

Metabólitos secundários vegetais e benefícios antioxidantes

Vegetable secondary metabolites and antioxidants benefits

Renata Junqueira Pereira^{1*} e Maria das Graças Cardoso²

¹Curso de Nutrição; Universidade Federal do Tocantins; 77001-970; Palmas - TO - Brasil. ²Departamento de Química; Universidade Federal de Lavras; 34200-000; Lavras - MG - Brasil

ABSTRACT

Known to mankind since primitive man, the plants are used for food and to cure diseases. It is evident that a diet with essential nutrients and bioactive substances plays an important role on preventing and curing chronic diseases. Free radicals production occurs in the body, such as a physiological process. Substantial evidences had shown that free radicals and other oxidants are responsible for aging, autoimmune diseases, inflammatory diseases and degenerative diseases as cancer, cardiovascular disease, liver disease, cataracts, immunologic decline and brain dysfunctions. Antioxidants protect the body, being able to intercept free radicals from cellular metabolism or exogenous sources, avoiding cellular integrity losses and injuries. Fresh vegetables contain numerous phytochemicals, plant metabolites, especially phenolic compounds, nitrogen compounds, carotenoids, ascorbic acid and tocopherols. These compounds have significant antioxidant activity, and are associated with lower incidence and mortality from chronic diseases, especially cancer, in humans.

Key-words: antioxidants, freeradicals, secondary metabolites

INTRODUÇÃO

Os produtos naturais são utilizados pela humanidade desde tempos imemoriais. A busca por alívio e cura de doenças, por meio da ingestão de ervas e folhas, talvez tenha sido uma das primeiras formas de utilização desses produtos. Intuitivamente, o homem primitivo buscava descobrir soluções para suas necessidades básicas de sobrevivência, como alimentação, moradia, proteção e reprodução. Suas experiências e observações resultaram em descobertas importantes para soluções de tratamentos de injúrias ou doenças através do uso das plantas e ervas (Viegas Jr. et al., 2006).

Devido à importância das plantas medicinais para a química e a medicina moderna, estudos permitiram um rápido desenvolvimento de seus campos específicos e assim, muitas substâncias ativas foram conhecidas e introduzidas na terapêutica, permanecendo até hoje como medicamentos. A grande extensão territorial e as condições climáticas muito diversas fazem com

que a flora brasileira possua inúmeras espécies vegetais, muitas consideradas importantes matérias-primas, outras já incorporadas ao hábito alimentar dos brasileiros e algumas pouco conhecidas e potencialmente benéficas.

Também se reconhece que a dieta constituída de nutrientes essenciais e acrescida de substâncias nutraceuticas, como parte de um estilo de vida saudável, tem um papel preponderante na prevenção e/ou cura de enfermidades crônicas não transmissíveis como as doenças cardiovasculares, o *diabetes mellitus* e diferentes tipos de câncer (Sá, 2008).

De acordo com o World Cancer Research Fund (2007), uma dieta com uma grande quantidade e variedade de frutas, legumes e verduras pode prevenir 20% ou mais dos casos de câncer. Essa redução no risco de desenvolvimento de enfermidades crônicas não transmissíveis se dá pela combinação de micronutrientes, antioxidantes, substâncias fitoquímicas e fibras presentes nestes alimentos. Os alimentos com

Author for correspondence: renatajunqueira@mail.uft.edu.br

propriedades de prevenir e/ou minimizar enfermidades crônicas não transmissíveis recebem a denominação de alimentos funcionais e os princípios ativos, de substâncias bioativas.

Histórico

Desde a antiguidade, as plantas são utilizadas pelos humanos, na alimentação, na cura de doenças e também na agricultura. Segundo relatam os testemunhos históricos, foram largamente empregadas por romanos, hebreus, chineses, indianos, árabes, gregos e pelos egípcios (Sá, 2008).

