

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS

Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia
Agroindustrial



Tese

**EFEITOS DA TEMPERATURA DE SECAGEM SOBRE FITOQUÍMICOS DE
PIMENTA (*Capsicum baccatum* L. var. *pendulum*)**

Marcelo Zaffalon Peter

Pelotas, 2007.

MARCELO ZAFFALON PETER

**EFEITOS DA TEMPERATURA DE SECAGEM SOBRE FITOQUÍMICOS DE
PIMENTA (*Capsicum baccatum* L. var. *pendulum*)**

Tese apresentada à Universidade Federal de Pelotas, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia Agroindustrial da Faculdade de Agronomia “Eliseu Maciel”, como requisito parcial à obtenção do título de Doutor em Ciências (área de conhecimento: Ciência e Tecnologia Agroindustrial).

Orientador: Prof. Dr. Pedro Luiz Antunes
Co-orientação Prof. Dr. Moacir Cardoso Elias
Prof^a. Dr^a. Maria Regina Alves Rodrigues

Pelotas, 2007.

Banca Examinadora:

Dr. Pedro Luiz Antunes

Dr^a. Leonor Almeida de Souza Soares

Dr. Aldonir Barreira Bilhalva

Dr. Fabrízio da Fonseca Barbosa

Dr. Rafael Gomes Dionello

Este trabalho é dedicado...

... à minha esposa Patrícia e à minha filha Juliana,
pelo incentivo, compreensão e paciência;
aos meus pais Hélio e Marina,
pela dádiva da vida e pela educação
aos meus irmãos Marcos e Carlos.

AGRADECIMENTOS

Aos amigos e orientadores Prof^s. Dr^s. Pedro Luiz Antunes, Moacir Cardoso Elias e Maria Regina Alves Rodrigues, pela amizade, confiança, dedicação e ensinamentos valiosos para vida profissional e pessoal repassados na convivência.

À minha esposa Patrícia, pelo apoio, pela confiança, pela compreensão e pelo estímulo prestados ao longo desta fase.

À minha filha Juliana, por entender minha ausência em muitos momentos importantes da sua vida, na busca de lhe oferecer um mundo e futuro bem melhores em vários aspectos importantes para sua formação.

À Universidade Federal de Pelotas, Faculdade de Agronomia “Eliseu Maciel” e especialmente ao Departamento de Ciência e Tecnologia Agroindustrial, onde ingressei como aluno e monitor no ano de 1988, começando uma trajetória de realizações profissionais, muito importantes para minha vida.

Ao COREDE-SUL, Governo do Estado do Rio Grande do Sul, FAPERGS pelo apoio e suporte financeiro para realização desse projeto para desenvolvimento da Região Sul do Estado.

Aos Eng^{os} Agr^{os} Lauro Schneid e Eroni Konrad pelo apoio, pela confiança e pelo incentivo durante a secagem natural realizada no município de Turuçu-RS.

Aos Srs. Soni Lübke e Leomar Göbel produtores de pimenta de Turuçu-RS por permitirem o monitoramento e conhecimento mais aprofundado sobre a realidade do cultivo e secagem natural de pimenta.

Aos Eng^{os} Agr^{os} Fernando Alves, Ricardo Martins e José Franco que viabilizaram de forma excepcional o uso do secador de leito móvel para secagem artificial deste experimento.

Ao Eng^o Túlio Bisognin da Ferrabil Máquinas e Equipamentos Ltda pelo comodato do secador de leito móvel.

Ao Eng^o Agr^o Edésio Eduardo Magdalena do grupo SHV-Gas Brasil por disponibilizar o uso de gás e queimadores nesse experimento.

A Prof^a. Dr^a. Marcia Aroucha Gularte e Prof. Dr. Rui Carlos Zambiasi da FCD da UFPel pelo grande apoio prestado na execução das análises sensoriais e de cromatografia líquida, realizadas neste experimento.

Aos estagiários Jonis Gelain, David Wigg, Cristian Beifulss, Gustavo Cella, Rafael Bresolin, Flaviana Damasceno, Gisele Brizolara, Juliane Pereira que contribuíram de forma fundamental na execução do trabalho.

Ao amigo e ex-aluno Daniel Rutz pelo valoroso apoio desenvolvido ao longo do trabalho.

Aos colegas de PPGCTA: Cátia, Elisabete, Pablo, Maurício, Romeu pela convivência harmoniosa, apoio e troca de conhecimentos.

Aos Prof^{os}. Dr^s. Álvaro Dias, Ricardo Sainz e Ricardo Toralles, membros da comissão de qualificação que contribuíram para etapa conclusiva desse trabalho.

A todos aqueles que direta ou indiretamente auxiliaram para a concretização deste trabalho os meus profundos sentimentos de gratidão e respeito.

Acima de tudo, a Deus que sempre esteve presente fazendo com que os momentos difíceis contribuíssem na formação de uma vida mais sólida.

Se algum dia vocês forem surpreendidos pela injustiça
ou pela ingratidão, não deixem de crer na vida,
de engrandecê-la pela decência
e construí-la pelo trabalho.

Edson Queiroz

RESUMO

Autor: Marcelo Zaffalon Peter - Engenheiro Agrônomo - Mestre em Ciência e Tecnologia Agroindustrial.

Título: Temperatura de Secagem sobre Fitoquímicos de Pimenta (*Capsicum baccatum* L. var. *pendulum*).

Orientador: Prof. Dr. Pedro Luiz Antunes.

Co-orientadores: Prof. Dr. Moacir Cardoso Elias; Prof^a. Dr^a. Maria Regina Alves Rodrigues.

Departamento de Ciência e Tecnologia Agroindustrial – DCTA, UFPel, Setembro – 2007.

O Brasil atualmente está entre os nove países maiores produtores de pimenta, essa cultura é considerada a base da renda familiar de pequenos agricultores que cultivam no máximo cinco hectares. Avaliaram-se efeitos da temperatura do ar de secagem sobre carotenos, xantofilas, carotenóides, capsaicinóides, ésteres metílicos e atributos sensoriais em flocos de pimenta vermelha do grupo dedo-de-moça secas. O experimento constou de secagem natural em lajes de cimento e secagem artificial em secador de leito móvel com ar aquecido por gás liquefeito de petróleo (GLP) a 30, 55 e 80°C, sendo o delineamento inteiramente casualizado, com três repetições. Os frutos de pimenta foram colhidos, transportados, selecionados, lavados em água clorada, despedunculados, triturados, prensados e secos. A umidade foi avaliada em intervalos de 30 minutos até completar a secagem, enquanto os carotenos, as xantofilas, os carotenóides, os capsaicinóides, os ésteres metílicos e atributos sensoriais, apenas no final da secagem. Concluiu-se que: 1) a secagem artificial, com ar em temperatura não superior a 55°C garante a qualidade de flocos de pimenta em contraste com a secagem natural; 2) quanto mais aumenta a temperatura do ar de secagem, mais diminui o brilho, a coloração vermelha e os teores de capsaicinóides totais, enquanto os valores aparentes de carotenos e xantofilas em flocos de pimenta se elevam.

Palavras-chave: *Capsicum ssp*, carotenóides, capsaicinóides, sensorial

ABSTRACT

AUTHOR: Marcelo Zaffalon Peter - Agronomist Engineer - Master of Science in Agroindustrial Technology.

TITLE: Effects of Drying Temperature on Pepper (*Capsicum baccatum* L. var. *pendulum*) Phytochemicals

ADVISOR: Prof. Dr. Pedro Luiz Antunes.

CO-ADVISOR: Prof. Dr. Moacir Cardoso Elias; Prof^a. Dr^a. Maria Regina Alves Rodrigues.

Agro-industrial Science and Technology Department- DCTA, UFPel, September - 2007.

It was evaluated the effects of air drying temperature on carotenes, xanthophylls, carotenoids, capsaicinoids, methylic esters and sensorial attributes in dried red pepper flakes of dedo de moça group. The experiment consisted of natural drying in concrete slabs and artificial drying in a moved bed drier with air heated by petroleum liquefied gas at 30, 55 and 80°C, being the outlining entirely casualness with three repetitions. Peppers fruits were harvested, transported, selected, washed in chlorine water, depeduncled, grinded, pressed and dried. Moisture was evaluated in intervals of 30 minutes till complete drying, while carotenes, xanthophylls, carotenoids, capsaicinoids, methylic esters and sensorial, attributes at just the end of drying. It was concluded: 1) artificial drying, with air temperature not above 55°C, guarantee the quality of pepper flakes contrasting with natural drying; and 2) as drying air temperature increases, decreases the brightness, the red color and capsaicinoids value, while increases the apparent values of carotenes and xanthophylls in pepper flakes.

Key-words: *Capsicum ssp*, carotenoids, capsaicinoids, sensorial

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 -	Estruturas dos capsaicinóides (A) capsaicina, (B) didrocapsaicina e (C) nordiidrocapsaicina.....	18
Figura 2 -	Desenho esquemático do Secador de Leito Móvel com sistema de aquecimento do ar por GLP e locais de tomada de temperatura e umidade relativa.....	30
Figura 3 -	Coordenadas do Sistema CIELAB 1976.....	35
Figura 4 -	Isotermas de desidratação de flocos de pimenta sobre laje de cimento.....	39
Figura 5 -	Isotermas de desidratação de flocos de pimenta em secador de leito móvel com ar forçado a 30°C.....	40
Figura 6 -	Isotermas de desidratação de flocos de pimenta em secador de leito móvel a 55°C.....	41
Figura 7 -	Isotermas de desidratação de flocos de pimenta em secador de leito móvel a 80°C.....	41
Figura 8 -	Cromatograma por HPLC ($\lambda = 280$ nm) do padrão dos capsaicinóides (nordiidrocapsaicina, capsaicina e diidrocapsaicina).....	68
Figura 9 -	Cromatograma por HPLC ($\lambda = 280$ nm) do fruto de pimenta in natura.....	68
Figura 10 -	Cromatograma por HPLC ($\lambda = 280$ nm) da polpa de pimenta.....	69
Figura 11 -	Cromatograma por HPLC ($\lambda = 280$ nm) da semente de pimenta.....	69
Figura 12 -	Cromatograma por HPLC ($\lambda = 280$ nm) da placenta de pimenta.....	70
Figura 13 -	Cromatograma por HPLC ($\lambda = 280$ nm) do suco de pimenta.....	70
Figura 14 -	Cromatograma por HPLC ($\lambda = 280$ nm) em flocos de pimenta seca ao sol.....	71

Figura 15 -	Cromatogramas por HPLC ($\lambda = 280$ nm) em flocos de pimenta seca a 30°C em secador de leito móvel com ar aquecido por GLP.....	71
Figura 16 -	Cromatogramas por HPLC ($\lambda = 280$ nm) em flocos de pimenta seca a 55°C em secador de leito móvel com ar aquecido por GLP.....	72
Figura 17 -	Cromatogramas por HPLC ($\lambda = 280$ nm) em flocos de pimenta seca a 80°C em secador de leito móvel com ar aquecido por GLP.....	72
Figura 18 -	Cromatograma do íon total (TIC) no GC/FID da mistura de padrões dos ésteres metílicos.....	73
Figura 19 -	Cromatogramas do íon total (TIC) no GC/FID dos ácidos graxos derivatizados do óleo de pimenta na secagem natural e artificial.....	74

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 -	Tratamentos decorrentes da interação entre secagem e temperatura nas características físico-químicas e sensoriais de pimenta.....	29
Tabela 2 -	Composição centesimal de pimenta (<i>Capsicum baccatum</i> var. <i>pendulum</i>), <i>in natura</i> expressa em base úmida.....	37
Tabela 3 -	Composição centesimal de pimenta (<i>Capsicum baccatum</i> var. <i>pendulum</i>), <i>in natura</i> expressa em base seca.....	37
Tabela 4 -	Umidade dos flocos de pimenta decorrente da temperatura e tempo sobre laje de cimento.....	65
Tabela 5 -	Umidade dos flocos de pimenta decorrente da temperatura e tempo em secador de leito móvel a 30°C.....	66
Tabela 6 -	Umidade dos flocos de pimenta decorrente da temperatura e tempo em secador de leito móvel a 55°C.....	67
Tabela 7 -	Umidade dos flocos de pimenta decorrente da temperatura e tempo em secador de leito móvel a 80°C.....	67
Tabela 8 -	Somatório entre consumo e custo de energia elétrica e GLP durante a secagem artificial de flocos de pimenta em secador de leito móvel.....	42
Tabela 9 -	Concentrações de nordihidrocapsaicina (PN), capsaicina (PC), diidrocapsaicina (PD), em diferentes partes da pimenta, obtidos por HPLC.....	44
Tabela 10 -	Concentrações ($\mu\text{g.g}^{-1}$ e SHU*) de nordihidrocapsaicina (PN), capsaicina (PC), diidrocapsaicina (PD) em relação aos métodos de secagem, obtidos por HPLC.....	45

Tabela 11 -	Relação dos ácidos graxos correspondentes aos ésteres metílicos padrões submetidos à cromatografia gasosa.....	73
Tabela 12 -	Porcentagem dos ésteres metílicos de ácidos graxos em óleo de flocos de pimenta.....	46
Tabela 13 -	Concentração (mg.g^{-1}) de carotenos e xantofilas em flocos de pimenta secos ao natural e em secador de leito móvel com ar aquecido por GLP.....	47
Tabela 14 -	Cor em flocos de pimentas secas.....	48
Tabela 15 -	Cor em sementes de pimentas secas.....	49
Tabela 16 -	Cor em polpa de pimentas secas.....	50
Tabela 17 -	Avaliação sensorial de flocos de pimenta seca.....	51
Tabela 18 -	Avaliação sensorial em polpa de pimenta seca.....	51
Tabela 19 -	Avaliação sensorial em semente de pimenta seca...	51

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	01
1.1 HIPÓTESE.....	02
1.2 OBJETIVOS.....	02
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	02
2.1 Aspectos Evolutivos.....	02
2.2 Características Botânicas e Sistemáticas.....	03
2.3 Aplicações.....	05
2.4 Pré-Tratamentos.....	07
2.5 Secagem Natural.....	09
2.6 Secagem em Secadores Solares.....	11
2.7 Secagem Artificial.....	13
2.8 Secagem Artificial em Outros Secadores.....	15
2.9 Capsaicinóides.....	16
2.10 Ésteres Metílicos dos Ácidos Graxos.....	20
2.11 Carotenóides.....	21
2.12 Sensorial.....	24
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	28
3.1 Material.....	28
3.2 Delineamento Experimental.....	29
3.3 Preparo das Amostras.....	30
3.4 Avaliações.....	31
3.4.1 Temperatura.....	31
3.4.2 Umidade Relativa do Ar.....	31
3.4.3 Velocidade do Ar.....	32
3.4.4 Consumo de Energia Elétrica.....	32
3.4.5 Consumo de Gás Liquefeito de Petróleo (GLP).....	32
3.4.6 Dinâmicas de Secagem.....	32
3.4.7 Umidade.....	32
3.4.8 Proteína.....	33
3.4.9 Extrato Etéreo.....	33
3.4.10 Cinzas.....	33
3.4.11 Fibra Bruta.....	33

3.4.12 Carboidratos.....	33
3.4.13 Capsaicinóides.....	34
3.4.14 Ésteres Metílicos dos Ácidos Graxos.....	34
3.4.15 Carotenos e Xantofilas.....	35
3.4.16 Colorimetria.....	35
3.4.17 Análise Sensorial.....	36
3.4.18 Análise Estatística.....	36
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	37
4.1 Composição Centesimal.....	37
4.2 Secagem Natural.....	38
4.3 Secagem Artificial.....	40
4.4 Capsaicinóides.....	43
4.5 Ésteres Metílicos dos Ácidos Graxos.....	45
4.6 Carotenos e Xantofilas.....	47
4.7 Cor.....	48
4.8 Análise Sensorial.....	50
5 CONCLUSÕES.....	53
6 REFERÊNCIAS.BIBLIOGRÁFICAS.....	54
7 APÊNDICE.....	64

1 INTRODUÇÃO

No Brasil é possível realizar a produção de várias espécies de pimenta em todas as regiões geográficas. A produção brasileira está em torno de 40 mil toneladas. O Rio Grande do Sul é um dos cinco Estados maiores produtores, ao lado de Minas Gerais, Goiás, São Paulo e Ceará, sendo o município de Turuçu-RS apresenta atualmente uma produção de uma tonelada de pimenta seca e moída anualmente considerada a Capital Nacional da Pimenta Vermelha.

A pimenta (*Capsicum baccatum* var. *pendulum*), conhecida popularmente como dedo-de-moça, calabresa ou pimenta vermelha, representa a base da renda de famílias caracterizadas como pequenos agricultores, que exploram áreas de até cinco hectares.

A produção de pimenta teve seu grande desenvolvimento até o ano 2000, pois havia compra de toda a produção pelas agroindústrias da região que trituravam e prensavam para extração do suco usado na elaboração de molhos, devolvendo esse prensado aos produtores que o secavam ao natural e vendiam para as indústrias de embutidos. Atualmente, essa produção não ultrapassa a 100 toneladas de produto seco. A incidência de doenças como, a antracnose, e a dificuldade de acesso ao mercado são os principais fatores para a diminuição do número de famílias envolvidas na produção.

A colheita é realizada do final de fevereiro até maio, sendo o material transportado em sacos de aniagem, triturado, prensado mecanicamente, seguindo-se de secagem natural em fina camada sobre laje de cimento e ensacamento. O material seco nessas condições tem dificuldades de comercialização por geralmente apresentar contaminação por coliformes e/ou salmonelas e desuniformidades na cor e no grau de umidade.

Considerando a grande potencialidade da Região Sul na produção de pimenta e visando oferecer, aos produtores, alternativas viáveis para obtenção de produto de alta qualidade com desenvolvimento regional foram estudados os parâmetros necessários de secagem artificial de pimenta como alternativas viáveis e aplicáveis para as agroindústrias. Dessa forma, desenvolveu-se e monitorou-se o processo de secagem artificial em condições higiênico-sanitárias satisfatórias, além da identificação e da quantificação de seus principais componentes.

1.1 HIPÓTESE

O aumento da temperatura do ar de secagem favorece a secagem, mas compromete os principais fitoquímicos e atributos sensoriais da pimenta dedo-de-moça.

1.2 OBJETIVOS

Determinar a melhor temperatura de secagem e verificar efeitos da temperatura sobre os principais fitoquímicos e atributos sensoriais da pimenta dedo-de-moça.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Aspectos Evolutivos

Os registros mais antigos do consumo de pimenta datam de aproximadamente nove mil anos, verificados em explorações arqueológicas em Tehuacán no México. Outros sítios pré-históricos foram encontrados no Peru, nas localidades de Ancon e Huaca Prieta que datam em torno de 2500 a.C. (REIFSCHNEIDER, 2000).

Os navegantes portugueses e espanhóis ao descobrirem o novo mundo descobriram muitas plantas, entre elas as pimentas que apresentavam grande variabilidade genética e eram bem mais pungentes do que a pimenta-do-reino.

Com a evolução do conhecimento, o uso da pimenta apresenta seu primeiro registro no livro “De historia stirpium”, escrito por Leonhartus Fuchsius em 1543. Nele são apresentadas as três primeiras ilustrações de pimenta, com precisão científica, mostrando detalhes desde as raízes até os frutos.

Os indígenas de várias regiões do mundo sempre confiaram nas plantas como agentes medicinais. Os índios Mayan da mesoamérica usavam a *Capsicum*

ssp. como ingrediente principal em inúmeros preparados com fins medicinais, como medicamentos para problemas respiratórios, dor de ouvido e para ferimentos (CICHEWICZ e THORPE, 1996).

Os antigos povos ameríndios usavam o fruto da pimenta para dor de dente, pela pressão do fruto contra o dente dolorido, com mel para a tosse e com sal para curar aftas, na forma de linimentos friccionados contra a pele para alívio de dores reumáticas (REIFSCHNEIDER, 2000).

Os exploradores do Brasil colônia relatam o cultivo e a importância da pimenta na dieta dos nativos. O naufrago alemão, Hans Stadem, que ficou entre índios Tupinambás entre 1547 e 1555, relatou que além de fazer parte da dieta, a pimenta também era utilizada como arma de guerra, pois plantas de pimentas eram queimadas e quando os compostos voláteis davam de encontro às cabanas do inimigo estes tinham que sair. Os índios Caetés foram os primeiros a usar a pimenta como arma de guerra (REIFSCHNEIDER, 2000).

2.2 Características Botânicas e Sistemáticas

A palavra *Capsicum* vem do termo grego Kapsó, que significa morder, picar ou Kapsares de cápsula. O nome científico para as pimentas foi associado à pungência ou ardor provocado pelo consumo das pimentas representantes deste gênero.

As pimentas do gênero *Capsicum* são incontestavelmente oriundas das Américas. Distribuíam-se desde a parte mais setentrional do sul dos Estados Unidos da América até a região mais meridional do nordeste do Chile e da Argentina, estando presentes em todos os países andinos, América Central, México e Brasil. Pertencem à família *Solanaceae* (CICHEWICZ e THORPE, 1996; MAZIDA et al., 2004) são angiospermas, espermatófitas e dicotiledôneas, ordem das *Solanales* (Personatae), ramo Malvales-Tubiflorae (WAGNER, 2003).

São plantas herbáceas, sublenhosas com flores solitárias preferencialmente autógamas, ou seja, o pólen e o óvulo fecundado são de uma mesma flor (REIFSCHNEIDER, 2000), com taxa de alogamia que pode variar de 3 a 46%, dependendo da morfologia floral, da cultivar e da presença de insetos polinizadores

durante a floração (SACCARDO, 1992), com frutos que variam na cor e no tamanho (BRUNETON, 1991).

Segundo Bianchetti (1996) e Reifschneider (2000) o gênero *Capsicum*, apresenta três níveis de domesticação:

Plantas domesticadas: são aquelas em que foram selecionadas determinadas características, de modo que são incapazes de sobreviver em condições naturais.

Plantas semidomesticadas: são plantas selecionadas, cultivadas, mas ainda não domesticadas, apresentando um grau de dependência do homem.

Plantas silvestres: são aquelas que não são cultivadas e nem ocorrem normalmente em ambientes alterados pelo homem.

Segundo Carvalho et al. (2003) as plantas domesticadas do gênero *Capsicum* apresentam cinco espécies identificadas e distribuídas da seguinte forma:

a) *Capsicum baccatum* var. *pendulum*, que se encontra no noroeste da América do Sul, incluindo Colômbia, Equador, Peru, Bolívia, norte da Argentina e sudeste do Brasil que é considerado centro secundário. Apresentam aproximadamente um metro de altura, folhas alternadas, corola branca com manchas esverdeadas, anteras amarelas, pentâmeras e hermafroditas. Os frutos são alongados, de coloração vermelha quando maduros, com dimensões de aproximadamente 7,5 cm de comprimento por 1 a 1,5 cm de largura, com polpa firme e pungência variável, de não picante a picante, com a maioria possuindo pungência suave.

b) *Capsicum annum*, que apresenta como centro primário de diversidade da variedade *annum* o México e países da América Central, e como centros secundários o sudeste e o centro da Europa, África, Ásia, e partes da América Latina.

c) *Capsicum frutescens*, popularmente denominada “tabasco”, é cultivada no sudeste dos Estados Unidos, das terras baixas do sudeste brasileiro até a América Central e as Índias Ocidentais.

d) *Capsicum pubescens* é encontrada em terras altas, relativamente tolerante ao frio, apresentando-se principalmente na Bolívia.

e) *Capsicum chinense* é a mais importante espécie cultivada ao leste dos Andes, sendo sua maior diversidade encontrada na bacia amazônica.

