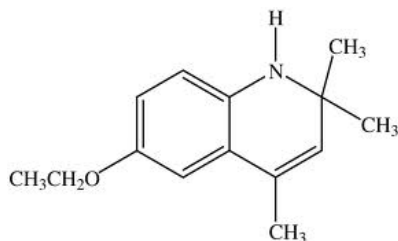


Figura 7. Fórmula estrutural do Etoxiquin (Wanasundara; Shahidi, 2005).

Por razão dos indícios de toxicidade relacionados ao uso de antioxidantes sintéticos, existe uma tendência em substituí-los por opções naturais que tenham efeito similar, mas que são considerados mais seguros e saudáveis (Valenzuela; Nieto, 1996;).

Antioxidantes naturais

O uso empírico de compostos naturais como antioxidantes é antigo. A aplicação dos condimentos e temperos para a conservação da carne e outros alimentos ricos em gordura deve ter ocorrido em parte pelo reconhecimento do retardamento da rancidez. Os antioxidantes naturais são substâncias que estão presentes e que podem ser extraídos de plantas e tecidos animais, sendo encontrados em praticamente todas as plantas, microorganismos, fungos e tecidos animais. A maior parte dos antioxidantes naturais são compostos fenólicos e eles podem ser divididos em três grupos: os tocoferóis, os flavonóides e os ácidos fenólicos. (Simic, 1981; Pokorný, 1999).

Tocoferóis

Os tocoferóis são os mais conhecidos e utilizados, podendo ser classificados em tocoferóis ou tocotrienóis, com 4 isômeros cada (α -, β -, γ - e δ -), totalizando oito isômeros de tocoferol, porém o mais importante deles é o RRR- α -tocoferol. Eles estão presentes, pelo menos em quantidades ínfimas, em praticamente todos os alimentos. Os tocoferóis agem como antioxidantes ao doarem um átomo de hidrogênio de seu grupo hidroxila para o radical peróxi do lipídio e se estabiliza formando um não radical que pode ser reduzido a dímeros de tocoferol ou a toquinonas (Yanishlieva-Maslarova, 2001b; Frankel, 1996).

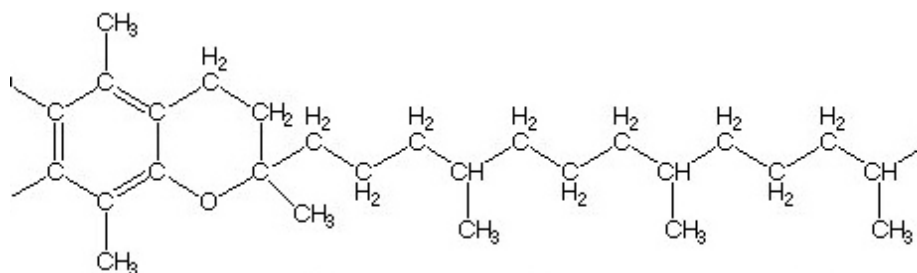


Figura 8. Fórmula estrutural do α -Tocoferol (Adaptado - Gotoh *et al.*, 2009).

O potencial antioxidante dos tocoferóis é dose-dependente e eles são estáveis com relação ao calor. O α -tocoferol funciona como antioxidante *in vivo*, pois é incorporado à membrana celular e atua na proteção dos ácidos graxos insaturados presentes nos fosfolipídios ou lipoproteínas (Sies; Stahl, 1995).

Carotenoides

Os carotenoides são compostos polisoprenoides, possuindo como característica estrutural comum, a cadeia polieno, que é um longo sistema de ligações duplas conjugadas e ricas em elétrons, responsáveis pela atividade antioxidante dos carotenoides (Conn; Schalch; Truscott, 1991; McNulty *et al.*, 2007). Esses compostos se dividem em dois grandes grupos, nos quais os principais carotenoides encontrados em produtos vegetais são o β -caroteno e licopeno, pertencentes ao grupo dos carotenos; e luteína e zeaxantina, que são xantofilas. Eles possuem ação antioxidante, sendo também capazes de fazer a reciclagem de vitamina E através da doação de elétrons ao radical alfa-tocoferoxil (Böhm *et al.*, 1997).

Ácido ascórbico

O ácido ascórbico é uma vitamina solúvel em água. Trata-se de um nutriente que não apresenta exigência para aves, uma vez que pode ser sintetizado nos rins, sendo, porém, recomendado em situações de estresse excessivo (Macari; Furlan; Gonzales, 2002). Sua ação antioxidante está na capacidade de doar elétrons para moléculas oxidadas, sendo um importante redutor de radicais superóxidos ($O_2^{\cdot-}$) e radicais hidroxila ($OH^{\cdot}$), além de estudos sobre sua ação em reciclar a vitamina E pela doação de um átomo de hidrogênio (Packer; Slater; Wilson, 1979; Davey *et al.*, 2000). A vitamina C atua na oxidação lipídica como agentes quelantes ou sequestrantes, sendo considerados antioxidantes secundários (Coneglian *et al.*, 2011).

Compostos fenólicos

Os flavonoides são um grupo formado por fenólicos de plantas. A estrutura básica destes compostos é formada por dois anéis aromáticos ligados por uma cadeia alifática de três carbonos condensada a forma de purina ou de anel furano. O grupo dos flavonoides incluem as flavononas, os flavonóis, as isoflavonas, as flavonas e chalconas, sendo que os dois primeiros podem ser encontrados em praticamente todas as plantas. Os compostos desta classe exercem múltiplas propriedades biológicas, incluindo atividades antimicrobiana, citotóxica, antitumoral, anti-inflamatória e antioxidante (White; Xing, 1997; Saxena *et al.*, 2012).

A ação antioxidante destes compostos está relacionada a estrutura molecular e pode interferir no mecanismo de ação, seja pelo sequestro de radicais livres, sequestro do oxigênio "singlet", quelagem de metais, ou inibição das enzimas lipoxigenases (Saxena *et al.*, 2012). Porém, os resultados obtidos são controversos e de difícil comparação, pois estes antioxidantes atuam através de diferentes mecanismos de ação. Além disso, as condições nas quais estes mecanismos contribuem para proteção antioxidante não são completamente conhecidas (Andersen *et al.*, 2003).

De acordo com Cuvelier *et al.* (1992), os ácidos fenólicos são amplamente distribuídos no reino vegetal na forma de ésteres de ácidos orgânicos ou glicosídeos. A estrutura química está diretamente relacionada a atividade antioxidante destes compostos, pois esta é influenciada pelo grau de hidroxilação da cadeia. Seu principal mecanismo de ação é o sequestro de radicais livres, interrompendo o processo de peroxidação.

Os compostos antioxidantes derivados de plantas estão muitas vezes presentes em óleos essenciais, que podem ser produzidos, armazenados e extraídos de diversas partes das plantas, incluindo raízes, cascas, frutos, flores, resina, rizomas e madeira (Máthé, 2009). Os fitogênicos, que são extratos de plantas com possível ação antioxidante, são tipicamente introduzidos na alimentação animal na forma de óleos essenciais ou óleoresina, mas os primeiros são os mais utilizados (Rizzo *et al.*, 2008). O óleoresina é obtido por percolação, com o uso de solventes, e resulta num líquido ou pasta constituída de resina e substâncias químicas e orgânicas, que conferem cor e viscosidade específicas ao extrato. O óleo essencial é um líquido homogêneo formado por várias substâncias químicas e é obtido por destilação (Rizzo *et al.*, 2008).

Os óleos essenciais são formados por vários constituintes químicos, compostos primariamente por carbono, hidrogênio e oxigênio, e os constituintes aromáticos dos óleos essenciais são compostos de cadeias hidrocarbônicas. O precursor básico de muitos óleos essenciais é a molécula isopreno, formadora dos terpenos. Os principais grupos de constituintes encontrados nos óleos essenciais são os alcoóis, aldeídos, ésteres, éteres, cetonas, fenóis e terpenos (Máthé, 2009). O local da planta onde o óleo essencial vai ser sintetizado, armazenado e liberado depende da espécie da planta.

É um fato comumente aceito, que praticamente todas as plantas podem conter certas quantidades de óleos essenciais, mesmo que em quantidades ínfimas. As principais famílias de plantas que contém óleos essenciais que podem ser utilizados como fitogênicos são: *Anacardiaceae*, *Annonaceae*, *Apiaceae*, *Araceae*, *Aristolochiaceae*, *Asteraceae*, *Burseraceae*, *Calycanthaceae*, *Cannabaceae*, *Geraniaceae*, *Gramineae*, *Hyperaceae*, *Lamiaceae*, *Lauraceae*, *Leguminosae*, *Magnoliaceae*, *Myrtaceae*, *Myoporaceae*, *Orchidaceae*, *Pinaceae*, *Piperaceae*, *Rosaceae*, *Rutaceae*, *Santalaceae*, *Saururaceae*, *Solanaceae*, *Zingiberaceae* (Máthé, 2009).

Certas plantas, como as da família *Lamiaceae*, são as mais conhecidas por apresentarem compostos com atividade antioxidante, esta baseada em terpenos fenólicos, como os ácidos rosmarínico e rosmarol presentes no alecrim; monoterpenos como o timol e o carvacrol presentes no tomilho e orégano (Cuppert; Hall, 1998), além do carnosol e do ácido carnosínico presentes na sálvia (Madsen & Bertelsen, 1995). Plantas da família das *Zingiberaceae* (ex.: gengibre e cúrcuma) e *Umbelliferae* (ex.: erva-doce e coentro), assim como as plantas ricas em flavonóides (ex.: chá verde e erva-mate) também são descritas com propriedades antioxidantes (Chandra; De Mejia, 2004; Filip *et al.*, 2001; Racanicci *et al.*, 2008).

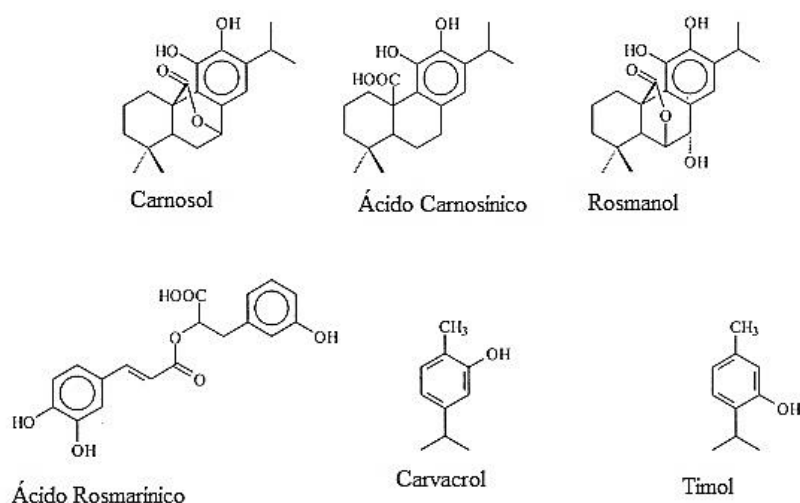


Figura 9. Fórmula estrutural dos compostos fenólicos carnosol, ácido carnosínico, rosmanol, ácido rosmarínico, carvacrol e timol (Yanishilieva-Maslasrova, 2001b).

Da mesma forma, plantas nativas brasileiras, especialmente do cerrado, também apresentam elevado potencial de atividade antimicrobiana e antioxidante ainda pouco explorados, como as plantas utilizadas neste estudo: pacari (*Lafoensia pacari*), barbatimão (*Stryphnodendron adstringens*), copaíba (*Copaifera langsdorffii*) e sucupira (*Pterodon emarginatus* Vog.).

Referências

- AHN, D. U.; WOLFE, F. H.; SIM, J. S. The effect of metal chelators, hydroxyl radical scavengers, and enzyme systems on the lipid peroxidation of raw turkey meat. **Poultry Science**, v. 72, p. 1972-1980, 1993.
- ALBERTS, Bruce; JOHNSON, Alexander; LEWIS, Julian; RAFF, Martin; ROBERTS, Keith; WALTER, Peter. Membrane structure. In: ALBERTS, Bruce et al. **Molecular biology of the cell**. 5. ed. New York: Garland Science, 2008. p. 617-650.
- ANDERSEN, M. L.; LAURIDSEN, R. K.; SKIBSTED, L. H. Phytochemical functional foods. In: JOHNSON, I.; WILLIAMSON, G. (ed.). **Phytochemical functional foods**. Cambridge: Woodhead Publishing, 2003. p. 315-346.
- ANDERSON, D. Antioxidant defences against reactive oxygen species causing genetic and other damage. **Mutation Research**, v. 350, p. 103-108, 1996.
- ARAÚJO, J. A.; SILVA, J. H. V.; AMÂNCIO, A. L. L.; LIMA, M. R.; LIMA, C. B. Uso de aditivos na alimentação de aves. **Acta Veterinaria Brasilica**, v. 1, n. 3, p. 69-77, 2007.
- ARAÚJO, Júlio Maria de Andrade. **Química de alimentos: teoria e prática**. 3. ed. Viçosa, MG: Editora UFV, 2004. 478 p.
- BARUFFALDI, Renato; OLIVEIRA, Maricê Nogueira de. **Fundamentos de tecnologia de alimentos**. São Paulo: Atheneu, 1998. 317 p.
- BELITZ, Hans-Dieter; GROSCH, Werner. Lipids. In: BELITZ, Hans-Dieter; GROSCH, Werner. **Food chemistry**. 2. ed. Berlin: Springer, 1999. p. 152-236.
- BERG, Jeremy M.; TYMOCZKO, John L.; STRYER, Lubert. Lipids and cell membranes. In: BERG, Jeremy M.; TYMOCZKO, John L.; STRYER, Lubert. **Biochemistry**. 7. ed. New York: W. H. Freeman, 2011. p. 345-370.
- BERSET, C.; CUVELIER, M. E. Methods of estimating the degree of lipid oxidation and of measuring antioxidizing power. **Sciences des Aliments**, v. 16, p. 219-245, 1996.
- BÖHM, Fritz; EDGE, Ruth; LAND, Edward J.; MCGARVEY, David J.; TRUSCOTT, T. George. Carotenoids enhance vitamin E antioxidant efficiency. **Journal of the American Chemical Society**, v. 119,

n. 3, p. 621-622, 1997. DOI: 10.1021/ja962512c.

BOURRE, Jean-Marie. Where to find omega-3 fatty acids and how feeding animals with diet enriched in omega-3 fatty acids to increase nutritional value of derived products for human: what is actually useful? **The Journal of Nutrition, Health & Aging**, v. 9, p. 232-242, 2005.

CHANDRA, S.; DE MEJIA, E. G. Polyphenolic compounds, antioxidant capacity, and quinone reductase activity of an aqueous extract of *Ardisia compressa* in comparison to mate (*Ilex paraguariensis*) and green (*Camellia sinensis*) teas. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 52, p. 3583-3589, 2004.

CHOE, Eunok; MIN, David B. Mechanisms of antioxidants in the oxidation of foods. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, v. 8, n. 4, p. 345-358, 2009. DOI: 10.1111/j.1541-4337.2009.00085.x.

COELHO, T. H.; MOREIRA, A. L. **Fisiologia das membranas celulares**: aula teórico-prática. Porto: Faculdade de Medicina da Universidade do Porto, 2001. p. 1-29.

CONEGLIAN, Sabrina Marcantonio; LIMA, Beatriz da Silva; SILVA, Lorryny Galoro da; LAZZARI, Claudia Mara; SERRANO, Román David Castañeda; TONELLO, Cleiton Luiz. Utilização de antioxidantes nas rações. **PUBVET**, v. 5, n. 5, art. 1026, 2011. DOI: 10.22256/pubvet.v5n5.1026.

CONN, P. F.; SCHALCH, W.; TRUSCOTT, T. G. The singlet oxygen and carotenoid interaction. **Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology**, v. 11, p. 41-47, 1991.

CUPPETT, Susan L.; HALL, Clifford A. Antioxidant activity of the Labiatae. **Advances in Food and Nutrition Research**, v. 42, p. 245-271, 1998. DOI: 10.1016/S1043-4526(08)60097-2.

CUVELIER, Marie-Elisabeth; RICHARD, Hubert; Berset, Claudette. Comparison of the antioxidative activity of some acid-phenols: structure-activity relationship. **Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry**, v. 56, n. 2, p. 324-325, 1992. DOI: 10.1271/bbb.56.324.

DAVEY, Mark W.; VAN MONTAGU, Marc; INZÉ, Dirk; SANMARTIN, Marta; KANELIS, Angelos; SMIRNOFF, Nicholas; BENZIE, Iris J. J.; STRAIN, John J.; FAVELL, Derek; FLETCHER, Jeremy. Plant L-ascorbic acid: chemistry, function, metabolism, bioavailability and effects of processing. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 80, p. 825-860, 2000.

EFSA PANEL ON FOOD ADDITIVES AND NUTRIENT SOURCES ADDED TO FOOD (ANS). Scientific Opinion on the re-evaluation of butylated hydroxytoluene BHT (E 321) as a food additive. **EFSA Journal**, v. 10, n. 3, art. 2588, 2012. DOI: 10.2903/j.efsa.2012.2588.

FERREIRA, W. M. **Digestão e metabolismo dos lipídios**. Belo Horizonte: Editora UFMG, 1999. p. 1-34.

FILIP, R.; LÓPEZ, P.; GIBERTI, G.; COUSSIO, J.; FERRARO, G. Phenolic compounds in seven South American *Ilex* species. **Fitoterapia**, v. 72, p. 774-778, 2001.

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

FRANKEL, Edwin N.; HUANG, S.-W.; KANNER, J.; GERMAN, J. B. Interfacial phenomena in the evaluation of antioxidants: bulk oils versus emulsions. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 42, p. 1054-1059, 1994.

FUKUMOTO, L. R.; MAZZA, G. Assessing antioxidant and prooxidant activities of phenolic compounds. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 48, p. 3597-3604, 2000.

GITTO, E.; TAN, D. X.; REITER, R. J.; KARBOWNIK, M.; MANCHESTER, L. C.; CUZZOCREA, S.; FULIA, F.; BARBERI, I. Individual and synergistic antioxidative actions of melatonin: studies with vitamin E, vitamin C, glutathione and desferrioxamine in rat liver homogenates. **Journal of Pharmacy and Pharmacology**, v. 53, p. 1393-1401, 2001.

GONZALEZ-ESQUERRA, R.; LEESON, S. Alternatives for enrichment of eggs and chicken meat with n-3 fatty acids. **Canadian Journal of Animal Science**, v. 81, p. 295-305, 2001.

GORDON, Michael H. The development of oxidative rancidity in foods. In: POKORNÝ, Jan; YANISHLIEVA, Nedyalka; GORDON, Michael (ed.). **Antioxidants in food**: practical applications. Cambridge: Woodhead Publishing, 2001. p. 7-21. DOI: 10.1016/9781855736160.1.5.