No Brasil, o emprego de plantas medicinais está presente desde antes da colonização, quando índios já as utilizavam e, em seguida, passaram seus conhecimentos para os colonizadores, tornando-as amplamente utilizadas na medicina caseira (Lima et al., 2012). A história do desenvolvimento dos fármacos registra que, no início, os materiais vegetais eram utilizados da maneira como eram encontrados no meio ambiente, depois, passaram a ser concentrados para melhora da intensidade e uniformidade de suas ações. À medida que os avanços da química surgiram, as substâncias ativas puderam ser identificadas, isoladas e usadas como moléculas sinteticamente elaboradas, com atividade terapêutica ainda maior (Auricchio e Bacchi, 2003).

Apesar dos avanços na síntese de novos fármacos, com aumento das alternativas terapêuticas disponíveis, cresce também o uso da fitoterapia, que já é conhecida pela humanidade há muitos séculos, e passa a fazer parte da moderna prática médica.

Apenas um pequeno percentual das espécies vegetais foi adequadamente estudado, no que se refere às atividades farmacológicas. É difícil selecionar as espécies vegetais a serem investigadas, considerando-se a imensa quantidade de espécies a explorar (Auricchio e Bacchi, 2003; Sá, 2008). Nesse sentido, os relatos da medicina popular costumam ser eficazes quando considerados no intuito de guiar a identificação de espécies vegetais potencialmente terapêuticas.

Metabólitos secundários vegetais

O metabolismo é definido como o conjunto total das transformações das moléculas orgânicas, catalisadas por enzimas, que ocorre nas células vivas, suprindo o organismo de energia, renovando

suas moléculas e garantindo a continuidade do estado organizado (Marzzoco e Torres, 2007).

Essas reações possuem certa direção devido à presença de enzimas específicas, estabelecendo, assim, as rotas metabólicas, visando o aproveitamento de nutrientes para satisfazer as exigências fundamentais da célula. Além do metabolismo primário, responsável pela síntese de celulose, lignina, proteínas, lipídeos, açúcares e outras substâncias importantes para a realização das funções vitais, as plantas também apresentam o chamado metabolismo secundário (Champeet al., 2008).

Os metabólitos secundários, geralmente de estrutura complexa, baixo peso molecular, possuem atividades biológicas marcantes e, diferentemente dos metabólitos primários, apresentam-se em baixas concentrações e em determinados grupos de plantas (Berg e Lubert, 2008). Já foram considerados como produtos de excreção do vegetal no passado. No entanto, sabe-se que muitas dessas substâncias estão diretamente envolvidas nos mecanismos que permitem a adequação do produtor a seu meio. Assim, despertam grande interesse, não só pelas atividades biológicas exercidas pelas plantas em resposta aos estímulos do meio ambiente, mas também pela imensa atividade farmacológica que possuem. Muitos são de importância comercial não apenas na área farmacêutica, mas também nas áreas alimentar, agrônômica, perfumaria e outras (Simões et al., 2007). Para este autor a origem de todos os metabólitos secundários pode ser resumida a partir do metabolismo da glicose, via dois intermediários principais: o ácido chiquímico e o acetato.

O ácido chiquímico é precursor de taninos hidrolisáveis, cumarinas, alcalóides derivados dos aminoácidos aromáticos e fenilpropanóides, compostos que tem em comum a presença de um anel aromático na sua constituição; ao passo que os derivados do acetato são os aminoácidos alifáticos e os alcalóides derivados deles; terpenóides, esteróides, ácidos graxos e triglicerídeos (Leite, 2008).

Os metabólitos secundários vegetais destacam-se na área da farmacologia devido a seus efeitos biológicos sobre a saúde da espécie humana.

