

RESSALVA

Atendendo solicitação do (a) autor (a), o texto completo desta tese será disponibilizado somente a partir de 16/02/2021.

Universidade Estadual Paulista
“Júlio de Mesquita Filho”

Faculdade de Ciências Farmacêuticas

**Prospecção de linhagens de pimentas
cabacinha e dedo-de-moça amarela:
características físico-química, atividade
antioxidante e perfil de compostos fenólicos**

Anaiza Bitencourt de Aragão

Tese apresentada ao Programa de
Pós-graduação em Alimentos e
Nutrição para obtenção do título de
Doutora em Alimentos e Nutrição.

Área de concentração: Ciência dos
Alimentos

Orientador: Prof. Dr. Luis Vitor Silva
do Sacramento

Araraquara
2019

**Prospecção em linhagens de pimentas
cabacinha e dedo-de-moça amarela:
características físico-química, atividade
antioxidante e perfil de compostos fenólicos**

Anaiza Bitencourt de Aragão

Tese apresentada ao Programa de
Pós-graduação em Alimentos e
Nutrição para obtenção do título de
Doutora em Alimentos e Nutrição.

Área de concentração: Ciência dos
Alimentos

Orientador: Prof. Dr. Luis Vitor Silva
do Sacramento

Araraquara
2019

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA TESE: Prospecção de linhagens de pimentas cabacinha e dedo-de-moça amarela:
Características físico-química, atividade antioxidante e perfil de compostos fenólicos.

AUTORA: ANAIZA BITENCOURT DE ARAGÃO
ORIENTADOR: LUIS VITOR SILVA DO SACRAMENTO

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Doutora em ALIMENTOS E NUTRIÇÃO, área de conhecimento: Ciência de Alimentos pela Comissão Examinadora:

Prof. Dr. LUIS VITOR SILVA DO SACRAMENTO
Departamento de Princípios Ativos Naturais e Toxicologia / FCF- UNESP - Araraquara

Profa. Dra. MARICELY JANETTE URÍA TORO
Universidade do Estado do Pará

Prof. Dr. LUÍS SÉRGIO RODRIGUES VALE
Instituto Federal Goiano

Profa. Dra. MAGALI CONCEICAO MONTEIRO DA SILVA
Departamento de Alimentos e Nutrição / FCF - UNESP - Araraquara

Prof. Dr. JOSE PASCHOAL BATISTUTI
Departamento de Alimentos e Nutrição / FCF- UNESP - Araraquara

Araraquara, 16 de janeiro de 2019

“Não tente, faça ou não faça. Tentativa não existe”.
- Mestre Yoda

AGRADECIMENTOS

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela bolsa concedida.

Ao Prof. Dr. Luis Vitor Silva do Sacramento, pela orientação deste trabalho e todos os ensinamentos que contribuíram para minha formação profissional.

Ao prof. Dr. Luís Sérgio Rodrigues Vale do Instituto Federal Goiano – Campus Ceres e toda sua equipe de trabalho, pela disponibilização das linhagens de pimentas estudadas neste trabalho.

À Profa. Dra. Magali C. Monteiro da Silva, pela disponibilização do cromatógrafo líquido de alta eficiência multiusuário e por todo suporte técnico realizado. Obrigada pelo incentivo, conselhos, sugestões nos experimentos e em todas as discussões científicas que foram indispensáveis para que parte deste trabalho fosse desenvolvido.

Aos Professores, Dr. Iguatemy Lourenço Brunetti e Dra. Olga Maria Mascarenhas de Faria Oliveira, pela disponibilidade de uso do espaço dos laboratórios de pesquisa e de toda infraestrutura necessária para que parte desse trabalho fosse realizado. Obrigada pela receptividade!

Ao Prof. Dr. André Gonzaga dos Santos, pela disponibilização das colunas C18 e discussão da metodologia de extração de compostos fenólicos.

À Dra. Renata Assis, pelo auxílio e discussão da metodologia na determinação de antioxidantes.

Ao Programa de Pós-graduação em Alimentos e Nutrição, e à Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Campus de Araraquara da UNESP pela oportunidade e qualificação profissional.

À comissão examinadora deste trabalho pelas contribuições.

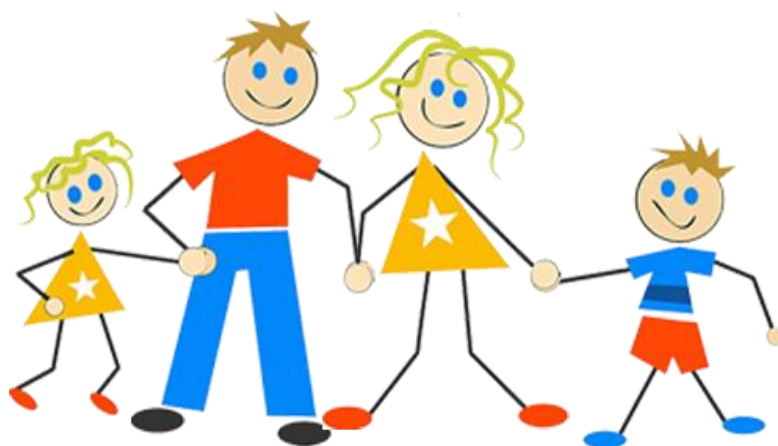
“..Talvez não tenha conseguido fazer o melhor, mas lutei para que o melhor fosse feito..”

- Marthin Luther King

Muito obrigada!

AGRADECIMENTOS PESSOAIS

Gostaria de dedicar esta tese à minha família, em especial, aos meus filhos **Pedro Kalel e Kara Hellena**, por me permitirem conhecer uma forma de amor que jamais imaginei que existisse, por trazerem à minha vida novas cores, novo foco, novo sentido. O sentido. Por renovarem minhas energias, acalmarem meu coração e amenizarem qualquer dor. Por me tornarem resiliente, e por me ajudarem a superar as adversidades, enfrentar meus medos e trazerem a alegria de viver novamente. Sem vocês eu não teria conseguido. Com muito amor e carinho, dedico!



“...Eu só quero agradecer por ter vocês, pra acompanhar minhas loucuras, me deixar bem mais segura daquilo que eu posso ser.

Pôr dá risada de tudo e sempre colorir meu mundo com as cores mais bonitas que eu já vi alguém pintar, por me amarem com a mesma intensidade e por serem, de verdade, a melhor família que eu pudesse ganhar.

É engraçado como a gente ganha as coisas que precisa mesmo sem saber que vai precisar, que é feliz por compartilhar de um sorriso a dois ou de um minuto que se foi pelo relógio, mas é eterno em nós, de um abraço apertado ou de um conselho que é dado sem a intenção e, ainda assim acalma o coração.

E eu só quero agradecer mais uma vez, por me aguentarem insegura, me tornarem mais madura, e me mostrarem que os sonhos não se devem adiar, por me amarem com a mesma intensidade e por serem, de verdade, a melhor família que eu pudesse ganhar”.

- Ana vilela

Agradeço a Deus e a N. S. de Nazaré, por toda fortaleza, sabedoria e equilíbrio nesta caminhada. Minha fé acalmou meu coração, e amenizou minha dor.

Aos meus queridos pais, **Rosa Regina e José Carlos**, por sempre me incentivarem a estudar e buscar o conhecimento, pelo árduo investimento na minha educação ao longo desses anos e, principalmente, por estarem ao meu lado em todos os momentos da minha vida. Pelos ensinamentos cotidianos, valores morais e a base familiar que formaram o meu caráter, este que tanto me orgulho. Obrigada por todo amor, esforço e dedicação com os meus filhos, enquanto eu concluía esta tese, sem a ajuda de vocês não seria possível. A vocês todo meu amor e minha eterna gratidão!

Ao meu marido e também melhor amigo **Kalel Zavitoski**, por toda sua dedicação a mim e à nossa família, pela sua compreensão e companheirismo diário. Por me trazer equilíbrio nos momentos de desespero, por lutar comigo bravamente para superar as adversidades, por acreditar em mim em alguns momentos mais do que eu mesma, por muitas vezes abdicar das suas atividades em prol das minhas, por ser o maior incentivador dos meus sonhos, por ter caminhado ao meu lado nesta trajetória, por todo seu amor, meu agradecimento especial. Grrrrrrr!

Ao meu sogrão Mário Santana e sua esposa Valéria Maciel, por nunca desamparar a nossa família, por nos estender as mãos sempre que precisamos, e também pelos conselhos e por todo seu carinho conosco.

À minha amiga Ângela Arenas, pela sua amizade, apoio e companheirismo; pelas palavras de conforto nos momentos que mais precisei e todos os bons momentos que me fizeram sorrir.

À minha sogra Deliana Zavitoski, por todo seu apoio, amor, atenção e carinho com os meus filhos durante o desenvolvimento deste trabalho.

Aos meus professores da educação infantil, do ensino fundamental e do ensino médio, por serem os principais mentores e construtores da base do meu conhecimento. A dedicação e comprometimento de vocês durante anos da minha formação me permitiu chegar até aqui. Obrigada por nunca desistirem de lutar, salve a educação básica!

À Prof^a. Dr^a. Maricely Uría Toro, por me apresentar a ciência dos alimentos com um olhar diferente, por me incentivar a não ser uma pessoa de oportunidades perdidas, por ter me ensinado o verdadeiro sentido do conhecimento, por me inspirar a querer ser professora e a seguir a carreira acadêmica, por ter acreditado em mim em todos os momentos, por me fazer entender que além de pesquisar é necessário ensinar, e principalmente por me mostrar que para transformar e formar bons profissionais basta ser “mosca”. Tudo isso me fez querer fazer a diferença!

À técnica de laboratório Maria Angélica pela sua amizade, apoio e companhia no Laboratório de Botânica da FCFar.

À Lica, técnica do Laboratório de Análise de Alimentos, por todo suporte oferecido e receptividade durante as análises no cromatógrafo líquido de alta eficiência.

À Maria Rita Estevam, pela sua disposição e por todo suporte técnico durante o uso do cromatógrafo líquido de alta eficiência.

Aos colegas e funcionários da FCFar, especialmente, Cris (xerox) e Natália (Técnica de Laboratório) pela disposição, amizade e todos os serviços prestados durante o curso.

A todos que me julgaram incapaz; seus julgamentos me tornaram mais forte e determinada. Obrigada!

Por fim, agradeço a todos aqueles que oraram, torceram por mim e que de alguma maneira contribuíram para esse momento, obrigada!

A depressão no meio acadêmico é mais comum do que pensamos, o produtivíssimo, a pressão, a incompreensão, as ameaças e o assédio moral acadêmico pode nos adoecer, matar e até levar ao suicídio, este por sua vez, muito comum nos últimos anos, consultem as estatísticas de jovens, pós-graduandos, que interromperam suas vidas por esse motivo. Depressão não é “mimimi” nem desculpinha para não cumprirmos prazos, não queremos nos passar por vítimas, é uma maldita doença da alma que nos mata diariamente, suga nossas energias e nos destrói completamente. Chega! Não brinquem com a vida alheia, não destruam sonhos, não sejam cruéis, amanhã pode ser alguém do seu núcleo familiar. Seja solidário, não machuquem, evitem o suicídio acadêmico. Diga sim a vida!

