



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE TECNOLOGIA DE ALIMENTOS
CURSO DE MESTRADO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS

ÁFIA SUELY SANTOS DA SILVA DE ALMEIDA

PERFIL DE VOLÁTEIS DE VARIEDADES MELHORADAS DE PIMENTAS
***CAPSICUM CHINENSES* UTILIZANDO TÉCNICAS DE HS-SPME, CG-EM E CG-**
OLFATOMETRIA

FORTALEZA
2015

ÁFIA SUELY SANTOS DA SILVA DE ALMEIDA

PERFIL DE VOLÁTEIS DE VARIEDADES MELHORADAS DE PIMENTAS
CAPSICUM CHINENSES UTILIZANDO TÉCNICAS DE HS-SPME, CG-EM E CG-
OLFATOMETRIA

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Tecnologia de Alimentos.

Orientador: Prof^ª Dr^ª Deborah dos Santos Garruti

FORTALEZA
2015

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca de Ciências e Tecnologia

-
- A444p Almeida, Áfia Suely Santos da Silva de.
Perfil de voláteis de variedades melhoradas de pimentas "*Capsicum chinenses*" utilizando técnicas de HS-SPME, CG-EM e CG-olfatometria / Áfia Suely Santos da Silva de Almeida. – 2015.
68 f. : il., color. ; 30 cm.
- Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Departamento de Tecnologia de Alimentos, Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Fortaleza, 2015.
Área de Concentração: Ciência de Alimentos.
Orientação: Profa. Dra. Deborah dos Santos Gurruti.
- 1.Pimenta – cultivo. 2. Compostos voláteis. 3.Aroma. I. Título.

ÁFIA SUELY SANTOS DA SILVA DE ALMEIDA

PERFIL DE VOLÁTEIS DE VARIEDADES MELHORADAS DE PIMENTAS
CAPSICUM CHINENSES UTILIZANDO TÉCNICAS DE HS-SPME, CG-EM, E
CG-OLFATOMETRIA

Dissertação apresentada ao Programa de
Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia
de Alimentos da Universidade Federal do
Ceará, como requisito parcial à obtenção
do título de Mestre em Tecnologia de
Alimentos.

Aprovada em: 21/09/2015

BANCA EXAMINADORA

Prof^a. Dr^a. Deborah dos Santos Garruti (Orientadora)
Embrapa Agroindústria Tropical

Prof^a. Dr^a. Lucicléia Barros de Vasconcelos Torres
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Dr. Guilherme Julião Zocolo
Embrapa Agroindústria Tropical

Aos meus pais, Francisco Pereira (*in memoriam*) e Maria Cleide, meu amor e gratidão pelos princípios de vida e por se doarem inteiros e renunciarem, por vezes, aos seus sonhos, para realizar os meus.

Ao meu esposo Wesley Almeida por sua existência, amor, companheirismo, respeito e incentivo.

Dedico

AGRADECIMENTO

A Deus, pelo dom da vida, por seu amor e misericórdia que me alcançou e me permitiu chegar até aqui. Sem Ele na minha vida, não teria conseguido, pois Ele me abençoou, me concedendo saúde e graça, colocando as pessoas certas no meu caminho, para as quais também sou imensamente grata.

A Universidade Federal do Ceará, que foi minha casa por incansáveis 15 anos, sendo aluna de graduação, pós-graduação e professora.

Ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos por oportunizar o aprendizado.

A Embrapa Agroindústria Tropical por me conceder a oportunidade de conhecer um mundo novo com profissionais qualificados e atenciosos. Foi marcante o tempo que passei aqui.

Ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará-Campus Iguatu, representado por Ivan Holanda, por me conceder a oportunidade de me dedicar integralmente as atividades do mestrado.

A minha querida e amada orientadora, Deborah dos Santos Garruti. Pela atenção e confiança em me aceitar como orientanda, por ser amiga, conselheira, paciente no ensino desse imenso universo que é estudar os compostos voláteis! Por seu cuidado e confiança quando sofri meu acidente, você foi parte crucial para minha recuperação. Por todo tempo dedicado a realização deste projeto e pela oportunidade de me fazer subir mais um degrau na minha vida profissional.

Ao meu esposo Francisco Wesley, pelo amor, paciência, incentivo, cuidado e companheirismo.

A todos os meus familiares, que dedicaram parte do seu tempo em cuidar de mim para que eu pudesse me recuperar, pelas orações a mim concedidas, por todo amor que recebo pois é alimento para minha alma.

Aos amigos conquistados na Embrapa Agroindústria Tropical pelo auxílio nos momentos de dúvidas, pela companhia nos momentos difíceis, e pela amizade: Ídila, Hilton Magalhães, Ana Carolina, Ana Paula Lemos, Flávia e Renier Felinto.

A todos os que foram meus professores e mestres, em especial, à prof^a. Carminha por nos instigar a buscar sempre o melhor. Pela generosidade do seu coração e pelo seu apoio e orações nos momentos que mais precisei.

Aos membros participantes da banca examinadora Prof^a Dr^a Lucicléia Barros de Vasconcelos Torres e Dr. Guilherme Julião Zocolo por aceitar o convite de participação na banca, pelo tempo despendido e valiosas colaborações e sugestões.

A amigas preciosas da turma de mestrado, minhas queridas amigas Afra Nascimento, Elaine Batista e Layane, pelos momentos de reflexões, companheirismo e amizade que permanecerão por toda a vida.

As minhas amigas inesquecíveis desde o tempo de graduação que acompanham de perto a minha caminhada pessoal e profissional: Ana Paula Correia e Robércia Pereira.

As minhas eternas professoras e amigas que sempre torceram e acreditaram no meu sucesso profissional e ingresso no mestrado, me incentivando a buscar sempre o melhor: Maria Consuelo Landim e Maria Alsenir Carvalho Rodrigues.

Aos amigos que, apesar da distância, me acompanharam durante todo esse período com votos de sucesso profissional: Santana, Francisca Viana, Harine Matos, Nívia, Claudene, Núbia Lucena e Roseane Saraiva.

“Mesmo que as tempestades sejam furiosas, mesmo que os ventos sejam contrários, mesmo que os montes se estremeçam, não seremos abalados, pois estamos firmados em Cristo, a rocha inabalável”

(Hernandes Dias Lopes)

RESUMO

Há um interesse na pesquisa científica relacionada com os diferentes aspectos da cultura de pimentas, devido a importância da variabilidade existente entre as diferentes espécies e cultivares, seus atributos sensoriais como sabor, aroma, pungência, o crescente consumo e sua composição química. Diante disso, o presente trabalho teve como objetivo geral caracterizar o perfil de voláteis de cinco variedades de pimenta do gênero *Capsicum chinense* com níveis de pungência e aromas diferenciados e como objetivos específicos: analisar o perfil de voláteis das pimentas Biquinho laranja, Biquinho salmão, Biquinho vermelha, Habanero laranja e Habanero vermelha; identificar os compostos odoríferos da variedade Biquinho laranja pela técnica Osme de olfatometria e comparar as cinco variedades de pimentas em relação aos compostos odoríferos mais importantes. As amostras, obtidas do Banco de Germoplasma da Embrapa Hortaliças (Brasília, DF, Brasil), foram submetidas a técnica de Micro Extração em Fase Sólida do Headspace (HS-SPME) para caracterização do perfil volátil. A identificação dos compostos ativos para o aroma das pimentas foi obtido a partir da utilização da técnica de Cromatografia Gasosa Olfatométrica - Osme (CG-Osme) onde foram detectados 80 picos e destes, 14 apresentaram alta e média intensidade odorífera. Entre as cinco variedades de pimentas estudadas, foi possível a identificação de 95 compostos, sendo os ésteres (55%) a principal classe química, seguido de terpenos (23%), hidrocarbonetos (11%), álcoois (10%) e cetonas (1%) e ácido (0,35%). O perfil de voláteis das cinco variedades de pimentas *Capsicum chinense* estudadas não mostraram diferenças em área do cromatograma referentes as classes químicas encontradas, com exceção da pimenta Habanero vermelha que apresentou uma diferença significativa em relação a área do cromatograma para a classe química dos álcoois identificados. As pimentas Habanero apresentaram perfil de compostos voláteis mais rico quantitativamente que as variedades de pimentas Biquinho, as quais apresentaram perfil de voláteis muito semelhantes entre si. A variedade Habanero vermelha apresentou-se mais rica em compostos de odor de pimenta que a respectiva variedade laranja, caracterizada mais pelos compostos de odor floral.

Palavras-chave: Osme. Compostos voláteis. Aroma.

ABSTRACT

There is an interest in scientific research related to the different aspects of peppers crops, due to the importance of variability between different species and cultivars, their sensory attributes such as taste, scent, pungency, the growing consumption and its chemical composition. Therefore, this study aimed to characterize the volatile profile of five pepper varieties of the genus *Capsicum Chinense* with different pungency levels and scents and specific objectives: to analyze the volatile profile of Orange Biquinho peppers, Salmon Biquinho pepper, Red Biquinho, Orange and Red Habanero; to identify odorous compounds of the Orange Biquinho variety. Through the Osme olfactometry technique and compare the five varieties of peppers related to the most important odorous compounds. The samples, which were obtained from the Germplasm Bank of Embrapa Vegetables (Brasília, Brazil), were submitted to Headspace Solid-Phase Microextraction technique (HS-SPME) to characterize the volatile profile. The identification of active compounds for peppers scent was obtained from the use of gas chromatography-olfactometry technique (GC-Osme), where 80 peaks were detected and among these, 14 exhibited high and medium intensity odorant. Among the five varieties of peppers studied, it was possible the identification of 95 compounds, with the esters (55%) main chemical class, followed terpenes (23%), hydrocarbon (11%), alcohol (10%) and ketones (1%) and acid (0.35%). The volatile profile of five varieties of *Capsicum Chinense* studied peppers showed no differences in the chromatogram area related chemical classes found, except the Habanero red pepper, that showed a significant difference from the chromatogram area for the chemical class of identified alcohols. The Habanero peppers presented quantitatively richer volatile profile than the varieties of Biquinho peppers, which had very similar volatile profile of each other. The red Habanero variety presented itself richer in pepper odor compounds than its orange variety, characterized by more compounds of floral scent.

Keywords: Osme. Volatile compounds. Aroma

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1	Habanero Vermelha.....	18
Figura 2	Habanero Laranja.....	18
Figura 3	Pimenta Biquinho	18
Figura 4	Fórmula química da capsaicina.....	23
Figura 5	A capsaicina se concentra na placenta do fruto.....	23
Figura 6	Região retro-nasal e a percepção do aroma.....	25
Figura 7	Esquema representativo da técnica de <i>headspace</i> dinâmico ou “ <i>Purge and Trap</i> ”	28
Figura 8	Dispositivo da fibra de SPME.....	28
Figura 9	Processo de captura dos compostos voláteis e de dessorção do material extraído para análise em CG.....	29
Figura 10	Esquema geral de cromatografia gasosa acoplada a espectrometria de massas.....	31
Figura 11	Fluxograma de preparo das amostras para análises.....	35
Figura 12	Extração dos compostos voláteis do headspace por SPME.....	36
Figura 13	Dessorção térmica dos voláteis diretamente no injetor do cromatógrafo gasoso acoplado a espectrômetro de massas a partir da fibra de SPME.....	37
Figura 14	Análise olfatométrica através da técnica <i>Osme</i>	39
Figura 15	Número de compostos voláteis identificados por classe química.....	41
Figura 16	Área dos compostos voláteis em percentagem identificados na pimenta Biquinho laranja por classe química.....	41
Figura 17	Cromatograma (A) e aromagrama consensual (B) da pimenta Biquinho laranja	47
Figura 18	Percentual de compostos identificados nas variedades de pimenta Biquinho laranja, Biquinho salmão, Biquinho vermelha, Habanero laranja e Habanero vermelha por classe química.....	55
Figura 19	Área dos compostos identificados nas variedades de pimenta Biquinho laranja, Biquinho salmão, Biquinho vermelha, Habanero laranja e Habanero vermelha por classe química.....	56
Figura 20	ACP dos compostos voláteis odoríferos de cinco variedades de pimentas C. chinense.....	59

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Categorização de espécies e variedades do gênero <i>Capsicum</i> encontradas no Brasil, de acordo com o grau de domesticação	16
Tabela 2	Composição nutricional e outras características das principais pimentas brasileiras.....	21
Tabela 3	Classes da escala de Unidade de Calor <i>Scoville</i> determinadas em função do teor de capsaicinóides (CAP).....	24
Tabela 4	Importância odorífera e área (CG-FID) dos compostos voláteis presentes no <i>headspace</i> da pimenta Biquinho laranja.....	43
Tabela 5	Caracterização do perfil de compostos voláteis de pimentas <i>Capsicum</i>	51
Tabela 6	Número e área dos compostos voláteis por classe química em cinco variedades de pimenta <i>Capsicum</i>	57

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
2	REVISÃO DE LITERATURA.....	15
2.1	Origem do gênero <i>Capsicum</i>	15
2.2	Características e importância econômica.....	16
2.3	Propriedades químicas, nutricionais e medicinais	20
2.4	Compostos voláteis	24
2.4.1	<i>Extração dos compostos voláteis</i>	26
2.4.2	<i>Separação e identificação dos compostos voláteis</i>.....	29
2.4.3	<i>Técnicas CG-Olfatométricas</i>	31
2.4.4	<i>Compostos voláteis das pimentas</i>	33
3	MATERIAL E MÉTODOS	34
3.1	Material	34
3.2	Análise dos Compostos Voláteis	35
3.2.1	<i>Extração dos compostos voláteis</i>.....	35
3.2.2	<i>Separação e Identificação dos compostos voláteis</i>.....	36
3.2.3	<i>Identificação dos compostos ativos para o aroma</i>.....	37
3.3	Análise Estatística.....	39
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	40
4.1	Perfil de voláteis e importância odorífera dos compostos voláteis da pimenta Biquinho laranja	40
4.2	Caracterização do perfil de compostos voláteis de cinco variedades de pimenta <i>Capsicum chinense</i>	49
4.3	Análise de Componentes Principais (ACP).....	58
5	CONCLUSÕES	61
	REFERÊNCIAS	62

1 INTRODUÇÃO

A aceitação dos alimentos por parte dos consumidores está diretamente relacionada ao seu sabor, sendo formado principalmente pelas sensações que o aroma e o gosto provocam, os quais são atribuídos aos compostos voláteis e não voláteis presentes nos alimentos, respectivamente (FRANCO e JANZANTTI, 2004).

Os primeiros estudos que envolveram a pesquisa do sabor em alimentos foram realizados sob o pressuposto de que todos os voláteis presentes nos alimentos contribuíam para o seu aroma. Rijkens e Boelens (1975) relataram que até o ano de 1974 cerca de 2.600 substâncias tinham sido identificadas e previram a ocorrência de um total de 10.000 (dez mil) compostos voláteis nos alimentos. Em torno de 8000 voláteis foram relatados até o ano de 1997 segundo Nijssen et al. (1997). Contudo, os avanços nos procedimentos de análise, principalmente a combinação de métodos como cromatografia gasosa e espectrometria de massa (GC-EM), técnicas olfatométricas e ensaios de omissão e reconstituição de voláteis mostraram que nem todos os produtos voláteis que ocorrem nos alimentos contribuem para o seu aroma.

As pesquisas mostram que diversos compostos voláteis já foram identificados nos alimentos, porém, percebeu-se que, entre os compostos identificados existem aqueles que não possuem qualquer odor e que apenas uma pequena fração apresenta de fato impacto significativo sobre o aroma e sabor dos produtos analisados (DA SILVA, SAMPAIO & BERTOLINI, 2004).

Dentre a infinidade de culturas alimentares existentes, o cultivo de pimenta, tem sofrido grandes transformações e assumido maior relevância no Brasil. As pimentas foram, provavelmente, os primeiros temperos utilizados pelos índios para conferir cor, aroma e sabor aos alimentos. Além de tornar os alimentos mais atraentes ao paladar, auxiliavam na conservação dos alimentos por apresentarem ação fungicida e bactericida (REIFSCHNEIDER, 2000).

Essas plantas são apreciadas em diversas partes do mundo como México, América Central, Antilhas, Índia Ocidental, Caribe e Bolívia, onde é encontrada a sua maior diversidade. Contudo, a região Nordeste do Brasil vem ganhando destaque como grande consumidora de pimentas, devido ao fato de ser um condimento essencial para a culinária local (RIBEIRO; CRUZ, 2002).

O gênero *Capsicum* (família Solanaceae) compreende 31 espécies, das quais cinco são domesticados (*C. annuum*, *C. baccatum*, *C. chinense*, *C. frutescens* e *C. pubescens*) e as demais classificam-se com semi-domesticadas e selvagens (SOUZA; MARTINS; PEREIRA, 2011).

Dentre as espécies domesticadas, *C. chinense* Jacquin destaca-se pela ampla adaptação às condições tropicais de clima quente e úmido, principalmente por apresentar melhores níveis de resistência às principais doenças tropicais quando comparadas com outras espécies. Apresenta grande variabilidade, expressa na diversidade de formas e cores dos frutos, que são geralmente muito picantes e aromáticos. No Brasil, essa espécie é representada pelas pimentas de cheiro, de bode, cumari-do-Pará, murupí, biquinho, habanero, entre outras (CARVALHO et al., 2006).

A pimenta *Capsicum* spp. apresenta expressiva importância econômica e social para o agronegócio mundial, associada em grande parte, ao seu alto aproveitamento em tempero para culinária. As pimentas constituem matéria prima para extração de corantes, aromatizantes, substâncias utilizadas em produtos alimentícios, produtos em pó, pastas, dentre outros (PINTO; OLIVEIRA PINTO; DONZELES, 2012).

O grande destaque para as pimentas é que, em sua maioria, possuem sabor pungente característico devido à presença do alcaloide capsaicina na placenta e, em menor quantidade, nas sementes e no pericarpo do fruto (REIFSCHNEIDER, 2000). Os frutos das pimentas, contêm ainda água, óleos fixos e voláteis, carotenoides, proteínas, fibras e elementos minerais. Esse conjunto de compostos químicos confere aos frutos um alto valor nutricional (BOSLAND & VOTAVA, 1999).

De acordo com Carvalho et al. (2006), a variabilidade genética das pimentas em geral pode primeiramente ser observada nos frutos, pois apresentam diferentes formatos, cores, tamanhos e teores de pungência (ardume ou picância). Os frutos maduros são geralmente vermelhos, mas podem também adquirir diferentes tonalidades de amarelo, laranja, verde, salmão, roxo e marrom. O formato dos frutos também é muito variável, podendo ser alongado, arredondado, triangular, campanulado e retangular.