GOTOH, Naohiro; WATANABE, Hiroshi; OKA, Takahiro; MASHIMO, Daiki; NOGUCHI, Noriko; HATA,

- Kazuhiro; WADA, Shun. Dietary marine-derived tocopherol has a higher biological availability in mice relative to alpha-tocopherol. **Lipids**, v. 44, p. 133-143, 2009.
- IQBAL, M.; CAWTHON, D.; BEERS, K.; WIDEMAN, R. F.; BOTTJE, W. G. Antioxidant enzyme activities and mitochondrial fatty acids in pulmonary hypertension syndrome (PHS) in broilers. **Poultry Science**, v. 81, p. 252-260, 2002.
- KAHL, R.; KAPPUS, H. Toxicology of the synthetic antioxidants BHA and BHT in comparison with the natural antioxidant vitamin E. **Zeitschrift für Lebensmittel-Untersuchung und -Forschung**, v. 196, p. 329-338, 1993.
- KANNER, Joseph. Oxidative processes in meat and meat products: quality implications. **Meat Science**, v. 36, p. 169-189, 1994.
- LEHNINGER, Albert L.; NELSON, David L.; COX, Michael M. Lipídios. In: LEHNINGER, Albert L.; NELSON, David L.; COX, Michael M. **Princípios de bioquímica**. 3. ed. São Paulo: Sarvier, 2000. p. 280-300.
- LYNCH, M. P.; FAUSTMAN, C. Effect of aldehyde lipid oxidation products on myoglobin. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 48, p. 600-604, 2000.
- MACARI, Marcos; FURLAN, Renato Luis; GONZALES, Elisabeth. **Fisiologia aviária aplicada a frangos de corte**. 2. ed. Jaboticabal: FUNEP, 2002. 375 p.
- MADSEN, Henrik L.; BERTELSEN, Grete. Spices as antioxidants. **Trends in Food Science & Technology**, v. 6, p. 271-277, 1995.
- MARTÍNEZ-TOMÉ, Magdalena; JIMÉNEZ, Antonia M.; RUGGIERI, Silverio; FREGA, Natale; STRABBIOLI, Rosanna; MURCIA, M. Antonia. Antioxidant properties of Mediterranean spices compared with common food additives. **Journal of Food Protection**, v. 64, n. 9, p. 1412-1419, 2001. DOI: 10.4315/0362-028X-64.9.1412.
- MÁTHÉ, Ákos. Essential oils: biochemistry, production and utilization. In: STEINER, Tobias (ed.). **Phytogenics in animal nutrition: natural concepts to optimize gut health and performance**. Nottingham: Nottingham University Press, 2009. p. 11-18.
- MCNULTY, H. P.; BYUN, J.; LOCKWOOD, S. F.; JACOB, R. F.; MASON, R. P. Differential effects of carotenoids on lipid peroxidation due to membrane interactions: X-ray diffraction analysis. **Biochimica et Biophysica Acta**, v. 1768, n. 1, p. 167-174, 2007.
- MELO, Enayde de Almeida; GUERRA, Nonete Barbosa. Ação antioxidante de compostos fenólicos naturalmente presentes em alimentos. **Boletim da Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 36, n. 1, p. 1-11, 2002.
- MIN, Byungrok; AHN, Dong U. Mechanism of lipid peroxidation in meat and meat products: a review. **Food Science and Biotechnology**, v. 14, p. 152-163, 2005.
- MORRISSEY, P. A.; SHEEHY, P. J. A.; GALVIN, K.; KERRY, J. P.; BUCKLEY, D. J. Lipid stability in meat and meat products. **Meat Science**, v. 49, suppl. 1, p. S73-S86, 1998. DOI: 10.1016/S0309-1740(98)90039-0.
- NELSON, David L.; COX, Michael M. Lipids. In: NELSON, David L.; COX, Michael M. **Lehninger principles of biochemistry**. 5. ed. New York: W. H. Freeman, 2008. p. 343-370.
- NEWMAN, Ronald E.; BRYDEN, Wayne L.; FLECK, Eva; ASHES, John R.; BUTTEMER, William A.; STORLIEN, Leonard H.; DOWNING, Jeffery A. Dietary n-3 and n-6 fatty acids alter avian metabolism: metabolism and abdominal fat deposition. **British Journal of Nutrition**, v. 88, n. 1, p. 11-18, 2002. DOI: 10.1079/BJN2002580.
- NUMAKAWA, Y.; NUMAKAWA, T.; MATSUMOTO, T.; YAGASAKI, Y.; KUMAMARU, E.; KUNUGI, H.; TAGUCHI, T.; NIKI, E. Vitamin E protected cultured cortical neurons from oxidative stress-induced cell death through the activation of mitogen-activated protein kinase and phosphatidylinositol 3-kinase. **Journal of Neurochemistry**, v. 97, p. 1191-1202, 2006.
- O'KEEFE, Sean F. Nomenclature and classification of lipids. In: AKOH, Casimir C.; MIN, David B. (ed.). **Food lipids: chemistry, nutrition, and biotechnology**. 2. ed. New York: Marcel Dekker, 2002. p. 1-40.
- PACKER, J. E.; SLATER, T. F.; WILLSON, R. L. Direct observation of a free radical interaction between vitamin E and vitamin C. **Nature**, v. 278, p. 737-738, 1979.

- PEREIRA, Marlene Gomes. **Aplicação de antioxidantes naturais em carne mecanicamente separada (CMS) de ave**. 2009. 126 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia dos Alimentos) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2009.
- PERKINS, E. G. Nomenclature and classification of lipids. In: PERKINS, E. G. **Analysis of fats, oils and derivatives**. Champaign: AOCS Press, 1993. p. 1-19.
- PIKUL, Jan; LESZCZYNSKI, Dennis E.; KUMMEROW, Fred A. 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. DOI: 10.1111/j.1365-2621.1984.tb13192.x.
- POKORNÝ, Jan. Antioxidants in food preservation. In: RAHMAN, M. Shafiur (ed.). **Handbook of food preservation**. New York: Marcel Dekker, 1999.
- POKORNÝ, Jan. Natural antioxidants for food use. **Trends in Food Science & Technology**, v. 2, p. 223-227, 1991.
- RACANICCI, Aline Mondini Calil. **O efeito do uso do óleo de vísceras de aves oxidado no desempenho de frangos de corte e na estabilidade oxidativa da carne da sobrecoxa**. 2004. Tese (Doutorado em Ciência Animal e Pastagens) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2004. DOI: 10.11606/T.11.2004.tde-29102004-104356.
- RACANICCI, Aline M. C.; DANIELSEN, Bente P.; SKIBSTED, Leif H. Mate (*Ilex paraguariensis*) as a source of water extractable antioxidant for use in chicken meat. **European Food Research and Technology**, v. 227, n. 1, p. 255-260, 2008. DOI: 10.1007/s00217-007-0718-5.
- RIZZO, Pricila V.; MENTEN, José Fernando M.; RACANICCI, Aline M. C.; SANTAROSA, Julie. Foundation and perspectives of the use of plant extracts as performance enhancers in broilers. **Revista Brasileira de Ciência Avícola**, v. 10, n. 4, p. 195-204, 2008. DOI: 10.1590/S1516-635X2008000400001. A lista original terminava incorretamente a paginação em “195-20”.
- ROBERFROID, Marcel; CALDERON, Pedro B. Definitions, properties, and reactions of radicals. In: ROBERFROID, Marcel; CALDERON, Pedro B. **Free radicals and oxidation phenomena in biological systems**. New York: Marcel Dekker, 1995. p. 11-32.
- SALAZAR, M.; ROJO, A. I.; VELASCO, D.; DE SAGARRA, R. M.; CUADRADO, A. Glycogen synthase kinase-3 β inhibits the xenobiotic and antioxidant cell response by direct phosphorylation and nuclear exclusion of the transcription factor Nrf2. **Journal of Biological Chemistry**, v. 281, p. 14841-14851, 2006.
- SATO, K.; NIKI, E.; SHIMASAKI, H. Free radical-mediated chain oxidation of low density lipoprotein and its synergistic inhibition by vitamin E and vitamin C. **Archives of Biochemistry and Biophysics**, v. 279, p. 402-405, 1990.
- SAXENA, Mamta; SAXENA, Jyoti; PRADHAN, Abhishek. Flavonoids and phenolic acids as antioxidants in plants and human health. **International Journal of Pharmaceutical Sciences Review and Research**, v. 16, n. 2, p. 130-134, 2012.
- SIES, Helmut; STAHL, Wilhelm. Vitamins E and C, beta-carotene, and other carotenoids as antioxidants. **The American Journal of Clinical Nutrition**, v. 62, p. 1315S-1321S, 1995.
- SILVA, Francisco A. M.; BORGES, Maria F. M.; FERREIRA, Maria A. Métodos para avaliação do grau de oxidação lipídica e da capacidade antioxidante. **Química Nova**, v. 22, n. 1, p. 94-103, 1999.
- SIMIC, Michael G. Free radical mechanisms in autoxidation processes. **Journal of Chemical Education**, v. 58, 1981.
- SURAI, Peter F. Natural antioxidants and immunity. In: SURAI, Peter F. **Natural antioxidants in avian nutrition and reproduction**. Nottingham: Nottingham University Press, 2002. p. 511-545.
- SURAI, Peter F. Natural antioxidants in poultry nutrition: new developments. In: EUROPEAN SYMPOSIUM ON POULTRY NUTRITION, 16., 2007, Strasbourg. **Proceedings [...]**. Strasbourg: WPSA, 2007. p. 669-676.
- TRABER, Maret G.; ATKINSON, Jeffrey. Vitamin E, antioxidant and nothing more. **Free Radical Biology and Medicine**, v. 43, p. 4-15, 2007.
- VALENZUELA, Alfonso; NIETO, Susana. Synthetic and natural antioxidants: food quality protectors. **Grasas y Aceites**, v. 47, p. 186-196, 1996.

VENTANAS, Sonia; ESTÉVEZ, Mario; DELGADO, Carmen L.; RUIZ, Jorge. Phospholipid oxidation, non-enzymatic browning development and volatile compound generation in model systems containing liposomes from porcine Longissimus dorsi and selected amino acids. **European Food Research and Technology**, v. 225, p. 665-675, 2007.

WANASUNDARA, P. K. J. P. D.; SHAHIDI, Fereidoon. Antioxidants: science, technology, and applications. In: SHAHIDI, Fereidoon (ed.). **Bailey's industrial oil and fat products**. 6. ed. New York: John Wiley & Sons, 2005. p. 431-489.

WHITE, P. J.; XING, Y. Antioxidants from cereals and legumes. In: SHAHIDI, Fereidoon (ed.). **Natural antioxidants: chemistry, health effects, and applications**. Champaign: AOCS Press, 1997. p. 25-63.

WOOD, J. D.; ENSER, M.; FISHER, A. V.; NUTE, G. R.; SHEARD, P. R.; RICHARDSON, R. I.; HUGHES, S. I.; WHITTINGTON, F. M. Fat deposition, fatty acid composition and meat quality: a review. **Meat Science**, v. 66, p. 21-32, 2004.

YANISHLIEVA-MASLAROVA, Nedyalka V. Inhibiting oxidation. In: POKORNÝ, Jan; YANISHLIEVA, Nedyalka; GORDON, Michael (ed.). **Antioxidants in food: practical applications**. Cambridge: Woodhead Publishing, 2001a. p. 22-70.

YANISHLIEVA-MASLAROVA, Nedyalka V. Sources of natural antioxidants: vegetables, fruits, herbs, spices and teas. In: POKORNÝ, Jan; YANISHLIEVA, Nedyalka; GORDON, Michael (ed.). **Antioxidants in food: practical applications**. Cambridge: Woodhead Publishing, 2001b. p. 210-266.

YEUM, Kyung-Jin et al. Synergistic interactions of antioxidant nutrients in a biological model system. **Nutrition**, v. 25, p. 839-846, 2009.

YU, T.-W.; ANDERSON, D. Reactive oxygen species-induced DNA damage and its modification: a chemical investigation. **Mutation Research**, v. 379, n. 2, p. 201-210, 1997.



Capítulo 2

ANTIOXIDANTES NATURAIS DO CERRADO EM CARNE DE FRANGO (BARBATIMÃO, PACARI, SUCUPIRA E COPAÍBA)

Cristiane Bovi de Lima
Aline Mondini Calil Racanicci
Leonardo França da Silva



Utilização dos antioxidantes naturais

Os antioxidantes naturais podem ser aplicados diretamente na carne de frango, sendo que trabalhos comprovaram a eficácia antioxidante de compostos como orégano e sálvia quando aplicados diretamente na carne (Govaris *et al.*, 2005; Fasseas *et al.*, 2008).

A administração dos antioxidantes naturais *in vivo*, pela suplementação dietética dos compostos também é uma forma eficaz de proteger a carne da oxidação lipídica. De acordo com Botsoglou *et al.* (2002), os antioxidantes serão metabolizados pelo organismo animal e subsequentemente incorporados à musculatura, oferecendo proteção *in vivo*. Alguns trabalhos relatam o efeito da adição do α -tocoferol na dieta, demonstrando um aumento nos níveis deste composto no músculo quando relacionado a um aumento dele na dieta (Kim *et al.*, 2006; Smet *et al.*, 2008).

Barbatimão

Stryphnodendron adstringens pertence a família *Leguminosae* e subclasse *Mimosoidae*). Conhecido popularmente como barbatimão, barba-de-timão, borãozinho-roxo, uabatinô, casca do Brasil, casca-da-virgindade, casca-da-mocidade, entre outros é uma planta nativa dos cerrados do Sudeste e Centro-Oeste do Brasil. Sua casca é amplamente empregada na medicina caseira para tratar diferentes males, como leucorréia, hemorragias e limpeza de ferimentos devido ao seu alto teor tanino (Lorenzi, 2000).



Figura 1. Barbatimão (*Stryphnodendron adstringens*).

Fonte: <http://www.arvores.brasil.nom.br/cerrd/barbati.htm>

O barbatimão é uma árvore de quatro a seis metros de altura, casca grossa, rugosa e tronco com diâmetro de aproximadamente 30 centímetros. É considerada uma planta perene, florescendo de outubro a fevereiro e produzindo vagem de outubro a março (Gilbert *et al.*, 2005). Seu fruto amadurece entre julho e setembro (Lorenzi; Matos, 2002).

Os principais constituintes químicos do barbatimão são os taninos, flavonóides, terpenos, esteróides e inibidores de tripsina e protease. Os taninos são o grupo de compostos ativos majoritários aos quais têm sido atribuídos efeitos antioxidantes, cicatrizantes e antimicrobianos (Souza *et al.*, 2007).

Existem três propriedades gerais dos taninos que são responsáveis pela maior parte das atividades farmacológicas destas substâncias: a formação de complexos com íons metálicos (ferro, alumínio, cálcio, cobre, etc), a capacidade de formar complexos com outras moléculas tais como proteínas e polissacarídeos e a atividade antioxidante e sequestradora de radicais livres (Oliveira; Vanzeler, 2011).

Pacari

A *Lafoensia pacari* é uma planta pertencente à família *Lythraceae*, subclasse *Rosidae* e ordem *Myrtales*. O gênero *Lafoensia* está amplamente distribuído nas regiões tropicais e subtropicais. É conhecida popularmente por diversos nomes: pacari, louro-de-serra (Santa Catarina), dedaleira-amarela, mangabeira-brava (Mato Grosso), copinho, dedal, dedaleiro (São Paulo), entre outros (Lorenzi, 1992; Mundo; Duarte, 2007).

Estudos realizados por Sólton *et al.* (2000) comprovaram a atividade antioxidante do extrato metanólico da casca do caule e também determinaram que o ácido elágico presente na casca da planta é o principal responsável pelo potencial antioxidante do extrato analisado.

Os principais componentes químicos descritos para *L. pacari* pertencem, na sua maioria, a classe dos compostos fenólicos, tais como os taninos, os flavonóides, e o ácido elágico. Além dos compostos fenólicos, outros compostos presentes na planta são saponinas obtidas em extratos da casca do caule e da folha de *L. pacari* (Sólton *et al.*, 2000; Galdino *et al.*, 2009; Sampaio; Leão, 2007).



Figura 2. Pacari (*Lafoensia Pacari*).

Fonte: <https://www.arvoresdobiomacerrado.com.br/site/2017/06/20/lafoensia-pacari-a-st-hil/>

Sucupira

De acordo com Lorenzi e Matos (2002), o gênero *Pterodon*, pertencente a família *Leguminosae*, é composto por cinco espécies nativas brasileiras: *Pterodon abruptus* Benth., *Pterodon apparicioi* Pedersoli, *Pterodon polygalaeflorus* Benth., *Pterodon pubescens* Benth. e *Pterodon emarginatus* Vogel. Esta última é popularmente conhecida como sucupira-branca ou faveiro e encontra-se distribuída pela região central do país (Goiás, Minas Gerais e São Paulo).

Infusões hidroalcoólicas das sementes da planta são utilizadas na medicina popular por suas propriedades antirreumáticas, analgésicas e anti-inflamatórias. Estudos químicos do gênero *Pterodon* descrevem a presença de compostos alcaloides na casca, isoflavonas e triterpenos na madeira e diterpenos e isoflavonas no óleo extraído da semente. A presença destes compostos fenólicos conferem potencial antioxidante aos extratos destas plantas (Dutra et al., 2008).



Figura 3. Sucupira (*Pterodon emarginatus*).

Fonte: <http://ibflorestas.org.br/loja/semente-sucupira-branca.html>.

Copaíba

Copaifera langsdorffii é uma árvore que atinge até 35 m de altura, distribui-se desde o nordeste da Argentina até a Venezuela, sendo encontrada em todo território brasileiro. É uma espécie emergente das matas ciliares no Distrito Federal e no Triângulo Mineiro. Aparece comumente em solos bem drenados (Machado, 1990; Leite; Salomão, 1992).

Conhecida popularmente como copaíba, óleo-de-copaíba e pau d'óleo, essa árvore da família *Leguminosae* é uma planta característica das formações de transição do Cerrado. A copaíba oferece uma madeira avermelhada, às vezes porosa, que é utilizada na construção civil em vigas, batentes, cabos de ferramentas,

vassouras e outros (Lorenzi, 1992). De seu caule extrai-se um óleo, normalmente um óleo-resina, que é utilizado na medicina popular contra numerosas enfermidades devido a suas propriedades anti-inflamatória, analgésica, antiedêmica, antimicrobiana, antibacteriana e insetífuga (Almeida *et al.*, 1998; Veiga Júnior; Pinto, 2002; Miranda *et al.*, 2000).

Os óleos-resinas de copaíba são misturas de sesquiterpenos e diterpenos, sendo os três principais o β -cariofileno, trans- α -bergamotene e β -bisaboleno. Há grande variabilidade entre indivíduos da população na composição e concentração de sesquiterpenos, sendo que, alguns compostos significativamente variaram de acordo com o tipo de solo e o volume extraído por árvore (Herrero-Jáuregui *et al.*, 2011; Veiga Júnior; Pinto, 2002). A presença destes compostos estão relacionados a capacidade antioxidante desta planta, que foi eficaz na proteção in vivo de ratos submetidos a estresse oxidativo (Paiva *et al.*, 2004).



Figura 4. Copaíba (*Copaifera langsdorffii*).

Fonte: <http://www.arvores.brasil.nom.br/new/copaiba/index.htm>

Referências

- ALMEIDA, Semíramis Pedrosa de; PROENÇA, Carolyn Elinore Barnes; SANO, Sueli Matiko; RIBEIRO, José Felipe. **Cerrado:** espécies vegetais úteis. Planaltina, DF: EMBRAPA-CPAC, 1998. 464 p.
- BOTSOGLOU, Nikolaos A.; CHRISTAKI, Eleftherios; FLETOURIS, Dimitrios J.; FLOROU-PANERI, Panagiota; SPAIS, Athanasios B. The effect of dietary oregano essential oil on lipid oxidation in raw and cooked chicken during refrigerated storage. **Meat Science**, v. 62, n. 2, p. 259-265, 2002. DOI: 10.1016/S0309-1740(01)00256-X.
- DUTRA, Rafael C.; LEITE, Magda N.; BARBOSA, Nádia R. Quantification of phenolic constituents and antioxidant activity of *Pterodon emarginatus* Vogel seeds. **International Journal of Molecular Sciences**, v. 9, n. 4, p. 606-614, 2008. DOI: 10.3390/ijms9040606.
- FASSEAS, Michael K.; MOUNTZOURIS, Konstantinos C.; TARANTILIS, Petros A.; POLISSIOU, Moschos G.; ZERVAS, George. Antioxidant activity in meat treated with oregano and sage essential oils. **Food Chemistry**, v. 106, n. 3, p. 1188-1194, 2008. DOI: 10.1016/j.foodchem.2007.07.060.
- GALDINO, P. M.; NASCIMENTO, M. V. M.; SAMPAIO, B. L.; FERREIRA, R. N.; PAULA, J. R.; COSTA, E.