2.3 Aplicações

Provavelmente a pimenta foi o primeiro aditivo usado pelas civilizações antigas do México e América do Sul com finalidade de preservar os alimentos contra a contaminação por fungos e bactérias patogênicas (REIFSCHNEIDER, 2000).

Na Espanha do século XIX um papel com extrato de *Capsicum* era aplicado sobre a pele para provocar a erupção da varíola, escarlatina e sarampo, e a história registra o uso no tratamento do escorbuto por ser rica em Vitamina C, em produtos de beleza como adstringente e no século XVI como afrodisíaco (REIFSCHNEIDER, 2000).

As pimentas possuem três antioxidantes naturais (REIFSCHNEIDER, 2000): a vitamina C (REIFSCHNEIDER, 2000; DOYMAZ e PALA, 2002; MATERSKA et al., 2003), os carotenóides (MÍNGUEZ-MOSQUERA e HORNERO-MÉNDEZ, 1993; WEISSENBERG et al., 1997; OLIVER et al., 1998) e a vitamina E (REIFSCHNEIDER, 2000; MATERSKA et al., 2003). Estes compostos são importantes por apresentarem atividade preventiva contra o câncer (MÍNGUEZ-MOSQUERA e HORNERO-MÉNDEZ, 1993; LEVY et al. 1995; WEISSENBERG et al., 1997; REIFSCHNEIDER, 2000; MAOKA et al., 2001), anti-tumor (LEVY et al. 1995; COLLERA-ZÚÑIGA et al., 2005), anti-úlceras (WEISSENBERG et al., 1997), doenças degenerativas como o mal-de-Alzheimer, mal-de-Parkinson e pela capacidade de seqüestrarem radicais livres (REIFSCHNEIDER, 2000), evitando doenças cardiovasculares e arteriosclerose (OLIVER et al., 1998).

É importante ressaltar que na secagem os frutos perdem praticamente toda a vitamina C, e no cozimento a perda é de quase 60%. Os frutos de *Capsicum* são também fontes de vitaminas do complexo B (tiamina, riboflavina, niacina, B-6 e ácido fólico) (REIFSCHNEIDER, 2000). Apresentam atividade provitamina A (MÍNGUEZ-MOSQUERA e HORNERO-MÉNDEZ, 1993; WEISSENBERG, et al. 1997; OLIVER et al., 1998; COLLERA-ZÚÑIGA et al., 2005;) tornando-se importante na prevenção de problemas oftalmológicos (MÍNGUEZ-MOSQUERA e HORNERO-MÉNDEZ, 1993). O β -caroteno e as moléculas semelhantes são degradadas na mucosa intestinal e formam a vitamina A (BRUNETON, 2001).

Estudos recentes mostram que a pimenta é indicada para estimular o apetite (DOYMAZ e PALA, 2002), apresentando importante papel no sistema digestivo por desinfetar a mucosa bucal e gástrica sem prejudicar a flora bacteriana normal. Portadores de úlceras, gastrites, hemorróidas e diverticulites podem piorá-las com o consumo de pimenta (REIFSCHNEIDER, 2000).

Os frutos são importantes por apresentarem efeito neurológico (MATTERSKA et al., 2003). A capsaicina é a única substância que ao ser usada externamente no corpo provoca a liberação de endorfina no cérebro e conseqüente sensação de bem-estar, acionando o potencial imunológico (REIFSCHNEIDER, 2000).

A alopatia indica a oleorresina de *Capsicum* na forma de creme analgésico para alívio de dores musculares sendo ultimamente nos Estados Unidos utilizado um creme à base de capsaicinóides chamado “Zostrix”, que é indicado em casos de herpes zoster, distensões musculares (REIFSCHNEIDER, 2000) e distúrbios articulares (REIFSCHNEIDER, 2000; DOYMAZ e PALA, 2002), uma vez que a capsaicina torna a pele sensível depois do ardor (REIFSCHNEIDER, 2000). A aplicação tópica do creme de capsaicina na concentração de 0,025% ou 0,075%, três a quatro vezes ao dia, no período mínimo de quatro semanas, é considerada efetiva no tratamento da neuralgia pós-herpética (SIMÕES et al., 2001).

A medicina popular confere à capsaicina diversos efeitos medicinais como o de provocar alívio à flatulência e o de diminuir o nível de gordura no sangue, uma vez que a capsaicina estimularia enzimas produzidas no fígado, atuando dessa forma sobre o metabolismo das gorduras. Como expectorante ajuda a descongestionar as vias respiratórias, sendo recomendável também para o combate a artrites, dores musculares, dor de dente, má digestão e dor de cabeça, atuando ainda como redutora de inflamações (BIANCHETTI, 1996, REIFSCHNEIDER, 2000).

Dentre os carboidratos presentes nos frutos de *Capsicum*, a frutose é o principal açúcar, sendo que juntamente com a glicose perfazem 70% dos açúcares redutores (REIFSCHNEIDER, 2000).

As pimentas quentes são apreciadas devido a atributos sensoriais como cor, pungência, aroma (PERUCKA e OLESZEK, 2000; DUARTE et al., 2004) e flavor (WEISSENBERG, et al. 1997), características estas atribuídas à presença de

capsaicinóides, que apesar de tornarem o fruto atraente ao consumo são compostos que não apresentam valor nutricional (DUARTE et al. 2004).

Há um interesse crescente em pimentas para uso alimentar, especialmente como suplementos de dieta, por serem consideradas fontes de carotenóides, flavonóides e elementos minerais (LEE et al., 2005).

Estes frutos, principalmente os pungentes, são característicos da culinária da América Tropical, usados como condimentos (DUARTE et al., 2004), na forma de conservas caseiras e industrializadas, extratos concentrados denominados oleoresinas (MÍNGUEZ-MOSQUERA e HORNERO-MÉNDEZ, 1993; WEISSENBERG, et al. 1997; REIFSCHNEIDER, 2000), em pó (MÍNGUEZ-MOSQUERA e HORNERO-MÉNDEZ, 1993; REIFSCHNEIDER, 2000), corantes (WEISSENBERG et al. 1997; CAREAGA et al., 2003; WAGNER, 2003), composição de medicamentos (MATERSKA et al., 2003; WAGNER, 2003; DUARTE et al., 2004), ou ainda como flavorizante (WEISSENBERG et al. 1997; DOYMAZ e PALA, 2002). São empregados também como produto da indústria bélica, na confecção de “pepper spray” e “pepper foam” fabricados a partir da oleoresina (REIFSCHNEIDER, 2000; WAGNER, 2003).

2.4 Pré-Tratamentos

Existem alguns pré-tratamentos, operações realizadas antes da secagem, que são empregados a fim de acelerar o processo e garantir a manutenção de alguns constituintes importantes na pimenta.

Para Doymaz e Pala (2002), o tempo de secagem em pimentas pode ser diminuído ao haver aumento da temperatura e da velocidade do ar além do uso de pré-tratamentos.

O branqueamento aplicado em frutos com alta umidade inicial, segundo Ramesh et al. (2001), favorece a secagem, devido ao rompimento do seu tegumento durante o branqueamento, facilitando a difusão de água do interior para a periferia do produto e proporcionando menor tempo de operação em comparação com amostras de frutas apenas lavadas antes da secagem. O branqueamento dos

frutos durante 3 minutos reduz o tempo de secagem, sendo o tempo dependente da inativação da peroxidase (RAMESH et al., 2001). Ade-Omowage et al. (2001) aplicaram branqueamento antes da desidratação de pimentas em fina camada no secador de leito fluidizado com 60°C e velocidade do ar de 1 m.s⁻¹ e obtiveram permeabilidade de 88% nas células de pimenta, o que permitiu alta transferência de calor e massa, possibilitando secagem em seis horas.

O branqueamento de pimenta demonstra ser eficiente, quando comparado a outros pré-tratamentos físicos, mas promove a lixiviação e a destruição de nutrientes, baixando o valor nutricional, além de causar maiores efeitos ambientais, sendo esses apontados como as maiores desvantagens dos pré-tratamentos convencionais (ADE-OMOWAGE et al., 2001).

Doymas e Pala (2002), ao trabalharem com pimentas da variedade Kahramanmaras (*Capsicum annum L*), utilizaram frutos inteiros, com corte longitudinal e fatiados, tratados com emulsão aquosa de oleato de etila e K₂CO₃, para remover a camada de cera e facilitar a difusão da água para a superfície. Isso diminuiu o tempo e aumentou a eficiência da secagem, promovendo o aparecimento de cor vermelha mais brilhante durante a secagem. O mesmo foi observado por Ergünes e Tarhan (2006), os quais verificaram que pimentas que não sofreram o pré-tratamento com a solução de 2% de oleato de etila + 2% de NaOH + 4% de carbonato de potássio e secas com temperatura do ar de 60°C apresentaram cor mais escura do que as tratadas.

Condições de processamento que afetem a integridade do tecido natural apresentam efeito severo em troca de massa. O rompimento de barreiras estruturais melhora a difusão de água do soluto dentro do produto resultando em equilíbrio mais rápido em favor da captação de soluto (ADE-OMOWAGE et al., 2002).

Para Ade-Omowage et al. (2001), a permeabilidade das células que sofreram pré-tratamentos físicos resultam em altas taxas de secagem, bem como ótima transferência de massa e calor quando comparadas aos pré-tratamentos convencionais. A aplicação de alta pressão hidrostática ou alta intensidade no campo elétrico como pré-tratamento promoveu desintegração das células.

Ao trabalhar com pimentões Ade-Omowage et al. (2002) usaram desidratação osmótica com sacarose e cloreto de sódio como agentes osmóticos e tratamento térmico moderado 25-55°C, além de alta intensidade de pulso elétrico, obtendo bons resultados.

2.5 Secagem Natural

A secagem é uma das operações de pós-colheita mais importantes para ervas e temperos. Ao reduzir o conteúdo de água aumenta a preservação. Alguns produtos são secos não somente com propósitos de preservação, mas também por modificar o sabor, que lhes aumenta os valores de mercado (JANJAI e TUNG 2005).

A secagem natural de pimenta é o método mais comum de secagem nos países em desenvolvimento (JANJAI e TUNG, 2005), sendo praticado amplamente por ser relativamente simples de realizar (JAIN e TIWARI, 2003). A energia solar é uma importante fonte alternativa de energia devido a ocorrer em abundância, ser inesgotável, não ser poluente e ser renovável (BASUNIA e ABE, 2001).

Tradicionalmente, em muitos países como Turquia, Tunísia, Tailândia, Nigéria, Argentina e Brasil, as pimentas são secas expostas à luz solar, necessitando de 8 a 10 dias para secagem. Pimentões e pimentas, considerados os principais produtos agrícolas da Turquia, são secos por métodos naturais através da energia solar ou em secadores que utilizam coletores solares (ATAGUNDUZ e KARAGULLE, 1977; TIRIS et al., 1994; AYENSU, 1997).

Öztekin et al. (1999) relataram um método para secagem de pimenta colhida manualmente três vezes por ano com umidade próxima a 80%. Onde na secagem natural os frutos eram revolvidos de três a quatro vezes por dia, ficando amontoados e cobertos por lona durante a noite.

Farhat et al. (2004) relataram que a Tunísia apresenta entre 2860 e 3200 horas de sol por ano e recebe uma energia solar de $4,8 \text{ kWh.m}^{-2}.\text{dia}^{-1}$. Esta energia é suficiente, especialmente no verão, para secagem pelo método tradicional, o que a torna uma atividade lucrativa.

Testes com pimenta inteira, fatiada longitudinalmente e transversalmente, submetidas à secagem solar foram realizados por Condory et al. (2001), onde a melhor taxa de secagem é verificada nas pimentas cortadas longitudinalmente, sendo necessários três dias para secagem, enquanto que pimentas inteiras precisam em torno de seis dias para atingir a umidade semelhante. As que tiveram corte transversal necessitaram tempo intermediário para a operação.

A secagem natural é muito empregada na região da Ásia-Pacífico (ONG, 1999), no norte da Nigéria onde há grandes extensões e condições climáticas satisfatórias durante a colheita (ADE-OMOWAGE et al. 2001). É também muito usada em Bangladesh (HOSSAIN et al., 2005) e Tailândia (JANJAI e TUNG, 2005).

Na Argentina a pimenta vermelha doce colhida tradicionalmente na Província de Salta é esparramada no terreno e exposta à radiação solar e à ação dos ventos, sendo esta secagem mais lenta (CONDORÍ et al., 2001).

A quase totalidade da pimenta produzida no sul do Brasil é colhida de forma escalonada de fevereiro a maio, de acordo com o estágio de maturação, sendo seca através de sistema natural. Logo após serem colhidos os frutos são submetidos à trituração, sendo então esparramados em fina camada sobre lajes de cimento e revolvidos em intervalos de duas horas. Este processo de secagem necessita de tempo variável dependendo da intensidade solar e presença de ventos.

A secagem de pimenta pelo método tradicional apresenta produto final normalmente com grandes problemas bromatológicos, possibilidade de contaminações por pó, partículas de areia, insetos, fungos e excrementos de roedores e pássaros, sendo considerada tempo-dependente (TUNCER, 1995; AYENSU, 1997; ONG 1999; ÖZTEKIN et al., 1999; CONDORÍ et al., 2001), mas necessita investimentos relativamente desprezíveis (JANJAI e TUNG 2005).

Segundo Öztekin et al. (1999) a intensidade da radiação solar causa reduções de qualidade como perdas de vitaminas ou mudanças de cor nas pimentas secas. Os métodos de secagem convencional não satisfazem às exigências particulares dos padrões avaliados.

Ade-Omowage et al. (2001) observam que em áreas do norte da Nigéria a qualidade e o rendimento do produto desidratado são afetados negativamente pela impossibilidade de controle das condições de desidratação. O mesmo é observado por Janjai e Tung (2005) que relatam ser a taxa de secagem muito lenta na estação chuvosa, devido principalmente ao reumedecimento durante a secagem, o que promove o desenvolvimento de substâncias tóxicas como aflatoxinas, encontradas freqüentemente nos produtos secos nessas condições.

Farhat et al. (2004) observam na Tunísia que a secagem tradicional apresenta problemas devidos a danos por chuva, insetos e contaminação por poeira. Já Hossain et al. (2005), verificam que em Bangladesh pimentas secas ao

sol apresentam baixa taxa de secagem, resultando em produto final com baixa qualidade.

Segundo Öztekin et al. (1999), para obtenção de pimentas secas com alta qualidade, deve ser aumentada a taxa de secagem, e essa deve ser executada em áreas fechadas para prevenir prejuízos causados por chuvas e danos provocados por insetos. Sugerem que para superar tais problemas, os produtores sejam informados quanto à qualidade dos produtos secos por métodos artificiais, e da possibilidade de comercialização por valores três ou quatro vezes maiores em relação ao produto seco ao natural, sendo uma boa alternativa para redução das perdas de pós-colheita e a possibilidade de melhorias na situação econômica dos produtores.

Em Turuçu, no sul do Rio Grande do Sul, a secagem é feita pelo método tradicional, por falta até o momento de opções de secagem com equipamento adequado que mantenha a limpeza e a qualidade do produto final. A forma convencional de secagem tem causado problemas na comercialização em função das impurezas que se agregam ao produto quando exposto ao sol e ao vento (MADAIL et al., 2005).

2.6 Secagem em Secadores Solares

A secagem é um método que preserva o produto, promovendo a redução de umidade, prevenindo o desenvolvimento de fungos, bactérias e insetos que normalmente causam depreciações. Os secadores solares melhorados facilitam a secagem, promovendo o armazenamento por longo período, viabilizando a venda com qualidade no produto final (AYENSU, 1997).

Segundo Tiris et al. (1996), uma alternativa para a secagem tradicional e uma contribuição para a solução dos vários problemas mencionados anteriormente, consiste no uso de secador com energia solar, pois esse sistema não requerer condições de secagem muito estritas, sendo a energia capturada por coletores solares e acrescentada ao ar seco na forma de calor sensível.

Testes em secadores solares mostram que é possível reduzir o tempo de secagem e melhorar a qualidade do produto em comparação com o que ocorre em métodos tradicionais de secagem (ÖZTEKIN et al., 1999).

Para Kumar e Kandpal (2005), o secador solar apresenta maior eficiência em locais que possuem alta incidência solar, sendo o custo unitário uma fração pequena no preço de venda diante da qualidade do produto final.

É fundamental conhecer as exigências específicas dos produtos e oferecer desempenho satisfatório nas demandas de energia necessárias para secagem. Devem ser considerados parâmetros básicos como dimensões, temperatura, umidade relativa, taxa de corrente de ar e as características dos produtos a serem secos (HOSSAIN et al., 2005).

Tiris et al. (1996) desenvolveram um secador solar para pimentas doces e pimentas chilli, observando redução de 2,8 vezes no tempo de secagem e melhor qualidade do produto final em relação ao sistema tradicional, enquanto Koyuncu (2006) verificou de 2 a 5 vezes mais eficiência em relação à secagem tradicional.

Ayensu (1997) projetou um secador solar com princípios de fluxo de calor convectivo. O coletor solar pode transferir 118 W.m^{-2} de potência térmica para o ar de secagem. As trocas térmicas dentro do secador são determinadas em tabelas psicrométricas. O ar ambiente possuía 32°C e 80% de umidade relativa (UR), podendo ser aquecido a 45°C e 40% UR para secar. Já Koyuncu (2006) verifica que secadores solares aumentam a temperatura do ar ambiente de 5 a 9°C .

Em alguns países, como a Argentina, em localidades que possuam alta insolação diária e baixa tendência de precipitações na colheita, realiza-se a secagem em secadores solares, sendo complementada durante a noite. Apresentou um desempenho durante a noite considerado alto, embora a quantidade de água evaporada foi pequena com baixo potencial de secagem (CONDORÍ et al., 2001).

Nos países mediterrâneos os secadores solares são usados durante oito meses por ano, apresentando maior eficiência no verão devido à alta temperatura do ar (FARHAT et al., 2004).

Farhat et al. (2004) verificam em secador solar naturalmente ventilado que a radiação solar transmitida e a taxa de mudança na temperatura do ar são suficientes para fazer uma operação de secagem, sendo que o fim do processo ocorre com reduções superiores a 80% de peso.

Koyuncu (2006) projetou dois tipos de secadores solares com circulação natural de ar. Os secadores foram experimentados sem produto e com produto, sendo também testados com chaminé e sem chaminé, a fim de determinar o efeito da chaminé no fluxo de ar. Verificou que secadores com chaminé dão melhor fluxo

de massa de ar, aumentando a velocidade do ar. A pintura de preto na superfície absorvente solar eleva a eficiência dos secadores.

Para Condorí et al. (2001), a energia solar disponível só é apropriadamente usada durante o primeiro dia, quando o produto ainda tem conteúdo de água alto. Durante os dias seguintes o conteúdo de água do produto e a água de evaporação diminuem, baixando a eficiência térmica do sistema, que apresenta comportamento melhor em regiões que possuam amplitude térmica alta e umidade relativa baixa.

Segundo Koyuncu (2006). para áreas que têm um clima chuvoso e uma umidade relativa alta a secagem de pimenta apresenta limitações

A umidade ambiente alta é perigosa para o produto, especialmente quando ainda está úmido, pois o crescimento de fungos é favorecido (CONDORÍ et al., 2001).

Segundo Hossain et al. (2005) a corrente natural de ar nos secadores solares sofre limitações, sendo necessário acoplarem um sistema alternativo de ventilação utilizando energia elétrica ou combustível fóssil.

Depois da secagem de pimenta os secadores solares podem ser usados posteriormente para secar uma diversidade de produtos agrícolas, especialmente frutas e legumes, prevenindo desperdício e retendo o valor nutricional do material (KOYUNCU, 2006).

2.7 Secagem Artificial

Segundo Elias et al. (2002), pode-se conceber a secagem como um processo de transferência simultânea de calor e de massa. O ar, ao mesmo tempo em que fornece calor ao sistema, absorve água do produto em forma de vapor. O gasto de energia provocado pela evaporação da água é acompanhado por um resfriamento do ar. Contudo o ar absorve em forma de vapor o que transmite em forma de calor, caracterizando um processo adiabático ou isoentálpico.

A secagem é definida, geralmente, como a remoção de líquido de um sólido por evaporação. Neste processo o material úmido está em contato com o ar insaturado e obtém-se, como resultado, a diminuição do conteúdo de água do produto simultaneamente com a umidificação do ar. Dois estágios definem o processo total de secagem: o aquecimento do material e a evaporação da água.

Então a secagem tem por finalidade a redução de umidade de um produto até atingir o nível desejado (STRUMILLO e KUDRA, 1986).

Durante a secagem os produtos vegetais entram em contato com o ar, realizando trocas até que pressões de vapor e temperatura do ar sejam semelhantes, atingindo o equilíbrio energético, hídrico e térmico. Quando a pressão de vapor do ar for menor do que a do produto haverá secagem e, quando a temperatura do ar for maior, ocorrerá aquecimento do produto (ELIAS et al., 2002).

Para Krokida et al. (2003) o objetivo básico da secagem para produtos alimentícios é a remoção de água, aumentando os sólidos até níveis que minimizem o crescimento microbiano e deterioração, além das reações químicas serem minimizadas.

A seleção das condições de secagem adequadas é necessária para diminuir o estresse térmico, secagem excessiva e manutenção dos componentes relevantes, sendo essas determinantes da qualidade do produto.

Para secagem de frutas e hortaliças, os secadores mais utilizados são os dotados de circulação forçada de ar, do tipo armário ou túnel, cuja direção do fluxo de ar pode ser paralela ou perpendicular. A matéria-prima é distribuída em bandejas ou esteiras de tela perfurada. O escoamento de ar pode ser contra corrente, em paralelo, cruzado ou a combinação dos dois primeiros escoamentos (duplo estágio), ou mesmo de três (múltiplo estágio) (JAYARAM e DAS GRUPTA, 1992).

Segundo Krokida et al. (2003), a temperatura do ar na secagem é o fator mais importante, enquanto os efeitos da velocidade ar e da umidade do ar são considerados mais baixos.

Para secagem dos produtos são empregadas diferentes fontes de calor para promover o aquecimento do ar, sendo os mais comuns os combustíveis fósseis, a eletricidade e a energia solar (EKECHUKWU, 1999).