Os esteróides vegetais são compostos com 28 ou 29 carbonos, diferindo do colesterol (27 carbonos) pela presença de uma ramificação metila ou etila adicional na cadeia carbônica. Os fitosteróis são

semelhantes aos fitostanóis dos quais diferem pela presença de insaturações. Sua grande similaridade com o colesterol parece ser responsável pela excreção fecal do colesterol dietético e conseqüente redução do colesterol sérico. Os efeitos dos esteróides vegetais na redução da colesterolemia têm sido amplamente estudados desde a década de 50 e, atualmente, são reconhecidas suas propriedades hipocolesterolêmicas (Araújo, 2008).

Já foram identificados mais de 40 esteróis, sendo os mais abundantes em alimentos o β -sitosterol, o campesterol e o estigmasterol. Estão presentes em alimentos como soja, milho, trigo, frutos oleaginosos e óleos vegetais em geral, principalmente de canola, arroz e girassol. Dentre seus benefícios à saúde humana destaca-se a redução da absorção do colesterol da dieta, com conseqüente redução dos níveis sanguíneos; a redução do risco de doenças cardiovasculares; e inibição do crescimento de certos tipos de tumores malignos (Salgado, 2009).

Os efeitos dos glicosídeos cardioativos foram descobertos, como resultado da sua aplicação no tratamento de edema, onde observou-se, indiretamente, seu efeito sobre o coração, melhorando o suprimento sanguíneo aos rins, eliminando o excesso de fluido (Simões et al., 2007).

A ação terapêutica dos glicosídeos cardioativos depende da estrutura da aglicona e do tipo e número de unidades de açúcares anexadas, aumentando a solubilidade em água e a ligação ao músculo cardíaco. Dois tipos de agliconas são conhecidos: os cardenolídeos (digitoxigenina) compostos de 23 carbonos e os bufadienolídeos (helebrigenina), com estruturas de 24 carbonos. Não há fontes alimentares para sua obtenção, são extraídos de plantas medicinais (Simões et al., 2007).

Os flavonóides constituem substâncias aromáticas contendo 15 átomos de carbono (C15) no seu esqueleto básico. Este grupo de compostos polifenólicos apresenta uma estrutura comum caracterizada por dois anéis aromáticos e um heterociclo oxigenado, formando um sistema C6-C3-C6. Já foram identificadas mais de 8.000 substâncias pertencentes a este grupo. Esse grande número de compostos surge da ampla variação de combinações de grupos metil e hidroxil como substituintes na estrutura química básica. Conforme o estado de oxidação da cadeia

heterocíclica do pirano, têm-se diferentes classes de flavonóides: antocianinas, flavonóis, flavonas, isoflavonas, flavononas e flavanas, com múltiplos efeitos biológicos, como atividade antioxidante, antiinflamatória e antitumoral, poder de redução da fragilidade e permeabilidade capilares; inibição da destruição do colágeno e agregação plaquetária. Assim, a ingestão de flavonóides está associada à longevidade e à redução na incidência de doenças cardiovasculares (Araújo, 2008; Filho et al., 2001). Dentre os flavonóides destacam-se as antocianinas, que são glicosídeos que apresentam em sua estrutura química um resíduo de açúcar no carbono 3. Como produtos desta hidrólise, obtêm-se o componente glicídico e a aglicona, denominada antocianidina (Dewick, 2002).

As antocianinas são um grupo de pigmentos naturais com estruturas fenólicas variadas. São os componentes de muitas frutas vermelhas e hortaliças escuras, apresentando grande concentração nas cascas de uvas escuras. Representam um significativo papel na prevenção ou retardam o aparecimento de várias doenças por suas propriedades antioxidantes. As antocianinas encontradas em alimentos são todas derivadas das agliconas pertencentes a três pigmentos básicos: pelargonidina (vermelha), cianidina (vermelho) e delphinidina (violeta) (Araújo, 2008).