Resumo

Objetivo: este trabalho teve como objetivo caracterizar as linhagens de pimentas cabacinha e dedo-de-moça amarela, determinando os teores de compostos primários e secundários, atividade antioxidante e o perfil dos compostos fenólicos. **Métodos:** Para realização do estudo foram utilizadas dez linhagens de pimentas, sendo cinco linhagens de pimenta cabacinha (CB1204; CB1505; CB1517; CB1531 e CB1541) e cinco de pimenta dedo-de-moça amarela (DM1404; DM1427; DM1433; DM1439 e DM1441), obtidas pelo método de melhoramento genético descendente de uma única semente (Single Seed Descente-SSD) a partir de dois acessos do Banco Ativo de Germoplasma de *Capsicum* – BAG. As características físico-química dos frutos foram realizados de acordo com as metodologias estabelecidas pela Association of Official Analytical Chemistry (2008). Para caracterização bioquímica, foram realizadas análises de compostos fenólicos, flavonoides, carotenoides totais e açúcares redutores usando a técnica espectrofotométrica, com a metodologia específica para cada composto, utilizando a curva de calibração padrão para cada composto, com leituras de absorbâncias em comprimento de onda de 750, 425, 453 e 540 nm, respectivamente. A atividade antioxidante foi determinada pela técnica espectrofotométrica, utilizando as metodologias de captura do radical DPPH, HOCl/OCl⁻ e taurina cloramina com leituras de absorbâncias em 734, 655 e 655 nm, respectivamente, expressos em médias de IC₅₀. O perfil de compostos fenólicos foi avaliado pela técnica de cromatografia líquida de alta eficiência-HPLC-DAD. Os compostos fenólicos foram identificados por comparação do tempo de retenção e do espectro de absorção UV/Vis com os padrões analíticos, e por similaridade dos espectros UV/Vis da classe química. Os compostos fenólicos foram quantificados através da construção de curvas de calibração dos padrões puros e dos compostos representantes da classe química. **Resultados:** As pimentas cabacinha e dedo-de-moça amarela, apresentam valores médios, respectivamente: pH (5,48; 5,08), sólidos solúveis totais (1,65; 2,83 °Brix), acidez total titulável (3,91; 4,93 mg AC 100g⁻¹), proteínas (1,87; 1,45 g 100g⁻¹), lipídeos (2,55; 2,73 g 100g⁻¹) e açúcares redutores (1,78; 3,03 µg 100g⁻¹). Também apresentam alto teor de compostos fenólicos totais (818,17; 677,25 mg EAG 100g⁻¹), flavonoides totais (330,54; 218,86 mg EQ 100g⁻¹), ácido ascórbico (178,21; 106,05 mg 100g⁻¹) e carotenoides totais (212,28; 192,55 mg EβC 100g⁻¹), comparadas com outras pimentas do gênero *Capsicum*. Estas linhagens, possuem alta atividade antioxidante frente a captura dos radicais DPPH (3,52; 5,12) IC₅₀ mg mL⁻¹), HOCl/Cl⁻ (3,44; 4,96 IC₅₀ mg mL⁻¹) e Taurina cloramina (6,08; 8,14 IC₅₀ mg mL⁻¹), podendo considera-las com forte potencial inibitório de radicais livres e espécies reativas de oxigênio. Na determinação do perfil de compostos fenólicos foram identificados e quantificados por comparação com os padrões analíticos, os flavonoides naringina (CB1204 e DM1433) e naringenina (DM1433), e os ácidos gálico (DM1433) e *p*-cumárico (CB1531, DM1439 e DM1433). Por similaridade com os espectros representantes da classe química foram identificados e quantificados nos extratos de pimentas: três compostos derivados de ácido hidroxibenzoico, um composto derivado do ácido hidroxicinâmico, dois derivados das flavonas e dois compostos

derivados de flavonóis. As linhagens DM1433 e CB1204 foram as que apresentaram o maior teor de compostos fenólicos. Entre todas as linhagens avaliadas a pimenta DM1433 foi a que apresentou o melhor perfil de compostos fenólicos. **Conclusão:** Os resultados apontam que as linhagens de pimentas cabacinha e dedo-de-moça amarela apresentam elevado teor de metabólitos secundários, com propriedades bioativas como os compostos fenólicos, carotenoides e o ácido ascórbico. As linhagens CB1505, CB1204 e DM1433 foram as que apresentaram o maior teor dos compostos avaliados. Portanto, do ponto de vista nutricional, as linhagens podem ser cultivadas e introduzidas na agricultura brasileira.

Palavras-chave: *Capsicum*, linhagem, compostos bioativos, alimento funcional, atividade antioxidante e composto fenólicos.

Abstract

Objective: the objective of this work was to characterize the lines of cabacinha peppers and yellow girl finger, determining the contents of primary and secondary compounds, antioxidant activity and the profile of phenolic compounds. **Methods:** in order to carry out the study, ten strains of peppers were used: five cabinal pepper strains (CB1204, CB1505, CB1517, CB1531 and CB1541) and five yellow peppercorns (DM1404, DM1427, DM1433, DM1439 and DM1441). obtained by the method of genetic improvement descending of a single seed (Single Seed Descente-SSD) from two accesses of the Active Bank of Germplasm of Capsicum - BAG. The physical-chemical characteristics of the fruits were carried out according to the methodologies established by the Association of Official Analytical Chemistry (2008). For biochemical characterization, analyzes of phenolic compounds, flavonoids, total carotenoids and reducing sugars were performed using the spectrophotometric technique, with the specific methodology for each compound, using the standard calibration curve for each compound, with wavelength absorbance readings of 750, 425, 453 and 540 nm, respectively. The antioxidant activity was determined by the spectrophotometric technique, using the method of capturing the radical DPPH, HOCl/OCl⁻ and taurine chloramine with absorbance readings at 734, 655 and 655 nm, respectively, expressed as means of IC₅₀. The profile of phenolic compounds was evaluated by high-performance liquid chromatography-HPLC-DAD technique. The phenolic compounds were identified by comparing the retention time and the UV / Vis absorption spectrum with the analytical standards, and by similarity of the chemical class UV/Vis spectra. The phenolic compounds were quantified by constructing calibration curves of the pure standards and the chemical class representative compounds. **Results:** The yellow and white peppers, respectively, presented pH (5.48, 5.08), total soluble solids (1.65, 2.83 °Brix), titratable total acidity (3.91, 4 (1.78, 1.45 g 100g⁻¹), lipids (2.55, 2.73 g 100g⁻¹), reducing sugars (1.78, 3.03 µg 100 g⁻¹), total phenolic compounds (818.17, 677.25 mg EGA 100g⁻¹), total flavonoids (330.54, 218.86 mg QE 100g⁻¹), ascorbic acid (178.21, 106.05 mg 100g⁻¹) and total carotenoid content (212,28; 192,55 mg ECβ 100g⁻¹) were very high compared to other peppers of the same genus Capsicum. The antioxidant activity against the DPPH radicals (3.52; 5.12) IC₅₀ mg mL⁻¹), HOCl/OCl⁻ (3.44; 4.96 IC₅₀ mg mL⁻¹) and Taurine chloramine (6.08; 8.14 IC₅₀ mg mL⁻¹). Flavonoids naringin (CB1204 and DM1433) and naringenin (DM1433), and gallic (DM1433) and p-coumaric acids (CB1531, DM1439 and DM1433) were identified and quantified in the extracts of peppers. In the determination of the profile of phenolic compounds, flavonoids naringin (CB1204 and DM1433) and naringenin (DM1433) and gallic (DM1433) and p-coumaric acids (CB1531, DM1439 and DM1433) were identified and quantified by comparison with analytical standards . By similarity with the representative chemical class spectra were identified and quantified in pepper extracts: three compounds derived from hydroxybenzoic acid, a derivative of hydroxycinnamic acid, two derivatives of flavones and two compounds derived from flavonols. The DM1433 and CB1204 strains were the ones with the highest content of phenolic compounds. Among all the strains evaluated

the DM1433 pepper was the one that presented the best profile of phenolic compounds. **Conclusion:** The results indicate that the lineages of cabacinha and yellow-bellied peppers present high levels of secondary metabolites, with bioactive properties such as phenolic compounds, carotenoids and ascorbic acid. The lines CB1505, CB1204 and DM1433 were the ones that presented the highest content of the evaluated compounds. Therefore, from the nutritional point of view, the lineages can be cultivated and introduced in Brazilian agriculture.

Keywords: *Capsicum*; lineage; bioactive compounds; functional food; antioxidant activity and phenol compounds.

Lista de Tabelas e Quadros

Introdução	Página
Quadro 1. Espécies e variedades do gênero <i>Capsicum</i> distribuídas de acordo com o grau de domesticação.	23
Capítulo 1	
Tabela 1. Determinação do pH, sólidos solúveis (°Brix), acidez total (mg AC 100g ⁻¹), proteínas (g 100g ⁻¹), lipídeos (g 100g ⁻¹) e açúcares redutores (μg 100g ⁻¹) de linhagens de pimentas cabacinha e dedo-de-moça amarela.	55
Tabela 2. Conteúdo de compostos fenólicos totais (mg EAG 100g ⁻¹), flavonoides totais (mg EQ 100g ⁻¹), ácido ascórbico (mg 100g ⁻¹) e carotenoides totais (mg EβC 100g ⁻¹) em linhagens de pimentas cabacinha e dedo-de-moça amarela.	59
Tabela 3. Atividade antioxidante pelo ensaio da captura do radical DPPH, ácido hipocloroso (HOCl/OCl ⁻) e taurina cloramina, expressos em IC ₅₀ mg g ⁻¹ , em linhagens de pimentas cabacinha e dedo-de-moça amarela.	65
Capítulo 2	
Tabela 1. Compostos fenólicos identificados nas linhagens de pimentas cabacinha e dedo-de-moça amarela.	93
Tabela 2. Teor de compostos fenólicos nas linhagens de pimentas cabacinha e dedo-de-moça amarela.	95
Tabela 3. Recuperação do processo de extração de compostos fenólicos em três níveis de concentração do ácido <i>p</i> -cumárico.	99

Lista de Figuras

Introdução	Página
Figura 1. Mapa das zonas de expansão pré-colombiana para quatro espécies domesticadas de <i>Capsicum</i> .	19
Figura 2. Ilustração da pimenta cabacinha produzida no Brasil.	25
Figura 3. Ilustração da pimenta dedo-de-moça amarela produzida no Brasil.	26
Figura 4. Estrutura química típica dos flavonoides.	30
Figura 5. Classificação dos flavonoides segundo as características químicas.	31
Figura 6. Principais flavonoides das pimentas do gênero <i>Capsicum</i> .	32
Figura 7. Estrutura química dos ácidos hidroxibenzoicos (a) e dos ácidos hidroxicinâmicos.	33
Figura 8. Estrutura química dos principais carotenoides da classe dos carotenos.	36
Figura 9. Estrutura química do L-ácido ascórbico	37
Capítulo 1	
Figura 1. Representação gráfica do intervalo com 95% de confiança dos valores de pH, sólidos solúveis ($^{\circ}$ Brix), acidez total ($\text{mg AC } 100\text{g}^{-1}$), proteínas ($\text{g } 100\text{g}^{-1}$), lipídeos ($\text{g } 100\text{g}^{-1}$) e açúcares redutores ($\mu\text{g } 100\text{g}^{-1}$) de linhagens de pimentas cabacinha e dedo-de-moça amarela ($\alpha = 0,05$).	56
Figura 2. Representação gráfica do intervalo com 95% de confiança do Conteúdo de compostos fenólicos totais ($\text{mg EAG } 100\text{g}^{-1}$), flavonoides totais ($\text{mg EQ } 100\text{g}^{-1}$), ácido ascórbico ($\text{mg } 100\text{g}^{-1}$) e carotenoides totais ($\text{mg E}\beta\text{C } 100\text{g}^{-1}$) em linhagens de pimentas cabacinha e dedo-de-moça amarela ($\alpha = 0,05$).	60
Figura 3. Representação gráfica do intervalo com 95% de confiança da atividade antioxidante pelo ensaio da captura do radical DPPH, ácido hipocloroso e taurina cloramina, expressos em $\text{IC}_{50} \text{ mg g}^{-1}$, em linhagens de pimentas cabacinha e dedo-de-moça amarela ($\alpha = 0,05$).	65

