



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
Faculdade de Ciências Farmacêuticas - Campus de Araraquara
Departamento de Alimentos e Nutrição

TESE DE DOUTORADO

**AVALIAÇÃO DA COMPOSIÇÃO QUÍMICA,
DOS COMPOSTOS BIOATIVOS E DA ATIVIDADE ANTIOXIDANTE EM
SEIS ESPÉCIES DE FLORES COMESTÍVEIS**

Discente: Patrícia Maria Vieira
Orientadora: Prof^a. Dr^a. Célia Maria de Sylos

Araraquara/ SP
2013



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
Faculdade de Ciências Farmacêuticas - Campus de Araraquara
Departamento de Alimentos e Nutrição

**AVALIAÇÃO DA COMPOSIÇÃO QUÍMICA,
DOS COMPOSTOS BIOATIVOS E DA ATIVIDADE ANTIOXIDANTE EM
SEIS ESPÉCIES DE FLORES COMESTÍVEIS**

PATRÍCIA MARIA VIEIRA
Nutricionista
Mestre em Ciências da Saúde

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Alimentos e Nutrição da Faculdade de Ciências Farmacêuticas de Araraquara - UNESP, para obtenção do título de Doutor em Ciências dos Alimentos.

Orientadora: Prof^a Dra. Célia Maria de Sylos

Araraquara/ SP
2013

Dedico esse trabalho aos meus pais, Divino José Vieira e Maria Tereza Arantes Vieira, que sempre me incentivaram a estudar e deram todo o apoio do mundo para que pudesse alcançar meus sonhos.

AGRADECIMENTOS

- À Deus;
- Aos meus pais, Divino e Tereza, os melhores do mundo, pelo apoio e ajuda incondicional em todos momentos da minha vida;
- As minhas irmãs (Sandra e Juliana) e sobrinhos (Mariana e Hugo), pelo apoio e torcida;
- Ao meu namorado, Fernando Luiz, pelo amor, carinho e cuidado sempre;
- À minha orientadora, Célia Maria de Sylos, pela oportunidade e aprendizado;
- Aos meus amigos de laboratório e de república, pelo aprendizado, apoio, risadas e ótima convivência;
- Aos meus amigos e funcionários da Unesp-Araraquara e aos meus amigos e alunos da UFTM-Uberaba pelo apoio e torcida;
- A todos que torceram por mim.

“A natureza em seus caprichos e mistérios condensa em pequenas coisas,
o poder de dirigir as grandes;
nas sutis, a potência de dominar as mais grosseiras;
e nas coisas simples, a capacidade de reger as complexas”.

RESUMO

As flores comestíveis têm despertado interesse para emprego alimentício em escala mundial, principalmente depois que estudos desenvolvidos em alguns países permitiram a descoberta e isolamento de substâncias com atividade antioxidante. Além disso, sua ampla aplicabilidade culinária em saladas, sanduíches, sopas, geléias, compotas, recheios, bebidas e infusões, passam cada vez mais a despertar o interesse pelo assunto. Porém, ainda são escassas as informações existentes sobre as suas características nutritivas. Desta forma, os objetivos deste estudo foram determinar a composição centesimal, o teor de minerais, as características físico-químicas, os principais compostos bioativos e a atividade antioxidante nas flores comestíveis: alcachofra (*Cynara scolymus* L.), amor-perfeito (*Viola tricolor* L.), brócolis (*Brassica oleracea* L. var. *italica*), calêndula (*Calêndula officinalis* L.), capuchinha (*Tropaeolum majus* L.) e couve-flor (*Brassica oleracea* L. var. *botrytis*). Foram avaliados três lotes da safra 2013 e determinados a composição centesimal (umidade, cinzas, lipídios, proteínas, carboidratos, fibras e valor calórico total), os minerais (cálcio, sódio, fósforo e manganês), as características físico-químicas (pH, acidez total titulável e sólidos solúveis totais), os compostos bioativos (ácido ascórbico, carotenóides totais, fenólicos totais, flavonóides totais e antocianinas totais), a atividade antioxidante [ABTS - ácido 2,2-azino-bis-(3-etilbenzotiazolina)-6-sulfônico e DPPH 1,1-difenil-2-picrilidrazil] e identificados os ácidos fenólicos (gálico, caféico, p-cumárico, ferúlico e clorogênico) e os flavonóides (rutina, apigenina, quercetina e kaempferol). A identificação dos compostos fenólicos foi feita por cromatografia líquida de alta eficiência com detector de arranjo de diodos. Os extratos das flores foram obtidos com acetona a 70 % e as análises foram feitas em triplicata utilizando a parte comestível de flores *in natura*. As flores apresentam teores de cinzas (0,56-1,24 %), carboidratos (0,74-12,86 %), lipídios (0,15-0,64 %), proteínas (1,19-3,87 %), fibras (1,19-3,50 %) e valor calórico (17,99-69,15 kcal/ 100 g) similares as frutas e hortaliças. A alcachofra e o brócolis apresentaram os maiores teores de cálcio (83,94 mg/ 100 g e 79,93 mg/ 100 g, respectivamente) e sódio (60,54 mg/ 100 g e 25,58 mg/ 100 g, respectivamente) e o brócolis os maiores teores de fósforo e manganês (78,28 mg/ 100 g e 35,08 mg/ 100 g, respectivamente). As flores comestíveis apresentam pH ligeiramente ácido, acidez total titulável entre 0,21 e 0,89 g de ácido cítrico/ 100 g e sólidos solúveis totais variando entre 0,3 a 0,7 °Brix. O amor-perfeito e a capuchinha vermelha apresentaram os maiores teores de ácido ascórbico, 255,96 mg/ 100 g e 128,71 mg/ 100 g, respectivamente. A capuchinha amarela apresentou o maior valor de carotenóides totais (67,92 µg de Equivalente de Atividade de Retinol/ 100 g) dentre as flores estudadas e a capuchinha laranja, a couve-flor e a alcachofra foram as variedades que apresentaram menores teores. O conteúdo de fenólicos totais variou de 1.190 a 3.870 mg de Equivalente de Ácido Gálico (EAG)/ 100 g, sendo maior no brócolis (3.870 mg EAG/ 100 g), amor-perfeito (3.710 mg EAG/ 100 g) e alcachofra (3.100 mg EAG/ 100 g). A capuchinha amarela e o amor-perfeito apresentaram o maior teor de flavonóides totais, 1.309,63 mg de Equivalente de Quercetina (EQ)/ 100 g e 281,39 mg EQ/ 100 g, respectivamente. A capuchinha vermelha destacou-se pela maior quantidade de antocianinas totais (6.120 mg/ 100 g), seguida da capuchinha laranja (1.900 mg/ 100 g) e do amor-perfeito (940 mg/ 100 g). A capacidade antioxidante foi maior para o amor-perfeito, seguido da alcachofra, calêndula, capuchinha, couve-flor e brócolis. Os resultados obtidos mostraram que houve correlação positiva entre os conteúdos de ácido ascórbico e de

fenólicos totais com a atividade antioxidante. O ácido gálico, rutina e quercetina foram encontrados em todas as flores estudadas.

Palavras-chave: Flores Comestíveis. Composição Centesimal. Minerais. Ácido Ascórbico. Carotenóides. Compostos Fenólicos. Flavonóides. Antocianinas. Atividade Antioxidante.

ABSTRACT

Edible flowers have attracted interest for use in food worldwide, especially after studies conducted in some countries led to the discovery and isolation of substances with antioxidant activity. In addition, its wide applicability cooking in salads, sandwiches, soups, jellies, jams, fillings, drinks and infusions, are increasingly attracting interest in the subject. However, there is still little information available on their nutritional characteristics. Thus, the objectives of this study were to determine the proximate composition, mineral content, the physical and chemical characteristics, the main bioactive compounds and antioxidant activity in edible flowers: artichoke (*Cynara scolymus* L.), pansy (*Viola tricolor* L.), broccoli (*Brassica oleracea* L. var. *italica*), marigold (*Calendula officinalis* L.), nasturtium (*Tropaeolum majus* L.) and cauliflower (*Brassica oleracea* L. var. *botrytis*). Three different batches of the crop in 2013 and determined the proximate composition (moisture, ash, lipids, proteins, carbohydrates, fiber, and total energy intake), minerals (calcium, sodium, phosphorus and manganese), the physico-chemical (pH, titratable acidity and total soluble solids), the bioactive compounds (ascorbic acid, carotenoids, phenolics, flavonoids and anthocyanins), the antioxidant activity [ABTS - 2,2 - azino -bis (3 - ethylbenzothiazoline) - DPPH 6- sulphonic acid and 1,1- diphenyl-2- picrilidrazil] identified and phenolic acids (gallic acid, caffeic acid, p- cumárico, chlorogenic acid and ferulic acid) and flavonoids (rutin, apigenin, quercetin and kaempferol). The identification of phenolic compounds was performed by high performance liquid chromatography with diode array detector. Extracts of flowers were obtained with 70 % acetone and analyzes were performed in triplicate using the edible portion of fresh flowers. The flowers have ash contents (0.56 to 1.24 %), carbohydrates (0.74 to 12.86 %), lipids (0.15 to 0.64 %), protein (1.19 to 3.87 %), fiber (1.19 to 3.50 %) and calorific value (17.99 to 69.15 kcal/ 100 g) similar fruits and vegetables. The artichoke and broccoli showed the highest levels of calcium (83.94 mg/ 100 g and 79.93 mg/ 100 g, respectively) and sodium (60.54 mg/ 100 g and 25.58 mg/ 100 g, respectively) and broccoli higher content of phosphorus and manganese (78.28 mg/ 100 g and 35.08 mg/ 100 g, respectively). Edible flowers have slightly acidic pH, titratable acidity between 0.21 and 0.89 g of citric acid / 100 g soluble solids ranging from 0.3 to 0.7 ° Brix. The pansy and nasturtium red showing the highest levels of ascorbic acid, 255.96 mg/ 100 g and 128.71 mg/ 100 g, respectively. The yellow nasturtium showed the highest total carotenoids (67.92 mg of Retinol Activity Equivalents/ 100 g) among the studied flowers and nasturtium orange, cauliflower and artichoke varieties were showing lower levels. The total phenolic content ranged 1190-3870 mg Gallic Acid Equivalent (GAE)/ 100 g, being higher in broccoli (3.870 mg GAE/ 100 g), pansy (3.710 mg GAE/ 100 g) and artichoke (3.100 mg GAE/ 100 g). The yellow nasturtium and pansies showed the highest content of flavonoids, 1309.63 mg of quercetin equivalent (EQ)/ 100 g and 281.39 mg EQ/ 100 g, respectively. The nasturtium red stood for the highest amount of anthocyanins (6.120 mg/ 100 g), followed by orange nasturtium (1.900 mg/ 100 g) and pansy (940 mg/ 100 g). The antioxidant capacity was higher for the pansy, followed artichoke, marigold, nasturtium, cauliflower and broccoli. The results showed that there was a positive correlation between the content of ascorbic acid and phenolic compounds with antioxidant activity. Gallic acid, rutin and quercetin were found in all flowers studied.

Keywords: Edible Flowers. Proximate Composition. Minerals. Ascorbic Acid. Carotenoids. Phenolic Compounds. Flavonoids. Anthocyanins. Antioxidant activity.

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO I

Figura 1: Fotografia das flores comestíveis amor-perfeito, calêndula e capuchinha	22
Figura 2: Mecanismo de conversão do ácido ascórbico em ácido 2,3-dicetogulônico (3 estados do ácido ascórbico)	25
Figura 3: Estrutura básica dos flavonóides	28
Figura 4: Estrutura dos principais tipos de flavonóides	29
Figura 5: Estrutura da antocianidina.	30
Figura 6: Estabilização do radical ABTS* por um antioxidante	31
Figura 7: Reação do radical orgânico DPPH* (cor violeta) com antioxidante, formando um composto estável (cor amarela)	32

CAPÍTULO III

Figura 1: Ilustração das flores comestíveis	64
Figura 2: Curva de calibração de ácido gálico (15,86 a 79,3 µg/ ml)	67
Figura 3: Curva de calibração de quercetina (63,81 a 299,10 µg/ ml)	68
Figura 4: Curva de calibração de Trolox (12,5 a 225 µg/ ml)	70
Figura 5: Curva de calibração de Trolox (50 a 200 µg/ ml)	71
Figura 6: Atividade antioxidante pela ABTS e DPPH, de seis espécies de flores comestíveis, expressa em atividade antioxidante ao Trolox - mg/ 100 g de flor comestível, Araraquara, 2013. ¹	80

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO II

- Tabela 1:** Composição centesimal e valor energético de seis espécies de flores comestíveis, cultivadas em São Paulo, expressa em 100 g de flor comestível, Araraquara, 2013^{1,2} 48
- Tabela 2:** Quantidade de cálcio, fósforo, manganês e sódio de seis espécies de flores comestíveis, cultivadas em São Paulo, expressa em mg/ 100 g de peso seco de amostra, Araraquara, 2013.^{1,2} 52
- Tabela 3:** Características físicoquímicas de seis espécies de flores comestíveis, cultivadas em São Paulo, Araraquara, 2013.^{1,2} 54

CAPÍTULO III

- Tabela 1:** Conteúdo de ácido ascórbico, carotenóides totais, compostos fenólicos totais, flavonóides totais e antocianinas totais, de seis espécies de flores comestíveis frescas, cultivadas em São Paulo, expressa em 100 g de amostra, Araraquara, 2013.^{1,2} 74
- Tabela 2:** Coeficiente de Correlação de Pearson (r) entre os compostos bioativos e atividade antioxidante, de algumas espécies de flores comestíveis, Araraquara, 2013 81

CAPÍTULO IV

- Tabela 1:** Conteúdo de compostos fenólicos nos extratos de cinco espécies de flores comestíveis frescas, cultivadas em São Paulo, expressa em mg/ 100 g de amostra, Araraquara, 2013.¹ 98

SUMÁRIO

RESUMO	06
ABSTRACT	08
LISTA DE FIGURAS	10
LISTA DE TABELAS	11
CAPÍTULO I - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	17
1. INTRODUÇÃO	18
2. OBJETIVOS	20
2.1. OBJETIVO GERAL	20
2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	20
3. REVISÃO DA LITERATURA	21
3.1. FLORES COMESTÍVEIS	21
3.2. COMPOSTOS BIOATIVOS	23
3.2.1. Ácido Ascórbico (Vitamina C)	24
3.2.2. Carotenóides	26
3.2.3. Compostos Fenólicos	26
3.2.3.1. <i>Flavonóides</i>	27
3.2.3.2. <i>Antocianinas</i>	29
3.3. ATIVIDADE ANTIOXIDANTE	30
4. REFERÊNCIAS	32

CAPÍTULO II - CONSTITUINTES QUÍMICOS EM SEIS ESPÉCIES DE FLORES COMESTÍVEIS	41
RESUMO	42
ABSTRACT	43
1. INTRODUÇÃO	44
2. MATERIAL E MÉTODOS	44
2.1. AMOSTRAS DE FLORES COMESTÍVEIS	44
2.2. MÉTODOS	45
2.2.1. Determinação da Composição Centesimal em Flores Comestíveis	45
2.2.2. Determinação dos Minerais Cálcio, Fósforo, Manganês e Sódio em Flores Comestíveis	45
2.2.3. Determinação de pH, Acidez Total Titulável e Sólidos Solúveis Totais em Flores Comestíveis	46
2.3. ANÁLISE ESTATÍSTICA	46
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	46
3.1. COMPOSIÇÃO CENTESIMAL EM FLORES COMESTÍVEIS	46
3.2. MINERAIS EM FLORES COMESTÍVEIS	51
3.3. CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS EM FLORES COMESTÍVEIS	53
4. CONCLUSÕES	55
5. REFERÊNCIAS	55
CAPÍTULO III - COMPOSTOS BIOATIVOS E ATIVIDADE ANTIOXIDANTE EM SEIS VARIEDADES DE FLORES COMESTÍVEIS	59

RESUMO	60
ABSTRACT	61
1. INTRODUÇÃO	62
2. MATERIAL E MÉTODOS	63
2.1. AMOSTRAS DE FLORES COMESTÍVEIS	63
2.2. OBTENÇÃO DOS EXTRATOS DAS AMOSTRAS DE FLORES	64
2.2.1. Extratos para Determinação de Carotenóides Totais em Flores Comestíveis	64
2.2.2. Extratos para Determinação de Fenólicos Totais, Flavonóides Totais e Atividade Antioxidante em Flores Comestíveis	64
2.3. DETERMINAÇÃO DE COMPOSTOS BIOATIVOS EM FLORES COMESTÍVEIS	65
2.3.1. Determinação do Conteúdo de Ácido Ascórbico em Flores Comestíveis .	65
2.3.2. Determinação do Conteúdo de Carotenóides Totais em Flores Comestíveis	65
2.3.3. Determinação do Conteúdo de Compostos Fenólicos Totais em Flores Comestíveis	66
2.3.4. Determinação do Conteúdo de Flavonóides Totais em Flores Comestíveis	67
2.3.5. Determinação do Conteúdo de Antocianinas Totais em Flores Comestíveis	68
2.4. DETERMINAÇÃO DA ATIVIDADE ANTIOXIDANTE EM FLORES COMESTÍVEIS	69
2.4.1. Atividade Sequestrada com Radical ABTS (ácido 2,2-azino-bis (3-etilbenzotiazolina-6-ácido sulfônico)	69

2.4.2. Atividade Sequestradora com Radical DPPH (2,2-difenil-2-picril- Ihidrazila)	70
2.5. ANÁLISE ESTATÍSTICA	71
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	71
3.1. CONTEÚDO DE ÁCIDO ASCÓRBICO, CAROTENÓIDES TOTAIS, FENÓLICOS TOTAIS, FLAVONÓIDES TOTAIS E ANTOCIANINAS TOTAIS EM FLORES COMESTÍVEIS	71
3.2. ATIVIDADE ANTIOXIDANTE EM FLORES COMESTÍVEIS	79
3.3. CORRELAÇÃO ENTRE COMPOSTOS BIOATIVOS E ATIVIDADE ANTIOXIDANTE EM FLORES COMESTÍVEIS	81
4. CONCLUSÃO	82
5. REFERÊNCIAS	83
CAPÍTULO IV - IDENTIFICAÇÃO DE COMPOSTOS FENÓLICOS EM FLORES COMESTÍVEIS.	90
RESUMO	91
ABSTRACT	92
1. INTRODUÇÃO	93
2. MATERIAL E MÉTODOS	94
2.1. AMOSTRAS DE FLORES	94
2.2. MÉTODOS	94
2.2.1. Análise de Compostos Fenólicos usando Cromatografia Líquida de Alta Eficiência	94

2.2.1.1. <i>Extração dos Compostos Fenólicos</i>	95
2.2.1.2. <i>Determinação do Teor de Compostos Fenólicos por CLAE</i>	95
2.3. ANÁLISE ESTATÍSTICA	96
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	96
4. CONCLUSÕES	100
5. REFERÊNCIAS	100

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

1. INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, vários estudos avaliaram plantas comestíveis e revelaram quantidades significativas de compostos bioativos, que são benéficos na prevenção de doenças relacionadas aos danos oxidativos no nosso organismo (KATALINIC et al., 2006; LIU et al., 2008), tais como, cânceres, diabetes, doenças cardiovasculares, inflamações, catarata, degeneração macular, entre outras (ZULUETA et al., 2009).

Os compostos bioativos podem ser encontrados em todas as partes das plantas comestíveis, como na casca, folhas, frutas, raízes, sementes, talos e inclusive nas flores (MANACH et al., 2004). Portanto, as flores comestíveis podem ser uma importante alternativa alimentar por conter substâncias antioxidantes dietéticas, como o ácido ascórbico, os carotenóides, os compostos fenólicos, os flavonóides e as antocianinas, os quais, exercem sua ação através de mecanismos de antioxidação e sequestro de radicais livres protegendo o nosso organismo (GARDNER et al., 2000).

Vários estudos conduzidos em países como Estados Unidos (KURILICH et al., 1999), Espanha (LOPEZ-BERENGUER et al., 2007), Índia, (SINGH, KAWATRA, SEHGAL, 2000), Itália (MIGLIO et al., 2008) e Tailândia (KAISOON et al., 2011), identificaram compostos bioativos em flores comestíveis. Nestes estudos foram analisadas flores comestíveis como brócolis e couve-flor, sendo utilizadas flores cruas ou cozidas, submetidas a diferentes processos de cocção ou de armazenamento (LOPEZ-BERENGUER et al., 2007; MIGLIO et al., 2008). Além disso, foram avaliados os efeitos do processo de digestão (IORI, BARELLARI, ROLLIN, 2004) e identificado a presença de algumas atividades biológicas benéficas a saúde, como a redução da frequência de câncer (KAISOON et al., 2011).

Em um estudo analisou-se brócolis e couve-flor frescos. Encontraram-se os seguintes antioxidantes: alfa caroteno (0,03 mg e ND), beta caroteno (0,89 mg e 0,07 mg), alfa tocoferol (1,62 mg e 0,17 mg), gama tocoferol (0,13 mg e 0,06 mg) e ácido ascórbico (74,71 mg e 41,98 mg) em 100 gramas de peso fresco, respectivamente (KURILICH et al., 1999). Miglio et al., (2008) avaliaram brócolis cozido e encontraram luteína (2,1 mg/ 100 g de peso seco), ácido clorogênico (4,5 mg/ 100 g de peso seco),

quercetina (2,4 mg/ 100 g de peso seco), kaempferol (3,0 mg/ 100g de peso seco) e ácido ascórbico (106 mg/ 100 g de peso seco).

Kaisoon et al., (2011) avaliaram 12 flores comestíveis que são utilizadas diariamente no norte da Tailândia, em saladas e chás. Os principais constituintes do extrato fenólico foram ácidos fenólicos e flavonóides, responsáveis pelo aumento da capacidade de redução e da atividade antioxidante. Os principais compostos fenólicos encontrados foram ácido sinápico, ácido cumárico, ácido ferúlico, ácido vanílico e ácido clorogênico e os flavonóides rutina, miricetina, quercetina, apigenina e kaempferol. Os extratos das flores foram capazes de suprimir a proliferação de células cancerosas em humanos.

O conteúdo de compostos polifenólicos e a atividade antioxidante foram estudadas em *Hibiscus sabdariffa* L. (LEYVA et al., 2012). Foi avaliada a utilização da flor como fonte alternativa de compostos bioativos. As diferentes condições de secagem mostraram diferenças significativas no teor de antocianinas monoméricas ($188,13 \pm 6,78$ a $230,23 \pm 5,30$ mg/ 100 g resíduo), no conteúdo de fenóis totais ($435,03 \pm 16,8$ a $637,65 \pm 12,8$ mg GAE/ 100 g resíduo) e na atividade antioxidante ($181,13 \pm 2,27$ a $288,44 \pm 18,22$ $\mu\text{mol TE/g}$ de extrato seco). Esses compostos apresentam vários efeitos benéficos para a saúde como propriedades antioxidantes (MOHD-ESA et al., 2010; BUILDERS et al., 2013) e agente antiaterosclerótico (CHEN et al., 2013).

Vale ressaltar, que embora já se tenha iniciado algumas pesquisas científicas com compostos bioativos em flores comestíveis, são poucos os estudos nacionais e apenas algumas flores foram analisadas. Assim, há muito a ser explorado, com relação à identificação e quantificação destes compostos e a determinação da atividade antioxidante.

2. OBJETIVOS

2.1. OBJETIVO GERAL

- Avaliar a composição centesimal e mineral, as características físico-químicas, os principais compostos bioativos e a atividade antioxidante em alcachofra (*Cynara scolymus L.*), amor-perfeito (*Viola tricolor L.*), brócolis (*Brassica oleracea L.* var. *itálica*), calêndula (*Calêndula officinalis L.*), capuchinha (*Tropaeolum majus L.*) e couve-flor (*Brassica oleracea L.* var. *botrytis*).

2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar os teores de umidade, cinzas, carboidratos, lipídios, proteínas, fibras, valor calórico, sólidos solúveis totais, acidez total titulável e pH nas amostras de flores comestíveis;
- Quantificar os minerais cálcio, fósforo, mangânes e sódio em flores comestíveis;
- Quantificar ácido ascórbico, carotenóides totais, compostos fenólicos totais, flavonóides totais, antocianinas totais e correlacioná-los com atividade antioxidante das flores comestíveis;
- Identificar os principais compostos fenólicos em flores comestíveis.

3. REVISÃO DA LITERATURA

3.1. FLORES COMESTÍVEIS

É sabido que as flores atraem mamíferos, insetos e aves devido as suas características sensoriais como aroma, cor e sabor (FERRI, MENEZES, MONTEIRO-SCANAVACCA, 1978). Esta estratégia favorece a polinização e por consequência a reprodução sexuada das plantas superiores (REIS, QUEIROZ, FRÓES, 2004). Acredita-se que graças a esta natureza atrativa elas tem sido cultivadas em todo mundo principalmente para fins ornamentais.

No Brasil, são cerca de sete mil e seiscentos produtores de flores com forma, organização, coloração e características variáveis, cultivando uma área de 12 mil hectares, com produção de campo a céu aberto, em estufas e telados. A atividade é fortemente concentrada nos estados de São Paulo, Rio Grande do Sul, Rio de Janeiro e Minas Gerais, embora haja fortes tendências de descentralização produtiva e comercial por várias regiões do Brasil. São produzidas cerca de 350 espécies e aproximadamente 3000 variedades, com consumo médio per capita de R\$23,00 por habitante (IBRAFLOR, 2012).

Embora as flores cultivadas no Brasil não estejam direcionadas ao consumo alimentar, as flores tem despertado interesse culinário desde tempos remotos. Na Idade Média, eram utilizadas para decorar pratos, graças as suas características sensoriais como aparência, aroma, cor e sabor (FELIPPE, 2003). Nos dias de hoje, as flores ainda são utilizadas como alimento principalmente na África, América Central, Ásia, Europa, Índia e México (BELSINGER, 1991), sendo geralmente consumidas na forma fresca, assada ou cozida; em recheios, saladas, sanduíches e sopas; compotas e geléias; bebidas, como infusões alcoólicas e refrescos (KELLEY et al., 2003).