A pungência é uma característica de qualidade para pimentas frescas e também para produtos processados, sendo o conteúdo de capsaicina um dos requisitos majoritários para determinar a qualidade comercial dos frutos de pimenta. A

importância da capsaicina se deve a diversos fatores, mas principalmente, ao fato de ser o princípio ativo que representa as propriedades farmacêuticas das pimentas e por ser a principal responsável pela sensação de ardor (NWOKEM et al., 2010).

Há um interesse na pesquisa científica relacionada com os diferentes aspectos desta cultura, devido a importância da variabilidade existente entre as diferentes espécies e cultivares de pimenta, seus atributos sensoriais como sabor, aroma, pungência, o crescente consumo e sua composição química.

Dessa forma, o programa de melhoramento genético das pimentas e pimentões do gênero *Capsicum* cultivadas e comercializadas no Brasil da Embrapa Hortaliças objetiva obter variedades mais produtivas, resistente a pragas e doenças, de maior interesse comercial, levando em conta não apenas o conteúdo de capsaicina, mas também o sabor que elas conferem aos alimentos, tendo então o perfil de compostos voláteis das novas variedades, como um importante parâmetro de qualidade.

Apesar da espécie ser encontrada em todo o país, há pouca informação científica sobre quais compostos voláteis participam do sabor da pimenta e como é o perfil de voláteis em diferentes variedades da mesma espécie.

Diante do exposto, o presente trabalho teve como objetivo geral caracterizar o perfil de voláteis de cinco variedades de pimenta do gênero *Capsicum chinense* e como objetivos específicos: identificar os compostos odoríferos de uma variedade comum de pimenta Biquinho (Biquinho laranja) pela técnica Osme de olfatometria e comparar as cinco variedades analisadas em relação aos compostos odoríferos mais importantes; determinar o perfil de voláteis de 4 cultivares melhoradas das pimentas Biquinho salmão, Biquinho vermelha, Habanero laranja e Habanero vermelha.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Origem do gênero *Capsicum*

O centro de origem do gênero *Capsicum* é a América, destacando-se as regiões tropicais (REIFSCHNEIDER, 2000). A associação do homem às pimentas teve início há 10 ou 12 mil anos, quando as primeiras populações habitaram as Américas (NUEZ et al., 1996).

Foi relatado por MARTIN et al. (1979), que o centro de origem de *C. annuum* é o México; de *C. frutescens* as Américas tropical e sub-tropical; de *C. baccatum*, a América do Sul; *C. pubescens* foi dispersada a partir dos Andes e *C. chinense*, em toda a América tropical, sendo a espécie mais comum encontrada na Amazônia.

Com a chegada dos navegadores portugueses e espanhóis nas Américas, as pimentas foram introduzidas na Europa e, a partir daí, na África e na Ásia. Suas embarcações foram essenciais para a dispersão das pimentas doces e picantes pelo mundo (ANDREWS, 1984). Em meados do século XVI, já se cultivava *C. annuum* na Índia, levada para o Oriente Médio pelos colonizadores espanhóis por ser mais ardida e por ser uma alternativa mais barata que a pimenta do reino (*Piper nigrum* L.), cujo monopólio sobre a comercialização era dos portugueses.

Nessa mesma época, pimentas das espécies *C. frutescens* e *C. chinense*, principalmente, podiam ser encontradas na Europa e na África e, no século XVII já estavam presentes na Oceania. Portanto, comparada a outras solanáceas hoje importantes na alimentação humana, como por exemplo, o tomate e a batata, cultivados exclusivamente como ornamentais logo após sua introdução na Europa, a pimenta foi aceita e difundida de maneira muito mais rápida na dieta dos povos europeus e seus vizinhos asiáticos e africanos (CASALI & COUTO, 1984; NUEZ et al., 1996).

2.2 Características e importância econômica

O gênero *Capsicum* (do grego *kapso*, que significa arder ou picar) é representado pelos pimentões, pimentas doces e picantes. Pertencente à família *Solanaceae*, esse gênero compreende 31 espécies, das quais cinco são domesticados (*C. annuum*, *C. baccatum*, *C. chinense*, *C. frutescens* e *C. pubescens*) e as demais classificam-se com semidomesticadas e selvagens (CARVALHO; BIANCHETTI, 2008).

As plantas domesticadas foram selecionadas a partir de plantas semidomesticadas, que por sua vez foram selecionadas a partir de plantas silvestres, mostrando uma relação de ancestralidade entre as categorias de pimentas (CARVALHO; BIANCHETTI, 2008). O centro primário de diversidade da espécie *Capsicum chinense* é o México, sendo o Brasil o centro secundário e a Bacia Amazônica como área de maior diversidade (REIFSCHNEIDER, 2000). No Brasil são encontradas espécies e variedades do gênero *Capsicum* compreendidas nos diferentes níveis de domesticação mencionados na Tabela 1.

Tabela 1 – Categorização de espécies e variedades do gênero *Capsicum* encontradas no Brasil, de acordo com o grau de domesticação

Domesticadas	Semidomesticadas
<i>C. annuum</i> L. var. <i>annuum</i>	<i>C. annuum</i> var. <i>glabriusculum</i> (Dunal) Eshbaugh & Smith
<i>C. baccatum</i> var. <i>Pendulum</i> (Wild.) Eshbaugh	<i>C. baccatum</i> L. var. <i>praetermissum</i> (Heiser & Smith) Hunziker
<i>C. chinense</i> Jacquin	<i>C. baccatum</i> L. var. <i>Baccatum</i>
<i>C. frutescens</i> L.	<i>C. chinense</i> Jacquin
<i>C. pubescens</i> Ruiz & Pavon	<i>C. frutescens</i> L.
	<i>C. cardenasii</i> Heiser & Smith)
	<i>C. chacoense</i> Hunziker
	<i>C. eximium</i> Hunziker
	<i>C. tovari</i> Eshbaugh, Smith & Nickrent

Fonte: Adaptação de Botânica e Recursos Genéticos, Carvalho e Bianchetti (2008).

Dentre as espécies domesticadas, *C. chinense* Jacquin destaca-se pela ampla adaptação às condições tropicais de clima quente e úmido, principalmente por apresentar melhores níveis de resistência às principais doenças tropicais quando comparadas com outras espécies. Possui grande variabilidade, expressa na diversidade de formas e cores dos frutos, que são geralmente muito picantes e aromáticos. No

Brasil, essa espécie é representada pelas pimentas de cheiro, bode, cumari-do-Pará, murupi, biquinho, habanero, entre outras (CARVALHO et al., 2006).

A pimenta habanero (Figura 1), conhecida como “Scotch Bonet” é originária da península do Yucatã, entre o México e Belize. É bastante difundida desde o Caribe até o Brasil, sendo consumida preferencialmente *in natura*, sendo considerada uma das pimentas mais picantes do mundo. É extremamente apreciada pelo seu sabor e picância inconfundíveis. Seus frutos são retangulares, medindo entre 2 cm a 6 cm de largura por 2 cm a 4 cm de comprimento. Quando imaturos, os frutos são verdes, passando para marfim, amarelo, laranja (Figura 2), até vermelho ou roxo quando maduros (CARVALHO et al., 2006).

A pimenta biquinho ou pimenta de bico (Figura 3) tem ganho popularidade por ser saborosa, aromática e doce, sem a pungência característica das pimentas. Embora raras, existem algumas pimentas “biquinho” picantes, provavelmente devido a cruzamentos com outros tipos picantes da mesma espécie, como a pimenta de bode. Seus frutos são pequenos medindo de 2,5 cm a 2,8 cm de comprimento e 1,5 cm de largura com formato triangular pontiagudo, como um bico, o que dá origem ao nome vulgar (CARVALHO et al., 2006). Tornou-se a mais nova opção de investimento nas propriedades rurais mineiras, sendo muito consumida fresca, como salada ou aperitivo e como matéria-prima no processamento de conservas e geleias (PINTO; CRUZ, 2011).

Um dos problemas no cultivo dessa pimenta é a colheita que deve ser obrigatoriamente manual, pois a maturação dos frutos não é uniforme de tal maneira que em uma mesma planta e na mesma época pode-se encontrar frutos imaturos - coloração verde, frutos em fase de maturação - coloração alaranjada e frutos maduros - coloração vermelha (CARVALHO et al., 2006).

A área anual do cultivo de pimenta corresponde cerca de dois mil ha, sendo que a produtividade média depende do tipo de pimenta cultivada, variando de 10 a 30 t/ha. A crescente demanda do mercado, estimado em 80 milhões de reais/ano, tem impulsionado o aumento da área cultivada e o estabelecimento de agroindústrias, tornando o agronegócio de pimentas (doces e picantes) um dos mais importantes do país. Além do mercado interno, parte da produção brasileira de pimentas é exportada em diferentes formas, como páprica, pasta, desidratada e conservas ornamentais (LOPES et al., 2007).

Figura 1 – Habanero Vermelha



Fonte: CARVALHO et al. (2006) .

Figura 2 – Habanero Laranja



Fonte: RIBEIRO; REIFSCHNEIDER (2008).

Figura 3 – Pimenta Biquinho



Fonte: (CARVALHO et al., 2006).

O cultivo de pimentas ocorre em todo o Brasil apresentando uma grande variabilidade genética, formas, tamanhos, cores, sabores e níveis de pungência (FILGUEIRA, 2000). Entretanto, os cultivos concentram-se em regiões de clima subtropical, como no Sul, e tropical, como no Norte e Nordeste, com destaque para os estados de Minas Gerais, Goiás, São Paulo, Ceará e Rio Grande do Sul (PINTO et al., 2006). É considerado um dos melhores exemplos de agricultura familiar e de integração do pequeno agricultor e a agroindústria (REIFSCHNEIDER, 2000)

O mercado de pimentas no Brasil é bastante segmentado e diverso, devido à grande variedade de produtos e subprodutos, usos e formas de consumo. Nesse mercado

tem destaque a comercialização de pimentas *in natura*, em pequenas quantidades, no atacado e varejo em todos os estados brasileiros (HENZ; RIBEIRO, 2008). Esse mercado vem sofrendo grandes modificações pela exploração de novas variedades e pelo desenvolvimento de produtos com grande valor agregado, impulsionando o aumento da área cultivada e o estabelecimento de agroindústrias, tornando o agronegócio de pimentas um dos mais importantes do país (RUFINO; PENTEADO, 2006).

Em 2012 a exportação brasileira de pimenta girou em torno de 52.923 toneladas correspondendo a 268.582 mil US\$. Já as importações foram de apenas 986 toneladas ao custo de 7.835 mil US\$ (COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO – CONAB, 2013).

O agronegócio *Capsicum* brasileiro é promissor com a abertura de novos nichos de mercado, principalmente para produtos de alto valor agregado, como é o caso de pimentas processadas e convertidas ou usadas em molhos, conservas ornamentais, geleias, embutidos (salames, salsichas, linguças), massas, ketchups e maioneses. Também são boas as perspectivas para molhos com diferentes graus de picância ou ardume (teor de capsaicina) e para novos tipos varietais direcionados para a indústria de processamento, visando à produção de flocos desidratados, conservas e geleias (CARVALHO et al., 2006; RIBEIRO et al., 2008a).

Nos últimos vinte anos, um número significativo de cultivares de polinização aberta (OP) e híbridos de *Capsicum* foi lançado pela Embrapa Hortaliças oriundas de processos de seleção e recombinação de acessos do BAG: um pimentão com resistência a *Cercospora* (cultivar Tico), três cultivares OP de pimentas tipicamente brasileiras (BRS Seriema, BRS Mari e BRS Moema), um híbrido de pimentão para páprica (BRS Brasilândia) e três cultivares de pimentas do tipo Jalapeño desenvolvidas em parceria com empresas de processamento (BRS Ema, BRS Garça, BRS Sarakura) (CARVALHO et al., 2013).

Em 2010, as pimentas tipo Jalapeño BRS Sarakura e BRS Garça para processamento industrial foram as primeiras cultivares de hortaliças a serem protegidas no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. A cultivar BRS Sarakura é atualmente responsável por 50% de todo o molho de pimenta produzido no Brasil (NASS et al., 2012).

Além disso, várias linhagens resistentes a diferentes patógenos foram disponibilizadas para instituições de pesquisa nacionais e internacionais. Exemplos incluem: CNPH 148 (resistente à podridão de raiz causada por *Phytophthora capsici*), CNPH 703 (resistente a várias espécies de *Xanthomonas* spp.) e CNPH 679 (resistente a tospovírus), que têm sido utilizados por programas de melhoramento públicos e privados no Brasil e no exterior (REIFSCHNEIDER et al., 2013).

Diversos projetos são desenvolvidos com o objetivo principal de manter o programa de melhoramento genético e os Bancos de Germoplasma de *Capsicum*. Dentre esses, o projeto “Novas pimentas e Pimentões (*Capsicum* spp.) para o Agronegócio Brasileiro e para a Agricultura Familiar”, tem o objetivo de obter populações, linhagens e híbridos de *Capsicum* spp. Com características agronômicas e industriais desejáveis, permitindo a competitividade do agronegócio de pimentas. Dentre as principais ações da pesquisa, a caracterização bioquímica e nutricional, incluindo a determinação do perfil de compostos voláteis responsáveis pelo aroma e sabor das espécies do gênero melhoradas provenientes do Banco de Germoplasma da Embrapa Hortaliças em Brasília, Distrito Federal, permitindo o conhecimento acerca dos descritores qualitativos importantes que irão auxiliar em cruzamentos futuros e na melhoria das características dessas espécies.

2.3 Propriedades químicas, nutricionais e medicinais

Muitas variedades de pimentas produzidas no Brasil possuem alto valor nutricional e poucas calorias (Tabela 2). Os componentes químicos das pimentas e do pimentão podem ser divididos em dois grandes grupos. O primeiro determina o seu uso como condimento, por conferir sabor específico, cor e aroma. Esse grupo compreende a capsaicina e seus análogos estruturais (capsaicinóides), carotenóides, polifenóis e vários componentes voláteis, em especial as pirazinas e ácidos orgânicos. O segundo grupo engloba componentes de valor nutricional como os carboidratos, lipídios, proteínas, vitaminas, fibras e sais minerais (LUTZ; FREITAS, 2008).

Carboidratos, proteínas, lipídios, sais minerais, vitaminas, fibras e água, quando em proporções adequadas na dieta, asseguram a manutenção das funções vitais

do organismo humano, suprimindo as suas necessidades de produção de energia, elaboração e manutenção tecidual e de equilíbrio biológico.

Tabela 2 – Composição nutricional e outras características das principais pimentas brasileiras

Composição* (g/100g)	Dedo- de-moça	Biquinho	De-cheiro	Murupi	De-bode	Cumari- do-Pará	Malagueta	Jalapeño
Proteína	2,0	1,7	1,8	1,3	1,4	1,8	4,5	1,5
Lipídios	1,6	1,4	1,4	1,0	1,4	1,6	5,9	0,8
Carboidratos	5,7	4,6	10,8	1,8	7,2	5,8	8,5	10,4
Cinzas	1,0	0,9	0,9	0,6	0,8	1,0	1,7	0,7
Fibra Alimentar	9,2	5,4	8,6	6,3	4,7	9,2	15,9	3,6
Umidade	80,5	85,9	76,4	89,0	84,5	80,5	63,5	83,0
Valor Calórico (Kcal)	45,2	38,5	63,1	21,7	46,6	45,2	105,2	55,2
Minerais (mg/100g)								
Sódio	2,7	1,9	0,8	1,0	0,5	31,5	45,7	1,5
Magnésio	37,8	26,6	42,0	15,3	27,8	34,8	65,2	28,3
Fósforo	40,6	24,6	62,5	29,3	43,4	57,8	108,3	44,8
Potássio	397,4	351,7	496,7	222,1	379,4	340,7	638,3	398,2
Cálcio	25,8	16,4	24,6	13,1	12,0	32,0	59,9	21,1
Manganês	0,2	0,1	0,2	0,1	0,1	0,3	0,4	0,2
Ferro	0,7	0,5	1,2	0,3	0,7	3,6	6,8	3,8
Cobre	tr	tr	0,1	tr	tr	0,2	0,4	0,1
Zinco	0,2	0,1	0,2	0,1	0,1	0,5	0,9	0,2
Vitamina C	52,0	99,0	80,0	134,0	92,0	74,0	nd	52,0
Pungência (SHU)	46.000	0	94.000	223.000	53.000	210.000	164.000	37.000
Acidez Total (v/p)	5,0	3,8	5,1	3,6	4,0	5,0	4,0	3,2
Sólidos solúveis (°Brix)	9,0	6,5	9,2	7,0	9,5	9,0	10,0	6,5

tr- traço ($\leq 0,05$); nd – não determinado

* Média de frutos frescos com um representante de cada tipo de pimenta da coleção de Germoplasma da Embrapa Hortaliças.

Fonte: (LUTZ; FREITAS, 2008).

Considerando as características sensoriais, proporcionadas por seus frutos, como um fator importante para a qualidade sensorial dos alimentos as pimentas têm sido muito empregadas pelas indústrias de alimentos como agentes corantes e flavorizantes em molhos, sopas, carnes processadas, lanches, doces e bebidas alcoólicas. (DUTRA et al., 2010).

As propriedades aromáticas e pungentes, ou seja, propriedades flavorizantes dos condimentos estão contidas em seus óleos voláteis (essenciais) e em suas oleorresinas. Os óleos voláteis são responsáveis pelas características de aroma, e as oleorresinas fazem parte do extrato não volátil e conferem os sabores e aromas típicos das especiarias e condimentos aos alimentos (FERREIRA PINTO, OLIVEIRA PINTO, DONZELES, 2013).

Os teores de capsaicina e de oleorresina variam de acordo com as cultivares, locais de cultivo, grau de maturação, armazenamento pós-colheita, dentre outros fatores (WAHYUNI et al., 2011; ALVAREZ-PARRILLA et al., 2011). O teor de capsaicina é variável nas diversas partes das pimentas o que não ocorre com o teor de oleorresina.

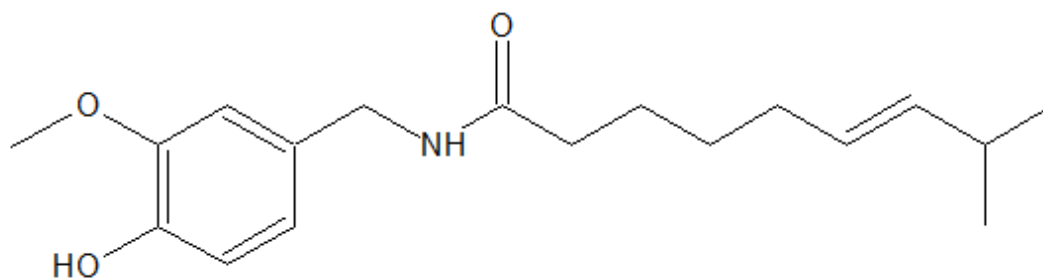
As pimentas também são ricas em vitaminas, flavonoides e outros metabólitos secundários com propriedades antioxidantes, que reduzem o risco de desenvolvimento de câncer e outras doenças crônico-degenerativas, porém, a pungência ou ardume, o que confere seu sabor picante, é o seu atributo mais atrativo (LUTZ; FREITAS, 2008).