Capítulo 2

Figura 1. Cromatograma do <i>pool</i> de padrões de ácidos fenólicos e flavonoides a 280 nm: ácido gálico (1), ácido protocatecuico (2), ácido clorogênico (3), ácido cafeico (4), ácido siríngico (5), ácido <i>p</i> -cumárico (6), ácido elágico (7), rutina (8), naringina (9), quercetina (10), ácido trans-cinâmico (11), ácido ferúlico (12), eriocitrina (13), narirutina (14), quercitrina (15), hesperidina (16), resveratrol (17), luteolina (18), naringenina (19), kaempferol (20), hesperitina (21), nobiletina (22) e tangeritina (23).	82
Figura 2. Cromatograma típico da linhagem de pimenta cabacinha CB1204.	83
Figura 3. Cromatograma típico da linhagem de pimenta cabacinha CB1517.	84
Figura 4. Cromatograma típico da linhagem de pimenta cabacinha CB1531.	85
Figura 5. Cromatograma típico da linhagem de pimenta cabacinha CB1541.	86
Figura 6. Cromatograma típico da linhagem de pimenta dedo-de-moça amarela DM1404.	87
Figura 7. Cromatograma típico da linhagem de pimenta dedo-de-moça amarela DM1427.	88
Figura 8. Cromatograma típico da linhagem de pimenta dedo-de-moça amarela DM1433.	89
Figura 9. Cromatograma típico da linhagem de pimenta dedo-de-moça amarela DM1439.	90
Figura 10. Cromatograma típico da linhagem de pimenta dedo-de-moça amarela DM1441.	91
Figura 11. Análise de componentes principais dos compostos fenólicos em linhagens de pimenta cabacinha e dedo-de-moça amarela ($\alpha= 0,05$).	98

Lista de Siglas

CB – Pimenta cabacinha
DM – Pimenta dedo-de-moça amarela
BAG – banco ativo de germoplasma de *Capsicum*
DCPIP – 2,6-diclorofenollindofenol
DPPH – 2,2-difenil-1-picril-hidrazil
HOCl/OCl⁻ - Ácido hipocloroso
TMB – 3,3',5,5'- tetrametilbenzidina
HPLC-DAD – Cromatografia líquida de alta eficiência com detector de diodo UV/Vis – ultravioleta visível
NaOCl – cloreto de sódio
NaOH – Hidróxido de sódio
AC – Ácido cítrico
EAG – Equivalente de ácido gálico
EQ – Equivalente de quercetina
EβC – Equivalente de beta caroteno
μg⁻¹ – micrograma
mg⁻¹ – miligrama
g⁻¹ – grama
mmol - milimol
μL⁻¹ – microlitro
mL⁻¹ – mililitro
L⁻¹ – litro
min – minutos
h – horas
nm – nanômetro
μm – micrometro
mm – milímetro
cm⁻¹ – centímetro

Lista de Anexos

Anexo	Página
Anexo 1. Curva de calibração para quantificação de ácidos fenólicos ($\alpha= 0,05$).	112
Anexo 2. Curva de calibração para quantificação de flavonoides ($\alpha= 0,05$).	113
Anexo 3. Identificação e classificação de compostos fenólicos em linhagens de pimentas cabacinha e dedo-de-moça amarela.	114
Anexo 4. Espectro de absorção no UV/Vis dos ácidos fenólicos e flavonoides.	140

Sumário

	Página
Resumo	ix
Abstract	xi
Lista de Tabelas e Quadros	xiii
Lista de Figuras	xiv
Lista de Siglas	xvi
Lista de Anexos	Xvii
Introdução	19
Capítulos	
Capítulo 1. Avaliação de compostos bioativos e atividade antioxidante de linhagens de pimentas cabacinha e dedo-de-moça amarela	44
Resumo	45
Introdução	46
Material e Métodos	48
Resultados e Discussão	53
Considerações Finais	66
Referências	66
Capítulo 2. Avaliação do perfil de compostos fenólicos de linhagens de pimentas cabacinha e dedo-de-moça amarela pela técnica de Cromatografia Líquida de Alta Eficiência – DAD	73
Resumo	74
Introdução	75
Material e Métodos	76
Resultados e Discussão	81
Considerações Finais	100
Referências	101
Considerações Finais	103
Referências	104
Anexos	112

INTRODUÇÃO

1 ORIGEM E DISTRIBUIÇÃO GEOGRÁFICA DAS PIMENTAS

Os registros arqueológicos mais antigos apontam que o cultivo de pimentas teve início nos anos 9.000 a.C. em Tehuacán no México, e entre 5.200 e 3.400 a.C no Peru e na Bolívia (1). Esses sítios arqueológicos revelam que as pimentas tiveram origem no continente americano, mais precisamente no Sul da Bolívia, e posteriormente migraram para os andes e terras baixas da Amazônia, onde surgiram novas espécies desses frutos (figura 1) (2). Entretanto, a propagação das pimentas como alimento pelo mundo só aconteceu, a partir das grandes navegações entre os séculos XV e XVI (3).

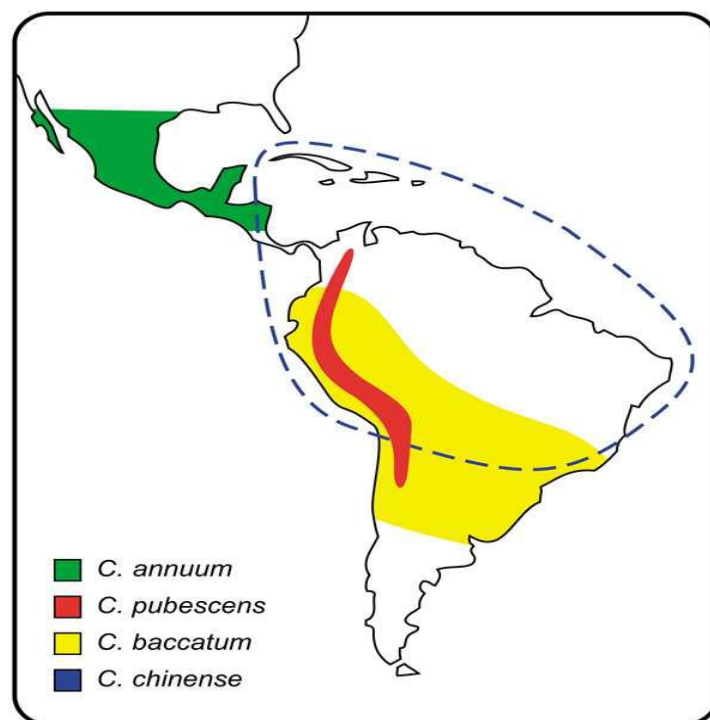


Figura 1. Mapa das zonas de expansão pré-colombiana para quatro espécies domesticadas de *Capsicum* (2).

A primeira publicação científica sobre pimenta foi em 1543 no livro “De historia stirpium commentarii insignes”, escrito pelo médico alemão Leonhart Fuchs que descreveu, detalhadamente, em suas ilustrações informações sobre a raiz e o fruto, mostrando também, o uso das pimentas como agentes medicinais pelos indígenas (3). Embora a pimenta tenha sido reportada cientificamente somente no século XVI, o primeiro registro foi feito no século XV em uma carta escrita pelo espanhol Diego Álvarez Chanca, um médico e físico a serviço dos reis católicos, que acompanhou Cristóvão Colombo em sua segunda viagem para as Índias ocidentais entre os anos de 1493 e 1494. Acredita-se que Colombo, em uma de suas lendárias viagens a América, foi o primeiro europeu a conhecer a pimenta vermelha, depois de procurar uma fonte alternativa que substituísse a pimenta-do-reino muito consumida pelos europeus naquela época. Ao se deparar com aquela pequena vagem picante, muito consumida pelos índios, percebeu o seu potencial, e a pimenta logo foi introduzida na Europa, em seguida na África e Ásia, atingindo distribuição mundial no século XVII (4,5).

No Brasil, a pimenta era cultivada pelas tribos indígenas bem antes da chegada dos colonizadores portugueses. O náufrago alemão Hans Staden quando foi prisioneiro de guerra de uma tribo de índios tupinambás entre 1547 e 1555, relatou na sua obra intitulada “Duas viagens ao Brasil” que a pimenta era muito consumida pelos nativos como tempero de peixes, caças e acompanhamento de refeições. Além de fazer parte da alimentação, a pimenta também era utilizada como arma de guerra, na qual, eram colocadas nas pontas das flechas e queimadas para que os compostos

voláteis fossem liberados, e quando estes compostos entravam em contato com as cabanas dos inimigos, estes eram forçados a deixar rapidamente os locais pela forte pungência, saindo derrotados em suas batalhas (3).

2 CULTIVO E ASPECTO ECONÔMICO DAS PIMENTAS

Atualmente existe uma diversidade de pimentas cultivadas mundialmente com diferentes formatos, cores, tamanhos e sabores. O continente asiático é o maior produtor de pimentas do mundo, com aproximadamente 89% das áreas de cultivo localizadas na Índia, Coréia, Tailândia, China, Vietnã, Srilanka e Indonésia. Os Estados Unidos da América e o México ocupam a segunda posição no *ranking* com cerca de 7% do total cultivado. Por último temos os países da Europa, África e Oriente Médio com área plantada em torno de 4%. A distribuição desse efetivo no mercado é de, aproximadamente, 50% da produção para o consumo *in natura* e os outros 50% para o processamento industrial das pimentas em forma de molhos, desidratados e outros produtos (6,7).

No Brasil a produção de pimentas vem crescendo nos últimos anos, com cultivos em regiões de clima subtropical como no Sul, ou de clima tropical como no Norte e Nordeste. Contudo, o cultivo de pimenta no País está concentrado, principalmente, nas regiões sul (Rio grande do Sul), sudeste (Minas Gerais e São Paulo) e centro-oeste (Goiás), sendo cultivadas diversas variedades, dentre as mais comuns encontram-se a dedo de moça, cumari, chapéu de bispo, malagueta, cabacinha, pimenta de cheiro, entre outras (6-8).

No último levantamento de dados feito no Brasil, estimou-se que a produção média de pimentas se encontra na faixa de 10,0 a 45,0 toneladas por hectare ao ano, com média mundial de 15,8 toneladas por hectares. Neste cenário, a pimenta malagueta ocupa a posição de maior destaque, com uma produção de aproximadamente 10 toneladas por hectare, sendo a variedade mais cultivada no país (9). Apesar da importância da pimenta, as informações e dados estatísticos a respeito do seu cultivo são deficientes, e os dados disponíveis não retratam a sua realidade econômica, uma vez que, grande parte da produção é feita por pequenos e médios agricultores e comercializada em mercados regionais e locais que não fazem parte das estatísticas (10).

O mercado de pimentas é bastante atrativo e diversificado, indo desde a comercialização para o consumo *in natura* e conservas caseiras em pequenas quantidades no atacado e varejo, até o seu uso em grande escala, como matéria prima para fabricação de corantes e flavorizantes, produtos alimentícios (geleias, páprica, pó, pastas, desidratadas, molhos líquidos, entre outras), farmacêuticos (pomadas), cosméticos e ornamentais, caracterizando essa atividade como uma importante movimentação socioeconômica para o agronegócio do país (8,11).