- A. Antidepressant-like effect of *Lafoensia pacari* A. St.-Hil. ethanolic extract and fractions in mice. **Journal of Ethnopharmacology**, v. 124, n. 3, p. 581-585, 2009.
- GILBERT, Benjamin; FERREIRA, José Luiz Pinto; ALVES, Lúcio Ferreira. **Monografias de plantas medicinais brasileiras e aclimatadas**. Curitiba: ABIFITO, 2005. 250 p.
- GOVARIS, Alexandros; BOTSOGLOU, E.; FLOROU-PANERI, P.; MOULAS, A.; PAPAGEORGIOU, G. Dietary supplementation of oregano essential oil and α -tocopheryl acetate on microbial growth and lipid oxidation of turkey breast fillets during storage. **International Journal of Poultry Science**, v. 4, n. 12, p. 969-975, 2005. DOI: 10.3923/ijps.2005.969.975.
- HERRERO-JÁUREGUI, Cristina; CASADO, Miguel A.; ZOGHBI, Maria das Graças Bichara; MARTINS-DA-SILVA, Regina Célia. Chemical variability of *Copaifera reticulata* Ducke oleoresin. **Chemistry & Biodiversity**, v. 8, n. 4, p. 674-685, 2011. DOI: 10.1002/cbdv.201000258.
- KIM, Byoung-Chul; RYU, Youn-Chul; CHO, Yoon-Je; RHEE, Min-Suk. Influence of dietary α -tocopheryl acetate supplementation on cholesterol oxidation in retail packed chicken meat during refrigerated storage. **Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry**, v. 70, n. 4, p. 808-814, 2006. DOI: 10.1271/bbb.70.808.
- LEITE, A. M. C.; SALOMÃO, A. N. Estrutura populacional de regenerantes de copaíba (*Copaifera langsdorffii* Desf.) em mata ciliar do Distrito Federal. **Acta Botanica Brasilica**, v. 6, n. 1, p. 123-134, 1992.
- LORENZI, Harri. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. Nova Odessa: Plantarum, 1992. 352 p.
- LORENZI, Harri. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. 3. ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2000.
- LORENZI, Harri; MATOS, Francisco José de Abreu. **Plantas medicinais no Brasil: nativas e exóticas**. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2002.
- MACHADO, J. W. B. **Relação origem/solo e tolerância à saturação hídrica de *Copaifera langsdorffii* Desf.** 1990. 129 f. Tese (Doutorado em Ecologia) – Instituto de Biologia, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1990.
- MIRANDA, R. C. M.; WANDERLEY, T. K. V.; MOURA, W.; ARAÚJO, J. Atividade antimicrobiana do óleo de copaíba (*Copaifera* spp.) de diferentes procedências. In: SIMPÓSIO DE PLANTAS MEDICINAIS DO BRASIL, 16., 2000. **Anais [...]**. 2000. p. 223.
- MUNDO, S. R.; DUARTE, M. R. Morfoanatomia foliar e caulinar de dedaleiro: *Lafoensia pacari* A. St.-Hil. (Lythraceae). **Latin American Journal of Pharmacy**, v. 26, n. 4, p. 522-529, 2007.
- OLIVEIRA, Suize Silva; VANZELER, Maria Luzinete Alves. Avaliação dos efeitos do extrato metabólico de *Stryphnodendron adstringens* (Mart.) Coville por gavagem no ciclo estral de ratas. **Revista Eletrônica de Farmácia**, v. 8, n. 1, p. 22-28, 2011. DOI: 10.5216/ref.v8i1.13809.
- PAIVA, L. A. F.; GURGEL, L. A.; DE SOUSA, E. T.; SILVEIRA, E. R.; SILVA, R. M.; SANTOS, F. A.; RAO, V. S. N. Protective effect of *Copaifera langsdorffii* oleo-resin against acetic acid-induced colitis in rats. **Journal of Ethnopharmacology**, v. 93, n. 1, p. 51-56, 2004. DOI: 10.1016/j.jep.2004.03.028.
- SAMPAIO, Bruno Leite; LEÃO, Deivisson Teixeira. **Estudo farmacognóstico de *Lafoensia pacari* St.-Hil. (Lythraceae)**. 2007. 45 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Farmácia) – Universidade Estadual de Goiás, Goiânia, 2007.
- SMET, K.; RAES, K.; HUYGHEBAERT, G.; HAAK, L.; ARNOUTS, S.; DE SMET, S. Lipid and protein oxidation of broiler meat as influenced by dietary natural antioxidant supplementation. **Poultry Science**, v. 87, n. 8, p. 1682-1688, 2008. DOI: 10.3382/ps.2007-00384.
- OLON, S.; LOPES, L.; SOUSA JÚNIOR, P. T. de; SCHMEDA-HIRSCHMANN, G. Free radical scavenging activity of *Lafoensia pacari*. **Journal of Ethnopharmacology**, v. 72, n. 1-2, p. 173-178, 2000.
- SOUZA, T. M.; SEVERI, J. A.; SILVA, V. Y. A.; SANTOS, E.; PIETRO, R. C. L. R. Bioprospecção de atividade antioxidante e antimicrobiana da casca de *Stryphnodendron adstringens* (Mart.) Coville (Leguminosae-Mimosoideae). **Revista de Ciências Farmacêuticas Básica e Aplicada**, v. 28, n. 2, p. 221-226, 2007.
- VEIGA JÚNIOR, Valdir F.; PINTO, Angelo C. O gênero *Copaifera* L. **Química Nova**, v. 25, n. 2, p. 273-286, 2002. DOI: 10.1590/S0100-40422002000200016.



Capítulo 3

ANTIOXIDANTES NATURAIS DO CERRADO EM OVOS (BARBATIMÃO, PACARI, SUCUPIRA E COPAÍBA)

Geovana Rocha de Oliveira
Aline Mondini Calil Racanicci
Leonardo França da Silva



Oxidação lipídica em ovos

Os lipídeos conferem valor nutritivo aos alimentos, constituindo uma fonte de energia metabólica, de ácidos graxos essenciais (ácidos linoléico, linolênico e araquidônico) e de vitaminas lipossolúveis (A, D, E e K) (Silva; Borges; Ferreira, 1999). O conteúdo lipídico pode ser influenciado pela linhagem, tamanho do ovo e componentes e tipo de gordura adicionada à ração (Barreto *et al.*, 2006).

A gema do ovo é composta de 30 a 34% de gorduras, contendo colesterol (5% do total gorduroso) e, sobretudo, triglicerídeos (66%), fosfolipídios (28%) e ácidos graxos livres (1%), sendo que na porção lipídica, as maiores concentrações são de ácidos graxos insaturados (Sarcinelli; Venturini; Silva, 2007).

Embora os lipídios de ovos crus não sejam facilmente oxidados, em pesquisas com ovos comerciais observou-se que durante períodos longos de armazenamento, tanto em condições refrigeradas quanto em temperatura ambiente, os ovos *in natura* sofrem oxidação, sendo mais evidente em altas temperaturas (Franchini *et al.*, 2002; Pereira, 2009). Os ovos possuem grandes quantidades de ácidos graxos insaturados, os quais são menos estáveis ao processo de oxidação lipídica e isso limita a capacidade de conservação dos ovos (Pita *et al.*, 2004). No entanto, ao estudar hidrolisados proteicos de gema de ovo, foi sugerido que eles poderiam ser utilizados como antioxidantes naturais para prevenir a oxidação de óleos poliinsaturados e em ingredientes alimentares relacionados (Sakanaka *et al.*, 2004). Isso porque a gema de ovo é reconhecida por conter grandes quantidades de lecitina, α -tocoferol e xantofilas, além de duas proteínas, fosvitina e ovotransferrina (conalbumina), compostos de grande atividade antioxidante (Cuppert, 2001; Lee; Han; Decker, 2002). A luteína, que é um pigmento carotenóide amarelo presente em vegetais e na gema do ovo, vem sendo estudada como um dos mais importantes antioxidantes responsáveis pela saúde dos olhos humanos (Cotrim *et al.*, 2011). Porém, mesmo reconhecendo a existência de componentes internos que protegem os lipídios durante o “shef life”, tem sido avaliado o efeito da utilização de plantas sobre a oxidação lipídica das gemas, observando que ovos de poedeiras suplementadas com antioxidantes naturais foram protegidos contra os processos oxidativos (Botsoglou *et al.*, 1997; Radwan *et al.*, 2008).

A composição de ácidos graxos dos ovos pode ser alterada com a da dieta das aves a fim de promover o enriquecimento nutricional. No entanto, ocorre um aumento da quantidade de ácidos graxos poliinsaturados, que são mais susceptíveis a oxidação (Carvalho, 2012). Segundo Botsoglou *et al.* (2012), ao quantificar produtos primários e secundários da oxidação lipídica em ovos enriquecidos com ácidos graxos de cadeia longa, percebeu-se que a adição de vitamina E ou folhas de oliveira na alimentação de poedeiras exerce efeito protetivo nos lipídeos, demonstrando a importância de sua suplementação com antioxidantes.

O conhecimento do processamento da produção, da comercialização e dos métodos de mensuração da qualidade do ovo, é importante para o consumidor e também para os fabricantes de produtos oriundos dos ovos, pois quanto melhor a qualidade interna dos ovos, melhor será a separação dos seus componentes sem contaminação, especialmente, o albúmen (Garcia *et al.*, 2010).

Diversos fatores, tais como a idade da poedeira, nutrição, instalações, cuidados sanitários e condições de armazenamento dos ovos estão relacionados com os parâmetros qualitativos desse produto (Magalhães, 2007).

As Plantas do Cerrado e seus Compostos Bioativos

O Cerrado possui uma vasta extensão na posição central do Brasil, servindo como um valioso intercâmbio da flora e fauna do território brasileiro, compreendendo importante biodiversidade (Bastos, 2012; Machado *et al.*, 2004).

O uso de plantas como fitoterápicos é um conhecimento popular que vem sendo amplamente utilizado no tratamento de doenças. Muitos pesquisadores são guiados por estes conhecimentos para desenvolver pesquisas farmacológicas e químicas, avaliando a atividade de extratos e óleos de diversos vegetais para obter novos compostos com fins medicinais (Cechinel Filho; Yunes, 1998). No Brasil, essas pesquisas são justificadas devido à existência de diferentes biomas, nos quais ocorre maior variedade de espécies vegetais (Guerra; Nodari, 2001) que são importantes fontes de substâncias naturais, com grande potencial de compostos bioativos, principalmente, em virtude da variedade de metabólitos primários e secundários que são sintetizados por esses vegetais (Bergamaschi, 2010).

O metabolismo primário envolve diferentes processos com funções essenciais nos vegetais, tais como fotossíntese, respiração e o transporte de solutos, os quais possuem distribuição universal nas plantas. Já os metabólitos secundários, são compostos orgânicos restritos a uma espécie vegetal ou a um grupo de espécies relacionadas, não sendo encontrados em todo o reino vegetal (Castro; Kluge; Peres, 2005).

Os metabólitos secundários são divididos em três grandes grupos: compostos nitrogenados, terpenos e compostos fenólicos (Castro; Kluge; Peres, 2005). Os compostos nitrogenados despertam grande interesse por suas propriedades medicinais. Possuem em sua estrutura química, o nitrogênio e átomos de carbono, e se incluem nessa categoria os alcaloides e os glicosídeos vegetais que atuam na defesa das plantas, como toxinas e repelentes contra herbívoros (Mithen *et al.*, 2000).

Os terpenos ou terpenoides são substâncias insolúveis em água, constituindo o maior grupo de substâncias secundárias, as quais são comumente classificadas pelo número de unidades pentacarbonadas (5C), derivadas do isopreno (Lichtenthaler, 1999).

Por possuírem funções que caracterizam o crescimento e desenvolvimento do vegetal, alguns terpenos, podem ser considerados primários, como é o caso do hormônio giberelina (diterpeno com 20 C), os esteróis essenciais das membranas celulares (derivados de triterpenos com 30 C), os carotenoides de cores vermelha, amarela e laranja (tetraterpenos com 40 C), que atuam como pigmentos acessórios na fotossíntese e protegem os tecidos fotossintéticos contra a fotoxidação, apresentando atividade antioxidante. Sendo assim, alguns dos compostos são terpenos ou possuem derivados de terpenos em suas moléculas (Lichtenthaler, 1999). Os monoterpenos (10C) e os sesquiterpenos (15 C) são os mais frequentemente encontrados em óleos essenciais e já foram observados mais de 1.000 monoterpenos e mais de 7.000 sesquiterpenos (Bohlmann *et al.*, 1998).

Os compostos fenólicos de fontes vegetais podem ser divididos em dois grupos: os flavonoides e os não flavonoides. Os flavonoides apresentam a estrutura química descrita como C6-C3-C6. Os não flavonoides são classificados como: os derivados das estruturas químicas C6-C1, específicas dos ácidos hidroxibenzoico, gálico e elágico; os derivados das estruturas químicas C6-C3, específicas dos

ácidos cafeico e p-cumáricohidroxycinamatos; e os derivados das estruturas químicas C6-C2-C6, específicas do trans-resveratrol, cis-resveratrol e trans-reveratrolglucosídeo (Melo; Guerra, 2002; Burns *et al.*, 2001).

Os flavonoides contêm 15 átomos de carbono em seu núcleo básico, contendo um esqueleto comum de difenilpiranos (C6-C3-C6), compostos por dois anéis aromáticos (A e B) ligados através de um anel pirano (heterocíclico), que contém um átomo de oxigênio (Saxena; Pradhan, 2012).

Os quatro maiores grupos que fazem parte dos flavonoides são as flavonas, flavanonas, catequinas e antocianinas (Volp *et al.*, 2008). Esses polifenóis possuem capacidade antioxidante decorrente da presença dos átomos de hidrogênio dos grupos hidroxila adjacentes (orto-difenóis), localizados em várias posições dos anéis A, B e C, as duplas ligações dos anéis benzênicos e a dupla ligação da função oxo ($-C=O$) (Hrazdina; Borzel; Robinson, 1970).

Os taninos são divididos de acordo com sua estrutura química em dois grandes grupos: taninos hidrolisáveis, com uma estrutura poliol central e hidroxilas esterificadas pelo ácido gálico (parte fenólica); e taninos condensados ou proantocianidinas, que são polímeros de flavan-3-ol e/ou flavan-3,4-diol. Essas moléculas resultam de padrões de substituição entre unidades flavânicas, diversidade de posições das ligações e estereoquímica. Os taninos hidrolisáveis são classificados em galotaninos e elagitaninos (Santos; Mello, 2007).

Os flavonoides e os ácidos fenólicos (não flavonoides) são os metabólitos secundários e bioativos, considerados boas fontes de antioxidantes naturais utilizados na alimentação humana. Os ácidos fenólicos podem ser derivados do ácido hidroxicinâmico e derivados do ácido hidroxibenzoico (Saxena; Pradhan, 2012).

Os hidroxicinâmicos mais comuns nos vegetais são os ácidos p-cumárico, ferúlico, caféico e sináptico, existindo nas plantas usualmente na forma de ésteres, como por exemplo, éster do ácido quínico, cuja molécula é constituída pelo ácido quínico esterificado ao ácido caféico, a qual já foi relatada atividade antioxidante referente ao ácido cafeico (Damasceno, 2011). No grupo dos hidroxibenzoicos, destacam-se os ácidos protocatecuíco, valínico, siringico, gentísico, salicílico, elágico e gálico. Os dois grupos de ácidos fenólicos são caracterizados por apresentarem atividade antioxidante, determinadas pelo número de hidroxilas presentes nas moléculas (Harborne, 1973). A capacidade antioxidante dos não flavonoides está relacionada com a posição dos grupos hidroxilas e também com a proximidade do grupo $-CO_2H$ em relação ao grupo fenil, aumentando sua ação antioxidante quanto mais próximo estiver desse grupo (Hrazdina; Borzel; Robinson, 1970).

***Stryphnodendron adstringens* (Mart.) Coville (Barbatimão)**

A espécie *Stryphnodendron adstringens* (sinonímia de *Stryphnodendron barbatiman* (Velloso) Martius, pertencente à família Leguminosae, sub-família-Mimosoideae, sendo popularmente conhecida como barbatimão. É uma planta lenhosa que cresce no bioma Cerrado, desde o Pará na região Amazônica, Planalto Central até Minas Gerais e São Paulo. Há registros desse gênero também em territórios fora do Brasil como a Venezuela, Guianas, Bolívia, Peru, Colômbia, Paraguai, Costa Rica, Suriname e Equador (Occhioni, 1990; Felfili *et al.*, 1999). Em

estudos taxonômicos do gênero *Stryphnodendron* (Mart.), identificaram que, dos 36 táxons reunidos, 89% ocorrem no Brasil e aproximadamente 50% são exclusivos do território brasileiro, em diversos tipos de vegetação, mas principalmente Cerrado e Floresta Amazônica (Scalon, 2007).

A árvore de barbatimão é reconhecida por sua importância econômica e ecológica devido à presença de grandes quantidades de compostos fenólicos, extraídas de sua casca, as quais são utilizadas como medicamento pela população, vendidas para farmácias de manipulação e laboratórios farmacêuticos, encontrando-se sujeitas ao extrativismo desordenado. A colheita da casca deve ser realizada em espécimes adultos, preferencialmente nas regiões mais altas da árvore, protegendo o tronco principal e garantindo a conservação da espécie (Borges Filho; Felfeli, 2003). No entanto, em análises sobre a composição de fenólicos totais de *S. adstringens*, Macedo *et al.* (2007) evidenciaram que a folha apresentou maior teor de compostos fenólicos, seguidos de casca e caule, principalmente no que se refere aos flavonoides e taninos, assumindo a possibilidade de um dimensionamento extrativista harmônico alicerçado em um programa local efetivamente sustentável. O uso dessa árvore na medicina popular como fitoterápico é bastante conhecido, sendo utilizada para o tratamento de leucorreia, diarreia, hemorragia, hemorroida, feridas, conjuntivite, inflamação da garganta, corrimento vaginal e úlcera gástrica (Silva, L. *et al.*, 2010).

A composição de metabólicos na árvore de barbatimão sofre influência de fatores edáficos. Jacobson *et al.* (2005), ao estudarem duas espécies (*S. adstringens* e *S. polyphyllum*), perceberam que os maiores níveis de fenóis e taninos estão relacionados a baixa fertilidade do solo e período chuvoso. Entre os componentes de interesse científico encontrados no barbatimão, citam-se: alcaloides, terpenos, estibenos, esteroides, saponinas, inibidores de proteases e taninos, sendo que o último caracteriza o barbatimão quanto aos seus efeitos medicinais, com seu elevado teor (20 a 50%), atribuindo a este as funções adstringente, antimicrobiana, antisséptica, anti-inflamatória e antioxidante (Souza *et al.*, 2007; Lima, 2010; Santos Filho *et al.*, 2011).

A atividade antioxidante de *S. adstringens*, foi observada quanto à presença de compostos fenólicos, principalmente proantocianidinas, sendo avaliada como uma substância com grande atividade antioxidante (Santos Filho *et al.*, 2011).