A praticidade, o potencial energético, a disponibilidade e o custo é o que normalmente definem a opção de quem realiza a secagem. Há que se considerarem também a eficiência técnica e econômica, os efeitos sobre o meio ambiente, o domínio tecnológico do processo e do produto, bem como o efeito sobre a qualidade do produto seco e o conforto aos operadores dos equipamentos. Ações de ambientalistas associadas aos dispositivos das leis de proteção ao ambiente têm trazido dificuldades ao uso da lenha como combustível, seja pelo

constante combate aos desmatamentos, seja pela problemática típica associada ao reflorestamento (ELIAS, 1999).

Os combustíveis gasosos oferecem simplicidade no sistema, facilidade de operação e excelente controle de temperatura, favorecendo em muito a automação da secagem (WEBER, 1998).

Secadores usando ar forçado provocam muito mais uniformidade de secagem, rapidez e higiene, sendo inevitáveis para obtenção de alimentos de alta qualidade (TUNCER, 1995 e ÖZTEKIN et al., 1999).

2.8 Secagem Artificial em Outros Secadores

A Espanha apresenta duas regiões distintas de produção de pimenta que são La Vera e Murcia. Em La Vera, a secagem dos frutos de *Capsicum* na forma inteira ou em quartos, ocorrendo por meio de secador vertical que produz calor e fumaça de madeira, enquanto em Murcia são secas ao sol. Nos secadores o processo dura de 12 a 15 dias, com temperaturas de cerca de 40°C durante os primeiros 5 dias e passa para 60°C até o término do processo, onde o conteúdo de água dos frutos secos é abaixo de 15%. Os pedúnculos e parte das sementes são retirados dos frutos secos para serem moídos em moinhos de pedra tradicionais (MATEO et al., 1997).

Segundo Ramesh et al. (2001), a secagem em secador piloto diminui o tempo de secagem e promove incremento na qualidade, devido ao grande volume de ar insuflado e à maior superfície de exposição do produto.

Em pimentas da variedade Kahramanmaras (*Capsicum annum L*), Doymas e Pala (2002) preconizou a secagem em secador de cabine, com temperatura entre 50 e 60°C, até atingirem um conteúdo de umidade de 11%.

Akpinar et al. (2003), estudando o comportamento na secagem de pimentas oriundas de Kahramanmaras, na Turquia, com secador convectivo em camadas finas, com temperaturas do ar de 55, 60 e 70 °C provenientes de resistência elétricas de 3.000W, colocadas dentro do tubo de admissão de ar e a uma velocidade do ar de 1,5 m.s⁻¹. Verificando a secagem até as pimentas atingirem um teor de água de 10% com períodos entre 160 e 300 minutos.

Segundo Akpinar et al. (2003), a taxa de secagem diminui continuamente com o tempo de secagem, não havendo nenhuma taxa constante nas curvas durante o período de secagem. Os resultados estão de acordo com os verificados por (KAYMAK-ERTEKIN, 2002; PASSAMAI e SARAIVIA, 1997).

Krokida et al. (2003) realizaram secagem de pimenta com temperaturas do ar de 65, 75 e 85°C, umidade relativa de 20, 30 e 40%, e velocidade do ar de 1,5; 2,0 e 2,6 m.s⁻¹. Verificam aceleração do processo de secagem devido ao aumento da temperatura do ar de 65 a 85°C.

Tunde-Akintunde et al. (2005), secando pimentão ao sol e por sistema artificial, observaram que as taxas e curvas de secagem. Sendo que no método artificial o efeito da temperatura do ar de secagem facilitou a difusão da água das regiões internas para a superfície do produto.

Tasirin et al. (2006) observaram mudança na superfície da pimenta durante a secagem, pois em camada fina e presença de alta temperatura e velocidade do ar, a película (epiderme) da pimenta começa a dobrar mais cedo.

2.9 Capsaicinóides

Os trabalhos mais antigos atribuem à herança da pungência a um gene dominante, já os realizados depois da segunda metade do Século XX definem a herança desta característica a poucos genes de efeito mais pronunciado e à existência de um complexo poligênico que regula a expressão da pungência (SACCARDO, 1992; WAGNER, 2003).

Alguns autores classificam os capsaicinóides como compostos que fazem parte do grupo dos compostos fenólicos (MÍNGUEZ-MOSQUERA e HORNERO-MÉNDEZ, 1993; ESTRADA et al., 2002), presentes em todos os tecidos vegetais e, freqüentemente o metabólico secundário mais abundante nos frutos de pimenta (ESTRADA et al., 2002). Outros autores os classificam como alcalóides considerados os principais compostos do gênero *Capsicum*, responsáveis pela pungência (ATTUQUAYEFIO e BUCKLE, 1987; PERUCKA e OLESZEK, 2000; SIMÕES et al., 2001; ESTRADA, 2002) além de apresentar a maior atividade biológica presente no fruto (PERUCKA e OLESZEK, 2000; SIMÕES et al., 2001).

A classificação como composto fenólico deve-se à presença do anel aromático com um hidrogênio substituído por um grupamento hidroxila (SIMÕES, 2001). A classificação como alcalóide deve-se à presença do nitrogênio. Os alcalóides são compostos nitrogenados farmacologicamente ativos, encontrados predominantemente nas angiospermas. Como o átomo de nitrogênio está fora do anel aromático pode ser classificado como um protoalcalóide (SIMÕES et al., 2001).

A capsaicina é sintetizada pela condensação da vanililamina com uma cadeia longa de ácidos graxos, sendo os ácidos graxos sintetizados, a partir da valina e a valililamina proveniente da via dos fenilpropanóides (LEETE e LONDEN, 1968).

Em 1912, Scoville desenvolveu uma metodologia de análise sensorial da pungência, avaliada pela Escala de Unidade de Calor Scoville (Scoville Heat Units – SHU), utilizada para expressar a quantidade de pungência. Cultivares com até 30.000 SHU são tidas como de baixa pungência, com 30.000 a 75.000 SHU, consideradas de média pungência. São classificados como de alta pungência se apresentam de 75.000 a 120.000 SHU, e de muito alta pungência se acima de 120.000 SHU (REIFSCHNEIDER, 2000).

Com o advento de novas tecnologias, técnicas de espectrofotometria e cromatografia foram desenvolvidas e permitiram maior conhecimento sobre as substâncias bioquímicas envolvidas na pungência. Uma das técnicas disponíveis e que apresenta maior precisão na quantificação da pungência é a cromatografia líquida de alta eficiência (HPLC), onde a concentração de uma parte por milhão (ppm) de capsaicinóides corresponde a 15 SHU (BOSLAND, 1993; WAGNER, 2003).

O método espectrofotométrico de determinação de capsaicinóides em frutos de pimenta vermelha e o método de HPLC foram comparados por PERUCKA e OLESZEK (2000). O alto fator de correlação observado para estes métodos ($R^2=0,93$) provou que qualquer um dos dois métodos pode ser usado para determinar o total de capsaicinóides em frutos de pimenta vermelha.

Mais de 20 capsaicinóides (ZEWDIE e BOSLAND, 2001; DUARTE et al., 2004) já foram identificados e estes variam entre si pela presença ou ausência de insaturações (ZEWDIE e BOSLAND, 2001), pelo local das insaturações, pelo tamanho da cadeia (PERUCKA e OLESZEK, 2000; ZEWDIE e BOSLAND, 2001,) e pelos pontos de ramificação (ZEWDIE e BOSLAND, 2001).

Os principais capsaicinóides são a capsaicina e a diidrocapsaicina (PERUCKA e OLESZEK, 2000; ESTRADA et al., 2002; DUARTE et al., 2004) que perfazem o total de aproximadamente 90% destes compostos. Dos principais capsaicinóides a proporção de capsaicina sempre foi mais alta que a de diidrocapsaicina (ESTRADA et al., 2002), e esta por sua vez é superior a de nordiidrocapsaicina (WAGNER 2003). A Figura 1 apresenta as estruturas dos principais alcalóides

Mais de 90% da pungência é produzida em glândulas presentes na placenta dos frutos (ESTRADA et al., 2002; WAGNER, 2003). Estudos mostram que as quantidades no pericarpo e semente são bem menores (ESTRADA et al., 2002).

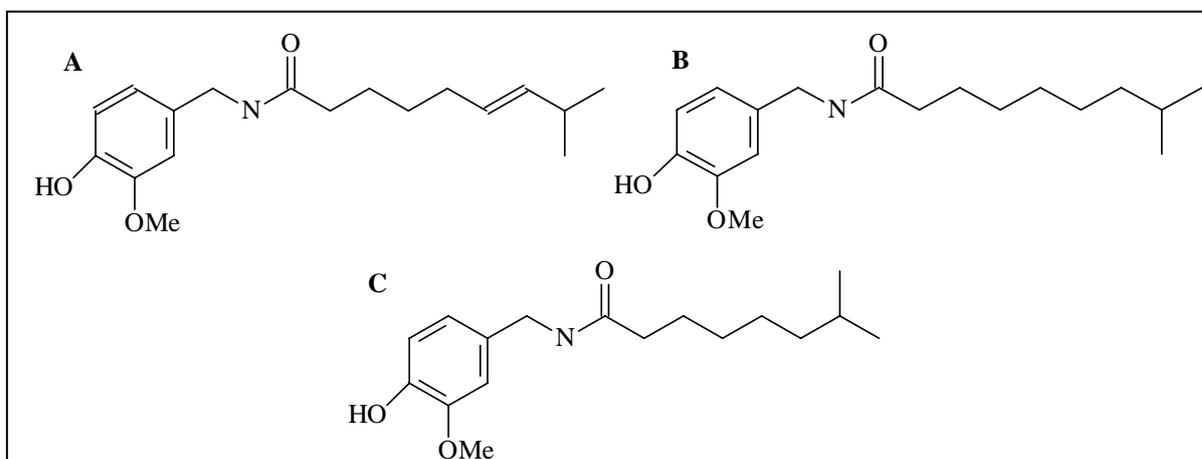


Figura 1 - Estruturas dos capsaicinóides (A) capsaicina, (B) diidrocapsaicina e (C) nordiidrocapsaicina.

A ardência é percebida no organismo humano pelos receptores químicos que desencadeiam diversos processos fisiológicos. Os capsaicinóides apresentam efeito diferenciado quanto à sensação de ardor. Dentre os três principais, a nordiidrocapsaicina é o capsaicinóide menos irritante, sendo sua ardência localizada na frente da boca e no palato. A sensação de ardor é percebida imediatamente após a ingestão da pimenta e rapidamente dissipada. Já a capsaicina e diidrocapsaicina causam maior irritação e são descritas como tendo uma típica sensação de ardor no meio da boca e no palato, bem como na garganta e na parte posterior da língua (BOSLAND, 1993). Diferentes combinações de capsaicinóides produzem diferentes características de ardência (COLLINS e BOSLAND, 1994).

Para Reifschneider (2000), as pimentas apresentam diferentes teores de capsaicinóides: as pápricas “quentes” possuem de 0,003 a 0,01%; as pimentas suaves, de 0,05 a 0,3% e, as pimentas fortes, entre 0,3 e 1%.

Os genótipos doces não apresentaram nenhum pico, no comprimento de onda de 280nm. Já os genótipos pungentes apresentaram de um a três picos correspondentes a nordihidrocapsaicina, capsaicina e dihidrocapsaicina, bastando apresentar um dos três picos para o genótipo ser considerado pungente (WAGNER, 2003).

A espécie *annuum* apresenta a seguinte concentração nos compostos fenólicos: capsaicina 69%, dihidrocapsaicina 22%, nordihidrocapsaicina 7%, homocapsaicina 1%, homodihidrocapsaicina 1% (MÍNGUEZ-MOSQUERA e HORNERO-MÉNDEZ, 1993; ZEWDIE e BOSLAND, 2001).

Estrada et al. (2002) ao estudarem pimentas (cv. Padro'n) verificam compostos fenólicos, e particularmente de capsaicinóides, ao longo do talo.

A presença de capsaicinóides nos frutos varia em função do genótipo e das condições ambientais. O início do acúmulo pode ser verificado de quatorze a quarenta dias após a antese, sendo o máximo entre vinte e cinco e setenta dias e o decréscimo acima de cinquenta dias, após o florescimento (CURRY et al., 1999; ESTRADA et al., 2000; KIRSCHBAUM-TITZE et al., 2002).

Zewdie e Bosland (2001) observaram a partir de estudos da síntese de capsaicinóides, que após uma semana de florescimento o nível de capsaicinóides vai aumentando de acordo com a espécie. Em estudos com *C. annum* foram detectados capsaicinóides após vinte dias do florescimento, chegando ao nível máximo com aproximadamente quarenta dias e decréscimo após cinquenta dias do florescimento.

Wagner et al., (2000) avaliando frutos colhidos em três regiões da planta: basal, intermediária e apical, submetidas a duas condições de insolação (maior e menor insolação) não constatou diferença significativa na pungência em função da posição dos frutos na planta, provavelmente devido à alta insolação registrada no local de instalação do experimento. Ela deve ter sido suficiente para que os frutos localizados nas três regiões sintetizassem a mesma quantidade, diferentemente do que afirma Estrada et al. (2002), onde frutos localizados na região apical da planta são os mais pungentes.

Segundo Pordesimo et al. (2001), a concentração de capsaicinóides totais em pimentas cv. jalapeño frescas não mudaram significativamente quando realizadas colheitas progressivas, não havendo diferença entre a concentração de capsaicinóides totais de pimentas verdes e pimentas frescas vermelhas.

O acúmulo de capsaicinóides está associado com os estágios de desenvolvimento, a idade e o tamanho do fruto. Estudos têm demonstrado que fatores como temperatura, luz, composição do solo e nível de fertilizantes também podem afetar o conteúdo de capsaicinóides (ESTRADA et al., 2002) e, que frutos cultivados na primavera-verão são mais pungentes, uma vez que o clima afeta na síntese de capsaicinóides (WAGNER, 2003).

Contreras-Padilha e Yahia (1997), citados por Wagner (2003) verificam uma relação inversa na evolução do teor de capsaicinóides e na atividade da peroxidase, indicando que esta enzima está envolvida na degradação dos capsaicinóides.

Com o processo de maturação o teor de ligninas diminui, coincidindo com o processo de amadurecimento do fruto, uma vez que a maturação exige uma reestruturação da parede celular do fruto, isto permite que a peroxidase e a capsaicina que estavam em compartimentos celulares distintos entrem em contato e promovam a oxidação (ESTRADA et al., 2000; WAGNER, 2003).

Quando células da placenta de frutos de pimenta sofrem ruptura celular sob condições de homogeneização, ocorre decréscimo no conteúdo de capsaicina. Esse decréscimo não é observado em frutos que são apenas cortados no meio (WAGNER, 2003). Isso indica que processos oxidativos devem estar causando o decréscimo no teor de capsaicinóides (KIRSCHBAUM-TITZE et al., 2002).

2.10 Ésteres Metílicos dos Ácidos Graxos

Os ácidos graxos insaturados, são muito importantes na dieta humana, estando presentes no pericarpo, sendo que os mais representativos são o linoléico e o linolênico. Reifschneider (2000) e Orhan et al. (2002) fizeram um estudo do conteúdo de ácidos graxos no pericarpo e nas sementes de três variedades de *Capsicum* L., variedade *longum* L., variedade *grossum* L. e variedade *frutescens*, frutos estes com formas físicas bem diferentes, tanto no tamanho quanto na forma.

Orhan et al. (2002) verificaram os valores de ácidos graxos no pericarpo e nas sementes de três variedades de *Capsicum*, variedade *longum* L., variedade *grossum* L. e variedade *frutescens*. Encontrando nas sementes e frutos da variedade *longum* somente ácidos graxos saturados, nas outras variedades encontraram alguns ácidos graxos insaturados; nas duas primeiras variedades, o ácido graxo mais representativo foi o ácido palmítico e, na variedade *frutescens* foi o ácido linoléico.

Os conteúdos de ácidos graxos saturados e insaturados de pimenta *Capsicum annum*, foram avaliados em sementes colhidas de frutos a partir de 15 e 25 dias após a frutificação. O ácido linoléico foi o mais abundante, seguido pelo ácido palmítico (BOONSIRI et al., 2007).

Segundo Boonsiri et al. (2007) em sementes colhidas 15 dias após a frutificação, os níveis dos ácido palmítico, ácido esteárico, ácido elaídico e ácido linolênico eram mais altos que em sementes retiradas de frutos 25 dias após a frutificação. Os níveis de ácido linoléico eram mais baixos em sementes com 15 dias após a frutificação comparada com 25 dias. Os ácidos palmitoléico e oléico só foram encontrados em sementes colhidas 25 após a frutificação.

Sementes jovens apresentavam baixo nível de ácidos graxos não saturados e nível mais alto de ácidos graxos saturados, comparadas com sementes maduras (BOONSIRI et al., 2007).

Em sementes colhidas 25 dias após a frutificação a relação do percentual de ácidos graxos insaturados e saturados eram duas vezes maior do que em sementes colhidas 15 dias após a frutificação (BOONSIRI et al., 2007).

A presença de ácidos graxos não saturados (principalmente linoléico) acelera a degradação das xantofilas diminuindo sua ação antioxidante (PÉREZ-GÁLVEZ e MÍNGUEZ-MOSQUERA, 2002).

2.11 Carotenóides

A cor da maior parte dos frutos deste gênero deve-se à presença de pigmentos naturais denominados carotenóides que são sintetizados durante o amadurecimento do fruto (MATUS et al., 1991; DUARTE et al., 2004). Dentre os carotenóides, os maiores responsáveis pela coloração dos frutos são a capsantina e a capsorrubina (WEISSENBERG et al., 1997; ZEWDIE e BOSLAND, 2001; DUARTE et al., 2004; UQUICHE et al., 2004).

Os carotenóides são constituintes dos cromoplastos e na maior parte da vida da planta são sintetizados como protetores contra processos oxidativos (OLIVER et al., 1998). A cor vai depender da capacidade de sintetizar carotenóides e da retenção dos pigmentos clorofílicos (COLLERA-ZÚÑIGA et al., 2005).

Os carotenóides apresentam-se na forma de pigmentos amarelos, alaranjados e vermelhos (ALINGER, 1976; BRUNETON, 1991; BRUNETON, 2001). Esta cor provém, assim como a sensibilidade a oxidação, do grande número de ligações duplas conjugadas (ALINGER, 1976; BRUNETON, 2001; CSERHATI e FORGACS, 2001).

Os frutos maduros das diferentes variedades de pimentas apresentam altas concentrações destes compostos (MÍNGUEZ-MOSQUERA e HORNERO-MÉNDEZ, 1993), sendo que o conteúdo (quantidade e composição) varia de acordo com a espécie, variedade (OLIVER et al., 1998; CSERHATI et al., 2000), época do ano e grau de maturação (OLIVER et al., 1998).

A cor vermelha (WEISSENBERG et al., 1997; COLLERA-ZÚÑIGA et al., 2005) e brilhante (WEISSENBERG et al. 1997) das diferentes espécies de pimentas deve-se principalmente a biossíntese de ceto-carotenóides (LEVY et al., 1995; COLLERA-ZÚÑIGA et al., 2005) ou carotenóides oxigenados chamados de xantofilas (WEISSENBERG et al. 1997), sendo que os principais são a capsorrubina e capsantina (LEVY et al., 1995; WEISSENBERG et al., 1997; BRUNETON, 2001; ZEWDIE e BOSLAND, 2001; DUARTE et al., 2004; COLLERA-ZÚÑIGA et al., 2005), que contribuem com 65 a 80% da cor total do fruto maduro (WEISSENBERG et al., 1997).

A forma esterificada das xantofilas tem grande estabilidade quando comparada com a forma livre (WEISSENBERG et al., 1997). Nos frutos maduros mais pigmentos são esterificados com ácidos graxos tornando-os lipossolúveis (MÍNGUEZ-MOSQUERA e HORNERO-MÉNDEZ, 1993).

Os ésteres xantofílicos lipossolúveis da pimenta vermelha são provavelmente metabolizados e exibem atividade da pró-vitamina A. Consequentemente apresentam agentes quimiopreventivos para o câncer (MÍNGUEZ-MOSQUERA e HORNERO-MÉNDEZ, 1993; WEISSENBERG et al., 1997), pois o aparecimento de alguns tipos de câncer está ligado à falta de certos carotenóides oxigenados (xantofilas) na dieta (MÍNGUEZ-MOSQUERA e HORNERO-MÉNDEZ, 1993).

Segundo Collera-Zúñiga et al. (2005), o α -caroteno, a luteína e a β -criptoxantina apresentam inicialmente atividade anti-tumoral.

Análises em HPLC (LEVY et al., 1995) demonstraram que uma grande variação no conteúdo de carotenóides em sementes de vários genótipos de *Capsicum*, enquanto o conteúdo total de carotenóides é geralmente mais alto em *C. annuum* do que em outras espécies.

Cserhádi e Forgács (2001) constataram que os métodos de cromatografia líquida têm sido largamente empregados para análises de pigmentos em alimentos. Nesse trabalho os autores identificaram o conteúdo de carotenóides em frutos de várias espécies do gênero *Capsicum*.

Outro método de verificação indireta da intensidade da presença dos carotenóides é a observação por meio da colorimetria, que é a parte da ciência das cores com o propósito de especificar numericamente a cor de determinado estímulo visual. A colorimetria permite avaliar pequenas diferenças de cor que um observador não pode perceber (WYSZECKI, 1982 apud SCHÜNEMANN, 2006).

Em 1976 a Comissão Internacional de Iluminação (CIE) determinou dois espaços de cores, sendo um deles intencionado no uso de cores com iluminação própria e o outro intencionado para avaliação de cores de superfície. O último é conhecido como espaço de cores CIE 1976 (L^* , a^* , b^*) ou CIELAB, baseado em coordenadas cartesianas (STAR COLOR, 2004).

As medidas instrumentais de cor são realizadas comumente através de colorímetros e espectrofotômetros, em equipamentos como Minolta e Hunter. Estes equipamentos iluminam a amostra como uma fonte controlada e medem a quantidade de luz refletida em diferentes comprimentos de onda (400 – 700nm). A partir dos dados de luz refletida por comprimento de onda, os valores da cor das amostras são calculados de acordo com escalas tridimensionais de cor (STAR COLOR, 2004).

Para Aleman e Navarro (1973) e Salmeron (1973) a diminuição da taxa de água na amostra de pimenta depende dos processos de pré-tratamento e do sistema de secagem usado, havendo influência na estabilidade do pigmento. O mesmo é observado por Ramesh et al. (2001), segundo os quais o produto cortado e branqueado a vapor por 3 minutos apresenta maior retenção de carotenóides, vitamina C e tocoferol.

Para Krajayklang et al., (2001) a pimenta cortada em seções pequenas resulta em taxas de secagem mais altas, maior rendimento e qualidade superior no parâmetro cor durante o armazenamento.

Significativas mudanças na coloração ocorrem em produtos durante a secagem (KROKIDA et al, 1998). Minguez-Mosquera et al., (1994) mostram haver síntese dos carotenóides durante a secagem lenta de pimentas.