3 PIMENTAS DO GÊNERO *Capsicum*

O nome do gênero *Capsicum* deriva da palavra grega *Kapto*, que significa picar, enquanto que, a pimenta origina-se do latim, da palavra *pigmenta*, que significa corante. As espécies de pimentas do gênero *Capsicum*, segundo a classificação taxonômica, pertencem a divisão

Spermatophyta, ao filo *Angiospermae*, classe Dicotiledônea, ramo Malvales-Tubiflorae, Ordem *Solanales* (*Personatae*) e a família *Solanaceae* (12). São conhecidas também como pimentas hortícolas para serem diferenciadas de outras pimentas como a pimenta-do-reino ou pimenta-preta (*Piper nigrum* L.), pimenta rosa (*Schinus molle* L.) e pimenta da jamaica (*Pimenta officinalis* Lindl.), que embora sejam chamadas de pimentas e usadas como condimento, não possuem parentesco entre si, e cada qual apresenta propriedades químicas distintas (13).

O gênero *Capsicum* possui em torno de 35 espécies e mais de 200 variedades, classificadas em três categorias, de acordo com o grau de domesticação. Assim, o gênero é composto por cinco espécies domesticadas (largamente cultivadas e utilizadas pelo homem) cerca de dez semi-domesticadas (pouco cultivadas) e vinte silvestres (não cultivadas comercialmente) conforme mostra o quadro (12,14,15).

Quadro 1. Espécies e variedades do gênero *Capsicum* distribuídas de acordo com o grau de domesticação.

Grau de domesticação	Espécies
Domesticadas	<i>C. annuum</i> var. <i>annuum</i> * <i>C. baccatum</i> var. <i>pendulum</i> * <i>C. chinense</i> * <i>C. frutescens</i> * <i>C. pubescens</i>
Semi-domesticadas	<i>C. annuum</i> var. <i>glabriusculum</i> * <i>C. baccatum</i> var. <i>baccatum</i> * <i>C. baccatum</i> var. <i>praetermissum</i> * <i>C. chinense</i> (forma silvestre) <i>C. frutescens</i> (forma silvestre) <i>C. cardenasii</i> <i>C. eximium</i> <i>C. tovarii</i> <i>C. chacoense</i> <i>C. galapagonense</i>
	<i>C. buforum</i> * <i>C. campylopodium</i> *

Continuação

	<i>C. chacoense</i> var. <i>tomentosum</i>
	<i>C. ciliatum</i>
	<i>C. coccineum</i>
Continuação	<i>C. cornutum</i>
	<i>C. dimorphum</i>
	<i>C. dusenii</i> *
	<i>C. flexuosum</i> *
Silvestres	<i>C. geminifolium</i>
	<i>C. hookerianum</i>
	<i>C. minuflosum</i>
	<i>C. lanceotatum</i>
	<i>C. mirabile</i> *
	<i>C. parvifolium</i> *
	<i>C. schottianum</i> *
	<i>C. scolnikianum</i>
	<i>C. villosum</i> *

Fonte: (14).

*espécies encontradas no Brasil.

De acordo com Ribeiro et al. (8), as pimentas do gênero *Capsicum* fazem parte da biodiversidade e da riqueza cultural brasileira, e são cultivadas em todo território nacional. Esses frutos possuem grande variabilidade de cores, tamanhos, formas, sabores, aromas, composição química e teor de pungência, decorrentes de diferentes condições ambientais, geográficas, formas de manejo, armazenamento, processamento e especialmente a variabilidade genética (16,17).

O fruto é uma baga bi a hepta-locular, polispérmica, estrutura oca, de coloração, geralmente, vermelha ou amarela quando maduros (relacionado aos carotenoides), podendo variar também do laranja ao roxo devido às antocianinas. No entanto, alguns frutos podem apresentar uma coloração castanha atribuída à persistência da clorofila, concorrendo com a síntese de licopeno e beta caroteno. O formato varia com as espécies, existindo frutos alongados, arredondados, triangulares, cônicos, quadrados ou campanulados. O comprimento vai desde menos de 1,0 cm até mais de 20,0

cm, e a pungência varia do doce ao muito picante. Com relação à polpa, esta apresenta consistência firme e as sementes, no geral, são uniformes, achatadas, com diâmetro longitudinal de 3,0 a 5,0 mm, amareladas, pretas ou na cor de palha (14,18).

3.1 Pimenta cabacinha

A espécie *Capsicum chinense* foi uma das primeiras pimentas encontradas pelos colonizadores. É originária do México, cultivada em clima quente e úmido com solo bem drenado e rico em matéria orgânica, sendo encontrada principalmente na bacia amazônica, por isso, é considerada a mais brasileira das espécies domesticadas (19).

A pimenta cabacinha, cabaça ou fidalga (figura 2) é uma variedade da espécie *Capsicum chinense* cultivada no Brasil, principalmente, no interior de São Paulo e no Sul de Minas Gerais, cujos frutos apresentam cor alaranjada quando maduro, sementes na cor palha, altura de 1,20 m, largura de 70,0 cm, folhas verde-escuras ovais com medidas de 15,0 mm de comprimento e 8,0 mm de largura, polpa firme, aroma intenso e alto teor de pungência (13, 19).



Figura 2. Ilustração da pimenta cabacinha produzida no Brasil. Fonte: Renato Silva Soares (2015).

Essa pimenta é muito utilizada na culinária regional, principalmente em molhos e saladas, sendo bastante apreciada na decoração de pratos sofisticados pela sua bela cor, formato e aroma (19).

3.2 Pimenta dedo-de-moça

A espécie *Capsicum baccatum* var. *pendulum* é a mais cultivada e comercializada no Brasil. É encontrada em toda América Latina, especialmente na Colômbia, Equador, Peru, Bolívia, Argentina e Sul e Sudeste do Brasil, que é considerado um centro secundário de produção.

A pimenta dedo-de-moça (figura 3) também conhecida como chifre-de-veado, pimenta-vermelha ou calabresa, possui frutos alongados, de coloração vermelha ou amarela quando maduros, com medidas de aproximadamente 7,5 a 10,0 cm de comprimento e de 1,0 a 1,5 cm de largura, com sementes na cor palha, polpa firme e pungência variável, de não picante a picante, sendo na sua maioria de pungência suave e pouco aromática (6,8,12,14).



Figura 3. Ilustração da pimenta dedo-de-moça amarela produzida no Brasil. Fonte: Luís Sérgio Rodrigues Vale (2015).

A dedo-de-moça é uma das variedades de pimentas mais conhecidas e consumidas no Brasil, principalmente nos estados de São Paulo, Rio Grande do Sul e Goiás. É um fruto, cuja casca é fina, lisa e brilhante. Muito saborosa, essa pimenta pode ser encontrada na forma de molho, fresca, em conserva ou desidratada em flocos com sementes (6,12).

4 METABÓLITOS PRIMÁRIOS E PROPRIEDADES NUTRICIONAIS DAS PIMENTAS DO GÊNERO *Capsicum*

O metabolismo primário dos vegetais, também conhecido como metabolismo basal, é um agrupamento de processos metabólicos essenciais, que origina compostos com funções nutricionais importantes como os aminoácidos, proteínas, carboidratos, lipídeos, nucleotídeos, entre outros (20).

As pimentas, em geral, possuem alto valor nutricional e baixo teor de calorias. Embora a pungência seja o seu atributo mais atrativo, seus frutos são ricos em fibras, carboidratos, lipídeos, proteínas, sais minerais e

vitaminas. Estes componentes são encontrados em concentrações variáveis, de acordo com a espécie, cultivar, condições de cultivo, maturação dos frutos, manuseio pós-colheita e armazenamento (21-23).

Os carboidratos são componentes predominantes nas pimentas *Capsicum*, sendo a frutose o principal açúcar. Frutose e glicose juntas constituem cerca de 70% dos açúcares totais e redutores do fruto. Os teores de proteínas e lipídios em polpas de pimenta são reduzidos, mas de grande valor nutricional, pois são capazes de assegurar a manutenção das funções vitais do organismo, suprimindo suas necessidades de produção de energia, de elaboração e manutenção tecidual e de equilíbrio biológico (24).

O teor de fibras nas pimentas é consideravelmente superior aos teores de algumas frutas e cereais, tendo na casca ou pele cerca de 80% das fibras totais do fruto. Além destes compostos, os frutos contêm concentrações significativas de sais minerais como potássio, magnésio, ferro, cálcio e fósforo (24).

5 METABÓLITOS SECUNDÁRIOS EM PIMENTAS DO GÊNERO *Capsicum*

Os metabólitos secundários são derivados dos compostos do metabolismo primário dos vegetais, que por vias do acetato, chiquimato, mevalonato e desoxixilulose fosfato, formam como produtos a acetil coenzima A, o ácido chiquímico, ácido mevalônico e 1-desoxixilulose 5-fosfato, respectivamente, que por sua vez, formam oito unidade básicas, que quando combinadas entre si, produzem os metabólitos secundários como os compostos fenólicos, ácido ascórbico, alcaloides, entre outros (20).

Os metabólitos secundários das pimentas do gênero *Capsicum* vêm sendo muito estudados nos últimos anos por apresentarem diversas propriedades terapêuticas benéficas a saúde. Dentre estes, destacam-se as vitaminas A, C e E, os compostos fenólicos, carotenoides e capsaicinoides. Além destes, outros compostos bioativos com atividades antioxidantes, anti-inflamatórias, antimicrobianas e anticarcinogênicas também são encontrados nos frutos (25).

5.1 Compostos fenólicos

Os compostos fenólicos são derivados do metabolismo secundário dos vegetais, no qual, apresentam em sua estrutura química um ou mais grupos hidroxilas substituintes e/ou seus derivados funcionais (ésteres, metoxilas, glicosídeos e outros), ligados diretamente a um anel aromático na forma simples ou de polímeros (26). Estes compostos de defesa são largamente distribuídos na natureza e são essenciais para o crescimento, reprodução e pigmentação das plantas. São também responsáveis pela estabilidade oxidativa (devido a sua capacidade de doar elétrons e da estabilidade dos seus radicais intermediários) e qualidade sensorial dos alimentos como cor, sabor, aroma e adstringência (27-29).

Os compostos fenólicos são categorizados como ácidos fenólicos e polifenóis, entre os quais estão os flavonoides, taninos, ligninas, lignanos, entre outros (30,31). Em pimentas *Capsicum*, os fenólicos mais encontrados são os flavonoides (mirecitrina, quercetina, luteolina, kaempferol e apigenina)

e ácidos fenólicos (ácido gálico, ácido protocatecuico, ácido clorogênico, ácido *p*-cumárico, entre outros) (15,32,33).

5.2 Flavonoides

Os flavonoides são compostos fenólicos complexos, de baixo peso molecular, biossintetizados pela via do chiquimato e do metabolismo dos fenilpropanoides, amplamente distribuídos no reino vegetal. São caracterizados por apresentarem em sua estrutura química 15 átomos de carbono, configurados na forma molecular C6-C3-C6, com dois anéis aromáticos (A e B) ligados por um anel heterocíclico oxigenado (C) como mostra a figura 4 (31,34). Sabe-se que o arranjo espacial dos flavonoides, especialmente o anel B, é o principal contribuinte para a atividade antioxidante destes compostos, visto que, o anel B possui a maior capacidade eletrodoadora. No entanto, os anéis A e C também são responsáveis por substituições de grupamentos que concedem propriedades biológicas a estes compostos (35).