***Lafoensia pacari* (Pacari)**

A espécie *Lafoensia pacari* é conhecida popularmente como dedaleiro (SP), louro-da-serra (SC), mangava-brava (GO) ou dedal (MS), e pertence à família Lythraceae (Lorenzi, 2002). Ela cresce no Cerrado brasileiro, ecossistemas florestais de galeria, mata seca e altitude. No Brasil, essa espécie é encontrada nos estados da BA, GO, MG, MA, MT, SP, MS, PR, SC, AP, PA e RS, e também nos países do Paraguai e Bolívia (Carvalho, 1994; Santos, L., 2006). Sua ocorrência vem sendo reduzida devido ao caráter extrativista da sua extração com fins terapêuticos, na qual a prática da retirada da casca ocasiona o anelamento do caule, comumente levando à morte da planta (Tonello, 1997).

O interesse em desenvolver pesquisas com *L. pacari*, está na presença de alguns componentes, dos quais se destacam os taninos (Campos; Frasson, 2011), em que foram encontradas, em extratos obtidos de folha e casca do caule, gran-

des quantidades de ácido elágico (Solon et al., 2000; Sampaio, 2010). Os taninos, de acordo com o seu tipo de estrutura, contêm um núcleo central de glicose ou um álcool poliédrico, esterificado com ácido gálico ou elágico (Soares, 2002). O ácido elágico apresenta em sua estrutura quatro grupos fenólicos, com várias atividades biológicas, incluindo a função antioxidante (Ezdihar et al., 2006).

Esse metabólito secundário, de grande interesse econômico e ecológico, parece sofrer influências de fatores ambientais, tanto qualitativas quanto quantitativas (Sampaio, 2010). Outros componentes como os polifenóis, quinonas, saponinas e alcaloides, assim como o tanino, tem sido foco de estudos, devido a suas variadas atividades químicas e biológicas. A atividade de *L. pacari* foi comprovada quanto a sua ação antimicrobiana (Porfírio et al., 2009), ansiolítica (Galdino et al., 2010), antifúngica (Silva Junior et al., 2010), antioxidante (Campos; Frasson, 2011), antiparasitária (Faria, 2013), anti-inflamatório (Galdino et al., 2007), cicatrizante (Proença; Oliveira; Silva, 2000) e amplo uso medicinal (Guarim Neto; Guarim; Prance, 1994; De La Cruz, 1997; Tonello, 1997; Somavilla, 1998; Solon, 1999).

***Copaifera langsdorffii* (Copaíba)**

A *Copaifera langsdorffii* é uma árvore de grande porte, conhecida como copaíba, pau-d'óleo ou copaibeira. Pertencente à família Leguminosae e sub-família Caesalpinoideae. O gênero *Copaifera* é encontrado desde o norte ao sul da América do Sul, onde sua distribuição ocorre desde o Suriname até o Paraguai, estendendo-se até Peru e por todo o território brasileiro, apresentando ampla distribuição e preferências ecológicas diversas (Dwyer, 1951; Carvalho, 1994, Costa, 2007). Da copaíba é retirado um óleorresina, que é amplamente utilizado pela medicina popular, indígena e farmacêutica nos tratamentos das vias urinárias, respiratórias, infecções da derme e mucosas, para úlceras e feridas no útero e outras finalidades (Veiga Junior; Pinto, 2002).

A produção de óleorresina de copaibeira é influenciada por fatores ambientais do local de crescimento, época do ano e características genéticas. O manejo para retirada do óleo, em extrações consecutivas, também pode ocasionar variação na produção. Em intervalos semestrais, na segunda extração foram observadas quantidades maiores, ocorrendo declínio na terceira extração, sendo que em alguns casos, só foi possível extrair óleorresina na primeira coleta (Alencar, 1982). Por se tratar de um manejo extrativista, em que o intervalo de extração não está bem definido, Azevedo et al. (2004) recomendaram o uso do trado para retirada do óleo, por causar menor dano à árvore, sendo importante para o manejo sustentável.

As copaibeiras possuem componentes de interesse econômico e ecológico, os quais podem ser avaliados em extratos de folhas, flores, frutos e óleorresina (Sousa, 2011). O conhecimento dos compostos presentes em espécies do gênero *Copaifera* e o uso na medicina popular incentivou o desenvolvimento de pesquisas para avaliar a atividade química e biológica dessa planta, entre elas foram citadas atividades anti-inflamatória (Muniz et al., 2010), antimicrobiana, cicatrizante (Mendonça; Onofre, 2009; Masson, 2011), antiulcerativo, insetífugo, antialérgico (Veiga Junior; Pinto, 2002) e antioxidante (Santos, A., 2006).

Em estudos realizados com óleo de copaibeira, das diferentes espécies do gênero *Copaifera*, foram reveladas grandes quantidades de diterpenos e sesqui-

terpenos. Os diterpenos pertencem aos esqueletos cauranos, lábdano e clero-dano (Pinto *et al.*, 1996; Braga *et al.*, 1998). Nas investigações realizadas por Sousa (2011) em extratos de folhas, flores, frutos e óleorresina obtidos de *Copaifera langsdorffii* foram isolados os ácidos caurenóico (caurano), ácido copálico (labdano) e cinco flavonóis (3-O- α -ramnopiranosil-canferol, 3-O- α -ramnopiranosil-quercetina, rutina, quercetina e caferol), sendo detectados também os sequiterpenos α -copaeno, β -cariofileno e α -humuleno em óleo de copaibeira e no óleo essencial das folhas. Em estudos fitoquímicos, demonstrou-se que o ácido copálico, o β -cariofileno e α -copaeno (figura 1.11), são os principais componentes do óleo de copaíba (Veiga Junior; Pinto, 2002).

***Pterodon emarginatus* Vog. (Sucupira)**

A espécie *Pterodon emarginatus* é uma planta arbórea, pertencente à família Leguminosae, subfamília Papilionoideae, que pode atingir até 20 metros de altura e está distribuída no Distrito Federal, Goiás, Bahia e Maranhão, sendo popularmente conhecida como sucupira branca, faveiro e fava de sucupira (Rocha, 2006; Batista; Guimarães, 2013). O gênero *Pterodon* compreende cinco espécies nativas do Brasil: *P. abruptus* Benth; *P. apparicioi* Pedersoli; *P. emarginatus* Vog., *P. pubescens* Benth e *P. polygalae florus* Benth (Correa, 1984; Brito; Brito, 1993). Essa árvore é amplamente utilizada pela medicina popular como anti-inflamatório, no tratamento de reumatismo, problemas de coluna e analgésicos (Leite De Almeida; Gottlieb, 1975), despertando interesse em mais estudos sobre suas propriedades medicinais (Teixeira, 2003). Estudos científicos têm comprovado seus efeitos quanto à atividade cicatrizante (Dutra *et al.*, 2009), fungitóxica (Batista; Guimarães, 2013), antimicrobiana (Bustamante *et al.*, 2010), repelente (Teixeira, 2003), cercaricida (Mors *et al.*, 1967), antiulcerogênica, anti-inflamatória (Dutra *et al.*, 2009) e antioxidante (Dutra, 2008).

As partes utilizadas em estudos são os frutos, a casca, sementes e tubérculos da raiz (Correa, 1984; Brito; Brito, 1993). Nos extratos de frutos e casca de *P. emarginatus* já foram identificados vários compostos secundários como diterpenoides, triterpenoides, flavonoides e principalmente monoterpenos e sesquiterpenos (Mahjan; Monteiro, 1972; Dutra *et al.*, 2009; Bustamante *et al.*, 2010).

Em ensaios realizados por Dutra *et al.* (2008), foram extraídos e quantificados o conteúdo de compostos fenólicos de sementes de *P. emarginatus* utilizando diferentes procedimentos de extração. Foi observado que, durante o processo de secagem e aquecimento, a estabilidade dos compostos foi afetada, devido à decomposição química e enzimática, havendo perdas por volatilização e decomposição térmica. Melhores resultados foram obtidos na formação de substâncias fenólicas sob temperatura de aquecimento mais suave (refluxo).

Em estudos avaliando o estresse oxidativo e nitrosativo induzidos por exercício intenso em ratos verificou-se que, com a administração de extrato bruto de *P. emarginatus*, houve inibição *in vitro* da peroxidação lipídica de cérebro e músculo tibial anterior e, nos ensaios *in vivo*, prevenção da lipoperoxidação, da produção de nitrito e da nitração de tirosina, sendo seus efeitos explicados pela presença de compostos químicos como fenóis e terpenos. Vale ressaltar que, na análise prévia do extrato hexânico bruto de frutos, foi observada a presença do ácido 6 α , 7 β -dihidroxivouacapânico (diterpenoide), β -cariofileno, α -pineno, mirce-

no, eugenol e geraniol (Paula, 2004). Resultados diferentes em relação à atividade antioxidante de *P. emarginatus*, foram encontrados por Souza (2013), avaliando a adição de extratos de plantas em almôndegas de peito de frango, contendo 0,01; 0,05; 0,1 e 0,5 % de óleo de sucupira obtidos de sementes. O autor não observou diferenças estatísticas no uso dos maiores níveis em relação ao controle, havendo aumento da oxidação nos demais. Já em testes, avaliando a atividade do DPPH (2,2-diphenyl-2-picrylhydrazyl hydrate) em extratos de semente de *P. emarginatus*, obtidas por meio de Soxhlet com butanol e metanol, foram demonstradas elevadas atividades antioxidantes (Dutra et al., 2008).

Referências

- ALENCAR, Jurandyr da Cruz. Estudos silviculturais de uma população de *Copaifera multijuga* Hayne – Leguminosae, na Amazônia Central. 2 – Produção de óleo-resina. **Acta Amazonica**, v. 12, n. 1, p. 79-82, 1982.
- BARRETO, S. C. S.; ZAPATA, J. F. F.; FREITAS, E. R.; FUENTES, M. F. F.; NASCIMENTO, R. F.; ARAÚJO, R. S. R. M.; AMORIM, A. G. N. Ácidos graxos da gema e composição do ovo de poedeiras alimentadas com rações com farelo de coco. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 41, n. 12, p. 1767-1773, 2006.
- BASTOS, L. A. **Caracterização geográfica de subsistema de vereda: modelagem nas áreas de chapadas da bacia do Ribeirão Brumado e da Serra da Caverna no município de Pires do Rio (GO)**. 2012. 130 f. Dissertação (Mestrado em Estudos Ambientais) – Universidade Federal de Goiás, Catalão, 2012.
- BATISTA, R. D.; GUIMARÃES, L. G. L. Atividade fungitóxica do óleo essencial do fruto da *Pterodon emarginatus* Vogel, Fabaceae sobre fungos fitopatogênicos do feijoeiro. In: SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 9., 2013, Palmas. **Anais [...]**. Palmas: Universidade Federal do Tocantins, 2013. 5 p.
- BERGAMASCHI, K. B. **Capacidade antioxidante e composição química de resíduos vegetais visando seu aproveitamento**. 2010. 96 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2010.
- BOHLMANN, J.; MEYER-GAUEN, G.; CROTEAU, R. **Plant terpenoid synthases: molecular biology and phylogenetic analysis**. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, v. 95, n. 8, p. 4126-4133, 1998.
- BORGES FILHO, Henrique Cruvinel; FELFILI, Jeanine Maria. Avaliação dos níveis de extrativismo da casca de barbatimão [*Stryphnodendron adstringens* (Mart.) Coville] no Distrito Federal, Brasil. **Revista Árvore**, v. 27, n. 5, p. 735-745, 2003. DOI: 10.1590/S0100-67622003000500016.
- BOTSOGLOU, E.; GOVARIS, A.; FLETOURIS, D.; BOTSOGLOU, N. Lipid oxidation of stored eggs enriched with very long chain n-3 fatty acids, as affected by dietary olive leaves (*Olea europaea* L.) or α -tocopheryl acetate supplementation. **Food Chemistry**, v. 134, p. 1059-1068, 2012.
- BOTSOGLOU, N. A.; YANNAKOPOULOS, A. L.; FLETOURIS, D. J.; TSERVENI-GOUSSI, A. S.; FORTOMARIS, P. D. Effect of dietary thyme on the oxidative stability of egg yolk. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 45, n. 10, p. 3711-3716, 1997.
- BRAGA, W. F.; REZENDE, C. M.; ANTUNES, O. A. C.; PINTO, A. C. Terpenoids from *Copaifera cearensis*. **Phytochemistry**, v. 49, p. 263-264, 1998.
- BRITO, A. R. M. S.; BRITO, A. A. S. Forty years of Brazilian medicinal plant research. **Journal of Ethnopharmacology**, v. 39, p. 53-67, 1993.
- BUSTAMANTE, K. G. L.; LIMA, A. D. F.; SOARES, M. L.; FIUZA, T. S.; TRESVENZOL, L. M. F.; BARA, M. T. F.; PIMENTA, F.; PAULA, J. R. Avaliação da atividade antimicrobiana do extrato etanólico bruto da casca da sucupira branca (*Pterodon emarginatus* Vogel) – Fabaceae. **Revista Brasileira de Plantas Medicinais**, v. 12, n. 3, p. 341-345, 2010.
- CAMPOS, J. S.; FRASSON, A. P. Z. Avaliação da atividade antioxidante do extrato aquoso de La-

- foensia pacari A. St.-Hil. em emulsão não-iônica. **Revista de Ciências Farmacêuticas Básica e Aplicada**, v. 32, n. 3, p. 363-368, 2011.
- CARVALHO, P. E. R. **Espécies florestais brasileiras: recomendações silviculturais, potencialidades e uso da madeira**. Colombo: EMBRAPA-CNPQ; Brasília, DF: EMBRAPA-SPI, 1994. 640 p.
- CASTRO, Paulo Roberto de Camargo e; KLUGE, Ricardo Alfredo; PERES, Lázaro Eustáquio Pereira. **Manual de fisiologia vegetal: teoria e prática**. Piracicaba: Agronômica Ceres, 2005. 650 p.
- CECHINEL FILHO, Valdir; YUNES, Rosendo Augusto. Estratégias para a obtenção de compostos farmacologicamente ativos a partir de plantas medicinais: conceitos sobre modificação estrutural para otimização da atividade. **Química Nova**, v. 21, n. 1, p. 99-105, 1998.
- CORRÊA, M. P. **Dicionário das plantas úteis do Brasil e das exóticas cultivadas**. Rio de Janeiro: Ministério da Agricultura, 1984. v. 6.
- COSTA, J. A. S. **Estudos taxonômicos, biossistemáticos e filogenéticos em Copaifera L. (Leguminosae-Detarieae) com ênfase nas espécies do Brasil extra-amazônico**. 2007. 266 f. Tese (Doutorado em Botânica) – Universidade Estadual de Feira de Santana, Feira de Santana, 2007.
- CUPPETT, Susan L. The use of natural antioxidants in food products of animal origin. In: POKORNY, Jan; YANISHLIEVA, Nedyalka; GORDON, Michael (ed.). **Antioxidants in food: practical applications**. Cambridge: Woodhead Publishing, 2001.
- DAMASCENO, S. S. **Avaliação da atividade antioxidante do ácido cafeico e ferúlico no controle da estabilidade oxidativa do biodiesel de soja**. 2011. 96 f. Dissertação (Mestrado em Química) – Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2011.
- DE LA CRUZ, M. G. F. **Plantas medicinais utilizadas por raizeiros: uma abordagem etnobotânica no contexto saúde e doença – Cuiabá, MT**. 1997. Dissertação (Mestrado em Saúde e Ambiente) – Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 1997.
- DUTRA, Rafael C.; FAVA, M. B.; ALVES, C. C.; FERREIRA, A. P.; RAPOSO, N. R. B. Antiulcerogenic and anti-inflammatory activities of the essential oil from *Pterodon emarginatus* seeds. **Journal of Pharmacy and Pharmacology**, v. 61, p. 243-250, 2009.
- DUTRA, Rafael C.; LEITE, Magda N.; BARBOSA, Nádia R. Quantification of phenolic constituents and antioxidant activity of *Pterodon emarginatus* Vogel seeds. **International Journal of Molecular Sciences**, v. 9, n. 4, p. 606-614, 2008. DOI: 10.3390/ijms9040606.
- DWYER, J. D. The Central American, West Indian, and South American species of *Copaifera* (Caesalpinioideae). **Brittonia**, v. 7, n. 3, p. 143-172, 1951.
- EZDIHAR, H.; VODHANEL, J.; HOLDEN, B.; ABUSHABAN, A. The effects of ellagic acid and vitamin E succinate on antioxidant enzymes activities and glutathione levels in different brain regions of rats after subchronic exposure to TCDD. **Journal of Toxicology and Environmental Health**, v. 69, n. 5, p. 381-393, 2006.
- FARIA, A. M. **Estudo comparativo do uso de quatro bioprodutos do Cerrado no controle da sarna sarcóptica em suínos**. 2013. 91 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal) – Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2013.
- FELFILI, Jeanine Maria; SILVA JÚNIOR, Manoel Cláudio da; DIAS, B. J.; REZENDE, A. V. Estudo fenológico de *Stryphnodendron adstringens* (Mart.) Coville no cerrado sensu stricto da Fazenda Água Limpa no Distrito Federal, Brasil. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 22, n. 1, p. 83-90, 1999.
- FRANCHINI, A.; SIRRI, F.; TALLARICO, N.; MINELLI, G.; IAFFALDANO, N.; MELUZZI, A. Oxidative stability and sensory and functional properties of eggs from laying hens fed supranutritional doses of vitamins E and C. **Poultry Science**, v. 81, p. 1744-1750, 2002.
- GALDINO, P. M. et al. Espécies vegetais do Cerrado, avaliadas no Laboratório de Farmacologia de Produtos Naturais – ICB/UFG, quanto ao potencial anti-inflamatório de seus extratos. **Anais Eletrônicos da XV Semana Científica Farmacêutica**, Goiânia, v. 5, n. 2, p. 103-106, 2007.
- GALDINO, P. M.; NASCIMENTO, M. V. M.; SOUSA, F. B.; FERREIRA, R. N.; PAULA, J. R.; COSTA, E. A. Central activities of hydroalcoholic extract from *Lafoensia pacari* A. St.-Hil. stem bark. **Brazilian Journal of Pharmaceutical Sciences**, v. 46, n. 3, p. 455-462, 2010.
- GARCIA, E. R. M.; ORLANDI, C. C. B.; OLIVEIRA, C. A. L.; CRUZ, F. K.; SANTOS, T. M. B.; OTUTUMI, L. K. Qualidade de ovos de poedeiras semipesadas armazenados em diferentes temperaturas e perí-