A degradação do pigmento na pimenta coincide com a destruição das vitaminas C e E, continuando com a degradação dos carotenóides amarelo e vermelho devida à oxidação deles com o ar. Ao mesmo tempo, a oxidação é influenciada por fatores externos os quais podem ser de natureza física, como temperatura, umidade, luz e outros, ou química, como a presença de íons metálicos, enzimas, peróxidos, e outros (ALEMAN e NAVARRO, 1973; SALMERON, 1973).

Baixas temperaturas na secagem não alteram significativamente as propriedades do produto e temperaturas altas reduzem drasticamente o teor de vitaminas (TONG E LUND, 1990; ZOGZAS et al. 1994; KARATHANOS et al., 1996).

A estabilidade da maioria dos carotenóides durante o armazenamento é dependente das condições da temperatura de secagem (CARNEVALE et al., 1980; RAMESH et al., 2001). Em pimentas secas por processo lento, monitorando-se o teor de carotenóides, verifica-se não haver papel antioxidante do ácido ascórbico durante o processo bem como no produto final, apesar dos frutos *in natura* serem relativamente ricos (PEREZ-GALVEZ et al., 2004).

Para Schünemann (2006) produtos desidratados que apresentam coloração mais escura sofrem limitações na aceitação comercial, podendo desenvolver sabor e aroma impróprio.

2.12 Sensorial

A análise sensorial possibilita um controle dos atributos sensoriais de qualidade, sendo um meio para os fabricantes de alimentos determinarem a preferência e a aceitação do mercado com a finalidade de obter um produto que satisfaça tal característica e máxima economia de produção. A qualidade sensorial dos alimentos é vista pelo consumidor de maneira global, mesmo sendo percebida

de maneira individual pelos sentidos humanos, tais como: cor, sabor, aroma e textura (GULARTE, 2002; SCHÜNEMANN, 2006).

Existem métodos analítico-instrumentais efetivos para detectar o surgimento de problemas durante o processamento e o armazenamento de alimentos, entretanto, muitas vezes estes são incapazes de medir alterações perceptíveis que afetam a aceitação do produto. Os métodos de análise sensorial podem ser classificados como afetivos, discriminativos e descritivos.

Os métodos afetivos são determinados por consumidores não treinados que identificam a condição de preferência e aceitação de determinado produto. Os métodos discriminativos são utilizados para detectar diferenças entre produtos. Nesta análise existem respostas certas e erradas e o resultado é determinado pelo número de respostas corretas. Os métodos descritivos descrevem sensorialmente os produtos. Ou seja, definem os atributos importantes de um alimento (aparência geral, cor, aroma, pungência) e medem a intensidade de tais atributos, sendo necessários no mínimo oito julgadores treinados. Podem-se citar as análises de perfil de sabor, textura, análise descritiva quantitativa (ADQ) e perfil livre (SCHÜNEMANN, 2006).

Segundo Meilgard et al. (1999), os atributos no alimento tendem a ser percebidos na seguinte ordem: aparência, aroma/fragrância, consistência ou textura e sabor. Os autores relatam que a aparência é frequentemente o único atributo em que baseamos a nossa decisão de rejeitar ou não um alimento.

A cor é considerada o primeiro estímulo percebido pelo consumidor ao adquirir ou desprezar um produto alimentício, sendo considerada um fator preponderante para decisão de compra.

Para Ramesh et al. (2001), a pimenta tipo páprica seca sofre reações enzimáticas de escurecimento e perdas severas dos componentes do aroma, os componentes amargos aparecem em adição às mudanças significativas, reduzindo consideravelmente o valor de mercado.

A utilização de secadores com ar quente permite maior rapidez, uniformidade e higiene ao produto (CHUNG et al., 1992; MINGUEZ-MOSQUERA et al., 1994), sendo que significativas mudanças na coloração ocorrem em produtos durante a secagem (KROKIDA et al., 1998). Segundo Kim et al (1982) a cor da pimenta desidratada apresenta um vermelho mais enegrecido quando comparada com a seca ao sol.

A composição química dos alimentos é altamente complexa e inclui substâncias voláteis e não voláteis. Os aromas mais simples podem ter de 50 a 200 constituintes, algumas vezes presentes em traços (VAN RUTH et al., 2003).

Segundo Manteigoso (1981), citado por Van Ruth e Roozen (1994), parte das combinações de aroma estão presentes nos frutos intactos, enquanto muitos outros só são produzidos quando o tecido é rompido.

O rompimento de tecidos dá origem à rápida degradação hidrolítica e oxidativa dos lipídios e degradação de vários compostos responsáveis pelo sabor desejável e indesejável (TRESSL et al., 1981; HATANAKA et al., 1983).

A resposta sensorial a estes aromas pode ser afetada pelas concentrações relativas dos compostos e pela temperatura em que o produto é consumido (VAN RUTH e ROOZEN, 1994), assim como a forma física (VAN RUTH e ROOZEN, 1994; VAN RUTH et al., 1995) e mudanças durante o consumo.

O aroma é detectado quando compostos voláteis são percebidos na cavidade nasal e pelo sistema olfativo externo. Já o sabor tem sido definido como a impressão percebida através de sensações químicas de um produto na boca (MORI, 1983 apud SCHÜNEMANN, 2006).

Os frutos do gênero *Capsicum*, frescos ou secos, apresentam aroma agradável, apesar de possuírem composição de voláteis distintas nas diferentes espécies (VAN RUTH e ROOZEN, 1994) e grau de maturação (MAZIDA et al., 2004), sendo constituídos por uma grande quantidade de compostos como terpenos e seus derivados (KOCSIS et al., 2002), álcoois, aldeídos, cetonas, ácidos carboxílicos, ésteres (KOCSIS et al., 2002; VAN RUTH et al. 2003), hidrocarbonetos, derivados do benzeno, compostos fenólicos, compostos com enxofre e cíclicos contendo nitrogênio, entre outros (KOCSIS et al., 2002).

Os frutos pungentes são mais aromáticos e apresentam em sua constituição volátil muito mais terpenos, sesquiterpenos e derivados de terpenos do que os frutos doces. Os frutos frescos se caracterizam pela presença de álcoois e aldeídos com cinco e seis carbonos na constituição dos voláteis (KOCSIS et al., 2002).

Van Ruth e Roozem (1994), avaliando os constituintes voláteis de *C. Annuum* seca, de origens diferentes (Chile, Hungria e Turquia), objetivando comparar o perfil do aroma das três amostras de procedência diferente, identificam 45 compostos voláteis, concluindo que as amostras apresentam o mesmo perfil.

Luning et al. (1995), estudando efeitos da secagem no aroma através de métodos sensoriais e mecânicos verificaram diminuições nos níveis de aroma com aumentos da temperatura, resultando diminuição no aroma sensorio.

Alterações do aroma podem ser provocadas pelo cozimento de pimentas frescas, principalmente por mudanças na estrutura do composto 3-isobutil-2-metoxipirazina (VAN RUTH e ROOZEN, 1994), como podem ocorrer por variações provocadas pelos componentes da saliva, tais como a mucina e a α -amilase que provocam a liberação do flavor (VAN RUTH et al., 1995).

Ao analisarem diferentes combinações de voláteis em pimentas doces e quentes Mateo et al. (1997) encontram produtos derivados do metabolismo dos carboidratos e a degradação de Strecker. A presença de 2-metoxi-3-isobutilpirazina, que compõe a combinação de aroma característica de *Capsicum* fresco, não foi encontrada. Dos voláteis isolados, ácido acético, fenóis, acetato de etila, metil ramificados em aldeídos e ácidos, e outras carbonilas seriam esperadas para contribuir no sabor global de páprica.

As combinações de voláteis em pimentas doces e quentes foram avaliadas em amostras no comércio espanhol, sendo analisada através de espectrometria de massa e cromatografia gasosa (GC-MS), sendo identificados ao redor de 55 picos diferentes de aroma, mas apenas 24 estavam presentes em todas as amostras. As substâncias identificadas pertenciam a várias classes: fenóis, aldeídos, ácidos, cetonas, álcoois, éteres, compostos nitrogenados, hidrocarbonetos aromáticos, alcanos e ésteres. O ácido acético era sem dúvida a combinação mais abundante seguida pelas 1,3 e 2,3-butanodiol, acetona, 3-metilbutanol, acetato de etila, e dimetoxifenol. Muitas das substâncias voláteis eram provavelmente originadas da fumaça aplicada durante a fase de desidratação (MATEO et al., 1997).

Kocsis et al. (2002), investigando por meio de cromatografia gasosa acoplada a espectrometria de massa (GC/MS) o perfil do aroma de *C. annuum* de duas variedades, uma pungente e outra doce, encontraram 197 compostos voláteis, sendo 77 comuns às duas variedades. O 3-metilbutanal é o mais abundante dos compostos voláteis em pimenta, seguido do 2-metilbutanal (RUTH, 2003).

Mazida et al. (2004) ao estudarem os seis principais compostos voláteis responsáveis pelo aroma da pimenta: 3-isobutil-2-metoxipirazina, hexanal, 2,3-butadiona, 3-careno, trans-2-hexenal e o linalol, observaram que durante o amadurecimento o hexanal (aroma característico de plantas verdes) e o 3-isobutil-2-

metoxipirazina (aroma característico de capim) diminuem enquanto os compostos com aroma doce tais como 2,3-butadiona, 3-careno, trans-2-hexenal e o linalol aumentam.

Análises de compostos voláteis de pimentas frescas em diferentes estádios de maturação mostram que com o amadurecimento do fruto os compostos do aroma sofrem variações, tanto em composição quanto em quantidade. Os voláteis do fruto verde decaem ou desaparecem enquanto os do aroma doce vão aparecendo (MAZIDA et al., 2004).

Os frutos secos se caracterizam pela presença de compostos como 2-metilbutanal, 3-metilbutanal e 1-octen-3-ona. Os aldeídos ramificados são formados por degradação de Strecker da isoleucina e muitos outros compostos são formados pelas reações de oxidação de lipídeos (MAZIDAM et al., 2004).

As pimentas quentes são apreciadas devido a atributos sensoriais como a cor, a pungência, o aroma (PERUCKA e OLESZEK, 2000; DUARTE et al., 2004) e o sabor, características estas atribuídas à presença de capsaicinóides, que apesar de tornarem o fruto atraente ao consumo são compostos que não apresentam valor nutricional (DUARTE et al, 2004).

3 MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado em duas propriedades rurais do município de Turuçu, no sul do Rio Grande do Sul, no Laboratório de Pós-colheita, Industrialização e Qualidade de Grãos do Departamento de Ciência e Tecnologia Agroindustrial, da Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, e no Laboratório do Departamento de Química Orgânica do Instituto de Química e Geociências, da Universidade Federal de Pelotas.

3.1 Material

Pimenta (*Capsicum baccatum* var. *pendulum*), conhecida popularmente como dedo-de-moça, calabresa ou, simplesmente, pimenta vermelha.

3.2 Delineamento Experimental

O estudo constou de 12 amostras de pimentas decorrentes do delineamento experimental inteiramente casualizado entre quatro tratamentos (secagem natural e artificial com três temperaturas), com três repetições, avaliando-se umidade, capsaicinóides, ésteres metílicos, carotenos, xantofilas, cor, sensorial (aparência, cor, aroma, pungência), custo (energia elétrica + gás de petróleo) e estatística, com três triplicatas, perfazendo 468 determinações, conforme Tabela 1.

Tabela 1 - Tratamentos decorrentes da interação entre secagem e temperatura nas características físico-químicas e sensoriais de pimenta

Tratamentos	Variáveis Independentes		Variáveis Dependentes
	Secagem	Temperatura (°C)	
			Dinâmica de secagem
			Umidade
			Capsaicinóides
			Ésteres Metílicos
1	Natural	Ambiente	Carotenos
2		30	Xantofilas
3	Artificial	55	Cor
4		80	Sensorial:
			- aparência
			- cor
			- aroma
			- pungência
			Custo
			Estatística

4 Tratamentos X 3 Repetições X 13 Avaliações X 3 Triplicatas = 468 Determinações

3.3 Preparo das Amostras

Para caracterização da matéria-prima, logo após a colheita avaliou-se a composição centesimal da pimenta *in natura*.

Para a secagem natural, amostras de pimenta foram colhidas, transportadas em sacos de aniagem, desintegradas em triturador de facas industrial, prensadas mecanicamente, seguidas de secagem ambiente em fina camada (1cm) sobre laje de cimento, com revolvimento em intervalos de duas horas. Ao entardecer, o material era recolhido e colocado em bambonas para, na manhã seguinte, retornar ao processo até atingir 12% de umidade final. Para controle da secagem foram coletadas amostras em intervalos de 30 minutos. Durante a secagem natural a umidade relativa do ar variou entre 66,3 e 90,8%.

Para a secagem artificial, os frutos foram colhidos e transportados em caixas plásticas perfuradas, armazenados em câmara fria com temperatura aproximada de 2°C e umidade relativa de 85%, selecionados de acordo com o estágio de maturação e aspecto sanitário, lavados em água clorada com 20ppm de cloro ativo, despedunculados, triturados, prensados e secos em secador de leito móvel (Figura 2) dotado de sistema de aquecimento do ar com queima de gás liquefeito de petróleo (GLP) com temperaturas de 30, 55 e 80°C.

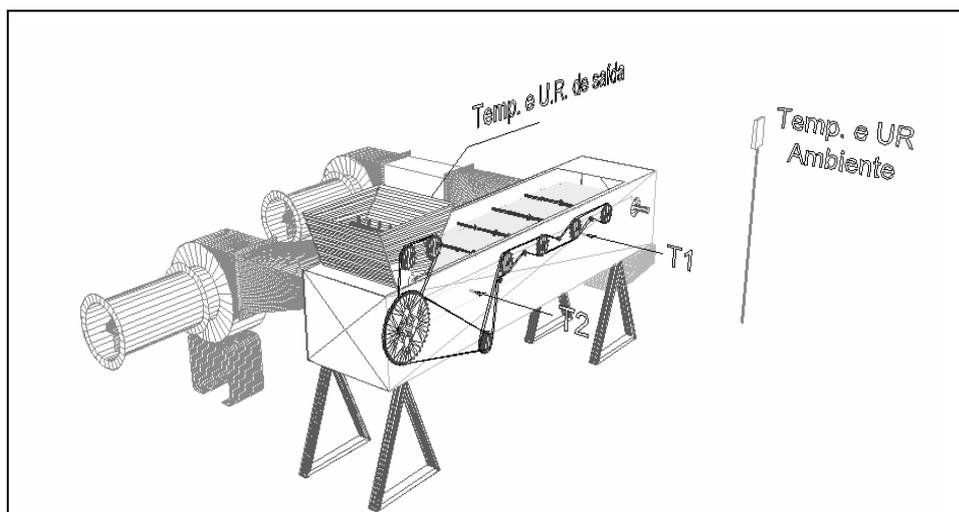


Figura 2 - Desenho esquemático do Secador de Leito Móvel com sistema de aquecimento do ar por GLP e locais de tomada de temperatura e umidade relativa.

Esse secador apresenta modulador de chama microprocessado, que a partir da determinação da temperatura do ar de secagem aciona eletronicamente os

queimadores de chama modulante, permitindo a queima do (GLP) na entrada de dois ductos horizontais de alimentação de ar, gerando energia de até 7500Kcal.h⁻¹.

O ar aquecido entra na parte inferior do secador com velocidade de 3 m.s⁻¹, subindo até encontrar camada de aproximadamente 5 cm de flocos de pimentas. O deslocamento dos flocos é realizado por correia inoxidável a 330 rpm, sendo revolvidos mecanicamente por intermédio de dispositivo especial durante todo processo de secagem.

Para cada repetição do tratamento foram utilizados 40 kg de flocos de pimenta, retirando-se amostras para determinação da curva de secagem em intervalos de 30 minutos nos tratamentos a 30 e 55°C e a cada 20 minutos para secagem a 80°C. Em todas as secagens a operação foi considerada concluída quando a pimenta atingia cerca de 10% de umidade.

3.4 Avaliações

3.4.1 Temperatura

Na secagem natural, foram instalados termômetros tipo Pt100 em quatro pontos da laje de cimento, enquanto que na secagem artificial determinaram-se as temperaturas do ar: no ambiente, nas câmaras de secagem e na saída do secador conectados a sistema eletrônico e informatizado (Data Logger). Os dados foram coletados em intervalos de 15 minutos, registrados e tabulados em planilha eletrônica, enquanto as temperaturas de bulbo seco e bulbo úmido foram verificadas através de leituras diretas, com tabulação manual.

3.4.2 Umidade Relativa do Ar

Verificada através de higrômetros conectados a sistema eletrônico e informatizados (Data Logger), com registros em intervalo de 15 minutos.

3.4.3 Velocidade do Ar

Determinada com termo-anemômetro digital marca HOMIS, modelo 207/220 na escala de $m.s^{-1}$.

3.4.4 Consumo de Energia Elétrica

Avaliado em medidores de potência com precisão de 0,1W. O consumo de energia elétrica foi o resultado da multiplicação entre a potência dos motores e o tempo de secagem (Consumo= potência X tempo).

3.4.5 Consumo de Gás Liquefeito de Petróleo (GLP)

Avaliado por meio de medidores de vazão de gás à baixa pressão, instalados próximo aos queimadores, avaliado por diferença entre as leituras de início e fim de secagem. Cada metro cúbico de gás equivale a 2,5 Kg, com valor de R\$ 2,40 por quilograma do gás usado na combustão.

3.4.6 Dinâmicas de Secagem

O comportamento das curvas de secagem foi analisado utilizando a plotagem dos valores de umidade dos flocos de pimenta durante a secagem, relacionadas com o tempo e as respectivas temperaturas.

3.4.7 Umidade

Determinada pelo método de estufa a $105\pm 3^{\circ}C$, com circulação natural de ar, até massa constante, conforme normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz (1985).

3.4.8 Proteína

Determinação pelo método de Kjeldahl, nº. 979.09 da A.O.A.C. (2000), com 6,25 como fator de conversão.

3.4.9 Extrato Etéreo

Realizada através de extração contínua pelo método Soxhlet, nº920.36 C da A.O.A.C. (2000).

3.4.10 Cinzas

Determinada conforme o método 900.02 da AOAC (2000).

3.4.11 Fibra Bruta

Determinação pelo método de Angelucci et al. (1987).

3.4.12 Carboidratos

Determinado por diferença, usando-se a fórmula:

$$CHO = 100 - (PB + EE + FB + CZ + H2O)$$

Onde: *CHO* = Carboidratos (%)

PB = Proteína bruta (%)

EE = Extrato Etéreo (%)

FB = Fibra Bruta (%)

CZ = Cinzas (%)

H2O = Água

3.4.13 Capsaicinóides

Determinados pelo método 995.03 da AOAC (2000). Identificados através de sistema de cromatografia líquida de alta eficiência (HPLC), em equipamento Shimadzu, equipado com controlador geral SCL-10A, controlador com quatro bombas LC-10AT, desgaseificador on-line FCV-10AL, injetor automático SIL-10AF, forno de coluna CTO-10AS, detector UV-visível SPD-10AV, software Class VP versão 6.14, coluna de fase reversa Shim Pack CLC-ODS (M) (4,6mm i.d. x 150mm de comprimento), fase de grupos de octadecil, suporte de sílica (5 μ m) a 25°C e detector ultravioleta em 280nm. A fase móvel foi isocrática de 50:50 v/v de acetonitrila e água com 1% de ácido acético e o fluxo de 1,2 μ L⁻¹, com comprimento de onda (λ) de 280 nm.

O padrão utilizado apresentava 0,003mg de capsaicinóides, o que corresponde a 3 μ g, com valores de PN (nordihidrocapsaicina) de 0,1375 μ g; PC (capsaicina) de 1,7432 μ g e PD (dihidrocapsaicina) de 1,1193 μ g, injetados na mesma condição das amostras.

3.4.14 Ésteres Metílicos dos Ácidos Graxos

O óleo foi extraído pelo método de Soxhlet com éter de petróleo, sendo derivatizado segundo Mattos (1997), injetando-se 0,5 μ L de cada solução diluída nas seguintes condições cromatográficas: 180°C - 1°C min⁻¹ - 210°C - 10°C min⁻¹ - 280°C (10 min); Tcoluna: 180°C, Tdetector: 280°C, Tinjetor: 280°C, Split: 1:50, gás de arraste N₂. A análise cromatográfica foi realizada em um cromatógrafo gasoso GC/FID, modelo Shimadzu 17A, equipado com coluna 5% fenil metil siloxane capilar de sílica fundida DB-5 (30m X 0,25mm X 0,25 μ m).

A identificação dos ésteres metílicos foi feita por comparação com o tempo de retenção de padrões cromatográficos de ésteres metílicos de ácidos graxos (láurico, mirístico, palmítico, palmitoléico, esteárico, oléico, linoléico, araquídico, lignocérico), injetados nas mesmas condições das amostras (RODRIGUES et al, 2005).

3.4.15 Carotenos e Xantofilas

Determinados em espectrofotômetro marca Pharmacia Biotech, modelo Ultrospec 2000, com 436nm de comprimento de onda para identificação dos carotenos e 474nm para as xantofilas, segundo método AOAC 970.64 (1990).

3.4.16 Colorimetria

Avaliada em colorímetro Minolta CR300 com resultados expressos no sistema CIELAB 1976 (Comissão Internacional de Iluminação – $L^*a^*b^*$). A Figura 3 apresenta o sistema tridimensional, onde os valores de luminosidade L^* representam variações de claro (+) e de escuro (-); os de a^* cromaticidade no eixo da cor vermelha (+) e verde (-) e os b^* , cromaticidade no eixo da cor amarelo (+) e azul (-) (STAR COLOR, 2004). Por determinação em testes prévios, foram realizadas dez leituras para cada unidade experimental (frutos de pimentas *in natura* e amostras triturada e desidratada de flocos de pimenta, polpas e sementes, nos quatro tratamentos de secagem propostos).

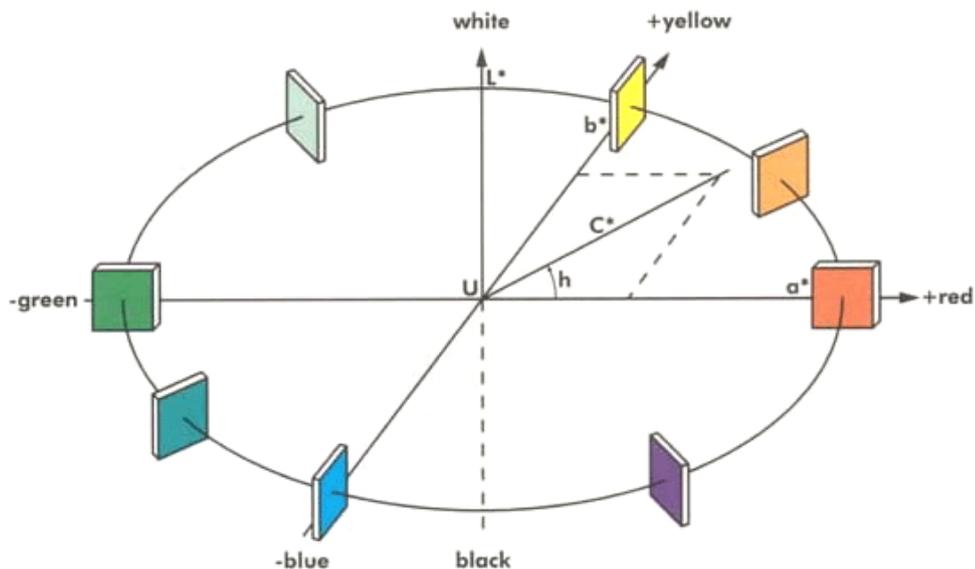


Figura 3 - Coordenadas do Sistema CIELAB 1976.