Na alimentação do brasileiro as flores comestíveis mais conhecidas e consumidas são a alcachofra (*Cynara scolymus L.*), o brócolis (*Brassica oleracea L. var. itálica Plenck*) e a couve-flor (*Brassica oleracea L. var. botrytis L.*) (REIS, QUEIROZ, FRÓES, 2004), apesar de muitas vezes serem denominadas de verdura, legume ou hortaliça. Outras flores apesar de pouco conhecidas são utilizadas principalmente com fins decorativos ao invés de nutritivos, por sua beleza e coloração atrativa. Como exemplos tem-se o amor-

perfeito (*Viola tricolor L.*), a calêndula (*Calêndula officinalis L.*) e a capuchinha (*Tropaeolum majus L.*) (FELIPPE, 2003), os quais estão ilustrados na Figura 1.



Figura 1: Fotografia das flores comestíveis amor-perfeito (A), calêndula (B) e capuchinha (C).

O amor-perfeito (*Viola tricolor L.*) é uma planta anual, de clima temperado, pertencente à família *Violaceae*, tem origem na Europa e Ásia, sendo posteriormente trazida para as Américas. Floresce durante todo o ano, sendo suas flores hermafroditas. Apresenta em geral as cores roxa, branca e amarela. As pétalas do amor-perfeito quase não têm sabor, porém se for usada a flor inteira possui aroma e sabor suaves. Pode ser utilizada em bebidas, saladas de frutas, carnes e sopas (FELIPPE, 2003).

A calêndula (*Calêndula officinalis L.*) é uma herbácea anual, pertencente à família *Asteraceae*. É nativa em toda região do Mediterrâneo e cultivada em toda a Europa, sendo comum encontrá-la em jardins como planta ornamental. Floresce quase o ano todo, principalmente do fim da primavera até metade do verão (CROMACK & SMITH, 1996). É aclimatada no sul do Brasil (CHENGQI, 2007), por ser mais produtiva quando cultivada em regiões frias, sendo resistente a geadas leves (MONTANARI JÚNIOR, 2000). É sensível à falta de água o que requer sistemas de irrigação na área de plantio, em período de estiagem (SILVA JÚNIOR, 1997). Em temperaturas altas há diminuição do tamanho das flores (FELIPPE, 2003) e se adapta bem a solos pobres em material orgânico (ACOSTA DA LUZ et al., 2001). Conhecida popularmente como margarida dourada, por possuir coloração de amarela a laranjada, sendo rica em óleos essenciais (0,1-4 %), alcoóis triterpenos (2-5 %) e flavonóides na forma livre (0,2-0,5 %)

(VANACLOCHA & CANIGUERAL, 2003), como quercetina e rutina (RODRIGUES et al., 2004). Na idade média era muito utilizada para colorir sopas, sendo que suas pétalas possuem gosto apimentado e lembram o limão. Atualmente, tem sido objeto de estudo principalmente em relação ao cultivo comercial para fins farmacêuticos e cosméticos (FELIPPE, 2003).

A planta de capuchinha (*Tropaeolum majus* L.) é anual, originária do Peru, sendo atualmente encontrada em várias partes do mundo. É bastante rústica e de fácil cultivo, florescendo nas épocas de primavera e verão (FELIPPE, 2003). É também conhecida como Agrião do México, Chagas, Flor de Sangue, Mastroço e Nastúrcio (CORREA, 1926; FONT QUER, 1993; DEMATTI & COAN, 1999). Possui ampla utilização, existindo relatos de seu uso como planta medicinal, melífera, corante natural, hortaliça não-convencional e ornamental. Devido à beleza de suas flores e folhagem é utilizada em projetos de paisagismo (BREMNESS, 1993). Sua utilização culinária vem se acentuando cada vez mais nos centros gastronômicos em saladas frias, sucos, como também na finalização de pratos. Possui flores nas cores amarela, laranja e vermelha e sabor que lembra pimenta (ZURLO & BRANDÃO, 1989).

As flores comestíveis, apesar de pouco conhecidas e utilizadas como alimentos, podem conter vários compostos bioativos, quando comparadas a outras frutas e vegetais, comercializados e consumidos rotineiramente pela população (SUNDRIYAL & SUNDRIYAL, 2001).

3.2. COMPOSTOS BIOATIVOS

Os processos metabólicos aeróbios normais do nosso organismo e a exposição ao fumo, álcool, drogas e raios ultravioleta levam a formação de alguns produtos de alto poder reativo, conhecidos como radicais livres (HALLIWEEL & GUTTERIDGE, 1999). Os radicais livres são espécies químicas que contém um ou mais elétrons desemparelhados (HALLIWELL, 2006), podendo reagir com compostos que estejam próximos. Eles podem reagir doando (reduzidor) ou ganhando elétrons (oxidante) (HALLIWEEL & GUTTERIDGE, 1999).

As principais espécies reativas de oxigênio formadas são oxigênio, peróxido de hidrogênio, radical superóxido e o radical hidroxil. Como exemplo de geração de radicais livres pode-se citar as enzimas NADPH oxidase que se encontram em células fagocíticas e não fagocíticas e produzem as espécies reativas de oxigênio como mecanismo de defesa, quando há ameaça de patógenos (HALLIWEEL & GUTTERIDGE, 1999).

Quando há acúmulo de radicais livres em nosso organismo, ou seja, um desequilíbrio entre a produção e a eliminação, ocorre o estresse oxidativo. Os principais efeitos do estresse oxidativo são danos a diversos componentes celulares inclusive ao próprio ácido desoxirribonucléico (DNA), podendo contribuir para o envelhecimento e o aparecimento de diversas doenças como arteriosclerose, artrite, câncer e catarata (HALLIWEEL & GUTTERIDGE, 1999; HERMES-LIMA, 2004).

Uma forma de minimizar o estresse oxidativo e seus danos seria através de agentes antioxidantes como os compostos bioativos. Por sua vez, estes são substâncias químicas que evitam ou retardam a oxidação de um substrato, garantindo a integridade celular e reparando lesões causadas pelos radicais livres (HALLIWEEL, 2006). Esses compostos podem ser de origem endógena (enzimática ou não) e origem exógena (dietética). Os mais conhecidos compostos dietéticos são ácido ascórbico, carotenóides, compostos fenólicos, flavonóides e antocianinas.

3.2.1. Ácido Ascórbico (Vitamina C)

O ácido ascórbico (ácido 2,3-enediol-L-gulônico), também conhecido como vitamina C, na sua forma seca é um sólido branco e cristalino, solúvel em água, essencial aos seres humanos, por ser obtido de fontes exógenas, principalmente de frutas cítricas e vegetais frescos (MOSER & BENDICH, 1991; FRANCO, 2001; SUNTORNSUK et al., 2002; FRANKE et al., 2004). No estado sólido é estável, enquanto que em solução, é oxidado reversivelmente a ácido dehidroascórbico que, por sua vez, pode ser oxidado irreversivelmente ao 2,3 ácido dicetogulônico, levando a perda da atividade biológica deste nutriente (RIBEIRO & SERAVALLI, 2004) – Figura 2.

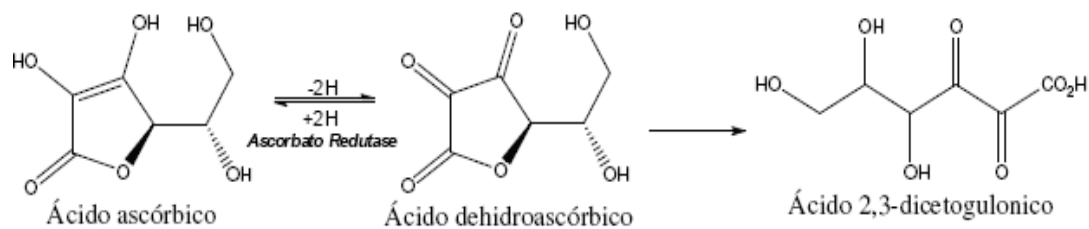


Figura 2: Mecanismo de conversão do ácido ascórbico em ácido 2,3-dicetogulônico (3 estados do ácido ascórbico).

Segundo a Ingestão Alimentar de Referência (DRI) a quantidade diária recomendada de ácido ascórbico é de 90 mg para homens adultos e 75 mg para mulheres adultas (DRI, 2000). Este nutriente atua na prevenção do escorbuto que tem como principais sinais e sintomas sangramento de gengivas, perda de dentes, distúrbios neurológicos, anemia ferropriva e dificuldade de cicatrização (MOSER & BENDICH, 1991; MILANESIO et al., 1997; GARDNER et al., 2000). Desempenha várias funções biológicas relacionadas ao sistema imune (VANNUCHI & JORDÃO JÚNIOR, 1998), é imprescindível na síntese de lipídios e proteínas, no metabolismo de carboidratos, na formação e manutenção de colágeno, na regeneração de tecidos, na prevenção de sangramentos, na redução do risco de infecções, no auxílio da absorção de minerais, como por exemplo, através da redução do ferro férrico a ferroso. Tem ação antioxidante protegendo células e tecidos atuando na prevenção de doenças cardiovasculares e diversos tipos de cânceres (MOSER & BENDICH, 1991; MILANESIO et al., 1997; GARDNER et al., 2000; KIM et al., 2002; SUNTORNSUK et al., 2002; FRANKE et al., 2004; SILVA, 2005).

O teor de ácido ascórbico nos vegetais varia com o tipo de variedade, estágio de maturação, condições e local de cultivo das plantas (NOGUEIRA et al., 1978; MATITIUZ et al., 2003) é facilmente degradado através de oxidação enzimática formando pigmentos escuros, como dióxido de carbono e furfural, causando o aparecimento de sabor e cor estranhos (ROJAS & GERSCHENSON, 1997). É também rapidamente destruída pela ação do pH, ácidos, alcalinidade, catalisadores metálicos, enzimas, umidade relativa do ar, atividade de água, presença de oxigênio, luz, tempo de armazenamento, danos físicos e elevação da temperatura (LEE & KADER, 2000).

3.2.2. Carotenóides

Os carotenóides são pigmentos naturais lipossolúveis que conferem coloração amarela, laranja ou vermelha aos alimentos e exercem várias funções no organismo dos homens (RODRIGUEZ-AMAYA 1999). Apresentam atividade pró-vitamina A, atuam na prevenção de vários tipos de cânceres, doenças degenerativas e cardiovasculares, catarata e envelhecimento, fortalecem o sistema imunológico, tem ação antioxidante, sequestrando e inativando radicais livres (LIMA et al., 2002). Para as plantas é importante no processo de fotossíntese e as indústrias utilizam como corantes (RODRIGUEZ-AMAYA 1999).

Com relação à estrutura são formados por oito unidades isoprênicas, que podem ser acíclicas, monocíclicas ou bicíclicas, e apresentar hidrogenação, dehidrogenação, migração de dupla ligação, dentre outros (RODRIGUEZ-AMAYA, 1999). A qualidade e quantidade de carotenóides podem variar de acordo com a cultivar ou variedade da planta, estágio de maturação, condições climáticas e de cultivo, manipulação durante colheita, transporte, armazenamento, processamento e estocagem (RODRIGUEZ-AMAYA, 1999; FRANCO, 2001). Além disso, com o desenvolvimento fisiológico dos vegetais ocorre o aumento de carotenóides (RODRIGUEZ-AMAYA, 1999).

Os carotenóides por apresentarem em sua estrutura duplas ligações são instáveis a vários fatores como calor, luz e oxigênio, o que causa a isomerização ou oxidação resultando em isômeros *cis*, perda da cor e da atividade pró-vitamina A e/ou formação de compostos voláteis que podem conferir sabor indesejável aos alimentos (RODRIGUEZ-AMAYA, 1999). A isomerização dos carotenóides com diminuição da forma *trans* e aumento da forma *cis*, ou redução dos carotenóides totais, pode ocorrer durante o armazenamento de alimentos (LEE & CHEN, 2002).

3.2.3. Compostos Fenólicos

Os compostos fenólicos possuem em sua estrutura química um ou mais anéis aromáticos, nos quais, pelo menos um hidrogênio é substituído por um grupamento hidroxila. Geralmente, são encontrados na natureza na forma de ésteres e não na forma

livre. Nos alimentos abrangem os ácidos fenólicos, as cumarinas, os flavonóides e os taninos (DUBICK & OMAJE, 2001). Estes compostos secundários de ocorrência natural e não nutritiva, são responsáveis pelo aroma, cor e sabor de vegetais utilizados na alimentação e produzidos pelo sistema de proteção das plantas contra condições adversas como raios ultra-violeta e pragas (GILBERT & COOKE, 2001).

Possuem moléculas que interagem com os radicais livres e são consumidas durante a reação. A capacidade antioxidante desses compostos está relacionada ao número e posição dos grupos hidroxílicos e conjugações, assim como com a presença de elétrons doadores (RAMIREZ-TORTOZA et al., 2001). Devido a capacidade antioxidante previnem doenças degenerativas como cânceres (AMIÉ et al., 2003; FRANKE et al., 2004; HRYNTSEVICH & SHADYRO, 2005), atuam contra doenças como Parkinson e Alzheimer (AMIÉ et al., 2003; KUSKOSKI et al., 2005; SEERAM et al., 2006) e em doenças cardiovasculares através da diminuição do LDL colesterol e do aumento do HDL colesterol (FRANKE et al., 2004; KUSKOSKI et al., 2005; SEERAM et al., 2006).

O método mais comum utilizado para determinar estes compostos em alimentos é o que utiliza o reagente *Folin-Ciocalteu*. Este reagente é a mistura do ácido fosfomolibídico e do ácido fosfotungústico. Forma-se a coloração azul com a mistura do reagente com os compostos fenólicos, que são agentes redutores. Quanto maior o número de grupos hidroxila maior a intensidade da cor formada (ANGELO & JORJE, 2007).

3.2.3.1. Flavonóides

Os flavonóides são o maior e mais diversificado grupo de substâncias pertencentes ao grupo de compostos fenólicos (HEIM et al., 2002). Na maioria dos casos, conferem cor e sabor aos vegetais, o que justifica a sua denominação derivada de flavor (GEE et al., 1998, MARTINEZ-FLORES et al., 2002). São comumente presentes em frutas, vegetais, grãos, flores, chá e vinho (NIJVELDT et al., 2001). No Brasil os alimentos consumidos rotineiramente considerados fontes de flavonóides são laranja, alface e tomate e os principais flavonóides são os glicosídeos e a quercetina. A média de ingestão diária é de 79 mg para mulheres e 88 mg para homens (ARABBI et al., 2004).

São constituídos por dois anéis benzênicos (A e B), unidos a um anel heterocíclico de seis membros, contendo um átomo de oxigênio (C) (BEHLING et al., 2004) – Figura 3. A grande diversidade dos flavonóides é decorrente das modificações estruturais que sofrem em função da hidroxilação, metilação e glicosilação, entre outras, sendo assim alguns grupos podem estar livres (agliconas), metilados ou ligados a açúcares (glicosídeos). Os açúcares mais comumente ligados aos flavonóides são glicose, ramnose, galactose, xilose e arabinose (KOES et al., 1994).

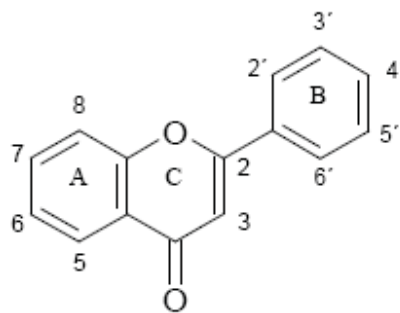


Figura 3: Estrutura básica dos flavonóides.

Estes compostos possuem inúmeras funções biológicas, verificadas *in vitro* e *in vivo* (EDWARDS & BERNIER, 1996; HOLLMAN et al., 1996; KAWAIL et al., 1999; SIVAM, 2002) como: antialergênico, antiinflamatório, antiviral, antiulcerogênico, antiproliferativo, anticarcinogênico, atividade antihepatotóxica, preventivo na formação de plaquetas (aterosclerose), ação antitrombótica, antiespasmolítico e, também, efeitos antihipertensivo e antiarrítmicos (MIDDLETON JR & KANDASWAMI, 1994; FORMICA & REGELSON, 1995; LARRAURI et al., 1996; DI CARLO et al., 1999; SÁNCHEZ-MORENO et al., 2003; DEL RÍO et al., 2004; CAMARDA, et al., 2007).

A atividade antioxidante dos flavonóides depende da sua estrutura e pode ser determinada pela reatividade como agente doador de hidrogênio e elétrons frente a outros antioxidantes, pela capacidade de quelar metais e interação com membranas. Quanto maior o número de hidroxilas, maior a atividade como agente doador de hidrogênio e de elétrons (CAO et al., 1997) e quanto menor o potencial de oxidação dos

flavonóides, maior é a sua atividade como sequestrador de radicais livres (RICE-EVANS et al., 1997).

Os flavonóides podem ser divididos em seis subgrupos: antocianinas (cianidina e delphinidina), flavanas (catequina, epicatequina, luteoforol, procianidina e theaflavina), flavanonas (hesperidina e naringenina), flavonas (apigenina, luteolina, diomestina, tangeritina, nobiletina e tricetina), flavonóis (quercetina, rutina e miricetina) e isoflavonóides (daidzeína e genisteína) (LOPES et al., 2000) (Figura 4). Estes diversos tipos de flavonóides são identificados pelas diferenças no anel heterocíclico, pelos grupos ligados e o nível de oxidação (HEIM et al., 2002; AMIÉ et al., 2003; FRANKE et al., 2004; HRYNTSEVICH & SHADYRO, 2005).

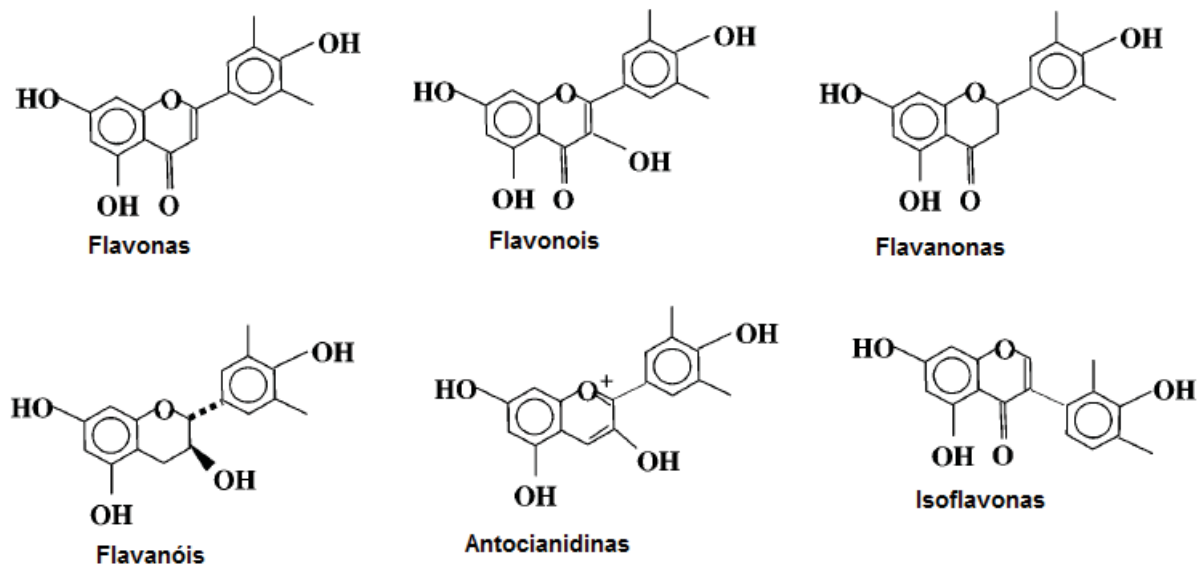
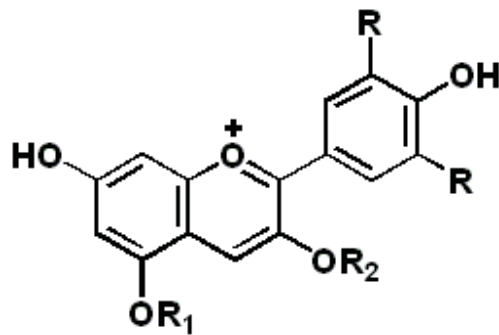


Figura 4: Estrutura dos principais tipos de flavonóides.

3.2.3.2. Antocianinas

As antocianinas são os principais cromóforos que pertencem ao grupo dos flavonóides e conferem cor vermelha, violeta ou azul as flores. São derivados hidroxilados ou metoxilados do fenil-2-benzopirílio (Figura 5). Como exemplos de compostos químicos pertencentes a este grupo pode-se citar cianidina, pelargonidina, delphinidina, peonidina, petunidina e malvidina (WU & PRIOR, 2005).

Os pigmentos antociânicos são normalmente encontrados na forma glicosilada, ou seja, ligada a carboidratos como glicose, ramnose, galactose e arabinose, neste caso são denominados antocianinas. Com a hidrólise da forma glicosilada para aglicona passa a ser chamar antocianidina (WU & PRIOR, 2005).



R_1 e R_2 podem ser H ou açúcares
 R podem ser OH ou H

Figura 5: Estrutura geral da antocianina.

A estrutura e a cor das antocianinas são afetadas pelo ambiente, principalmente pelo pH do meio. Em pH ácido ocorre a perda da cor devido a formação de chalconas, que são incolores. Desta forma, dependendo do pH do meio os pigmentos são divididos em cromóforos e incolores. Assim a cor e intensidade dos vegetais decorrente da presença de antocianinas não depende somente de um cromóforo e sim de várias características intrínsecas e extrínsecas a molécula (BROUILLARD, 1988).

3.3. ATIVIDADE ANTIOXIDANTE

Como já foi dito, as espécies reativas de oxigênio são responsáveis pelo envelhecimento e aparecimento de diversas doenças crônico degenerativas como câncer, doenças cardiovasculares, catarata, declínio do sistema imune e disfunções cerebrais (ATOUI et al., 2005). Dentre os métodos utilizados para medir a atividade antioxidante ou anti-radical livre em alimentos pode-se citar os que avaliam a habilidade de vários constituintes antioxidantes em capturar radicais livres.

Estes métodos denominados espectrofotométricos consistem em determinar a atividade antioxidante em decorrência da formação e alteração de substâncias cromógenas, os radicais livres. Quando se adiciona o extrato do alimento avaliado ao radical livre ocorre modificação da cor do meio contendo o radical, que é proporcional à concentração do antioxidante. A modificação da cor é decorrente da redução da absorvância, devido à neutralização dos radicais livres pelos antioxidantes presentes nos alimentos (HUANG & PRIOR, 2005; KUSKOSKI et al., 2005).

Devido à estabilidade, sensibilidade, facilidade de manipulação e simplicidade de procedimento e por serem facilmente detectados por técnicas fotométricas, os radicais livres mais utilizados são compostos orgânicos derivados do ácido 2,2-azino-bis-(3-etilbenzotiazolina)-6-sulfônico (ABTS⁺ - radical azul-verde) e do 1,1-difenil-2-picrilidrazil (DPPH⁺ - radical violeta) (ROGINSKY & LISSI, 2005). Estes compostos são radicais livres cromogênicos sintéticos usados para simular os radicais livres de ocorrência natural (ARNAO et al., 2009).

O cátion radical ABTS⁺ tem que ser previamente gerado através de uma reação química após adição de persulfato de potássio (KUSKOSKI et al., 2005). O radical formado é um cromóforo de coloração verde azulada intensa, com absorção máxima a 734 nm. O cátion radical ABTS⁺ pode ser reduzido ou estabilizado na presença de compostos antioxidantes que doam hidrogênio, levando a perda da sua coloração (Figura 6). Através da redução da quantidade do ABTS⁺ e decréscimo da absorvância será determinado a capacidade antioxidante em função da concentração dos antioxidantes (WALKER & EVERETTE, 2009).

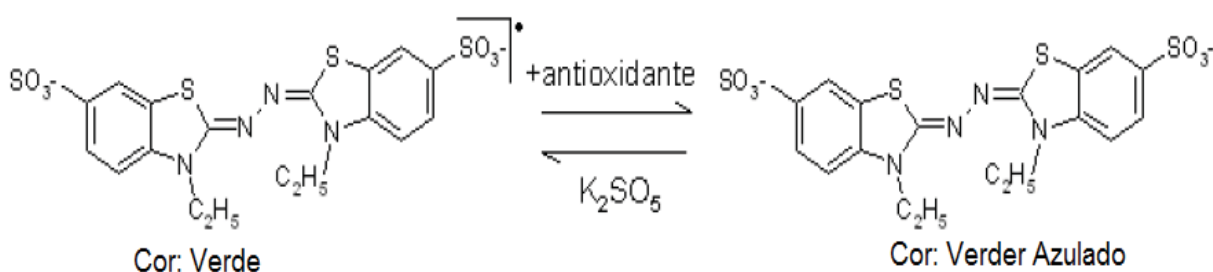


Figura 6: Estabilização do cátion radical ABTS⁺ por um antioxidante.

O cátion radical $\text{DPPH}^{\cdot+}$ é um radical estável, obtido a partir da sua dissolução em composto orgânico, como o álcool metílico, sem a necessidade de preparo prévio (KUSKOSKI et al., 2005). A redução do $\text{DPPH}^{\cdot+}$ por antioxidantes é acompanhada pelo monitoramento da modificação da sua coloração de violeta para amarelo (Figura 7) e decréscimo da absorbância, a um comprimento de onda de 515 nm. Esta reação é utilizada para avaliar a atividade antioxidante de vegetais como as flores comestíveis (BRAND-WILLIAMS, CUVELIER, BERSET, 1995; BONDET, BRAND-WILLIAMS, BERSET, 1997; ARNAO, 2000).

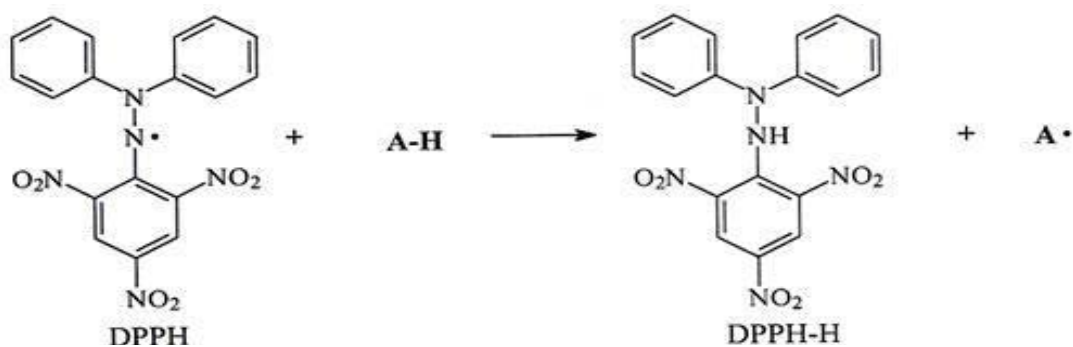


Figura 7: Reação do cátion radical orgânico $\text{DPPH}^{\cdot+}$ (cor violeta) com antioxidante, formando um composto estável (cor amarela).