Segundo Carvalho et al. (2002), os capsaicinóides são responsáveis pelo sabor pungente ou picante e também pelas principais atividades biológicas atribuídas às pimentas *Capsicum*, destacando-se ainda o teor de carotenoides, responsáveis pela sua coloração vermelha e a presença de ácido ascórbico. Eles são acumulados pelas plantas no tecido da superfície da placenta (Figura 4) e liberados por dano físico às células quando se extraem sementes ou corta-se o fruto (REIFSCHNEIDER, 2000).

Dentre os capsaicinóides, o componente mais importante é a capsaicina (cerca de 70%), seguida da dihidrocapsaicina (cerca de 20%) e de outros componentes menores: nordihidrocapsaicina, homocapsaicina e homodihidrocapsaicina. A capsaicina (Figura 5), além de ser o mais abundante dos capsaicinóides, é também o componente mais picante (LOPES, 2008). Quando esse composto entra em contato com as membranas mucosas de mamíferos como a superfície da boca, nariz e garganta, desencadeia um sinal de dor que é transmitida pelos impulsos nervosos, emitindo uma mensagem ao cérebro de queimadura. O organismo reage, liberando endorfinas capazes de eliminar a dor e provocar sensação de euforia.

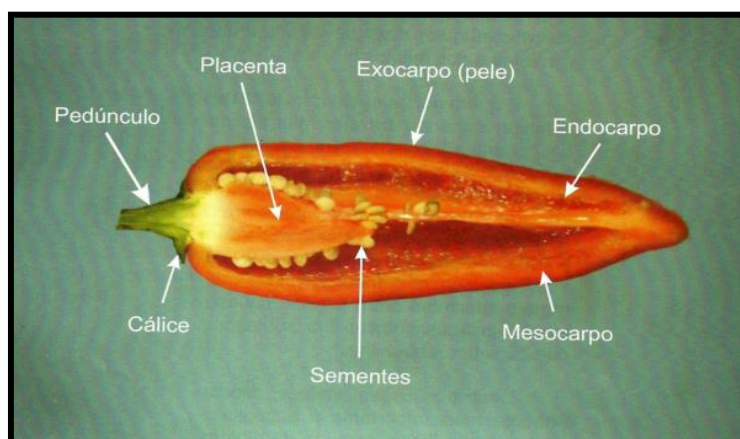
Para determinar com o máximo de precisão o grau de pungência de cada variedade de *Capsicum*, em 1912, o farmacologista Wilbur I. Scoville desenvolveu um teste organoléptico chamado de Escala de Unidade de Calor Scoville, ou simplesmente SHU, cujos valores variam de zero para as pimentas doces que não são picantes até mais de 300.000 unidades, valores encontrados nas pimentas mais picantes. Assim as pimentas podem ser divididas em cinco classes, de acordo com o valor SHU relacionado ao teor de capsaicinóides (Tabela 3) (REIFSCHNEIDER, 2000).

Figura 4 – Fórmula química da capsaicina



Fonte: A autora.

Figura 5 – A capsaicina se concentra na placenta do fruto



Fonte: Lopes (2008).

Tabela 3 - Classes da escala de Unidade de Calor Scoville determinadas em função do teor de capsaicinóides (CAP)

Picância	Genótipo	CAP total (SHU)	CAP (%)
Doces (não picantes)	Biquinho	0	0,00
	Cambuci	0	0,00
Baixa	“Panca” Peru	8.690	0,05
	Redonda	10.510	0,06
Média	Jalapeño	34.590	0,20
	De cheiro	47.180	0,27
Alta	Alongada	81.600	0,48
	Bode/Cumari	105.500	0,59
Muito alta	Malagueta	156.730	0,89
	Passarinho	219.020	1,22

Fonte: Reifschneider (2000).

O teor de capsaicinóides presente nos frutos pode ser influenciado pelo genótipo, pelo local de origem, pela injúria física, pela herbivoria e por outros tipos de estresse a que as pimentas estão sujeitas (GOBBO-NETO e LOPES, 2007).

Alguns estudos têm evidenciado também a influência de fatores ambientais no acúmulo desses compostos, como temperatura, luminosidade, estresse hídrico e disponibilidade de nutrientes (ESTRADA et al., 1999).

O estágio de desenvolvimento do fruto também interfere no conteúdo de capsaicinóides, sendo observado acúmulo até o início do amadurecimento e decréscimo com o decorrer do mesmo. Esse comportamento foi observado nos resultados de Contreras-Padilha e Yahia (1998) e Garcia et al. (2005), que mostraram que a concentração de capsaicinóides em frutos de três espécies de *Capsicum* é maior nos estádios iniciais de desenvolvimento e decrescem com o amadurecimento.

2.4 Compostos voláteis

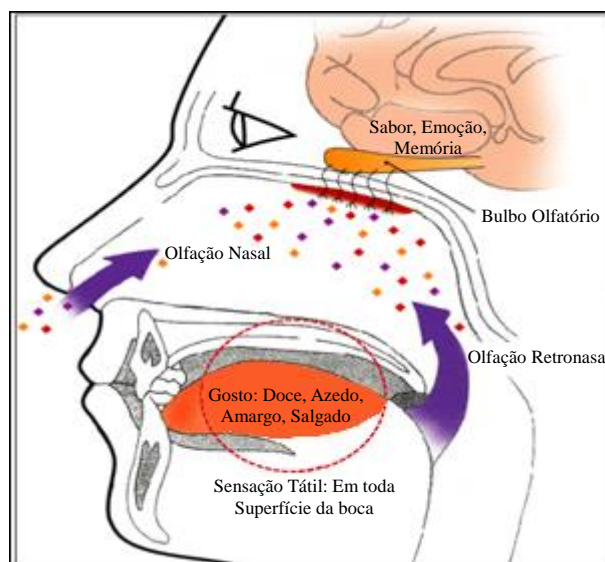
Os aromas são misturas complexas, formadas por dezenas ou centenas de substâncias voláteis, representados por várias classes químicas, com diferentes propriedades físico-químicas, que exercem fortes sensações de odor, ainda que presentes em baixas concentrações. O gosto por sua vez, é atribuído aos compostos não voláteis presentes nos alimentos (FRANCO; JAZANTTI, 2004).

Considera-se que o sabor está relacionado principalmente a uma resposta integrada às sensações do gosto e aroma. De acordo com Dutcosky (2011), são reconhecidos cinco gostos básicos: doce, salgado, ácido, amargo e umami, cuja percepção gustativa ocorre por meio de células receptoras localizadas na parte frontal, lateral e posterior da língua, bem como no palato e bochechas. Já o sentido do olfato é responsável por captar as misturas extremamente complexas de moléculas voláteis odoríferas, através do epitélio olfatório e seus receptores altamente sensíveis.

Dessa forma, a percepção do sabor dos alimentos relaciona-se intimamente entre os sentidos gustativo e olfativo, sendo este estimulado através da região retronasal quando o alimento está dentro da boca, permitindo que o aroma seja percebido pelo epitélio olfatório (Figura 6).

A importância do paladar reside no fato de que ele permite a um indivíduo selecionar substâncias específicas de acordo com os seus desejos e, frequentemente, de acordo com as necessidades metabólicas dos tecidos corpóreos. Já a olfação, mais ainda que a gustação, tem a qualidade afetiva de ser agradável ou desagradável. Por isso, a olfação é, provavelmente, mais importante do que a gustação para a seleção de alimentos (HUNGRIA, 2000).

Figura 6 - Região retro-nasal e a percepção do aroma



Fonte: Ross (2015).

Sabe-se que a gustação é sobretudo uma função dos corpúsculos gustativos da boca, mas é experiência comum que o sentido do olfato contribui fortemente para a percepção do gosto (PELLEGRINI; VELEIRO; GOMES, 2005). É imprescindível ressaltar a sua relação com a gustação, pois sem o olfato não sentimos de forma adequada o sabor dos alimentos, perdendo assim o apetite e o prazer com a alimentação (ROCHA et al. 2002).

A percepção do aroma depende do impacto individual de cada um dos compostos voláteis de uma matriz alimentícia, porém, nenhum constituinte individual é totalmente responsável pelo aroma característico de um alimento, mas, o resultado do balanço global entre eles. Em alguns produtos existem um ou mais componentes que, sozinhos, lembram a qualidade característica de seu aroma e são chamados de compostos caráter-impacto. Os demais compostos necessários para se obter o sabor pleno do alimento são chamados de compostos contribuintes (GARRUTI, 2003).

A análise do perfil de voláteis de um alimento envolve quatro etapas complexas e fundamentais que irão propiciar o conhecimento acerca das substâncias presentes numa matriz alimentar, além da influência que as mesmas exercem nas características sensoriais do alimento. As etapas consistem na extração dos compostos voláteis, a separação, a identificação e análise sensorial.

2.4.1 Extração dos compostos voláteis

A etapa de extração deve ser realizada com mínima manipulação do alimento para não causar mudanças na composição original dos compostos voláteis. A presença de compostos não voláteis ou artefatos gera um isolado não representativo do verdadeiro aroma percebido pelo olfato, o que afeta a pesquisa do sabor (THOMAZINI e FRANCO, 2000; GARRUTI, 2001). Essa etapa é considerada crítica e as técnicas mais indicadas são aquelas que compreendem em uma única etapa, a separação dos compostos voláteis dos não voláteis e sua concentração (FRANCO e JANZANTTI, 2004).

As técnicas de extração utilizadas para alimentos classificam-se em dois grupos: análise total e análise do headspace. A primeira baseia-se na análise de todos os componentes voláteis do alimento e inclui as técnicas de extração líquido-líquido,

extração em fase sólida - SPE, destilação por vapor e destilação seguida pela SPE. Já a segunda, analisa os compostos voláteis da fase gasosa em equilíbrio com a fase líquida ou sólida do alimento em um sistema fechado à determinada temperatura, envolvendo as análises do headspace “estático” ou “dinâmico” (THOMAZINI e FRANCO, 2000; FRANCO e JANZANTTI, 2004).

Técnicas de extração de voláteis em alimentos que necessitem de aquecimento, destilação ou uso de solventes, como no caso da análise total, tem desvantagens pois, possibilitam a degradação dos compostos voláteis e formação de artefatos, assim como sofrem influência da composição da matriz, principalmente água, lipídios e proteínas (REINECCIUS, 2006).

Entre as técnicas utilizadas para a extração de compostos voláteis, a técnica do headspace dinâmico – HSD (Figura 7), destaca-se por apresentar requisitos importantes, como mínima manipulação da amostra, extração e enriquecimento de voláteis à temperatura ambiente, evitando a destruição da amostra, custo baixo e configuração simples. Essa técnica consiste em capturar os compostos presentes no vapor em equilíbrio no headspace. Esses voláteis são coletados de forma contínua, através de um sistema a vácuo (FRANCO & AMAYA, 1983) ou pela passagem de um gás inerte (STONE, 1974). Os compostos voláteis são capturados e concentrados numa armadilha, recheada com material adsorvente, sendo que as condições ótimas de coleta dos compostos voláteis dependem do tempo de captura e da dimensão da armadilha. Após a captura na armadilha, os compostos voláteis são dessorvidos do material adsorvente com solvente orgânico e levados para análise por cromatografia gasosa para separação e identificação da composição química.

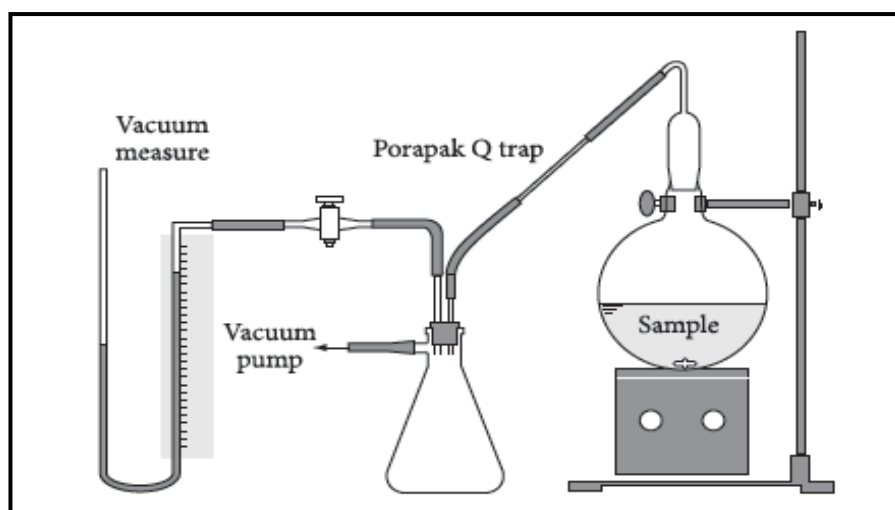
Além de fornecer reprodutibilidade, essa técnica mantém a integridade química das moléculas, eliminando a formação de artefatos, e permitindo assim, representar e caracterizar fielmente o aroma de um alimento. Normalmente, recomenda-se a adição de sal para a prevenção e inibição das transformações enzimáticas sobre os compostos voláteis, após o rompimento das células, durante a amostragem (FRANCO & AMAYA, 1983).

Outra técnica muito utilizada é a de micro extração em fase sólida – SPME, em headspace estático, desenvolvida por Arthur e Pawliszyn, em 1990, consiste de um bastão de fibra ótica de sílica fundida (FS) (Figura 8) de diâmetro muito pequeno, podendo ser revestida com diferentes fases estacionárias de variadas espessuras

(polidimetilsiloxano - PDMS, poliacrilato - PA, carbowax - Cwx) ou de um sólido adsorvente, carvão ativo micro particulado (carboxen).

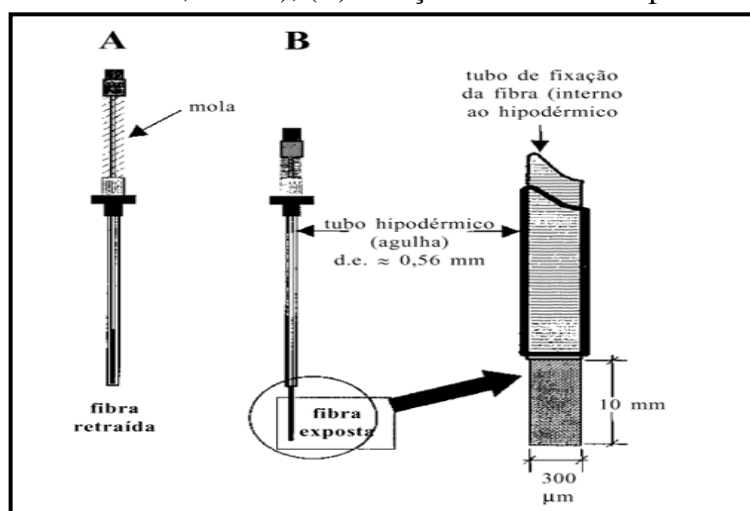
Na análise do headspace por SPME (Figura 9), a fibra está posicionada na fase gasosa em equilíbrio com o alimento (amostra). Após a extração, a fibra é recolhida e, posteriormente, os compostos voláteis são dessorvidos termicamente por exposição da fibra no injetor do cromatógrafo gasoso. As condições das análises, desde a escolha da fibra, tempo de agitação e temperatura, entre outras, devem ser padronizadas (VALENTE & AUGUSTO, 2000).

Figura 7 – Esquema representativo da técnica de *headspace* dinâmico



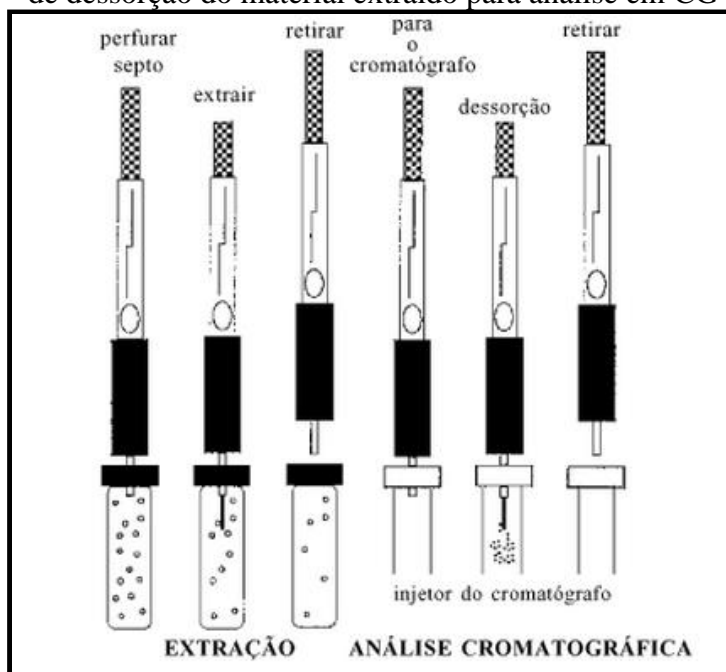
Fonte: Sousa et al. (2000).

Figura 8 – Dispositivo da fibra de SPME: (A) Posição com a fibra retraída na agulha (tubo hipodérmico de diâmetro externo 0,56 mm), (B) Posição com a fibra exposta



(VALENTE & AUGUSTO, 2000).

Figura 9 – Processo de captura dos compostos voláteis e de dessorção do material extraído para análise em CG



(VALENTE & AUGUSTO, 2000).

2.4.2 Separação e identificação dos compostos voláteis

A mistura complexa de compostos voláteis, obtida na etapa de extração, requer para a sua separação, a aplicação da cromatografia gasosa de alta resolução. Esse método apresenta elevada capacidade de separação e sensibilidade.

A cromatografia gasosa (CG) consiste em um método físico de separação de componentes semelhantes, pertencentes a misturas complexas, através da distribuição desses compostos, segundo afinidade, entre duas fases, sendo uma gasosa móvel e outra fase estacionária. As unidades fundamentais de um sistema de CG são: gás de arraste, injetor, coluna, controle de temperatura, detector e tratamento e registro de dados (SKOOG; HOLLER; NIEMAN, 2002).

As colunas capilares de sílica fundida têm a função de separar os compostos voláteis presentes no alimento. Dependendo do tipo de fase estacionária, os compostos voláteis podem ter maior ou menor afinidade, sendo necessário, portanto, testar colunas de diferentes polaridades, para assegurar uma boa separação (COLLINS, 1997). Nesse processo, a amostra é introduzida, através de um sistema de injeção, em uma coluna contendo a fase estacionária. O uso de temperaturas adequadas no local de injeção da

amostra e na coluna possibilita a vaporização dessas substâncias que, de acordo com suas propriedades e da fase estacionária, são eluídos por tempos determinados e chegam à saída da coluna em tempos diferentes. O uso de um detector adequado na saída da coluna torna possível a detecção dessas substâncias (NETO, 2003).