- odos de estocagem. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 11, n. 2, p. 505-518, 2010.
- GUARIM NETO, G.; GUARIM, V. L. M. S.; PRANCE, G. T. Structure and floristic composition of the trees in an area of cerrado near Cuiabá, Mato Grosso, Brazil. **Kew Bulletin**, v. 49, n. 3, p. 499-509, 1994.
- GUERRA, M. P.; NODARI, R. O. Biodiversidade: aspectos biológicos, geográficos, legais e éticos. In: SIMÕES, C. M. O. et al. **Farmacognosia: da planta ao medicamento**. 3. ed. Porto Alegre: Editora da UFRGS; Florianópolis: Editora da UFSC, 2001.
- HARBORNE, J. B. **Phytochemical methods: a guide to modern techniques of plant analysis**. London: Chapman and Hall, 1973.
- HRAZDINA, G.; BORZEL, A. J.; ROBINSON, W. B. Studies on the stability of the anthocyanidin-3-, 5-diglucosides. **American Journal of Enology and Viticulture**, v. 21, n. 4, p. 201-204, 1970.
- JACOBSON, T. K. B.; GARCIA, J.; SANTOS, S. C.; DUARTE, J. B.; FARIAS, J. G.; KLIEMANN, H. J. Influência de fatores edáficos na produção de fenóis totais e taninos de duas espécies de barbatimão (*Stryphnodendron* sp.). **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 35, p. 163-169, 2005.
- LEE, S. K.; HAN, J. H.; DECKER, E. A. Antioxidant activity of phosvitin in phosphatidylcholine liposomes and meat model systems. **Journal of Food Science**, v. 67, p. 37-41, 2002.
- LEITE DE ALMEIDA, M. E.; GOTTLIEB, O. R. The chemistry of Brazilian Leguminosae: further isoflavones from *Pterodon apparicioi*. **Phytochemistry**, v. 14, n. 12, p. 2716, 1975.
- LICHTENTHALER, Hartmut K. The 1-deoxy-D-xylulose-5-phosphate pathway of isoprenoid biosynthesis in plants. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, v. 50, p. 47-65, 1999.
- LIMA, C. R. O. **Reparação de feridas cutâneas incisionais em coelhos após o tratamento com barbatimão e quitosana**. 2010. 104 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal) – Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2010.
- LORENZI, Harri. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. 4. ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2002.
- MACEDO, FM de et al. Triagem fitoquímica do barbatimão [*Stryphnodendron adstringens* (Mart) Coville]. **Revista brasileira de Biociências**, v. 5, n. supl 2, p. 1166-1168, 2007.
- MACHADO, Ricardo B. et al. **Estimativas de perda da área do Cerrado brasileiro**. Brasília, DF: Conservação Internacional, 2004. Relatório técnico.
- MAGALHÃES, A. P. C. **Qualidade de ovos comerciais de acordo com a integridade da casca, tipo de embalagem e tempo de armazenamento**. 2007. 34 f. Dissertação (Mestrado em Produção Animal) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2007.
- MAHJAN, J. R.; MONTEIRO, M. B. New diterpenoids from *Pterodon emarginatus* Vog. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 44, n. 1, p. 51-53, 1972.
- MASSON, D. S. **Atividade cicatrizante e antimicrobiana do óleo-resina de copaíba (*Copaifera langsdorffii*) em úlceras cutâneas**. 2011. 215 f. Tese (Doutorado em Clínica Médica) – Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, 2011.
- MELO, Enayde de Almeida; GUERRA, Nonete Barbosa. Ação antioxidante de compostos fenólicos naturalmente presentes em alimentos. **Boletim da Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 36, n. 1, p. 1-11, 2002.
- MENDONÇA, D. E.; ONOFRE, S. B. Atividade antimicrobiana do óleo-resina produzido pela copaíba – *Copaifera multijuga* Hayne (Leguminosae). **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v. 19, n. 2B, p. 577-581, 2009.
- MITHEN, R. F.; DEKKER, M.; VERKERK, R.; RABOT, S.; JOHNSON, I. T. The nutritional significance, biosynthesis and bioavailability of glucosinolates in human foods. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 80, n. 7, p. 967-984, 2000.
- MUNIZ, J. W. C.; BOZZA, P. T.; NASCIMENTO, J. L. M.; REIS, P. A. Atividade anti-inflamatória do óleo-resina da *Copaifera reticulata* em modelo inflamatório de edema de pata. **Revista Paraense de Medicina**, 2010.
- OCCHIONI, E. M. L. Considerações taxonômicas no gênero *Stryphnodendron* Mart. (Leguminosae-Mimosoideae) e distribuição geográfica das espécies. **Acta Botanica Brasilica**, v. 4, n. 2, p.

153-158, 1990.

PAULA, F. B. A. **Atividade de extratos de frutos de *Pterodon emarginatus* (sucupira branca) contra o estresse oxidativo e nitrosativo induzido por exercício agudo em ratos**. 2004. 100 f. Tese (Doutorado em Biologia Funcional e Molecular) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2004.

PEREIRA, A. L. F. **Efeito dos lipídios da ração sobre a qualidade, composição e estabilidade dos ovos de poedeiras comerciais**. 2009. 87 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2009.

PINTO, A. C.; ANTUNES, O. A. C.; REZENDE, C. M.; CORREIA, C. R. D. Three isomeric diterpenes from *Vellozia flavicans*. **Phytochemistry**, v. 42, p. 767-769, 1996.

PITA, M. C. G.; PIBER NETO, E.; NAKAOKA, L. M.; MENDONÇA JÚNIOR, C. X. Efeito da adição de ácidos graxos insaturados e de vitamina E à dieta de galinhas e seu reflexo na composição lipídica e incorporação de alfa-tocoferol na gema do ovo. **Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science**, v. 41, n. 1, p. 25-31, 2004.

PORFÍRIO, Z.; MELO-FILHO, G. C.; ALVINO, V.; LIMA, M. R. F.; SANT'ANA, A. E. G. Atividade antimicrobiana de extratos hidroalcoólicos de *Lafoensia pacari* A. St.-Hil., *Lythraceae*, frente a bactérias multirresistentes de origem hospitalar. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v. 19, n. 3, p. 785-789, 2009.

PROENÇA, Carolyn; OLIVEIRA, Rafael S.; SILVA, Ana Palmira. **Flores e frutos do Cerrado**. Brasília, DF: Editora Universidade de Brasília; São Paulo: Imprensa Oficial, 2000. 226 p.

RADWAN, N. L.; HASSAN, R. A.; QOTA, E. M.; FAYEK, H. M. Effect of natural antioxidant on oxidative stability of eggs and productive and reproductive performance of laying hens. **International Journal of Poultry Science**, v. 7, n. 2, p. 134-150, 2008.

ROCHA, D. M. S. **Aspectos taxonômicos, genéticos e reprodutivos de *Pterodon pubescens* (Benth.) Benth. e *P. emarginatus* Vog. (Leguminosae, Dipteryxaceae)**. 2006. 134 f. Tese (Doutorado em Biologia Vegetal) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2006.

SAKANAKA, S.; TACHIBANA, Y.; ISHIHARA, N.; JUNEJA, L. R. Antioxidant activity of egg-yolk protein hydrolysates in a linoleic acid oxidation system. **Food Chemistry**, v. 86, n. 1, p. 99-103, 2004.

SAMPAIO, B. L. **Influência dos fatores ambientais sobre a concentração de compostos fenólicos nas folhas e na casca do caule de *Lafoensia pacari* A. St.-Hil. (Lythraceae)**. 2010. 39 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Farmacêuticas) – Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2010.

SANTOS FILHO, Plínio R. dos; FERREIRA, Lidiane A.; GOUVÊA, Cibele M. C. Paiva. Protective action against chemical-induced genotoxicity and free radical scavenging activities of *Stryphnodendron adstringens* ("barbatimão") leaf extracts. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v. 21, n. 6, p. 1000-1005, 2011. DOI: 10.1590/S0102-695X2011005000176.

SANTOS, A. B. **Atividade antioxidante de extratos vegetais da flora brasileira: estudos com ressonância paramagnética eletrônica (RPE) e teoria do funcional da densidade (TFD)**. 2006. 103 f. Tese (Doutorado em Física Aplicada à Medicina e Biologia) – Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, 2006.

SANTOS, L. W. **Estudos ecológicos e agrônômicos de *Lafoensia pacari* St. Hil. (Lythraceae) na região de Barra do Garças – MT**. 2006. 61 f. Dissertação (Mestrado em Agricultura Tropical) – Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2006.

SANTOS, S. C.; MELLO, J. C. P. Taninos. In: SIMÕES, C. M. O. et al. **Farmacognosia: da planta ao medicamento**. 6. ed. Porto Alegre: Editora da UFRGS; Florianópolis: Editora da UFSC, 2007.

SARCINELLI, M. F.; VENTURINI, K. S.; SILVA, L. C. **Características dos ovos**. Alegre: Universidade Federal do Espírito Santo, 2007. (Boletim Técnico PIE-UFES, 00707).

SAXENA, Mamta; SAXENA, Jyoti; PRADHAN, Abhishek. Flavonoids and phenolic acids as antioxidants in plants and human health. **International Journal of Pharmaceutical Sciences Review and Research**, v. 16, n. 2, p. 130-134, 2012.

SCALON, V. R. **Revisão taxonômica do gênero *Stryphnodendron* Mart. (Leguminosae-Mimosoideae)**. 2007. 264 f. Tese (Doutorado em Ciências – Botânica) – Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.

- SILVA JÚNIOR, I. F.; RAIMONDI, M.; ZACCHINO, S.; CECHINEL FILHO, V.; NOLDIN, V. F.; RAO, V. S.; LIMA, J. C. S.; MARTINS, D. T. O. Evaluation of the antifungal activity and mode of action of *Lafoensia pacari* A. St.-Hil., Lythraceae, stem-bark extracts, fractions and ellagic acid. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v. 20, n. 3, p. 422-428, 2010.
- SILVA, F. A. M.; BORGES, M. F. M.; FERREIRA, M. A. Métodos para avaliação do grau de oxidação lipídica e da capacidade antioxidante. **Química Nova**, v. 22, n. 1, p. 94-103, 1999.
- SILVA, L. A. F.; SILVA, J. A.; LIMA, C. R. O.; DAMBROS, C. E.; CARDOSO, V. S. Uso popular do barbatimão. In: SILVA, L. A. F. et al. **Manual do barbatimão**. Goiânia: Kelps, 2010. cap. 9, p. 79-85.
- SOARES, Sueli E. Ácidos fenólicos como antioxidantes. **Revista de Nutrição**, Campinas, v. 15, n. 1, p. 71-81, 2002.
- SOLON, S. **Alguns aspectos químicos-farmacológicos da entrecasca do caule de *Lafoensia pacari* St. Hil. (mangava-brava, Lythraceae)**. 1999. Dissertação (Mestrado em Saúde e Ambiente) – Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 1999.
- SOLON, S.; LOPES, L.; SOUSA JÚNIOR, P. T. de; SCHMEDA-HIRSCHMANN, G. Free radical scavenging activity of *Lafoensia pacari*. **Journal of Ethnopharmacology**, v. 72, p. 173-178, 2000.
- SOMAVILLA, N. S. **Utilização de plantas medicinais por uma comunidade garimpeira do sudoeste mato-grossense, Alto Coité-Poxoréu/MT**. 1998. Dissertação (Mestrado em Saúde e Ambiente) – Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 1998.
- SOUSA, J. P. B. ***Copaifera langsdorffii*: estudo fitoquímico, validação de métodos cromatográficos e análise sazonal**. 2011. 179 f. Tese (Doutorado em Ciências Farmacêuticas) – Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, 2011.
- SOUZA, T. C. **Estabilidade oxidativa da carne de frango pré-cozida contendo bioprodutos do Cerrado**. 2013. 40 f. Trabalho acadêmico – Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 2013.
- TEIXEIRA, D. F. **Estudo químico e avaliação biológica de *Attalea excels* Mart. ex Spreng. (uru-curí) e *Pterodon emarginatus* Vog. (sucupira branca) em *Aedes aegypti***. 2003. 124 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Farmacêuticas) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2003.
- TONELLO, V. M. **Estrutura de populações de *Lafoensia pacari* St. Hil. e dados etnobotânicos e fenológicos em Nossa Senhora do Livramento, Mato Grosso**. 1997. 94 f. Dissertação (Mestrado em Ecologia e Conservação da Biodiversidade) – Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 1997.
- VEIGA JÚNIOR, Valdir F.; PINTO, Angelo C. O gênero *Copaifera* L. **Química Nova**, v. 25, n. 2, p. 273-286, 2002. DOI: 10.1590/S0100-40422002000200016.
- VOLP, Ana Carolina Pinheiro; RENHE, Isis Rodrigues Toledo; BARRA, Kelly; STRINGUETA, Paulo César. Flavonoides antocianinas: características e propriedades na nutrição e saúde. **Revista Brasileira de Nutrição Clínica**, v. 23, n. 2, p. 141-149, 2008.



Capítulo 4

ANTIOXIDANTES NATURAIS DO CERRADO (MURICI, MAMA-CADELA E PIMENTA-DE-MACACO)

Jéssica Cabral Carvalho
Aline Mondini Calil Racanicci
Leonardo França da Silva



Cerrado brasileiro

O Cerrado é o segundo maior bioma brasileiro, ocupando cerca de 22% do território nacional (cerca de 2 milhões de km²), abrangendo os estados de Goiás, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Maranhão, Tocantins, Piauí, Rondônia, Bahia, Minas Gerais, São Paulo, Distrito Federal e Paraná (Ribeiro *et al.*, 2008). É um bioma de clima tropical, com duas estações bem definidas, o verão (com grande incidência de chuvas), que vai de outubro a abril, e o inverno (seca), que vai de maio a setembro (Embrapa, 1998).

Sua vegetação abrange campos abertos, florestas e savanas (Silva *et al.*, 2015), e possui uma grande biodiversidade, tanto de animais, quanto de plantas, com cerca de 100 espécies de árvores, 3.000 espécies de arbustos e cerca de 500 trepadeiras (Mendonça *et al.*, 1988). Isso inclui diversas espécies frutíferas, das quais a maioria ainda são pouco exploradas comercialmente e pela comunidade científica (Lima *et al.*, 2015).

Murici (*Byrsonima sp.*)

A *Byrsonima sp.* pertence à família Malpigiaceae, gênero *Byrsinima*, conhecida popularmente como murici. Essa árvore possui galhos pouco resistentes e troncos tortuosos, sendo considerada uma árvore de pequeno porte, chegando a aproximadamente 5 metros de altura (Monteiro *et al.*, 2015). Seu fruto é usado como agente anti-inflamatório e cicatrizante (Gusmão *et al.*, 2006), sendo relatado em diversos estudos como tendo atividade antioxidante, antimicrobiana e anti-inflamatória (Guilhon-Simplicio; Pereira, 2011).

Suas folhas são usadas para tratar casos de febres e úlceras, além de doenças dérmicas e gastrointestinais (Lopez *et al.*, 2001). Pesquisas sobre sua composição química encontraram esteroides, triterpenos, flavonoides, dentre outros compostos (Bejar *et al.*, 1995).



Figura 1. Murici (*Byrsonima sp.*)

Fonte: <https://www.arvores.brasil.nom.br/new/murici/index.htm>

Pau-Terra (*Qualea grandiflora*)

A *Qualea grandiflora*, conhecida popularmente como pau-terra, é uma árvore encontrada em mata de galeria, no cerrado e cerradão dos estados da Amazônia, São Paulo, Minas Gerais, Goiás, Mato Grosso e Mato Grosso do Sul (Lorenzi, 1992). É uma espécie lenhosa, com ampla distribuição, tendo grande aptidão para uso em reflorestamentos (Lorenzi, 1992).

É considerada uma planta medicinal, cujas cascas e folhas são utilizadas no tratamento de diarreia, cólicas intestinais e contra amebíase (Ayres *et al.*, 2008). Sua casca possui ainda grande quantidade de tanino, de onde vem sua propriedade antisséptica (Pott; Pott, 1994). E segundo Ayres *et al.* (2008), extratos oriundos dessa espécie também apresentam atividade antimicrobiana, uma vez que constataram a presença de compostos secundários com estas propriedades.



Figura 2. Pau-terra (*Qualea grandiflora*)

Fonte: <http://www.exportabrazilonline.com.br/produto/pau-terra/2058>

Mama cadela (*Brosimum gaudichaudii*)

A *Brosimum gaudichaudii*, popularmente conhecida como mama cadela ou inharé, pertence à família Moraceae (Cronquist, 1988), sendo encontrada nas regiões tropicais (Ferreira, 1973). A *Brosimum gaudichaudii* pode ser encontrada em diversas regiões do território nacional, sendo mais comum no cerrado, sendo encontrada nos estados do Amazonas, Pará, Maranhão, Ceará, Bahia, Goiás, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, São Paulo, Paraná e Distrito Federal.

Apresenta-se na forma de arbusto, podendo chegar até 4 metros de altura. Suas flores são unissexuadas, florescendo nos meses de setembro a novembro e seus frutos são comestíveis ao natural. Sua casca e raízes apresentam proprie-

dades medicinais, sendo usadas com frequência na medicina popular (Almeida, 1998).



Figura 3. Mama cadela (*Brosimum gaudichaudii*)

Fonte: <https://sites.unicentro.br/wp/manejoflorestal/brosimum-gaudichaudii-trec-mamacadela/>

Pimenta de macaco (*Xylopia aromatica*)

A *Xylopia aromatica*, popularmente chamada pimenta de macaco, pertence à família Annonaceae. Dentre os diferentes gêneros dentro desta família, 29 são registrados no Brasil, com certa de 260 espécies, das quais as mais comuns são os gêneros *Annona*, *Xylopia* e *Guatteria* (Gottsberger, 2014).

A pimenta de macaco é considerada uma árvore ornamental, possuindo uma madeira leve e mole (Lorenzi, 1992). Seus frutos podem ser usados como substitutos da pimenta do reino na culinária em função do seu sabor e aroma suaves. Também é popularmente usada para fins medicinais, como vermífugo, diurético, no combate a febre e gases intestinais (Almeida et al., 1998).



Figura 4. Pimenta de macaco (*Xylopia aromatica*)

Fonte: <https://www.cpap.embrapa.br/plantas/ficha.php?especie=Xylopia%20aromatica>

Referências

- ALMEIDA, Semíramis Pedrosa de. **Cerrado**: aproveitamento alimentar. Planaltina: EMBRAPA-CPAC, 1998. 188 p. ISBN 85-86764-04-3.
- ALMEIDA, Semíramis Pedrosa de; PROENÇA, Carolyn Elinore Barnes; SANO, Sueli Matiko; RIBEIRO, José Felipe. **Cerrado**: espécies vegetais úteis. Planaltina, DF: EMBRAPA-CPAC, 1998. 464 p. ISBN 85-86764-02-7.
- AYRES, Mariane Cruz Costa; ESCÓRCIO, Samuel Portela; COSTA, Danielly Albuquerque da; CHAVES, Mariana H.; VIEIRA JÚNIOR, Gerardo Magela; CAVALHEIRO, Alberto José. Constituintes químicos das folhas de *Qualea grandiflora*: atribuição dos dados de RMN de dois flavonoides glicosilados acilados diastereoisoméricos. **Química Nova**, v. 31, n. 6, p. 1481-1484, 2008. DOI: 10.1590/S0100-40422008000600038.
- BEJAR, E.; AMARQUAYE, A.; CHE, C.-T.; MALONE, M. H.; FONG, H. H. S. Constituents of *Byrsonima crassifolia* and their spasmogenic activity. **International Journal of Pharmacognosy**, v. 33, n. 1, p. 25-32, 1995.
- CRONQUIST, Arthur. **The evolution and classification of flowering plants**. 2. ed. Bronx, New York: New York Botanical Garden, 1988.
- FERREIRA, M. B. **Frutos comestíveis do Distrito Federal**. III: piqui, mangaba, marolo e mamãozinho. Cerrado, Brasília, DF, v. 5, n. 20, p. 22-25, jun. 1973.
- GOTTSBERGER, Gerhard. Evolutionary steps in the reproductive biology of Annonaceae. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 36, edição especial, p. 32-43, 2014. DOI: 10.1590/S0100-29452014000500004.
- GUILHON-SIMPLICIO, Fernanda; PEREIRA, Maria de Meneses. Aspectos químicos e farmacológicos de *Byrsonima* (Malpighiaceae). **Química Nova**, v. 34, n. 6, p. 1032-1041, 2011. DOI: 10.1590/S0100-40422011000600021.
- GUSMÃO, Eduardo; VIEIRA, Fábio de Almeida; FONSECA JÚNIOR, Éder Marcos. Biometria de frutos e endocarpos de murici (*Byrsonima verbascifolia* Rich. ex A. Juss.). **Cerne**, Lavras, v. 12, n. 1, p. 84-91, 2006.
- LIMA, Juliana Pinto de; RODRIGUES, Lucas Ferreira; MONTEIRO, Aline Gomes Dias Pinto; VILAS BOAS, Eduardo Valério de Barros. Climacteric pattern of mangaba fruit (*Hancornia speciosa* Gomes) and its responses to temperature. **Scientia Horticulturae**, v. 197, p. 399-403, 2015. DOI: 10.1016/j.scienta.2015.09.059.
- LOPEZ, A.; HUDSON, J. B.; TOWERS, G. H. N. Antiviral and antimicrobial activities of Colombian medicinal plants. **Journal of Ethnopharmacology**, v. 77, n. 2-3, p. 189-196, 2001.
- LORENZI, Harri. **Árvores brasileiras**: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. Nova Odessa: Plantarum, 1992. v. 1.
- MENDONÇA, R. C. de; FELFILI, J. M.; WALTER, B. M. T.; SILVA JÚNIOR, M. C. da; REZENDE, A. V.; FILGUEIRAS, T. S.; NOGUEIRA, P. E. Flora vascular do Cerrado. In: SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P. de (ed.). **Cerrado: ambiente e flora**. Planaltina, DF: EMBRAPA-CPAC, 1998. p. 289-556.
- MONTEIRO, Deborah Caroline Barros; SOUSA, Wallace Carlos de; PIRES, Caroline Roberta Freitas; AZEVEDO, Luana Ataíde; BORGES, Juliana de Souza. Caracterização físico-química do fruto e da geleia de murici (*Byrsonima crassifolia*). **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v. 11, n. 21, 2015.
- POTT, Arnildo; POTT, Vali Joana. **Plantas do Pantanal**. Corumbá, MS: EMBRAPA-CPAP; Brasília, DF: EMBRAPA-SPI, 1994. 320 p. ISBN 85-85007-36-2.
- RIBEIRO, José Felipe; WALTER, Bruno Machado Teles. As principais fitofisionomias do bioma Cerrado. In: SANO, Sueli Matiko; ALMEIDA, Semíramis Pedrosa de; RIBEIRO, José Felipe (ed.). **Cerrado: ecologia e flora**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica; Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2008. v. 1, cap. 6, p. 151-212.
- SILVA, R. B. M.; FRANCELINO, M. R.; MOURA, P. A.; MOURA, T. A.; PEREIRA, M. G.; OLIVEIRA, C. P. Relação solo/vegetação em ambiente de Cerrado sobre influência do grupo Urucua. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 25, n. 2, 2015.