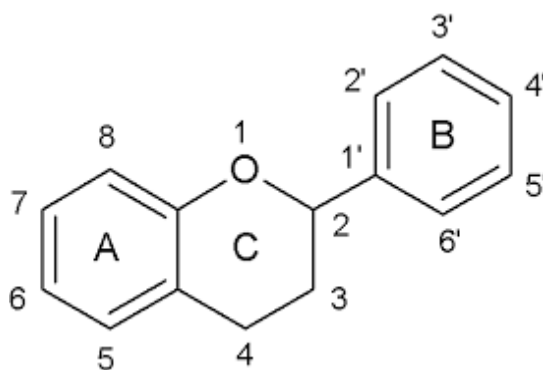


Figura 4. Estrutura química típica dos flavonoides (31).

De acordo com as características químicas e biossintéticas, os flavonoides são subdivididos em classes que incluem as flavonas,

flavanonas flavonóis, flavanóis, flavanonóis, isoflavonas, chalconas, antocianidinas, cumarinas, auronas, neoflavonoides, entre outros (figura 5) (30,31). Essa classificação está diretamente associada à quantidade e posicionamento dos grupos hidroxilas nos anéis aromáticos A e B, decorrentes das substituições feitas por oxigenação, alquilação, glicosilação, acilação e sulfação (34).

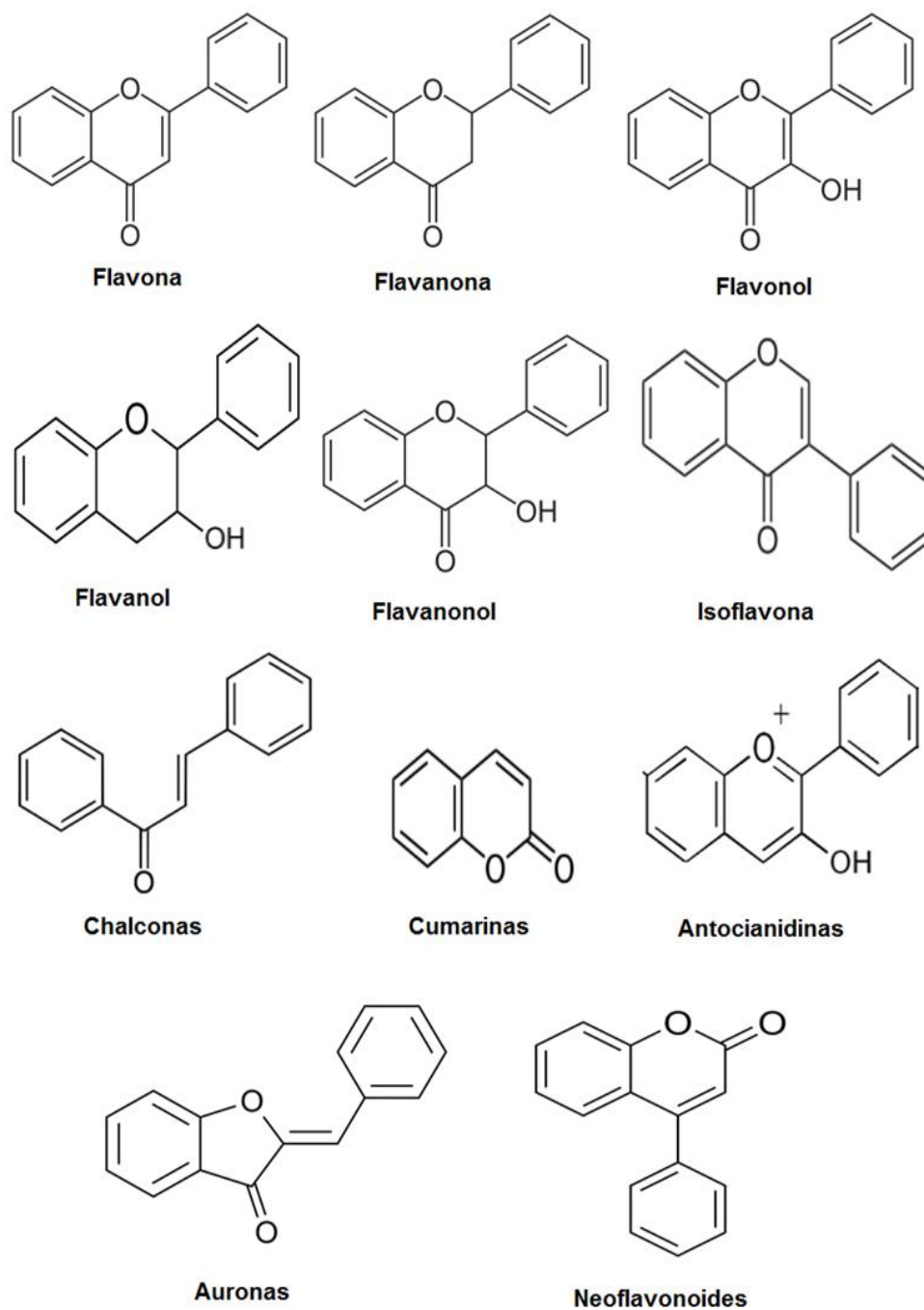


Figura 5. Classificação dos flavonoides segundo as características químicas (30,31).

Em pimentas do gênero *Capsicum*, os principais flavonoides descritos na literatura são a quercetina, luteolina, apigenina, miricetina e

kaempferol, mas também podem ser encontrados derivados glicosilados destes compostos (figura 6) (15,33).

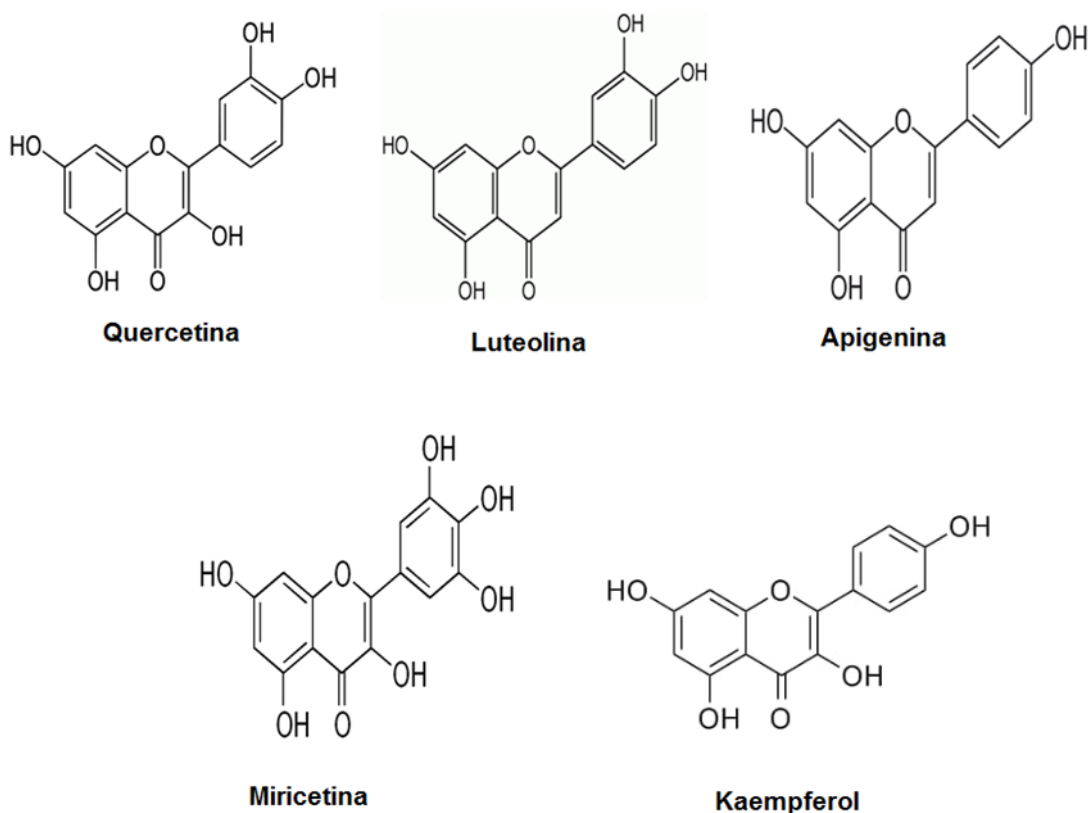


Figura 6. Principais flavonoides das pimentas do gênero *Capsicum* (15,33).

5.3 Ácidos fenólicos

Os ácidos fenólicos são compostos que apresentam em sua estrutura um anel benzênico, um grupamento carboxílico, e um ou mais grupos hidroxila e/ou metoxila na molécula (figura 7). São compostos agrupados em duas classes, os derivados do ácido benzoico, constituídos de sete átomos de carbono (C6-C1), e os derivados do ácido cinâmico formados por nove átomos de carbono (C6-C3). Fazem parte da classe dos ácidos benzoicos o ácido gálico, salicílico, siríngico, *p*-hidroxibenzoico, protocatecuico, elágico, vanílico, entre outros. Os ácidos caféico, ferúlico, *p*-cumárico, clorogênico e

sináptico, são os mais comuns da classe dos ácidos cinâmicos, conforme a figura 6 (34,36,37).

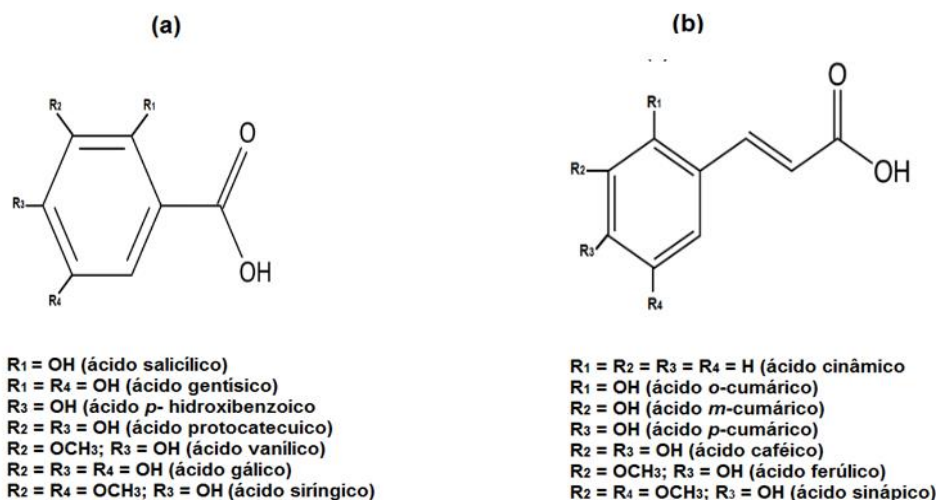


Figura 7. Estrutura química dos ácidos hidroxibenzoicos (a) e dos ácidos hidroxicinâmicos (b) (34,38).

Sabe-se que a atividade biológica, especialmente, a atividade antioxidante dos ácidos fenólicos está relacionada ao número de hidroxilas presentes nas moléculas, e à proximidade entre o grupo carboxila e o grupo fenil, pois quanto mais próximo estiverem estes grupos, maior o potencial antioxidante do grupo hidroxila na posição meta (39). Os derivados do ácido cinâmico possuem maior potencial antioxidante do que os derivados do ácido benzoico, isso se deve a dupla ligação que compõem a estrutura química da primeira classe supracitada, que é responsável pela estabilidade do radical por deslocamento do elétron emparelhado (34).

5.4 Espectros de absorção dos compostos fenólicos

Os compostos fenólicos, em geral, apresentam espectro de absorção na região do ultravioleta-visível (UV/VIS), entre 200 e 400 nm, peculiar de cada classe. Esta peculiaridade deve-se ao arranjo estrutural dos

compostos, que mesmo pertencendo à mesma classe, podem sofrer efeitos hipsocrômicos ou batocrômicos (40,41).