A cromatografia gasosa é uma técnica com alto poder de resolução, tornando possível, muitas vezes, a análise de centenas de substâncias de uma mesma amostra. Um dos principais motivos de sua larga utilização é a sua sensibilidade, requerendo apenas quantidades pequenas de amostra, o que em certos casos, é um fator crítico e limita a utilização de outras técnicas (SKOOG; HOLLER; NIEMAN, 2002).

A união do cromatógrafo gasoso (CG) com o espectrômetro de massas (EM) (Figura 10) representa uma ferramenta eficaz na identificação de compostos provenientes de misturas complexas, sendo muito conveniente e útil em análise de aromas. O espectrômetro de massas é o instrumento mais utilizado na identificação dos compostos voláteis presentes nos alimentos. Após a separação na coluna cromatográfica, o composto volátil é enviado à fonte de íons, onde é bombardeado por elétrons de alta energia (normalmente 70 eV) e são gerados íons positivos, que são acelerados em direção ao analisador de massas, cuja função é separar os íons, resultando no espectro de massas típico do composto. Chama-se espectro de massas ao gráfico ou mesmo tabela em que se mostram as intensidades relativas dos sinais correspondentes aos valores de m/z , o qual é uma característica altamente individualizada dos compostos MORRINSON (1995).

As características dos espectros de massas são usadas na identificação de uma grande variedade de compostos orgânicos, nas quais as relações massa/carga obtidas podem ser transformadas em informação estrutural a partir de estudos sobre mecanismos de fragmentação dos compostos (LANÇAS, 1993) e também podem ser comparados a espectros padrão, armazenados na memória do computador (FRANCO e JANZANTTI, 2004).

Além da comparação dos espectros obtidos, é importante a utilização dos índices de retenção cromatográficos como ferramenta auxiliar, já que é possível a existência de espectros semelhantes entre compostos, podendo gerar erros de identificação. O índice de retenção mais conhecido é o Índice de Kovats, proposto para determinar a relação entre os tempos de retenção das amostras e de hidrocarbonetos alifáticos de cadeia linear, em uma determinada fase estacionária (Equação 1).

Equação (1)

$$IK_x = 100(NA) + \frac{100 (NP - NA)((\log(T'_x) - \log(T'_A))}{\log(T'_P) - \log(T'_A)}$$

Onde:

IK_x= Índice de Kovats do composto x;

NA= Número de carbonos do hidrocarboneto anterior (que elui antes de x);

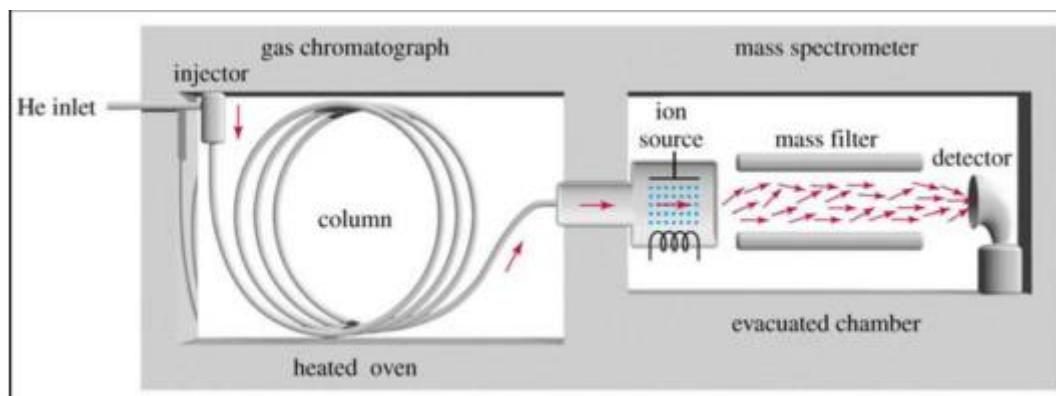
NP= Número de carbonos do hidrocarboneto posterior (que elui depois de x);

T'_x= Tempo de retenção ajustado do composto x;

T'_A= Tempo de retenção ajustado do hidrocarboneto anterior;

T'_P= Tempo de retenção ajustado do hidrocarboneto posterior.

Figura 10- Esquema geral de cromatografia gasosa acoplada a espectrometria de massas



Fonte: MORRINSON (1995).

2.4.3 Técnicas CG-Olfatométricas

Complementarmente à identificação dos voláteis por métodos instrumentais como a Cromatografia Gasosa (CG) ou a Espectrometria de Massas (CG-EM), a identificação dos voláteis de importância odorífera requer a utilização de técnicas que associam a Cromatografia Gasosa à Olfatometria, conhecidas como CG-olfatometria (CG-O).

Após a separação dos compostos voláteis por CG, a qualidade e a importância odorífera de cada volátil presente no efluente cromatográfico são avaliadas através da técnica de CG-O. As técnicas olfatométricas mais conhecidas são AEDA

(Aroma Extract Dilution Analysis), CHARM (Combined Hedonic Response Measurement) e OSME, do grego, cheiro (MIRANDA-LOPEZ et al., 1992; DA SILVA et al., 1992).

A cromatografia gasosa-olfatométrica (CG-O) consiste na avaliação sensorial de compostos voláteis presentes em efluentes cromatográficos, quando estes deixam a coluna cromatográfica. Nas técnicas AEDA e CHARM várias corridas cromatográficas e análises olfatométricas do eluente são necessárias para estabelecer, para cada volátil, uma diluição do isolado original, a qual, abaixo dessa diluição, os odores não são mais percebidos (THOMAZINI, 1998).

Nessas técnicas, o poder odorífero de cada composto é proporcional ao número de diluições necessárias para que ele não seja mais percebido no efluente cromatográfico: quanto maior o número de diluições, maior o poder odorífero do composto (DA SILVA, 2003).

Já a técnica denominada OSME permite aos provadores uma avaliação direta da qualidade e da intensidade dos compostos odoríferos eluídos da coluna cromatográfica, evitando as várias diluições necessárias em AEDA e CHARM, fornecendo um aromagrama de fácil interpretação quando comparado ao correspondente cromatograma, obtido por CG. Em OSME, a altura de cada pico mostrado no aromagrama, corresponde à intensidade máxima do odor do respectivo volátil, conforme percebida pela equipe sensorial: quanto mais alto o pico, maior a importância odorífera do volátil.

Segundo Le Guen et al. (2000), quando a precisão dos resultados for um fator importante, a técnica OSME é recomendada. Tradicionalmente, em OSME três a cinco julgadores treinados avaliam cada isolado odorífero em três a quatro repetições para que um aromagrama consensual da equipe seja gerado.

2.4.4 Compostos voláteis das pimentas

Vários estudos já foram realizados a fim de identificar os compostos voláteis presentes em variedades de pimentas (GARRUTI et al., 2013; RODRIGUEZ-BURRUEZO et al., 2010; KOLLMANNSBERGER, 2011; FORERO; QUIJANO; PINO, 2008; KIM et al., 2007).

RODRIGUEZ-BURRUEZO et al. (2010) realizaram estudo de 16 variedades de pimentas do gênero *Capsicum* por HS-SPME e CG-MS no qual mais de 300 compostos foram detectados, sendo mais abundantes a classe química de ésteres e terpenos. A técnica de olfatométrica CG-*sniffing* revelou que a diversidade de aromas encontrados entre os cultivares estudados se deve a diferenças qualitativas e quantitativas de, pelo menos, 23 compostos voláteis odoríferos que obtiveram notas aromáticas de “frutal”, “verde” e “vegetais”.

A qualidade sensorial e o perfil de compostos voláteis de novas variedades de pimenta *Capsicum* CNPH 4080, uma linhagem de cumari-do-pará, e BRS Seriema, em comparação a uma variedade comercial (Biquinho) foi analisada por Garruti et al. (2013). Utilizando a técnica de HS-SPME e CG-MS foi possível a identificação de 62 compostos na fração volátil das pimentas estudadas, onde a principal classe química foi ésteres (51%), seguido por terpenos (17%), alcanos (13%), álcoois (9%), cetonas (7%), e ácidos graxos (3%). BRS Seriema apresentou o perfil volátil mais rico, com 55 compostos identificados, apresentando como majoritários os seguintes compostos: 2-metilbutanoato de hexila, *cis*-3-butanoato de hexenila, 2-metilpentanoato de etila e 2-metilpentanoato de hexila. Na variedade CNPH 4080, os compostos presentes em maiores quantidades foram: 2-metilbutanoato de hexila, 2-metilpropanoato heptila, 3-metilbutanoato de hexila, pentanoato de hexila, pentanoato de etila, 2-metilpropanoato de citronelila, 2-metilbutanoato de metilo, e 3-metilbutanoato de citronelila. Em BRS-Seriema, foram identificados como majoritários: 3 metilbutanoato de hexila, 2-metilbutanoato de hexila, pentanoato de hexila, pentanoato heptila, β - cariofileno e 3-metilbutanoato de citronelila.

Sousa et al. (2006), avaliando o perfil volátil de variedades vermelhas, amarelas e roxas de pimentas *Capsicum chinense* por análise HS-SPME e CG-EM e identificou 34 compostos, entre os quais foram mais abundantes o pentanoato de hexila, dimetilciclohexanol, humuleno e ésteres de ácido butanóico.

Bogusz Junior et al. (2012) realizou a análise dos compostos voláteis de pimentas *Capsicum spp.* em dois estágios de maturação por HS-SPME e CG-EM. Dentre as variedades *Capsicum spp.* estudadas, em *C. chinense*, representado pela pimenta Murupi, foi possível a identificação de 77 compostos principalmente ésteres e sesquiterpenos. Entre os ésteres encontrados em pimentas murupi, a presença do grupo de ésteres de 2 e 3 metilbutanoato de hexila deve ser enfatizada pois são apresentados como compostos principais, sendo relatados como importante para o aroma frutado, doce e exótico em *C. chinense*, também observado em estudos realizados por Kollmannsberger et al. (2011).

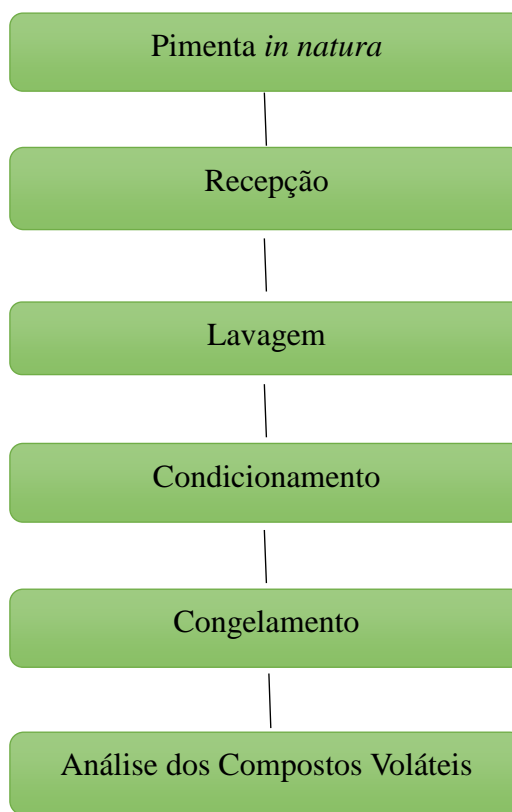
3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Material

As variedades de pimentas *Capsicum chinense* Biquinho salmão - CNPH 35114, Biquinho vermelha – BRS Moema, Habanero laranja - CNPH 15367 e Habanero vermelha - CNPH 15363, foram obtidas do Banco de Germoplasma de pimentas *Capsicum* da Embrapa Hortaliças, provenientes do Distrito Federal, Brasília, sendo transportadas via aérea até Fortaleza e levadas ao laboratório de Análise de Alimentos da Embrapa Agroindústria Tropical, Fortaleza, Ceará. A amostra de pimenta da variedade Biquinho laranja, utilizada como amostra controle, foi obtida no comércio local.

Posteriormente as amostras foram lavadas em água corrente, acondicionadas em embalagem plástica e congeladas (-18 °C), até a realização das análises, conforme fluxograma apresentado na Figura 11.

Figura 11 – Fluxograma de preparo das amostras para análises



3.2 Análise dos Compostos Voláteis

3.2.1 *Extração dos compostos voláteis*

A extração dos compostos voláteis foi realizado pela técnica de microextração em fase sólida do headspace - HS-SPME (Figura 12), utilizando condições adaptadas de Garruti et al. (2013). Utilizou-se a fibra com 50/30 μ m divinilbenzeno/carboxen/polidimetilsiloxano (DVB/CAR/PDMS), a qual foi submetida ao condicionamento, segundo recomendações do fabricante. Foram pesados 5g do fruto descongelado, que foi macerado e introduzido no vial de 20 mL, com tampa contendo um septo PTFE/silicone. Posteriormente, a fibra foi exposta ao headspace da amostra por 60 minutos a 45 °C, sem tempo de equilíbrio. As análises foram realizadas em duplicata.

Figura 12 – Extração dos compostos voláteis do headspace por SPME



Fonte: A autora.

3.2.2 *Separação e Identificação dos compostos voláteis*

Após a captura dos voláteis, os isolados foram separados e identificados por cromatografia gasosa de alta resolução. Para isso, a fibra foi colocada no sistema acoplado cromatógrafo gasoso (GC2010) e espectrômetro de massas (QP2010) da marca SHIMADZU (Figura 13) para dessorção térmica dos compostos no modo split 1:20 a 200 °C. Os espectros de massas foram adquiridos no modo de impacto de elétrons (EI) com energia de ionização de 70 eV.

A coluna utilizada para separação dos compostos foi a DB-5MS com 30 m de comprimento, 0,25 mm de diâmetro interno e espessura do filme de 0,25 µm. Utilizou-se hélio como gás de arraste a uma velocidade linear de 1,5 mL/min com pressão da coluna de 13 psi. A programação de temperatura iniciou com 50 °C, alcançando 120 °C com taxa de 5 °C/min e atingindo temperatura final de 180 °C a 2 °C/min.

A identificação dos compostos foi baseada na forma de fragmentação através da comparação do espectro de massas do composto desconhecido com os espectros de massas da biblioteca do National Institute of Standards and Technology (NIST, Gaithersburg, MD, USA). Para auxiliar na identificação do composto foram calculados os Índices de Retenção, os quais foram comparados àqueles

descritos na literatura (GARRUTI et al, 2013; LEMOS, 2014; CARDEAL, 2006) ou obtidos via “internet” (PHEROBASE, 2015).

O método para calcular o Índice de Retenção consistiu na injeção de 1,0 μL de uma série de n-alcenos (C9 a C20) no cromatógrafo gasoso. Os cálculos foram feitos segundo a equação de Kovats (Equação 1), porém sem descontar o tempo morto dos tempos de retenção.

Figura 13 - Dessorção térmica dos voláteis diretamente no injetor do cromatógrafo gasoso acoplado a espectrômetro de massas a partir da fibra de SPME



Fonte: A autora.

3.2.3 Identificação dos compostos ativos para o aroma

Os efluentes cromatográficos da pimenta Biquinho laranja foram submetidos a análise sensorial através da técnica *Osme*, a qual permitiu determinar os compostos odoríferos importantes para o aroma do produto por meio de um olfatômetro acoplado ao cromatógrafo gasoso, revelando as características dos estímulos odoríferos separadamente, de uma mistura complexa de voláteis (MIRANDA-LOPEZ *et al.*, 1992).

Os julgadores foram selecionados através do teste triangular (ABNT, 1993), utilizando-se como padrão uma solução de acetato de hexila, substância com forte odor frutal. Inicialmente foram recrutados 17 julgadores que já haviam participado de testes sensoriais. O teste consistiu na apresentação simultânea de três amostras, codificadas

com números aleatórios de três dígitos, em que cada julgador deveria identificar a amostra diferente. Foram apresentadas amostras em diferentes concentrações em ordem decrescente (4,0; 2,0; 0,5; 0,2 ppm), sempre comparadas à água, sendo selecionados os julgadores que conseguiram distinguir 70% das amostras nas concentrações servidas em seis possíveis combinações.

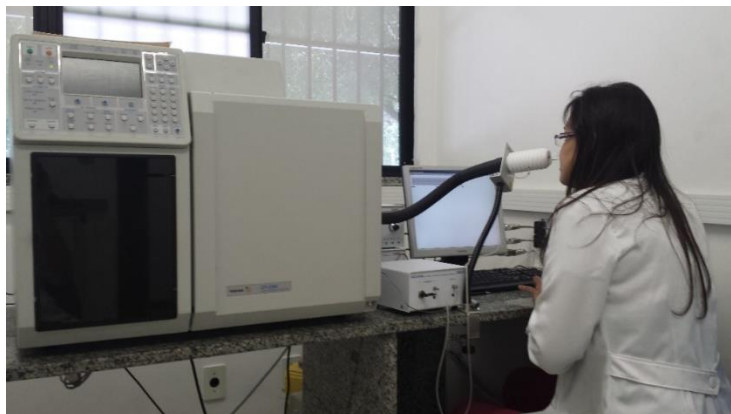
Nos testes de olfatométrica, três julgadores selecionados avaliaram o aroma dos efluentes do CG em triplicata, descrevendo a qualidade do odor (Figura 14) e utilizando o sistema de coleta de dados tempo-intensidade SCDTI (CARDELLO *et al.*, 2003) para registrar a intensidade de cada aroma percebido em uma escala não estruturada de 10 cm (0 = nenhum odor e 10 = intensidade máxima de odor). O sistema registra diretamente no computador o tempo de duração e a intensidade de cada odor, originando uma representação gráfica chamada Aromagrama. Os dados fornecidos pelo programa SCDTI compreendem: pico do odor, tempo de duração do odor percebido (tempo inicial e final), intensidade máxima do odor, tempo correspondente à intensidade máxima e área sob o pico. Ao mesmo tempo que utilizava a escala, o julgador descrevia verbalmente a qualidade dos odores percebidos e o pesquisador anotava também o tempo inicial no qual o aroma era percebido.

Para tal, um detector olfativo da marca Gerstel ODP (GERSTEL Olfactory Detector Porto ODP), com sistema de divisão de fluxo e equipado com sistema de aquecimento e umidificação foi acoplado ao CG Varian CP-3380, para arrastar os efluentes da coluna até o nariz do provador e registrar o cromatograma (FID) de cada corrida.

Foi construído um aromagrama médio da equipe sensorial (aromagrama consensual) com as médias das nove análises (3 julgadores X 3 repetições). Para tanto, quando o julgador não percebia um determinado composto recebia valor zero para a intensidade do aroma e área sob o pico.