As isoflavonas são outra classe de flavonóides de importância biológica. Pesquisas têm demonstrado que a genisteína e a daidzeína, flavonóides presentes na soja, apresentam efeito anticancerígeno. Em populações que consomem dietas ricas em soja e seus derivados, é possível observar uma menor incidência de determinados tipos de câncer (cólon, mama e próstata, principalmente) quando comparadas com populações que não consomem esses alimentos (Liu et al., 2007). Estes compostos bioativos e não nutricionais apresentam estrutura química similar ao estradiol, o principal hormônio feminino e assim se encaixam nos receptores de estrógeno. Desta forma, as isoflavonas apresentam a habilidade de imitar os estrógenos, ao que se atribuem os seus efeitos e benefícios à saúde e na reposição hormonal (Leite, 2008).

Ainda na classe dos polifenóis encontram-se as catequinas, que são compostos incolores, hidrossolúveis, que contribuem para o amargor e a adstringência do vegetal. Dentre as principais representantes desse grupo estão: catequina, epigallocatequina, epigallocatequina galato,

epicatequina e a epicatequinagalato (Araújo, 2008). São encontradas em vegetais da alimentação humana tais como chá verde, cerejas, amoras, framboesas, mirtilo, uva roxa e vinho tinto. Dentre seus benefícios à saúde humana destacam-se a redução na incidência de certos tipos de câncer, redução do colesterol sérico e estimulação do sistema imunológico (Cozzolino, 2009). Outra classe de compostos fenólicos são os taninos. Estes são solúveis em água, de massa molecular entre 500 e 3000 Dalton, que apresentam habilidades de formar complexos insolúveis em água com alcalóides, gelatina e outras proteínas. São importantes componentes gustativos, sendo responsáveis pela adstringência de muitos frutos e produtos vegetais. Sugere-se que os possíveis mecanismos de ação dos taninos no organismo estejam relacionados a três propriedades: a complexação com íons metálicos (ferro, manganês, vanádio, cobre, alumínio, cálcio, entre outros); a atividade antioxidante e sequestradora de radicais livres e a habilidade de complexar com macromoléculas, tais como proteínas e polissacarídeos (Niemetz e Gross, 2005; Simões et al., 2007). No organismo humano atuam como antioxidante, antisséptico, cicatrizante e vasoconstritor. Em excesso podem reduzir significativamente a biodisponibilidade mineral e a digestibilidade proteica da refeição (Cozzolino, 2009).

Os polifenóis podem regular a atividade das enzimas antioxidantes endógenas e detoxificantes, inibindo as enzimas produtoras de carcinógenos, no processo de detoxificação do organismo. Os polifenóis do chá verde inibem o câncer por bloquearem a formação de substâncias cancerígenas; suprimem a ativação da carcinogênese e aumentam a detoxificação de agentes cancerígenos (Salgado, 2009).

Os carotenóides são uma família de pigmentos abundantemente encontrados na natureza, sendo os responsáveis pela cor da maioria das frutas e vegetais, que pode variar desde o amarelo até o vermelho vivo. Dos mais de 600 carotenóides existentes na natureza, aproximadamente 20 estão presentes no plasma e tecidos humanos, destacando-se: o alfa-caroteno, beta-caroteno, beta-criptoxantina, licopeno, luteína e zeaxantina (Cozzolino, 2009).

Esses compostos são importantes na dieta devido ao fato que muitos deles se convertem em vitamina A no organismo. Estudos têm

demonstrado também que os carotenóides atuam como antioxidantes, protegendo as células dos danos oxidativos e, conseqüentemente, reduzindo o risco de desenvolvimento de algumas doenças crônicas (Araújo, 2008).

Dos mais de 600 carotenóides já descobertos, cerca de 50 têm atividade biológica significativa como provitamina A. O β -caroteno recebe maior atenção por possuir maior atividade de vitamina A, no entanto muitos carotenóides, com pouca ou nenhuma atividade de vitamina A (α -caroteno, licopeno), são estudados por seu potencial anticarcinogênico, devido a sua ação antioxidante. Estão presentes em frutas, ou em vegetais amarelos, alaranjados e vegetais folhosos verde-escuros (Araújo, 2008).