Para expressar a atividade antioxidante dos extratos dos alimentos avaliados, pode ser utilizada a capacidade antioxidante em equivalente de Trolox (6-hidroxi-2,5, 7,8-tetrametilcromo-2-ácido-carboxílico). A capacidade antioxidante em equivalente de Trolox é baseada na curva de calibração de Trolox que é utilizado como padrão de referência. O Trolox é um potente antioxidante hidrossolúvel, análogo à vitamina E, que não é encontrado naturalmente nos alimentos (KIM et al., 2002).

4. REFERÊNCIAS

ACOSTA DA LUZ, L.; FERRADA, C. R.; GOVIN, E. S. Instrutivo técnico de *Calêndula officinalis*. **Revista Cubana Plantas Medicinales**, v. 23, p. 23-27, 2001.

AMIÉ, D.; DAVIDOVIÉ-AMIÉ, D.; BESLO, D.; TRINAJSTIÉ, N. Structure-radical

scavenging activity relationships of flavonoids. **Croatica Chemica Acta**, v. 76, p. 55-61, 2003.

ANGELO, P. M.; JORGE, N. Compostos fenólicos em alimentos: uma breve revisão. **Revista do Instituto Adolfo Lutz**, v. 66, p. 1-9, 2007.

ARABBI, P. R.; GENOVESE, M. I.; LAJOLO, F. M. Flavonoids in vegetable foods commonly consumed in Brazil and estimated ingestion by the Brazilian population. **Journal of Agricultural & Food Chemistry**, v. 52, p. 1124-1131, 2004.

ARNAO, M. B. Some methodological problems in the determination of antioxidant activity using chromogen radicals: a practical case. **Trends in Food Science & Technology**, v. 11, p. 419-421, 2000.

ARNAO, M. B.; ACOSTA, M.; CANO, A. **Antioxidant Activity: Measurement by HPLC**. In: CAZES, J. Encyclopedia of Chromatography. Third Edition. CRC Press: Boca Raton, 2009. p. 106–110.

ATOUI, A. K.; MANSOURI, A.; BOSKOU, G.; KEFALAS, P. Tea and herbal infusions: Their antioxidant activity and phenolic profile. **Food Chemistry**, v. 89, n. 1, p. 27-36, 2005.

BEHLING, E.; SENDÃO, M.; FRANCESCATO, H.; ANTUNES, L.; BIANCHI, M. Flavonóide quercetina: Aspectos gerais e ações biológicas. **Alimentos e Nutrição Araraquara**, v. 15, n. 3, p. 285-292, 2004.

BELSINGER, S. **Flowers in the kitchen**. Loveland, Colorado: Interweave Press, 1991.

BONDET, V.; BRAND-WILLIAMS, W.; BERSET, C. Kinetics and mechanisms of antioxidant activity using the DPPH• free radical method, **Lebensm Wiss Technology**, v. 30, p. 609–615, 1997.

BRAND-WILLIAMS, W.; CUVELIER, M. E.; BERSET, C. Use of free radical method to evaluate antioxidant activity. **Lebensm Wiss Technology**, v. 22, p. 25-30, 1995.

BREMNESS, L. **Manual del herborista**. Madrid: Raíces, 1993. p. 285.

BROUILLARD, R.; HARBORNE, J. B. **The Flavonoids**. London: Ed. Chapman and Hall, 1988. p. 525-538.

BUILDERS, P.; KABELE-TOGE, B.; BUILDERS, M.; CHINDO, B.; ANWUNOBI, P.; ISIMI, Y. Wound Healing Potential of Formulated Extract from *Hibiscus Sabdariffa Calyx*. **Indian Journal of Pharmaceutical Sciences**, vol. 75, n. 1, p. 45-52, 2013.

CAMARDA, L.; DI STEFANO, V.; DEL BOSCO, S. F.; SCHILLACI, D. Antiproliferative activity of *Citrus* juices and HPLC evaluation of their flavonóide composition. **Fitoterapia**, v. 78, p. 426-429, 2007.

CAO, G.; SOFIC, E.; PRIOR, R. L. Antioxidant and prooxidant behavior of flavonoids: structure-activity relationships. **Free Radical Biology and Medicine**, v. 22, p. 749-760, 1997.

CHEN, J. H.; WANG, C. J.; WANG, C. P.; SHEU, J. Y.; LIN, C. L.; LIN, H. H. *Hibiscus sabdariffa* leaf polyphenolic extract inhibits LDL oxidation and foam cell formation involving up-regulation of LXR α /ABCA1 pathway. **Food Chemistry**, v. 141, n. 1, p. 397-406, 2013.

CHENGQI, A. Comparative anatomy of bisexual and female florets, embryology in *Calendula officinalis* (Asteraceae), a naturalized horticultural plant. **Scientia Horticulturae**, v. 114, p. 214-219, 2007.

CORRÊA, M. P. **Dicionário das plantas úteis do Brasil e das exóticas cultivadas**. Rio de Janeiro: Ministério da Agricultura e Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal. v. 1, 1926.

CROMACK, H. T. H.; SMITH, J. M. *Calendula officinalis* production potential and crop agronomy in southern England. **Journal Industrial Crops and Products**, v. 7, p. 223-229, 1996.

DEL RÍO, J. A.; FUSTER, M. D.; GÓMEZ, P.; PORRAS, I.; GARCÍA-LIDÓN, A.; ORTUÑO, A. *Citrus limon*: a source of flavonoids of pharmaceutical interest. **Food Chemistry**, v. 84, p. 457-461, 2004.

DEMATTI, M. E. S. P.; COAN, R. M. **Jardins com plantas medicinais**. Jaboticabal: FUNEP, 1999. p. 65.

DI CARLO, G.; MASCOLO, N.; IZZO, A. A.; CAPASSO, F. Flavonoids: old and new aspects of a class of natural therapeutic drugs. **Life Sciences**, v. 65, p. 337-353, 1999.

Dietary Reference Intakes for vitamin C, vitamin E, selenium and carotenoids. Washington DC: National Academy Press, 2000, 506 p. (A report on the antioxidants and related compounds. Sub committees on Upper Reference Intake Levels of Nutrients and Interpretation of Uses of Dietary Reference Intakes and the Standing Committee on the Scientific Evaluation of Dietary Reference Intakes. Food and Nutrition Board).

DUBICK, M. A.; OMAJE, S. T. Modification of atherogenesis and heart disease by grape wine and tea polyphenols. In: Wildman, R. E.C. (org). **Handbook of Nutraceutical and Functional Food**. Boca Raton: CRC Press, 2001. v. 14. p. 143-153.

EDWARDS, D. J.; BERNIER, S. M. Naringin and naringenin are not the primary CYP3A inhibitors in *grapefruit* juice. **Life Sciences**, v. 59, n. 13, p. 1025-1030, 1996.

FELIPPE, G. **Entre o jardim e a horta: as flores que vão para a mesa**. São Paulo: SENAC, 2003.

FERRI, M. G., MENEZES, N. L., MONTEIRO-SCANAVACCA, W. R. **Glossário Ilustrado de Botânica**. São Paulo: Ed. da Universidade de São Paulo, 1978. p. 61.

FONT QUER, P. **Plantas medicinales el dioscórides renovado**. Barcelona: Editorial Labor S.A., 1993. v. 2, p. 637.

FORMICA, J. V.; REGELSON, W. Review of the biology of quercetina and related bioflavonoids. **Food Chemistry Toxicology**, v. 33, p. 1061-1080, 1995.

FRANCO, G. **Tabela de composição química dos alimentos**. 9.ed. São Paulo-SP: Atheneu, 2001. p. 307.

FRANKE, A. A.; CUSTER, L. J.; ARAKAKI, C.; MURPHY, S. P. Vitamin C and flavonoid levels of fruits and vegetables consumed in Hawaii. **Journal Food Composition Analysis**, v. 17, p. 1-35, 2004.

GARDNER, P. T.; WHITE, T. A. C.; MCPHAIL, D. B.; DUTHIE, G. G. The relative contributions of vitamin C, carotenoids and phenolic to the antioxidant potential of fruit juices. **Food Chemistry**, v. 68, p. 471-474, 2000.

GEE, J. M., et al. Quercetin glucosides interact with the intestinal glucose transport pathway. **Free Radical Biology and Medicine**, v. 25, n. 1, p. 19-25, 1998.

GILBERT, K. G.; COOKE, D. T. Dyes from plants: past usage, present understanding and potential. **Plant Growth Regulation**, v. 34, p. 57-69, 2001.

HALLIWELL, B. **Proteasomal dysfunction: a common feature of all neurodegenerative diseases? Implications for the environmental origins of neurodegeneration**. *Antiox. Redox Signal* in press, 2006.

HALLIWELL, B.; GUTTERIDGE, J. M. C. **Free radicals in biology and medicine**, 3rd ed. Oxford University Press Oxford, 1999.

HEIM, K. E.; TAGLIAFERRO, A. R.; BOBILYA, D. J. Flavonoid antioxidants: chemistry, metabolism and structure-activity relationships. **Journal Nutrition Biochemistry**, v. 13, p. 572-584, 2002.

HERMES-LIMA M. **Oxygen in biology and biochemistry: role of free radicals**. In: STOREY, K. B. editor. *Functional Metabolism: Regulation and Adaptation*. New Jersey: John Wiley & Sons, 2004. p. 319–368.

HOLLMAN, P. C. H.; HERTOOG, M. G. L.; KATAN, M. B. Analysis and health effects of flavonoids. **Food Chemistry**, v. 57, p. 43-46, 1996.

HRYNTSEVICH, I. B.; SHADYRO, O. I. Reactions of α -hydroxyethyl radicals with flavonoids of various structures. **Bioorganic Medicinal Chemistry Letters**, v. 15, p. 4252-4255, 2005.

HUANG, D.; OU, B.; PRIOR, R. L. The chemistry behind antioxidant capacity assays. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 53, p. 1841-1856, 2005.

INSTITUTO BRASILEIRO DE FLORICULTURA. **Nova Fotografia do Setor de Flores e PI. Ornamentais e seus principais gargalos Holambra/SP - 21/11/2012.**
http://www.ibraflor.com/ns_mer_interno.php

IORI, R.; BARILLARI, J.; ROLLIN, P. Comment on in vitro gastrointestinal digestion study of broccoli inflorescence phenolic compounds, glucosinolates, and vitamin C. **Journal Agriculture Food Chemistry**, v. 52, p. 7432–7433, 2004.

KAISOON, O.; SIRIAMORNUN, S.; WEERAPREEYAKUL, N.; MEESO, N. Phenolic compounds and antioxidant activities of edible flowers from Thailand. **Journal of Functional Foods**, v. 3, p. 88-99, 2011.

KATALINIC, V.; MILOS, M.; KULISIC, T.; JUKIC, M. Screening of 70 medicinal plant extracts for antioxidant capacity and total phenols. **Food Chemistry**, v. 94, p. 550-555, 2006.

KAWAII, S.; TOMONO, Y.; KATASE, E.; OGAWA, K.; YANO, M. HL-60 differentiating activity and flavonoid content of the readily extractable fraction prepared from *Citrus* juices. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 47, p. 128-135, 1999.

KELLEY, K. A.; CAMERON, A. C.; BIERNBAUM, J. A.; POFF, K. L. Effect of storage temperature on the quality of edible flowers. **Postharvest Biology and Technology. Michigan State University**, East Lansing. v. 27, p. 341-344, 2003.

KIM, D. O.; LEE, K. W.; LEE, H. J.; LEE, C. H. Vitamin C equivalent antioxidant capacity (VCEAC) of phenolic phytochemicals. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 50, p. 3713-3717, 2002.

KOES, R. E.; QUATTROCCHIO, F.; MOL, J. N. M. The flavonoid biosynthetic pathway in plants: function and evolution. **Bioessays**, v. 16, p. 123-132, 1994.

KURILICH, A. C.; TSAU, G. J.; BROWN, A.; HOWARD, L.; KLEIN, B. P.; JEFFERY, E. H.; KUSHAD, M.; WALLIG, M. A.; JUVIK, J. A. Carotene, tocopherol, and ascorbate contents in subspecies of *Brassica oleracea*. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 47, p. 1576–1581, 1999.

- KUSKOSKI, E. M.; ASUERO, A. G.; TRONCOSO, A. M.; MANCINI-FILHO, J.; FETT, R. Aplicación de diversos métodos químicos para determinar actividad antioxidante en pulpa de frutos. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 25, p. 726-732, 2005.
- LARRAURI, J. A.; RUPÉREZ, P.; BRAVO, L.; SAURA-CALIXTO, F. High dietary fibre powders from orange and lime peels: associated polyphenols and antioxidant capacity. **Food Research International**, v. 29, p. 757-762, 1996.
- LEE, S. K.; KADER, A. A. Preharvest and postharvest factors influencing vitamin C content of horticultural crops. **Postharvest Biology and Technology**, v. 20, n. 3, p. 207-220, 2000.
- LEE, M. T.; CHEN, B. H. Stability of lycopene during heating and illumination in a model system. **Food Chemistry**, v. 78, p. 425-432, 2002.
- LEYVA, D. D.; BARRAGÁN, H. B. E.; ANAYA, S. I.; MENDOZA, M. G. Effect of fixed bed drying on the retention of phenolic compounds, anthocyanins and antioxidant activity of roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.). **Vizcarra Industrial Crops & Products**, v. 40, p. 268-276, 2012.
- LIU, H.; QIU, N.; DING, H.; YAO, R. Polyphenols contents and antioxidant capacity of 68 Chinese herbals suitable for medical or food uses. **Food Research International**, v. 41, p. 363-370, 2008.
- LIMA, V. L. A. G.; MUSSER, R. S.; LEMOS, M. A. et al. Análise conjunta das características físico-químicas de acerola (*Malpighia emarginata* D.C.) do banco ativo de germoplasma em Pernambuco. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 17., 2002a, Belém, Anais... Belém: SBF, 2002. CD-ROM.
- LÓPEZ-BERENGUER, C.; CARVAJAL, M.; MORENO, D. A.; GARCIA-VIGUERA, C. Effects of microwave cooking conditions on bioactive compounds present in broccoli inflorescences. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 55, n. 24, p. 10001–10007, 2007.
- LOPES, R. M. et al. Flavonóides. **Revista Biotecnologia**, Ciência & Desenvolvimento. São Paulo, v. 17, p. 18-22, 2000.
- MANACH, C.; SCALBERT, A.; MORAND, C.; RÉMÉSY, C.; JIMÉNEZ, L. Polyphenols: food sources and bioavailability. **American Journal Clinical Nutrition**, v. 79, n. 5, p. 727-747, 2004.
- MARTINEZ-FLORES, S.; GONZÁLEZ-GALLEGO, J.; CULEBRAS, J. M.; TUÑÓN, M. J. Los flavonoides: propiedades y acciones antioxidantes. **Nutrición Hospitalaria**, v. 17, n. 6, p. 271-278, 2002.

MATITIUZ, B. H.; DURIGAN, J. F.; ROSSI JUNIOR, O. D. Processamento mínimo em goiabas 'paluma' e 'pedro sato'. Avaliação química, sensorial e microbiológica. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 23, p. 409-413, 2003.

MIDDLETON, E.; KANDASWAMI, C. **The impact of plant flavonoids on mammalian biology: implications for immunity, inflammation and cancer**. The Flavonoids: Advances in Research Since. London: Chapman & Hall, 1994. p. 619-652.

MIGLIO, C. et al. Efeitos de diferentes métodos de cocção sobre nutricionais e características físico-químicas de legumes selecionados. **Journal of Agriculture and Food Chemistry**, v. 56, p. 139-147, 2008.

MILANESIO, M.; BIANCHI, R.; UGLIENGO, P.; ROETTI, C.; VITERBO, D. Vitamin C at 120 K: experimental and theoretical study of the charge density. **Journal of Molecular Structure (Theochem)**, v. 419, p. 139-154, 1997.

MOHD-ESA, N.; HERN, F. S.; ISMAIL, A.; YEE, C. L. Antioxidant activity in different parts of roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.) extracts and potential exploitation of the seeds. **Food Chemistry**, v. 122, n. 4, p. 1055-1060, 2010.

MONTANARI JÚNIOR, I. Aspéctos do Cultivo Comercial de Calêndula. **Revista Agroecologica Hoje**, v. 2, p. 24-25, 2000.

MOSER, U.; BENDICH, A. Vitamin. In: MACHILIN, L. J. **Handbook of vitamins**. 2nd. Ed. New York: Marcel Dekker, 1991. p. 195-232.

NIJVELDT, R. J. et al. Flavonoids: a review of probable mechanisms of action and potential applications. **American Journal Clinical Nutrition**, Bethesda, v. 74, p. 418-425, 2001.

NOGUEIRA, J. N.; SOYBIHE SOBRINHO, J.; VENSICOVSKY, R.; FONSECA, H. Efeito do armazenamento nos teores de ácido ascórbico e beta-caroteno em goiaba liofilizada. **Archivos Latinoamericanos de Nutrición**, v. 28, p. 363-377, 1978.

RAMIREZ-TORTOZA, C.; ANDERESSEN, O. M.; GARDNER, P. T.; MORRICE, P. C.; WOOD, S. G.; DUTHIE, S. J.; COLLINS, A. R. Anthocyanin-rich extract decreases indices of lipid peroxidation and DNA damage in vitamin E depleted rats. **Free Radical Biology and Medicine**, v. 46, p. 1033-1037, 2001.

REIS, C.; QUEIROZ, F.; FROES, M. **Jardins comestíveis**. Ubatuba/ SP, 2004.

RIBEIRO, E. A.; SERAVALLI, E. A. G. **Química de Alimentos**. São Paulo: Edgard Blücher Ltda, 2004. p. 179-181.

RICE-EVANS, C. A.; MILLER, N. J.; PAGANGA, G. Antioxidant properties of phenolic compounds. **Trends Plant Science**, v. 2, p. 152-159, 1997.

RODRIGUEZ-AMAYA, D. B. **A guide to carotenoid analysis in food**. Washington, DC: OMNI Research, 1999. p. 64.

RODRIGUES, P. O.; GONÇALVES, T. C.; SILVA, W. B. Influência de diferentes solventes no processo de extração de *Calêndula officinalis* L (Asteraceae). **Latin American Journal of Pharmacy**, v. 23, p. 27-31, 2004.

ROGINSKY, V.; LISSI, E. A. Review of methods to determine chain-breaking antioxidant activity in food. **Food Chemistry**, v. 92, n. 2, p. 235-254, 2005.

ROJAS, A. M.; GERSCHENSON, L. N. Ascorbic acid destruction in sweet aqueous model systems. **LWT- Food Science and Technology**, v. 30, p. 567-572, 1997.

SÁNCHEZ-MORENO, C.; PLAZA, L.; ANCOS, B.; CANO, M. P. Quantitative bioactive compounds assessment and their relative contribution to the antioxidant capacity of commercial orange juices. **Journal Science Food Agriculture**, v. 83, p. 430-439, 2003.

SEERAM, N. P.; LEE, R.; SCHEULLER, H. S.; HEBER, D. Identification of phenolic compounds in strawberries by liquid chromatography electrospray ionization mass spectroscopy. **Food Chemistry**, v. 97, p. 1-11, 2006.

SILVA, F. O. Total ascorbic acid determination in fresh squeezed orange juice by gas chromatography. **Food Control**, v. 16, p. 55-58, 2005.

SILVA JÚNIOR, A. A. **Plantas medicinais e Aromáticas**. CD-ROM: Ed. Epagri S.A. 1997.

SINGH, G.; KAWATRA, A.; SEHGAL, S. Nutritional composition of selected green leaf vegetables, herbs and carrots. **Plants Foods for Human Nutrition**, v. 56, p. 359-364, 2000.

SIVAM, G. **Analysis of flavonoids. Methods of analysis for functional foods and nutraceuticals**. Ed. W. J. Hurst., 2002. p. 350.

SUNDRIYAL, M.; SUNDRIYAL, R. C. Wild edible plants of the Sikkim Himalaya: Nutritive values of selected species. **Economic Botany**, v. 55, n. 3, p. 377-390, 2001.

SUNTORNUSUK, L.; GRITSANAPUN, W.; NILKAMHANK, S.; PAOCHOM, A. Quantitation of vitamin C content in herbal juice using direct titration. **Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis**, v. 28, p. 849-855, 2002.

VANACLOCHA, B.; CAÑIGUERAL, S. **Fitoterapia. Vademecum de prescripcion**. 4 ed. Barcelona: Masson, 2003.

VANNUCCHI, H. A.; JORDÃO JÚNIOR, A. F. **Vitaminas hidrossolúveis**. In: DUTRA DE OLIVEIRA, J. E.; MARCHINI, J. S. Ciências nutricionais. São Paulo: Sarvier, 1998. p. 191-208.

WALKER, R. B.; EVERETTE, J. D. Comparative Reaction Rates of Various Antioxidants with ABTS Radical Cation. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 57, p. 1156–1161, 2009.

WU, X.; PRIOR, R. Systematic identification and characterization of anthocyanins by HPLC-ESI-MS/MS in common foods in the United States: fruits and berries. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 53, n. 7, p. 2589-2599, 2005.

ZULUETA, A.; ESTEVE, M. J.; FRIGOLA, A. ORAC and TEAC assays comparison to measure the antioxidant capacity of food products. **Food Chemistry**, v. 114, p. 310-316, 2009.

ZURLO, C.; BRANDÃO, M. **As ervas comestíveis**. Rio de Janeiro: Globo, 1989. p. 167.

CONSTITUINTES QUÍMICOS EM SEIS ESPÉCIES DE FLORES COMESTÍVEIS

RESUMO

O uso de flores comestíveis na culinária vem crescendo no Brasil, visto que estes alimentos podem ser utilizados como opção de ingrediente em diversas preparações. Desta forma, o objetivo deste trabalho foi determinar a composição centesimal, minerais e as características físico-químicas em seis flores comestíveis. Foram avaliados três lotes da safra 2013, das flores *in natura*: alcachofra (*Cynara scolymus L.*), amor-perfeito (*Viola tricolor L.*), brócolis (*Brassica oleracea L. var. itálica*), calêndula (*Calêndula officinalis L.*), capuchinha (*Tropaeolum majus L.*) e couve-flor (*Brassica oleracea L. var. botrytis*). Determinaram-se umidade, cinzas, lipídios, proteínas, fibra bruta, cálcio, sódio, fósforo, manganês, pH, acidez total titulável e sólidos solúveis totais e, calcularam-se os carboidratos e o valor calórico total. A quantidade de cinzas variou de 0,56 a 1,24 %, sendo que a alcachofra e o brócolis apresentaram os maiores teores. As duas espécies com os menores percentuais de lipídios são o brócolis e a couve-flor. Com relação à quantidade de proteínas, o brócolis ($3,87 \pm 0,21$ %), a alcachofra ($3,10 \pm 0,06$ %) e o amor-perfeito ($2,15 \pm 0,07$ %) obtiveram os maiores teores. Os percentuais de carboidratos das flores estudadas variaram de 0,74 (brócolis) a 12,86 % (alcachofra). Para o conteúdo de fibras, a alcachofra ($3,50 \pm 0,11$ %), a capuchinha ($2,79 \pm 0,14$ %) e o brócolis ($2,07 \pm 0,16$ %) apresentaram os maiores valores entre as flores avaliadas. As flores comestíveis alcachofra e amor-perfeito apresentaram os maiores valores calóricos. A alcachofra e o brócolis apresentaram maior teor de cálcio (83,94 mg/ 100 g e 79,93 mg/ 100 g); o brócolis e a couve-flor de fósforo (78,28 mg/ 100 g e 57,85 mg/ 100 g); o brócolis obteve a maior quantidade de manganês (35,08 mg/ 100 g) e a alcachofra e o brócolis de sódio (60,54 mg/ 100 g e 25,58 mg/ 100 g). O pH das flores comestíveis variou de 5,1 a 6,0, ou seja, ligeiramente ácido. Das seis flores estudadas, a alcachofra foi aquela que continha o menor teor de sólidos solúveis totais (0,3 °Brix) e a maior acidez total titulável (0,89 g de ácido cítrico/ 100 g). Os resultados obtidos indicaram que a composição centesimal das flores comestíveis foram similares as das frutas e hortaliças, possibilitando sua utilização na alimentação e a alcachofra e o brócolis se destacaram pelo teor de minerais.

Palavras-chave: Composição Centesimal. Minerais. pH. Sólidos Solúveis Totais. Acidez Total Titulável.

ABSTRACT

The use of edible flowers in cooking is growing in Brazil, as these foods can be used as an option of an ingredient in various preparations. Thus, the aim of this study was to determine the proximate composition, minerals and physicochemical characteristics in six edible flowers. Three different batches of the crop in 2013, fresh flowers: artichoke (*Cynara scolymus* L.), pansy (*Viola tricolor* L.), broccoli (*Brassica oleracea* L. var. *Italic*), marigold (*Calendula officinalis* L.), nasturtium (*Tropaeolum majus* L.) and cauliflower (*Brassica oleracea* L. var. *botrytis*). Were determined moisture, ash, fat, protein, crude fiber, calcium, sodium, phosphorus, manganese, pH, titratable acidity and total soluble solids, and calculated the carbohydrate and total caloric value. The ash content ranged from 0.56 to 1.24 %, and the artichoke and broccoli showed the highest levels. The two species with the lowest percentage of lipids are the broccoli and cauliflower. With respect to the amount of protein, broccoli (3.87 ± 0.21 %), artichoke (3.10 ± 0.06 %) and pansy (2.15 ± 0.07 %) had the highest levels. The percentages of carbohydrates flowers studied ranged from 0.74 (broccoli) to 12.86 % (artichoke). For the fiber content, the artichoke (3.50 ± 0.11 %), the capuchin (2.79 ± 0.14 %) and broccoli (2.07 ± 0.16 %) showed the highest values among the flowers evaluated. Edible flowers and artichoke pansy had the highest caloric values. The artichoke and broccoli had higher calcium content (83.94 mg/ 100 g and 79.93 mg/ 100 g), broccoli and cauliflower phosphorus (78.28 mg/ 100 g and 57,85 mg/ 100 g), broccoli had the highest amount of manganese (35.08 mg/ 100 g) and sodium broccoli and artichoke (60.54 mg/ 100 g and 25.58 mg/ 100 g). The pH of the edible flowers ranged from 5.1 the 6.0, which was slightly acidic. Six flowers studied, the artichoke had the lowest content of soluble solids (0.3 °Brix) and higher titratable acidity (0.89 g of citric acid/ 100 g). The results indicated that the chemical composition of edible flowers were similar to those of fruits and vegetables, allowing its use in food and artichokes and broccoli stood out for mineral content.