As condições cromatográficas utilizadas foram as mesmas aplicadas durante a separação e identificação dos compostos voláteis. Cada corrida cromatográfica foi dividida em duas etapas de 25 min para não causar fadiga aos julgadores.

Figura 14- Análise olfatométrica através da técnica *Osme*



Fonte: A autora.

3.3 Análise Estatística

Os compostos ativos para o aroma das pimentas Biquinho salmão, Biquinho laranja, Biquinho vermelha, Habanero laranja e Habanero vermelha foram analisados pela técnica multivariada de Análise de Componentes Principais (ACP), com utilização do programa estatístico XLSTAT-MX Excel software (versão 2011.4.01), a partir das áreas dos picos dos compostos voláteis odoríferos. Os compostos odoríferos foram escolhidos a partir da identificação dos compostos ativos para o aroma da pimenta Biquinho laranja.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Perfil de voláteis e importância odorífera dos compostos voláteis da pimenta Biquinho laranja

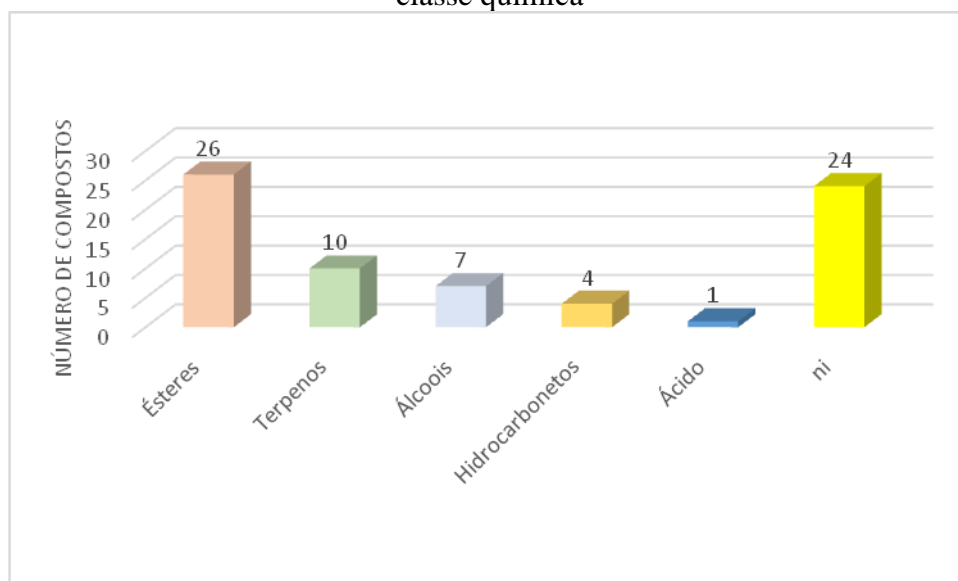
No headspace da pimenta Biquinho laranja foram detectados 72 picos pelo CG-EM, dentre os quais 48 (67%) foram identificados, pertencentes a cinco classes químicas: ésteres (54%), terpenos (21%), alcoóis (15%), hidrocarbonetos (8%) e ácidos (2%) (Figura 15).

Kollmannsberger et al. (2011), estudando a composição volátil e de capsaicinóides de *Capsicum baccatum* e *Capsicum pubescens* e utilizando a técnica de HS-SPME e análise por cromatografia gasosa acoplada à espectrometria de massas (GC-EM), identificaram os ésteres e terpenos como os grupos mais abundantes, assim como na presente pesquisa. De acordo com os autores, foram identificados um total de 95 ésteres na fração volátil das pimentas analisadas.

Em um outro estudo envolvendo *Capsicum annuum* var. *Glabriusculum* realizado por Forero, Quijano & Pino (2009) também foi encontrado um maior número de compostos pertencentes à classe dos ésteres e terpenos. Bogusz Junior et al. (2009), utilizando a técnica SPME, também detectaram um maior número de ésteres em pimentas da espécie *Capsicum frutescens*.

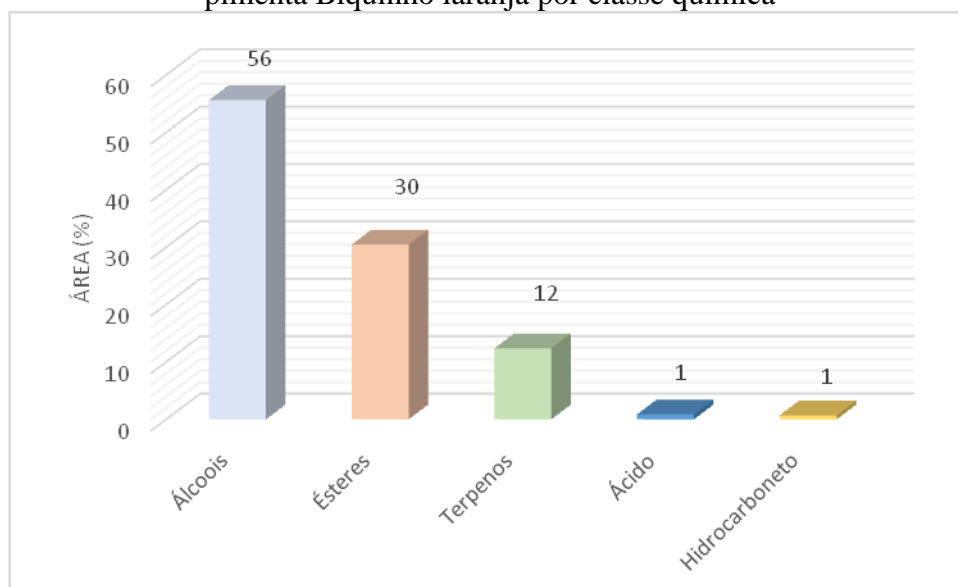
Apesar do maior número de ésteres e terpenos no perfil de voláteis da pimenta Biquinho laranja, observou-se que a classe dos álcoois foi majoritária, representando 56% da área total do cromatograma. Tal fato ocorreu devido a grande quantidade dos compostos 2,3-dimetilciclohexanol e 3,3-dimetilciclohexanol na amostra, correspondendo a 45,34% da área do cromatograma, sendo os compostos majoritários da pimenta Biquinho laranja. Os ésteres corresponderam a 30% da área do cromatograma, enquanto os terpenos somaram 12%, hidrocarbonetos e ácidos 1% (Figura 16).

Figura 15 - Número de compostos voláteis na pimenta Biquinho laranja por classe química



Fonte: A autora.

Figura 16 - Área dos compostos voláteis em percentagem identificados na pimenta Biquinho laranja por classe química



Fonte: A autora.

Em estudos envolvendo variedades de pimentas Habanero foi também detectado como majoritário o composto 2,3-dimetilciclohexanol (PINO, SAURIDUCH, MARBOT, 2006; PINO, FUENTES, BARRIOS, 2010). Outros compostos majoritários foram 3-metil-butanoato de isohexila (9,8%), 3,3-dimetilciclohexanol

(7,2%), α -cariofileno (7,1%), furanil cetona (4,6%), pentanoato de heptila (3,5%), 3-metil-butanoato de citronelila (1,8%), 2-metil-butanoato de isohexila (1,7%), 3-metil-butanoato de octila (1,6%), α -citronelol (1,6%), butanoato de heptila (1,5%) e isocanfona (1,2%).

A classe química dos terpenos também representou uma parcela importante da área relativa do cromatograma da Biquinho laranja, principalmente por conta dos terpenos α -citronelol (pico 17), α -cariofileno (pico 55) e isocanfona (pico 73). Hidrocarbonetos e ácidos juntos representam 2% da área do cromatograma. Cerca de 30% dos compostos detectados (24 compostos) não foram identificados, correspondendo a 33% da área total do cromatograma.

A Tabela 4 apresenta os compostos voláteis de importância odorífera e suas intensidades, obtidos pela técnica olfatométrica, além, das informações relativas aos compostos identificados, os índices de Kovats calculados para a coluna DB-5 e a área dos compostos resultantes do cromatograma do CG-FID. A análise da importância odorífera dos compostos voláteis da pimenta Biquinho laranja, obtida a partir da técnica olfatométrica CG-OSME, possibilitou a detecção de 79 compostos odoríferos, muitos dos quais não foram detectados pelo cromatógrafo (numerados por letras minúsculas). Por sua vez, a Figura 17 apresenta o cromatograma dos compostos voláteis da pimenta Biquinho laranja (Figura 17A) e o aromagrama consensual (Figura 17B), no qual se pode perceber que os compostos foram divididos em três faixas de intensidade de odor, e conseqüentemente de importância odorífera: compostos de baixa importância odorífera, abrangendo a faixa de intensidade de odor de 0,0 até 4,0; compostos de moderada importância odorífera, com valores de intensidade entre 4,0 e 7,0 e compostos de alta importância odorífera intensidade, que compreende os valores de intensidade de 7,0 a 10,0.

Tabela 4 - Importância odorífera e área (CG-FID) dos compostos voláteis presentes no *headspace* da pimenta Biquinho laranja

Pico	Composto	IK ^a DB-5	AR ^b (%)	Olfatometria	
				Descrição	I _{MAX} ^c
A	nd	<1000	-	doce, tutti-frutti	2,12
B	nd	<1000	-	chocolate, caramelo	3,41
C	nd	<1000	-	chocolate, caramelo, tutti-frutti	6,67
D	nd	<1000	-	madeira/lenha/casca de planta	3,38
E	nd	<1000	-	doce/caramelo	1,94
F	nd	<1000	-	cítrico, condimento	3,25
G	nd	<1000	-	floral/perfume	3,67
1	n.i.	<1000	tr	vinagre/podre/lixo	3,18
2	n.i.	<1000	tr	nd	-
3	n.i.	<1000	tr	nd	-
4	n.i.	<1000	tr	nd	-
5	n.i.	<1000	tr	nd	-
6	n.i.	<1000	tr	doce/tutti-frutti	1,40
7	n.i.	<1000	tr	pasta de dente/consultório	7,88
8	n.i.	<1000	tr	nd	-
H	nd	<1000	-	madeira, floral	6,39
9	n.i.	<1000	tr	perfume/floral/doce	5,50
10	n.i.	<1000	tr	vinagre, ácido	3,91
11	n.i.	<1000	0,1	dentista, borracha	3,32
12	n.i.	<1000	tr	pimenta, tempero	7,76
13	n.i.	<1000	tr	nd	-
14	4-metil-pentanol	<1000	0,1	vinagre, ácido, fermentado	5,90
15	n.i.	<1000	tr	pimenta	2,66
16	n.i.	<1000	0,1	doce/chocolate	3,89
17	n.i.	<1000	0,1	perfume/lavanda, abóbora	9,02
18	o-xileno	<1000	tr	desagradável/chulé/cheetos	6,10
19	n.i.	<1000	0,6	chocolate/bem doce/amargo	4,03
20	p-xileno	<1000	tr	tempero, pimentão	8,36
I	nd	<1000	-	pimentão estragado	8,49
J	nd	<1000	-	pimenta	4,83
21	n.i.	<1000	tr	nd	-
22	n.i.	<1000	tr	doce/hidratante/floral	5,90
23	n.i.	<1000	tr	pimenta	5,58

continua

Tabela 4 - Importância odorífera e área (CG-FID) dos compostos voláteis presentes no *headspace* da pimenta Biquinho laranja

		continuação			
Pico	Composto	IK^a DB-5	AR^b (%)	Descrição	I_{max}
24	n.i.	<1000	tr	gordura, verniz	5,69
25	n.i.	<1000	tr	nd	-
26	n.i.	<1000	tr	dentista, pasta dente	3,64
27	n.i.	<1000	tr	pimentão, pimenta	5,16
28	n.i.	<1000	tr	nd	-
29	n.i.	<1000	tr	nd	-
30	n.i.	<1000	tr	nd	-
31	n.i.	<1000	tr	madeira queimada	2,22
32	<i>trans</i> -β-ocimeno	1056	0,1	doce, floral - perfume	7,01
33	2-metilbutanoato de 3-metilbutila	1100	0,1	lavanda/alfazema/aromático	5,36
34	3-metilbutanoato de 3-metilbutila	1106	tr	nd	-
35	2-metilpropanoato de 4-metilpentila	1112	0,1	pimenta, caramelo, gordura	6,05
36	2-metil-propanoato de cis-3-hexenila	1141	0,1	pimentão, pimenta	6,92
37	3-metil-butanoato de pentila	1146	0,1	pimenta, caule	4,01
38	2-metil-propanoato de hexila	1150	0,1	pimentão, pimenta	7,86
39	butanoato de hexila	1159	0,1	nd	-
40	2-metil-butanoato de 4-metilpentila	1198	1,8	pimentão, pimenta, madeira	6,81
41	3-metil-butanoato de 4-metilpentila	1205	8,1	pimentão, pepino	2,46
42	α-citronelol	1219	tr	nd	-
43	2-metil-butanoato de cis-3-hexenila	1230	0,2	pimenta, tempero	8,68
44	3-metil-butanoato de cis-3-hexenila	1232	tr	nd	-
45	pentanoato de cis-3-hexenila	1235	tr	nd	-
46	2-metil-propanoato de heptila	1244	0,2	nd	1,98
47	n.i.	1253	0,1	pimenta/pimentão	4,05
48	3-metil-2-butenato de hexila	1285	tr	nd	-
49	furanoil cetona ni	1290	3,9	tempero, molho	4,00
50	<i>trans</i> -2-decenol	1295	0,1	talco	1,69
51	butanoato de heptila	1306	tr	nd	-
52	hexanoato de 4-metilpentila	1313	tr	nd	-
53	n.i.	1323	0,2	mistura de tutty-frutty e floral	9,38
54	2-metil-butanoato de heptila	1332	tr	nd	-
55	pentanoato de heptila	1339	tr	nd	-
56	hexanoato de hexila	1349	tr	nd	-
57	n.i.	1353	tr	nd	-
58	2-metil-tridecano	1362	tr	nd	-
59	3,3-dimetil-ciclohexanol	1378	3,0	carvão queimado, pimentão	2,38
60	2,3-dimetil-ciclohexanol	1385	36,1	semente/terra/campo	1,93
61	n.i.	1394	2,3	fritura, cebola	5,47

Tabela 4 - Importância odorífera e área (CG-FID) dos compostos voláteis presentes no *headspace* da pimenta Biquinho laranja

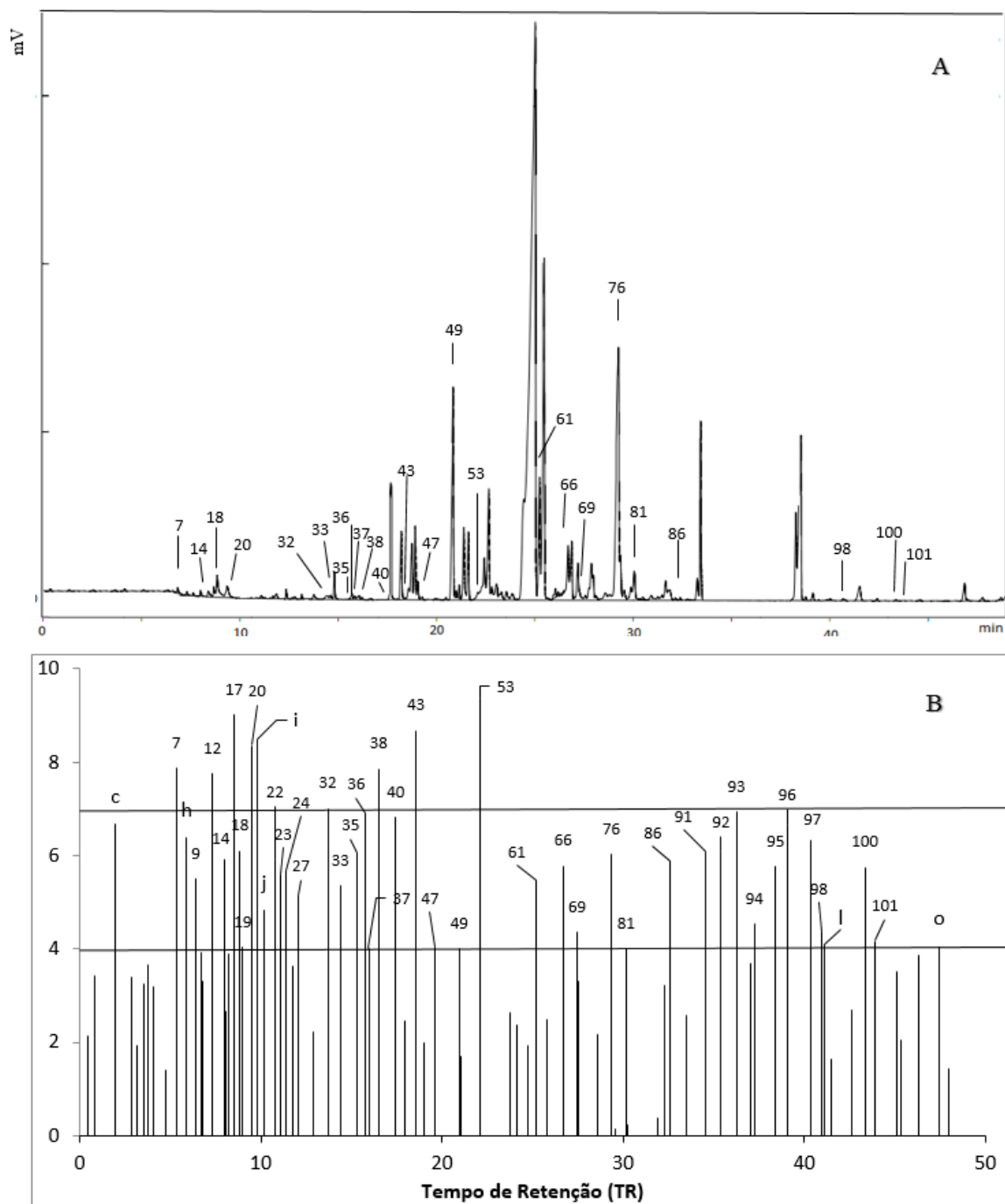
continuação					
Pico	Composto	IK ^a DB-5	AR ^b (%)	Descrição	I _{max}
62	n.i.	1400	6,6	vinagre, molho carne	2,49
63	n.i.	1412	tr	nd	-
64	2,7-octadienol	1417	tr	nd	-
65	n.i.	1424	tr	nd	-
66	2-metil-butanoato de octila	1431	1,4	floral, doce, pimentão	5,78
67	3-ciclopentil-propanol	1435	tr	nd	-
68	n.i.	1444	tr	nd	-
69	<i>cis</i> - β -farneseno	1451	tr	pimenta, pimentão	4,35
70	n.i.	1458	tr	nd	-
71	2-metil-tetradecano	1463	tr	nd	-
72	n.i.	1469	tr	nd	-
73	α -cariofileno	1476	0,1	fermentado, cheetos	3,32
74	n.i.	1480	0,2	tutty-frutty/chiclete de morango	2,15
75	isobutanoato de citronelila	1487	tr	nd	-
76	β -himacaleno	1496	7,6	vegetal cozido	6,03
77	n.i.	1499	tr	nd	-
78	n.i.	1503	0,2	flor/perfume/lavanda	0,14
79	n.i.	1506	tr	nd	-
80	n.i.	1509	tr	nd	-
81	n.i.	1513	-	doce - floral - perfume	4,01
82	n.i.	1522	-	pimenta/pimentão	0,24
83	n.i.	1530	0,1	nd	-
84	n.i.	1551	-	tutti-frutti	0,38
85	n.i.	1557	-	pimenta característico	3,23
86	esqualeno	1571	0,1	doce/açúcar/chocolate	5,88
87	2-metil-butanoato de citronelila	1576	0,4	nd	-
88	3-metil-butanoato de citronelila	1581	tr	flor fedida, pimenta, meia suja	2,56
89	n.i.	1588	tr	nd	-
90	n.i.	1591	tr	nd	-
91	n.i.	1604	tr	floral - perfume	6,09
92	n.i.	1620	tr	estragado, terra/pano molhado	6,10
93	n.i.	1640	tr	doce, perfume, caramelo, chulé	6,93
k	nd	1658	-	milho cozido	3,70
94	<i>trans</i> -2-tetradecenol	1677	0,1	perfume - floral	4,53
95	n.i.	1687	tr	perfume - floral	5,77
96	n.i.	1703	tr	pimenta com nota floral	6,65
97	n.i.	1725	0,1	mato, hortelã, ácido	6,32
98	n.i.	1737	tr	limão, tempero	4,35
l	nd	1745	-	madeira molhada muito fraco	4,10

Tabela 4 - Importância odorífera e área (CG-FID) dos compostos voláteis presentes no *headspace* da pimenta Biquinho laranja

Pico	Composto	IK^a DB-5	AR^b (%)	Descrição	conclusão
					I_{max}
99	n.i.	1759	tr	látex	1,65
m	nd	1778	-	leite	2,68
100	n.i.	1794	-	pimentão, floral	5,75
101	n.i.	1818	-	perfume floral doce - intenso	4,17
102	n.i.	1844	-	perfume floral doce - intenso	3,52
n	nd	1851	-	desagradável chulé com flor	2,04
103	isocanfona	1864	0,4	perfume, lavanda, mel	3,87
o	nd	1871	-	pimenta/molho (intenso)	4,05
104	n.i.	1882	-	madeira	1,42

^aÍndice de Kovats, ^bÁrea relativa-FID, ^cIntensidade máxima (OSME), tr: traços (AR<0,1), n.i.: não identificado, nd: não detectado. Fonte: A autora.