As saponinas são compostos que apresentam propriedades detergentes e surfactantes. Nas plantas que as produzem, estas apresentam funções como regulação do crescimento, defesa contra insetos e patógenos. Essas funções revelam a importância desses compostos na adaptação e sobrevivência vegetal. Dentre seus efeitos no organismo humano destacam-se os antioxidantes, em que se ligam a sais biliares e colesterol no tubo digestivo, impedindo sua absorção, além disso, possuem ação citotóxica atuando contra células tumorais (Schenkel et al., 2007).

Os principais alimentos em que são encontradas saponinas são soja e alimentos derivados desta, outras leguminosas, alfafa, espinafre, beterraba, aspargos, açafrão, amendoim, nozes e folhas de chás (Sparget et al., 2004).

Radicais livres e antioxidantes

Radical livre (RL) é todo átomo ou molécula que tem elétrons não pareados em sua camada externa. São substâncias instáveis que se multiplicam em cascata, têm uma vida média extremamente curta e são interceptados de dois modos: pela ação dos agentes antioxidantes endógenos ou exógenos; ou pelo mecanismo de oxidorredução, quando dois radicais se ligam (Olszewer, 2008). Esses RL cujo elétron encontra-se centrado nos átomos de oxigênio e nitrogênio são denominados, respectivamente, de espécies reativas de oxigênio (ERO) e espécies reativas de nitrogênio (ERN). No organismo encontram-se envolvidos com a produção de ATP, fagocitose, regulação do crescimento celular, entre outros (Abrahão et al., 2010). A produção de RL ocorre naturalmente como um processo fisiológico. Porém, em

determinadas condições, pode ocorrer elevação na produção de ERO, levando ao estresse oxidativo, durante o qual algumas destas espécies reativas, tais como o radical superóxido (O_2^-), radical hidroxil (OH^\cdot) e peróxido de hidrogênio (H_2O_2), podem produzir danos ao organismo como a lipoperoxidação de lipídios insaturados das membranas celulares (Lemos, 2006).

A lesão induzida por RL, particularmente pelas espécies reativas de oxigênio, é uma via final comum de lesão celular, na qual há variados processos, tais como: lesão química ou por radiação, toxidez do oxigênio e outros gases, envelhecimento celular, morte microbiana por células fagocíticas, dano inflamatório (Olszewer, 2005).

Os RL, por serem extremamente reativos e instáveis, participam de reações com substâncias químicas orgânicas e inorgânicas, proteínas, lipídeos, carboidratos, particularmente moléculas importantes nas membranas celulares e ácidos nucleicos (Lemos, 2006).

Os efeitos dos RL são amplos, mas quatro reações são particularmente relevantes para o mecanismo de lesão celular: peroxidação lipídica das membranas, modificações oxidativas das proteínas, lesões no ácido desoxirribonucléico (DNA) e lesão de reperfusão (Olszewer, 2008).

Espécies radicalares, na presença de oxigênio, podem causar peroxidação de lipídeos dentro das membranas citoplasmáticas e das organelas. Os ácidos graxos insaturados dos lipídeos da membrana possuem ligações duplas entre alguns átomos de carbono. Tais ligações são vulneráveis ao ataque pelos radicais livres derivados do oxigênio, particularmente pela OH^\cdot . As interações lipídeo-radical liberam peróxidos que são em si espécies reativas, iniciando a subsequente redução de outro ácido graxo. Segue-se uma cadeia de reações auto catalíticas, resultando em extenso dano à membrana citoplasmática e das organelas (Olszewer, 2008).

Promovem ainda ligação cruzada, mediada por sulfidril, de aminoácidos lábeis, tais como metionina, histidina, cistina e lisina, além de causarem fragmentação de cadeias polipeptídicas. Essa modificação oxidativa aumenta a degradação de enzimas importantes por proteases neutras citossólicas, aumentando a destruição dentro da célula (Olszewer, 2005).