Keywords: Proximate Composition. Minerals. pH. Total Soluble Solids. Total Titratable Acidity.

1. INTRODUÇÃO

As flores comestíveis estão sendo cada vez mais estudadas nos Estados Unidos (KURILICH et al., 1999), Índia, (SINGH, KAWATRA, SEHGAL, 2000), Espanha (LOPEZ-BERENGUER et al., 2007), Itália (MIGLIO et al., 2008) e Tailândia (KAISOON et al., 2011), sendo geralmente consumidas nas formas fresca, assada ou cozida; em preparações adicionadas a recheios, saladas, sanduíches e sopas; para fazer doces e bebidas, como compotas, geléias, infusões alcoólicas e refrescos (KELLEY et al., 2003).

No Brasil, as flores comestíveis ainda são pouco conhecidas e mais usadas com fins decorativos, devido as suas características sensoriais atrativas, como aparência, aroma, cor e sabor (FELIPPE, 2003). Apesar de poderem ser utilizadas para fins alimentícios, possuem alta quantidade de água (aproximadamente 91,2 % de umidade) e pequenas quantidades de proteínas (1,84-2,82 %), lipídios (0,37-0,45 %), carboidratos (4,11-6,64 %), cinzas (0,6-0,8 %), fibras (2,3-2,6 %) e calorias (em torno de 34-53 kcal/100 g do produto cru) (IBGE, 1999; TACO, 2011).

Além disso, os minerais são compostos inorgânicos importantes para nosso organismo, pois este não é capaz de sintetizar (LEHNINGER, 1995). O conhecimento de alimentos que contém minerais é essencial visto que estes elementos apresentam várias funções em nosso organismo como eletrólitos intra e extracelulares, enzimas e constituintes de ossos e dentes, dentre outros (WHITE, BROADLEY, 2005).

Vale ressaltar que já foram feitas pesquisas científicas avaliando a composição nutricional de flores comestíveis, porém ainda são poucos os estudos nacionais e apenas algumas flores foram analisadas. Desta forma, determinaram-se a composição centesimal, os minerais cálcio, fósforo, mangânes e sódio, e as características físico-químicas da alcachofra (*Cynara scolymus L.*), amor-perfeito (*Viola tricolor L.*), brócolis (*Brassica oleracea L. var. itálica*), calêndula (*Calêndula officinalis L.*), capuchinha (*Tropaeolum majus L.*) e couve-flor (*Brassica oleracea L. var. botrytis*).

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. AMOSTRAS DE FLORES COMESTÍVEIS

Foram avaliados três lotes da safra 2013, das flores comestíveis *in natura* alcachofra (*Cynara scolymus L.*), amor-perfeito (*Viola tricolor L.*), brócolis (*Brassica oleracea L. var. itálica*), calêndula (*Calêndula officinalis L.*), capuchinha (*Tropaeolum majus L.*) e couve-flor (*Brassica oleracea L. var. botrytis*), obtidas de uma empresa de horticultura, localizada no município de Campo Limpo Paulista/ São Paulo. As flores foram selecionadas e escolhidas aleatoriamente independente do grau de maturação, higienizadas em água corrente e armazenadas congeladas (-18°C) até a realização das análises.

As análises foram realizadas em triplicata, no Laboratório de Análises de Alimentos, da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (UNESP) – Araraquara/ SP, utilizando a parte comestível das flores morfológicamente perfeitas. Para as análises da capuchinha (*Tropaeolum majus L.*) utilizou-se a mistura das flores nas cores amarela, laranja e vermelha.

2.2. MÉTODOS

2.2.1. Determinação da Composição Centesimal em Flores Comestíveis

Todas as determinações, exceto da umidade, foram realizadas com amostras secas. Foram quantificadas umidade, cinzas, lipídios, proteínas e fibras e, calculados a fração de carboidratos e o valor energético de acordo com os métodos propostos pelo Instituto Adolf Lutz (2005). Os resultados de umidade, cinzas, lipídios, proteínas, fibras e carboidratos foram expressos em % de flor comestível e o valor energético total em kcal/ 100 g de flor comestível.

2.2.2. Determinação dos Minerais Cálcio, Fósforo, Manganês e Sódio em Flores Comestíveis

Para as determinações de cálcio, fósforo, mangânes e sódio, foi utilizado um espectrômetro de absorção atômica (modelo SpectrAA 110, Varian). Para a construção

das curvas de calibração, foram utilizadas ampolas de padrões para absorção atômica (Merck), devidamente diluídas com água deionizada. Os resultados das determinações dos minerais foram expressos em mg/ 100 g de peso seco de flor comestível.

2.2.3. Determinação de pH, Acidez Total Titulável e Sólidos Solúveis Totais em Flores Comestíveis

O pH foi quantificado em solução, utilizando o pHmetro previamente calibrado (Metler-Toledo) (AOAC, 1995). A acidez total titulável foi determinada através de titulação e os resultados foram expressos por g de ácido cítrico/ 100 g de flor comestível (AOAC, 1995). Os sólidos solúveis totais (a 25^oC) foram quantificados por leitura direta, feita em refratrômetro de bancada (Abbe) e os resultados foram expressos ^oBrix (AOAC, 1995).

2.3. ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os resultados, expressos como média \pm desvio-padrão da média, foram analisados usando o *software Sigma Stat*® (versão 2.03). A Análise de Variância (ANOVA) e o Teste de Diferença Significativa de Tukey foram usados para comparar os resultados da composição centesimal, da quantidade de minerais e das características físico-químicas entre as flores avaliadas. O nível de significância foi estabelecido em $p \leq 0,05$.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. COMPOSIÇÃO CENTESIMAL EM FLORES COMESTÍVEIS

Com o objetivo de caracterizar as amostras foi determinada a composição centesimal das seis espécies de flores comestíveis estudadas e os resultados estão apresentados na Tabela 1. Todas as flores comestíveis avaliadas estavam *in natura* e apresentaram elevado teor de umidade, variando de 78,89 a 93,38 %, sendo que a couve-flor obteve o maior (93,38 \pm 0,46 %) e a alcachofra o menor porcentual (78,89 \pm

1,47 %). A quantidade de cinzas encontrada nas flores comestíveis variou de 0,56 a 1,24 %, sendo que a alcachofra (1,24 %) e o brócolis (1,14 %) obtiveram os maiores teores.

Com relação aos macronutrientes, as duas espécies de flores comestíveis com os menores percentuais de lipídios são o brócolis e a couve-flor (0,15 e 0,19 %, respectivamente). O brócolis ($3,87 \pm 0,21$ %), a alcachofra ($3,10 \pm 0,06$ %) e o amor-perfeito ($2,15 \pm 0,07$ %) obtiveram os maiores teores de proteínas em relação as outras espécies avaliadas ($p \leq 0,05$). Os percentuais de carboidratos das flores estudadas foram os valores que mais variaram, sendo de 0,74 (brócolis) a 12,86 % (alcachofra). Destaca-se a alcachofra que apresentou o teor de carboidratos de 1,55 a 17,37 vezes superior às outras espécies estudadas (Tabela 1).

Para o conteúdo de fibras, o amor-perfeito ($1,19 \pm 0,05$ %), a calêndula ($1,40 \pm 0,21$ %) e a couve-flor ($1,43 \pm 0,28$ %) não apresentaram diferença ($p > 0,05$) e a alcachofra ($3,50 \pm 0,11$ %), a capuchinha ($2,79 \pm 0,14$ %) e o brócolis ($2,07 \pm 0,16$ %) apresentaram os maiores valores ($p \leq 0,05$) entre as flores avaliadas. A alcachofra e o amor-perfeito apresentaram o maior valor energético, $69,15 \pm 0,03$ kcal/ 100 g e $47,36 \pm 0,06$ kcal/ 100 g, respectivamente (Tabela 1).

Tabela 1: Composição centesimal e valor energético de seis espécies de flores comestíveis, cultivadas em São Paulo, expressa em 100 g de flor comestível, Araraquara, 2013.^{1,2}

Flores Comestíveis	Composição Centesimal							Valor energético (kcal)
	Umidade (%)	Cinzas (%)	Lípidios (%)	Proteínas (%)	Carboidratos (%)	Fibras (%)		
Alcachofra	78,89 ± 1,47 ^c	1,24 ± 0,03 ^a	0,59 ± 0,07 ^a	3,10 ± 0,06 ^b	12,86 ± 1,42 ^a	3,50 ± 0,11 ^a	69,15 ± 0,03 ^a	
Amor perfeito	87,19 ± 0,98 ^b	0,56 ± 0,04 ^e	0,64 ± 0,03 ^a	2,15 ± 0,07 ^c	8,25 ± 1,03 ^b	1,19 ± 0,05 ^e	47,36 ± 0,06 ^b	
Brócolis	92,62 ± 0,34 ^a	1,14 ± 0,07 ^b	0,15 ± 0,03 ^c	3,87 ± 0,21 ^a	0,74 ± 1,20 ^e	2,07 ± 0,16 ^c	19,79 ± 0,10 ^d	
Calêndula	89,28 ± 0,56 ^b	0,82 ± 0,05 ^c	0,38 ± 0,03 ^b	1,45 ± 0,11 ^d	6,65 ± 2,58 ^b	1,40 ± 0,2 ^d	35,82 ± 0,5 ^c	
Capuchinha	90,65 ± 0,50 ^a	0,69 ± 0,03 ^d	0,34 ± 0,01 ^b	1,35 ± 0,05 ^{d,e}	4,52 ± 0,68 ^c	2,79 ± 0,14 ^b	26,54 ± 0,85 ^c	
Couve-flor	93,38 ± 0,46 ^a	0,92 ± 0,06 ^c	0,19 ± 0,02 ^c	1,19 ± 0,08 ^e	2,88 ± 1,12 ^d	1,43 ± 0,28 ^d	17,99 ± 0,05 ^d	

¹Média ± desvio padrão da média de três repetições, expresso em peso seco, exceto para umidade, e ² Médias com letras diferentes, na mesma coluna, diferem significativamente pelo Teste de Tukey (p ≤ 0,05).

As flores comestíveis estudadas apresentam alto teor de umidade (Tabela 1), estes resultados estão de acordo com os encontrados por Gazim et al., (2007) e Pallone, Catharino, Godoy (2008) de 60-95 %. As espécies que apresentaram maior umidade foram couve-flor, brócolis e capuchinha, com $93,38 \pm 0,46$ %; $92,62 \pm 0,34$ % e $90,65 \pm 0,50$ %, respectivamente (Tabela 1), o que está próximo do valor encontrado por Dundar et al. (2012), em cogumelos do sudeste da Turquia (80,86-90,33 %) e por De Souza et al., (2012), em frutos do cerrado (80,16-93,48 %), e bem acima ao dado de Kayode et al. (1998), em sementes de *Telfairia occidentalis*, que é 6,30 %. Os teores de umidade devem ser avaliados, pois estão diretamente relacionados à estabilidade e qualidade de vegetais, já que valores elevados resultam na diminuição do prazo de validade e perda de qualidade em alimentos (ESCOBEDO-AVELLANEDA et al., 2012).

A quantidade de cinzas, nas flores avaliadas no presente estudo, variou de 0,56 a 1,24 %, sendo as flores com os maiores teores a alcachofra (1,24 %) e o brócolis (1,14 %). O amor-perfeito foi a espécie que apresentou o menor teor de cinzas (0,56 %) (Tabela 1), que foi inferior daquele descrito Kayode et al. (1998) em sementes de *Telfairia occidentalis* (3,44 %). Os dados do presente estudo diferem com os encontrados por Guimarães et al. (2010) que avaliaram o conteúdo de minerais em *Rosa micrantha*, que variou de 3,16-6,84 g/ 100 g, ou seja, foi maior que o encontrado nesta pesquisa. Foi relatado que dentre os minerais encontrados pode-se incluir elementos como fósforo, potássio, cálcio, mangânes, ferro, cobre, magnésio e zinco (GUIMARÃES et al., 2010). Longe et al. (1982) também encontraram teores maiores de cinzas para quiabos (12,5-16,7 %) do que o encontrado neste estudo.

Os resultados obtidos mostraram que as flores comestíveis apresentaram teores de lipídios entre 0,15 a 0,64 % (Tabela 1). De forma geral, as variedades brócolis e couve-flor tiveram os menores teores (0,15 e 0,19 %) e a alcachofra e o amor-perfeito os maiores teores (0,59 e 0,64 %), com quantidades significativamente iguais ($p > 0,05$). O amor-perfeito apresentou quantidade inferior (0,64 %) à observada por Mosele et al. (2011) em leguminosas imaturas (1,5 %), mas superior à descrita por Montaña, Bonifácio, Rumbaoa (1999) em sementes de ervas marinhas (0,2 %).

Com relação a quantidade de proteínas, o brócolis, alcachofra e amor-perfeito apresentaram teores diferentes e significativamente maiores que as outras espécies

avaliadas ($p \leq 0,05$). Já a couve-flor apresentou o menor porcentual de proteínas (1,19 % (Tabela 1), o que é bem inferior ao encontrado por Mosele et al. (2011) em leguminosas imaturas (21 %) e por Din & El-Sherif (2012) em algas (3,87-27,65 %). Os teores de proteínas encontrados no presente estudo, também estão bem abaixo do encontrado por Sotelo, Lopez-Garcia, Basurto-Pena, (2007), em 8 flores comestíveis consumidas no México. O teor de proteína bruta variou de 113 a 275 g/ kg de peso seco e em cinco amostras o aminoácido limitante foi a lisina, e em três delas o triptofano.

A quantidade de carboidratos variou bastante, de 0,74 a 12,86 % (Tabela 1), estando abaixo do encontrado por Neelu (2011), em frutas silvestres comestíveis (18,93 %), exceto para alcachofra (12,86 %), que apresentou teores próximos aos encontrados no estudo citado. Na determinação de carboidratos, todas as espécies apresentaram diferença estatística significativa ($p \leq 0,05$), exceto o amor-perfeito e a calêndula. A variedade brócolis foi aquela que apresentou o menor teor de carboidratos (0,74 %). Destacou-se a espécie alcachofra, com valores 1,55 a 17,37 vezes superior às outras espécies estudadas, mas similar ao encontrado por Longe et al. (1982) em quiabos (11,2-13,1 %). A composição química da *Rosa micrantha*, de origem Portuguesa, foi avaliada, como no presente estudo, o carboidrato foi o macronutriente mais abundante, sendo superior a 88,7 g/ 100 g (GUIMARÃES et al., 2010).

Os valores encontrados referentes às fibras variaram dentre as espécies de 1,19 a 3,50 %. A alcachofra, a capuchinha e o brócolis apresentaram os maiores valores de fibras entre as flores analisadas, que são diferentes ($p \leq 0,05$). A calêndula e a couve-flor apresentaram valores iguais ($p > 0,05$) (1,40 % e 1,43 %), o que diferiu ($p \leq 0,05$), do valor encontrado para o amor-perfeito (1,19 %) (Tabela 1). Montaña, Bonifácio, Rumbaoa (1999) obtiveram em suas pesquisas com sementes de ervas marinhas um valor para fibras intermediário (2,4 %) ao encontrado neste trabalho. Apesar das flores avaliadas não poderem ser consideradas fonte de fibras, a ingestão destes vegetais pode auxiliar a atingir a recomendação diária e trazer benefícios à saúde da população (MICHELS et al., 2005).

As flores comestíveis alcachofra e amor-perfeito apresentaram o maior valor energético entre as flores avaliadas, $69,15 \pm 0,03$ kcal/ 100 g e $47,36 \pm 0,06$ kcal/ 100 g, respectivamente. As flores que apresentaram o menor conteúdo energético possuem o

maior porcentual de umidade, como por exemplo, a couve-flor e brócolis, com $17,99 \pm 0,05$ e $19,79 \pm 0,10$ kcal/ 100 g de valor energético e $93,38 \pm 0,46$ e $92,62 \pm 0,34$ % de umidade, respectivamente (Tabela 1). Estes valores encontrados corroboram com os da pesquisa desenvolvida por Dundar et al. (2012) em cogumelos do sudeste da Turquia (34-64 kcal/ 100 g). As flores comestíveis por possuírem teores reduzidos de calorias (GAZIM et al., 2007) e boa aceitação (KATHLEEN et al., 2001), podem ser utilizadas como alternativa em dietas para perda ou manutenção de peso (EVANS, 1993).

3.2. MINERAIS EM FLORES COMESTÍVEIS

A Tabela 2 mostra a quantidade encontrada dos minerais cálcio, fósforo, mangânes e sódio nas espécies de flores comestíveis estudadas. A concentração do mineral cálcio variou de 17,46 a 83,94 mg/ 100 g. A alcachofra, o brócolis e a calêndula apresentaram os maiores teores de cálcio dentre as flores estudadas, sendo $83,94 \pm 2,4$ mg/ 100 g; $79,93 \pm 2,0$ mg/ 100 g e $41,37 \pm 2,1$ mg/ 100 g, respectivamente. Os teores de cálcio da alcachofra e do brócolis não diferiram ($p > 0,05$) e as quantidades de cálcio do amor-perfeito e da capuchinha também não diferiram ($p > 0,05$) e foram maiores que o encontrado na couve-flor, que apresentou o menor teor de cálcio dentre as flores estudadas ($17,46 \pm 1,0$ mg/ 100 g) (Tabela 2).

O brócolis, a couve-flor e a alcachofra apresentaram os maiores teores de fósforo $78,28$ mg/ 100 g; $57,85$ mg/ 100 e $42,03$ mg/ 100 g, respectivamente, que são diferentes entre si ($p \leq 0,05$) e a calêndula, a capuchinha e o amor-perfeito apresentaram valores bem inferiores e estatisticamente iguais ($10,82 \pm 0,44$ mg/ 100 g; $9,55$ mg/ 100 g $\pm 0,3$ e $8,19 \pm 0,59$ mg/ 100 g, respectivamente) ($p > 0,05$) (Tabela 2).

Para o mineral manganês, destaca-se o brócolis que apresentou o maior teor ($35,08 \pm 1,77$ mg/ 100 g) ($p \leq 0,05$), com quantidade de 135 a 1.754 vezes superior as demais flores analisadas. A alcachofra e a couve-flor, e o amor-perfeito e a capuchinha não apresentaram diferença nos teores de manganês e a calêndula apresentou o menor valor ($0,02 \pm 0,02$ mg/ 100 g) (Tabela 2).

A alcachofra e o brócolis apresentaram a quantidade de sódio bem superior ($60,54$ mg/ 100 g e $25,58$ mg/ 100 g, respectivamente) as demais flores avaliadas (de

0,96 a 2,52 mg/ 100 g). O amor-perfeito e a capuchinha apresentaram os menores teores de sódio com quantidades iguais ($0,96 \pm 0,08$ mg/ 100 g e $0,99 \pm 0,13$ mg/ 100 g, respectivamente – $p > 0,05$) (Tabela 2).

Tabela 2: Quantidade de cálcio, fósforo, mangânes e sódio de seis espécies de flores comestíveis, cultivadas em São Paulo, expressa em mg/ 100 g de peso seco de amostra, Araraquara, 2013.^{1,2}

Flores comestíveis	Minerais			
	Cálcio (mg)	Fósforo (mg)	Mangânes (mg)	Sódio (mg)
Alcachofra	$83,94 \pm 2,4^a$	$42,03 \pm 1,82^b$	$0,26 \pm 0,04^b$	$60,54 \pm 1,21^a$
Amor perfeito	$30,24 \pm 3,6^c$	$8,19 \pm 0,59^d$	$0,11 \pm 0,02^c$	$0,96 \pm 0,08^e$
Brócolis	$79,93 \pm 2,0^a$	$78,28 \pm 0,95^a$	$35,08 \pm 1,77^a$	$25,58 \pm 1,96^b$
Calêndula	$41,37 \pm 2,1^b$	$10,82 \pm 0,44^d$	$0,02 \pm 0,02^d$	$1,22 \pm 0,15^d$
Capuchinha	$28,42 \pm 2,0^c$	$9,55 \pm 0,3^d$	$0,17 \pm 0,03^c$	$0,99 \pm 0,13^e$
Couve-flor	$17,46 \pm 1,0^d$	$57,85 \pm 1,33^c$	$0,22 \pm 0,02^b$	$2,52 \pm 0,17^c$

¹Média \pm desvio padrão da média de três repetições, e ² Médias com letras diferentes, na mesma coluna, diferem significativamente pelo Teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

A alcachofra, o brócolis e a calêndula apresentaram os maiores teores de cálcio dentre as flores estudadas ($83,94 \pm 2,4$ mg/ 100 g; $79,93 \pm 2,0$ mg/ 100 g e $41,37 \pm 2,1$ mg/ 100 g, respectivamente) (Tabela 2), estes valores são bem inferiores ao achado por Uusiku et al. (2010) em legumes africanos (226 mg/ 100 g) e próximos aos encontrados por Montaña, Bonifácio, Rumbaoa (1999), em sementes de ervas marinhas (93,3 mg/ 100 g).

As sementes de ervas marinhas apresentaram valores de fósforo superiores (239,2 mg/ 100 g) (MONTAÑO, BONIFÁCIO, RUMBAOA, 1999) e os frutos do cerrado valores semelhantes (34,95 mg/ 100 g) (DE SOUZA et al., 2012) àqueles encontrados no presente estudo para brócolis, couve-flor e alcachofra ($78,28$ mg/ 100 g; $57,85$ mg/ 100 g e $42,03$ mg/ 100 g, respectivamente) que apresentaram os maiores teores deste mineral entre as flores avaliadas (Tabela 2).

Para os minerais manganês e sódio, destaca-se o brócolis que apresentou elevados teores ($35,08 \pm 1,77$ mg/ 100 g e 25,58 mg/ 100 g, respectivamente) (Tabela 2).

3.3. CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS EM FLORES COMESTÍVEIS

Estão descritas na Tabela 3, as características físico-químicas das seis espécies de flores comestíveis analisadas. Todas as flores apresentaram pH ligeiramente ácido, variando de 5,1 a 6,0. A capuchinha apresentou o menor valor de pH (5,1), que não diferiu ($p > 0,05$) do amor-perfeito e da calêndula, ambos com pH 5,5. A alcachofra e a couve-flor apresentaram o maior valor de pH, ambos com valor de 6,0.

A alcachofra apresentou o menor teor de sólidos solúveis totais ($0,3$ °Brix) em relação às outras flores avaliadas ($0,6-0,7$ °Brix). Não houve diferença ($p > 0,05$) para os sólidos solúveis totais nas amostras de amor-perfeito, brócolis, calêndula, capuchinha e couve-flor (Tabela 3).

A acidez total titulável expressa em ácido cítrico foi à característica físico-química que mais variou entre as flores avaliadas, sendo que os valores situaram entre 0,21 e 0,89 g de ácido cítrico/ 100 g. A alcachofra apresentou o maior (0,89 g de ácido cítrico/ 100 g de flor comestível) e o amor-perfeito o menor valor (0,21 g de ácido cítrico/ 100 g de flor comestível) de acidez total titulável (Tabela 3).

Tabela 3: Características físico-químicas de seis espécies de flores comestíveis, cultivadas em São Paulo, Araraquara, 2013.^{1,2}

Flores comestíveis	Características físico-químicas		
	pH	Sólidos solúveis totais (°Brix)	Acidez total titulável (g de ácido cítrico/ 100 g)
Alcachofra	6,0 ± 0,02 ^a	0,3 ± 0,0 ^b	0,89 ± 0,03 ^a
Amor perfeito	5,5 ± 0,01 ^b	0,7 ± 0,0 ^a	0,21 ± 0,03 ^e
Brócolis	5,9 ± 0,02 ^a	0,6 ± 0,0 ^a	0,33 ± 0,03 ^d
Calêndula	5,5 ± 0,12 ^b	0,6 ± 0,0 ^a	0,42 ± 0,03 ^c
Capuchinha	5,1 ± 0,04 ^b	0,6 ± 0,0 ^a	0,54 ± 0,03 ^b
Couve-flor	6,0 ± 0,04 ^a	0,6 ± 0,0 ^a	0,55 ± 0,03 ^b

¹Média ± desvio padrão de três repetições, e ² Médias com letras diferentes, na mesma coluna, diferem significativamente pelo Teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

A alcachofra e a couve-flor apresentaram o maior valor de pH (6,0) (Tabela 3), que foi igual ao encontrado por Mohanty et al. (2009) em flores de Mahula (*Madhuca latifolia* L.) e superior ao encontrado por Champagne & Gardner (2008) em uma bebida a base de frutas (pH igual a 4,2).

A alcachofra apresentou o menor teor de sólidos solúveis totais (0,3 °Brix) e a maior acidez total titulável (0,89 g de ácido cítrico/ 100 g de flor comestível) e o amor-perfeito apresentou o maior teor de sólidos solúveis totais (0,7 °Brix) e a menor acidez total titulável (0,21 g de ácido cítrico/ 100 g de flor comestível) (Tabela 3). O teor de sólidos solúveis totais nos fornece um indicativo da quantidade de açúcares presente nos vegetais. Com a maturação, estes valores tendem a aumentar devido à biossíntese ou à degradação de amido em açúcares, enquanto a acidez total titulável normalmente diminui (BASHIR et al., 2003), o que aumenta o sabor doce e diminui o sabor azedo dos alimentos (AZZOLINI et al., 2004; CAVALINI et al., 2006).

Os sólidos solúveis totais obtidos na análise das flores comestíveis apresentam-se bem abaixo aos valores relatados para amostras de produtos concentrados de tomate com teor de sólidos variando de 6,9-35,9 % (PEDRO & FERREIRA, 2007) e para quatro cultivares de morango (4,43 a 7,80 %) (RESENDE et al., 2010).

4. CONCLUSÕES

As flores estudadas apresentaram quantidade de cinzas, lipídios, proteínas, carboidratos, fibras e valor energético similares as de frutas e hortaliças. A alcachofra e o brócolis apresentaram os maiores teores de cálcio e sódio, e o brócolis de fósforo e mangânes, se destacando pela quantidade de minerais. O pH das flores variou entre 5,0 e 6,0, e a alcachofra possui o menor teor de sólidos solúveis totais e a maior acidez total titulável.

5. REFERÊNCIAS

AOAC - **International Official methods of analysis of AOAC International** (vol. II). Gaithersburg: AOAC International, 1995.

AZZOLINI, M.; JACOMINO, A. P.; BRON, I. U. Índices para avaliar qualidade pós colheita de goiabas em diferentes estádios de maturação. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 39, p. 139-145, 2004.