Figura 17: Cromatograma (A) e aromagrama consensual (B) da pimenta Biquinho laranja



Fonte: A autora.

Comparando o aromagrama consensual com o cromatograma (Figura 17) observou-se que compostos presentes no cromatograma em baixa porcentagem ou até mesmo em quantidades traços apresentaram expressiva importância odorífera,

identificados pelos picos 7, 14, 18, 20, 32, 33, 35, 36, 37, 38, 40, 43, 47, 53, 86, 98, 100, 101) corroborando com as pesquisas realizadas por Garruti (2004) onde foi enfatizado que, muitas vezes o aroma e o sabor característicos de um alimento ou bebida não decorrem de seus compostos majoritários, mas sim, de voláteis presentes em baixas concentrações ($\mu\text{g.L}^{-1}$), possuindo alto poder odorífero. Apenas 6 picos (49, 61, 66, 69, 76 e 81) majoritários no cromatograma apresentaram baixa e média intensidade odorífera no aromagrama. Compostos odoríferos identificados por letras no aromagrama apresentando alta (i) e média (c, h, j, o) intensidade foram detectados apenas pelos provadores no olfatômetro.

A região de maior importância odorífera compreendeu 9 picos sendo 2 ésteres (2-metil-propanoato de hexila e 2-metil-butanoato de *cis*-3-hexenila), 2 terpenos (*p*-xileno e *trans*- β -ocimeno), 4 compostos não identificados (picos 7, 12, 17, 53) e 1 composto não detectado pelo detector de massas (picos i).

Compostos com descrição de odor de “pimenta, pimentão ou tempero” foram os ésteres 2-metil-propanoato de 4-metilpentila (pico 35), 2-metil-propanoato de *cis*-3-hexenila (pico 36), 3-metil-butanoato de pentila (pico 37), 2-metil-propanoato de hexila (pico 38), 2-metil-butanoato de 4-metilpentila (pico 40), 3-metil-butanoato de 4-metilpentila (pico 41), 2-metil-butanoato de *cis*-3-hexenila (pico 43); o álcool 3,3-dimetil-ciclohexanol (pico 60), o terpeno *cis*- β -farneseno (pico 69), 2 compostos não identificados (picos 47 e 49) e 3 compostos não detectados pelo instrumento analítico (picos i, j, o).

A descrição para compostos com odor de “doce, perfume, floral” foi associada a 5 compostos terpênicos, *o*-xileno (pico 18), *p*-xileno (pico 20), *trans*- β -ocimeno (pico 32), esqualeno (pico 86) e isocanfona (pico 103); 2 ésteres, 2-metilbutanoato de 3-metilbutila (pico 33) e 2-metil-butanoato de octila (pico 66); um álcool, *trans*-2-tetradecenol (pico 94), 4 compostos não identificados (picos 16, 53, 74 e 78) e 6 compostos não detectados (picos a, b, c, e, g, h). Dentre eles, 3 compostos apresentaram elevada intensidade odorífera, *o*-xileno, *trans*- β -ocimeno e o pico 53 (não identificado), enquanto outros dois, pico c e pico 93, atingiram intensidade de odor próxima de 7,0. Outros compostos com intensidade de odor muito próxima da categoria alta foram o pico 7, descrito como “pasta de dente, consultório”, pico h (“madeira, floral”), *o*-xileno (“desagradável, chulé”), β -himacaleno (“vegetal cozido”), pico 92 (“estragado, pano molhado”), pico 97 (n.i., “mato, hortelã”).

Foram descritos 34 picos com baixa intensidade odorífera. Dentre esses, 7 picos foi descrita como “doce, tatty-frutty”, 5 picos descritos como “pimenta, pimentão”, 4 picos foram descritos como “floral, perfume”, 3 picos descritos como “podre, chulé”, 3 picos descritos como “cítrico, condimento e 3 picos descritos como “dentista, borracha”. Outros 2 picos foram descritos como “madeira” e “chocolate, caramelo” respectivamente e a descrição “gordura, queijo”, “talco”, “milho cozido”, “terra, campo” e “leite” foi observada em 1 pico para cada descrição.

No que diz respeito a classe química dos compostos de baixa intensidade odorífera quatro são ésteres e quatro são álcoois, além de três terpenos, e hidrocarbonetos, e três compostos não identificados. Dezenove picos foram detectados somente através da olfatosmetria.

É importante ressaltar que 82,5% dos compostos do cromatograma estão nessa faixa, inclusive o composto majoritário da pimenta Biquinho, o 2,3-dimetil-ciclohexanol que, apresentou notas “terra, campo”, descritas pelos julgadores com baixa intensidade (1,93).

O perfil de compostos odoríferos identificados na presente pesquisa mostra-se diferente do estudo olfatométrico dos compostos voláteis do headspace da Biquinho laranja realizado por Castro Alves et al. (2014) que identificaram como compostos de elevada intensidade odorífera o 2-metil-propanoato de hexila, 2-metil-propanoato de heptila, ambos com odor de pimenta, o 3-metil-butanoato de cis-3-hexenila, com notas verde e floral e o α -himacaleno com odor de madeira.

Bogusz Junior et al. (2012) relataram a importância das cetonas para o aroma de pimentas do gênero *Capsicum*, sendo compostos percussores de alguns álcoois secundários, assim como compostos pertencentes a família das iononas, não sendo detectados na análise olfatométrica da pimenta Biquinho laranja.

4.2 Caracterização do perfil de compostos voláteis de cinco variedades de pimenta *Capsicum chinense*

Cinco variedades de pimentas *Capsicum chinense* foram estudadas através da técnica de HS-SPME, seguida de análise por cromatografia gasosa acoplada à espectrometria de massas (GC-MS) com o objetivo de caracterizar e comparar o perfil dos compostos voláteis. Além disso, foi possível comparar os compostos odoríferos presentes na fração volátil das cinco variedades, de acordo com os estudos obtidos do

perfil de voláteis e importância odorífera dos compostos presentes na pimenta Biquinho laranja.

Foi possível a detecção de um total de 171 compostos na fração volátil das cinco pimentas analisadas (Tabela 5), dentre os quais 95 compostos (56%) foram identificados. Dos compostos identificados, 27 (29%) são comuns em todas as amostras e outros 51 (54%) foram encontrados em pelo menos 2 amostras. Apenas 17 (18%) compostos foram encontrados de forma única, dentre as variedades de pimentas *Capsicum chinense* estudadas, sendo 4 composto na Biquinho laranja (picos 6, 7, 65 e 115), 1 composto na Biquinho salmão (picos 77), 3 compostos na Biquinho vermelha (picos 9, 13 e 14), 5 compostos na Habanero laranja (picos 3, 5, 28, 57 e 138) e 4 compostos para a Habanero vermelha (picos 12, 17, 18 e 32).

Analisando as cinco variedades de pimentas, observa-se que principal classe química foi a de ésteres (55%), seguido por terpenos (23%), hidrocarbonetos (11%), álcoois (10%), cetonas (1%), ácido (0,35%) como mostra a Figura 18.

Em relação à área dos picos no cromatograma (Figura 19), observou-se que os compostos ésteres continuaram sendo majoritários sendo expressivos em área os seguintes compostos: 2-metil-butanoato de 4-metilpentila (pico 35), 3-metil-butanoato de 4-metilpentila (pico 36), pentanoato de *cis*-3-hexenila (pico 43), 2-metil-butanoato de hexila (pico 44) e 3-metil-butanoato de hexila (pico 45).

Garruti e colaboradores (2013), através da técnica de isolamento por HS-SPME e separação em coluna DB-5MS, detectaram a presença de 82 compostos voláteis de três novas variedades de pimenta *Capsicum chinense*, sendo os ésteres a classe química predominante, corroborando com a presente pesquisa.

A quantidade significativa de ésteres presente nas variedades de pimentas é comum em *Capsicum chinense* de acordo com estudos realizados por Pino; Fuentes; Barrios (2011), segundo eles, a presença de ésteres é considerada importante para a definição do aroma dessas pimentas.

Tabela 5 – Caracterização do perfil de compostos voláteis de pimentas *Capsicum*

continua

Pico	IK	Composto	Área 10 ⁻⁶				
			Biquinho Laranja	Biquinho Salmão	Biquinho Vermelha	Habanero Laranja	Habanero Vermelha
1	<900	n.i.	0,36				
2	<900	4-metil-pentanol	0,56		0,74	0,95	1,18
3	<900	3-metil-pentanol				0,05	
4	<900	n.i.	0,08			0,06	
5	<900	hexanol				0,27	
6	<900	orto-xileno	0,31				
7	<900	p-xileno	0,08				
8	983	acetato de hexila			0,10	0,29	
9	998	1,1,3-trimetil-ciclohexano			0,08		
10	1005	2-metilbutanoato de isobutila				0,05	0,12
11	1010	3-metilbutanoato de isobutila				0,39	1,20
12	1016	2-metil propanoato de 3-metilbutila					0,07
13	1027	1,6-octadieno - 3,7-dimetil			0,24		
14	1029	1,7-octadieno - 2,7-dimetil			0,14		
15	1034	limoneno		0,06	0,15		
16	1051	<i>trans</i> - β-ocimeno	tr	0,29	0,22		
17	1052	butanoato de 3-metilbutila					0,16
18	1055	butanoato de pentila					0,55
19	1063	n.i.				0,14	0,20
20	1102	2-metilbutanoato de 3-metilbutila	0,11	0,16	0,09	0,53	1,24
21	1106	2-metil-butanoato de 2-metilbutila				0,27	0,52
22	1109	3-metilbutanoato de 3-metilbutila	tr	1,38	0,58	5,86	9,29
23	1115	2-metil-propanoato de 2-metilpentila	2,35	7,67	9,42	1,69	34,02
24	1143	2-metilbutanoato de pentila				0,31	3,85
25	1145	2-metil-propanoato de <i>cis</i> -3-hexenila	0,15	0,36	0,43		4,15
26	1148	3-metil-butanoato de pentila	0,32	0,86	1,06	4,21	18,86
27	1153	2-metil-propanoato de hexila	0,35	0,91	0,82	0,71	15,09
28	1154	3-metil butanoato de 3-Metil-3-butenila				0,51	
29	1157	n.i.				0,11	
30	1159	butanoato de hexila	0,32	0,31	0,07	1,05	1,38
31	1181	n.i.					0,12
32	1184	2-decanol					0,77
33	1190	n.i.					0,08
34	1193	salicinato de metila		1,26		27,75	4,66
35	1201	2-metil-butanoato de 4-metilpentila	7,35	29,63	24,39	36,52	135,37
36	1209	3-metil-butanoato de 4-metilpentila	40,75	149,40	107,55	89,34	92,80
37	1216	n.i.				1,59	4,30
38	1219	hexanoato de 3-metil-butila				2,72	5,23
39	1224	α-citronelol	6,70	6,34	3,54	1,49	2,69
40	1228	n.i.					0,53
41	1231	3-metil-butanoato de <i>cis</i> -3-hexenila	1,44	1,07	1,17	2,00	2,72
42	1234	2-metil-butanoato de <i>cis</i> -3-hexenila	0,92	0,96	0,71	4,66	23,64
43	1238	pentanoato de <i>cis</i> -3-hexenila	5,29	4,43	2,53	9,69	113,05
44	1241	2-metil-butanoato de hexila		10,20	6,59	65,72	45,39
45	1247	3-metil-butanoato de hexila	6,06	15,77	8,61	167,36	11,40

Tabela 5 – Caracterização do perfil de compostos voláteis de pimentas *Capsicum*

Pico	IK	Composto	continuação				
			Área 10 ⁻⁶				
			Biquinho Laranja	Biquinho Salmão	Biquinho Vermelha	Habanero Laranja	Habanero Vermelha
46	1250	2-metil-propanoato de heptila	2,48	3,68	2,97		
47	1253	n.i.	0,13				
48	1257	n.i.		0,35	0,31	0,42	2,00
49	1263	n.i.				0,04	0,36
50	1266	n.i.		tr		0,15	
51	1273	n.i.		0,11			0,03
52	1277	n.i.		tr		0,07	
53	1289	3-metil-2-butenato de hexila	tr	0,20	0,13	0,22	1,05
54	1291	n.i.				0,25	
55	1294	n.i.	19,18	25,25	20,52	0,42	12,40
56	1295	n.i.				0,54	
57	1298	2,2 dimetil-propanoato de heptila				0,38	
58	1299	<i>trans</i> -2-decenol	tr		0,12		
59	1300	tridecano		tr	tr	1,49	0,06
60	1305	pentanoato de hexila	0,75	2,34	0,60	3,23	3,03
61	1310	butanoato de heptila	6,56	8,12	4,81	0,18	13,71
62	1311	n.i.		tr		6,55	
63	1312	n.i.		1,28			
64	1316	hexanoato de 4-metilpentila	4,54	5,09	5,97	14,10	19,54
65	1317	ácido citronélico	3,38				
66	1320	n.i.		1,52			0,08
67	1324	n.i.	1,36			0,15	1,62
68	1327	n.i.		1,33	0,21	0,35	0,70
69	1332	n.i.		1,06	0,25	0,78	0,58
70	1335	2-metil-butanoato de heptila	3,48	3,62	2,17	2,74	0,26
71	1339	n.i.		1,20	0,50		
72	1341	pentanoato de heptila	14,79	13,17	8,82	22,66	1,27
73	1345	2-metil-propanoato de octila		1,65	0,23		
74	1346	α -cubebeno				6,22	4,26
75	1352	hexanoato de hexila	0,22	1,49	0,56	13,22	1,38
76	1354	n.i.	2,2			2,22	
77	1356	acetato de β -citronelila		3,25			
78	1358	2-Dodecanona			1,04		0,11
79	1365	2-metiltridecano	0,59	1,26	0,62	20,43	1,26
80	1368	α -ylangeno	0,12	0,24		0,11	
81	1371	β -cubebeno	0,22		0,09	0,02	
82	1375	α -copaeno		0,28	0,29	2,99	2,52
83	1378	n.i.					0,16
84	1381	3,3-dimetilciclohexanol	30,05	40,62	19,46	5,18	0,89
85	1283	n.i.				0,55	0,41
86	1388	2,3-dimetilciclohexanol	187,09	99,20	76,56	51,30	10,18
87	1391	n.i.					0,89
88	1396	2-metil-butanoato de benzila		tr		2,23	3,70
89	1398	pivalato de tetradecila	8,23	13,33	4,26		
90	1400	tetradecano				2,59	3,62
91	1403	pentanoato de octila	40,13	29,02	0,04	5,68	

Tabela 5 – Caracterização do perfil de compostos voláteis de pimentas *Capsicum*

			continuação				
			Área 10 ⁻⁶				
Pico	IK	Composto	Biquinho Laranja	Biquinho Salmão	Biquinho Vermelha	Habanero Laranja	Habanero Vermelha
92	1405	n.i.			9,01		
93	1406	n.i.					0,04
94	1410	γ -elemeno				0,17	0,17
95	1411	n.i.				0,22	
96	1414	n.i.	0,32	1,18		0,73	
97	1418	2,7-Octadienol	1,09	2,42	0,15	7,72	
98	1421	α -ionona			0,42		0,70
99	1426	n.i.	0,29	0,69		1,37	
100	1428	n.i.				0,16	
101	1431	n.i.		0,48			
102	1432	dihidro- β -ionona			0,10		0,08
103	1434	2-metil-butanoato de octila	1,41	2,39	0,77	1,99	
104	1438	3-ciclopentil-propanol	0,31	1,76	0,49	2,60	
105	1441	3-metil-butanoato de octila	6,97	4,97	1,40	11,23	0,34
106	1442	n.i.	3,55	3,49			
107	1445	2-metiltetradeceno				45,86	14,62
108	1447	β -cariofileno	3,04		1,74		0,77
109	1449	α -himacaleno		3,99	0,80		
110	1452	<i>cis</i> - β -farneseno	1,82	2,07	0,35	4,43	1,33
111	1459	n.i.	0,25			0,35	0,16
112	1465	2-metiltetradecano	1,79	2,67	0,76	41,75	10,42
113	1470	n.i.	0,12			1,49	0,15
114	1473	γ -cadineno				0,49	0,27
115	1475	α -cariofileno	29,50				
116	1476	β -chamigreno		35,80		47,71	13,86
117	1478	γ -muuroleno			6,32		14,44
118	1480	n.i.	2,49	3,09		8,33	
119	1482	n.i.			0,73	0,03	
120	1486	n.i.				1,90	
121	1488	n.i.			0,18		
122	1490	2-metil-propanoato de citronelila	3,74	3,97	0,98		
123	1492	n.i.				11,61	0,87
124	1495	n.i.		2,35	0,20		
125	1496	β -himacaleno	0,68			2,17	0,35
126	1497	n.i.	0,40		1,01		
127	1500	pentadecano				19,58	9,32
128	1501	n.i.	0,14	0,51			0,70
129	1509	<i>trans</i> - γ -cadineno	0,09	0,15	0,25	1,65	0,26
130	1513	n.i.	0,33	0,30	0,07	0,36	0,17
131	1515	δ -cadineno				1,90	1,22
132	1521	n.i.		0,11			
133	1530	cubeneno	0,32	0,21		0,94	0,23
134	1534	n.i.				0,23	
135	1535	n.i.		0,16		0,02	
136	1539	n.i.		0,37		4,46	0,41
137	1542	n.i.					0,37
138	1547	octanoato de hexila				1,19	