As reações de radicais livres com a timina do DNA produzem quebras unifilamentares do DNA,

e tais danos estão implicados tanto na morte celular como na transformação maligna das células (carcinogênese). O DNA mitocondrial também pode ser afetado (Olszewer, 2008).

Os estudos indicam que os radicais livres agem acelerando o processo degenerativo e a perda da estabilidade celular, provocando situações adversas ao organismo e seus tecidos, favorecendo a perda da homeostasia do meio interno (Olszewer, 2005).

Nos últimos anos, uma quantidade substancial de evidências tem indicado o papel chave dos radicais livres e outros oxidantes como grandes responsáveis pelo envelhecimento, pelas doenças autoimunes e doenças infecciosas e/ou inflamatórias e pelas doenças degenerativas, como câncer, doenças cardiovasculares, hepatopatas, catarata, declínio do sistema imune e disfunções cerebrais. Os danos no DNA causados pelos radicais livres também desempenham um papel importante nos processos de mutagênese e carcinogênese (Atouiet al., 2005; Abrahão et al., 2010).

Antioxidantes é um conjunto heterogêneo de substâncias formado por vitaminas, minerais, pigmentos naturais e outros compostos vegetais e, ainda, enzimas, que bloqueiam o efeito danoso dos radicais livres, formados nas reações metabólicas ou por fatores exógenos, ao organismo. A geração de radicais livres, fisiológica ou não, é normalmente equilibrada pela ação dos antioxidantes endógenos e exógenos (Ouet al., 2002).

Os endógenos, produzidos pelo próprio organismo, são classificados em enzimáticos (superóxidos dismutases citoplasmática e mitocondrial, catalase, glutationaperoxidase, glutationaredutase) e não enzimáticos (glutathione, ácido lipóico, albumina, ubiquinona, metalotioneínas, transferrina, ceruloplasmina); os exógenos ou dietéticos, são adquiridos por meio da ingestão alimentar (ácido ascórbico, tocoferol, carotenóides, compostos fenólicos e demais metabólitos secundários vegetais, zinco, cobre, selênio e magnésio) e juntos promovem reciclagem e reações de regeneração que otimizam a proteção contra os radicais livres (Shahidi e Ho, 2007).

As substâncias antioxidantes atuam em diferentes níveis na proteção do organismo. O primeiro mecanismo de defesa contra os radicais livres é impedir a sua formação, principalmente pela inibição das reações em cadeia com o ferro e o

cobre. Os antioxidantes são capazes de interceptar os radicais livres gerados pelo metabolismo celular ou por fontes exógenas, impedindo o ataque sobre os lipídeos, os aminoácidos das proteínas, a dupla ligação dos ácidos graxos poliinsaturados e as bases do DNA, evitando a formação de lesões e a perda da integridade celular (Abrahão et al., 2010). O outro mecanismo de proteção é o reparo das lesões causadas pelos radicais. Esse processo está relacionado com a remoção de danos da molécula de DNA e a reconstituição das membranas celulares danificadas. Em algumas situações pode ocorrer uma adaptação do organismo em resposta a geração desses radicais com o aumento da síntese de enzimas antioxidantes (Lima et al., 2012).

Tais antioxidantes exógenos são muito diversos, sendo comumente encontrados em vegetais, as vitaminas C e E, os carotenóides, os flavonóides e os compostos fenólicos (Ou et al., 2002).

Os mais abundantes nos alimentos são os compostos fenólicos, destacando-se os flavonóides. Esses podem ser classificados em sete grupos, as flavonas, flavanonas, flavonóis, flavanonóis, isoflavonas, flavanóis (catequinas) e antocianidinas. Em geral folhas, flores e frutos contêm glicosídeos de flavonóides, enquanto tecidos lignificados, como cascas, possuem agliconas e as sementes contêm ambos (Shahidi e Ho, 2007). A atividade antioxidante de compostos fenólicos é principalmente devida às suas propriedades de óxido-redução, as quais podem desempenhar um importante papel na absorção e neutralização de radicais livres (Degásparie Waszczynskyj, 2004).