BASHIR, H. A.; ABU-GOUKH, A. B. A. Compositional changes during guava fruit ripening. **Food Chemistry**, v. 80, p. 557-563, 2003.

CAVALINI, F. C.; JACOMINO, A. P.; LOCHOSKI, M. A.; KLUGE, R. A.; ORTEGA, E. M. M. Maturity indexes for 'Kumagai' and 'Paluma' Guavas. Índices de maturidade para goiabeiras 'Kumagai' e 'Paluma'. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 28, 2006.

CHAMPAGNE, C. P. ; GARDNER, N. J. Effect of storage in a fruit drink on subsequent survival of probiotic lactobacilli to gastro-intestinal stresses. **Food Research International**, v. 41, n. 5, p. 539-543, 2008.

DE SOUZA, V. R.; PEREIRA, P. A. P.; QUEIROZ, F.; BORGES, S. V.; DE DEUS, S. C. J. Determination of bioactive compounds, antioxidant activity and chemical composition of Cerrado Brazilian fruits. **Food Chemistry**, v. 134, n. 1, p. 381-386, 2012.

DUNDAR, A.; YESIL, O. F.; ACAY, H.; OKUMUS, V.; OZDEMIR, S.; YILDIZ, A. Antioxidant properties, chemical composition and nutritional value of *Terfezia boudieri* (Chatin) from Turkey. **Food Science and Technology International**, v. 18, n. 4, p. 317-328, 2012.

ENDEF – Estudo Nacional de Despes Familiar. **Tabela de Composição de Alimentos/IBGE**. 4. ed. Rio de Janeiro: IBGE, 1999.

ESCOBEDO-AVELLANEDA, Z.; VELAZQUEZ, G.; TORRES, J. A.; WELTI-CHANES, J. Inclusion of the variability of model parameters on shelf-life estimations for low and intermediate moisture vegetables. **LWT - Food Science and Technology**, v. 47, n. 2, p. 364-370, 2012.

EVANS, R. D. Flowers as food. **Small Farm Today**, v. 10, n. 2, p. 18–21, 1993.

FELIPPE, G. **Entre o jardim e a horta: as flores que vão para a mesa**. São Paulo: SENAC, 2003.

GAZIM, Z. C.; FERREIRA, G. A.; REZENDE, C. M.; NAKAMURA, C. V.; DIAS FILHO, B. P.; CORTEZ, D. A. G. Identificação dos constituintes químicos da fração volátil da *Calendula officinalis* produzida no Paraná. **Horticultura Brasileira**, v. 25, p. 118-121, 2007.

GUIMARÃES, R.; BARROS, L.; CARVALHO, A.; FERREIRA, I. C. F. R. Studies on chemical constituents and bioactivity of *Rosamicrantha*: An alternative antioxidants source for food, pharmaceutical, or cosmetic applications. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 58, p. 6277–6284, 2010.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. Brasil - Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária - **Métodos Físico-Químicos para Análise de Alimentos**. IV ed. Brasília: Ministério da Saúde, 2005.

KAISOON, O.; SIRIAMORNPNUN, S.; WEERAPREEYAKUL, N.; MEESO, N. Phenolic compounds and antioxidant activities of edible flowers from Thailand. **Journal of Functional Foods**, p. 88-99, 2011.

KATHLEEN, M. K., BRIDGET, K. B., JOHN A. B. Consumer and Professional Chef Perceptions of Three Edible-flower Species. **Hortscience**, v. 36, n. 1, p. 162–166, 2001.

KELLEY, K. A.; CAMERON, A. C.; BIERNBAUM, J. A.; POFF, K. L. Effect of storage temperature on the quality of edible flowers. **Postharvest Biology and Technology**. Michigan State University, East Lansing. v. 27, p. 341-344, 2003.

KURILICH, A. C.; TSAU, G. J.; BROWN, A.; HOWARD, L.; KLEIN, B. P.; JEFFERY, E. H.; KUSHAD, M.; WALLIG, M. A.; JUVIK, J. A. Carotene, tocopherol, and ascorbate contents in subspecies of *Brassica oleracea*. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 47, p. 1576–1581, 1999.

LEHNINGER, A. L.; NELSON, D. L.; COX, M. M. **Princípios de bioquímica**. 2. ed. São Paulo: Sarvier, 1995.

LONGE, O. G.; FETUGA, B. L.; AKEN'OVA, M. E. Changes in the composition and carbohydrate constituents of okra (*Abelmoschus esculentus*, Linn.) with age. **Food Chemistry**, v. 8, n. 1, p. 27-32, 1982.

LÓPEZ-BERENGUER, C.; CARVAJAL, M.; MORENO, D. A.; GARCIA-VIGUERA, C. Effects of microwave cooking conditions on bioactive compounds present in broccoli inflorescences. **Journal Agricultural Food Chemistry**, v. 55, n. 24, p. 10001–10007, 2007.

MICHELS, K. B.; FUCHS, C. S.; GIOVANNUCCI, E.; COLDIT, A.; HUNTER, D. J.; STAMPFER, M. J.; WILLETT, W. C.; Fiber intake and incidence of colorectal cancer among 76,947 women and 47,279 men. **Cancer Epidemiology Biomarkers & Prevention**, Philadelphia, v. 14, p. 842-849, 2005.

MIGLIO, C. et al. Efeitos de diferentes métodos de cocção sobre nutricionais e características físico-químicas de legumes selecionados. **Journal of Agriculture and Food Chemistry**, v. 56, p. 139-147, 2008.

MOSELE, M. M.; HANSEN, Å. S.; HANSEN, M.; SCHULZ, A.; MARTENS, H. J. Proximate composition, histochemical analysis and microstructural localisation of nutrients in immature and mature seeds of marama bean (*Tylosema esculentum*) – An underutilised food legume. **Food Chemistry**, v. 127, n. 4, p. 1555-1561, 2011.

MONTAÑO, M. N. E.; BONIFACIO, R. S.; RUMBAOA, R. G. O. Proximate analysis of the flour and starch from *Enhalus acoroides* (L.f.) Royle seeds. **Aquatic Botany**, v. 65, n. 1, p. 321-325, 1999.

MOHANTY, S. K.; BEHERA, S.; SWAIN, M. R.; RAY, R. C. Bioethanol production from mahula (*Madhuca latifolia* L.) flowers by solid-state fermentation. **Applied Energy**, v. 86, n. 5, p. 640-644, 2009.

NEELU, S. Wild edible plants: a potential source of nutraceuticals. **International Journal of Pharma Sciences and Research**, v. 2, n. 12, p. 216, 2011.

PALLONE, J. A. L.; CATHARINO, R. R.; GODOY, H. T. Folatos em broccolis convencional e organic e perdas no processo de cocção em água. **Química Nova**, v. 31, p. 530-535, 2008.

PEDRO, A. M. K.; FERREIRA, M. M. C. Simultaneously calibrating solids, sugars and acidity of tomato products using PLS2 and NIR spectroscopy. **Analytica Chimica Acta**, v. 595, n. 1-2, p. 221-227, 2007.

RESENDE, J. T. V.; MORALES, R. G. F.; FARIA, M. V.; RISSINI, A. L. L.; CAMARGO, L. K. P.; CAMARGO, C. K. Produtividade e teor de sólidos solúveis de frutos de cultivares de morangueiro em ambiente protegido. **Horticultura Brasileira**, v. 28, p. 185-189, 2010.

SINGH, G.; KAWATRA, A.; SEHGAL, S. Nutritional composition of selected green leaf vegetables, herbs and carrots. **Plants Foods for Human Nutrition**, v. 56, p. 359-364, 2000.

SOTELO, A.; LÓPEZ-GARCÍA, S.; BASURTO-PEÑA, F. Content of Nutrient and Antinutrient in Edible Flowers of Wild Plants in Mexico. **Plant Foods for Human Nutrition**, v. 62, p. 133-138, 2007.

TACO - **TABELA BRASILEIRA DE COMPOSIÇÃO DE ALIMENTOS**/ NEPA. 4. ed. rev. e amp. Campinas: NEPA-UNICAMP, 2011.

UUSIKU, N. P.; OELOFSE, A.; DUODU, K. G.; BESTER, M. J.; FABER, M. Nutritional value of leafy vegetables of sub-Saharan Africa and their potential contribution to human health: a review. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 23, p. 499–509, 2010.

WHITE, P. J.; BROADLEY, M. R. Biofortifying crops with essential mineral elements. **Trends Plant Science**, v. 10, p. 586–593, 2005.

**COMPOSTOS BIOATIVOS E
ATIVIDADE ANTIOXIDANTE EM
SEIS VARIEDADES DE FLORES
COMESTÍVEIS**

RESUMO

O aumento da utilização de flores comestíveis em preparações se deve ao conhecimento das suas propriedades antioxidantes decorrentes da presença de compostos bioativos em sua composição. Os compostos bioativos são substâncias que evitam ou retardam a oxidação de um substrato, garantindo a integridade celular, reparando lesões causadas pelos radicais livres e prevenindo várias doenças crônicas degenerativas. Desta forma, os objetivos deste estudo são quantificar alguns compostos bioativos e a atividade antioxidante em seis espécies de flores comestíveis. Foram avaliados três lotes da safra 2013, das flores *in natura*: alcachofra (*Cynara scolymus* L.), amor-perfeito (*Viola tricolor* L.), brócolis (*Brassica oleracea* L. var. itálica), calêndula (*Calêndula officinalis* L.), capuchinha (*Tropaeolum majus* L.) e couve-flor (*Brassica oleracea* L. var. botrytis). Foram determinados o teor de ácido ascórbico por titulometria e os teores de carotenóides totais, fenólicos totais, flavonóides totais e antocianinas totais por espectroscopia do UV/Visível. A atividade antioxidante equivalente a trolox foi avaliada pelos métodos ácido 2,2-azino-bis-(3-etilbenzoatiazolona)-6-sulfônico (ABTS) e 2,2-difenil-1-picrilidrazilo (DPPH). As análises para quantificação foram feitas em triplicata, utilizando a parte comestível das flores. Os dados foram analisados usando o software *Sigma Stat*® (versão 2.03). O nível de significância foi estabelecido em $p \leq 0,05$. Com os resultados encontrados observou-se que o amor-perfeito e a capuchinha vermelha em comparação as outras flores avaliadas apresentaram os maiores teores de ácido ascórbico ($p \leq 0,05$), 255,96 mg/ 100 g e 128,71 mg/ 100 g, respectivamente. Para os carotenóides totais, a capuchinha amarela apresentou maiores teores (67,92 µg de Equivalente de Atividade de Retinol (RAE)/ 100 g), seguida da calêndula (17,28 µg RAE/ 100 g) e do amor-perfeito (15,00 µg RAE/ 100 g). As flores capuchinha laranja, couve-flor e alcachofra não apresentaram diferenças ($p > 0,05$) e tiveram as menores quantidades de carotenóides, com 2,77 µg RAE/ 100 g; 3,02 µg RAE/ 100 g e 5,72 µg RAE/ 100 g, respectivamente. O conteúdo de fenólicos totais variou de 1.190 a 3.870 mg de Equivalente de Ácido Gálico (EAG)/ 100 g, sendo maior ($p \leq 0,05$) no brócolis ($3.870 \pm 0,54$ mg EAG/ 100 g), amor-perfeito ($3.710 \pm 0,35$ mg EAG/ 100 g) e alcachofra ($3.100 \pm 0,55$ mg EAG/ 100 g). A capuchinha amarela e o amor-perfeito apresentaram o maior teor de flavonóides totais ($p \leq 0,05$) em relação as outras flores avaliadas. A capuchinha vermelha destacou-se pela maior quantidade de antocianinas totais (6.120 mg/ 100 g), seguida da capuchinha laranja (1.900 mg/ 100 g) e do amor-perfeito (940 mg/ 100 g). Em escala decrescente foi possível observar a seguinte ordem para atividade antioxidante: amor-perfeito, alcachofra, calêndula, capuchinha, couve-flor e brócolis. Houve alta correlação positiva entre os conteúdos de ácido ascórbico ($r = 0,949$) e de fenólicos totais ($r = 0,936$) com a atividade antioxidante. O amor-perfeito apresentou o maior teor de compostos bioativos e de atividade antioxidante entre as flores avaliadas.

Palavras-chave: Flores Comestíveis. Compostos Bioativos. Ácido Ascórbico. Carotenóides. Fenólicos. Flavonóides. Antocianinas. Atividade Antioxidante. ABTS. DPPH.

ABSTRACT

The increased use of edible flowers in preparations is due to the knowledge of its antioxidant properties due to the presence of bioactive compounds in its composition. The compounds are bioactive substances that prevent or retard the oxidation of a substrate, assuring cell integrity, repairing injuries caused by free radicals and preventing various degenerative chronic diseases. Thus, the objectives of this study are to quantify some bioactive compounds and antioxidant activity in six species of edible flowers. Three different batches of the crop in 2013, fresh flowers: artichoke (*Cynara scolymus* L.), pansy (*Viola tricolor* L.), broccoli (*Brassica oleracea* L. var. *Italic*), marigold (*Calendula officinalis* L.), nasturtium (*Tropaeolum majus* L.) and cauliflower (*Brassica oleracea* L. var. *botrytis*). We determined the content of ascorbic acid by titration and the concentration of total carotenoids, total phenolics, flavonoids and anthocyanins spectroscopy of UV/ Visible. The trolox equivalent antioxidant activity was evaluated by the methods 2,2-azino-bis (3-ethylbenzoatiazolina)-6-sulfonic acid (ABTS) and 2,2-diphenyl-2-picrilidrazilo (DPPH). The analysis for quantitation were performed in triplicate using the edible flowers. Data were analyzed using Sigma Stat ® software (version 2.03). The level of significance was set at $p \leq 0.05$. Based on the results it was observed that the pansy and nasturtium red compared to other flowers evaluated showed higher content of ascorbic acid ($p \leq 0.05$), 255.96 mg/ 100 g and 128.71 mg/ 100 g, respectively. For carotenoids, the yellow nasturtium with higher contents (67.92 mg of Retinol Activity Equivalents (RAE)/ 100 g), followed by marigold (17.28 mg RAE/ 100 g) and pansy (15.00 mg RAE/ 100 g). The orange nasturtium flowers, cauliflower and artichoke showed no differences ($p > 0.05$) and had smaller amounts of carotenoids with 2.77 mg RAE/ 100 g, 3.02 mg RAE/ 100 g and 5.72 mg RAE/ 100 g, respectively. The total phenolic content ranged 1.190-3.870 mg Acid Gallic Equivalent (GAE)/ 100 g, which was higher ($p \leq 0.05$) in broccoli (3.870 ± 0.54 mg GAE/ 100 g), pansy (3.710 ± 0.35 mg GAE/ 100 g) and artichoke (3.100 ± 0.55 mg GAE/ 100 g). The yellow nasturtium and pansies had the highest total flavonoid content ($p \leq 0.05$) than the other flowers evaluated. The nasturtium red stood for the highest amount of anthocyanins (6.120 mg/ 100 g), followed by orange nasturtium (1,900 mg/ 100 g) and pansy (940 mg/ 100 g). In descending scale was possible to observe the following order for antioxidant activity: pansy, artichoke, marigold, nasturtium, cauliflower and broccoli. There was a high positive correlation between the content of ascorbic acid ($r = 0.949$) and total phenolics ($r = 0.936$) with antioxidant activity. The pansy had the highest content of bioactive compounds and antioxidant activity among the flowers evaluated.

Keywords: Edible Flowers. Ascorbic Acid. Carotenoids. Phenolic Compounds. Flavonoids. Anthocyanins. Antioxidant Activity.

1. INTRODUÇÃO

Os radicais livres são espécies químicas que reagem com compostos que estejam próximos, doando (reduzidor) ou ganhando elétrons (oxidante) (HALLIWEEL & GUTTERIDGE, 1999). Os principais efeitos do estresse oxidativo, ou seja, do acúmulo de radicais livres em nosso organismo, são danos a diversos componentes celulares, causando envelhecimento e o aparecimento de doenças, tais como, arteriosclerose, artrite, câncer e catarata (HALLIWEEL & GUTTERIDGE, 1999; HERMES-LIMA, 2004).

Uma forma de evitar o estresse oxidativo e seus danos seria através de agentes antioxidantes como os compostos bioativos. Por sua vez, estes são substâncias químicas que evitam ou retardam a oxidação de um substrato, garantindo a integridade celular e reparando lesões causadas pelos radicais livres (HALLIWEEL, 2006). Os principais compostos bioativos de origem dietética são o ácido ascórbico, os carotenóides e os compostos fenólicos.

Os compostos bioativos podem ocorrer em todas as partes dos vegetais, tais como, na madeira, casca, talos, vagens, folhas, frutos, raízes, pólen, sementes e inclusive nas flores. Então as flores comestíveis são uma parte importante das plantas que podem conter uma variedade de compostos bioativos naturais (MANACH et al., 2004).

As flores comestíveis mais conhecidas e consumidas pelos brasileiros são alcachofra (*Cynara scolymus L.*), brócolis (*Brassica oleracea L. var. itálica* Plenck) e couve-flor (*Brassica oleracea L. var. botrytis L.*) (REIS, QUEIROZ, FRÓES, 2004). Outras flores como amor-perfeito (*Viola tricolor L.*), calêndula (*Calêndula officinalis L.*) e capuchinha (*Tropaeolum majus L.*) são ainda pouco consumidas no Brasil, sendo utilizadas principalmente com fins decorativos (FELIPPE, 2003),

Vários estudos conduzidos em locais como Estados Unidos (KURILICH et al., 1999), Espanha (LOPEZ-BERENGUER et al., 2007), Índia, (SINGH, KAWATRA, SEHGAL, 2000), Itália (MIGLIO et al., 2008) e Tailândia (KAISOON et al., 2011) avaliaram o teor de compostos bioativos em flores comestíveis. Os estudos foram realizados a partir de espécies como: *Brassica oleracea L. var. itálica* e *Brassica oleracea L. var. botrytis* (KURILICH et al., 1999; LOPEZ-BERENGUER et al., 2007;

MIGLIO et al., 2008), *Cassia siamea*, *Tagetes erecta* e *Antigonon leptopus* (KAISOON et al., 2011); *S. Viciifolia* (ZHIGANG TAI et al., 2011), *Hibiscus sabdariffa* L (LEYVA et al., 2012) e flores comestíveis da Tailândia (KAISOON et al., 2011).

No entanto, ainda faltam pesquisas científicas acerca dos compostos bioativos e da atividade antioxidante de flores comestíveis produzidas e comercializadas no Brasil. Desta forma, os objetivos deste trabalho foram determinar o conteúdo de ácido ascórbico, carotenóides totais, compostos fenólicos totais, flavonóides totais, antocianinas totais e a atividade antioxidante em alcachofra (*Cynara scolymus* L.), amor-perfeito (*Viola tricolor* L.), brócolis (*Brassica oleracea* L. var. itálica), calêndula (*Calêndula officinalis* L.), capuchinha (*Tropaeolum majus* L.) e couve-flor (*Brassica oleracea* L. var. botrytis).

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. AMOSTRAS DE FLORES COMESTÍVEIS

Foram avaliados três lotes da safra 2013, das flores comestíveis *in natura* alcachofra (*Cynara scolymus* L.), amor-perfeito (*Viola tricolor* L.), brócolis (*Brassica oleracea* L. var. itálica), calêndula (*Calêndula officinalis* L.), capuchinha (*Tropaeolum majus* L.) e couve-flor (*Brassica oleracea* L. var. botrytis) (Figura 1), obtidas de uma empresa de horticultura, localizada no município de Campo Limpo Paulista/ São Paulo. As flores foram selecionadas e escolhidas aleatoriamente independente do grau de maturação, higienizadas com água corrente e armazenadas congeladas (-18°C) até a realização das análises. As análises foram realizadas em triplicata, no Laboratório de Análises de Alimentos, da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (UNESP) em Araraquara/ SP, utilizando a parte comestível das flores morfológicamente perfeitas. Para as análises da capuchinha (*Tropaeolum majus* L.) utilizou-se as flores nas cores amarela, laranja e vermelha.



Figura 1: Ilustração das flores comestíveis.

2.2. OBTENÇÃO DOS EXTRATOS DAS AMOSTRAS DE FLORES

2.2.1. Extratos para Determinação de Carotenóides Totais em Flores Comestíveis

A extração dos carotenóides foi efetuada pelo método descrito por Rodriguez-Amaya (1999), utilizando-se aproximadamente 3 g de flor comestível *in natura*. Para isso, maceraram-se as amostras com acetona pura gelada até completa extração dos pigmentos. Em seguida, fez-se a partição para éter etílico e éter de petróleo, posteriormente lavou-se com água destilada e adicionou-se sulfato de sódio anidro, deixando em refrigeração por 30 minutos. Acrescentou-se hidróxido de potássio metanólico a 10 % e deixou por 14 horas, no escuro e em temperatura ambiente. Finalmente, o extrato foi lavado com água destilada para completa remoção do alcalis (pH neutro) e adicionou-se novamente sulfato de sódio anidro.

2.2.2. Extratos para Determinação de Fenólicos Totais, Flavonóides Totais e Atividade Antioxidante em Flores Comestíveis

Para a obtenção dos extratos para os ensaios de fenólicos, flavonóides e da atividade antioxidante, foi usado o método de Yu & Dahegren (2000), com modificações. Foi pesado aproximadamente 5 g de amostra, em seguida adicionado 10 mL de acetona a 70 %, agitando-se por 1 minuto em vórtex, deixando em repouso por 1 hora no escuro a temperatura ambiente. Posteriormente foi centrifugado por 10 minutos, a uma velocidade de 8500g, coletando-se o sobrenadante. Ao resíduo remanescente foi adicionado 10 mL de acetona a 70 %, repetindo-se o procedimento descrito acima. Os extratos foram combinados e acondicionados em frasco âmbar, com tampa rosqueável, identificados e armazenados em freezer.

2.2.3. Extratos para Determinação de Antocianinas Totais em Flores Comestíveis

Para a obtenção dos extratos para os ensaios de antocianinas totais, foi usado o método de Francis (1982), com modificações. O extrato das amostras foi obtido através da diluição de 5 g de flor comestível em 60 mL de etanol 95 % + HCL 1,5 mol, na proporção de 85:15. A solução etanólica foi armazenada na ausência da luz a 4^oC, por 24 horas.

2.3. DETERMINAÇÃO DE COMPOSTOS BIOATIVOS EM FLORES COMESTÍVEIS

2.3.1. Determinação do Conteúdo de Ácido Ascórbico em Flores Comestíveis

O conteúdo de ácido ascórbico foi determinado através do método titulométrico, utilizando 2,6 diclorofenol indofenol (AOAC, 1995). Uma alíquota de aproximadamente 2 g de flor comestível fresca foi submetida à análise. A extração foi efetuada com ácido oxálico a 2 % e a determinação de ácido ascórbico, expressa em mg/ 100 g de peso úmido de flor comestível.

2.3.2. Determinação do Conteúdo de Carotenóides Totais em Flores Comestíveis

O conteúdo de carotenóides totais foi determinado coloricamente por espectrofotometria UV-Vis, como descrito por Khoo et al., (2008). Foi realizada a leitura da absorbância dos extratos das amostras de flores comestíveis, adequadamente diluídos ou concentrados, em espectrofotômetro (Beckman DU 640 UV/Vis), a 450 nm. Para quantificar dos carotenóides totais foi considerando o coeficiente de absorvidade (E1% cm) de 2592 e a expressão abaixo:

$$\mu\text{g/ g} = \text{Volume} \times \text{Absorbância} \times 10^6 / \text{E1\% cm} \times \text{Peso da Amostra (g)} \times 100$$

Todas as etapas desta determinação foram conduzidas ao abrigo da luz e os resultados foram expressos em μg de Equivalente de Atividade de Retinol (RAE)/ 100 g de peso úmido de flor comestível.

2.3.3. Determinação do Conteúdo de Compostos Fenólicos Totais em Flores Comestíveis

O conteúdo de fenólicos totais foi determinado por espectrofotometria UV-Vis pelo método *Folin-Ciocalteu* (SINGLETON et al., 1999). Para isso 0,5 mL do extrato da amostra adequadamente diluído, foi adicionado a 2,5 mL do reagente de *Folin-Ciocalteu* 0,2 mol (1:10) e homogeneizado. Após 5 minutos se adicionou 2 mL de carbonato de sódio (75 g/ L), homogeneizando e mantendo a 50°C, por 5 minutos. Após resfriamento das amostras em água gelada foi realizada a leitura da absorbância em espectrofotômetro (Beckman DU 640 UV/Vis), a 760 nm.

Para quantificar o conteúdo de fenólicos, utilizou-se a curva de calibração de ácido gálico, nas concentrações de 15,86 a 79,3 $\mu\text{g/ mL}$ (Figura 2). Os resultados foram expressos em mg de equivalente de ácido gálico (EAG)/ 100 g de peso úmido de flor comestível.

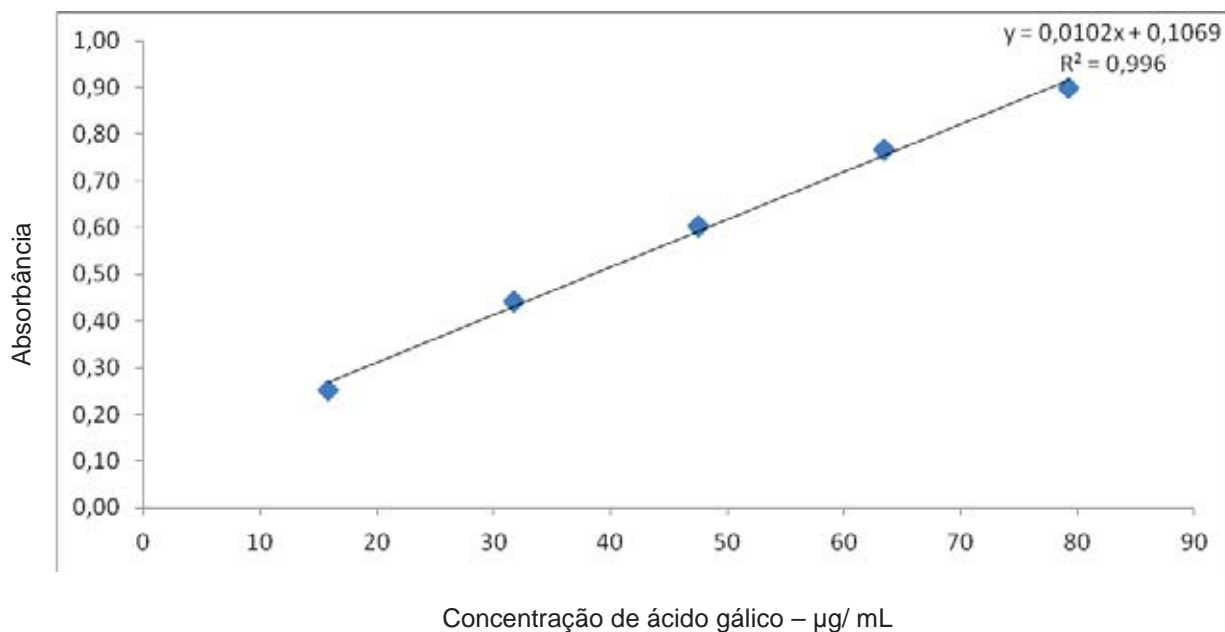


Figura 2: Curva de calibração de ácido gálico (15,86 a 79,3 µg/ mL).