3.4.17 Análise Sensorial

Avaliação realizada por doze julgadores treinados nos parâmetros sensoriais (aparência, cor, aroma e pungência).

O método analítico foi de avaliação de atributos (GULARTE, 2002), com escala não estruturada de 9 cm, determinando a intensidade de cada atributo sensorial presente na amostra.

O teste foi realizado em cabines com controle de luz (luz vermelha) para os atributos aroma, sabor e pungência. As amostras foram servidas em recipientes de porcelana branca, codificadas em números aleatórios de três dígitos.

Na avaliação do atributo aparência geral foram definidas as seguintes graduações: rejeitável, levemente aceitável, aceitável, regularmente e excelente. Para a cor as observações estiveram entre amarelada, alaranjada, vermelha pálida, vermelha e vermelha intensa. No aspecto referente a aroma, a escala de avaliação incluiu imperceptível, ligeiramente perceptível, regularmente, moderadamente e muito intenso (característico).

Para verificação da pungência foram utilizadas amostras de 1g de pimenta, as quais eram misturadas com 20mL de água destilada, permanecendo em infusão por um período de 24h, sendo que após foram retiradas alíquotas de 10mL do sobrenadante que eram utilizadas como unidade analítica. A pungência foi avaliada colocando-se uma gota na língua de cada julgador para perceber a intensidade de ardor ou calor característico da pungência da pimenta (GILLETTE et al. 1984). Na escala foram avaliados os valores imperceptível, ligeiramente imperceptível, regularmente pungente, pungência moderada e pungência muito intensa.

3.4.18 Análise Estatística

Os dados experimentais foram dispostos em tabelas e gráficos, com respectivos e convenientes tratamentos estatísticos. As médias foram avaliadas pelo teste de Tukey a 5% ($p < 0,05$) de significância, utilizando-se o software Statistica 6.0 for Windows e análise de Regressão não Linear do programa Excel.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Composição Centesimal

Os resultados da análise da composição centesimal da pimenta *in natura* são apresentados na Tabela 2 (expressa em base úmida) e na Tabela 3 (expressa em base seca).

Tabela 2 - Composição centesimal de pimenta (*Capsicum baccatum* var. *pendulum*), *in natura*, expressa em base úmida

Composição (g/100g)	Tecido Placentário	Polpa	Semente
Umidade	87,35 a	87,13 a	38,23 b
Carboidratos	6,09 b	7,71 b	18,10 a
Fibra bruta	2,78 b	2,30 b	17,88 a
Proteína bruta	1,83 b	1,41 b	10,08 a
Extrato etéreo	1,11 b	0,93 b	14,09 a
Cinzas	0,84 b	0,52 c	1,62 a

Letras minúsculas diferentes na mesma linha, para o mesmo constituinte, indicam diferença significativa a 5% de significância pelo Teste de Tukey ($p < 0,05$).

Tabela 3 - Composição centesimal de pimenta (*Capsicum baccatum* var. *pendulum*), *in natura*, expressa em base seca

Composição (g/100g)	Tecido Placentário	Polpa	Semente
Carboidratos	57,49 b	65,96 a	45,17 c
Fibra bruta	18,02 b	15,17 c	22,45 a
Proteína bruta	11,86 a	9,30 c	12,66 a
Extrato etéreo	7,19 b	6,13 b	17,69 a
Cinzas	5,44 a	3,44 ab	2,03 c

Letras minúsculas diferentes na mesma linha, para o mesmo constituinte, indicam diferença significativa a 5% de significância pelo Teste de Tukey ($p < 0,05$).

A pimenta é considerada um dos condimentos mais utilizados na culinária e está muito vinculado a hábitos alimentares, e esses têm estreitas ligações com

questões étnicas, culturais e, portanto, variáveis em cada região. Em consequência disso várias são as formas de uso dos frutos. Em alguns cardápios são usados os frutos integralmente, em outros apenas as polpas, assim como em outros há maior interesse nas sementes. Assim, conhecer a composição de cada fração dos frutos passa a ser de interesse das indústrias e dos consumidores. Como a pimenta tanto é utilizada *in natura* quanto desidratada, é importante o conhecimento da composição tanto em base úmida (Tabela 2) quanto em base seca (Tabela 3).

Observando-se os dados apresentados nas Tabelas 2 e 3 é possível verificar que as composições químicas da polpa e do tecido placentário são mais semelhantes entre si do que a composição química da semente. Os carboidratos são os constituintes que têm os maiores teores nas três frações, ainda que em concentrações diferentes, sendo proporcionalmente menores na semente. Fibras, proteínas e gorduras apresentam maiores concentrações na semente do que na polpa, que por sua vez apresenta a maior concentração de carboidratos entre as três frações. Já o tecido placentário, além da alta concentração de carboidratos também apresenta elevados teores de proteínas e minerais. A secagem (Tabela 3) intensifica as diferenças verificadas na pimenta *in natura* (Tabela 2).

Em comparação com dados relatados na literatura, verifica-se que a pimenta dedo de moça produzida no sul do Brasil apresenta percentuais de umidade, carboidratos e proteína maiores do que os relatados por Lopes et al. (2005), que trabalharam com os genótipos CNPH 39 e CNPH 601, enquanto para lipídios, fibra e cinzas os teores foram menores. Estas diferenças ocorrem em função da grande variabilidade genética existente. As diferenças não são apenas na composição química, mas ocorrem também em outros parâmetros como pungência, formato, coloração e tamanho dos frutos, por exemplo (CARVALHO et al., 2003).

4.2 Secagem Natural

Na Figura 4 aparece a dinâmica da secagem natural de flocos de pimenta sobre laje de cimento em condições de manejo operacional típico de propriedades rurais no sul do Brasil.

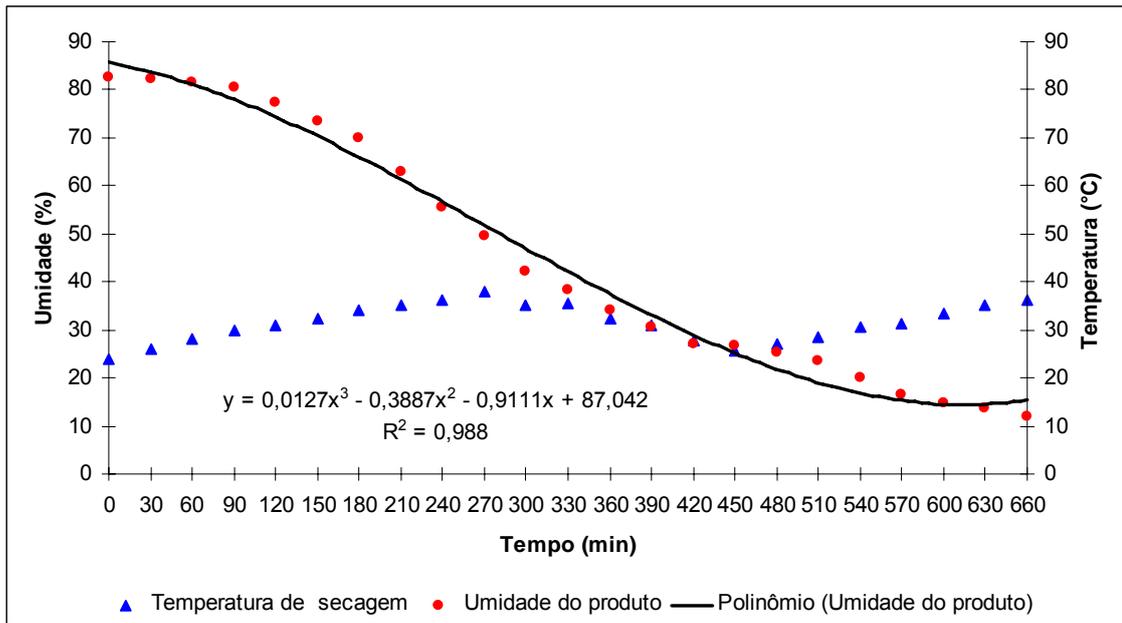


Figura 4 - Isotermas de desidratação de flocos de pimenta sobre laje de cimento.

Os flocos de pimenta com umidade inicial de 82,56% após 11 horas atingiram umidade final de 12% (Tabela 4).

A diminuição inicial da umidade foi relativamente lenta, sendo necessários 90 minutos para os flocos de pimenta atingirem valores inferiores a 80%, necessitando dois dias para complementar o processo. Os teores de água se aproximaram nos tempos 420 - 450 minutos em função de interrupção do processo, devido à ausência de sol e aumento da umidade relativa do ar ao final do dia. Esse fato, característico do sistema de secagem e em função das condições ambientais da região é um dos fatores de diminuição de eficiência da secagem, a qual só foi concluída no dia seguinte quando atingiu 12% de umidade.

Na Turquia muitos autores registraram diferentes tempos de secagem pelo sistema tradicional. Para Tuncer (1995) as pimentas (*Capsicum annuum* cultivar páprica) necessitam ser expostas ao sol por 8 a 10 dias, enquanto que para Öztekin et al. (1999) relata que para desde a colheita até a pimenta atingir 10% de umidade o tempo varia de 6 a 10 dias. Já Topuz e Ozdemir. (2004) salientam que pimentas esparramadas em finas camadas e expostas à luz solar por 5 a 7 dias atingiram umidade final de 12 a 14%.

Para Jain e Tiwari (2003), a taxa de secagem depende de vários parâmetros externos (radiação solar, temperatura ambiente, velocidade de vento e umidade

relativa) e parâmetros internos (conteúdo de umidade inicial, tipo de corte sofrido pela pimenta e massa de produto por unidade de área).

Madail et al. (2005) ao analisar a cadeia de produção de pimenta vermelha no município de Turuçu-RS registraram que a ótima intensidade de sol, a baixa umidade relativa e a presença de fortes ventos proporcionam a secagem de flocos de pimentas em um dia.

4.3 Secagem Artificial

As Figuras 5, 6 e 7 apresentam dados da dinâmica de secagem em operações realizadas com ar forçado nas temperaturas de 30, 55 e 80°C durante a secagem artificial de flocos de pimenta.

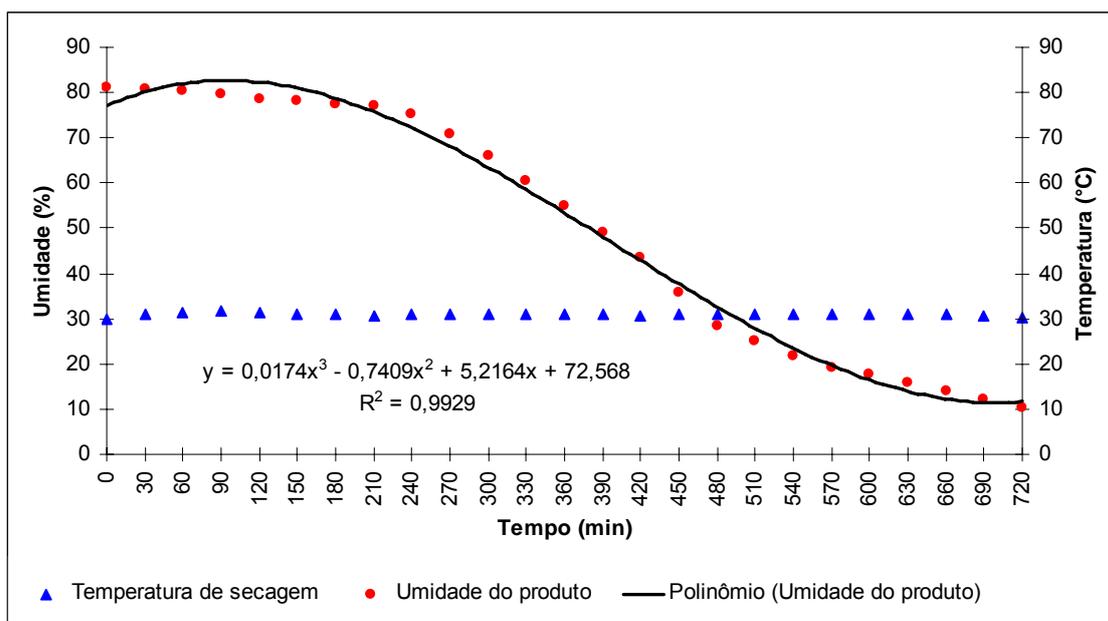


Figura 5 - Isotermas de desidratação de flocos de pimenta em secador de leito móvel com ar forçado a 30°C.

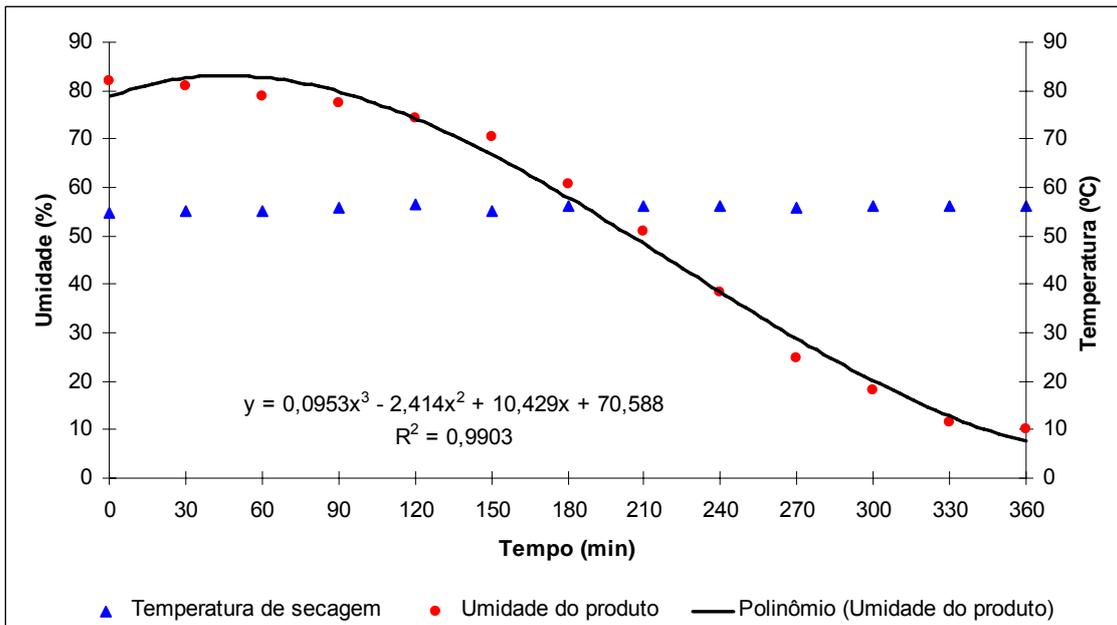


Figura 6 - Isotermas de desidratação de flocos de pimenta em secador de leito móvel com ar forçado a 55°C.

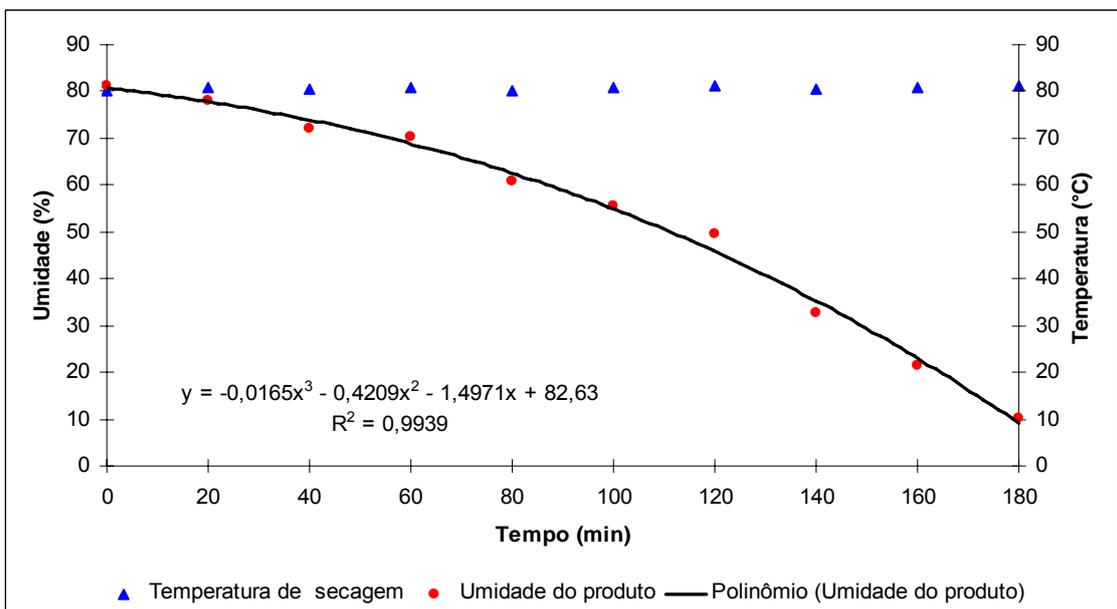


Figura 7 - Isotermas de desidratação de flocos de pimenta em secador de leito móvel com ar forçado a 80°C.

A secagem pelo sistema artificial (Figuras 5, 6 e 7) mostrou-se viável, promovendo uma padronização de umidade e cor em relação a realizada pelo

método natural em lajes de cimento ou terreiro (Figura 4) que promove a contaminação do produto por agentes externos.

Ao serem analisados os dados expressos nas Figuras 5, 6 e 7 é importante atentar para o fato de que para os mesmos parâmetros operacionais representados por altura de camada dos flocos de pimenta, o fluxo de ar e a velocidade de movimentação da esteira transportadora, o incremento de 25°C a partir da temperatura inicial de 30°C promoveu diminuição proporcional nos tempos de secagem. Os valores dos coeficientes de correlação (R^2) foram altos, caracterizando ajuste do modelo polinomial aos dados observados.

Para determinar a viabilidade técnica da secagem em secador de leito móvel foram necessárias avaliações como as de consumo de energia elétrica e de GLP. A Tabela 8 apresenta os tempos de secagem, consumo de energia elétrica, GLP, custo parcial e total, para os tratamentos de secagem artificial.

Tabela 8 - Somatório entre consumo e custo de energia elétrica e GLP durante a secagem artificial de flocos de pimenta em secador de leito móvel

Secagem		Consumo		Custo (R\$)		
°C	min	Energia elétrica (Kw)	GLP (m ³)	Energia elétrica	GLP	Total
30	720 a	13,32 a	1,59 c	2,13 a	9,50 c	11,63 c
55	360 b	6,66 b	3,16 b	1,06 b	19,00 a	20,06 a
80	180 c	3,33 c	2,46 c	0,53 c	14,74 b	15,27 b

GLP = gás liquefeito de petróleo

Letras minúsculas diferentes na mesma coluna, para o parâmetro, indicam diferença significativa a 5% de significância pelo Teste de Tukey ($p < 0,05$).

Energia elétrica usada para movimentação do ar e da correia transportadora

GLP usado para aquecimento do ar

Com o aumento da temperatura (Tabela 8) ocorreu uma diminuição no tempo de secagem diretamente proporcional ao consumo de eletricidade, tendência não observada no consumo de GLP, que foi maior a 55°C.

Para Ramesh et al. (2001) na secagem de pimenta páprica a alta velocidade do ar e a baixa umidade relativa são desejáveis para reduzir o tempo de secagem. Kaymak-Ertekin (2002) estudou o comportamento da secagem de pimenta em finas camadas a 55, 60 e 70°C, com ar aquecido por resistências elétricas de 3000 W e com velocidade do ar de 1,5 m.s⁻¹ até as pimentas atingirem umidade de 10%, encontrando períodos que variaram de 160 a 300 min. Já Krokida et al. (2003),

utilizando ar com temperaturas de 65, 75 e 85°C, umidade relativa de 20, 30 e 40%, e velocidades de 1,5; 2,0 e 2,6 m.s⁻¹, constataram que o efeito da velocidade do ar na secagem não foi significativo, pois a mais baixa velocidade do ar estudada já foi considerada satisfatória.

Vários autores utilizaram secador de túnel observando diferentes comportamentos, Condorí et al. (2001) trabalharam com pimentas inteiras, cortadas transversalmente e longitudinalmente, com umidade inicial de 80%, sendo necessário de 3 a 6 dias para secagem até umidade final de 15%. Já Akpinar (2002) usou pimenta fatiada em camada fina, com temperatura de 70°C, verificando que a taxa de secagem diminuiu continuamente com o tempo, até umidade final de 10%. Topuz et al. (2004) também utilizaram temperatura do ar de 70°C para pimentas *Capsicum annuum* cultivar páprica, indicando 11 a 12% para umidade final, gastando noventa minutos na operação.

Tasirin et al. (2006) realizaram estudos para determinar a cinética na secagem de pimenta, em secador de leito fluidizado na Malásia. O método possibilitou redução na umidade de pimenta seca até 16% em comparação com o necessário para secagem de pimentas ao sol, usando camadas de 2 e 4 cm de altura, velocidades do ar de 0,85; 0,97 e 1,09 m.s⁻¹ e temperaturas operacionais de 50, 60 e 70°C. Os resultados mostraram que pimentas secas em secador de leito fluidizado apresentaram melhor qualidade quando comparada às secas ao sol.

4.4 Capsaicinóides

Nas Figuras 8, 9, 10, 11, 12 e 13 do apêndice, constam os cromatogramas do padrão, pimenta inteira, polpa, semente, placenta e suco.

Na Tabela 9 constam os valores dos principais capsaicinóides (nordihidrocapsaicina, capsaicina e diidrocapsaicina) responsáveis pela pungência nas diferentes partes de pimenta. Esses valores foram calculados a partir dos cromatogramas da pimenta inteira, polpa, semente, placenta e suco em comparação com os padrões cromatográficos.