Vegetais in natura, como frutos, legumes, folhosos em geral e condimentos, contêm numerosos fitoquímicos, destacando-se os compostos fenólicos, os compostos nitrogenados, os carotenóides, o ácido ascórbico e os tocoferóis. Muitos desses compostos apresentam significativa atividade antioxidante e estão associados à menor incidência e menor mortalidade por doenças crônicas não transmissíveis, sobretudo o câncer, em seres humanos (WCRF, 2007). Ressalta-se assim a importância da dieta balanceada na prevenção de enfermidades.

RESUMO

Conhecidos pela humanidade desde o homem primitivo, os vegetais são utilizados na alimentação e na cura de doenças. Evidencia-se que uma dieta constituída de

nutrientes essenciais e substâncias bioativas possui papel importante na prevenção e/ou cura de enfermidades crônicas não transmissíveis. A produção de radicais livres ocorre naturalmente no organismo, como um processo fisiológico. Quantidade substancial de evidências tem indicado o papel chave dos radicais livres e outros oxidantes como responsáveis pelo envelhecimento, pelas doenças autoimunes, doenças inflamatórias e pelas doenças degenerativas, como câncer, doenças cardiovasculares, hepatopatias, catarata, declínio do sistema imune e disfunções cerebrais. As substâncias antioxidantes atuam em diferentes níveis na proteção do organismo, sendo capazes de interceptar os radicais livres gerados pelo metabolismo celular ou por fontes exógenas, evitando a formação de lesões e a perda da integridade celular. Vegetais in natura contêm numerosos fitoquímicos, metabólitos vegetais, destacando-se os compostos fenólicos, os compostos nitrogenados, os carotenóides, o ácido ascórbico e os tocoferóis. Muitos desses compostos com significativa atividade antioxidante, sendo associados à menor incidência e menor mortalidade por doenças crônicas não transmissíveis, sobretudo o câncer, em seres humanos.

Palavras-chave: Antioxidantes, radicais livres, metabólitos secundários.

REFERÊNCIAS

Abrahão, S. A.; Pereira, R. G. F. A.; Duarte, S. M. S.; Lima, A. R.; Alvarenga, D. J.; Ferreira, E. B. (2010), Compostos bioativos e atividade antioxidante do café. *Ciência e Agrotecnologia*, **34**, 414-420.

Araújo, J. M. (2008), Química de Alimentos: Teoria e Prática. 4. Ed. Viçosa: Editora UFV, 477p.

Atoui, A. K.; Mansouri, A.; Boskou, G.; Kefalas, P. (2005), Tea and herbal infusions: Their antioxidant activity and phenolic profile. *Food Chemistry*, **89**, 27-36.

Auricchio, M. T. e Bacchi, E. M. (2003), Folhas de *Eugenia uniflora* L. (pitanga): propriedades farmacobotânicas, químicas e farmacológicas. *Revista do Instituto Adolfo Lutz*, **62**, 55-61.

Berg, J. M. T. e Lubert, J. (2008), Bioquímica. 6. Ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 545p.

Champe, P. C.; Harvey, R. A.; Ferrier, D. R. (2008), Bioquímica Ilustrada. 4. Ed. Porto Alegre: Artmed, 533p.