2.3.4. Determinação do Conteúdo de Flavonóides Totais em Flores Comestíveis

O conteúdo de flavonóides totais foi determinado por espectrofotometria UV-Vis pelo método desenvolvido por Zhishen, Mengcheng, Jianming (1999). Para isso em 0,5 mL do extrato da amostra adequadamente diluído, se adicionou 0,3 mL de nitrito de sódio 5 % e após 5 minutos, 0,6 mL de cloreto de alumínio 10 % e após 6 minutos, 2 mL de hidróxido de sódio 1 M, seguido da adição de 2,1 mL de H₂O destilada.

A absorbância foi imediatamente lida no espectrofotômetro (Beckman DU 640 UV/Vis) a 510 nm. Para quantificar o conteúdo de flavonóides, foram utilizadas as curvas de calibração de quercetina nas concentrações de 63,81 a 299,10 µg/ mL (Figura 3). Os resultados foram expressos como mg equivalente de quercetina (EQ)/ 100 g de peso úmido de flor comestível.

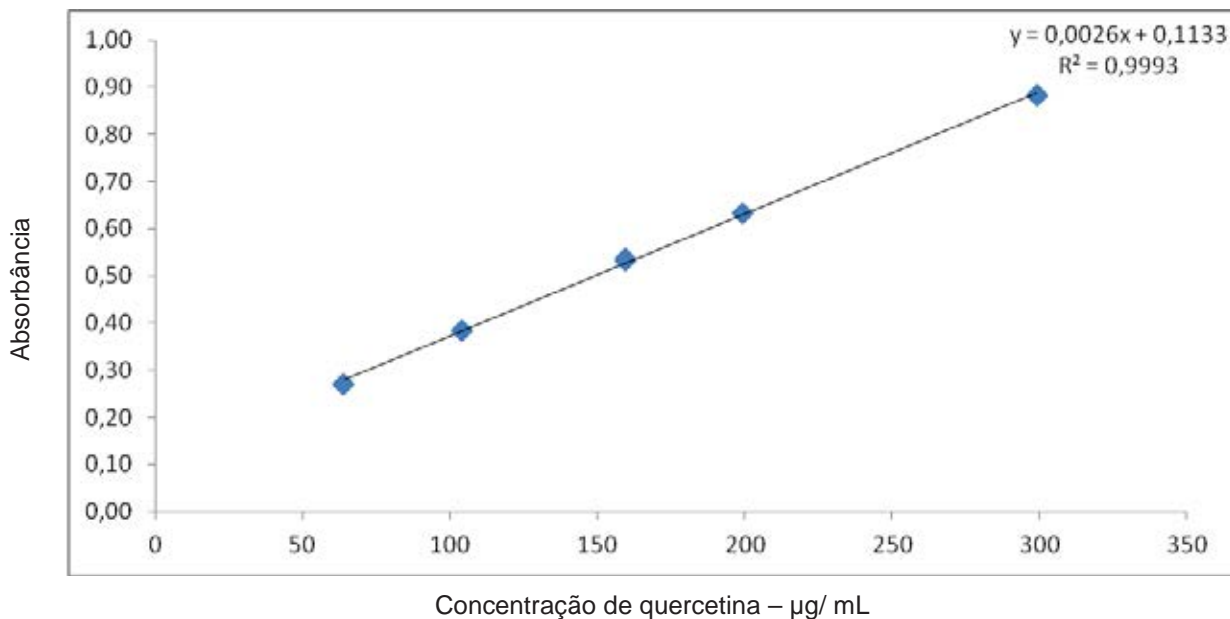


Figura 3: Curva de calibração de quercetina (63,81 a 299,10 µg/ mL).

2.3.5. Determinação do Conteúdo de Antocianinas Totais em Flores Comestíveis

A quantificação de antocianinas totais foi feita por espectrofotometria UV-Vis, através do método pH diferencial (GIUSTI & WROLSTAD, 2001). O método consiste na leitura da absorbância dos extratos de flor comestível no pH 1,0 e 4,5. A solução de pH 1 foi preparada a partir da mistura de soluções de cloreto de potássio (0,2 mol) e ácido clorídrico (0,2 mol) na proporção 25/ 65. A solução de pH 4,5 foi preparada a partir da mistura de soluções de acetato de sódio (1 mol), ácido clorídrico e água, na proporção 100/ 60/ 90.

Para a determinação de antocianinas totais, transferiu-se duas alíquotas de 2 mL, do extrato concentrado de cada flor comestível, para dois tubos de ensaio, completando o volume até 10 mL em um tubo com a solução de pH 1,0 e no outro tubo com a solução de pH 4,5. Posteriormente, foi realizada a leitura da absorbância em espectrofotômetro (Beckman DU 640 UV-Vis) a 510 nm. O cálculo do teor de antocianinas totais foi efetuado de acordo com a Lei de Lambert-Beer ($A_{510\text{ nm}} = a_{510\text{ nm}} \cdot b \cdot C$). A expressão propõe a relação entre a absorbância de uma solução e a quantidade de espécie absorvente, em um dado comprimento de onda.

Onde $A_{510 \text{ nm}}$ = absorvância no comprimento de onda 510; $a_{510 \text{ nm}}$ = coeficiente de absorvidade no comprimento de onda 510; b = caminho óptico (1 cm) e C = concentração da espécie absorvente. Para absorvância, foi considerado a diferença de leitura dos extratos das amostras de flores no pH 1,0 e 4,5. Os resultados foram expressos em mg/ 100 g de peso úmido de flor comestível.

2.4. DETERMINAÇÃO DA ATIVIDADE ANTIOXIDANTE EM FLORES COMESTÍVEIS

A atividade sequestrante de radicais livres orgânicos, dos extratos de flores comestíveis, foi medida a partir da redução do radical ABTS (ácido 2,2-azino-bis (3-etilbenzotiazolina-6-ácido sulfônico) e do radical DPPH (2,2-difenil-2-picril-ihidrazila). Para dissolução do radical ABTS e do DPPH foram utilizados álcool etílico e metílico, respectivamente.

2.4.1. Atividade Sequestrada com Cátion ABTS^+ (ácido 2,2-azino-bis (3-etilbenzotiazolina-6-ácido sulfônico))

A atividade antioxidante pelo método de ABTS foi feita segundo Almeida et al. (2011), com modificações. Para isso o cátion radical ABTS^+ foi gerado através da reação de 5 mL de solução aquosa de ABTS (3,84 mg/ mL) e 88 μL de solução aquosa de persulfato de potássio (37,84 mg/ mL). Esta solução foi mantida no escuro e em temperatura ambiente por 16 horas, sendo diluída em etanol até obter uma absorvância de $0,8 \pm 0,05$ em 734 nm.

Para determinação da atividade antioxidante, em temperatura ambiente e no escuro, adicionou-se em cubetas, 3 mL do cátion radical ABTS^+ , em 30 μL de extrato da amostra diluído adequadamente. Após 6 minutos, realizou-se a leitura da absorvância, em espectrofotômetro (Beckman DU640 UV/ Vis), a 734 nm.

Foi utilizado como padrão para a curva de calibração Trolox (6-hidroxi-2,5, 7,8-tetrametilcromo-2-ácido-carboxílico) diluído em álcool etílico, nas concentrações de 12,5 a 225 $\mu\text{g/ mL}$ (Figura 4). Os resultados foram expressos em mg de equivalente da atividade antioxidante ao Trolox (EAAT)/ 100 g de peso úmido de flor comestível.

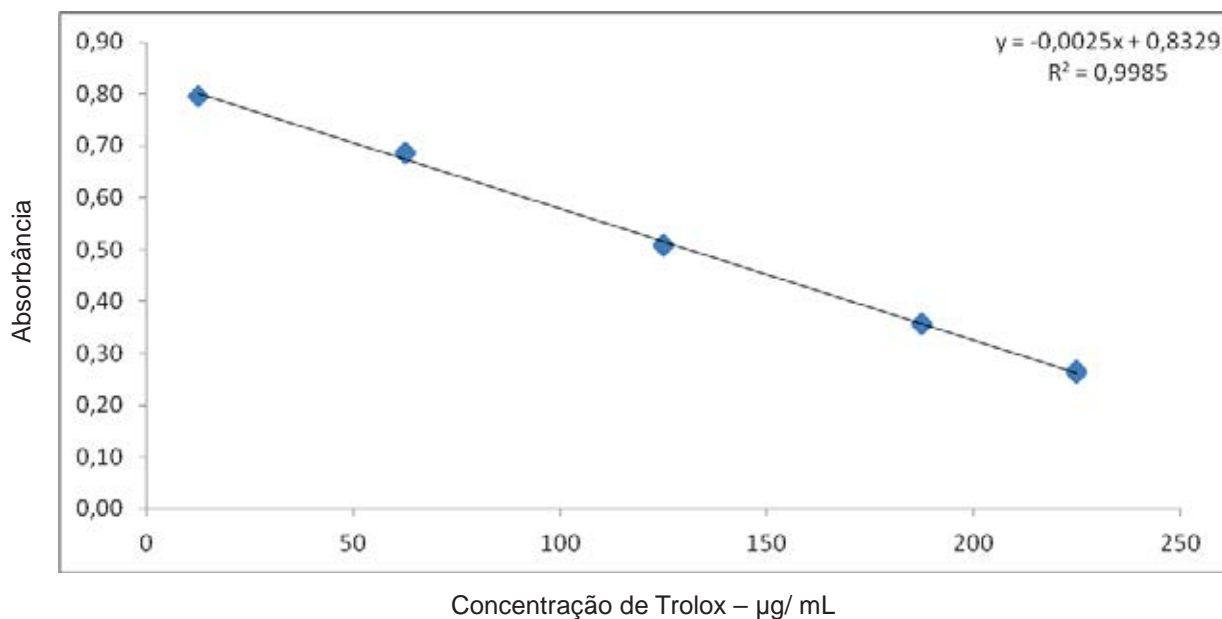


Figura 4: Curva de calibração de Trolox (12,5 a 225 µg/ mL).

2.4.2. Atividade Sequestradora com Cátion Radical DPPH[•] (2,2-difenil-2-picril-1hidrazila)

A atividade antioxidante pelo método de DPPH foi feita segundo Brand-Williams et al., (1995), com modificações. O cátion radical DPPH[•] foi obtido por dissolução em metanol. Adicionou-se em cubetas, 2,46 mL de radical DPPH, com absorbância $0,8 \pm 0,05$ a 515 nm, em 100 µl de extrato da amostra diluído adequadamente, mantidos em temperatura ambiente e no escuro. A leitura da absorbância foi realizada, em espectrofotômetro (Beckman DU640 UV/ Vis), a 515 nm, após 30 minutos.

Foi utilizado como padrão para a curva de calibração Trolox em álcool metílico, nas concentrações de 50 a 200 µg/ mL (Figura 5). Os resultados foram expressos em mg de equivalente da atividade antioxidante ao Trolox (EAAT)/ 100 g de peso úmido de flor comestível.

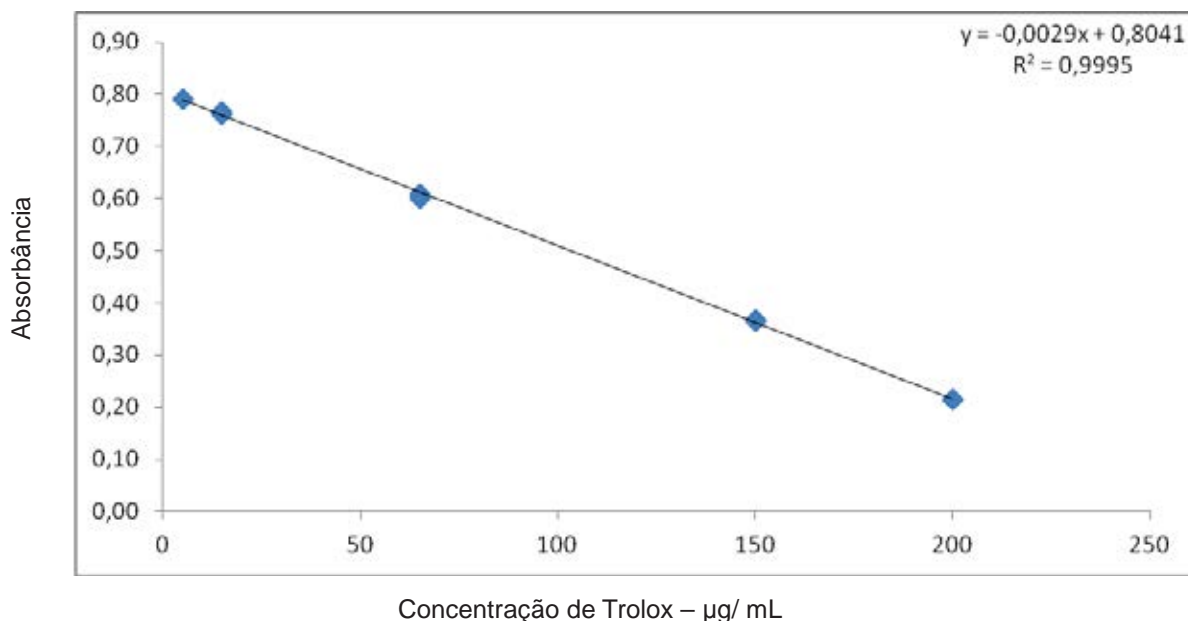


Figura 5: Curva de calibração de Trolox (50 a 200 µg/ mL).

2.5. ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os resultados, expressos como média \pm desvio-padrão da média, foram analisados usando o *software Sigma Stat*® (versão 2.03). A Análise de Variância (ANOVA) e o Teste de Diferença Significativa de Tukey foram usados para comparar os resultados das determinações de ácido ascórbico, carotenóides, compostos fenólicos, flavonóides, antocianinas e atividade antioxidante nas flores comestíveis. O teste de Correlação de Pearson foi utilizado para estudar a relação entre os compostos bioativos e a atividade antioxidante. O nível de significância foi estabelecido em $p \leq 0,05$.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. CONTEÚDO DE ÁCIDO ASCÓRBICO, CAROTENÓIDES TOTAIS, FENÓLICOS TOTAIS, FLAVONÓIDES TOTAIS E ANTOCIANINAS TOTAIS EM FLORES COMESTÍVEIS

Os resultados das determinações de ácido ascórbico, carotenóides totais, fenólicos totais, flavonóides totais e antocianinas totais estão dispostos na Tabela 1. O amor-perfeito e a capuchinha vermelha apresentaram teores de ácido ascórbico bem superiores e diferentes ($p \leq 0,05$) das demais flores comestíveis, com 255,96 mg/ 100 g e 128,71 mg/ 100 g, respectivamente. A alcachofra (50,98 mg/ 100 g), a couve-flor (32,40 mg/ 100 g) e o brócolis (30,70 mg/ 100 g) também apresentaram quantidades significativas de ácido ascórbico, sendo que a couve-flor e o brócolis apresentaram teores iguais ($p > 0,05$).

A capuchinha amarela apresentou o maior valor de carotenóides totais (67,92 μg RAE/ 100 g) dentre as flores estudadas ($p \leq 0,05$). A calêndula e o amor-perfeito apresentaram quantidades iguais ($p > 0,05$) e maiores que as demais flores, sendo 17,28 μg RAE/ 100 g e 15,00 μg RAE/ 100 g, respectivamente. A capuchinha laranja, a couve-flor e a alcachofra foram as variedades que apresentaram menores teores de carotenóides totais (2,77 μg RAE/ 100 g; 3,02 μg RAE/ 100 g e 5,72 μg RAE/ 100 g, respectivamente). O conteúdo de carotenóides no brócolis e capuchinha vermelha foram iguais ($p > 0,05$), 8,80 μg RAE/ 100 g e 10,85 μg RAE/ 100 g, respectivamente (Tabela 1).

O conteúdo de compostos fenólicos totais nas flores avaliadas variou de 1.190 a 3.870 mg EAG/ 100 g de amostra *in natura*, sendo o maior conteúdo encontrado no brócolis ($3.870 \pm 0,54$ mg EAG/ 100 g), amor-perfeito ($3.710 \pm 0,35$ mg EAG/ 100 g) e alcachofra ($3.100 \pm 0,55$ mg EAG/ 100 g), apresentando valores iguais ($p > 0,05$). A calêndula, capuchinha amarela e couve-flor apresentaram teores de fenólicos totais iguais, sendo $1.450 \pm 0,01$; $1.350 \pm 0,05$ e $1.190 \pm 0,3$ mg EAG/ 100 g, respectivamente (Tabela 1).

Em relação ao conteúdo de flavonóides totais, a alcachofra *versus* couve-flor e capuchinha laranja *versus* capuchinha vermelha não diferiram ($p > 0,05$) e a capuchinha amarela e o amor-perfeito apresentaram o maior teor de flavonóides totais entre todas as flores avaliadas, $1.309,63 \pm 50,67$ mg EQ/ 100 g e $281,39 \pm 5,67$ mg EQ/ 100 g, respectivamente (Tabela 1).

Como pode ser observado na Tabela 1, não foram detectadas antocianinas totais em alcachofra, brócolis, calêndula, capuchinha amarela e couve-flor. A capuchinha

vermelha destacou-se pela maior quantidade de antocianinas totais (6.120 mg/ 100 g) em relação a capuchinha laranja (1.900 mg/ 100 g) e ao amor-perfeito (940 mg/ 100 g) ($p \leq 0,05$).

Tabela 1: Conteúdo de ácido ascórbico, carotenóides totais, compostos fenólicos totais, flavonóides totais e antocianinas totais, de seis espécies de flores comestíveis frescas, cultivadas em São Paulo, expressa em 100 g de amostra, Araraquara, 2013.^{1,2}

Flores comestíveis	Compostos bioativos				
	Ácido ascórbico (mg)	Carotenóides totais (µg)	Fenólicos totais (mg)	Flavonóides totais (mg)	Antocianinas totais (mg)
Alcachofra	50,98 ± 0,56 ^c	5,72 ± 0,44 ^d	3.100 ± 0,55 ^a	0,43 ± 0,01 ^f	*
Amor-perfeito	255,96 ± 0,82 ^a	15,00 ± 0,26 ^b	3.710 ± 0,35 ^a	281,39 ± 5,67 ^b	940 ± 0,01 ^c
Brócolis	30,70 ± 1,92 ^d	8,80 ± 0,07 ^c	3.870 ± 0,54 ^a	1,12 ± 0,05 ^e	*
Calêndula	0,35 ± 0,01 ^f	17,28 ± 0,54 ^b	1.450 ± 0,01 ^d	29,48 ± 2,55 ^d	*
Capuchinha amarela	3,58 ± 0,08 ^e	67,92 ± 0,42 ^a	1.350 ± 0,05 ^d	1.309,63 ± 50,67 ^a	*
Capuchinha laranja	5,52 ± 0,08 ^e	2,77 ± 0,08 ^d	1.800 ± 0,09 ^c	48,45 ± 4,22 ^c	1.900 ± 0,04 ^b
Capuchinha vermelha	128,71 ± 6,7 ^b	10,85 ± 0,23 ^c	2.670 ± 0,44 ^b	50,81 ± 3,78 ^c	3.120 ± 0,17 ^a
Couve-flor	32,40 ± 5,42 ^d	3,02 ± 0,44 ^d	1.190 ± 0,33 ^d	0,55 ± 0,08 ^f	*

¹ Média ± desvio padrão da média de três repetições, e ² Médias com letras diferentes, na mesma coluna, diferem significativamente pelo Teste de Tukey (p ≤ 0,05).

* não determinado.

Destaca-se que alguns valores encontrados no presente estudo para ácido ascórbico são superiores ou próximos aos encontrados no kiwi (98,0 mg/ 100 g), na pitanga (14,0 mg/ 100 g) e na goiaba vermelha (40,0-80,1 mg/ 100 g) (Instrução Normativa n.1, de 7 de janeiro de 2000; LAJOLO, 2001; PHILIPPI, 2001). Kurilich et al. (1999), também analisaram ácido ascórbico, utilizando cromatografia líquida de alta eficiência, em brócolis e couve-flor frescos e em outros vegetais crucíferos. Os resultados deste estudo indicam que há uma variação substancial, tanto dentro como entre as subespécies avaliadas e encontraram 74,71 mg de ácido ascórbico/ 100 g de brócolis e 41,98 mg de ácido ascórbico/ 100 g de couve-flor. Estes autores relataram quantidades mais elevadas de ácido ascórbico em brócolis e couve-flor, em comparação a nossa pesquisa. Em contrapartida, Raseetha et al. (2013) encontraram o conteúdo inicial médio de ácido ascórbico total em flores de brócolis de $5,18 \pm 0,23$ mg/ 100 g.

As variações entre os valores de ácido ascórbico encontrados pode ser devido às influências genéticas e ambientais, número de dias do plantio à colheita, diferenças nos tecidos das plantas utilizadas para a análise e diferentes procedimentos utilizados para extração e quantificação deste nutriente (NOGUEIRA et al., 1978; MATITIUZ et al., 2003).

Geralmente os vegetais crucíferos como brócolis e couve-flor, que foram avaliados neste estudo, são consumidos após a cocção. Em um estudo avaliou-se a influência do uso de microondas sob os teores de compostos bioativos e minerais em brócolis. Foi demonstrada diminuição de ácido ascórbico e de compostos fenólicos e manutenção dos minerais. O ácido ascórbico apresentou as maiores perdas, por causa da degradação pelo calor e lixiviação pela água de cocção. Em geral ao utilizar microondas, a maior potência do equipamento, o maior tempo de cozimento e o maior volume de água devem ser evitados para minimizar perdas (LÓPEZ-BERENGUER et al., 2007).

O amor-perfeito, capuchinha vermelha, alcachofra, couve-flor e brócolis podem ser considerados alimentos ricos em ácido ascórbico, considerando-se que a Ingestão Diária Recomendada para um adulto é de 45 mg (BRASIL, 2005). Dessa forma, pode-se inferir que 17,58 g de amor perfeito, 34,96 g de capuchinha vermelha, 88,26 g de alcachofra, 138,8 g de couve-flor e 146,57 g de brócolis poderiam suprir estas

necessidades diárias em adultos saudáveis, o que é extremamente relevante, visto que esta vitamina é capaz de captar radicais livres encontrados no citosol, plasma e outros fluidos corporais (SIES & STAHL, 1995).

Os carotenóides podem proporcionar proteção ao nosso organismo contra diversos danos oxidativos prevenindo várias doenças (LIMA et al., 2002). Nas flores comestíveis avaliadas no presente estudo o teor de carotenóides totais foi menor do que os encontrados por Faria et al., 2008, em polpa de coquinho azedo (146,2 µg RAE/ 100 g) e maior ou igual aos obtidos por Mélo et al. (2006), em caju, goiaba, manga espada e melão japonês (5,34 µg.g⁻¹; 42,98 µg.g⁻¹; 17,98 µg.g⁻¹ e 23,27 µg.g⁻¹, respectivamente) e por Melo & Andrade, (2010) em umbu maduro (3,02 ± 0,22 µg/ g⁻¹) e semi-maduro (1,70 ± 0,08 µg/ g⁻¹).

Os valores de carotenóides da maioria das flores comestíveis avaliadas estão abaixo (de 3,02 a 17,28 µg RAE/ 100 g) (Tabela 1) dos encontrados para frutas convencionalmente consumidas e consideradas ricas em carotenóides, como a manga (60-215 µg RAE/ 100 g) e a acerola (42-225 µg RAE/ 100 g) (RODRIGUEZ-AMAYA, 1996), exceto a capuchinha amarela, que obteve valor médio de 67,92 µg RAE/ 100 g (Tabela 1).

De acordo com as necessidades diárias de vitaminas recomendadas pelo Instituto Americano de Medicina (IOM, 2001), 100 g de capuchinha amarela poderia suprir cerca de 22,64 % das necessidades diárias de vitamina A (300-400 µg RAE/ dia) para crianças menores de 8 anos e de 9,7 % a 7,5 % das necessidades diárias (700-900 µg RAE/ dia) de mulheres e homens acima de 14 anos.

Os ácidos fenólicos, como o ácido gálico são bem absorvidos pelo corpo humano, em comparação com outros polifenóis e possuem capacidade de inibir a proliferação de células cancerosas (TOMAS-BARBERÁN & CLIFFORD, 2000). Os valores encontrados para compostos fenólicos no presente estudo estão acima dos relatados por Kaisoon et al. (2011) e por Kaisoon, Konczak, Siriamornpun (2012) em flores comestíveis da Tailândia.

Kaisoon et al. (2011) investigaram compostos fenólicos, em 12 flores comestíveis. O conteúdo de compostos fenólicos variou de 37 a 89 mg GAE/ g peso seco, sendo que *C. siamea* e *C. sulphureus* tiveram o maior teor (88,5 e 86,8 mg de GAE/ g peso seco),

seguido por *I. chinensis* (82,4 mg de GAE/ g peso seco) e *A. Leptopus* (72,1 mg de GAE/ g peso seco), enquanto *P. obtusa* apresentou o menor teor (37,0 mg de GAE / g peso seco).

Tagetes erecta, *Cosmos sulphureus*, *Antigonon leptopus* e *Bougainvillea glabra* são flores comestíveis freqüentemente utilizadas pela população do norte da Tailândia para a preparação de saladas e chás. O principal constituinte dos extratos etanólicos destas flores são os ácidos fenólicos e os flavonóides. *T. erecta* contém o maior nível de compostos fenólicos (1.107,5 mg/ 100 g de peso seco) (KAISOON, KONCZAK, SIRIAMORNUN, 2012), que é cerca da metade da média encontrada nas flores comestíveis avaliadas (Tabela 1).