Tabela 5 – Caracterização do perfil de compostos voláteis de pimentas *Capsicum*

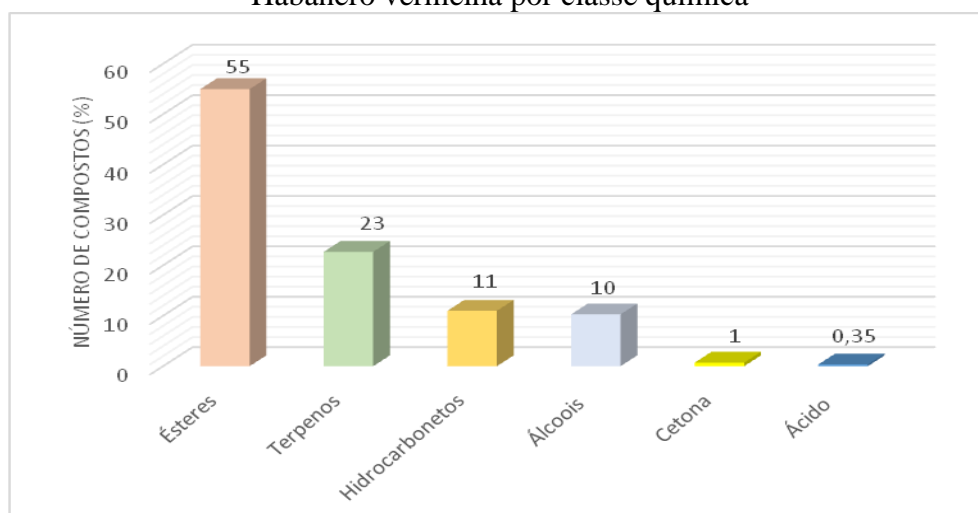
Pico	IK	Composto				conclusão	
			Biquinho Laranja	Biquinho Salmão	Biquinho Vermelha	Habanero Laranja	Habanero Vermelha
139	1557	n.i.				0,22	
140	1564	2-metil-pentadecano				2,96	1,45
141	1571	n.i.				0,37	
142	1573	esqualeno	1,42	1,03		0,69	0,97
143	1579	2-metil-butanoato de citronelila	2,05	2,78		0,99	
144		n.i.			0,42		
145	1583	3-metil-butanoato de citronelila	7,83	12,25		2,26	
146	1586	n.i.	0,10		1,45		
147	1590	n.i.	0,08	0,27		7,86	
148	1593	n.i.				2,56	
149	1594	n.i.		0,13			
150	1600	hexadecano				1,72	4,85
151	1602	n.i.			4,64		
152	1608	n.i.		tr	tr	0,18	
153	1614	n.i.		tr	tr	0,99	
154	1617	n.i.				0,22	
155	1622	n.i.				0,17	0,15
156	1630	n.i.				0,34	
157	1643	n.i.				0,07	
158	1646	n.i.				0,34	0,30
159	1665	2-metil-hexadecano				1,87	0,97
160	1672	n.i.		tr	tr	0,06	tr
161	1679	<i>trans</i> -2-tetradecenol	0,70	0,89		1,60	
162	1689	n.i.	3,16	1,79		2,15	0,14
163	1697	n.i.					0,10
164	1700	heptadecano		tr	tr	2,80	1,44
165	1707	n.i.	0,32	0,14		tr	tr
166	1726	n.i.				0,11	
167	1761	n.i.	0,10	0,07		tr	
168	1867	isocanfona	5,30	1,91	1,05	tr	
169	1868	n.i.		tr	0,11	tr	
170	1873	n.i.		tr	tr	0,28	
171	1885	n.i.		0,13	tr	tr	

IK: Índice de Kovats; Coluna:DB5; NI: não identificado; tr: traços (Área < 0,1). Fonte: A autora.

Os álcoois compreendem a segunda classe de maior área (20%), sendo os compostos 3,3-dimetilciclohexanol (pico 84) e 2,3-dimetilciclohexanol (pico 86), constituindo 95,47% da área total dos álcoois.

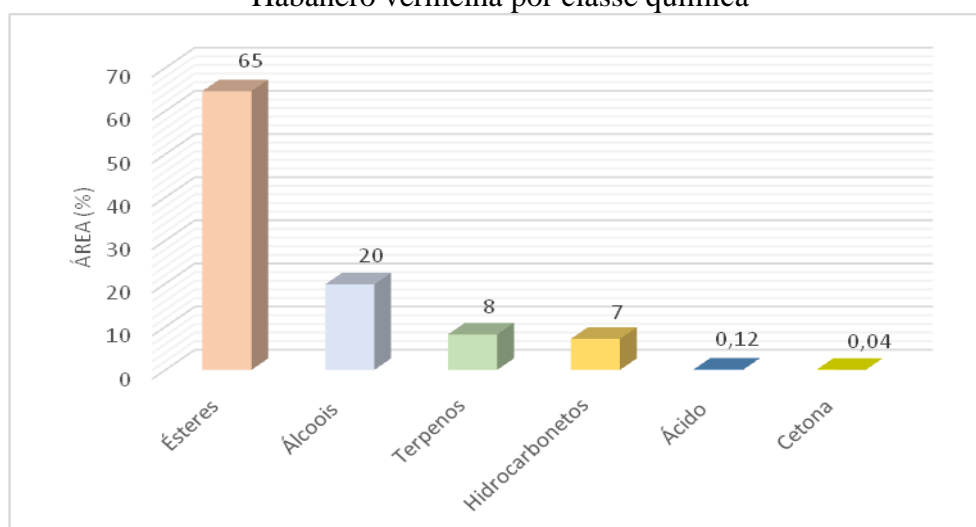
O perfil de voláteis das cinco variedades de *Capsicum chinense*, apresentou semelhança aos estudos realizados por Castro Alves et al. (2014). Os autores observaram no estudo da pimenta Biquinho laranja pela técnica de HS-SPME, que ésteres e álcoois eram as classes químicas predominantes e que os álcoois representavam cerca de 40% da área total do cromatograma, principalmente o composto 3,3-dimetilciclohexanol obtendo uma área no cromatograma de 39,40%.

Figura 18– Percentual de compostos identificados nas variedades de pimenta Biquinho laranja, Biquinho salmão, Biquinho vermelha, Habanero laranja e Habanero vermelha por classe química



Fonte: A autora.

Figura 19 – Área dos compostos identificados nas variedades de pimenta Biquinho laranja, Biquinho salmão, Biquinho vermelha, Habanero laranja e Habanero vermelha por classe química



Fonte: A autora.

Apesar da classe química dos terpenos terem compostos quantitativamente importantes, estes ocuparam apenas 7% da área do cromatograma, sendo os de maior área o α -cariofileno (pico 115), β -chamigreno (pico 116) e γ -muuroleno (pico 117). Além destes, foram identificados o limoneno, *trans*- β -ocimeno, α -citronelol, α -cubebeno, α -ylangeno, β -cubebeno, α -copaeno, γ -elemeno, α -ionone, dihydro- β -ionone, β -cariofileno, α -himacaleno, *cis*- β -farneseno, γ -cadineno, β -himachaleno, *trans*- γ -cadineno, δ -cadineno, esqualeno e a isocamfona.

De acordo com estudos realizados por Rodríguez-Burruezo et al. (2010) em pimentas de variedades de *C. chinense* foram identificados como principais terpenos os seguintes compostos: α -copaeno, α -himacaleno, β -himacaleno, γ -himacaleno, α -cubebeno, β -cubebeno, γ -cadineno, δ -cadineno e γ -muuroleno, todos estes sendo identificados na presente pesquisa, com exceção do composto γ -himacaleno. De acordo com os autores, os terpenos são compostos importantes para a composição do aroma floral em pimentas *C. chinense*.

A Tabela 6 mostra o número e a área de acordo com as classes químicas dos compostos identificados nas cinco variedades de *C. chinense*. A partir dos compostos voláteis identificados na Biquinho laranja (48), 54% foram os ésteres correspondendo a 30% da área total do cromatograma. Apesar dos terpenos (21%) serem a segunda classe de compostos em termos quantitativos ocuparam apenas 12% da área total, ficando os álcoois (15%) como majoritários em área do cromatograma (56%).

Tabela 6 – Número e área dos compostos voláteis por classe química em cinco variedades de pimenta *Capsicum*

Classe Química	Biquinho laranja				Biquinho salmão				Biquinho vermelha				Habanero laranja				Habanero vermelha			
	N	N (%)	A	A (%)	N	N (%)	A	A (%)	N	N (%)	A	A (%)	N	N (%)	A	A (%)	N	N (%)	A	A (%)
Ésteres	26	54	120,33	30	32	65	335,67	63	29	55	197,83	63	33	52	501,23	64	33	53	569,38	86
Álcoois	7	15	219,87	56	5	10	144,88	27	6	11	97,52	31	8	13	69,67	9	4	6	13,02	2
Terpenos	10	21	48,87	12	10	20	52,00	10	12	23	15,07	5	12	19	69,18	9	15	24	43,91	7
Hidrocarbonetos	4	8	2,77	1	3	4	3,93	1	5	9	1,84	1	10	16	141,05	18	9	15	33,40	5
Cetonas	0	0	0	0	0	0	0,00	0,00	1	2	1,04	0,33	0	0	0,00	0,00	1	2	0,11	1
Ácidos	1	2	3,38	1	0	0	0,00	0,00	0	0	0,00	0,00	0	0	0,00	0,00	0	0	0,00	0,00
Total	48	100	395,22	100	49	100	536,48	100	53	100	313,30	100	63	100	781,13	100	62	100	659,82	100

N= N° de Compostos; A= Área Total de Picos

A pimenta Biquinho salmão apresentou um perfil de voláteis com semelhança quantitativa comparada a Biquinho laranja, porém, diferiu em área, apresentando como majoritário os compostos voláteis da classe de ésteres (63%), seguido dos álcoois (27%), terpenos (10%) e hidrocarbonetos (1%).

Foram identificados 53 compostos na pimenta Biquinho vermelha, sendo também os ésteres os compostos majoritários em área (63%), e os terpenos (23%) correspondendo a área do cromatograma de apenas 5%. Já os álcoois (11%), constituíram 31% da área do cromatograma, tornando-se um perfil bem menos expressivo em área, quando comparado a pimenta Biquinho laranja.

A Habanero laranja foi a pimenta que apresentou o perfil mais rico em voláteis, sendo identificado um total de 63 compostos. Os ésteres (52%) foram majoritários em área (64%), seguido dos hidrocarbonetos (18%), álcoois e terpenos (9%).

Na pimenta Habanero vermelha foram identificados 62 compostos voláteis, obtendo como compostos majoritários em área os ésteres (86%). No entanto, em comparação as demais pimentas, observou-se que o padrão qualitativo de álcoois mudou completamente, mostrando que a área do cromatograma corresponde a apenas 2%. Os hidrocarbonetos (5%) e os terpenos (7%), também foram detectados em área menor do cromatograma quando comparada as demais variedades de pimentas.

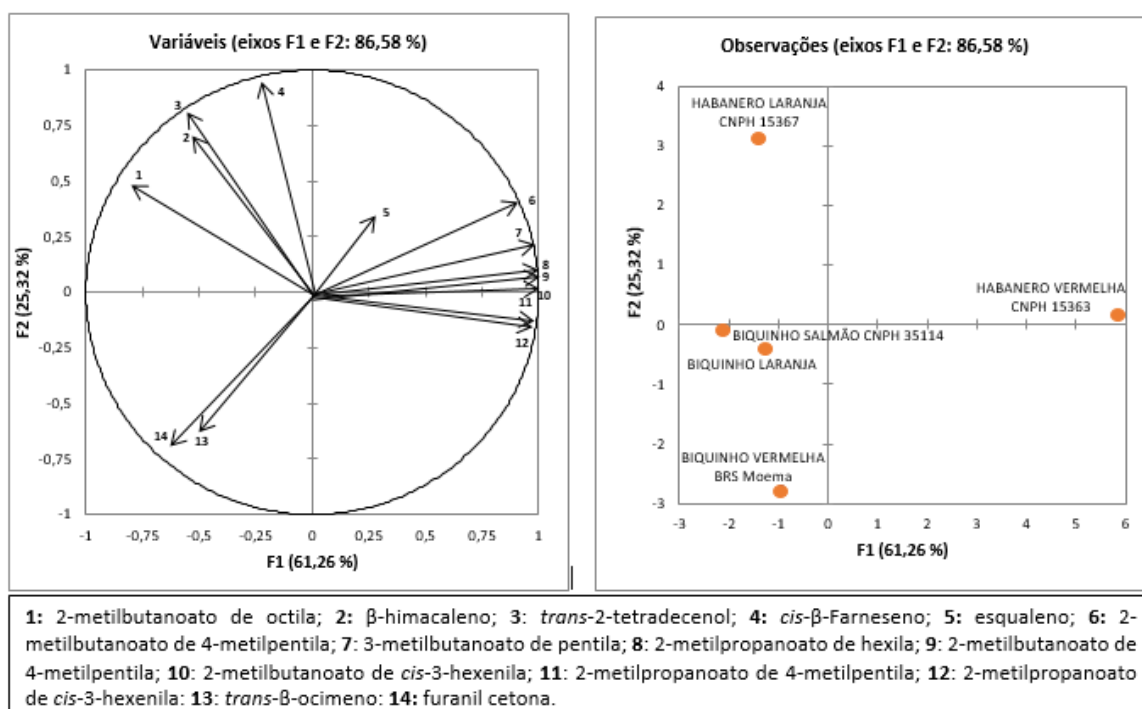
As cetonas foram comuns apenas para as variedades de pimentas Biquinho vermelha (2%) e Habanero vermelha (2%), obtendo áreas no cromatograma de 1,04 e 0,11, respectivamente.

4.3 Análise de Componentes Principais (ACP)

Os compostos ativos para o aroma das 5 pimentas *C. chinense* foram analisados pela técnica multivariada de Análise de Componentes Principais (ACP) com a finalidade de determinar a contribuição dos compostos voláteis odoríferos para discriminar as amostras. A matriz final utilizada para a análise foi baseada nas áreas dos picos do cromatograma dos compostos voláteis selecionados a partir da técnica olfatométrica *Osme* realizada apenas na variedade Biquinho laranja, sendo considerados importantes para o aroma e sabor característicos das pimentas aqueles que obtiveram dos julgadores valores de intensidade média e alta. Os compostos considerados de alta importância odorífera, mas que não foram identificados, não foram incluídos na análise estatística.

A Figura 20A apresenta o gráfico das variáveis, onde cada composto volátil é representado por um vetor com duas componentes, F1 e F2, que juntas explicaram 86,58% da variabilidade entre as amostras estudadas. A direção do vetor indica a região de crescimento da variável e a decomposição do vetor nos eixos indica a importância da variável naquela componente para discriminar as amostras. Vetores muito próximos entre si (ângulo próximo a zero grau) apresentam alta correlação positiva entre si, enquanto vetores com ângulo próximo a 180° apresentam alta correlação negativa entre si.

Figura 20 – ACP dos compostos voláteis odoríferos de cinco variedades de pimentas *C. chinense*. A: Gráfico das variáveis (compostos voláteis); B: Gráfico das observações (amostras)



Fonte: A autora.

A Figura 20B apresenta o gráfico das observações, onde as amostras localizadas na mesma região apresentam perfis de voláteis semelhantes entre si. A primeira componente (F1) separou a pimenta Habanero vermelha, localizada à direita do gráfico, das demais pimentas. A segunda componente (F2, eixo vertical) separou a Habanero laranja, localizada no quadrante superior esquerdo, das pimentas Biquinho, todas situadas no quadrante inferior esquerdo.

Ao sobrepor as Figuras 20A e 20B, as amostras ficam localizadas próximas aos vetores (variáveis) que as caracterizam. Dessa forma, a Habanero vermelha mostrou rico perfil dos compostos voláteis odoríferos localizados à direita do gráfico, com elevado teor de 3-metilbutanoato de pentila (vetor 7), 2-metilpropanoato de hexila (vetor 8), 2-metilbutanoato de 4-metilpentila (vetor 9), 2-metilbutanoato de *cis*-3-hexenila (vetor 10), 2-metilpropanoato de 2-metilpentila (vetor 11), os quais apresentaram aroma “pimenta, pimentão” e “tempero” (Tabela 4).

Por sua vez, a Habanero laranja caracterizou-se por maior quantidade dos compostos 2-metilbutanoato de octila (vetor 1), β -himacaleno (vetor 2), *trans*-2-tetradecenol (vetor 3) e *cis*- β -farneseno (vetor 4), descritos com qualidade de odor

“floral, doce”, “vegetal cozido”, “perfume, floral”, “pimenta, pimentão”, respectivamente.

As pimentas Biquinho laranja, Biquinho salmão e Biquinho vermelha apresentaram perfis de voláteis muito semelhantes entre si, especialmente as amostras das variedades laranja e salmão. Essas amostras apresentaram menor quantidade da maioria dos compostos odoríferos escolhidos para a análise multivariada, mas destacando-se por apresentar mais *trans*- β -ocimeno (vetor 13), de odor “doce, floral perfume” de elevada intensidade, e furanil cetona (vetor 14), de odor de “tempero, molho” de média intensidade, que as pimentas Habanero.

5 CONCLUSÕES

A técnica de amostragem do *headspace* por micro extração em fase sólida (HS-SPME) acoplada à cromatografia gasosa-espectrometria de massas (CG-EM) permitiu a detecção de um total de 171 compostos voláteis nas cinco variedades de pimentas *Capsicum chinense* estudadas, sendo os ésteres a classe química predominante, tanto em número de compostos quanto em área dos picos. Os terpenos foram a segunda maior classe química em número de compostos, mas os álcoois foram a segunda maior em área, devido aos compostos 3,3-dimetil-ciclohexanol e 2,3-dimetil-ciclohexanol, encontrados em grande quantidade nessas variedades.