Capítulo 5

GOIABA (*Psidium guajava* L.)

Samara Aquino Amador
Aline Mondini Calil Racanicci
Leonardo França da Silva



Extrato de Goiaba (*Psidium guajava* L.)

De acordo com a AGRIANUAL (FNP, 2010), no Brasil, 14.998 hectares são cultivados com goiabeiras que produziram 316.301 toneladas de frutos. Somente no Estado de São Paulo, maior produtor nacional, foram cultivados 4.236 hectares, responsáveis pela produção de 102.965 toneladas de frutos, valores que representam 28,24 % da área total de cultivo e 32,55% da produção nacional. Grande parte dessa produção é destinada para fabricação de sucos, doces e geleias, gerando uma grande quantidade de resíduos formada principalmente pelas sementes e casca da fruta.

P. guajava (L.), conhecida como “goiabeira”, é um arbusto ou árvore esgalhada, podendo atingir 8 m de altura, sendo encontrada do México até São Paulo. A goiaba pertence à família Myrtaceae, ao gênero *Psidium*, originária da América Central, é de distribuição vasta e bastante antiga, com mais de 70 gêneros e de 2.800 espécies. (Tasca, 2008; Anuário Brasileiro da Fruticultura, 2009).

Comumente conhecida como *guayabo* na Espanha e *guava* nos Estados Unidos, é frequentemente cultivada como alimento por ser uma fruta agradável, que também é utilizada na produção de geleias, sorvetes, sucos, vinhos, queijos e outros (Lozoya et al., 2002). A fruta é uma baga, que consiste em um pericarpo e uma polpa com numerosas sementes pequenas (Jiménez-Escriget et al., 2001). Existem dois tipos mais comuns: a vermelha e a branca, sendo a vermelha mais saborosa e nutritiva, e a mais produzida no Brasil. Ela pode ser cultivada a partir das sementes e possui quantidade regular de ácidos, açúcares e pectinas.

Os principais constituintes antioxidantes da goiaba são taninos, flavonóides, óleos essenciais, álcoois sesquiterpenóides e ácidos triterpenóides. As partes utilizadas da planta são a casca, brotos, folhas e raízes.

Possui atividade antimicrobiana, antimutagênica e atividade hipoglicêmica, dentre outras (Gondim et al., 2006; Amaral et al., 2006). Na medicina popular é utilizada para cólicas, colite, diarreia (Vendruscolo et al., 2005; Tórres et al., 2005; Pimentel; Francki; Gollücke, 2005; Agra et al., 2007). Compostos fenólicos, como myricetin e apigenina (Miean; Mohamed, 2001), o ácido elágico, antocianinas (Misra; Seshadri, 1968) e também são encontrados em níveis elevados nos frutos.

Referências

- AGRA, Maria de Fátima; FREITAS, Patrícia França de; BARBOSA-FILHO, José Maria. Synopsis of the plants known as medicinal and poisonous in Northeast of Brazil. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v. 17, n. 1, p. 114-140, 2007. DOI: 10.1590/S0102-695X2007000100021.
- AMARAL, Flávia Maria Mendonça do; RIBEIRO, Maria Nilce de Sousa; BARBOSA-FILHO, José Maria; REIS, Aramys Silva; NASCIMENTO, Flávia Raquel Fernandes do; MACEDO, Rui Oliveira. Plants and chemical constituents with giardicidal activity. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v. 16, supl., p. 696-720, 2006. DOI: 10.1590/S0102-695X2006000500017.
- ANUÁRIO BRASILEIRO DA FRUTICULTURA 2009. Santa Cruz do Sul: Gazeta Santa Cruz, 2009. 136 p.
- FNP CONSULTORIA & COMÉRCIO. **Agrianual 2010**: anuário da agricultura brasileira. São Paulo: FNP, 2010. 520 p.
- GONDIM, Antonio N. S.; OLIVEIRA, Vanda R.; SILVA, Lusa R.; SILVA, Bagnólia A.; CONDE-GARCIA, Edvaldo A. Complete atrioventricular block on isolated guinea pig heart induced by an aqueous fraction obtained from *Psidium guajava* L. leaf. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v. 16, n. 3,

p. 312-316, 2006. DOI: 10.1590/S0102-695X2006000300006.

JIMÉNEZ-ESCRIG, Antonio; RINCÓN, Mariela; PULIDO, Raquel; SAURA-CALIXTO, Fulgencio. Guava fruit (*Psidium guajava* L.) as a new source of antioxidant dietary fiber. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 49, n. 11, p. 5489-5493, 2001. DOI: 10.1021/jf010147p.

LOZOYA, Xavier; REYES-MORALES, Hortensia; CHÁVEZ-SOTO, Marco A.; MARTÍNEZ-GARCÍA, María del Carmen; SOTO-GONZÁLEZ, Yolanda; DOUBOVA, Svetlana V. Intestinal anti-spasmodic effect of a phytodrug of *Psidium guajava* folia in the treatment of acute diarrheic disease. **Journal of Ethnopharmacology**, v. 83, n. 1-2, p. 19-24, 2002. DOI: 10.1016/S0378-8741(02)00185-X.

MIEAN, Koo Hui; MOHAMED, Suhaila. Flavonoid (myricetin, quercetin, kaempferol, luteolin, and apigenin) content of edible tropical plants. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 49, n. 6, p. 3106-3112, 2001. DOI: 10.1021/jf000892m.

MISRA, K.; SESHADRI, T. R. Chemical components of the fruits of *Psidium guajava*. **Phytochemistry**, v. 7, n. 4, p. 641-645, 1968. DOI: 10.1016/S0031-9422(00)88240-0.

PIMENTEL, C. V. M. B.; FRANCKI, V. M.; GOLLÜCKE, A. P. B. **Alimentos funcionais: introdução às principais substâncias bioativas em alimentos**. São Paulo: Varela, 2005.

TASCA, Ana Paula Wolf. **Efeito do processamento industrial para obtenção de goiabada sobre os compostos antioxidantes e cor**. 2008. 110 f. Dissertação (Mestrado em Alimentos e Nutrição) – Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Universidade Estadual Paulista, Araraquara, 2008.

TÔRRES, A. R.; OLIVEIRA, R. A. G.; DINIZ, M. F. F. M.; ARAÚJO, E. C. Estudo sobre o uso de plantas medicinais em crianças hospitalizadas da cidade de João Pessoa: riscos e benefícios. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v. 15, n. 4, p. 373-380, 2005. DOI: 10.1590/S0102-695X2005000400019.

VENDRUSCOLO, Giovana Secretti; RATES, Stela Maris K.; MENTZ, Lilian Auler. Dados químicos e farmacológicos sobre as plantas utilizadas como medicinais pela comunidade do bairro Ponta Grossa, Porto Alegre, Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v. 15, n. 4, p. 361-372, 2005. DOI: 10.1590/S0102-695X2005000400018.



Capítulo 6

ERVA-MATE (*Ilex paraguariensis*): IMPORTÂNCIA E POTENCIAL ANTIOXIDANTE

Thais Chiozzini de Souza



Erva-mate

A erva-mate (*Ilex paraguariensis*) é uma espécie arbórea de grande importância econômica, ambiental, social e cultural para regiões do Brasil, Argentina e Paraguai. O gênero *Ilex* pertence à família Aquifoliaceae e apresenta cerca de 600 espécies, sendo que 220 são nativas da América do Sul, das quais 68 ocorrem no Brasil (Heck; Mejia, 2007). A *Ilex paraguariensis* é conhecida como mate, erva-mate, erva-verdadeira, erva congonha entre outros, tem distribuição no Brasil desde o estado de Mato Grosso do Sul até o Rio Grande do Sul (Lorenzi, 2000).

A nível mundial, a produção de erva-mate está presente no Brasil com 860 mil toneladas de erva-mate verde (IBGE, 2013), na Argentina com 690 mil toneladas de erva mate verde, e Paraguai 94 mil toneladas (INYM, 2013). Sendo que no Brasil o estado do Rio Grande do Sul se destaca como o principal produtor de ervas cultivadas, com 260 mil toneladas ou 50,8% do total, seguido pelo estado do Paraná com produtividade média de 38,2%.

Muito conhecida por ser utilizada na preparação de chás e do tradicional chimarrão ou Tereré por meio de infusões aquosas de suas folhas secas e moídas, também pode ser comercializada para utilização em indústrias alimentícias ou como suplemento dietético. As substâncias bioativas que têm despertado maior interesse em pesquisas com a erva-mate são os compostos fenólicos e a cafeína, sendo os principais compostos fenólicos encontrados na erva-mate o ácido cafeíco, a rutina e os derivados dos ácidos clorogênicos com propriedades antioxidantes (Heck; De Mejia, 2007).

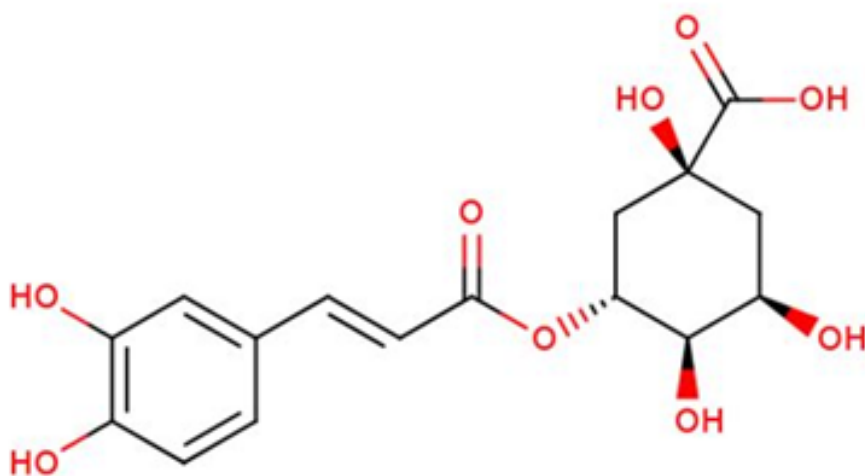


Figura 1. Fórmula estrutural do ácido 5- cafeoilquinico e dos ácidos que compõem os ácidos clorogênicos (Oliveira; Bastos, 2011).

Os compostos fenólicos e metilxantinas são produtos naturais, conhecidos como metabólitos secundários produzidos pelos vegetais, apresentando funções ecológicas importantes como proteção contra herbívoros e patógenos (Dutra et al., 2009). Por muito tempo as metilxantinas foram consideradas os principais compostos de interesse encontrados na erva-mate, sob o ponto de vista farmacológico e terapêutico, sendo a cafeína um dos constituintes mais estudados (Bravo et al., 2007). Segundo o mesmo autor, os compostos fenólicos são os constituintes de maior interesse, por apresentarem propriedades benéficas à saúde, atuando como antioxidantes naturais.

A grande quantidade de compostos polifenólicos presente nas folhas de erva mate parece estar relacionada com o elevado potencial antioxidante atribuído a esta planta (Filip *et al.*, 2000). Racanicci *et al.* (2008) concluíram ser o extrato aquoso de mate a forma mais indicada para adição direta nos alimentos e verificaram ainda que, quando adicionado à almôndegas de carne de frango pré-cozidas, este extrato promoveu maior proteção contra a oxidação lipídica que o alecrim, o antioxidante natural mais utilizado atualmente. Terra *et al.* (2005), também encontraram resultados semelhantes para controle eficiente da oxidação lipídica ao adicionar extratos de erva-mate aos hambúrgueres de frango com 2% de sal e aquecidos a 75 °C por 20 minutos. Estudos realizados por Camel *et al.* (2012) também comprovaram eficiência da adição de extrato de erva-mate em sobrecoxas assadas quando armazenadas e depois reaquecidas reduzindo significativamente a oxidação lipídica. Quando fornecidos aos frangos de corte através da água de bebida em dosagens de 0,1; 0,5; e 1% as amostras de carne provenientes dos animais que receberam os extratos de erva-mate na água de bebida apresentaram menor formação de compostos de ranço durante o armazenamento, além de uma maior preservação da vitamina E em relação ao controle (Racanicci *et al.*, 2011). Os autores concluíram que os compostos fenólicos da erva-mate foram absorvidos e se acumularam nas membranas celulares dos tecidos musculares e interagiram sinergicamente com o tocoferol presente nas membranas, regenerando esta vitamina e aumentando o tempo de prateleira do produto cárneo cozido.

Vitamina E

O tocoferol ou vitamina E, sendo um elemento nutritivo, é amplamente utilizado como uma alternativa natural aos antioxidantes sintéticos. São os antioxidantes mais conhecidos e mais amplamente utilizados, sendo a sua atividade altamente dependente da sua concentração (Pokorny, 1987). Sua função está relacionada à minimização dos danos da peroxidação lipídica, protegendo contra os efeitos potencialmente prejudiciais de espécies reativas de oxigênio formadas durante o metabolismo ou que são encontrados no ambiente. A ação antioxidante dos tocoferóis se inicia com a doação do hidrogênio do grupo hidroxila para o radical lipídico, se tornando estável e deslocando o elétron através de seu anel aromático (Yanishlieva-Malarova, 2001).

Comparando-se as várias formas de vitamina E, o α -tocoferol é a forma mais ativa e a forma natural 2R,4'R,8'R- α -tocoferol é mais potente que a forma racêmica sintética α -tocoferol devido ao reconhecimento seletivo da forma natural pelas proteínas transportadoras (Voljc *et al.*, 2011).

Muitos estudos avaliam a utilização do tocoferol nas dietas de frangos para melhorar a estabilidade oxidativa da carne. O α -tocoferol ao ser suplementado na dieta é absorvido retido nos tecidos e incorporado às membranas celulares e livre para atuar prontamente na neutralização dos radicais livres formados, atuando também na renovação de vitaminas (Combs, 2008).

Atributos de qualidade física da carne

A qualidade da carne de frango está relacionada a fatores como temperatura do tecido muscular, velocidade de reações bioquímicas assim como de fatores que não são intrínsecos do animal, como manejo de produção e influência do ambiente. Esses fatores podem alterar o metabolismo *post mortem*, gerando diferentes respostas musculares afetando diretamente nas características da carne (Sams, 1999).

Os principais atributos de qualidade da carne de aves, segundo Fletcher (2002), são a aparência, textura, suculência, sabor e propriedades funcionais pH, coloração, capacidade de retenção de água, maciez, dentre outras). Com o aumento de tendências em processamento dos produtos cárneos, a funcionalidade da carne aumentou em importância relativa, especialmente devido ao seu papel fundamental na determinação sensorial da qualidade de produtos já prontos. Segundo Castillo (2001), a aparência e a textura são os parâmetros mais importantes que influenciam o consumidor na seleção inicial e na satisfação final do produto.

A diferença de cor entre os cortes da carne de frango (peito, coxa e sobrecoxa) está associada ao tipo de fibra e ao metabolismo na porção muscular. No musculo do peito, predominam as fibras brancas com baixo teor de citocromo e mioglobina, denominadas fibras glicolíticas. Já a cor escura da carne da coxa e sobrecoxa, sugere uma maior quantidade de fibras com menor potencial glicolítico, resultando em menos glicogênio e menor produção de ácido láctico na transformação do músculo em carne (Dransfield; Sosnicki, 1999).

Além das fibras musculares, teores de pigmentos como mioglobina, hemoglobina e pH, são os principais componentes que contribuem na coloração da carne das aves (Yang, 2005). A quantidade de mioglobina presente no músculo está associada a características intrínsecas, como idade, tipo muscular e espécie animal. Assim como o pH, relacionado a alterações bioquímicas no musculo antes do abate e no desenvolvimento do *rigor mortis* (Fletcher, 2002). Logo, pode-se dizer que quando um animal é submetido ao estresse pré-abate, ocorre redução de glicogênio muscular, resultando em um pH elevado, levando ao escurecimento da carne.

O efeito do pH sobre a cor da carne é complexo. Relações associadas aos pigmentos heme são dependentes de pH. Assim como, o pH muscular compromete a natureza da ligação de água das proteínas, afetando no ponto isoelétrico das proteínas miofibrilares, atingindo a estrutura celular da carne e em suas propriedades de reflexão da luz, já que a cor observada na superfície da carne está relacionada com absorção da luz pela mioglobina (Petracci *et al.*, 2012)

Essa alteração na estrutura celular compromete a capacidade do músculo em reter água, propriedade funcional de fundamental importância para qualidade da carne (Barbut *et al.*, 2008). Está diretamente relacionada as perdas de água antes e após o cozimento, influenciando assim na maciez e palatabilidade do produto.

Os parâmetros utilizados na avaliação da cor da carne baseiam-se no sistema colorimétrico denominado CIELab, sigla composta pelas iniciais da comissão que estabeleceu o sistema (The Commission Internationale de L'Eclairage, em 1976) e suas escalas de cor: luminosidade, representada por L*, teor de vermelho, representado por a* e teor de amarelo, representado por b*.

Carnes pálidas com alta capacidade de refletir a luz estão associadas a carnes tipo PSE. Sabe-se que essa condição está relacionada com alta luminosidade L^* e com baixa capacidade de retenção de água (Petracci; Cavani, 2012), sugerindo que as medidas de luminosidade possam ser usadas como indicador de qualidade da carne, assim como para estimar a condição PSE (Petracci *et al.* 2001; Woelfel *et al.*, 2002). Segundo Bianchi, Fletcher e Smith (2005) existem divergências entre pesquisas com relação a valores de L^* que caracterizem a condição PSE, em estudos anteriores o mesmo encontrou valores de 45,6 para carnes normais e 48,8 para carnes pálidas. Já Van Laack *et al.* (2000) encontraram valores de L^* = 55,1 e 60,0 para carnes normais e pálidas respectivamente.