De acordo com Mesquita e Monteiro (42), os ácidos fenólicos possuem espectro de absorção entre 210 e 340 nm, com pelo menos três espectros típicos de ácidos benzoicos e dois de ácidos cinâmicos. Contudo, neste trabalho constatou-se que há quatro tipos de espectros típicos de ácidos benzoicos, e dois de ácidos cinâmicos.

Os flavonoides geralmente possuem duas bandas de absorção. A primeira banda com absorção máxima entre 300-400 nm, que está relacionada ao anel A da estrutura química, e a segunda entre 240-285 nm, referente ao anel aromático B do arranjo estrutural (figura 3) (20).

De acordo com Ássimos (38) e Mesquita e Monteiro (42), as flavonas apresentam espectro de absorção máximo entre 304-350 nm na banda I, e entre 240-280 nm na banda II. Nos flavonóis, o espectro de absorção máxima da banda I é de 352-385 nm e da banda II ocorre entre 240-280 nm.

As flavanonas possuem pouca ou nenhuma conjugação entre os anéis, por isso, apresentam apenas um ombro de baixa intensidade na banda I, com comprimentos de onda máximos na faixa de 320-340 nm, enquanto que, a banda II é mais intensa, com absorção máxima entre 270-295 nm (42,43).

É importante destacar que os espectros de absorção do UV/VIS podem sofrer pequenas variações, causados pelos efeitos hipsocrômicos ou batocrômicos. Esses efeitos são decorrentes do aumento do grau de hidroxilação na estrutura química dos compostos fenólicos, da metilação ou

esterificação dos grupos hidroxilas substituintes. Os dois últimos processos não costumam alterar o espectro de absorção da maioria dos flavonoides, exceto para a classe dos flavonóis (40,44).

5.5 Carotenoides

Os carotenoides são pigmentos amarelos, laranjas e vermelhos, presentes em muitas frutas e vegetais. São compostos lipossolúveis, polisoprenóides, de cadeia polieno, com um longo sistema de duplas ligações conjugadas. Esta cadeia geralmente possui grupos terminais cíclicos e sistema conjugado rico em elétrons, sendo responsável pela atividade antioxidante destes compostos (45-47).

Os carotenoides são divididos em duas classes, os carotenos e as xantofilas, de acordo com as suas propriedades químicas. Os carotenos, também conhecidos como carotenoides hidrocarbonos, são compostos que apresentam em sua estrutura apenas carbono e hidrogênio, como o α e β -caroteno e o licopeno (figura 8), enquanto que, as xantofilas são derivados oxigenados dos carotenos e contém pelo menos uma função hidroxil, cetona, epóxi, metoxi, ou ácido carboxílico no seu arranjo estrutural. Neste grupo estão a luteína, zeaxantina, astaxantina, entre outros (45). Dentre os carotenoides, o β -caroteno e o licopeno são os que possuem maior atividade pró-vitamina A, sendo considerados poderosos antioxidantes, capazes de estabilizar os radicais livres e atuar na prevenção de câncer, infarto e doenças coronarianas (48,49).

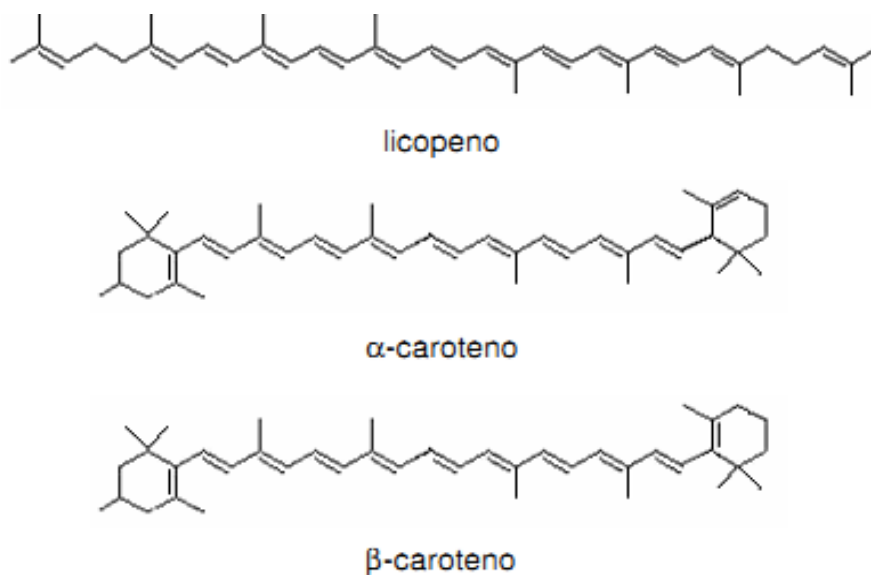


Figura 8. Estrutura química dos principais carotenoides da classe dos carotenos. Fonte: nutricaoclinica.com.br (2018).

Em pimentas maduras, a capsantina e a capsorubina são os principais carotenoides dos frutos vermelhos, contribuindo com mais de 50% dos carotenoides totais. Nos frutos amarelos, o β -caroteno, zeantina e a criptoxantina são os principais constituintes, enquanto que, nos frutos laranjas o alfatocoferol é o carotenoide predominante (50). Vale destacar que o teor de carotenoides nas pimentas depende muito do cultivar, condições de cultivo e estágios de maturação (51,52).

5.6 Ácido L-ascórbico (vitamina C)

O ácido ascórbico, também conhecido como vitamina C, é um composto hidrossolúvel essencial ao ser humano e pode ser encontrado tanto em animais como em vegetais (figura 9). Nos vegetais, essa vitamina é comumente encontrada em frutas, legumes e hortaliças (53).

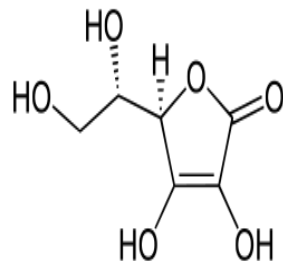


Figura 9. Estrutura química do L-ácido ascórbico. Fonte: manualdaquimica.uol.com.br (2018).

A vitamina C é muito importante pelas suas propriedades nutricionais e efeitos benéfico a saúde, mas também, é bastante utilizada pela indústria de alimentos como agente antioxidante, para inibir a formação de metabólitos nitrosos carcinogênicos e estabilizar cor, sabor e aroma em alimentos. Além disso, é empregada na fabricação de produtos para enriquecimento ou restauração, a níveis normais, do valor nutricional desta vitamina perdido durante o processamento (52,54).

As pimentas apresentam elevado teor de ácido ascórbico, que varia de 52,0 a 104,0 mg 100g⁻¹ de fruto fresco (52). A ingestão diária de vitamina C recomendada (55), para um indivíduo adulto, de ambos os sexos é 45,0 mg, quantidade que pode ser facilmente obtida com o consumo de 20,0 g de pimentas suaves ou doces (52). De acordo com Bontempo (48), 30,0 g de pimentas do gênero *capsicum* contêm 70,0 mg de vitamina C, logo o consumo de cerca de 20,0 g de pimenta desse gênero forneceria a quantidade diária de vitamina C que um indivíduo necessita.

5.7 Capsaicinoides

Os capsaicinoides são alcaloides, formados por grupos amidas da vanililamina (4-hidróxi-3metóxi-benzilamina) e de ácidos graxos saturados e

insaturados, presentes exclusivamente em pimentas do gênero *Capsicum* (56). Estes compostos são sintetizados pela enzima capsaicina sintase por duas vias metabólicas dos fenilpropanóides, sendo a primeira via gerada da vanililamina e a segunda de um derivado da AcetilCoA (57).

Os capsaicinóides são responsáveis pela pungência ou picância das pimentas, percebida pelas terminações nervosas quimiorreceptoras do organismo humano denominadas de valinóides de potencial transitório (TRPV1), os quais provocam diversos processos fisiológicos. Um deles é a liberação de endorfinas, que despertam uma sensação de bem-estar provocada pela ardência, razão pela qual existem pessoas adeptas do consumo de frutos do gênero *Capsicum* para tratar ou prevenir a depressão (58).

Entre os capsainóides existentes nos frutos, tem-se a capsaicina como o composto majoritário (69-71%), seguida da dihidrocapsaicina, nordihidrocapsaicina, homocapsaicina e homodihidrocapsaicina, respectivamente (48). Cada um destes capsaicinóides apresentam um efeito diferenciado quanto à sensação de ardor, percebido imediatamente após a ingestão da pimenta. A nordihidrocapsaicina, por exemplo, causa um efeito menos irritante na frente da boca e no palato. Já a capsaicina e a dihidrocapsaicina provocam maior irritação nas mucosas, principalmente no meio da boca e no palato, mas o ardor pode ser percebido também na garganta e na parte superior da língua (6,59).

A capsaicina é um composto incolor, inodoro, cristalino e pouco hidrossolúvel, que apresenta em sua estrutura química além da amida, a

função éter e a função fenol (60). Além de ser a principal responsável pelos atributos sensoriais, este capsaicinoide possui diversas propriedades biológicas, podendo atuar no sistema cardiovascular e gastrointestinal, age como antioxidante, antidepressivo, anti-inflamatório, antimicrobiano e anticarcinogênico. A capsaicina também é conhecida por ser afrodisíaca, analgésica, hipoglicêmica, antidiabética e atuar na redução de peso (61).

6 POTENCIAL ANTIOXIDANTE

Um antioxidante é definido como uma substância capaz de reduzir, inibir ou prevenir reações químicas que envolvam transferência de elétrons, impedindo a formação de radicais livres e os danos oxidativos (62). Esta substância apresenta diversas propriedades protetivas e, podem agir em diferentes etapas do processo oxidativo, por diferentes mecanismos de ação. Os antioxidantes são classificados como antioxidantes primários e secundários, sendo considerados primários aqueles capazes de retardar o processo oxidativo por inativação dos radicais livres. Já os antioxidantes secundários são aqueles que podem inibir ou retardar a oxidação pela inativação de ERO (espécies reativas de oxigênio), conversão de hidroperóxidos em espécies não radicais, ligação de íons metálicos (alteração de valência) ou pela absorção de radiação ultravioleta (63).

Em pimentas hortícolas, os principais antioxidantes naturais são os capsaicinoides, vitaminas C e E, carotenoides e os flavonoides. Estes frutos fornecem cerca de quatro vezes mais vitamina C do que a laranja, ajudam a repor o dano genético celular, reduzindo o processo de envelhecimento precoce, além de apresentarem atividades preventivas contra o câncer, mal-

de-Alzheimer, mal-de-Parkinson, doenças cardiovasculares, arteriosclerose e atividades anti-úlceras e anti-tumor (1,48,64-71). O extrato de pericarpo e sementes de pimentas são considerados alimentos saudáveis e de alta atividade antioxidante, com isso a indústria de alimentos começou a empregá-los em produtos cárneos e a base de peixes como uma alternativa ao uso de antioxidantes sintéticos. A pimenta dedo-de-moça também tem sido utilizada como agente antioxidante para conservação de molhos fermentados (72).

Considerando os efeitos tóxicos provocados pelo consumo de antioxidantes sintéticos e a gradual rejeição destes pelo mercado, tem aumentado a procura por produtos naturais com atividade antioxidante, no intuito de substituir os antioxidantes sintéticos ou fazer associações entre eles, visando diminuir a sua quantidade nos alimentos e conseqüentemente, reduzir os problemas que poderão provir da sua ingestão (36).