- Cozzolino, S. M. F. (2009), Biodisponibilidade de Nutrientes. 3. Ed. São Paulo: Manole, 1200p.
- Degáspari, C. H. e Waszczynskyj, N. (2004), Propriedades antioxidantes de compostos fenólicos. *Visão Acadêmica*, **5**, 33-40.
- Dewick, P. M. (2002), Medicinal Natural Products: A Biosynthetic Approach. 2. Ed. West Sussex: John Wiley & Sons Ltd, 515p.
- Filho, D. W.; Silva, E. L.; Boveris, A. (2001), Flavonóides antioxidantes de plantas medicinais e alimentos: importância e perspectivas terapêuticas. *In: Yunes, R. A. e Calixto, J. B. Plantas Mediciniais: sob a ótica da química medicinal moderna*. Chapecó: Agros, 317-334.
- Leite, J. P. V. (2008), Fitoterapia: bases científicas e tecnológicas. 1. Ed. São Paulo: Atheneu, 344p.
- Lemos, A. H. (2006), Controle e Prevenção de Doenças pela Medicina Natural e Ortomolecular. São Paulo: Editora Atheneu, 331p.
- Lima, R. K.; Cardoso, M. G.; Andrade, M. A.; Guimaraes, P. L.; Batista, L. R.; Nelson, D. L. (2012), Bactericidal and antioxidant activity of essential oils from *Myristica fragrans* Houtt and *Salvia microphylla* H.B.K. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, **89**, 523-528.
- Liu, R.; Hu, Y.; Li, J.; Lin, Z. (2007), Production of soybean isoflavone genistein in non-legume plants via genetically modified secondary metabolism pathway. *Metabolic Engineering*, **9**, 1-7.
- Marzocco, A. e Torres, B. B. (2007), Bioquímica Básica. 3. Ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 736p.
- Niemetz, R. e Gross, G. G. (2005), Enzymology of gallotannin and ellagitannin biosynthesis. *Phytochemistry*, **66**, 2001-2011.
- Olszewer, E. (2008), Clínica Ortomolecular. 2. Ed. São Paulo: Rocca, 544p.
- Olszewer, E. (2005), Como vencer a batalha contra o Envelhecimento. São Paulo: Ícone Editora, 159p.
- Ou, B.; Huang, D.; Hampsch-Woodill, M.; Flanagan, J.A.; Deemer, E.K. (2002), Analysis of antioxidant activities of common vegetables employing oxygen radical absorbance capacity (ORAC) and ferric reducing antioxidant power (FRAP) assays: a comparative study. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, **50**, 3122-3128.
- Sá, A. P. C. S. Potencial antioxidante e aspectos químicos e físicos das frações comestíveis (polpa e cascas) e sementes de Jamelão (*Syzygium cumini*, L. Skeels). Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 2008.
- Salgado, J. M. (2009), Guia dos Funcionais: Dieta Alimentar para Manter a Saúde e Evitar Doenças. Rio de Janeiro: Ediouro, 192p.
- Schenkel, E. P.; Gosmann, G.; Athayde, M. L. (2007), Saponinas. *In: Simões, C. M. O.; Schenkel, E. P.; Gosman, G.; Mello, J. C. P.; Mentz, L. A.; Petrovick, P. R. Farmacognosia: Da Planta ao Medicamento*. 6. Ed. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 1104p.
- Shahidi, F. e Ho, C. (2007), Antioxidant Measurement and Applications: An Overview. *In: Shahidi, F. e Ho, C. Antioxidant Measurement and Applications*. American Chemical Society, 956p.
- Sparg, S. G. e Light, M. E.; Standen, J. (2004), Biological activities and distribution of plant saponins. *Journal of Ethnopharmacology*, **94**, 219-243.
- Simões, C. M. O.; Schenkel, E. P.; Gosman, G.; Mello, J. C. P.; Mentz, L. A.; Petrovick, P. R. (2007), Farmacognosia: da planta ao medicamento. Florianópolis: Editora da UFSC, 1102p.
- Viegas Jr, C.; Bolzani, V. S.; Barreiro, E. J. (2006), Os produtos naturais e a química medicinal moderna. *Química Nova*, **29**, 326-337.
- WORLD CANCER RESEARCH FUND. (2007), Food, Nutrition, and the Prevention of Cancer: A Global Perspective. Washington, DC: American Institute for Cancer Research, 987p.