A técnica Osme de CG-Olfatometria possibilitou a detecção de 80 compostos odoríferos na pimenta Biquinho laranja, muitos de elevado poder odorífero, percebidos em alta intensidade pelos provadores mesmo em baixíssimas concentrações, abaixo do limite de detecção do equipamento.

Entre os compostos detectados foram encontradas 14 substâncias de alta e média intensidades odoríferas na pimenta Biquinho laranja, sendo 8 ésteres, 4 terpenos, 1 álcool e 1 cetona, as quais foram utilizadas para comparar as variedades de pimenta. Entre esses compostos voláteis, pelo menos 8 estavam presentes nas 5 variedades de pimenta *Capsicum chinense* estudadas.

As pimentas Habanero apresentam perfil de voláteis mais rico que as variedades de pimentas Biquinho, as quais apresentam perfil de voláteis muito semelhantes entre si. A variedade Habanero vermelha apresenta-se mais rica em compostos de odor de pimenta que a respectiva variedade laranja, caracterizada mais pelos compostos de odor floral.

REFERÊNCIAS

ADAMS, B.D. Antioxidant, anti-inflammatory, and antimicrobial properties of garlic and onions. **Nutrition & Food Science**, 2007, p. 178-183.

ANDREWS, J. **Peppers: the domesticated Capsicums**. Austin: University of Texas Press. 1984. 170p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR12995: Teste triangular em análise sensorial de alimentos e bebidas. Rio de Janeiro, 1993.

ARTHUR, C. L.; PAWLISZYN, J. **Solid phase microextraction with thermal desorption using fused silica optical fibers**. Analytical Chemistry, v. 62. P. 2145-2148, 1990.

BOSLAND, P.W.; VOTAVA, E.J. **Peppers: vegetable and spice Capsicums**, New York: CABI Publishing, 1999. 204p.

BOGUSZ JUNIOR, S. et al. A análise dos compostos voláteis de pimentas brasileiras (*Capsicum* spp.) em dois estágios de maturidade por fase micro-extração sólido e cromatografia gasosa-espectrometria de massa. **Food Research International**, v. 48, p. 98-107, 2012.

BOGUSZ JUNIOR, S., WAGNER, R., TEIXEIRA FILHO, J., GODOY, H. T. Composition of Essential Oils of Malagueta Chili Pepper (*Capsicum frutescens*) at Two Ripening Stages, 2009. p. 1-4.

BOGUSZ JUNIOR, S. et al. Optimization of the extraction conditions of the volatile compounds from chili peppers by headspace solid phase micro-extraction. **Journal of Chromatography A**, v. 1218, n. 21, p. 3345-3350, 2011.

CARVALHO, S. I. C. de et al. **Pimentas do gênero *Capsicum* no Brasil**. Brasília: Embrapa Hortaliças 2006, 27p.

CARVALHO, S. I. C.; BIANCHETTI, L. Botânica e recursos genéticos. In: _____ RIBEIRO, C. S. C., et al. **Pimentas *capsicum***. Brasília: Embrapa Hortaliças, 2008, p. 39-54.

CARVALHO, S. I. C.; et al., *Capsicum* germplasm bank maintained by Embrapa Vegetables, Brazil.. In: _____ **XV Eucarpia Meeting on Genetics and Breeding of *Capsicum* and Eggplant**, 2012. p. 199-204, 2013.

CARVALHO, J.C.T., et al. Compostos fenólicos simples e heterosídicos. In: _____ **Farmacognosia: da planta ao medicamento – 4.ed.** – Porto Alegre/Florianópolis: Ed. Universidade/UFRGS/Ed. Da UFSC, 2002.

CARDELLO, H. M. A., DA SILVA, M. A. A. P., DAMÁSIO, M. H., LOBÃO, F. (2003). **Programa de sistema de coleta de dados tempo-intensidade – SCDTI**. *Biol Cienc Tecnol Aliment*, 37, 54-60.

CONTRERAS-PADILLA, M., YAHIA, E.M. Changes in capsaicinoides during development, maturation and senescence of chile peppers and relation with peroxidases activity. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, 1998, p. 2075- 2079.

COLLINS, C.H., BRAGA, G.L., BONATO, P.S.,
Introdução a métodos cromatográficos 7a. edição, São Paulo: Unicamp, 1997.

CASALI, V.W.; COUTO, F.A.A. **Origem e botânica de Capsicum**. Informe Agropecuário, v.10, n.11, p.8-10, 1984.

CASTRO ALVES, V. C. et al. Aroma-active compounds of *Capsicum chinense* var. biquinho. In: _____ FERREIRA, V.; LOPEZ, R. (ed). **Flavor Science: proceedings from XIII weurman flavor research symposium**. London: Academic Press-Elsevier, 2014. P. 567-571.

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. Estudos de Prospecção de Mercado - Safra 2012-2013. Brasília, Brasil: CONAB, 2013.

DA SILVA, M. A. A. P.; SAMPAIO, K. L.; BERTOLINI, A. C. **CG-Olfatometria (CG-O): uma revisão**. In: FRANCO, M. R. B. Aroma e sabor de alimentos: temas atuais. São Paulo, Brasil. Editora Varela, p.29-46, 2004.

DA SILVA, M.A.A.P. **Flavor properties and stability of a corn-based snack: aroma profiles by gás chromatography (GC), GC-olfatometry, mass spectrometry, and descriptive sensory analysis**. Ph.D. Thesis. Oregon State University, Covallis, OR, 157p. 1992.

DUTCOSKY, S. D. Os receptores sensoriais. In: _____ **Análise sensorial dos alimentos**. 3. ed. rev. e ampl. – Curitiba: Champagnat, 2011. 29-40p.

DUTRA, F.L.A.; BRANCO, I.G.; MADRONA, G.S. et al. **Avaliação sensorial e influência do tratamento térmico no teor de ácido ascórbico de sorvete de pimenta**. Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial, Ponta Grossa, v.4, n.2, p.243-251, 2010.

ESTRADA, B., et al. **The effect of seasona changes on the pungency level of padron pepper fruits**. Capsicum and Eggplant Newsletter, 1999a, p. 28-31.

FRANCO, M. R. B.; JANZANTTI, N. S. Avanços na metodologia instrumental da pesquisa do sabor. In: FRANCO, M. R. B. **Aroma e sabor dos alimentos: temas atuais**. São Paulo: Livraria Varela, 2004. p. 17-27.

FILGUEIRA, F.A.R. **Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. Viçosa: UFV, 2000. 402p.

FORERO, M. D., QUIJANO, C. E., PINO, J. A. (2008). Volatile compounds of chile pepper (*Capsicum annuum* L. var. *Glabriusculum*) at two ripening stages. **Flavour Fragr J**, 24, 25–30.

FRANCO, M. R. B.; RODRIGUEZ-AMAYA, D. B. Trapping of soursop (*Annona muricata*) juice volatile on Poropak Q by suction. **J. Sci. Food Agric.**, v.34, n.3, p.293-299, 1983.

FUSCO, B.M.; GIACOVAZZO, M. **Peppers and pain: the promise of capsaicin.** Drugs, 1997, p. 909-914.

GARCÍA, J.A.B., et al., **Caracterización fisiológica y bioquímica de los frutos de cuatro acepciones de ají amazónico pertenecientes a La diversidad Del género *Capsicum* para su conservación y uso.** Acta Biológica Colombiana, 2005.

GARCIA, D. De La C. et al. **Investigations on wine bouquet components by solid-phase microextraction-capillary gas chromatography (SPME-CGC) using different fibers.** J. High Resol. Chromatogr., v. 20, n. 12, p. 665-668, 1997.

GARRUTI, D. S. **Volatile profile and sensory quality of new varieties of *Capsicum chinense* pepper.** Ciênc. Tecnol. Aliment., Campinas, 2013.

GARRUTI, D. dos S. Identificação de compostos voláteis importantes ao aroma de suco de frutas tropicais por CG-EM e CG-Olfatometria. In: FRANCO, M. R. B. **Aroma e sabor dos alimentos: temas atuais.** São Paulo: Livraria Varela, 2004. p. 101-112.

GOBBO-NETO, L.B.; LOPES, N.P. **Plantas medicinais: fatores de influência no conteúdo de metabólitos secundários.** Química Nova, v.30, p.374-381, 2007.

GARRUTI, D. dos S. **Composição de voláteis e qualidade de aroma do vinho de caju.** Tese (Doutorado em Ciências de Alimentos). Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, 2001. 218 p.

HENZ, G. P.; RIBEIRO, C. S. C. Mercado e comercialização. In: ___ RIBEIRO, C. S. C.; et al. **Pimentas Capsicum.** Brasília: Embrapa Hortaliças. p.15 – 24, 2008.

HUNGRIA, H. **Otorrinolaringologia.** 8ª ed. Rio de Janeiro (RJ): Guanabara Koogan; 2000.

KOLLMANNSBERGER, H. et al. Volatile and capsaicinoid composition of ají (*Capsicum baccatum*) and rocoto (*Capsicum pubescens*), two Andean species of chile peppers. **J Sci Food Agric** 2011. p. 1598–1611.

LANÇAS, F. M. **Cromatografia em Fase Gasosa.** 1. ed. São Carlos: Acta Eventos, v. 1, 240 p, 1993.

LE GUEN, S.; PROST, C.; DEMAIMAY, M. Critical Comparison of Three Olfactometric Methods for the Identification of the Most Potent Odorants in Cooked Mussels (*Mytilus edulis*). **J. Agric. Food Chem.**, v. 48, n. 4, p. 1307-1314, 2000.

LUNN, J. **Nutrição e envelhecimento saudável**. Nutrição em Pauta. São Paulo, 2007, p. 5-9.

LEMOS, A. P. D. **Perfil de compostos voláteis do headspace de pimenta biquinho vermelha (*Capsicum chinense* Jacq.)**. Monografia (Bacharel em Farmácia). Faculdade de Farmácia, Universidade Federal do Ceará, 2014. 38p.

LOPES, C. A. et al. **Pimenta (*Capsicum* spp.): importância econômica**. Embrapa Hortaliças. Sistemas de produção 2. Versão Eletrônica, 2007. Disponível em: <http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Pimenta/Pimenta_capsicum_spp/importanciaeconomica.html>. Acesso em: 25 nov. 2014.

LOPES, C. A. Ardume, picância, pungência. In: _____ **Pimentas Capsicum**. Brasília: Embrapa Hortaliças, 2008, cap 3, p. 25-29.

LUTZ, D. L.; FREITAS, S.C. Valor Nutricional. In: ___ RIBEIRO, C.S. da C. et al. (Ed.). **Pimentas Capsicum**. Brasília: Embrapa Hortaliças, 2008, cap.4, p.31-38.

MARTIN, F. W.; SANTIAGO, J.; COOK, A. A. Vegetables for the hot humid tropics (Part 7. the Peppers, Capsicum Series). **Science and Education Administration** / U. S. Department of Agriculture). New Orleans, 1979. 18p.

MORRINSON, R. T., BOYD, R.N., **Química Orgânica**, 13 edição, p. 673-677, Fundação Calouste Gulbenkian, 1995 .

MIRANDA-LOPEZ, R.; LIBBEY, L.M.; WATSON, B.T.; MACDANIEL, M.R. Odor analysis of Pinot Noir wines from grapes of different maturities by gas chromatography-olfatometry technique (Osme). **Journal Food Science**, v.57, n.4, p.985-993; 1992.

NARAIN, N. et al. **Compostos voláteis dos frutos de maracujá (*Passiflora edulis* forma *flavicarpa*) e de cajá (*Spondias mombin* L.) obtidos pela técnica de headspace dinâmico**. Ciênc. Tecnol. Aliment., 24, 212-216, 2004.

NASS L. L., SIGRIAST M. S., RIBEIRO C. S. DA C., REIFSCHNEIDER F. J. B. **Genetic resources: the basis for sustainable and competitive plant breeding**. Crop Breeding and Applied Biotechnology, S2, p. 75-86, 2012.

NETO, F. R. A.; NUNES, D. S. S.; **Cromatografia** – princípios básicos e técnicas afins, Rio de Janeiro: Interciência 2003.

NIST – National Institute of Standards and Technology, Base de dados de referência padrão do Nist, n. 69, junho 2005. Disponível em: <http://webbook.nist.gov/chemistry/> Acesso em: 12 dez. 2013.

NIJSSEN, L. M., et al, **Volatile compounds in food, 7th edn and supplement**, TNO Nutrition and Food Research Institute, Zeist, The Netherlands 1997.

NUEZ, F. et al. Aspectos morfológicos y fisiológicos de la planta. In: _____. **El cultivo de pimientos, chiles y ajies**. Madri: Ediciones Mundi Prensa, 1996. p.60-114.

NWOKEM, C.O.; AGBAJI, E.B.; KAGBU, J.A.; EKANEM, E.J. Determination of capsaicin content and pungency level of five different peppers grown in Nigeria. **New York Science Journal**. v.3, n.9, p.17-21, 2010.

PELLEGRINI G., VELEIRO R. V. B., GOMES I. C. D. **A percepção do gosto salgado em indivíduos com e sem obstrução nasal**. Rev. CEFAC 2005.

PHEROBASE. **Banco de dados de feromônios e Semioquímicos** . El-Sayed AM, 2012. Disponível em: <<http://www.pherobase.com>>. Acesso em: 15 de mar/2105.

PINO, J., SAURI-DUCH, E., MARBOT, R. Changes in volatile compounds of Harbanero chile pepper (*Capsicum chinense* Jack. Cv. *Habanero*) at two ripening stages, 2006. **Food Chem**. p. 394-398.

PINO, J., FUENTES, V., BARRIOS, O. Volatile constituents of Cachuca peppers (*Capsicum chinense* Jacq.) grown in Cuba. **Food Chem**, 2010. p. 860-864.

PINTO, C. M. F.; OLIVEIRA PINTO, C. M. de.; DONZELES, S. M. L. **Boas práticas agrícolas na produção de pimentas**. Informe agropecuário, Belo Horizonte, v. 33, n. 267, p. 21-31, mar./abr. 2012.

PINTO, C. M. F.; OLIVEIRA PINTO, C. M. de.; DONZELES, S. M. L. Pimenta capsicum: propriedades químicas, nutricionais, farmacológicas e medicinais e seu potencial para o agronegócio, Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável (RBAS), v.3, n.2., p.108-120, Dezembro, 2013

PINTO, C.M.F.; et al. **Clima, época de semeadura, produção de mudas, plantio e espaçamento na cultura da pimenta**. Informe Agropecuário, v.27, p.40-49, 2006.

REINECCIUS, G. Choosing the correct analytical technique in aroma analysis. In: **Flavour in food**. VOILLEY, A. & ETIÉVANT, P. (Eds.), CRC Press, Boca Raton, p.81-95, 2006.

REIFSCHNEIDER, F. J. B., et al. **Development of new Capsicum cultivars at Embrapa (Brazil)**. p. 71-77, 2013.

REIFSCHNEIDER, F. J. B. **Capsicum: pimentas e pimentões no Brasil**. Brasília: Embrapa Hortaliças, 2000. 113 p.

RIBEIRO, C. S. C.; CRUZ, D.; M. R. **Tendências de mercado: comércio de pimentão está em expansão**. Revista Cultivar Hortaliças e Frutas, Pelotas, v. 3, p. 16-19, jun./jul., 2002.

- RIBEIRO, C. S. C.; REIFSCHNEIDER, F. J. B. Genética e melhoramento. In: _____ RIBEIRO, C. S. C.; et al. **Pimentas Capsicum**. Brasília: Embrapa Hortaliças. 2008, p.55-69.
- RODRIGUÉZ BURRUEZO, A. et al. HS-SPME Comparative analysis of genotypic diversity in the volatile fraction and aroma-contributing compounds of *Capsicum* fruits from the *annuum-chinense-frutescens* complex. **J. Agric. Food Chem.** 2010. p. 4388–4400.
- ROSS, J. P. **The Senses & the Psychology of Quality**. Disponível em: < <http://www.enologyinternational.com/articles/senses.html>>. Acesso em 02 de fev/2015.
- ROCHA, F. M. N. et al. **Olfacção**: revisão de literatura. *Arq Int Otorrinolaringol.* 2002.
- RIJKENS, F., BOELENS, M. H. **The future of aroma research**: Aroma Research. Proceedings of the International Symposium on Aroma Research. Center for Agricultural Publishing and Documentation, Wageningen, 1975 p. 203–220.
- RUFINO, J. L. S.; PENTEADO, D. C. S. **Importância econômica, perspectivas e potencialidades do mercado para pimenta**. Informe Agropecuário, v. 27, n. 235, p. 7-15, 2006.
- SKOOG, D. A.; HOLLER, F. J.; NIEMAN, T.A. **Princípios de análise instrumental**, 5ª edição, Porto Alegre: Bookman, 2002.
- STONE, H.; SIDEL, J.; OLIVER, S.; WOOLSEY, A.; SINGLETON, R.C. Sensory evaluation by Quantitative Descriptive Analysis. **Food Technology**, v. 28, n.11, 1974.
- SOUZA, S. A. M.; MARTINS, K. C.; PEREIRA, T. N. S. Chromosome polymorphism in *Capsicum chinense* Jacq. **Ciência Rural**, v. 41, n. 10, p. 1777-1783, 2011.
- SOUSA, A. L. D. E. V. R.; VALENTE, A. L. P.; SILVA, M. A. P. Análise de aroma de sapoti (*Acharas Sapota*, L.) pelas técnicas de SPME (microextração em fase sólida) e OSME (cromatografia olfatométrica). In. ____ **Reunião Anual da SBQ, Poços de Caldas**, 23ª. 2000, Poços de Caldas. Anais, 2000, p. 78-79.
- THOMAZINI, M.; FRANCO, M.R.B. Metodologia para análise dos constituintes voláteis do sabor. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.34, n.1, p.52-59, 2000.
- THOMAZINI, M. **Compostos voláteis de sucos provenientes da fruta e polpa congeladas de umbu (*Spondias tuberosa*, *Anacardiaceae*)**. Campinas, 1998. 174p. Tese (Mestrado em Ciências de Alimentos) Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas.
- VALENTE, P. L. A.; AUGUSTO, F. **Microextração por fase sólida**. Química nova, 2000. Disponível em:< <http://www.scielo.br/pdf/qn/v23n4/2653.pdf>>. Acesso em 24/12/2014.

ZANCANARO, R.D. **Pimentas**: tipos, utilização na culinária e funções no organismo. Monografia (Graduação em Gastronomia e saúde). Brasília, Universidade de Brasília – UnB, 2008, 43p.