7 USO E APLICAÇÕES DAS PIMENTAS

As pimentas do gênero *Capsicum* têm sido muito empregadas pelas indústrias de alimentos como corantes naturais e flavorizantes em molhos, sopas, carnes processadas, queijos, lanches, doces e bebidas alcoólicas, devido a altas concentrações de carotenoides, óleos voláteis essenciais e oleorresinas (extrato não volátil) responsáveis pela cor, aroma e sabor. Assim, pode-se considerar as características sensoriais das pimentas um fator importante para a qualidade sensorial dos alimentos que utilizam esses frutos na sua formulação (73).

A vitamina C também presente em altas concentrações nas pimentas, está vitamina pode ser empregada como agente antioxidante natural e sintético para estabilizar cor, sabor e aroma em alimentos (73). A provitamina A, também encontrada em grandes proporções nestes frutos vem sendo muito utilizada na prevenção de problemas oftalmológicos (64).

Estudos apontam que a pimenta é indicada para estimular o apetite e desinfetar a mucosa bucal e gástrica sem prejudicar a flora bacteriana normal (69), exceto para portadores de úlceras, gastrites, hemorróidas e diverticulites (3).

Os frutos apresentam ainda efeitos neurológicos e imunológicos com a liberação de endorfina no cérebro (3,70), diminuição do nível de gordura no sangue, alívio de flatulência, ajuda descongestionar as vias respiratórias e aliviar a dor de cabeça (3,74).

As pimentas também são afrodisíacas, analgésicas, anti-inflamatórias, antidepressivas, antibacterianas, antioxidantes, anticarcinogênica, hipoglicêmica e hipocolesterolêmicas provavelmente associadas à presença de capsaicinóides, de vitaminas e de compostos fenólicos. Por apresentarem essas propriedades são empregadas no tratamento de artrite, reumatismo, erupções de pele, picadas de cobras, tratamento de feridas, redução de colesterol, tratamento odontológico, sistema cardiovascular, trato gastrointestinal, entre outros (75-78).

8 ASPECTOS DO MELHORAMENTO GENÉTICO EM PLANTAS

O melhoramento de plantas é definido como a arte e a ciência de melhorar geneticamente plantas para o benefício da humanidade (79). É um processo considerado contínuo, onde muitas vezes é necessário recorrer a antigas variedades ou a populações primitivas, em busca de genes específicos para que novas cultivares possam ser desenvolvidas (17) .

O desenvolvimento de novas cultivares, biofortificadas e ricas em compostos funcionais, tem se tornado um dos principais objetivos dos programas de melhoramento genético de hortaliças. No entanto, para que estes objetivos sejam alcançados, os programas de melhoramento precisam explorar a variabilidade genética disponíveis em bancos de germoplasma (conjunto de genótipos que podem doar genes para determinada espécie), para que combinações gênicas superiores sejam desenvolvidas (13,80). De maneira geral, pode-se dizer que estes programas buscam alterar características genéticas que irão beneficiar o agricultor (aumento da produtividade e cultivares resistentes a doenças e pragas), a indústria de transformação e o consumidor final com a qualidade do produto, atendendo toda a cadeia do agronegócio (79).

O Instituto Federal Goiano, Campus Ceres, mantém um Banco Ativo de Germoplasma (BAG) de exemplares de *Capsicum* desde 2009, onde estão conservadas diversas linhagens de pimentas deste gênero: cabacinha, dedo-de-moça amarela, malagueta e bode. Estes materiais de pimentas estão sendo caracterizados, para que até o ano de 2020 sejam testados no

campo e, posteriormente, após aprovação, registrados no Ministério da Agricultura como cultivares.

Com isso, este trabalho teve como objetivo caracterizar bioquimicamente as linhagens de pimentas cabacinha e dedo-de-moça amarela, verificando o teor de metabolitos primários, secundários e a atividade antioxidante, no intuito de conhecer melhor a composição química destes materiais, para que sejam introduzidos na agricultura brasileira como cultivares.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

As linhagens de pimentas cabacinha e dedo-de-moça amarela apresentam uma variabilidade de compostos primários e secundários na sua composição, destacando o alto teor de composto fenólicos, ácido ascórbico e carotenoides totais. As linhagens também apresentam elevada atividade antioxidante, influenciada principalmente, pela vitamina C e pelos compostos fenólicos como os flavonoides e os carotenoides. Entre as pimentas estudadas, as linhagens DM1433 e CB1505 foram as que apresentaram a maior concentração destes compostos bioativos.

Na análise do perfil de compostos fenólicos das linhagens de pimentas foram identificados e quantificados os ácidos *p*-cumárico e gálico, e os flavonoides naringina e naringenina por comparação dos espectros com os padrões analíticos. Entre todas as linhagens, a pimenta dedo-de-moça DM1433 foi a que apresentou o melhor perfil e maior teor de compostos fenólicos.

Desta forma, pode-se considerar que as linhagens de pimentas cabacinha e dedo-de-moça amarela podem se tornar cultivares, do ponto de vista nutricional, e torna-las disponíveis a mesa dos consumidores brasileiros.

REFERÊNCIAS

- (1) Rufino JLS, Penteado DCS. Importância econômica, perspectivas e potencialidades do mercado para pimenta. *Inf Agropecuário*. 2006; 27(235): 7-15.
- (2) Nuez Viñals F, Gil Ortega R, Costa JCG. El cultivo de pimientos, chiles y ajíes. España: Mundi-Prensa; 1996. 607 p.
- (3) Reifschneider FJB. *Capsicum*: pimentas e pimentões no Brasil. Brasília: Embrapa Hortaliças; 2000. 113 p.
- (4) Ferrão JEM. A aventura das plantas e os descobrimentos portugueses. 1^a ed. Lisboa:IICT; 1992. 288 p.
- (5) Macrae R, Robinson RK, Sadler MJ. Cellulose. In: *Encyclopaedia of Food Science, Food Technology and Nutrition*. 1^a ed. London: Academic Press; 1993. p. 3496-3504.
- (6) Vagner CM. Variabilidade e base genética de pungência e caracteres do fruto: implicações no melhoramento de uma população de *Capsicum annuum* L. 2003. 104f. Tese (Doutorado em Agronomia), Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2003.
- (7) Madail JCM, Schneid LF, Sima LF, Wedt AN. Economia da produção de pimenta vermelha no município de Turuçu-RS. Pelotas: Embrapa Clima Temperado; 2005. 27 p.
- (8) Ribeiro CSC, Lopes CA, Carvalho SIC, Henz GP, Reifschneider FJB. Pimentas *Capsicum*. Brasília: Embrapa Hortaliças; 2008. 153 p.
- (9) Genuncio GC, Zonta E, Nascimento EC. Pimenta: tipos e ardências que fazem toda a diferença. *Revista Campo e Negócios: hortifruti*. 2015. [citado 24 de outubro de 2018]. Disponível em: <http://www.revistacampoenegocios.com.br>.
- (10) Domenico CI, Lilli AJO, Santos JCS, Melo AMT. Caracterização de componentes produtivos de híbridos intra-específicos de pimenta-hortícola. *Hortic Bras*. 2010; 28(2): 1960-6.
- (11) Ferrão LFV, Cecon PR, Finger FL, Silva FF, Puiatti M. Divergência genética entre genótipos de pimenta com base em caracteres morfo-

agrônomicos. *Hortic Bras.* 2011; 29(3): 354-8.

(12) Moreira GR, Caliman FRB, Silva DJH da, Ribeiro CSC. Espécies e variedades de pimenta. *Inf Agropecuário.* 2006; 27(235): 16-29.

(13) Carvalho SIC de, Bianchetti LB, Ribeiro CSC, Lopes CA. Pimentas do Gênero *Capsicum* no Brasil. 1ª ed. Brasília: Embrapa Hortaliças; 2006. 27 p.

(14) Carvalho SIC de, Bianchetti LB, Bustamante PG, Silva DB da. Catálogo de germoplasma de pimentas e pimentões (*Capsicum* spp.) da Embrapa Hortaliças. Brasília: Embrapa Hortaliças; 2003. 49 p.

(15) Bae H, Jayaprakasha GK, Jifon J, Patil BS. Extraction efficiency and validation of an HPLC method for flavonoid analysis in peppers. *Food Chem.* 2012; 130(3): 751-8.

(16) Chuah AM, Lee YC, Yamaguchi T, Takamura H, Yin LJ, Matoba T. Effect of cooking on the antioxidant properties of coloured peppers. *Food Chem.* 2008; 111(1): 20-8.

(17) Neitzke RS. Recursos genéticos de pimentas do gênero *Capsicum*: explorando a multiplicidade de usos. 2012. 116f. Tese (Doutorado em Agronomia), Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2012.

(18) Hornero-Méndez D, Mínguez-Mosquera, M I. Chlorophyll disappearance and chlorophyllase activity during ripening of *Capsicum annum* fruits. *Journal Food Sci Agric.* 2002; 82(13): 1564-70.

(19) Zancanaro RD. Pimentas: tipos, utilização na culinária e funções no organismo. 2008. 43f. Monografia (Especialização em Gastronomia e Saúde), Universidade de Brasília; Brasília, 2008.

(20) Simões CMO. Farmacognosia: da planta ao medicamento. 3ª ed. Florianópolis: UFSC; 2010. 883 p.

(21) Wahyuni Y, Ballester AR, Sudarmonowati E, Bino RJ, Bovy AG. Metabolite biodiversity in pepper (*Capsicum*) fruits of thirty-two diverse accessions: Variation in health-related compounds and implications for breeding. *Phytochemistry.* 2011; 72(11): 1358-70.

(22) Topuz A, Dincer C, Özdemir KS, Feng H, Kushad M. Influence of different drying methods on carotenoids and capsaicinoids of paprika (Cv.,

Jalapeno). Food Chem. 2011; 129(3): 860-5.

(23) Rodríguez-maturino A, Valenzuela-Solorio A, Troncoso-Rojas R, González-Mendoza D, Grimaldo-Juarez O, Aviles-Marin M, et al. Antioxidant activity and bioactive compounds of Chiltepin (*Capsicum annuum* var. *glabriusculum*) and Habanero (*Capsicum chinense*): A comparative study. J Med Plants Res. 2012; 6(9): 1758-63.

(24) Lutz DL, Freitas SC de. Valor nutricional. In: Ribeiro CSC, Lopes CA, Carvalho SIC, Henz GP, Reifschneider FJB. Pimentas *Capsicum*. Brasília: Embrapa Hortaliças; 2008. p. 31-8.

(25) Hervert-Hernandez D, Sayago-Ayerdi SG, Goni I. Bioactive compounds of four hot pepper varieties (*Capsicum annuum* L.): antioxidant capacity, and intestinal bioaccessibility. J Agric Food Chem. 2010; 58(6): 3399-3406.

(26) Vermerris W, Nicholson R. Biosynthesis of Flavonoids and Condensed Tannins. In: Phenolic Compound Biochemistry. Springer; 2006. 288 p.

(27) Peleg H, Bodine KK, Noble AC. The Influence of Acid on Astringency of Alum and Phenolic Compounds. Chem Senses. 1998; 23(3): 371-8.

(28) Shahidi F, Naczk M. Phenolics in foods and nutraceuticals. 2^a ed. Florida: CRC Press; 2003. 576 p.

(29) Conforti F, Statti GA, Menichini F. Chemical and biological variability of hot pepper fruits (*Capsicum annuum* var. *acuminatum* L.) in relation to maturity stage. Food Chem. 2007; 102(4): 1096-104.

(30) Li H, Wang X, Li Y, Li P, Wang H. Polyphenolic compounds and antioxidant properties of selected China wines. Food Chem. 2009; 112(2): 454-60.