A incidência dessa condição está associada com fatores pré-abate, como genética, nutrição e manejo (Fletcher, 2002). Com o aumento do consumo da carne de frango mudanças foram necessárias para que essa se mantivesse no mercado, pressionando o comércio, nutricionistas e criadores melhorando assim a taxa de crescimento de frangos, eficiência alimentar e maior ganho de peito. Esse tipo de seleção gera maior estresse durante o crescimento da ave, favorecendo o problema de carne PSE. Entretanto estudos publicados a respeito do tema, começaram a surgir na última década. Isso pode estar associado a maior preocupação em avaliar a qualidade dos produtos cárneos, já que mudanças nos hábitos de consumo levaram a uma busca maior por produtos processados e cortes em relação ao consumo do frango inteiro (Barbut *et al.*, 2008).

Temperatura

Assim como as diversas reações químicas, a temperatura também influencia no processo oxidativo, sendo que a cada 15 graus de aumento de temperatura a velocidade da reação dobra. O calor fornece a energia necessária para ativação e formação dos radicais livres de ácidos graxos que irão reagir com o oxigênio presente, formando radicais livres de peróxidos. Esses radicais livres atacam ácidos graxos intactos e transformaram-nos em novos radicais livres, propagando a oxidação dos lipídios insaturados (Regitano D'Arce, 2006). Já em baixas temperaturas, como as de refrigeração e congelamento, as velocidades das reações de oxidação são reduzidas, mas não cessam. Além disso, segundo o mesmo autor, o congelamento é um dos melhores métodos para manter a cor, o aroma e aparência dos produtos. Portanto, mostra-se a necessidade do uso de baixas temperaturas no armazenamento de carnes e produtos cárneos.

Referências

- ABPA. Associação Brasileira de Proteína Animal. Disponível em: <http://abpa-br.com.br/setores/avi>
- BARBUT, Shai; SOSNICKI, Andrzej A.; LONERGAN, Steven M.; KNAPP, Thomas; CIOBANU, Daniel C.; GATCLIFFE, Leslie J.; HUFF-LONERGAN, Elisabeth; WILSON, Ernest W. Progress in reducing the pale, soft and exudative (PSE) problem in pork and poultry meat. **Meat Science**, v. 79, n. 1, p. 46-63, 2008. DOI: 10.1016/j.meatsci.2007.07.031.
- BIANCHI, M.; FLETCHER, D. L.; SMITH, D. P. Physical and functional properties of whole and ground pale broiler breast meat. **Poultry Science**, v. 84, n. 5, p. 803-808, 2005.
- BRAVO, Laura; GOYA, Luis; LECUMBERRI, Eudene. LC/MS characterization of phenolic constituents of mate (*Ilex paraguariensis*, St. Hil.) and its antioxidant activity compared to commonly consumed beverages. **Food Research International**, v. 40, n. 3, p. 393-405, 2007.

- CAMEL, M.; BECEGATO, M. G.; VALDUGA, A. T.; CICHOSKI, A. J.; TONIAZZO, G.; VALDUGA, E.; CANSIAN, R. L.; OLIVEIRA, D. Influência do potencial antioxidante de extrato de erva-mate (*Ilex paraguariensis* St. Hil.) em frango assado, armazenado e reaquecido. **Alimentos e Nutrição**, Araraquara, v. 23, p. 297-305, 2012.
- CASTILLO, Carmen J. C. Qualidade de carcaça e carne de aves. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE CARNES, 1., 2001, São Pedro. **Anais [...]**. Campinas: ITAL, 2001. p. 160-178.
- COMBS, Gerald F. **The vitamins: fundamental aspects in nutrition and health**. 3. ed. Amsterdam: Elsevier Academic Press, 2008.
- DRANSFIELD, Eric; SOSNICKI, Andrzej A. Relationship between muscle growth and poultry meat quality. **Poultry Science**, v. 78, n. 5, p. 743-746, 1999.
- DUTRA, Rafael C.; FAVA, M. B.; ALVES, C. C.; FERREIRA, A. P.; RAPOSO, N. R. B. Antiulcerogenic and anti-inflammatory activities of the essential oil from *Pterodon emarginatus* seeds. **Journal of Pharmacy and Pharmacology**, v. 61, n. 2, p. 243-250, 2009.
- FILIP, Rosana; LOTITO, Silvina B.; FERRARO, Graciela; FRAGA, César G. Antioxidant activity of *Ilex paraguariensis* and related species. **Nutrition Research**, v. 20, n. 10, p. 1437-1446, 2000.
- FLETCHER, D. L. Poultry meat quality. **World's Poultry Science Journal**, v. 58, n. 2, p. 131-145, 2002.
- HECK, C. I.; DE MEJIA, E. G. Yerba Mate Tea (*Ilex paraguariensis*): a comprehensive review on chemistry, health implications, and technological considerations. **Journal of Food Science**, v. 72, n. 9, p. R138-R151, 2007. DOI: 10.1111/j.1750-3841.2007.00535.x. A autoria, volume, número, paginação e DOI foram confirmados no registro do artigo.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Produção agrícola: erva-mate**. Rio de Janeiro: IBGE, 2013.
- INSTITUTO NACIONAL DE LA YERBA MATE. **Estadísticas de producción de yerba mate**. Posadas: INYM, 2013.
- LORENZI, Harri. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. 2. ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2000.
- OLIVEIRA, Daniela Moura de; BASTOS, Deborah Helena Markowicz. Biodisponibilidade de ácidos fenólicos. **Química Nova**, v. 34, n. 6, p. 1051-1056, 2011. DOI: 10.1590/S0100-40422011000600023.
- PETRACCI, Massimiliano; CAVANI, Claudio. Muscle growth and poultry meat quality issues. **Nutrients**, v. 4, n. 1, p. 1-12, 2012. DOI: 10.3390/nu4010001.
- PETRACCI, M. et al. The effect of holding temperature on live shrink, processing yield, and breast meat quality of broiler chickens. **Poultry Science**, v. 80, p. 670-675, 2001.
- POKORNÝ, Jan. Major factors affecting the autoxidation of lipids. In: CHAN, H. W.-S. (ed.). **Autoxidation of unsaturated lipids**. London: Academic Press, 1987. p. 141-206.
- RACANICCI, Aline M. C.; DANIELSEN, Bente; SKIBSTED, Leif H. Mate (*Ilex paraguariensis*) as a source of water extractable antioxidant for use in chicken meat. **European Food Research and Technology**, v. 227, n. 1, p. 255-260, 2008. DOI: 10.1007/s00217-007-0718-5.
- RACANICCI, Aline M. C.; MENTEN, José F. M.; ALENCAR, Severino M.; BUISSA, Roberta S.; SKIBSTED, Leif H. Mate (*Ilex paraguariensis*) as dietary additive for broilers: performance and oxidative stability of meat. **European Food Research and Technology**, v. 232, p. 655-661, 2011.
- REGITANO-D'ARCE, Marisa Aparecida Bismara. Deterioração de lipídios. In: OETTERER, Marília; REGITANO-D'ARCE, Marisa Aparecida Bismara; SPOTO, Marta Helena Fillet (coord.). **Fundamentos de ciência e tecnologia de alimentos**. Barueri: Manole, 2006. cap. 6, p. 243-299.
- SAMS, Alan R. Meat quality during processing. **Poultry Science**, v. 78, n. 5, p. 798-803, 1999.
- TERRA, N.; FRIES, L.; MILANI, L.; KUBOTA, E.; TERRA, A.; URNAU, D. Antioxidant activity of *Ilex paraguariensis* in ground chicken meat submitted to thermal treatment. In: INTERNATIONAL CONGRESS OF MEAT SCIENCE AND TECHNOLOGY, 51., 2005, Baltimore. **Proceedings [...]**. Baltimore, 2005. p. 128.
- VAN LAACK, R. L. J. M.; LIU, C.-H.; SMITH, M. O.; LOVEDAY, H. D. Characteristics of pale, soft, exudative broiler breast meat. **Poultry Science**, v. 79, n. 7, p. 1057-1061, 2000.

- VOLJČ, M.; FRANKIČ, T.; LEVART, A.; NEMEC, M.; SALOBIR, J. Evaluation of different vitamin E recommendations and bioactivity of α -tocopherol isomers in broiler nutrition by measuring oxidative stress in vivo and the oxidative stability of meat. **Poultry Science**, v. 90, n. 7, p. 1478-1488, 2011.
- WOELFEL, R. L. et al. The characterization and incidence of pale, soft, and exudative broiler meat in a commercial processing plant. **Poultry Science**, v. 81, n. 4, p. 579-584, 2002.
- YANG, Ning; JIANG, Ru-Sang. Recent advances in breeding for quality chickens. **World's Poultry Science Journal**, v. 61, n. 3, p. 373-381, 2005.
- YANISHLIEVA-MASLAROVA, Nedyalka V. Sources of natural antioxidants: vegetables, fruits, herbs, spices and teas. In: POKORNÝ, Jan; YANISHLIEVA, Nedyalka; GORDON, Michael (ed.). **Antioxidants in food: practical applications**. Cambridge: Woodhead Publishing, 2001. p. 210-266.



Capítulo 7

ERVA-MATE (*Ilex paraguariensis*): COMPOSIÇÃO QUÍMICA E ATIVIDADES BIOLÓGICAS

Dannielle Leonardi Migotto
Aline Mondini Calil Racanicci
Leonardo França da Silva



Erva Mate

A erva mate, de nome científico *Ilex paraguariensis* St. Hil., é uma planta arbustiva da família Aquifoliaceae (Figura 1), nativa dos países da América do Sul como Brasil, Argentina e Paraguai (Vieira et al., 2010). As maiores florestas de cultivos comerciais ou nativas concentram-se no Brasil, distribuídas entre os estados de São Paulo, Mato Grosso do Sul, Rio Grande do Sul, Santa Catarina e Paraná, com aproximadamente 80% do domínio de território e localizada em regiões de clima temperado nos outros países da América do Sul (Oliveira; Rotta, 1985; Eibl et al., 2000).



Figura 1. Arbusto, galho, folhas e frutos da Erva Mate. Fonte: Rogério Lupo.

A descoberta da erva mate foi feita por povos da cultura étnica Guarani, os quais usavam as folhas e os ramos secos como chás através de infusão (Bracesco et al., 2011). A planta é conhecida em vários países da América do Sul por ser utilizada para a preparação de bebidas através de infusão aquosa de suas folhas secas e moídas. O mate é uma bebida muito apreciada pelo seu sabor amargo e por apresentar propriedades diuréticas, anti-inflamatórias e estimulantes (Schinella et al., 2000). A presença de grandes quantidades de compostos polifenólicos nas folhas da erva mate desperta o interesse no estudo das propriedades antioxidantes desta planta como antioxidante natural para humanos e animais.

Composição e Benefícios

O extrato da erva mate contém elevada concentração de minerais como cálcio, manganês, potássio, alumínio, fósforo e ferro. Apresenta também, vitaminas A, B₁ e B₂, C e D; proteínas; aminoácidos essenciais; açúcares como: glucose, sacarose, frutose; taninos, flavonóides, xantinas, rutina, ácidos fenólicos abundantes: ácido cafeoiquínicos e clorogênicos, saponinas, ácido nicotínico (Wrobel

et al., 2000; Filip et al., 2001; Bastos et al., 2007; Giulian et al., 2007; Heck; De Meija, 2007; De Moraes et al., 2009). Um dos componentes bioativos mais importantes presentes na erva mate são os polifenóis, que são antioxidantes naturais hidrofílicos, como por exemplo, os flavonóides, taninos e derivados do ácido caféico (Filip et al., 2001).

Na Tabela 1 podemos observar alguns dos compostos químicos presentes em maior abundância na planta, em matéria seca.

Tabela 1. Composição aproximada do peso seco dos compostos químicos contidos na erva mate.

Composto químico	Matéria seca (%)
Derivados Cafeoyl	10
Ácido Clorogênico	3
Ácido Caféico	0,023
3, 4 - Ácido dicafeiolquínico	0,885
3, 5 - Ácido dicafeiolquínico	3
4,5 - Ácido dicafeiolquínico	3
Saponinas	5 a 10
Xantina - Cafeína	1 a 2
Xantina - Teobromina	0,3 a 9
Rutina	0,06

Adaptado de Burris et al. (2012)

O poder diurético da erva faz com que seu uso seja disseminado pelo país, pois o consumidor busca fontes medicinais de auxílio à melhora funcional física e mental do corpo, além de ser estimulante, antidiabético e antiobesidade (Tabela 2). A erva mate apresenta também efeito colerético (aumento da secreção biliar) e propulsão intestinal (Filip et al., 1998; Gorzalczany et al., 2001; Andersen; Fogh, 2001; Lunceford; Gugliucci, 2005; Gorgen et al. 2005).

A erva mate apresenta atividade antimicrobiana em alimentos como, por exemplo, contra as bactérias *Escherichia coli* (Gram-negativa) e *Staphylococcus aureus* (Gram-positiva) que causam toxinfecção alimentar (gastroenterites). Atividades quimiopreventivas e antifúngicas contra *Malassezia furfur*, causador de doenças de pele em humanos e animais (Filip et al., 2010; Burris et al. 2011).

Tabela 2. Atividades biológicas dos compostos da erva mate.

Compostos	Atividades Biológicas
Cafeína	Anticancerígena, antiobesidade, antioxidante, antitumoral, diurético, energizante, estimulante, vasodilatador.
Ácido Clorogênico	Antioxidante, analgésico, antiesclerótico, antibacteriana, anti-diabético, antitumoral,
Rutina	Antioxidante, antitumoral, antiúlcera, promotor antitumoral, vasodilatador
Tanino	Antioxidante, antitumoral
Teobromina	Diurético, estimulante, miorrelaxante
Ácido Nicotínico	Colerético, hipocolesterolemiantes

Adaptada de Heck; De Meija (2007).

Contudo, estudos comprovam que os níveis de polifenóis podem mudar conforme a forma de processamento da planta (Isolabella *et al.*, 2010) e a forma de ingestão, como por exemplo, quando consumido a erva mate como “tereré”, com adição de água fria, a extração dos compostos fenólicos é mais eficiente (Meinhart *et al.*, 2010).

Outro fator benéfico da erva está associado ao colesterol, uma vez que estudos feitos em humanos mostram que houve redução de concentração sérica de LDL (*low density lipoprotein*), melhorando, assim, o perfil lipídico e fornecendo melhor qualidade de vida (De Moraes *et al.*, 2009).

As xantinas, que são bases purínicas de alcalóides encontradas em várias plantas, estão presentes na erva mate na forma de cafeína, teofilina e a teobromina, sendo responsáveis pelo sabor amargo característico da erva mate e pelo seu alto poder estimulante do sistema nervoso central (Filip *et al.*, 1998; Athayde *et al.*, 2000; Gorgen *et al.*, 2005). As saponinas são compostos glicosídicos presentes na erva mate e que apresentam propriedades anticancerígenas e antiparasitárias, segundo Burris *et al.* (2012).

Os princípios ativos das plantas são compostos químicos presentes em toda a planta ou de partes específicas, que lhes confere uma atividade terapêutica ou efeitos benéficos (Martins *et al.*, 2000). Um dos componentes bioativos mais importantes presentes na erva mate são os polifenóis, antioxidantes naturais hidrofílicos, como por exemplo, os flavonóides, taninos e derivados do ácido caféico (Filip *et al.*, 2001). As propriedades benéficas dos compostos fenólicos podem ser atribuídas à sua capacidade de seqüestrar os radicais livres (Decker, 1997) apresentando, assim, considerável importância na inibição do processo de peroxidação lipídica (Halliwell *et al.*, 1994).

Os níveis de polifenóis no extrato da erva mate são semelhantes ao do vinho tinto (Gugliucci *et al.*, 2009), superiores aos níveis do chá verde (*Camellia sinensis*) (Gugliucci; Bastos, 2009) e ao do café (*Coffea arabica*), segundo levantamento realizado por Dudonné *et al.* (2009). Estudos comparativos realizados com o composto químico orgânico DPPH [di-(fenil) – (2,4,6-trinitrofenil) iminoazanium], monitor de reações químicas que envolvem radicais, mostraram que, entre 30 plantas estudadas com potencial antioxidante, maior capacidade de eliminação de radicais livres no organismo, a erva mate ficou entre as cinco primeiras, sendo o café a sexta planta do estudo com maior poder antioxidante (Tabela 3).

Tabela 3. Quantidade de fenólicos contidos em diferentes plantas e as respectivas partes analisadas

Plantas - Nome científico	Parte da planta	Inibição DPPH (%)
<i>Cinnamomum zeylanicum</i>	Casca	84,43 ± 3,48
<i>Pinus maritima</i> (Extrato comercial)	Casca	92,79 ± 0,69
<i>Pinus maritime</i>	Casca	94,51 ± 0,01
<i>Quercus robur</i>	Madeira	88,60 ± 2,04
<i>Ilex paraguariensis</i>	Folha	71,75 ± 1,22
<i>Coffea arabica</i>	Semente	41,21 ± 0,08

Adaptada de Dudonné *et al.* (2009).

Diversas plantas estudadas por Dudonné *et al.* (2009) apresentaram capacidade antioxidante determinada através do método de eliminação de radicais DPPH, ABTS, FRAP, SOD e ORAC. Dentre as 30 espécies analisadas, o extrato ob-

tido de folhas da erva mate obteve 71,75% sendo a quinta espécie com a maior capacidade antioxidante, ficando atrás do extrato de casca de pinho comercial (*Pinus maritima*) - 94,51%, extrato de casca de pinho (*Pinus maritima*) comercial - 92,79%, extrato de madeira de carvalho (*Quercus robur*) - 88,60%, extrato de casca de canela (*Cinnamomum zeylanicum*) - 84,43%. A planta que apresentou menor capacidade antioxidante foi o extrato de sálvia (*Salvia clarea*) com 0,19%, sendo essa planta conhecida como antioxidante natural em carnes e produtos cárneos.

Estudando plantas do mesmo gênero *Ilex*, a espécie *Ilex paraguariensis* utilizada neste estudo, é a que apresenta a maior capacidade antioxidante quando comparada com a *Ilex brasiliensis* (Schinella et al., 2009). O mesmo se confirma em estudos que avaliaram extratos de diversas espécies de *Ilex* e observaram concentrações elevadas de compostos derivados do ácido caféico e de flavonóides em *I. paraguariensis* e *I. brevicuspis* em relação às demais espécies (Filip et al., 2001). Em estudo comparativo entre antioxidantes naturais com a erva mate e o chá verde e o antioxidante sintético BHT, Bastos et al. (2006), mensuraram a capacidade antioxidante de cada composto, onde a erva mate mostra-se mais eficiente no controle da oxidação a medida que o tempo aumenta.

O fato de outros países estarem interessados em conhecer e estudar mais sobre a *Ilex paraguariensis*, principalmente o Japão, é devido a erva mate apresentar maiores níveis de polifenóis em sua composição quando comparada ao chá verde, pois a planta *Camellia sinensis* é a mais comercializada para o consumo de chá no país, assim a sua eficiência e seu sabor menos adstringente a tornaria mais popular para a comercialização e consumo.