Tabela 9 - Concentrações de nordiidrocapsaicina (PN), capsaicina (PC), diidrocapsaicina (PD), em diferentes partes da pimenta, obtidos por HPLC

Pimenta	PN ($\mu\text{g.g}^{-1}$)	PN (SHU)*	P C ($\mu\text{g.g}^{-1}$)*	PC (SHU)*	PD ($\mu\text{g.g}^{-1}$)	PD (SHU)*	Total (SHU)*
Fruto	212,01b	3180b	1002,50b	15038b	772,76b	11592b	29810b
Polpa	56,53d	847d	332,57d	4988d	219,76d	3296d	9131b
Semente	89,11c	1336c	422,15c	6332c	291,79c	4376c	12044c
Placenta	4141,59a	62124a	17143,00a	257144a	12716,00a	190737a	510004a
Suco	10,29e	154e	158,93e	2383e	65,02e	990e	3527e

SHU: Escala de Unidade de Calor Scoville

*1 $\mu\text{g.g}^{-1}$ = 15 SHU

Letras minúsculas diferentes na mesma coluna, para o mesmo constituinte, indicam diferença estatística pelo Teste de Tukey ($p < 0,05$).

Verificou-se que os capsaicinóides, responsáveis pela pungência, estão distribuídos em diferentes concentrações no interior do fruto, sendo na placenta a maior concentração dos três principais capsaicinóides (nordiidrocapsaicina, capsaicina e diidrocapsaicina), seguidos da semente, polpa e suco.

Os capsaicinóides são substâncias alcalóides das quais aproximadamente 90% encontram-se na placenta dos frutos (ZEWDIE e BOSLAND, 2000) seguida das sementes e em menor quantidade, no pericarpo (REIFSCHNEIDER, 2000).

Com a finalidade de estudar o perfil de sete capsaicinóides, Zewdie e Bosland (2001) avaliaram seis espécies de *Capsicum*, constatando que em todas as espécies a capsaicina, diidrocapsaicina e nordiidrocapsaicina eram os capsaicinóides em maior quantidade, cujas proporções na espécie *baccatum* foram de 60,46% de capsaicina, 30,80% de diidrocapsaicina, 6,88 de nordiidrocapsaicina, 1,02 isômero da diidrocapsaicina e 0,85 homodiidrocapsaicina.

Um dos aspectos importantes verificados nos métodos de secagem testados consistiu na manutenção dos capsaicinóides garantindo um excelente produto final.

Nas Figuras 14, 15, 16 e 17, do apêndice, constam os cromatogramas de flocos de pimenta secos ao natural e artificial.

Na Tabela 10 encontram-se os valores dos principais capsaicinóides (nordiidrocapsaicina, capsaicina, diidrocapsaicina), em flocos de pimenta secos ao natural e em secador de leito móvel com ar aquecido por GLP.

Tabela 10 - Concentrações ($\mu\text{g.g}^{-1}$ e SHU*) de nordiidrocapsaicina (PN), capsaicina (PC), diidrocapsaicina (PD) em relação aos métodos de secagem, obtidos por HPLC

Secagem	PN	PN	P C	PC	PD	PD	Total
$^{\circ}\text{C}$	($\mu\text{g.g}^{-1}$)	(SHU)*	($\mu\text{g.g}^{-1}$)*	(SHU)*	($\mu\text{g.g}^{-1}$)	(SHU)*	(SHU)*
Natural	184,22c	2763c	1545,50a	23183a	732,19c	10983c	36929b
30	202,78a	3041a	1518,90b	22785b	818,36a	12276a	38102a
55	187,84b	2817b	1341,10c	20117c	752,75b	11292b	34226c
80	165,86d	2487d	1149,60d	17245d	615,03d	9225d	28957d

*1 $\mu\text{g.g}^{-1}$ = 15 SHU

Letras minúsculas diferentes na mesma coluna, para o mesmo constituinte, indicam diferença estatística pelo Teste de Tukey ($p < 0,05$).

Esses valores foram calculados a partir dos cromatogramas em comparação aos padrões cromatográficos. O valor total de capsaicinóides nos flocos de pimenta secos a 30°C foi próximo da secagem natural, com o inconveniente de apresentarem um tempo e custo maior. Observou-se que o aumento da temperatura de secagem diminui os valores de capsaicinóides totais. Essa observação está em desacordo com Pordesimo, (2001) que testou temperaturas de secagem ambiente (aprox. 27°C) e artificial até 85°C , não afetando a concentração de capsaicinóides totais em pimentas jalapeño.

4.5 Ésteres Metílicos dos Ácidos Graxos

Na Tabela 11, do apêndice, consta a relação dos padrões dos ésteres metílicos e nas Figuras 18 e 19 os cromatogramas do padrão e dos flocos de pimenta secos ao natural e artificial.

Na Tabela 12 consta a concentração (%) dos ésteres metílicos dos ácidos graxos, calculados em relação à área normalizada dos picos, utilizados para identificação dos flocos de pimenta nas diferentes secagens.

Tabela 12 - Percentagem dos ésteres metílicos de ácidos graxos em óleo de flocos de pimenta

Ésteres Metílicos	Secagem (°C)			
	Natural	30	55	80
Láurico	0,111a	0,070c	0,085b	0,057d
Mirístico	0,834a	0,602c	0,674b	0,514d
Palmitoléico	0,517b	0,461c	0,543a	0,459d
Palmítico	14,741a	13,951d	14,632b	14,294c
Linoléico	49,413d	58,359b	57,940c	62,164a
Oléico	29,507a	22,188b	21,668c	18,075d
Elaídico	0,659d	0,741c	0,745b	0,755a
Esteárico	3,073a	2,530d	2,6156b	2,583c
Araquídico	0,452a	0,411c	0,412b	0,419b
Behênico	0,367c	0,371b	0,367d	0,372a
Lignocérico	0,326a	0,317b	0,314c	0,307d

Letras minúsculas diferentes na mesma linha, para o mesmo constituinte, indicam diferença estatística pelo Teste de Tukey ($p < 0,05$).

A análise dos resultados permitiu identificar nove ésteres metílicos, por comparação com os padrões cromatográficos. Os resultados dos ésteres elaídico e behênico foram identificados por comparação com a bibliografia. Independente do processo de secagem ocorreu uma prevalência dos ácidos linoléico, oléico e palmítico em relação aos demais ésteres.

Esses dados são inéditos para espécie *baccatum*, pois nenhum dado foi encontrado na literatura para confrontar com os mesmos.

4.6 Carotenos e Xantofilas

Tabela 13 - Concentração (mg.g^{-1}) de carotenos e xantofilas em flocos de pimenta secos ao natural e em secador de leito móvel com ar aquecido por GLP

Secagem ($^{\circ}\text{C}$)	Carotenos	Xantofilas
Natural	2,06c	2,08c
30	1,96d	1,98d
55	2,40b	2,43b
80	2,75a	2,78a

Letras minúsculas diferentes na mesma coluna, para o mesmo constituinte, indicam diferença estatística pelo Teste de Tukey ($p < 0,05$).

Observou-se, Tabela 13, que com o aumento da temperatura e diminuição do tempo de secagem, houve perda da coloração vermelho característica dos carotenos e xantofilas na pimenta. No entanto, os valores de carotenos e xantofilas são maiores para as temperaturas mais elevadas. Isso pode ser atribuído a reações não enzimáticas e/ou formação de compostos solúveis na solução extratora formada por (Hexano, Acetona, Álcool e Tolueno).

Segundo Carnevale et al. (1980), a perda da cor vermelha é causada pela auto-oxidação dos carotenóides, enquanto que para Horner (1993), o escurecimento não enzimático e a perda dos carotenóides são os maiores causadores da perda de cor vermelha da pimenta durante a secagem. A secagem prolongada resulta em produtos de baixa qualidade devido à caramelização, reações de Maillard, reações enzimáticas, degradação dos pigmentos e oxidação ácida do ácido ascórbico.

Para Kliber e Baganato (1999), os carotenóides são muito estáveis quando presentes no tecido da planta intacta, mas quando processada, são isolados e vulneráveis ao efeito do calor, luz e alta taxa de oxigênio.

Öztekin et al. (1999), verificaram que a radiação solar intensiva causou várias reduções de qualidade, tais como perdas de vitamina e mudanças na cor. A retenção de cor de pimenta seca ao sol ou em secadores solares é afetada por apresentarem um tempo de secagem consideravelmente longo, promovendo reações de escurecimento (TRIM e KO, 1982; ÖZTEKIN et al., 1999; CONDORÍ et al., 2001).

Sigge et al. (1999) ao estudar a otimização das condições de desidratação em *Capsicum annuum* L verificou que temperaturas de 55 e 60°C e UR de 15-40% eram ótimas para manter a cor e retenção de ácido ascórbico.

Malchev et al. (1982), relatou que a estabilidade da maioria dos carotenóides da páprica durante o armazenamento foi dependente das condições de secagem e o índice de degradação aumentou com o aumento na temperatura de secagem.

4.7 Cor

Na Tabela 14 constam os valores de L, a e b observados nos flocos de pimenta submetidos à secagem natural e artificial, cujos valores de L* representam variações de claro (+) e de escuro (-); os de a* cromaticidade no eixo da cor vermelha (+) e verde (-) e os b*, cromaticidade no eixo da cor amarelo (+) e azul (-).

Tabela 14 - Cor em flocos de pimentas secas

Secagem (°C)	Cor		
	L	a+	b+
Natural	43,80b	31,48c	56,09a
30	46,20a	33,81a	51,59b
55	43,61c	33,68b	50,93c
80	34,63d	21,01d	32,18d

Letras minúsculas diferentes na mesma coluna, para o mesmo constituinte, indicam diferença estatística pelo Teste de Tukey (p<0,05).

Os flocos de pimenta secos em secador de leito móvel, com 30°C apresentaram uma melhor luminosidade medida pelo aparelho (que corresponde ao brilho do produto), seguidas dos secos ao natural e a 55°C, enquanto que os secos a 80°C tenderam ao escurecimento. Dessa forma, constatou-se que o aumento da temperatura de secagem diminuiu o brilho do produto.

Flocos de pimenta secos a 30°C apresentaram maior intensidade da cor vermelha, seguidos dos a 55°C e ao natural, enquanto que os secos a 80°C ficaram

com uma cor vermelho enegrecido. O aumento da temperatura de secagem promoveu a perda da coloração vermelha.

Segundo Kim et al. (1982) a cor da pimenta muda consideravelmente durante a secagem com ar quente produzindo uma cor vermelha enegrecida comparada com as secas ao sol.

Para Sigge (1999) a cor característica de pimenta seca é reconhecida como um indicador essencial de qualidade, verificando que frequentemente pimentas importadas apresentaram cor pobre, sendo dessa forma, pouco valorizadas comercialmente.

Segundo Chen et al. (1999), a cor vermelha, tamanho da partícula, e conteúdo de umidade são parâmetros importantes de qualidade atribuídos para pimenta (*Capsicum annuum*) em pó. Os autores determinaram os efeitos da umidade e tamanho de partícula na cor de pó de pimenta, utilizando os parâmetros L*, a* e b*. A umidade entre 10-15% não apresentou diferença significativa, em todos os parâmetros de cor da pimenta em pó. O tamanho de partícula de 18 e 30 *mesh*, geralmente usado na Coreia, teve um efeito significativo em leveza, mas nenhum em ângulo de cor e cromaticidade do pó de pimenta dessa cultivar. A interação de tamanho de partícula e umidade apresentou diferença significativa em todos os parâmetros de cor.

As sementes secas ao natural apresentaram maior brilho em relação às pimentas secas artificialmente. A coloração amarela, característica das sementes de pimenta, manteve-se na secagem a 55°C.

Na Tabela 15, constam os valores L, a e b em sementes de pimentas secas.

Tabela 15 - Cor em sementes de pimentas secas

Secagem (°C)	Cor		
	L	a+	b+
Natural	66,92a	14,23d	49,20c
30	60,93b	19,38b	52,05b
55	54,53c	25,77a	56,54a
80	42,44d	19,15c	41,22d

Letras minúsculas diferentes na mesma coluna, para o mesmo constituinte, indicam diferença estatística pelo Teste de Tukey ($p < 0,05$).

Na Tabela 16, consta valores L, a e b observados nas diferentes apresentações de polpa de pimenta submetidas à secagem por diferentes métodos.

Tabela 16 - Cor em polpa de pimentas secas

Secagem (°C)	Cor		
	L	a+	b+
Natural	39,22c	36,53a	49,90a
30°C	46,89a	35,13c	49,50b
55°C	42,51b	36,17b	46,11c
80°C	31,58d	21,02d	26,35d

Letras minúsculas diferentes na mesma coluna, para o mesmo constituinte, indicam diferença estatística pelo Teste de Tukey ($p < 0,05$).

Com o aumento da temperatura de secagem, observou-se uma diminuição do brilho, enquanto que a cor vermelha foi mantida na secagem natural, seguida das secas a 55°C e 30°C, já polpas submetidas à secagem a 80°C, secas por um tempo menor, apresentaram valores mais baixos para brilho e coloração vermelha.

Observou-se que o aumento da temperatura na secagem, intensificou a cor vermelha tendendo para o vermelho escuro, sendo esta condição não comprometida até 55°C, acima dessa temperatura ocorreu uma tendência à perda de cor.

Ibrahim et al. (1997), observaram que a secagem por até 20 horas em secadores industriais com temperaturas acima de 50°C ou menores que 40°C por até 36 horas, afetaram a qualidade da cor.

4.8 Análise Sensorial

Nas tabelas 17, 18 e 19 constam análises sensoriais com doze julgadores treinados, na avaliação dos parâmetros sensoriais (aparência, cor, aroma e pungência), para flocos de pimenta, polpa e semente de pimenta seca.

Tabela 17 - Avaliação sensorial de flocos de pimenta seca

Secagem (°C)	Aparência	Cor	Aroma	Pungência
Natural	5,7889a	3,8444b	5,2444a	4,8889a
30	4,3000a	2,0444b	4,9444a	5,4778a
55	6,2300a	2,9700b	5,8800a	5,4300a
80	5,6556a	7,2333a	5,0333a	5,7222a

Letras minúsculas diferentes na mesma coluna, para o mesmo constituinte, indicam diferença estatística pelo Teste de Tukey ($p < 0,05$).

Tabela 18 - Avaliação sensorial em polpa de pimenta seca

Secagem (°C)	Aparência	Cor	Aroma	Pungência
Natural	6,0769a	5,0077b	5,7615a	3,7308c
30	5,6231a	2,8000c	5,1769a	6,3000a
55	6,3462a	3,5000c	3,9462c	4,8308b
80	5,0462a	7,0923a	4,1462b	3,7462c

Letras minúsculas diferentes na mesma coluna, para o mesmo constituinte, indicam diferença estatística pelo Teste de Tukey ($p < 0,05$).

Tabela 19 - Avaliação sensorial em semente de pimenta seca

Secagem (°C)	Aparência	Cor	Aroma	Pungência
Natural	2,8778b	3,5556b	5,2222a	4,4556a
30	4,1556a	1,8444b	4,9778a	5,3667a
55	6,2000a	3,1778b	4,5667a	5,4111a
80	5,2778a	7,8556a	5,9333a	3,2000b

Letras minúsculas diferentes na mesma coluna, para o mesmo constituinte, indicam diferença estatística pelo Teste de Tukey ($p < 0,05$).

No atributo aparência geral não foi observada diferença significativa, prevalecendo o atributo excelente exceto na semente seca ao natural.

A secagem a 80°C, comprometeu a cor do produto, fato esse comprovado tanto na análise colorimétrica (Tabela 14 a 16) como na avaliação sensorial (Tabelas 17 a 19), onde os julgadores determinaram uma tendência para escolha do atributo vermelho intenso nos flocos e polpa de pimenta, além de cor mais intensa para sementes desidratadas nesta temperatura, concordando com Kim et al. (1982).

Para determinação do aroma a escala foi constituída dos parâmetros (imperceptível, ligeiramente perceptível, regularmente, moderadamente e muito intenso), nos flocos e sementes de pimenta não foi observada diferença significativa entre os tratamentos, observando-se apenas na polpa aroma muito intenso nas pimentas secas ao natural e a 30°C, caracterizando-se que o aroma é intimamente ligado à temperatura de desidratação. O mesmo observado por Luning e Yuksel (1995) que revelaram diminuições nos níveis de aroma com aumentos da temperatura, resultando diminuição no aroma sensório.

Para determinação de pungência, foi observando que flocos de pimenta não apresentaram diferença entre os tratamentos, enquanto que para polpa houve uma maior intensidade no tratamento de 30°C, seguida de 55°C e não observado diferença entre a pungência da polpa nos tratamentos a 80°C e ao natural. Com o aumento da temperatura de secagem observou-se diminuição na intensidade da pungência na semente, apresentando diferença significativa apenas na seca a 80°C.

5 CONCLUSÕES

A secagem artificial, com temperatura até 55°C, garante a qualidade de flocos de pimenta em contraste com a secagem natural.

Quanto mais se aumenta a temperatura do ar de secagem, mais se diminuem o brilho, a intensidade de coloração vermelha e os teores de capsaicóides totais, enquanto que se elevam os valores aparentes de carotenos e xantofilas em flocos de pimenta.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFICAS

ADE-OMOWAGE, B.I.O.; RASTOGI, N.K.; KNORR, D. Effects of high hydrostatic pressure or high intensity electrical field pulse pre-treatment on dehydration characteristics of red paprika. **Innovative Food Science and Emerging Technologies**, v. 2, p. 1-7, 2001.

ADE-OMOWAGE, B.I.O.; RASTOGI, N.K.; ANGERSBACH, A; KNORR, D. Osmotic dehydration of bell peppers: influence of high intensity electric field pulses and elevated temperature treatment. **Journal of Food Engineering**, v. 54, p. 35-43, 2002.

AKPINAR, E.K.; BICER, Y.; YILDIZ, C. Thin layer drying of red pepper. **Journal of Food Engineering**, v. 59, p. 99-104, 2003.

ALEMAN, J.; NAVARRO, F. Estadio físico-químico de las variedades de pimiento *Capsicum annum* L cultivadas en Murcia. **Instituto de Orientacion e Assistència Tecnica del Sureste**, p. 15-20, 1973.

ALINGER, N.L. **Química Orgânica**, 2. ed., Livros Técnicos e Científicos S.A.: Rio de Janeiro, p. 677, 1976.

ANGELUCCI, E.; CARVALHO, C. R. L.; CARVALHO, P. R. N.; FIGUEIREDO, I. B.; MANTOVANI, D. M. B.; MORAES, R. M. **Manual técnico de análises de alimentos**. Campinas: Instituto de Tecnologia de Alimentos. p.52-53, 1987.

AOAC. Association of Official Analytical Chemists. 15. ed. Gaithersburg, MD, USA: Official Method 969.38 B, 1990.

AOAC. Association of Official Analytical Chemists. 17. ed. Gaithersburg, MD, USA: Official Method 900.02, 920.36 C, 970.64, 979.09, 2000.

ATAGUNDUZ, G.; KARAGULLE, N. Drying of red pepper with solar energy. **Heat Science. Technologie**, v. 21, p. 21-26, 1997.

ATTUQUAYEFIO, V.K.; BUCKLE, K.A. Rapid Sample Preparation Method for HPLC Analysis of Capsaicinoids in Capsicum Fruits and Oleoresins. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 35, p. 777-779, 1987.

AYENSU, A. Dehydration of food crops using solar dryer with convective heat flow. **Solar Energy**, v. 59, n. 46, p. 121-126, 1997.

BASUNIA, M.A.; ABE, T. Thin-layer solar drying characteristics of rough rice under natural convection. **Journal of Food Engineering**, v. 47, p. 295-301, 2001.

BERNAL, M.A.; BARCELÓ, A.R. 5,5'- Dicapsaicin 4'-O-5 Dicapsaicin ether and dehydrogenation polymers with high molecular weights are the main products of the oxidation of capsaicin by peroxidase from hot pepper. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 44, p. 3085-3089, 1996.

BIANCHETTI, L.D.B. Aspectos morfológicos, ecológicos e biogeográficos de dez táxons de *Capsicum* (solanácea) ocorrentes no Brasil. Dissertação (Mestrado da Universidade de Brasília, 1996).

BOONSIRI, K.; KETSA, S.; VAN DOORN, W. Seed browning of hot peppers during low temperature storage. **Postharvest Biology and Technology**, v.xx, p.xx-xx, 2007 (no prelo).

BOSLAND, P.W. Breeding for quality in *Capsicum*. **Capsicum and Eggplant Newsletter**, v. 12, p. 25-31, 1993.

BRUNETON, J. **Elementos de Fitoquímica Y de Farmacognosia**, 1. ed. Editorial ACRIBIA: Zaragoza, Espanha, p. 347-349, 1991.

BRUNETON, J. **Elementos de Fitoquímica Y de farmacognosia**, 2. ed. Editorial ACRIBIA S.A.: Zaragoza, Espanha, p. 307, 2001.

CAREAGA, M.; FERNÁNDEZ, E.; DORANTES, L.; MOTA, L.; JARAMILLO, M.E.; HERNANDEZ-SANCHEZ, H. Antibacterial activity of *Capsicum* extract against *Salmonella typhimurium* and *Pseudomonas aeruginosa* inoculated in raw beef meat. **International Journal Food Microbiology**, v. 83, p. 331-335, 2003.

CARNEVALE, J.V.; COLE, E.R.; GRANTE, G. Photocatalysed oxidation of paprika pigments. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 28, p. 953-956, 1980.

CARVALHO, S.I.C.; BIANCHETTI, L.B.; BUSTAMANTE, P.G., SILVA, D.B. Catálogo de germoplasma de pimentas e pimentões (*Capsicum* spp) da Embrapa Hortaliças, p. 49, Brasília, DF, 2003.

CHEN, Q.; KOH, H.K.; PARK, J.B. Color evaluation of red pepper powder. **American Society of Agricultural and Biological Engineers**, v. 42, n. 3, p. 749-752, 1999.

CHUNG, S.K., SHIN, J.C. & CHOI, J.U. The blanching effects on the drying rates and the colour of hot red pepper. **Journal of Korean Society of Food and Nutrition**, v. 21, p. 64-69, 1992.

CICHEWICZ, R.H.; THORPE, P.A. The antimicrobial properties of chile peppers (*Capsicum* species) and their uses in Mayan medicine. **Journal of Ethnopharmacology**, v. 52, p. 61-70, 1996.

COLLERA-ZÚÑIGA, O.; JIMÉNEZ, F.G.; GORDILLO, R. M. Comparative study of carotenoid composition in three mexican varieties of *Capsicum annum* L. **Food Chemistry**, v. 90, p. 109-114, 2005.

COLLINS, M.D.; BOSLAND, P.W. Rare and novel capsaicinoid profiles in *Capsicum*. **Capsicum and Eggplant Newsletter**, V. 13, p. 48-51, 1994.

CONDORÍ, M.; ECHAZÚ, R.; SARAVIA, L. Solar drying of sweet pepper and garlic using the tunnel greenhouse drier. **Renewable Energy**, v. 22, p. 447-460, 2001.

CSERHÁTI, T.; FORGÁCS, E.; MORAIS, M.H.; MOTA, T.; RAMOS, A. Separation and quantitation of colour pigments of chili powder (*Capsicum frutescens*) by high-performance liquid chromatography-diode array detection. **Journal of Chromatography A**, v. 896, p. 69-73, 2000.