(31) Gutiérrez IH. Compuestos fenólicos en alimentos: propiedades y análisis. Ciudad Real: Instituto Regional de Investigación Científica Aplicada (IRICA); 2014. 49 p.

(32) Bogusz Junior, S. Caracterização química da fração volátil e estudo do potencial antioxidante em pimentas do gênero *Capsicum*. 2010. 141f. Tese (Doutorado em Ciência de Alimentos), Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2010.

- (33) Zhuang Y, Chen L, Sun L, Cao J. Bioactive characteristics and antioxidant activities of nine peppers. *J Funct Foods*. 2012; 4(1): 331-8.
- (34) Angelo PM, Jorge N. Compostos fenólicos em alimentos: uma breve revisão. *Rev. Inst. Adolfo Lutz*. 2007; 66(1): 1-9.
- (35) Yunes RA CJ. Plantas medicinais sob a ótica da química medicinal moderna. 4^a ed. Chapecó: Artigos; 2001. p. 318-334.
- (36) Soares EE. Ácidos fenólicos como antioxidantes. *Rev Nutr*. 2002; 15(1): 71-81.
- (37) Silva GLS, Silva AMA, Nóbrega GH, Azevedo SA, Pereira-Filho JM, Alcalde CR. Intake, digestibility and milk production of dairy goats fed with different fat sources. *Acta Sci Anim Sci*. 2010; 32(1): 47-53.
- (38) Ássimos AA. Avaliação da concentração e dos tipos de flavonoides no própolis utilizando métodos quimiométricos de classificação e calibração. 2014. 103f. Dissertação (Mestrado em Química Analítica), Universidade Federal de Minas gerais, Belo Horizonte, 2014.
- (39) Oldoni TLC. Isolamento e identificação de compostos com atividade de uma nova variedade de própolis brasileira produzida por abelhas da espécie *Apis mellifera*. 2007. 105f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos), Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2007.
- (40) Gattuso G, Barreca D, Gargiulli C, Leuzzi U, Caristi C. Flavonoid composition of citrus juices. *Molecules*. 2007; 12(8): 1641-73.
- (41) Simões CMO. Farmacognosia. 2^o ed. São Paulo: Atheneu; 2009. 883 p.
- (42) Mesquita E, Monteiro M. Simultaneous HPLC determination of flavonoids and phenolic acids profile in Pêra-Rio orange juice. *Food Res Int*. 2018; 106: 54–63.
- (43) Pavia DL, Lampman GM, Kriz GS; Vyvyan JR. Introdução á Espectroscopia. 4^o ed. São Paulo: Cengage Learning; 2015. p. 365-397.
- (44) Barreca D, Bellocco E, Caristi C, Leuzzi U, Gattuso G. Distribution of C- and O-glycosyl flavonoids, (3-hydroxy-3-methylglutaryl)glycosyl flavanones and furocoumarins in *Citrus aurantium* L. juice. *Food Chem*. 2011; 124(2): 576-82.

- (45) Rodríguez-Bernaldo A de Q, Costa HS. Analysis of carotenoids in vegetable and plasma samples: A review. *J Food Compos Anal.* 2006; 19(2): 97-111.
- (46) McNulty HP, Byun J, Lockwood SF, Jacob RF, Mason RP. Differential effects of carotenoids on lipid peroxidation due to membrane interactions: X-ray diffraction analysis. *Biochim Biophys Acta: Biomembr.* 2007; 1768(1): 167-74.
- (47) Sikora E, Cieřlik E, Leszczyńska T, Filipiak-Florkiewicz A, Pisulewski PM. The antioxidant activity of selected cruciferous vegetables subjected to aquathermal processing. *Food Chem.* 2008; 107(1): 55-9.
- (48) Bontempo M. Pimenta e seus benefícios à saúde. São Paulo: Alaúde; 2007. 152 p.
- (49) Mantovani NC. Propagação vegetativa e cultivo in vitro de *Bixa orellana* L . e *Ginkgo biloba* L. 2007. 135f. Tese (Doutorado em Botânica), Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2007.
- (50) Rodríguez-Burruezo A, González-Mas Mdel C, Nuez F. Carotenoid composition and vitamin A value in ají (*Capsicum baccatum* L.) and rocoto (*C. pubescens* R. & P.), 2 pepper species from the Andean region. *J Food Sci.* 2010; 75(8): S446-53.
- (51) Matsufuji H; Ishikawa K; Nunomura O; Chino M; Takeda M. Antioxidant content of different coloured sweet peppers, white, green, yellow, orange and red (*Capsicum annuum* L.). *J Food Sci Technol.* 2007; 42(12): 1482-8.
- (52) Wahyuni Y, Ballester AR, Sudarmonowati E, Bino RJ, Bovy AG. Metabolite biodiversity in pepper (*Capsicum*) fruits of thirty-two diverse accessions: variation in health-related compounds and implications for breeding. *Phytochem.* 2011; 72(11/12): 1358-70.
- (53) Kalt W. Effects of production and processing factors on major fruit and vegetable antioxidants. *J Food Sci.* 2005; 70(1): 11-9.
- (54) Moraes FP, Colla LM. Alimentos funcionais e nutracêuticos: definições, legislação e benefícios à saúde. *Rev Eletrônica Farmácia.* 2006; 3(2): 109-22.

- (55) Brasil. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. RDC nº 269, Regulamento Técnico sobre a Ingestão Diária Recomendada (IDR) de Proteína, Vitaminas e Minerais. 22 de setembro de 2005.
- (56) Ochi T, Takaishi Y, Kogure K, Yamauti I. Antioxidant activity of a new capsaicin derivative from *Capsicum annuum*. J Nat Prod. 2003; 66(8): 1094-6.
- (57) Wink M. Special Nitrogen Metabolism. In: Special Nitrogen Metabolism. San Diego: Academic Press; 1997. p. 438-86.
- (58) Luo XJ, Peng J, Li YJ. Recent advances in the study on capsaicinoids and capsinoids. Eur J Pharmacol. 2011; 650(1): 1-7.
- (59) Pinto CMF, Oliveira CLP, Donzeles SML. Pimenta *Capsicum*: propriedades químicas, nutricionais, farmacológicas e medicinais e seu potencial para o pepper *Capsicum*. Rev Bras Agropecuária Sustentável. 2013; 3(2):108-20.
- (60) Carvalho JCT, Gosmann G, Schenkel EP. Compostos fenólicos simples e heterosídicos. In: Farmacognosia: da planta ao medicamento. 3ª ed. Porto Alegre: UFRGS; 2001. p. 443-59.
- (61) Alvarez-Parrilla E, De La Rosa LA, Amarowicz R, Shahidi F. Antioxidant activity of fresh and processed Jalapeño and Serrano peppers. J Agric Food Chem. 2011; 59(1): 163-173.
- (62) Costa LM da; Moura NF de, Marangoni C, Mendes CE, Teixeira AO. Atividade antioxidante de pimentas do gênero *Capsicum*. Food Sci Technol. 2010; 30(1): 51-59.
- (63) Maisuthisakul P, Suttajit M, Pongsawatmanit R. Assessment of phenolic content and free radical-scavenging capacity of some Thai indigenous plants. Food Chem. 2007; 100(4): 1409-18.
- (64) Mínguez-Mosquera MI, Hornero-Méndez D. Separation and quantification of the carotenoid pigments in red peppers (*Capsicum annuum* L.) paprika, and oleoresin by reversed-phase HPLC. J Agric Food Chem. 1993; 41(10): 1616-20.
- (65) Levy A, Harel S, Palevitch D, Akiri B, Menagem E, Kanner J. Carotenoid Pigments and .beta.-Carotene in Paprika Fruits (*Capsicum* spp.)

with Different Genotypes. J Agric Food Chem. 1995; 43(2): 362-6.

(66) Weissenberg M, Schaeffler I, Menagem E, Barzilai M, Levy A. Isocratic non-aqueous reversed-phase high-performance liquid chromatographic separation of capsanthin and capsorubin in red peppers (*Capsicum annuum* L.), paprika and oleoresin. J Chromatogr A. 1997; 757(1): 89-95.

(67) Oliver J, Palou A, Pons A. Semi-quantification of carotenoids by high-performance liquid chromatography: saponification-induced losses in fatty foods. J Chromatogr A. 1998; 829(1): 393-9.

(68) Maoka T, Mochida K, Kozuka M, Ito Y, Fujiwara Y, Hashimoto K, et al. Cancer chemopreventive activity of carotenoids in the fruits of red paprika *Capsicum annuum* L. Cancer Lett. 2001; 172(2): 103-9.

(69) Doymaz I, Pala M. Hot-air drying characteristics of red pepper. J Food Eng. 2002; 55(4): 331-5.

(70) Materska M, Piacente S, Stochmal A, Pizza C, Oleszek W, Perucka I. Isolation and structure elucidation of flavonoid and phenolic acid glycosides from pericarp of hot pepper fruit *Capsicum annuum* L. Phytochemistry. 2003; 63(8): 893-8.

(71) Collera-Zúñiga O, Jiménez FG, Gordillo RM. Comparative study of carotenoid composition in three mexican varieties of *Capsicum annuum* L. Food Chem. 2005; 90(1): 109-14.

(72) Sim KH, Sil HY. Antioxidant activities of red pepper (*Capsicum annuum*) pericarp and seed extracts. J Food Sci Technol. 2008; 43(10): 1813–23.

(73) Dutra FLA, Branco IG, Madrona GS.; Haminiuk WI. Avaliação sensorial e influência do tratamento térmico no teor de ácido ascórbico de sorvete de pimenta. Rev Bras Tecnol Agroindustrial. 2010; 4(2): 243-51.

(74) Bianchetti LDB. Aspectos morfológicos, ecológicos e biogeográficos de dez taxons de *Capsicum* (Solanaceae) ocorrentes no Brasil. 1996. 174f. Dissertação (Mestrado em Botânica), Universidade de Brasília, Brasília, 1996.

(75) Meghvansi MK, Siddiqui S, Khan MH, Gupta VK, Vairale MG, Gogoi HK, et al. *Naga chilli*: a potential source of capsaicinoids with broadspectrum ethnopharmacological applications. J Ethnopharmacol. 2010; 132(1): 1-14.

(76) Arora R, Gill NS, Chauhan G, Rana AC. An overview about versatile molecule Capsaicin. J Pharm Sci Drug Res. 2011; 3(4): 280-6.

(77) Oliveira AMC de. Caracterização química, avaliação da atividade antioxidante in vitro e atividade antifúngica de pimentas do gênero *Capsicum* spp. 2011. 81f. Dissertação (Mestrado em Alimentos e Nutrição), Universidade Federal do Piauí, Teresina, 2011.

(78) López P, Gorzalczany S, Acevedo C, Alonso R, Ferraro G. Chemical study and anti-inflammatory activity of *Capsicum* chacoense and *C. baccatum*. Rev Bras Farmacogn. 2012; 22(2): 455-8.

(79) Bepalhok Filho JC, Guerra EP, Oliveira R. Introdução ao Melhoramento de Planta. In: Bepalhok Filho JC, Guerra EP, Oliveira R. Melhoramento de Plantas. [citado 25 de outubro de 2018]. Disponível em: <http://www.bespa.agrarias.ufpr.br>. p. 1-9.

(80) Bianchetti LB, Carvalho SI. Subsídios à coleta de germoplasma de espécies de pimentas e pimentões do gênero *Capsicum*. In: Walter BMT, Cavalcante TB. Fundamentos para a coleta de germoplasma vegetal. Brasília: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia; 2005. p. 355-85.