Miglio et al. (2008) avaliaram brócolis cru e encontraram baixas concentrações de polifenóis (4,5 mg/ 100 g de peso fresco) e elevadas concentrações de ácido ascórbico (106 mg / 100 g de peso fresco). O flavonóides quercetina e kaempferol (2,4 e 3,0 mg/ 100 g de fresco peso) também foram encontrados. Estes resultados de determinação de fenólicos, ácido ascórbico e flavonóides estão acima dos encontrados no presente estudo (Tabela 1).

O perfil de compostos fenólicos pode variar para o mesmo vegetal de acordo com país de origem, com a complexidade dos compostos e os diferentes métodos de extração e análise, com fatores intrínsecos (gênero, espécie e cultivares) e extrínsecos (manejo agrônômico, manuseio e armazenamento) (BALASUNDRAM et al., 2006; SULAIMAN et al., 2011). Para que os compostos fenólicos sejam considerados antioxidantes é necessário que sejam capazes de inibir, retardar ou prevenir a oxidação proveniente de radicais livres. Além disso, o produto formado após o sequestro do radical livre deve ser estável (RICE-EVANS, MILLER, PAGANGA, 1996).

O consumo de vegetais está associado à prevenção de diversos tipos de cânceres e de doenças cardiovasculares. Esta prevenção é decorrente da ingestão de uma variedade de substâncias como, por exemplo, os flavonóides (PIETTA, 2000). De acordo com Rice-Evans, Miller, Paganga (1996) os flavonóides que apresentam maior atividade antioxidante são o flavonol quercetina, as antocianinas cianidina e delphinidina, e as catequinas esterificadas do ácido gálico e a ação dos flavonóides como

antioxidantes envolve prevenção da oxidação, aumento da fase lag de oxidação, ou seja, aumento da resistência a oxidação.

Segundo Kaisoon et al. (2011), o flavonóide mais prevalente em flores comestíveis é a quercetina. A quercetina é um flavonóide comum encontrado em plantas comestíveis e geralmente está presente na forma glicosilada. O conteúdo de flavonóides e a atividade antioxidante foram associados com a quantidade de quercetina presente nas flores estudadas e isso pode indicar que a quercetina poderia ser um composto ativo em flores (KAISOON et al., 2011).

A quantidade de flavonóides consumida varia dependendo da disponibilidade de alimentos e da cultura alimentar de cada região. Em estudo realizado no Brasil, por Arabbi, Genovese e Lajolo (2004), o consumo de flavonóides por dia em uma família composta de quatro membros foi, em média, 79 mg para mulheres e 86 mg para homens, o que resulta em 82,5 mg por pessoa. Desta forma, o consumo das flores comestíveis avaliadas capuchinha amarela, amor-perfeito, capuchinha laranja e vermelha, e calêndula podem contribuir com o consumo diário de flavonóides nesta população.

Araújo et al. (2004) ao analisarem acerolas maduras, em diferentes épocas do ano, encontraram teores médios de antocianinas de 3,62 mg/ 100 g no período chuvoso e de 8,29 mg/ 100 g no período seco, valores bem inferiores aos encontrados no presente estudo (940 a 3.120 mg/ 100 g (Tabela 1). As antocianinas em flores de romã (*Punica granatum L.*) foram separados por cromatografia líquida de alta eficiência. Foram identificados o 3,5-diglicosídeo pelargonidina e o 3-glicosídeo pelargonidina. As antocianinas purificadas mostraram forte capacidade de eliminação de radicais livres, sendo que o 3-glicosídeo pelargonidina apresentou maior atividade antioxidante (19,56 mg/ ml para DPPH e 2,39 mg/ mg para ABTS) do que 3,5-diglicosídeo pelargonidina (ZHANG, FU, ZHANG, 2011).

A coloração da capuchinha vermelha, do amor-perfeito e da capuchinha laranja é decorrente da presença de pigmentos que absorvem radiação luminosa na região do ultravioleta e do visível (McCLURE, 1979). Esses pigmentos localizam-se nos vacúolos das células vegetais e pertencem a classe de antocianinas, sendo responsáveis pela cor vermelha (ALKEMA & SEAGER, 1982). A variação no teor de antocianinas influencia a

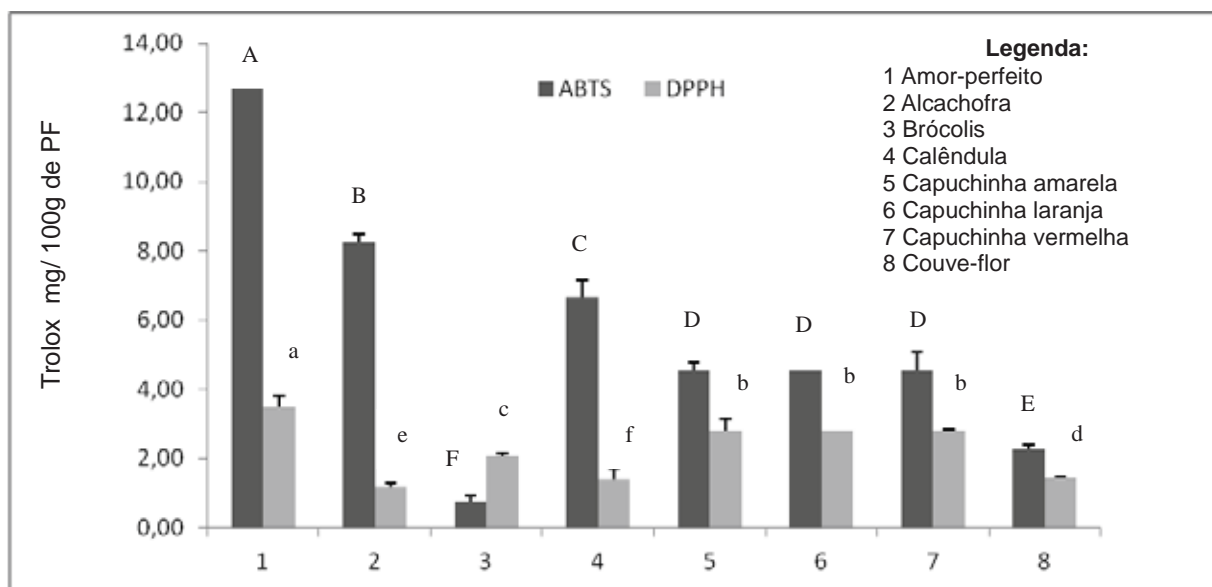
cor dos alimentos e quanto maior o teor de antocianinas, melhor à aceitação das preparações (MOURA et al., 2002).

Cada vez mais o consumo de vegetais tem sido associado a uma menor incidência e mortalidade por diversas doenças crônicas não transmissíveis. A proteção que esses alimentos oferecem contra as enfermidades degenerativas, como câncer, doenças cardiovasculares e cerebrovasculares, está associado ao seu alto conteúdo de constituintes químicos com propriedades importantes, como os compostos bioativos (HINNEBURG et al., 2006).

3.2. ATIVIDADE ANTIOXIDANTE EM FLORES COMESTÍVEIS

A atividade antioxidante de alimentos é determinada por uma mistura de vários compostos antioxidantes, com diferentes mecanismos de ação e com interações entre eles e com o meio. Desta forma, é importante combinar mais de um método para determinar a atividade antioxidante de alimentos (PÉREZ-JIMÉNEZ et al., 2008). No presente estudo, utilizaram-se os radicais livres orgânicos ABTS e DPPH.

A Figura 1 mostra a atividade antioxidante das seis espécies de flores comestíveis. O amor-perfeito apresentou a maior (12,86 mg/ 100 g – ABTS e 3,50 mg/ 100 g – DPPH) e o brócolis a menor (0,74 mg/ 100 g – ABTS e 2,07 mg/ 100 g – DPPH) atividade antioxidante, em relação às outras flores avaliadas ($p \leq 0,05$). As capuchinhas amarela, laranja e vermelha apresentaram atividade antioxidante iguais tanto pelo método ABTS (4,52 mg/ 100 g de PF), quanto pelo método DPPH (2,79 mg/ 100 g de PF) ($p > 0,05$). Em escala decrescente foi possível observar a seguinte ordem para atividade antioxidante nas flores avaliadas: amor-perfeito, alcachofra, calêndula, capuchinha, couve-flor e brócolis.



Flores comestíveis

Figura 6: Atividade antioxidante pela ABTS e DPPH, de seis espécies de flores comestíveis, expressa em mg de atividade antioxidante ao Trolox/ 100 g de flor comestível, Araraquara, 2013.^{1,2}

¹Média \pm desvio padrão da média de três repetições e ²Médias com letras maiúsculas e letras minúsculas diferentes diferem significativamente pelo Teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

Os valores encontrados para atividade antioxidante nesta pesquisa são superiores aos relatados por Soares et al., (2008) no resíduo de maçã (ABTS 4,83 e 25,46 $\mu\text{mol TEAC.g}^{-1}$ de amostra em PF e DPPH 7,43 e 39,15 $\mu\text{mol TEAC.g}^{-1}$ em PS) e por Kuskoski et al., (2005) em frutas congeladas (2,0-67,6 $\mu\text{M/g}$ amostra).

A atividade antioxidante mede a capacidade de redução, ou seja, a capacidade dos antioxidantes doarem elétrons e eliminarem os radicais livres nas amostras avaliadas. A redução ou sequestro dos radicais livres ABTS e DPPH ocorre na presença de antioxidantes que doam hidrôgenio, levando a neutralização dos radicais livres e a perda das características cromóforas. A detecção da reação ocorre por descoloramento da solução e diminuição da absorbância (CHU, CHANG, HSU, 2000; LEONG & SHUI, 2002).

É importante salientar que a determinação da atividade antioxidante não depende somente da concentração e qualidade do antioxidante, mais da interação deste com outros compostos, do método e condições de análise utilizados, das diferenças na concentração, do tipo de extrato, da forma de expressão de resultados, o dificulta a comparação entre os diferentes métodos e dos nossos resultados com os de outros estudos (HUANG & PRIOR, 2005; KUSKOSKI et al., 2005).

3.3. CORRELAÇÃO ENTRE COMPOSTOS BIOATIVOS E ATIVIDADE ANTIOXIDANTE EM FLORES COMESTÍVEIS

Com base nos resultados obtidos verificou-se que existe alta correlação positiva entre os conteúdos de ácido ascórbico e de fenólicos totais e correlação negativa entre os teores de antocianinas e a atividade antioxidante, nos extratos de flores comestíveis avaliadas. Não foi observada correlação entre carotenóides totais e flavonóides totais e a atividade antioxidante (Tabela 2).

Tabela 2: Coeficiente de Correlação de Pearson (r) entre os compostos bioativos e atividade antioxidante, de algumas espécies de flores comestíveis, Araraquara, 2013.

Amostras	Coeficiente de Correlação de Pearson (r)	
	ABTS	DPPH
Ácido ascórbico	0,858*	0,949*
Antocianinas	-0,453*	-0,655*
Carotenóides	-0,001**	-0,011**
Fenólicos totais	0,871*	0,936*
Flavonóides totais	-0,010**	-0,018**

* com significância em nível de $p \leq 0,05$; ** sem significância em nível de $p \leq 0,05$.

O ácido ascórbico é um antioxidante hidrossolúvel, com alta biodisponibilidade, que ocorre naturalmente na dieta humana e é capaz de proteger as membranas celulares contra danos (KIM et al., 2002). Segundo Gardner et al., (2000) a alta concentração de ácido ascórbico se relaciona proporcionalmente com a atividade

antioxidante, pois o ácido ascórbico foi responsável por 65-100 % do total da capacidade antioxidante em sucos de frutas cítricas.

A atividade antioxidante dos extratos também depende da quantidade de fenólicos totais (CETKOVIC et al., 2004; BUTSAT & SIRIAMORNPNUN, 2010). Vários trabalhos, como o presente estudo, têm demonstrado alta correlação (KALT et al., 1999; SUN et al., 2002; DUBOST et. al., 2007; SOARES et al., 2008; KAISOON, KONCZAK, SIRIAMORNPNUN, 2012) entre grandes quantidades de compostos fenólicos e elevada atividade antioxidante em vegetais. A variação na atividade antioxidante ocorre devido às diferenças na composição de compostos fenólicos nos diversos extratos avaliados, as diferentes respostas dos extratos ao reagente *Folin Ciocalteu* e os vários métodos utilizados (KAHKONEN et al., 1999).

O conteúdo de fenólicos totais também apresentou forte correlação com a atividade antioxidante em suco de frutas (GORINSTEIN et al., 1999; GARDNER et al., 2000; KUSKOSKI et al., 2005; ZHOU & YU, 2006) e extratos de flores (ZHIGANG TAI et al., 2011). O potencial antioxidante dos compostos fenólicos é dependente da estrutura química formada por pelo menos um anel aromático com grupamentos hidroxilas. Além disso, os compostos fenólicos tem um efeito antioxidante isoladamente e podem reagir sinergicamente com outros compostos que contribuem para potencializar essa função (GIADA & MANCINI-FILHO, 2006).

Embora os flavonóides presentes em extratos de plantas desempenhem um importante papel na atividade antioxidante (MAISUTHISAKUL, PASUK, RITTHIRUANGDEJ, 2008, ZHIGANG TAI et al., 2011), nesta pesquisa a correlação não foi significativa (Tabela 2). A atividade antioxidante de flavonóides depende de sua estrutura química, do número e posição dos grupos hidroxila ou metoxila no anel fenólico (RICE-EVANS, MILLER, PAGANGA, 1997) e da quantidade do composto bioativo, que no presente estudo foi pequena na maioria das flores avaliadas.

4. CONCLUSÃO

De acordo com os resultados obtidos pode-se concluir o amor-perfeito apresentou o maior teor de ácido ascórbico, seguido pela capuchinha vermelha. As flores

capuchinha amarela, calêndula e amor-perfeito tiveram a maior quantidade de carotenóides. O brócolis, o amor-perfeito e a alcachofra apresentaram os maiores teores de compostos fenólicos totais, e o amor-perfeito e a capuchinha amarela as maiores quantidades de flavonóides totais entre as flores estudadas. O amor-perfeito, a capuchinha laranja e vermelha foram às únicas flores com antocianinas na sua composição, sendo que o amor-perfeito obteve o maior valor.

O amor-perfeito e a alcachofra obtiveram a maior atividade antioxidante entre as flores avaliadas. Houve alta correlação positiva entre os conteúdos de ácido ascórbico e de fenólicos totais e a atividade antioxidante, e não foi observada correlação entre carotenóides totais e flavonóides totais e a atividade antioxidante.

É possível sugerir o consumo de amor-perfeito, pois quando comparadas às outras flores avaliadas, apresentou o maior teor de compostos bioativos e atividade antioxidante. Os resultados obtidos abrem a perspectiva de se utilizar flores comestíveis como alimentos que apresentam, na sua composição, compostos importantes para a formulação de uma dieta saudável.

5. REFERÊNCIAS

ALKEMA, S.; SEAGER, S. J. The chemical pigments of plants. **Journal of Chemical Education**, v. 59, p. 183, 1982.

ALMEIDA, M. M. B.; SOUSA, P. H. M.; ARRIAGA, A. M. C.; PRADO, G. M.; MAGALHÃES, C. E. C.; MAIA, G. A.; LEMOS, T. L. G. Bioactive compounds and antioxidant activity of fresh exotic fruits from northeastern Brazil. **Food Research International**, v. 44, n. 7, p. 2155-2149, 2011.

AOAC - **International Official methods of analysis of AOAC International** (vol. II). Gaithersburg: AOAC International, 1995.

ARABBI, P. R.; GENOVESE, M. I.; LAJOLO, F. M. Flavonoids in vegetable foods commonly consumed in Brazil and estimated ingestion by the Brazilian population. **Journal of Agricultural & Food Chemistry**, v. 52, p. 1124-1131, 2004.

ARAÚJO, P. G. L.; FIGUEIREDO, R. W.; ALVES, R.E. et al. **Qualidade de frutos de aceroleira colhidos em diferentes épocas do ano**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS, 19, 2004, Recife, Anais... Recife: SBCTA, 2004. CD-ROM.

BALASUNDRAM, N.; SUNDRAM, K.; SAMMAN, S. Phenolic compounds in plants and agri-industrial by-products: antioxidant activity, occurrence, and potential uses. **Food Chemistry**, v. 99, p. 191-203, 2006.

BRAND-WILLIAMS, W.; CUVELIER, M. E.; BERSET, C. Use of free radical method to evaluate antioxidant activity. **Lebensm Wiss Technology**, v. 22, p. 25-30, 1995.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). Brasília, 23 de setembro de 2005. Ministério da Saúde. Resolução RDC nº 269, de 22 de setembro de 2005. **Aprova o regulamento técnico sobre a Ingestão Diária Recomendada (IDR) de proteína, vitaminas e minerais.**

BUTSAT, S.; SIRIAMORNUN, S. Antioxidant capacities and phenolic compounds of the husk, bran and endosperm of Thai rice. **Food Chemistry**, v. 119, p. 606–613, 2010.

ĆETKOVIĆ, G. S.; DJILAS, S. M.; ČANADANOVIĆ-BRUNET, J. M.; TUMBAS, V. T. Antioxidant properties of marigold extracts. **Food Research International**, v. 37, p. 643–650, 2004.

CHU, Y. H.; CHANG, C. L.; HSU, H. F. Flavonoid content of several vegetables and their antioxidant activity. **Journal of the science of food and agriculture**, v. 80, p. 561-566, 2000.

DE SOUZA, V. R.; PEREIRA, P. A. P.; QUEIROZ, F.; BORGES, S. V.; DE DEUS, J. S. C. Determination of bioactive compounds, antioxidant activity and chemical composition of Cerrado Brazilian fruits. **Food Chemistry**, v. 134, n. 1, p. 381-386, 2012.

DUBOST, N. J.; OU, B.; BEELMAN, R. B. Analytical, Nutritional and Clinical Methods Quantification of polyphenols and ergothioneine in cultivated mushrooms and correlation to total antioxidant capacity. **Food Chemistry**, v. 105, p. 727–735, 2007.

FARIA, J. P.; ALMEIDA, F.; DA SILVA, L. C. R.; VIEIRA, R. F.; AGOSTINI-COSTA, T. S. Caracterização da polpa do coquinho-azedo (*Butia capitata* var *capitata*). **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal - SP, v. 30, n. 3, p. 827-829, 2008.

FELIPPE, G. **Entre o jardim e a horta: as flores que vão para a mesa.** São Paulo: SENAC, 2003.

FRANCIS, F. J. **Analysis of anthocyanins.** In: MARKAKIS, P. (ed.) Anthocyanins as food colors. New York: Academic Press, 1982. p. 181-207.

GARDNER, P. T.; WHITE, T. A. C.; MCPHAIL, D. B.; DUTHIE, G. G. The relative contributions of vitamin C, carotenoids and phenolic to the antioxidant potential of fruit juices. **Food Chemistry**, v. 68, p. 471-474, 2000.

GIADA, M. L. R.; MANCINI FILHO, J. Importância dos compostos fenólicos da dieta na promoção da saúde humana. **Ciências Biológicas e da Saúde**, v. 12, p. 7-15, 2006.

GIUSTI, M. M.; WROLSTAD, R. E. **Anthocyanins. Characterization and Measurement with UV-Visible Spectroscopy**. In: Wrolstad, R. E. (Ed.). *Current Protocols in Food Analytical Chemistry*. New York: John Wiley & Sons, 2001. p. 1-13.

GORINSTEIN, S.; ZEMSER, M.; HARUENKIT, R.; CHUTHAKORN, R.; GRAVER, F.; MARTIN-BELLOSO, O.; TRAKHTENBERG, S. Comparative content of total polyphenols and dietary fiber in tropical fruits and persimmon. **Journal Nutrition Biochemistry**, v. 10, p. 367-371, 1999.

HALLIWELL, B. **Proteasomal dysfunction: a common feature of all neurodegenerative diseases? Implications for the environmental origins of neurodegeneration**. *Antiox. Redox Signal* in press, 2006.

HALLIWELL, B.; GUTTERIDGE, J. M. C. **Free radicals in biology and medicine**. 3rd ed. Oxford University Press Oxford, 1999.

HERMES-LIMA, M. **Oxygen in biology and biochemistry: role of free radicals**. In: STOREY, K. B. editor. *Functional Metabolism: Regulation and Adaptation*. New Jersey: John Wiley & Sons, 2004. p. 319–368.

HINNEBURG, I.; DAMIEN, H. J.; RAIMO, H. Antioxidant activities of extracts from selected culinary herbs and spices. **Food Chemistry**, London, v. 97, n. 1, p. 122-129, 2006.

HUANG, D.; OU, B.; PRIOR, R. L. The chemistry behind antioxidant capacity assays. **Journal Agricultural Food Chemistry**, v. 53, p. 1841-1856, 2005.

INSTITUTE OF MEDICINE. Food and Nutrition Board. **Dietary Reference Intakes**. **National Academic Press, Washington D.C.**, 2001.

KÄHKÖNEN, M. P.; HOPIA, A. I.; VUORELA, H. J.; RAUHA, J. P.; PIHLAJA, K.; KUJALA, T. S.; HEINONEN, M. Antioxidant Activity of Plant Extracts Containing Phenolic Compounds. **Journal Agricultural Food Chemistry**, v. 47, n. 10, p. 3954–3962, 1999.

KAISOON, O.; KONCZAK, I.; SIRIAMORNUN, S. Potential health enhancing properties of edible flowers from Thailand Food Research International. **Functional Foods and Nutraceuticals**, v. 46, p. 563–571, 2012.

KAISOON, O.; SIRIAMORNUN, S.; WEERAPREEYAKUL, N.; MEESO, N. Phenolic compounds and antioxidant activities of edible flowers from Thailand. **Journal of Functional Foods**, v. 3, p. 88-99, 2011.

KALT, W.; FORNEY, C. F.; MARTIN, A.; PRIOR, R. L. Antioxidant Capacity, Vitamin C, Phenolics, and Anthocyanins after Fresh Storage of Small Fruits. **Journal Agricultural Food Chemistry**, v. 47, n. 11, p. 4638–4644, 1999.

KHOO, E. H.; ISMAIL, A.; MOHD-ESA, N.; IDRIS, S. Carotenoid content of under utilized tropical fruits. **Plants Foods for Human Nutrition**, v. 63, p. 170-175, 2008.

KIM, D. O.; LEE, K. W.; LEE, H. J.; LEE, C. H. Vitamin C equivalent antioxidant capacity (VCEAC) of phenolic phytochemicals. **Journal Agricultural Food Chemistry**, v. 50, p. 3713-3717, 2002.

KURILICH, A. C.; TSAU, G. J.; BROWN, A.; HOWARD, L.; KLEIN, B. P.; JEFFERY, E. H.; KUSHAD, M.; WALLIG, M. A.; JUVIK, J. A. Carotene, tocopherol, and ascorbate contents in subspecies of Brassica oleracea. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 47, p. 1576–1581, 1999.

KUSKOSKI, E. M.; ASUERO, A. G.; TRONCOSO, A. M.; MANCINI-FILHO, J; FETT, R. Aplicación de diversos métodos químicos para determinar actividad antioxidante en pulpa de frutos. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 25, p. 726-732, 2005.

LAJOLO, M. F. **Tabela brasileira de composição de alimentos**. Disponível em: www.fcf.usp.tabela. Acesso em: 3 dez. 2011.

LEYVA, D. D.; BARRAGÁN, H. B. E.; ANAYA, S. I.; MENDOZA, M. G. Effect of fixed bed drying on the retention of phenolic compounds, anthocyanins and antioxidant activity of roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.). **Vizcarra Industrial Crops & Products**, v. 40, p. 268-276, 2012.

LEONG, L. P.; SHUI, G. An investigation of antioxidant capacity of fruits in Singapore markets. **Food Chemistry**, v. 76, p. 69–75, 2002.

LIMA, V. L. A. G.; MUSSER, R. S.; LEMOS, M. A. et al. **Análise conjunta das características físico-químicas de acerola (*Malpighia emarginata* D.C.) do banco ativo de germoplasma em Pernambuco**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 17., 2002a, Belém, Anais... Belém: SBF, 2002. CD-ROM.

LÓPEZ-BERENGUER, C.; CARVAJAL, M.; MORENO, D. A.; GARCIA-VIGUERA, C. Effects of microwave cooking conditions on bioactive compounds present in broccoli inflorescences. **Journal Agricultural Food Chemistry**, v. 55, n. 24, p. 10001–10007, 2007.

MAISUTHISAKUL, P.; PASUK, S.; RITTHIRUANGDEJ, P. Relationship between antioxidant properties and chemical composition of some Thai plants. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 21, p. 229-240, 2008.

MANACH, C.; SCALBERT, A.; MORAND, C.; RÉMÉSY, C.; JIMÉNEZ, L. Polyphenols: food sources and bioavailability. **American Journal Clinical Nutrition**, v. 79, n. 5, p. 727-747, 2004.

MATITIUZ, B. H.; DURIGAN, J. F.; ROSSI JUNIOR, O. D. Processamento mínimo em goiabas 'paluma' e 'pedro sato'. Avaliação química, sensorial e microbiológica. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 23, p. 409-413, 2003.

MELO, E. A.; ANDRADE, R. A. M. S. COMPOSTOS BIOATIVOS E POTENCIAL ANTIOXIDANTE DE FRUTOS DO UMBUZEIRO. **Alimentos e Nutrição**, v. 21, p. 453-457, 2010.

MELO, E. A. et al. Polyphenol, ascorbic acid and total carotenoid contents in common fruits and vegetables. **Brazilian Journal Food Technology**, v. 9, p. 89-94, 2006.

McCLURE, J. W.; SWAIN, T.; HARBORNE, J. B.; VAN SUMERE, C. F. **Biochemistry of Plant Phenolics Plenum Press**. New York, 1979. p. 525.

MIGLIO, C. et al. Efeitos de diferentes métodos de cocção sobre nutricionais e características físico-químicas de legumes selecionados. **Journal of Agriculture and Food Chemistry**, v. 56, p. 139-147, 2008.

MOURA, C. F. H.; ALVES, R. E.; PAIVA, J. R. et al. **Avaliação de clones de aceroleira (*Malpighia emarginata* D.C.) na região da Chapada do Apodi-CE**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 17., 2002, Belém, Anais... Belém: SBF, 2002. CD-ROM.

NOGUEIRA, J. N.; SOYBIHE SOBRINHO, J.; VENSICOVSKY, R.; FONSECA, H. Efeito do armazenamento nos teores de ácido ascórbico e beta-caroteno em goiaba liofilizada. **Archivos Latinoamericanos de Nutrición**, v. 28, p. 363-377, 1978.