Referências

- ANDERSEN, T.; FOGH, J. Weight loss and delayed gastric emptying following a South American herbal preparation in overweight patients. **Journal of Human Nutrition and Dietetics**, v. 14, n. 3, p. 243-250, 2001.
- ATHAYDE, M. L.; COELHO, G. C.; SCHENKEL, E. P. Caffeine and theobromine in epicuticular wax of *Ilex paraguariensis* A. St.-Hil. **Phytochemistry**, v. 55, n. 7, p. 853-857, 2000.
- BASTOS, Deborah Helena Markowicz; ISHIMOTO, Emilia Yoko; MARQUES, Marcia Ortiz Mayo; FERREI, Ana Flávia; TORRES, Elizabeth Aparecida Ferraz da Silva. Essential oil and antioxidant activity of green mate and mate tea (*Ilex paraguariensis*) infusions. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 19, p. 538-543, 2006.
- BASTOS, Deborah Helena Markowicz; OLIVEIRA, Daniela Moura de; MATSUMOTO, Ruth L. T.; CARVALHO, Patrícia de Oliveira; RIBEIRO, Marcelo Lima. Yerba maté: pharmacological properties, research and biotechnology. **Medicinal and Aromatic Plant Science and Biotechnology**, v. 1, n. 1, p. 37-46, 2007.
- BRACESCO, N.; SANCHEZ, A. G.; CONTRERAS, V.; MENINI, T.; GUGLIUCCI, A. Recent advances on *Ilex paraguariensis* research: minireview. **Journal of Ethnopharmacology**, v. 136, n. 3, p. 378-384, 2011. DOI: 10.1016/j.jep.2010.06.032.
- BURRIS, K. P.; DAVIDSON, P. M.; STEWART JR., C. N.; HARTE, F. Antimicrobial activity of yerba mate (*Ilex paraguariensis*) aqueous extracts against *Escherichia coli* O157:H7 and *Staphylococcus aureus*. **Journal of Food Science**, v. 76, n. 6, p. M456-M462, 2011.
- BURRIS, K. P.; DAVIDSON, P. M.; STEWART, C. N.; HARTE, F. M. Aqueous extracts of yerba mate (*Ilex paraguariensis*) as a natural antimicrobial against *Escherichia coli* O157:H7 in a microbiological medium and pH 6.0 apple juice. **Journal of Food Protection**, v. 75, n. 4, p. 753-757, 2012.
- DE MORAIS, E. C.; STEFANUTO, A.; KLEIN, G. A.; BOAVENTURA, B. C. B.; DE ANDRADE, F.; WA-

- ZLAWIK, E.; DI PIETRO, P. F.; MARASCHIN, M.; DA SILVA, E. L. Consumption of yerba mate (*Ilex paraguariensis*) improves serum lipid parameters in healthy dyslipidemic subjects and provides an additional LDL-cholesterol reduction in individuals on statin therapy. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 57, n. 18, p. 8316-8324, 2009.
- DECKER, Eric A. Phenolics: prooxidants or antioxidants? **Nutrition Reviews**, v. 55, n. 11, p. 396-398, 1997.
- DUDONNÉ, Stéphanie; VITRAC, Xavier; COUTIÈRE, Philippe; WOILLEZ, Marion; MÉRILLON, Jean-Michel. Comparative study of antioxidant properties and total phenolic content of 30 plant extracts of industrial interest using DPPH, ABTS, FRAP, SOD, and ORAC assays. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 57, n. 5, p. 1768-1774, 2009. DOI: 10.1021/jf803011r.
- EIBL, B.; FERNANDEZ, R. A.; KOZARIK, J. C.; LUPI, A.; MONTAGNINI, F.; NOZZI, D. Agroforestry systems with *Ilex paraguariensis* (American holly or yerba mate) and native timber trees on small farms in Misiones, Argentina. **Agroforestry Systems**, v. 48, p. 1-8, 2000.
- FILIP, R.; LÓPEZ, P.; COUSSIO, J.; FERRARO, G. Mate substitutes or adulterants: study of xanthine content. **Phytotherapy Research**, v. 12, p. 129-131, 1998.
- FILIP, Rosana; LÓPEZ, Paula; GIBERTI, Gustavo; COUSSIO, Jorge; FERRARO, Graciela. Phenolic compounds in seven South American *Ilex* species. **Fitoterapia**, v. 72, n. 7, p. 774-778, 2001.
- FILIP, R.; DAVICINO, R.; ANESINI, C. Antifungal activity of the aqueous extract of *Ilex paraguariensis* against *Malassezia furfur*. **Phytotherapy Research**, v. 24, p. 715-719, 2010.
- GIULIAN, E.; SANTOS, C. E. I.; SHUBEITA, S. M.; SILVA, L. M.; DIAS, J. F.; YONEAMA, M. L. Elemental characterization of commercial mate tea leaves (*Ilex paraguariensis* A. St.-Hil.) before and after hot water infusion using ion beam techniques. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 55, p. 741-746, 2007.
- GORGEN, M.; TURATTI, K.; MEDEIROS, A. R.; BUFFON, A.; BONAN, C. D.; SARKIS, J. J. F.; PEREIRA, G. S. Aqueous extract of *Ilex paraguariensis* decreases nucleotide hydrolysis in rat blood serum. **Journal of Ethnopharmacology**, v. 97, p. 73-77, 2005.
- GORZALCZANY, S.; FILIP, R.; ALONSO, M. R. Choleric effect and intestinal propulsion of "mate" (*Ilex paraguariensis*) and its substitutes or adulterants. **Journal of Ethnopharmacology**, v. 75, p. 291-294, 2001.
- GUGLIUCCI, Alejandro; BASTOS, Deborah H. M. Chlorogenic acid protects paraoxonase 1 activity in high density lipoprotein from inactivation caused by physiological concentrations of hypochlorite. **Fitoterapia**, v. 80, p. 138-142, 2009.
- GUGLIUCCI, A.; BASTOS, D. H. M.; SCHULZE, J.; SOUZA, M. F. F. Caffeic and chlorogenic acids in *Ilex paraguariensis* extracts are the main inhibitors of AGE generation by methylglyoxal in model proteins. **Fitoterapia**, v. 80, p. 339-344, 2009.
- HALLIWELL, Barry. Free radicals and antioxidants: a personal view. **Nutrition Reviews**, v. 52, n. 8, p. 253-265, 1994.
- HECK, Caleb I.; DE MEJIA, Elvira Gonzalez. Yerba Mate Tea (*Ilex paraguariensis*): a comprehensive review on chemistry, health implications, and technological considerations. **Journal of Food Science**, v. 72, n. 9, p. R138-R151, 2007. DOI: 10.1111/j.1750-3841.2007.00535.x.
- ISOLABELLA, S.; COGOI, L.; LÓPEZ, P.; ANESINI, C.; FERRARO, G.; FILIP, R. Study of the bioactive compound variation during yerba mate (*Ilex paraguariensis*) processing. **Food Chemistry**, v. 122, p. 695-699, 2010.
- LUNCEFORD, N.; GUGLIUCCI, A. *Ilex paraguariensis* extracts inhibit AGE formation more efficiently than green tea. **Fitoterapia**, v. 76, p. 419-427, 2005.
- MARTINS, Ernane Ronie; CASTRO, Daniel Melo de; CASTELLANI, Débora Cristina; DIAS, José Eduardo. **Plantas medicinais**. Viçosa, MG: Editora UFV, 2000.
- MEINHART, Adriana D.; BIZZOTTO, Carolina S.; BALLUS, Cristiano A.; POLONI RYBKA, Ana Carolina; SOBRINHO, M. R.; CERRO-QUINTANA, R. S. Methylxanthines and phenolics content extracted during the consumption of mate (*Ilex paraguariensis* St. Hil.) beverages. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 58, p. 2188-2193, 2010.
- OLIVEIRA, Yeda Maria Malheiros de; ROTA, Emilio. Área de distribuição natural de erva-mate (*Ilex*

paraguariensis St. Hil.). In: SEMINÁRIO SOBRE ATUALIDADES E PERSPECTIVAS FLORESTAIS – SILVICULTURA DA ERVA-MATE, 1985, Curitiba. **Anais [...]**. Curitiba: EMBRAPA-CNPQ, 1985. p. 17-36.

SCHINELLA, Guillermo R.; TROIANI, G.; DÁVILA, V.; DE BUSCHIAZZO, P. M.; TOURNIER, H. A. Antioxidant effects of an aqueous extract of *Ilex paraguariensis*. **Biochemical and Biophysical Research Communications**, v. 269, p. 357-360, 2000.

SCHINELLA, Guillermo et al. Antioxidant and cardioprotective effects of *Ilex brasiliensis*: A comparative study with *Ilex paraguariensis* (yerba mate). **Food Research International**, v. 42, n. 10, p. 1403-1409, 2009.

VIEIRA, Manoela A.; MARASCHIN, Marcelo; PAGLIOSA, Cristiane M.; PODESTÁ, Rossana; DE SIMAS, Karina N.; ROCKENBACH, Ismael Ivan; AMBONI, Renata D. de M. C.; AMANTE, Edna R. Phenolic acids and methylxanthines composition and antioxidant properties of mate (*Ilex paraguariensis*) residue. **Journal of Food Science**, v. 75, n. 3, p. C280-C285, 2010. DOI: 10.1111/j.1750-3841.2010.01548.x.

WRÓBEL, Katarzyna; WRÓBEL, Kazimierz; URBINA, Ernesto M. C. Determination of total aluminum, chromium, copper, iron, manganese, and nickel and their fractions leached to the infusions of black tea, green tea, *Hibiscus sabdariffa*, and *Ilex paraguariensis* (mate) by ETA-AAS. **Biological Trace Element Research**, v. 78, n. 1-3, p. 271-280, 2000. DOI: 10.1385/BTER:78:1-3:271.

ÍNDICE REMISSIVO

A

Ácido ascórbico, 19

Ácido elágico, 28, 37, 50

Ácidos fenólicos, 20, 35, 43, 60

Ácidos graxos, 10-13, 15, 19, 33, 39, 56

Ácidos graxos poli-insaturados, 13, 33

Antioxidantes, 15-20, 27-30, 33-39, 45-48, 50, 53-56, 60-63

Antioxidantes naturais, 18-20, 27-30, 33-39, 45-48, 50, 53-56, 60-63

Antioxidantes sintéticos, 17-18, 54

Atividade antioxidante, 20, 28-30, 35-39, 45-48, 50, 53-54, 60-63

Atividade antimicrobiana, 28-30, 35-38, 45-48, 61-62

B

Barbatimão (*Stryphnodendron adstringens*), 27-28, 35-36, 39, 41-43

Biodiversidade do Cerrado, 34-35, 45

Butil-hidroxi-anisol (BHA), 17

Butil-hidroxi-tolueno (BHT), 17

C

Carne de frango, 13, 26-31, 43, 54-56

Carotenoides, 19, 34

Cerrado brasileiro, 26-30, 34-39, 44-48

Compostos bioativos, 34-39, 45-50, 53-54, 60-63

Compostos fenólicos, 18-20, 28-29, 34-38, 41, 50, 53-54, 60-62

Conservação de alimentos, 15-20, 54

Copaíba (*Copaifera langsdorffii*), 29-31, 37-38, 41

E

Erva-mate (*Ilex paraguariensis*), 52-57, 59-65

Espécies reativas de oxigênio, 14, 16, 54

Estabilidade oxidativa, 15, 33, 54-56

Estresse oxidativo, 13, 16

F

Flavonoides, 19, 34-36, 38, 43, 45, 48, 50, 60-62

Fosfolipídios, 10-13, 15, 19

Frango de corte, 13, 26-31, 54-56

G

Goiaba (Psidium guajava L.), 49-51

L

Lipídios, 10-15, 19

Lipídios de membrana, 11-13

M

Mama-cadela (Brosimum gaudichaudii), 46-47

Metilxantinas, 53, 60-62

Murici (Byrsonima sp.), 45, 48

O

Óleos essenciais, 20

Ovos, 32-34, 40-42

Oxidação, 13-15

Oxidação lipídica, 9-20, 27-30, 33-38, 46, 48, 50, 54-56, 60-62

P

Pacari (Lafoensia pacari), 28, 31, 36-37, 40, 42-43

Peroxidação lipídica, 14-16, 38, 54

Pimenta-de-macaco (Xylopia aromatica), 47

Plantas do Cerrado, 26-30, 34-39, 44-48

Polifenóis, 53-54

Produtos de origem animal, 13-20, 26-43, 54-56

Q

Qualidade da carne, 15, 55-56

R

Radicais livres, 13-16, 19-20, 28, 54, 56

Rancidez oxidativa, 13, 15, 54

S

Saponinas, 28, 36, 60-62

Sucupira (Pterodon emarginatus), 29, 38-39, 42-43

T

Taninos, 28, 35-37, 41-42, 50, 60-62

Tocoferóis, 18-19, 27, 33, 42, 54

Triglicerídeos, 10, 13

V

Vitamina C, 19

Vitamina E, 16, 19, 33, 42, 54-56



ORGANIZADORES

Aline Mondini Calil Racanicci

Possui graduação em Engenharia Agrônoma pela Universidade de São Paulo (USP), mestrado e doutorado em Ciência Animal e Pastagens pela USP, além de pós-doutorado em Ciência Animal e Pastagens pela USP e em Food Chemistry pela Royal Veterinary and Agricultural University (KVL), Copenhagen, Dinamarca. Atualmente, é professora associada da Universidade de Brasília (UnB), coordenadora do Projeto de Extensão InfoAves e membro do Comitê Gestor do Polo de Avicultura Caipira do Planalto Central na RIDE-DF. Tem experiência na área de Zootecnia, com ênfase em avaliação de alimentos para animais, atuando principalmente nos temas: frangos de corte, alimentação de frangos de corte, qualidade de carne de aves e suínos, oxidação lipídica e proteica e avaliação de antioxidantes naturais.

Leonardo França da Silva

Engenheiro Agrônomo, com especializações em Engenharia de Segurança do Trabalho e Engenharia de Produção. Possui mestrado em Agronomia pela Universidade Estadual Paulista (UNESP), doutorado em Engenharia Agrícola pela Universidade Federal de Viçosa (UFV) e pós-doutorado com ênfase em modelagem matemática aplicada a sistemas agropecuários. Atualmente, é Professor Adjunto da Universidade de Brasília (UnB) e pesquisador colaborador em grupos de pesquisa certificados pelo CNPq. Atuou como docente nos cursos de graduação e pós-graduação da Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD). Possui experiência em Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação (PDI) no setor agroindustrial, com atuação em projetos voltados à inovação tecnológica, sustentabilidade e gestão de sistemas produtivos. Desenvolve pesquisas nas áreas de modelagem matemática aplicada aos sistemas de produção agrícola, agricultura digital, mudanças climáticas e desenvolvimento de sensores de baixo custo para monitoramento agropecuário. É autor e coautor de mais de 250 publicações científicas, incluindo artigos em periódicos nacionais e internacionais, livros, capítulos de livros, patentes e registros de software.

Ana Vitória Remígio de Gois

Engenheira Agrônoma formada pela Universidade de Brasília (UnB) e mestranda em Agronomia pela mesma instituição, onde desenvolve pesquisa na área de anatomia foliar da mandioca (*Manihot esculenta* Crantz), com foco na caracterização estrutural de genótipos cultivados no Distrito Federal. Sua formação acadêmica concentra-se em anatomia vegetal, morfologia e fisiologia de plantas, com ênfase na relação entre estrutura e função vegetal aplicada a culturas de importância agrônoma. Possui experiência profissional no setor agrícola, com atuação em vendas e assistência técnica de insumos, além de vivência prática em sistemas produtivos no estado do Mato Grosso. Atualmente, direciona sua trajetória para a pesquisa científica e a docência, contribuindo para o desenvolvimento da ciência agrônoma.



Filipe Bittencourt Machado de Souza

Possui graduação em Agronomia pela Universidade Federal de Lavras (UFLA), mestrado e doutorado em Fitotecnia, na subárea de Fruticultura, pela UFLA, com período sanduíche em Horticulture pela Clemson University, Estados Unidos. Possui pós-doutorado em Agronomia/Fitopatologia, com ênfase em Microscopia Eletrônica, pela UFLA, e pós-doutorado em Desenvolvimento Sustentável pelo Instituto Tecnológico da Vale. Foi professor e coordenador do curso de Agronomia do Centro Universitário Tocantinense Presidente Antônio Carlos (UNITPAC). Atualmente, é Professor Adjunto I da Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária (FAV) da Universidade de Brasília (UnB), atuando também como professor e orientador do Programa de Pós-Graduação em Agronomia da FAV/UnB.

Cristiane Bovi de Lima

Mestre em Ciências Animais pela Universidade de Brasília (UnB). Atua na área de Ciência e Tecnologia de Produtos de Origem Animal, com ênfase em qualidade da carne, estabilidade oxidativa e utilização de antioxidantes naturais provenientes de espécies do Cerrado.

Geovana Rocha de Oliveira

Graduação em Zootecnia pela Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ). Mestre em Ciências Animais pela Universidade de Brasília (UnB). Desenvolve estudos relacionados à produção e qualidade de produtos avícolas, com ênfase em antioxidantes naturais, estabilidade oxidativa e qualidade de ovos.

Jéssica Cabral Carvalho

Mestre em Saúde Animal pela Universidade de Brasília (UnB). Atua em pesquisas relacionadas à qualidade de produtos de origem animal, antioxidantes naturais, atividade antioxidante e antimicrobiana de extratos vegetais do Cerrado e conservação da carne de frango.

Samara Aquino Amador

Médica Veterinária pela Universidade de Brasília (UnB). Desenvolve atividades acadêmicas e científicas relacionadas à produção animal, qualidade da carne de frango, estabilidade oxidativa e utilização de produtos naturais com potencial antioxidante.

Thais Chiozzini de Souza

Mestre em Ciências Animais pela Universidade de Brasília (UnB), com formação em Medicina Veterinária. Atua em pesquisas relacionadas à qualidade de produtos avícolas, estabilidade oxidativa da carne de frango e utilização de antioxidantes naturais, com destaque para produtos vegetais do Cerrado e erva-mate (*Ilex paraguariensis*).



Dannielle Leonardi Migotto

Doutora em Zootecnia pela Universidade Federal de Goiás (UFG). Atua na área de produção animal, com ênfase em avicultura, nutrição de aves, qualidade de produtos avícolas, antioxidantes naturais, sustentabilidade e aproveitamento de recursos vegetais na produção animal.

Jessica Mansur Siqueira Crusoé

Possui graduação em Zootecnia pela Universidade Federal de Viçosa (2011), mestrado em Zootecnia pela Universidade Federal de Viçosa (2013) e doutorado em Zootecnia pela Universidade Federal de Viçosa (2017). Atualmente é professora de Suinocultura e Ambiência na Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG). Tem experiência na área de Zootecnia, com ênfase em Ambiência, Nutrição e Alimentação Animal, atuando principalmente nos seguintes temas: Produção e nutrição de aves e suínos, bioclimatologia, avicultura com foco em avicultura de postura, produção de ovos em sistemas caipiras, nutrição e alimentação de poedeiras, desenvolvimento sustentável da suinocultura e avicultura familiar.



Antioxidantes Naturais e Oxidação Lipídica: Aplicações em Produtos de Origem Animal reúne fundamentos sobre a oxidação lipídica e o emprego de compostos naturais na conservação e qualidade dos alimentos. A obra explora o potencial antioxidante de espécies do Cerrado, como barbatimão, pacari, sucupira, copaíba, murici, mama-cadela e pimenta-de-macaco, além da goiaba e da erva-mate. Com enfoque em carne de frango e ovos, integra ciência dos alimentos, produção animal e biodiversidade, apresentando alternativas naturais de interesse científico e tecnológico.



ISBN 978-65-84364-62-2



9 786584 364622 >