CSERHÁTI, T.; FORGÁCS, E. Liquid chromatographic separation of terpenoid pigments in foods and food products. **Journal of Chromatography A**, v. 936, p. 119-137, 2001.

CURRY, J.; ALURU, M.; MENDOZA, M.; NEVAREZ, J.; MELENDREZ, M.; O'CONNELL, M.A. Transcripts for possible capsaicinoid biosynthetic genes are differentially accumulated in pungent and non-pungent *Capsicum* ssp. **Plant Science**, v. 148, p. 47-57, 1999.

DOYMAZ, I.; PALA, M. Hot-air drying characteristics of red pepper. **Journal of Food Engineering**, v. 55, p. 331-335, 2002.

DUARTE, C.; MOLDÃO-MARTINS, M.; GOUVEIA, A.F.; COSTA, S.B.; LEITÃO, A.E.; BERNARDO-GIL, M.G. Supercritical fluid extraction of red pepper (*Capsicum frutescens* L.). **The Journal of Supercritical Fluids**, v. 30, p. 155-161, 2004.

ELIAS, M.C. **Aquecimento do ar para secagem de grãos**. Pelotas, UFPel, Pólo de Modernização Tecnológica em Alimentos da Região Sul. (Relatório Técnico), p. 11, 1999.

ELIAS, M.C. **Armazenamento e conservação de grãos para médias e pequenas escalas**. Pelotas: UFPel, 2002. 218p.

ERGÜNES, G.; TARHAN, S. Color retention of red peppers by chemical pretreatments during greenhouse and open sun drying. **Journal of Food Engineering**, v.76, p. 446-452, 2006.

ESTRADA, B.; BERNAL, M.A.; DÍAZ, J.; POMAR, F.; MERINO, F. Fruit development in *Capsicum annum*: changes in capsaicin, lignin, free phenolics, and peroxidase patterns. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 48, p. 6234-6239, 2000.

ESTRADA, B.; BERNAL, M.A.; DÍAZ, J.; POMAR, F.; MERINO, F. Capsaicinoids in vegetative organs of *Capsicum annum* L. in relation to fruiting. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 50, p. 1188-1191, 2002.

FARHAT, A.; KOOLI, S.; KERKENI, C.; MAALEJ, M.; FADHEL, A.; BELGHITH, A. Validation of a pepper drying model in a polyethylene tunnel greenhouse. **International Journal of Thermal Sciences**, v. 43, p. 53-58, 2004.

GILLETTE, M. H; APPEL, C. E; LEGO. M. C. A New Method for Sensory Evaluation of Red Pepper Heat *Journal of Food Science*, V. 49, I. 4, p. 1028-1033, 1984

GULARTE, M.A. **Manual de Análise Sensorial de Alimentos**. DCA/FCD/UFPel, Pelotas, p. 59, 2002.

HA, S.; KIM, J.; HWANG, Y.; LEE, S. Molecular characterization of three 3-hydroxy-3-methylglutaryl-CoA reductase genes including pathogen-induced Hmg2 from pepper (*Capsicum annuum*). **Biochimica et Biophysica Acta**, v. 1625, p. 253-260, 2003.

HATANAKA, A., SEKIYA, J.; KAJIWARA, T. Linolenic acid and its 13-hydroperoxide inhibit hexanal formation from linolenic acid in plant tissues. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 31, p. 176-178, 1983.

HOSSAIN, M.A.; WOODS, J.L.; BALA, B.K. Optimisation of solar tunnel drier for drying of chilli without color loss. **Renewable Energy**, v. 30, p. 729-742, 2005.

IBRAHIM, H.M.A.; RAGAB, G.H.; MOHARRAM, H.A. Paprika colour quality: Effect of air and natural drying treatments. **Grasas Y Aceites**, v. 48, p. 200-206, 1997.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas analíticas, métodos químicos e físicos para análises de alimentos**. 3. ed. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, v.1, 1985, 533p.

JAIN, D.; TIWARI, G.N. Thermal aspects of open sun drying of various crops. **Energy**, v. 28, p. 37-54, 2003.

JANJAI, S.; TUNG, P. Performance of a solar dryer using hot air from roof-integrated solar collectors for drying herbs and spices. **Renewable Energy**, v.30, p.2085-2095, 2005.

JAYARAMAN, K.S.; DAS GRUPTA, D.K. Dehydration of fruits and vegetables - Recent developments in principles and techniques. **Drying Technology**, v. 1, n. 10, p. 1-50, 1992.

KARATHANOS, V.T.; VILLALOBOS, G.; SARAVACOS, G.D. Comparacion of two methods of estimation of the effective moisture diffusivity from drying data. **Journal of Food Science**, v. 55, n. 1, p. 218-231, 1996.

KAYMAK-ERTEKIN, F. Drying and rehydrating kinetics of green and red peppers. **Journal of Food Science**, v. 67 n. 1, p. 168-175, 2002.

KIM, D.Y.; RHEE, C.O.; SHIN, S.C. Changes in colour of red pepper during drying and milling. **Journal of the Korean Agricultural Chemical Society**, p. 25, 1982.

KIRSCHBAUM-TITZE, P.; HIEPLER, C.; MUELLER-SEITZ, E.; PETZ, M. Pungency in Paprika (*Capsicum annum*) 1. Decrease of capsaicinoid content

following cellular disruption. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 50, p. 1260-1263, 2002.

KLIBER, A.; BAGNATO, A. Colour stability of paprika and chilli powder. **Food Australia**, v. 51, n. 12, p. 592-596, 1999.

KOCSIS, N.; AMTMANN, M.; MEDNYÁNSZKY, Z.; KORÁNY, K. GC-MS Investigation of the aroma compounds of hungarian red paprika (*Capsicum annuum*) cultivars. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 15, p. 195-203, 2002.

KOYUNCU, T. An investigation on the performance improvement of greenhouse-type agricultural dryers. **Renewable Energy**, v. 31, p. 1055-1071, 2006.

KRAJAYKLANG, M.; KLIEBER, A.; DRY, P.R. Acceleration of the drying rates of paprika fruit with drying oil and cutting. **International Journal of Food Science & Technology**, v. 36, p. 207-214, 2001.

KROKIDA, M.K.; TSAMI, E.; URBRICAIN, M.J. Kinetics on color changes during drying of some fruits and vegetables. **Drying Technology**, v. 16, n. 35, p. 667-685, 1998.

KROKIDA, M.K.; KARATHANOS, V.T.; MAROULIS, Z.B.; MARINOS-KOURIS D. Drying kinetics of some vegetables. **Journal of Food Engineering**, v. 59, p. 391-403, 2003.

KUMAR, A.; KANDPAL, T.C. Solar drying and CO₂ emissions mitigation: potential for selected cash crops in India. **Solar Energy**, v. 78, p. 321-329, 2005.

LEE, J.J.; CROSBY, K.M.; PIKE, L.M.; YOO, K.S.; LESKOVAR, D.I. Impact of genetic and environmental variation on development of flavonoids and carotenoids in pepper (*Capsicum* spp.) **Scientia Horticulturae**, v. 106, p. 341-352, 2005.

LEETE, E.; LOUDEN, M.C.L. Biothynthesis of capsicum and dihydrocapsaicin in *Capsicum frutescens*. **Journal of the American Chemical Society**, v. 90, n. 24, p. 6837-6841, 1968.

LEVY, A.; HAREL, S.; PALEVITCH, D.; AKIRI, B.; MENAGEM, E.; KANNER, J. Carotenoid pigments and β -carotene in paprika fruits (*Capsicum* spp.) with different genotypes. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 43, p. 362-366, 1995.

LOPES, D.; FREITAS, S.C.; ROSSI, L.S.; RIBEIRO, C.S.C.; CARVALHO, S.I.C.; BARROS, F.R.; SILVA, A.J.R. **Pimentas Brasileiras (*Capsicum*): Pungência e Composição Centesimal**. CD-ROM 6º Simpósio Latino Americano de Ciência de Alimentos, Campinas, SP, 2005.

LUNING P.A.; YUKSEL, D.; VRIES, R.V.; ROOZEN, J.P. Aroma changes in fresh bell peppers (*Capsicum annuum*) after hot-air drying. **Journal of Food Science**, v. 60, n. 6, p. 1269 (8), 1995.

MADAIL, J.C.M.; SCHNEID, L.F.; SIMA, L.F.; WENDT, A.N. Economia da produção de pimenta vermelha no município de Turucu-RS. Embrapa Clima Temperado. **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento** 19. Pelotas, p. 27, 2005.

MALCHEV, E.; CHENOV, N.S.; IONCHEVA, N.I.; TANCHEV, S.S.; KALPAKCHIEVA, K.K. Quantitative changes in carotenoids during the storage of dried red pepper powder. **Nahrung**, v. 26, p. 415-418, 1982.

MAOKA, T.; MOCHIDA, K.; KOZUKA, M.; ITO, Y.; FUJIWARA, Y.; HASHIMOTO, K.; ENJO, F.; OGATA, M.; NOBUKUNI, Y.; TOKUDA, H.; NISHINO, H. Cancer chemopreventive activity of carotenoids in the fruits of red paprika *Capsicum annuum* L. **Cancer Letters**, v. 172, p. 103-109, 2001.

MATEO, J.; AGUIRREZÁBAL, M.; DOMÍNGUEZ, C.; ZUMALACÁRREGUI, J.M. Volatile compounds in spanish paprika. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 10, p. 225-232, 1997.

MATERSKA, M.; PIACENTE, S.; STOCHMAL, A.; PIZZA, C.; OLESZEK, W.; PERUCKA, I. Isolation and structure elucidation of flavonoid and phenolic acid glycosides from pericarp of hot pepper fruit *Capsicum annuum* L. **Phytochemistry**, v. 63, p. 893-898, 2003.

MATOS, F.J. ABREU. **Introdução a Fitoquímica Experimental**. 2 ed. – Fortaleza: Edições UFC, 141, p. 1997.

MATUS, Z.; DELI, J.; SZABOLCS, J.J. Carotenoid composition of yellow pepper during ripening-isolation of β -cryptoxanthin 5,6-epoxide. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 39, p.1907-1914, 1991.

MAZIDA, M.M.; SALLEH, M.M.; OSMAN, H. Analysis of volatile aroma compounds of fresh chilli (*Capsicum annuum*) during stages of maturity using Solid Phase Microextraction (SPME). **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 18 (5), p. 427-437, 2004.

MEILGAARD, M.; CIVILLE, G.V.; CARR, B.T. **Sensory Evaluation Techniques**. Boca Raton: CRC, p. 281, 1999.

MÍNGUEZ-MOSQUERA, M.I.; HORNERO-MÉNDEZ, D. Separation and quantification of the carotenoid pigments in red peppers (*Capsicum annuum* L.), paprika, and oleoresin by reversed-phase HPLC. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 41, p. 1616-1620, 1993.

MÍNGUEZ-MOSQUERA, M.I.; JAREN-GALAN, M.; GARRIDO-FERNANDES, J. Carotenoid metabolism during the slow drying of pepper fruits of the Agridulce variety. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 42, p. 2260-2264, 1994.

OLIVER, J.; PALOU, A.; PONS, A. Semi-quantification of carotenoids by high-performance liquid chromatography: saponification-induced losses in fatty foods. **Journal Chromatography A**, v. 829, p. 393-399, 1998.

ONG, K.S. Solar dryers in the Asia-Pacific region. **Renewable Energy**, v. 16, p. 779-784, 1999.

ORHAN, I.; ERYILMAZ, B.; BINGÖL, F. A comparative study on the fatty acid contents of *Capsicum annuum* varieties. **Biochemical Systematics and Ecology**, v. 30, p. 901-904, 2002.

ÖZTEKIN, S.; BASCETINCELİK, A.; SOYSAL, Y. Crop drying programme in Turkey. **Renewable Energy**, v. 16, n. 14, p. 789-794, 1999.

PASSAMAI, V.; SARAVIA, L. Relationship between a solar drying model of red pepper and the kinetics of pure water evaporation. II. **Drying Technology**, v. 15, n. 5, p. 1433-1457, 1997.

PÉREZ-GÁLVEZ, A.; MÍNGUEZ-MOSQUERA, M. I. Degradation of non-esterified and esterified xanthophylls by free radicals. **Biochimica et Biophysica Acta**, v. 1569, p. 31-34, 2002.

PERUCKA, I.; OLESZEK, W. Extraction and determination of capsaicinoids in fruit of hot pepper *Capsicum annuum* L. by spectrophotometry and high-performance liquid chromatography. **Food Chemistry**, v. 71, p. 287-291, 2000.

PÉREZ-GÁLVEZ, A.; HORNERO-MÉNDEZ, D.; MÍNGUEZ-MOSQUERA, M.I. Changes in the carotenoid metabolism of *Capsicum* fruits during application of modeled slow drying process for paprika production. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 52, n. 3, p. 518-522, 2004.

PORDESIMO, L.O.; LI, H.; REDDICK, B.B.; HABERA L.F. Effects of drying procedure, cultivar, and harvest number on capsaicin levels in dried jalapeño peppers. ASAE Meeting Presentation, n. 01-6084, USA, 2001.

RAMESH, M.N.; WOLF, W.; TEVINI, D.; JUNG, G. Influence of processing parameters on the drying of spice paprika. **Journal of Food Engineering**, v. 49, p. 63-72, 2001.

REIFSCHNEIDER, F.J.B. **Capsicum: pimentas e pimentões no Brasil**. Embrapa Comunicações para Transferência de Tecnologia. Embrapa Hortaliças. Brasília,DF, p. 113, 2000.

RODRIGUES, M. R. A.; MORAES, M. S. A.; KRAUSE; L. C.; CARAMÃO, E. B. **Determinação dos Ácidos Graxos Presentes no Óleo das Sementes de Andiroba (Carapa Guianensis Aubl.) Via Cg-Em**. XII ENQA – Encontro Nacional de Química Analítica , São Luiz/Maranhão, 2005.

RUTH, S.; BOSCAINI, E.; MAYR, D.; PUGH, J; POSTHUMUS, M. Evaluation of three gas chromatography and two direct mass spectrometry techniques for aroma analysis of dried red bell peppers. **International Journal of Mass Spectrometry**, v. 223-224, p. 55-65, 2003.

SACCARDO, F. **Miglioramento del peperone (obiettivo, tecniche, programmi)**. In: Colana Itália agrícola. Miglioramento genético del vegetalli. Roma: Ramo Editoriale Digli Agricoltori, p. 183-200, 1992.

SALMERÓN, P. Almacenado del pimenton. In. El Colour em lãs Procesos de Elaboracion del Pimenton, **Centro de Edafologia y Biologia Aplicada del Segura**, p. 229-252, 1973.

SCHÜNEMANN, A.P.P. **Caracterização, química, sensorial e aptidão para desidratação de cebolas (*Allium cepa* L.) adaptadas ao sul do Brasil**. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia Agroindustrial) - Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, p. 78, 2006.

SIGGE, G.O.; HANSMANN, C.F.; JOUBERT, E. Optimizing the dehydration conditions of green bell peppers (*Capsicum anuum* L): Quality criteria. **Journal of Food Quality**, v. 22, p. 439-452, 1999.

SIMÕES, C.M.O. SCHENKEL, E.P.; GOSMANN, G.; MELLO, J.C.P.; MENTZ, L.A.; PETROVICK, P.R. **Farmacognosia: da planta ao medicamento**. 3. ed.; Editora da UFRGS/UFSC: Porto Alegre/Florianópolis, p. 499-523, 2001.

STAR COLOR. **CIE Lab Color System**. Disponível em <<http://www.starcolor.co.th/1qc.html>> Acesso em: 3 dez.2004

STRUMILLO, C.; KUDRA, T. Drying: principles, applications and design. In: Hughes, **Topics in chemical engineering**, v. 3, Universidade de Salford, UK., 1986.

TASIRIN, S.M.; KAMARUDIN, S.K.; JAAFAR, K.; LEE, K.F. The drying kinetics of bird's chillies in a fluidized bed dryer. **Journal of Food Engineering**, v. 79, p. 695-705, 2006.

TIRIS, C.; OZBALTA, N.; TIRIS, M.; DINCER, I. Performance of a solar dryer. **Energy**, v. 19, p. 993-997, 1994.

TIRIS, C.; TIRIS, M.; DINCER.I. Experiments on a new small-scale solar dryer. **Applied Thermal Engineering**, v. 16, p. 183-187, 1996.

TONG, C.H.; LUND, D.B. Effective moisture diffusivity in porous materials as a function of temperature and moisture content. **Biotechnology Progress**, v. 6, p. 67-75, 1990.

TOPUZ, A.; OZDEMIR, F. Influences of gamma irradiation and storage on the capsaicinoids of sun-dried and dehydrated paprika. **Food Chemistry**, v. 86, p. 509-515, 2004.

TRESSL, R., BAHRI, D.; ENGEL, K.H. **Lipid oxidation in fruits and vegetables.** In: Quality of Selected Fruits and Vegetables of North America, ACS Symposium Series 31, ACS, Washington, DC, p. 213-231. 1981.

TRIM, D.S.; KO, H.Y. Development of a forced convection solar dryer for red peppers. **Journal of Tropical Agriculture (Trinidad)**, v. 59, p. 319-323, 1982.

TUNCER, I.K. How Kahramanmaraş red pepper should be operated for internal market and external market?. Sutcu Imam University Publications, v. 11, p. 26-30, 1995.

TUNDE-AKINTUNDE, T.Y.; AFOLABI, T.J.; AKINTUNDE, B.O. Influence of drying methods on drying of bell-pepper (*Capsicum annuum*). **Journal of Food Engineering**, v. 68, p. 439-442, 2005.

UQUICHE, E.; DEL VALLE, J.M.; ORTIZ, J. Supercritical carbon dioxide extraction of red pepper (*Capsicum annuum* L.) oleoresin. **Journal of Food Engineering**, v. 65, p. 55-66, 2004.

VAN RUTH, S.M.; ROOZEN, J.P. Gas chromatography/sniffing port analysis and sensory evaluation of commercially dried bell peppers (*Capsicum annuum*) after rehydration. **Food Chemistry**, v. 51, p. 165-170, 1994.

VAN RUTH, S.M.; ROOZEN, J.P.; COZIJNSEN, J.L.; POSTHUMUS, M.A. Volatile compounds of rehydrated French beans, bell peppers and leeks. Part II. Gas chromatography/sniffing port analysis and sensory evaluation. **Food Chemistry**, v. 54, p. 1-7, 1995.

VAN RUTH, S.; BOSCAINI, E.; MAYR, D.; PUGH, J.; POSTHUMUS, M. Evaluation of three gas chromatography and two direct mass spectrometry techniques for aroma analysis of dried red bell peppers. **International Journal of Mass Spectrometry**, v. 223-224, p. 55-65, 2003.

WAGNER, C.M.; LOPES, D.; RIBEIRO, C.S.C.; REIFSCHNEIDER, F.J.B.; VENCOSKY, R. **Influência da posição do fruto em plantas de pimenta no teor de capsaicinóides.** I Simpósio Brasileiro de Especiarias, Ilhéus, 2000.

WAGNER, C.M., **Variabilidade e base genética da pungência e de caracteres do fruto: implicações no melhoramento de uma população de *Capsicum annuum* L.**, Tese de Doutorado, Universidade de São Paulo, Brasil, 2003.

WEBER, E.A. **Armazenagem Agrícola.** Kepler Weber Industrial, p. 400, 1998.

WEISSENBERG, M.; SCHAEFFLER, I.; MENAGEM, E.; BARZILAI, M.; LEVY, A. Isocratic non-aqueous reversed-phase high-performance liquid chromatographic separation of capsanthin and capsorubin in red peppers (*Capsicum annuum* L.). **Journal Chromatography A**, v. 757, p. 89-95, 1997.

ZEWDIE, Y.; BOSLAND, P.W. Capsaicinoid inheritance in an interspecific hybridization of *Capsicum annum* x *C. chinense*. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v. 125, n. 4, p. 448-453, 2000.

ZEWDIE, Y.; BOSLAND P.W. Capsaicinoid profiles are not good chemotaxonomic indicators for *Capsicum* species. **Biochemical Systematics and Ecology**, v. 29, p. 161-169, 2001.

ZOGZAS, N.; MAROLIS, Z.B.; MARINOS-KOURIS, D.; SARAVAGOS, G. D. Densities, shrinkage and porosity of some vegetables during air drying. Proceedings of the 9th international drying symposium, **Drying 94**, v. B, p. 863-870, 1994.