PÉREZ-JIMÉNEZ, J.; ARRANZ, S.; TABERNERO, M.; DÍAZ-RUBIO, E.; SERRANO, J.; GOÑI, I.; SAURA-CALIXTO, F. Updated methodology to determine antioxidant capacity in plant foods, oils and beverages: Extraction, measurement and expression of results. **Food Research International**, v. 41, n. 3, p. 274–285, 2008.

PHILIPPI, S. T. **Tabela de composição de alimentos: suporte para decisão nutricional**. Brasília, DF: Anvisa, Finatec/Nut-UnB, 2001. p. 133.

PIETTA, P. G. Flavonoids as Antioxidants. **Journal of Natural Products**, v. 63, p. 1035–1042, 2000.

Regulamento técnico geral para fixação dos padrões de identidade e qualidade para polpa de frutas. Instrução Normativa n.1, de 7 de janeiro de 2000. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 10 jan. 2000. Seção 1, p. 54-58.

RASEETHA, S.; LEONG, S. Y.; BURRITT, D.; OEY, I. Understanding the degradation of ascorbic acid and glutathione in relation to the levels of oxidative stress biomarkers in broccoli (*Brassica oleracea L. italica cv. Bellstar*) during storage and mechanical processing. **Food Chemistry**, v. 138, p. 1360-1369, 2013.

REIS, C.; QUEIROZ, F.; FROES, M. **Jardins comestíveis**. Ubatuba/ SP, 2004.

RICE-EVANS, C. A.; MILLER, N. J.; PAGANGA, G. Antioxidant properties of phenolic compounds. **Trends Plant Science**, v. 2, p. 152-159, 1997.

RODRIGUEZ-AMAYA, D. B. Assessment of the provitamin A contents of foods – the Brazilian experience. **Journal Food Composition and Analysis**, v. 9, p. 196-230, 1996.

RODRIGUEZ-AMAYA, D. B. **A guide to carotenoid analysis in food**. Washington, DC: OMNI Research, 1999. p. 64.

SIES, H.; STAHL, W. Vitamins E and C, α -Carotene and Other Carotenoids as Antioxidants. **American Journal Clinical Nutrition**, v. 62, p. 1315s-1321s, 1995.

SINGH, G.; KAWATRA, A.; SEHGAL, S. Nutritional composition of selected green leaf vegetables, herbs and carrots. **Plants Foods for Human Nutrition**, v. 56, p. 359-364, 2000.

SINGLETON, V.L. et al. Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of Folin-Ciocalteu reagent. **Methods of Enzymology**, v. 299, p. 152-178, 1999.

SOARES, M.; WELTER, L.; GONZAGA, L.; LIMA, A.; MANCINI-FILHO, J.; FETT, R. Avaliação da atividade antioxidante e identificação dos ácidos fenólicos presentes no bagaço de maçã cv. Gala. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 28, n. 3, p. 727-732, 2008.

SULAIMAN, S. F.; YUSOFF, N. A. M.; ELDEEN, I. M.; SEOW, E. M.; SAJAK, A. A. B.; SUPRIATNO, K. L. Correlation between total phenolic and mineral contents with antioxidant activity of eight Malaysian bananas (*Musa sp*). **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 24, p. 1–10, 2011.

SUN, J.; CHU, Y. F.; WU, X.; LIU, R. H. Antioxidant and antiproliferative activities of common fruits. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 50, p. 7449–7454, 2002.

TOMÁS-BARBERÁN, F. A.; CLIFFORD, M. N. Flavanones, chalcones and dihydrochalcones – nature, occurrence and dietary burden. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 80, p. 1073–1080, 2000.

YU, D.; DAHEGREN, R. A. Evaluation of methods for measuring polyphenol in conifer foliage. **Journal Chemistry Ecology**, v. 26, p. 2119-2140, 2000.

ZHANG, L.; FU, Q.; ZHANG, Y. Composition of anthocyanins in pomegranate flowers and their antioxidant activity. **Food Chemistry**, v. 127, p. 1444–1449, 2011.

ZHIGANG, T.; LE, C.; LIN, D.; LIUHONG, D.; MINGFENG, W.; YABIN, Y.; QIUE, C.; ZHONGTAO, D. Antioxidant activity and chemical constituents of edible flower of *Sophora viciifolia*. **Food Chemistry**, v. 126, p. 1648–1654, 2011.

ZHISHEN, J.; MENGCHENG, T.; JIANMING, W.; The determination of flavonoid contents in mulberry and their scavenging effects on superoxide radicals. **Food Chemistry**, v. 64, p. 555-559, 1999.

ZHOU, K.; YU, L. Total phenolic contents and antioxidant properties of commonly consumed vegetables grown in Colorado. *Lebensm.-Wiss. U. Technology*, v. 39, p. 1155-1162, 2006.

IDENTIFICAÇÃO DE COMPOSTOS FENÓLICOS EM FLORES COMESTÍVEIS

RESUMO

As flores comestíveis são utilizadas como ingrediente na culinária em todo o mundo, inclusive no Brasil. Além disso, cada vez mais estão sendo estudadas por seus efeitos benéficos a saúde decorrentes da presença de compostos fenólicos. No presente estudo foram identificados e quantificados os principais compostos fenólicos presentes em cinco espécies de flores comestíveis. Foram avaliados três lotes da safra 2013, das flores *in natura*: amor-perfeito (*Viola tricolor L.*), brócolis (*Brassica oleracea L. var. itálica*), calêndula (*Calêndula officinalis L.*), capuchinha (*Tropaeolum majus L.*) e couve-flor (*Brassica oleracea L. var. botrytis*). A separação e identificação dos compostos fenólicos foi realizada utilizando coluna de C₁₈ com gradiente linear de solução de ácido acético a 2% em acetonitrila, com cromatografia líquida de alta eficiência e detecção de arranjo de diodos. As análises foram feitas em triplicata, utilizando a parte comestível das flores. A quantificação foi realizada por padronização externa e os compostos fenólicos pesquisados foram ácido gálico, ácido cafeíco, ácido clorogênico, ácido cumárico, ácido ferúlico, rutina, quercetina, apigenina e kaempfetol. O ácido gálico, rutina e quercetina foram encontrados em todas as flores estudadas e o ácido p-cumárico e os flavonóides apigenina e kaempferol não foram identificados em nenhuma flor analisada.

Palavras-chave: Flores Comestíveis. Compostos Fenólicos. Cromatografia Líquida de Alta Eficiência.

ABSTRACT

Edible flowers are used as an ingredient in cooking around the world, including Brazil. In addition, increasingly are being studied for their beneficial effects on health caused by the presence of phenolic compounds. The present study identified and quantified the major phenolic compounds present in five species of edible flowers. Three different batches of the crop in 2013, fresh flowers: pansy (*Viola tricolor* L.), broccoli (*Brassica oleracea* L. var. *Italic*), marigold (*Calendula officinalis* L.), nasturtium (*Tropaeolum majus* L.) and Cauliflower (*Brassica oleracea* L. var. *botrytis*). The separation and identification of phenolic compounds was performed using C₁₈ column with linear gradient of solution of 2 % acetic acid in acetonitrile with high performance liquid chromatography and diode array detection. The analyzes were performed in triplicate using the edible flowers. Quantification was performed by external standardization and the phenolic compounds studied were gallic acid, caffeic acid, chlorogenic acid, coumaric acid, ferulic acid, rutin, quercetin, apigenin and kaempferol. Gallic acid, rutin and quercetin were found in all studied flowers and p-coumaric acid and flavonoids kaempferol, apigenin and were not identified in any flower analyzed.

Keywords: Edible Flowers. Phenolic Compounds. High Performance Liquid Chromatography.

1. INTRODUÇÃO

Os compostos fenólicos são constituídos por um ou mais anéis aromáticos, nos quais, pelo menos um hidrogênio é substituído por um grupamento hidroxila. Nos alimentos abrangem os ácidos fenólicos, as cumarinas, os flavonóides e os taninos (DUBICK & OMAJE, 2001). Estes compostos secundários de ocorrência natural e não nutritiva, são responsáveis pelo aroma, cor e sabor de vegetais utilizados na alimentação e produzidos pelo sistema de proteção das plantas contra condições adversas como raios ultra-violeta e pragas (GILBERT & COOKE, 2001).

Vários estudos tem sugerido que o consumo de compostos fenólicos previne várias doenças relacionadas aos danos oxidativos, como cânceres (AMIÉ et al., 2003; FRANKE et al., 2004; HRYNTSEVICH & SHADYRO, 2005), Parkinson e Alzheimer (AMIÉ et al., 2003; KUSKOSKI et al., 2005; SEERAM et al., 2006) e doenças cardiovasculares, através da diminuição do LDL colesterol e do aumento do HDL colesterol (FRANKE et al., 2004; KUSKOSKI et al., 2005; SEERAM et al., 2006).

Estes compostos fenólicos podem ser encontrados em todas as partes de vegetais, tais como, na madeira, casca, talos, vagens, folhas, frutos, raízes, pólen, sementes e inclusive nas flores (MANACH et al., 2004). Então as flores são uma parte importante das plantas que podem conter uma variedade de compostos fenólicos que possuem efeitos comprovadamente benéficos para a saúde (YOUWEI, JINLIAN & YONGHONG, 2008).

Desta forma, as flores comestíveis amor-perfeito, brócolis, calêndula, capuchinha e couve-flor são uma opção de ingrediente que podem ser utilizadas em diversas preparações culinárias nas formas fresca, assada ou cozida; em recheios, saladas, sanduíches e sopas; compotas e geléias; bebidas, como infusões alcoólicas e refrescos (KELLEY et al., 2003).

Porém, o conhecimento acerca da composição de fenólicos em flores comestíveis consumidas no Brasil ainda é escasso e, esse fato, induz ao não ou ao mau aproveitamento destes alimentos, sendo utilizados muitas vezes, como decorativos. Assim, há muito a ser explorado, com relação à identificação e quantificação de compostos fenólicos em flores comestíveis. Neste sentido, com este trabalho pretende-

se identificar e quantificar os principais compostos fenólicos em cinco flores comestíveis utilizando cromatografia líquida de alta eficiência (CLAE).

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. AMOSTRAS DE FLORES

Foram selecionados três lotes da safra 2013 de cinco variedades de flores comestíveis *in natura*: amor-perfeito (*Viola tricolor L.*), brócolis (*Brassica oleracea L. var. itálica*), calêndula (*Calêndula officinalis L.*), capuchinha (*Tropaeolum majus L.*) e couve-flor (*Brassica oleracea L. var. botrytis*). As flores foram obtidas de uma empresa de horticultura, localizada no município de Campo Limpo Paulista (São Paulo/ Brasil), sendo selecionadas, lavadas, pesadas e armazenadas congeladas a -18°C até a realização das análises.

As análises foram realizadas em triplicata, no Laboratório de Análises de Alimentos, da Universidade Estadual Paulista, “Júlio de Mesquita Filho”, em Araraquara, utilizando a parte comestível de flores morfológicamente perfeitas. Cada lote de flores continha aproximadamente 40 unidades por espécie, sendo escolhidas aleatoriamente independente do grau de maturação.

2.2. MÉTODOS

Todos os reagentes utilizados nas análises possuíam grau analítico, os solventes grau HPLC e a água deionizada foram usados para preparar as soluções aquosas. Os padrões utilizados foram adquiridos da empresa Sigma-Aldrich (Sigma-Aldrich Chemie GmbH, Munique, Alemanha).

2.2.1. Análise de Compostos Fenólicos usando Cromatografia Líquida de Alta Eficiência

2.2.1.1. Extração dos Compostos Fenólicos

Para a extração dos compostos fenólicos das amostras de flores comestíveis foi usado o método de Yu & Dahegren (2000), com modificações. Foi pesado aproximadamente 5 g de flor comestível, em seguida adicionado 10 mL de acetona a 70 %, agitando-se por 1 minuto em vórtex, deixando em repouso por 1 hora no escuro a temperatura ambiente. Posteriormente foi centrifugado por 10 minutos, a uma velocidade de 8500g, coletando-se o sobrenadante. Ao resíduo remanescente foi adicionado 10 mL de acetona a 70 %, repetindo-se o procedimento descrito acima. Os extratos foram combinados e acondicionados em frasco âmbar, com tampa rosqueável, identificados e armazenados em freezer.

2.2.1.2. Determinação do Teor de Compostos Fenólicos por CLAE

Os compostos fenólicos foram determinados utilizando o cromatógrafo líquido de alta eficiência (Shimadzu, Kyoto, Japan) controlado pelo software Class-VP, equipado com bomba, injetor manual e detector por arranjo de fotodiodos (DAD). A análise foi conduzida utilizando coluna Thermo® C₁₈ (4,6 x 250 mm, 5 µm), mantida a 25°C e o volume de amostra injetado foi de 20 µL.

Como fase móvel foi utilizada solução de ácido acético 2% (A) e acetonitrila (B) com a seguinte gradiente: inicialmente 90 % de A e 10 % de B; de 0 a 7 min 85 % de A e 15 % de B; de 7 a 25 min 15 % de A e 85 % de B; de 25 a 30 min 90 % de A e 10 % de B; permanecendo esta proporção até 40 minutos, a vazão foi de 0,7 mL/ min. As fases móveis, padrões e amostras foram filtrados antes da injeção em membrana milipore 0,22 µm.

Os comprimentos de onda utilizados para detecção foram 280, 320 e 360 nm. Os padrões utilizados foram os ácidos fenólicos (gálico, caféico, p-cumárico, ferúlico e clorogênico) e os flavonóides (rutina, apigenina, quercetina e kaempferol). As curvas de calibração obtidas em triplicata a partir de sete concentrações e a quantificação por padronização externa.

A identificação dos compostos fenólicos foi realizada por comparação do tempo de retenção e dos espectros de absorção obtidos pelo detector DAD, das amostras com os dos padrões. Os resultados foram expressos em mg/ 100 g.

2.3. ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os resultados foram expressos em média \pm desvio-padrão da média. Os dados foram analisados estatisticamente usando o *software Sigma Stat®* (versão 2.03). A análise de variância (ANOVA) e teste de diferença significativa de Tukey foram usados para comparar a quantidade de compostos fenólicos nas flores avaliadas. O nível de significância foi estabelecido em $p \leq 0,05$.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A presença de cinco ácidos fenólicos (caféico, clorogênico, ferúlico, cumárico e gálico) e quatro flavonóides (apigenina, kaempferol, quercetina e rutina) foi pesquisada em cinco espécies de flores comestíveis *in natura*: amor-perfeito (*Viola tricolor L.*), brócolis (*Brassica oleracea L. var. itálica*), calêndula (*Calêndula officinalis L.*), capuchinha (*Tropaeolum majus L.*) e couve-flor (*Brassica oleracea L. var. botrytis*). Os resultados encontrados estão apresentados na Tabela 1.

Os compostos ácido gálico, quercetina e rutina foram encontrados em todas as amostras de flores estudadas, enquanto que o ácido p-cumárico e os flavonóides apigenina e kaempferol não foram identificados (Tabela 1).

O ácido caféico foi encontrado apenas no brócolis com teor de 0,12 mg/ 100 g. O ácido clorogênico foi encontrado nas flores amor-perfeito, brócolis e calêndula, sendo igual no amor-perfeito e calêndula ($p > 0,05$), enquanto que o ácido ferúlico apenas no brócolis e na calêndula, apresentando também valores iguais ($p > 0,05$). A concentração de ácido gálico variou entre 3,67 e 1,34 mg/ 100 g. A maior concentração foi encontrada no brócolis e a menor na capuchinha laranja ($p \leq 0,05$) (Tabela 1).

Na capuchinha foram detectadas as menores concentrações de rutina, quando comparadas com as outras flores, sendo os teores significativamente diferentes entre si

($p \leq 0,05$). A calêndula continha a maior quantidade de rutina (15,32 mg/ 100 g) e a menor de quercetina (4,07 mg/ 100 g). Já os maiores teores de quercetina estavam presentes na capuchinha ($p \leq 0,05$) (Tabela 1).

Tabela 1: Conteúdo de compostos fenólicos nos extratos de cinco espécies de flores comestíveis frescas, cultivadas em São Paulo, expressa em mg/ 100 g de amostra, Araraquara, 2013.^{1,2}

Compostos Fenólicos	Flores Comestíveis						
	Amor-perfeito	Brócolis	Calêndula	Cap. amarela	Cap. laranja	Cap. vermelha	Couve-flor
Ácido Caféico	*	0,12 ± 0,06	*	*	*	*	*
Ácido Clorogênico	0,97 ± 0,03 ^a	0,47 ± 0,27 ^b	1,07 ± 0,30 ^a	*	*	*	*
Ácido Ferúlico	*	1,68 ± 0,23 ^a	2,02 ± 0,44 ^a	*	*	*	*
Ácido Gálico	2,09 ± 0,12 ^c	3,67 ± 0,92 ^a	1,89 ± 0,76 ^d	2,44 ± 0,99 ^b	1,34 ± 0,23 ^e	2,44 ± 0,87 ^b	1,97 ± 0,23 ^c
Ácido p-cumárico	*	*	*	*	*	*	*
Apigenina	*	*	*	*	*	*	*
Kaempferol	*	*	*	*	*	*	*
Quercetina	6,43 ± 1,09 ^f	8,97 ± 1,20 ^d	4,07 ± 1,88 ^g	10,80 ± 2,79 ^b	12,00 ± 3,55 ^a	9,90 ± 2,22 ^c	7,90 ± 2,58 ^e
Rutina	12,57 ± 3,11 ^c	13,74 ± 0,93 ^b	15,32 ± 3,23 ^a	9,47 ± 1,23 ^e	8,33 ± 1,88 ^f	11,40 ± 2,64 ^d	12,81 ± 2,53 ^c

¹Os valores representam médias e desvio padrão da média de três lotes; ²Linhas com letras minúsculas diferentes são significativamente diferentes no teste de Tukey ($p \leq 0,05$).
* não detectado.

Os compostos fenólicos são antioxidantes presentes em vegetais capazes de doar hidrogênio ou elétrons (BRAND-WILLIAMS; CUVELIER; BERSET, 1995). A capacidade antioxidante destes compostos levam a efeitos benéficos relacionados a prevenção de diversas doenças, como as cardiovasculares, as cancerígenas e as neurológicas (HARBORNE; WILLIAMS, 2000; SÁNCHEZ-MORENO, 2002).

Como pode ser verificado na Tabela 1, o ácido gálico, a quercetina e a rutina foram encontrados em todas as flores analisadas. Segundo Kaisoon et al., (2011) um dos principais ácidos fenólicos identificados em 12 flores comestíveis utilizadas na culinária tailandesa foi o ácido gálico e os flavonóides predominantes foram a quercetina e rutina. O cromatograma do extrato de folhas de *Barringtonia racemosa* também indicaram a presença de ácido gálico e quercetina (KIN et al., 2012).

Alguns estudos avaliaram o efeito do uso do flavonóide quercetina no tratamento de doenças. Foi encontrado efeitos anticancerígenos sobre o câncer de mama devido a regulação do ciclo celular e indução da apoptose celular (EUN; SU; WOONG, 2008). A quercetina também diminuiu a expressão do gene e a produção de fator de necrose tumoral e pode ser adequada para o tratamento de doenças inflamatórias alérgicas (MIN et al., 2007)

No estudo de Wan et al., (2012) foram estudados 21 compostos fenólicos em flores de mirtilo (*Vaccinium corymbosum*), dentre os compostos avaliados identificaram-se o ácido cumárico. Resultado diferente ao encontrado neste estudo já que o ácido cumárico não foi identificado em nenhuma flor avaliada (Tabela 1). Cardozo Junior et al., (2010) também identificaram compostos fenólicos em 51 progênies de erva-mate por cromatografia líquida de alta eficiência, encontrando para ácido clorogênico e ácido caféico valores de 1,365-2,281 % e 0,027-0,037 %, respectivamente, estando de acordo com nossos resultados, já que o ácido clorogênico foi identificado no amor-perfeito, brócolis e calêndula (0,97; 0,47 e 1,07 mg / 100 g, respectivamente) e o ácido caféico no brócolis (0,12 mg / 100 g) (Tabela 1).

Huang et al. (2007) avaliaram a composição fenólica de vegetais consumidos por afro-americanos no sudeste dos Estados Unidos por cromatografia líquida de alta eficiência. Os principais flavonóides encontrados foram a quercetina e o kaempferol. A quercetina foi identificada na beldroega, couve, ervilhas roxas, folhas de batata-doce,

mostarda e quiabo. O conteúdo variou 1,3-31,8 mg/ 100 g, com o mais alto teor na couve e o menor teor na beldroega, enquanto que a quercetina foi isolada no presente estudo com valores semelhantes para algumas flores avaliadas, variando de $4,07 \pm 1,88$ a $12,00 \pm 3,55$ mg/ 100 g. O kaempferol foi encontrado na beldroega, cebola verde, couve, folhas de batata-doce e mostarda, o teor variou 1,1-90,5 mg/ 100 g (HUANG et al., 2007), não sendo encontrado este composto em nenhuma flor deste estudo (Tabela 1).

4. CONCLUSÕES

Os compostos fenólicos ácido gálico, quercetina e rutina foram encontrados em todas as amostras de flores enquanto que o ácido caféico apenas no brócolis, onde foram identificados seis compostos (ácido gálico, ácido caféico, ácido ferúlico, ácido clorogênico, rutina e quercetina). Na couve-flor e na capuchinha foram identificados apenas três compostos (ácido gálico, rutina e quercetina).

5. REFERÊNCIAS

AMIÉ, D.; DAVIDOVIÉ-AMIÉ, D.; BESLO, D.; TRINAJSTIÉ, N. Structure-radical scavenging activity relationships of flavonoids. **Croatica Chemica Acta**, v. 76, p. 55-61, 2003.

BRAND-WILLIAMS, W.; CUVELIER, M. E.; BERSET, C. **Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity**. Lebensmittel-Wissenschaft Technologie, London, v. 28, p. 25-30, 1995.

CARDOZO JUNIOR, E. L.; DONADUZZI, C. M.; FERRARESE-FILHO, O.; FRIEDRICH, J. C.; GONELA, A.; STURION, J. A. Análise genética quantitativa de metilxantinas e compostos fenólicos em progênies de erva-mate. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 45, p. 171, 2010.

DUBICK, M. A.; OMAYE, S. T. Modification of atherogenesis and heart disease by grape wine and tea polyphenols. In: Wildman, R. E.C. (org). **Handbook of Nutraceutical and Functional Food**. Boca Raton: CRC Press, 2001. v. 14. p. 143-153.

EUN, J. C.; SU, M. B.; WOONG, S. A. Antiproliferative effects of quercetin through cell cycle arrest and apoptosis in human breast cancer MDA-MB-453 cells. **Archives of Pharmacal Research**, v. 31, p. 1281-128, 2008.

FRANKE, A. A.; CUSTER, L. J.; ARAKAKI, C.; MURPHY, S. P. Vitamin C and flavonoid levels of fruits and vegetables consumed in Hawaii. **Journal Food Composition Analysis**, v. 17, p. 1-35, 2004.

GILBERT, K. G.; COOKE, D. T. Dyes from plants: past usage, present understanding and potential. **Plant Growth Regulation**, v. 34, p. 57-69, 2001.

HARBORNE, J. B.; WILLIAMS, C. A. **Advances in flavonoid research since 1992**. Phytochemistry, New York, v. 52, n. 6, p. 481- 504, 2000.

HRYNTSEVICH, I. B.; SHADYRO, O. I. Reactions of α -hydroxyethyl radicals with flavonoids of various structures. **Bioorganic Medicinal Chemistry Letters**, v. 15, p. 4252-4255, 2005.

HUANG, Z.; WANG, B.; EAVES, D. H.; SHIKANY, J. M.; PACE, R. D. Phenolic compound profile of selected vegetables frequently consumed by African Americans in the southeast United States. **Food Chemistry**, v. 103, p. 1395–1402, 2007.

KAISOON, O.; SIRIAMORNPNUN, S.; WEERAPREEYAKUL, N.; MEESO, N. Phenolic compounds and antioxidant activities of edible flowers from Thailand. **Journal of Functional Foods**, v. 3, p. 88-99, 2011.

KELLEY, K. A.; CAMERON, A. C.; BIERNBAUM, J. A.; POFF, K. L. Effect of storage temperature on the quality of edible flowers. **Postharvest Biology and Technology. Michigan State University**, East Lansing. v. 27, p. 341-344, 2003.

KIN, W. K.; SARNI, M. J.; NORHANIZA, A.; AMIN, I.; AZLINA, A. A. Antioxidant activities and polyphenolics from the shoots of *Barringtonia racemosa* (L.) Spreng in a polar to apolar medium system. **Food Chemistry**, v. 134, p. 324-332, 2012.

KUSKOSKI, E. M.; ASUERO, A. G.; TRONCOSO, A. M.; MANCINI-FILHO, J; FETT, R. Aplicación de diversos métodos químicos para determinar actividad antioxidante en pulpa de frutos. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 25, p. 726-732, 2005.

MANACH, C.; SCALBERT, A.; MORAND, C.; RÉMÉSY, C.; JIMÉNEZ, L. Polyphenols: food sources and bioavailability. **American Journal Clinical Nutrition**, v. 79, n. 5, p. 727-747, 2004.

MIN, Y.D.; CHOI, C.H.; BARK, H.; SON, H. Y.; PARK, H. H.; LEE, S.; PARK, J. W.; PARK, E. K.; SHIN, H. I.; KIM, S. H. Quercetin inhibits expression of inflammatory cytokines through attenuation of NF- κ B and p38 MAPK in HMC-1 human mast cell line. **Inflammation Research**, v. 56, p. 210-215, 2007.

SÁNCHEZ-MORENO, C. Methods used to evaluate the free radical scavenging activity in foods and biological systems. **Food Science Technology International**, v. 8, p. 121-137, 2002.

SEERAM, N. P.; LEE, R.; SCHEULLER, H. S.; HEBER, D. Identification of phenolic compounds in strawberries by liquid chromatography electrospray ionization mass spectroscopy. **Food Chemistry**, v. 97, p. 1-11, 2006.

WAN, C.; YUAN, T.; CIRELLO, A. L.; SEERAM, N. P. Antioxidant and α -glucosidase inhibitory phenolics isolated from highbush blueberry flowers. **Food Chemistry**, v. 135, p. 929-1937, 2012.

YOUWEI, Z.; JINLIAN, Z.; YONGHONG, P. A comparative study on the free radical scavenging activities of some fresh flowers in southern China. **Food Science and Technology**, v. 41, p. 1586–1591, 2008.