7.0 APÊNDICES

Tabela 4 - Umidade dos flocos de pimenta decorrente da temperatura e tempo sobre laje de cimento

Tempo (min)	Secagem (°C)	Umidade (%)
0	23,9	82,56
30	26,1	82,21
60	28,2	81,61
90	29,8	80,36
120	30,8	77,26
150	32,3	73,48
180	34,1	70,02
210	35,1	62,76
240	36,2	55,49
270	38,0	49,72
300	35,2	42,26
330	35,5	38,42
360	32,5	34,27
390	30,8	30,57
420	27,7	26,96
450	25,5	26,78
480	27,2	25,14
510	28,6	23,44
540	30,6	19,97
570	31,4	16,64
600	33,3	14,86
630	35,0	13,63
660	36,2	12,06

Tabela 5 - Umidade dos flocos de pimenta decorrente da temperatura e tempo em secador de leito móvel a 30°C

Tempo (min)	Secagem (°C)	Umidade (%)
0	29,9	81,05
30	30,8	80,78
60	31,3	80,51
90	31,7	79,58
120	31,2	78,67
150	31,1	78,03
180	30,8	77,44
210	30,5	76,91
240	30,9	75,37
270	31,0	70,74
300	30,9	66,09
330	30,9	60,47
360	31,0	54,84
390	30,8	49,15
420	30,6	43,49
450	30,8	35,88
480	30,8	28,24
510	31,1	25,10
540	31,1	21,93
570	31,1	19,07
600	30,9	17,65
630	31,0	15,70
660	31,0	14,04
690	30,5	12,12
720	30,3	10,50

Tabela 6 - Umidade dos flocos de pimenta decorrente da temperatura e tempo em secador de leito móvel a 55°C

Tempo (min)	Secagem (°C)	Umidade (%)
0	54,6	82,04
30	55,0	80,87
60	55,2	79,05
90	55,8	77,41
120	56,5	74,22
150	55,0	70,65
180	56,0	60,64
210	56,3	51,14
240	56,1	38,47
270	55,7	24,73
300	56,0	18,09
330	56,1	11,67
360	56,2	10,23

Tabela 7 - Umidade dos flocos de pimenta decorrente da temperatura e tempo em secador de leito móvel a 80°C

Tempo (min)	Secagem (°C)	Umidade (%)
0	80,0	81,05
20	80,9	78,00
40	80,5	72,20
60	80,9	70,40
80	80,2	60,84
100	81,0	55,50
120	81,1	49,54
140	80,4	32,70
160	80,7	21,40
180	81,3	10,32

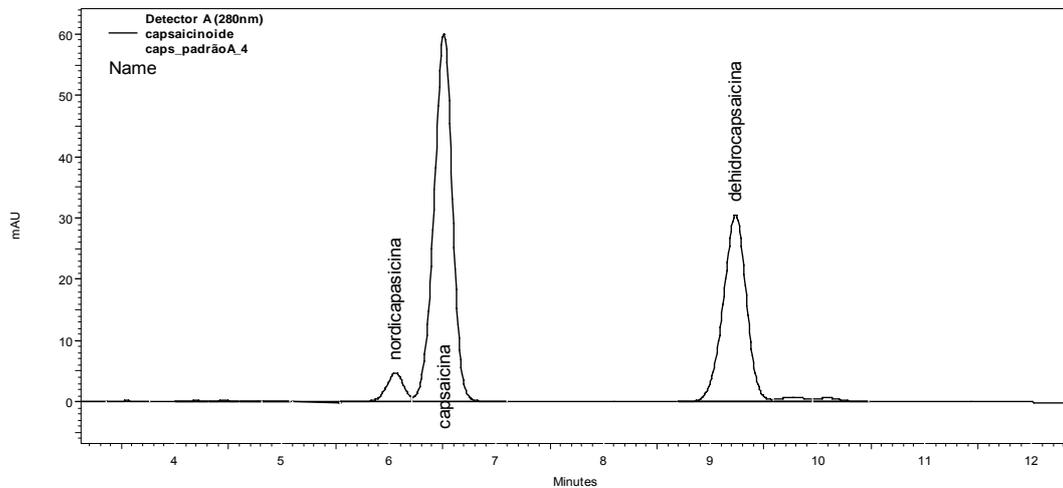


Figura 8 - Cromatograma por HPLC ($\lambda = 280 \text{ nm}$) do padrão dos capsaicinóides (nordihidrocapsaicina, capsaicina e diidrocapsaicina)

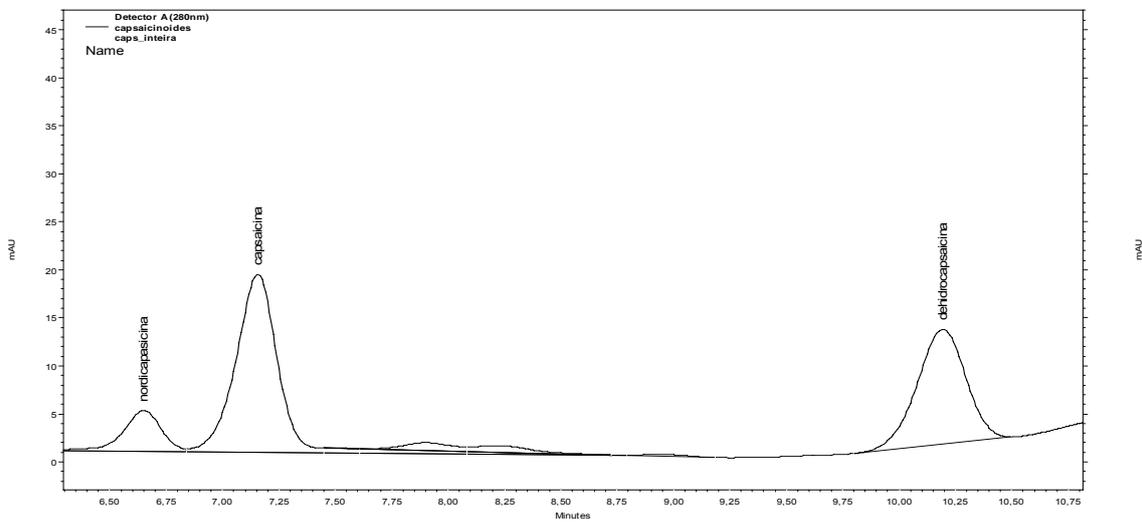


Figura 9 - Cromatograma por HPLC ($\lambda = 280 \text{ nm}$) do fruto de pimenta *in natura*.

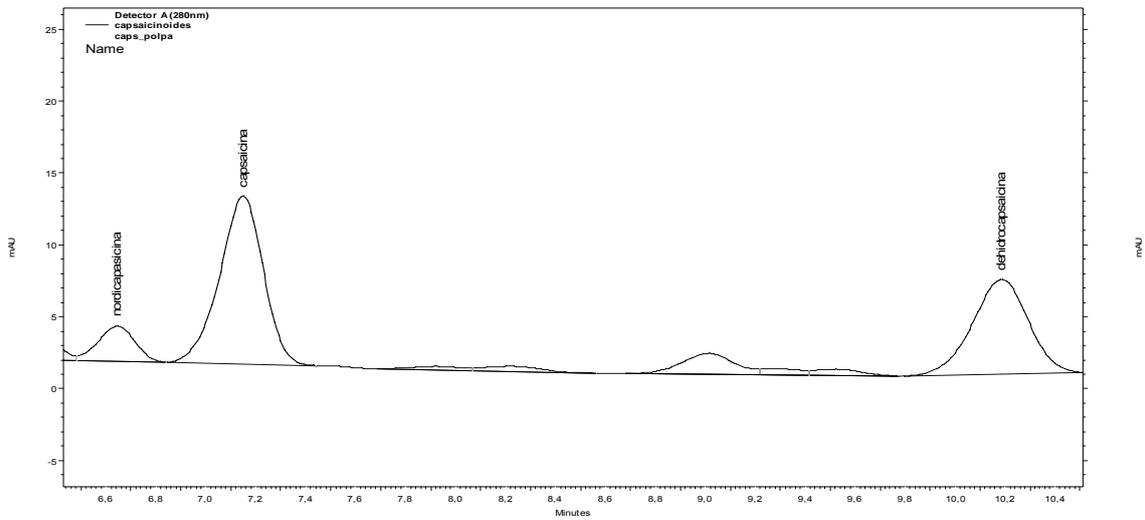


Figura 10 - Cromatograma por HPLC ($\lambda = 280 \text{ nm}$) da polpa de pimenta.

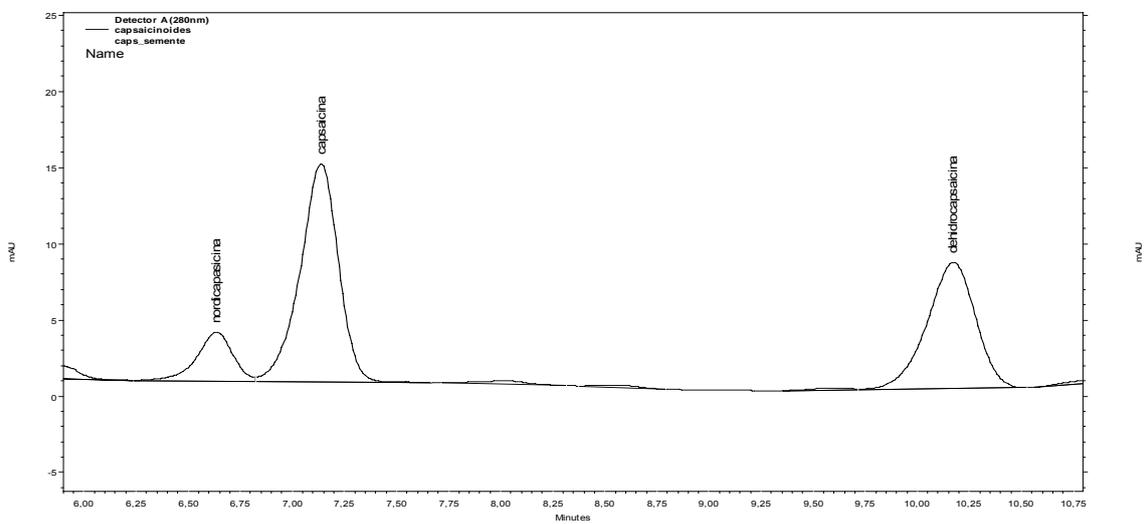


Figura 11 - Cromatograma por HPLC ($\lambda = 280 \text{ nm}$) da semente de pimenta.

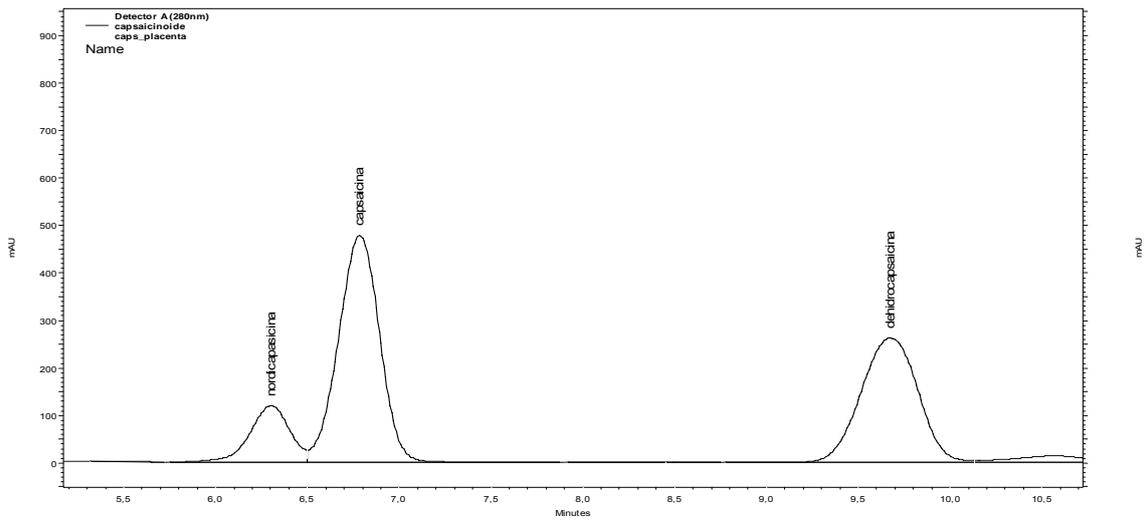


Figura 12 - Cromatograma por HPLC ($\lambda = 280 \text{ nm}$) da placenta de pimenta.

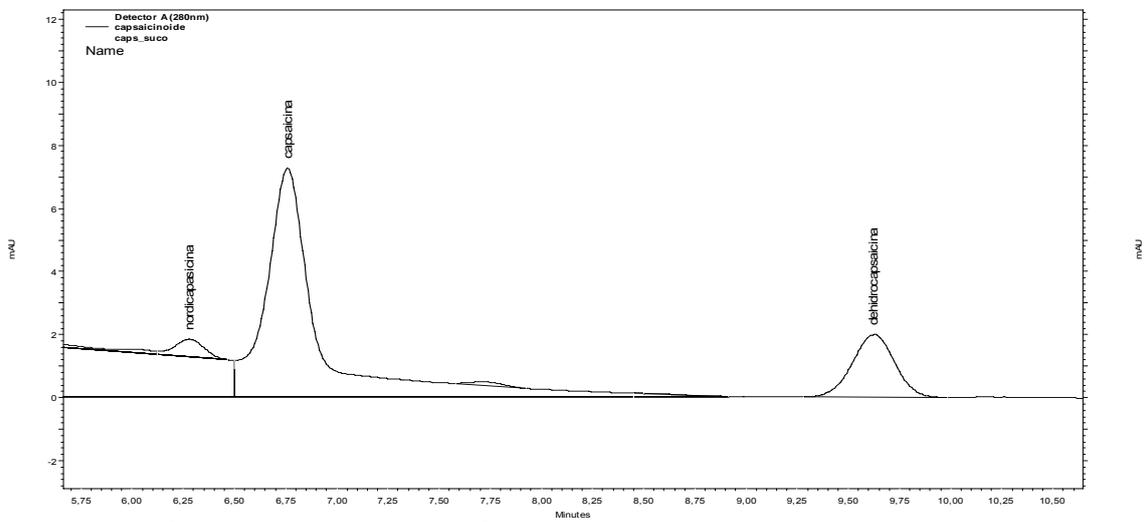


Figura 13 - Cromatograma por HPLC ($\lambda = 280 \text{ nm}$) do suco de pimenta.

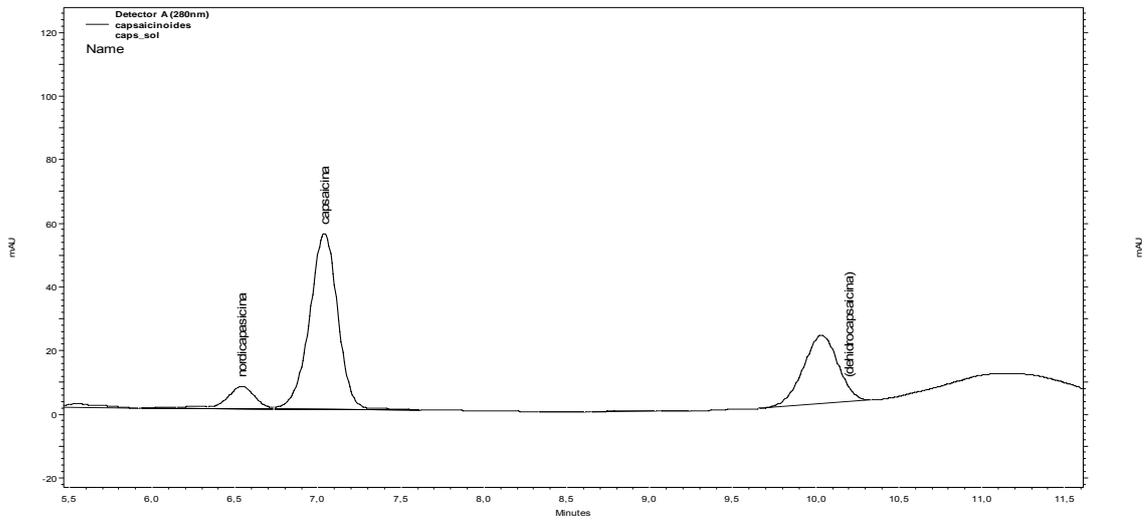


Figura 14 - Cromatograma por HPLC ($\lambda = 280 \text{ nm}$) em flocos de pimenta seca ao sol.

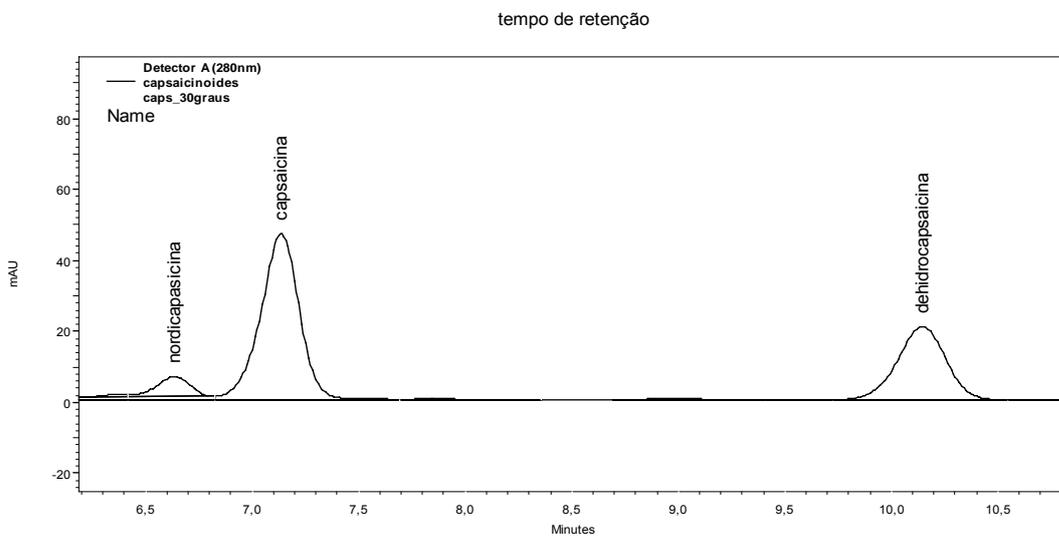


Figura 15 - Cromatogramas por HPLC ($\lambda = 280 \text{ nm}$) em flocos de pimenta seca a 30°C em secador de leito móvel com ar aquecido por GLP

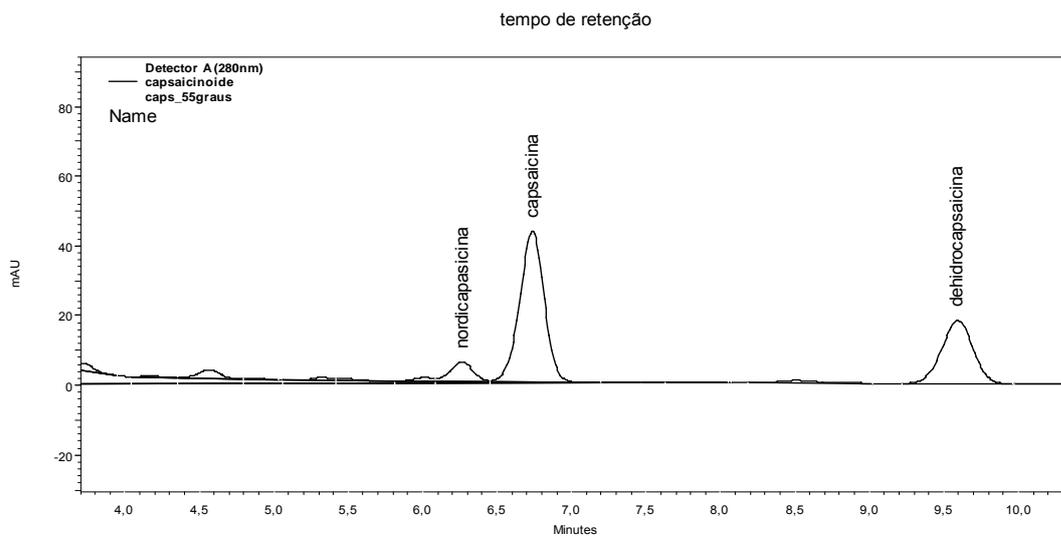


Figura 16 - Cromatogramas por HPLC ($\lambda = 280 \text{ nm}$) em flocos de pimenta seca a 55°C em secador de leito móvel com ar aquecido por GLP

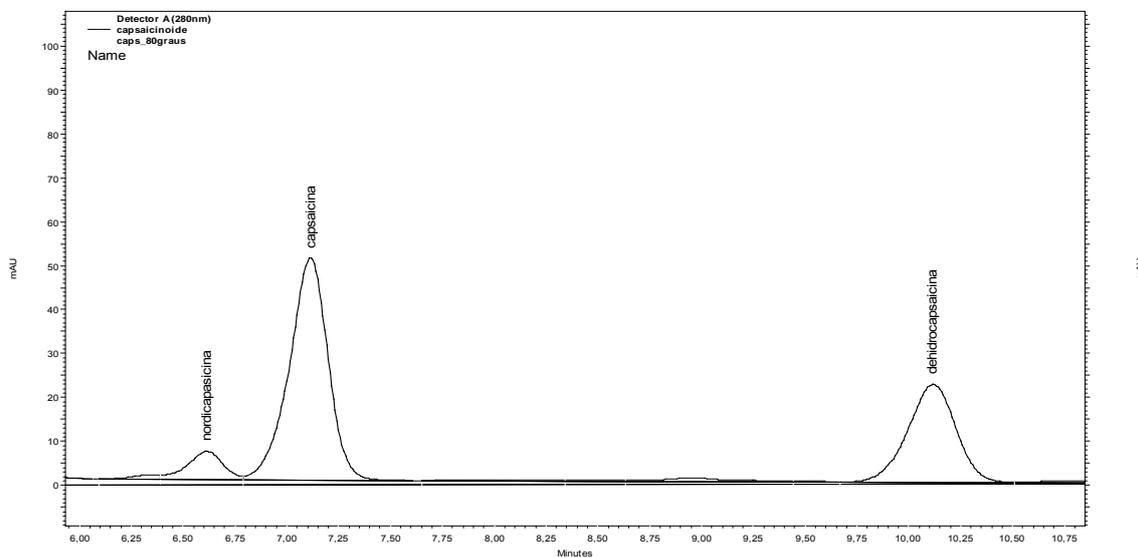


Figura 17 - Cromatogramas por HPLC ($\lambda = 280 \text{ nm}$) em flocos de pimenta seca a 80°C em secador de leito móvel com ar aquecido por GLP

Tabela 11 - Relação dos ácidos graxos correspondentes aos ésteres metílicos padrões submetidos à cromatografia gasosa

Pico	Éster metílico	FM	N°C	MM (g/mol)	Tempo de retenção (min)
1	Ácido laurico	C12H24O2	C12:0	200	4,14
2	Ácido merístico	C14H28O2	C14:0	228	6,86
3	Ácido palmitoleico	C16H30O2	C16:1	254	11,34
4	Ácido palmítico	C16H32O2	C16:0	256	11,96
5	Ácido linoleico	C16H32O2	C18:2	280	18,74
6	Ácido oleico	C16H34O2	C18:1	282	19,03
7	Ácido esteárico	C18H36O2	C18:0	284	20,28
8	Ácido araquídico	C20H40O2	C20:0	312	31,30
9	Ácido lignocérico	C24H48O2	C24:0	368	39,25

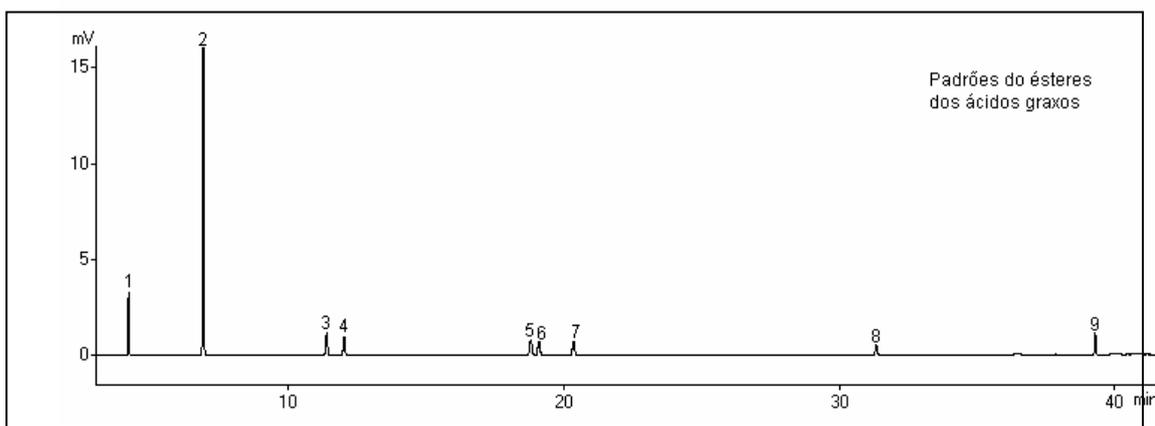


Figura 18 - Cromatograma do íon total (TIC) no GC/FID da mistura de padrões dos ésteres metílicos. **Picos:** ver tabela 7. **Programa de temperatura:** 180°C – 1°C min⁻¹ – 210°C – 10°C min⁻¹ – 280°C (10 min).

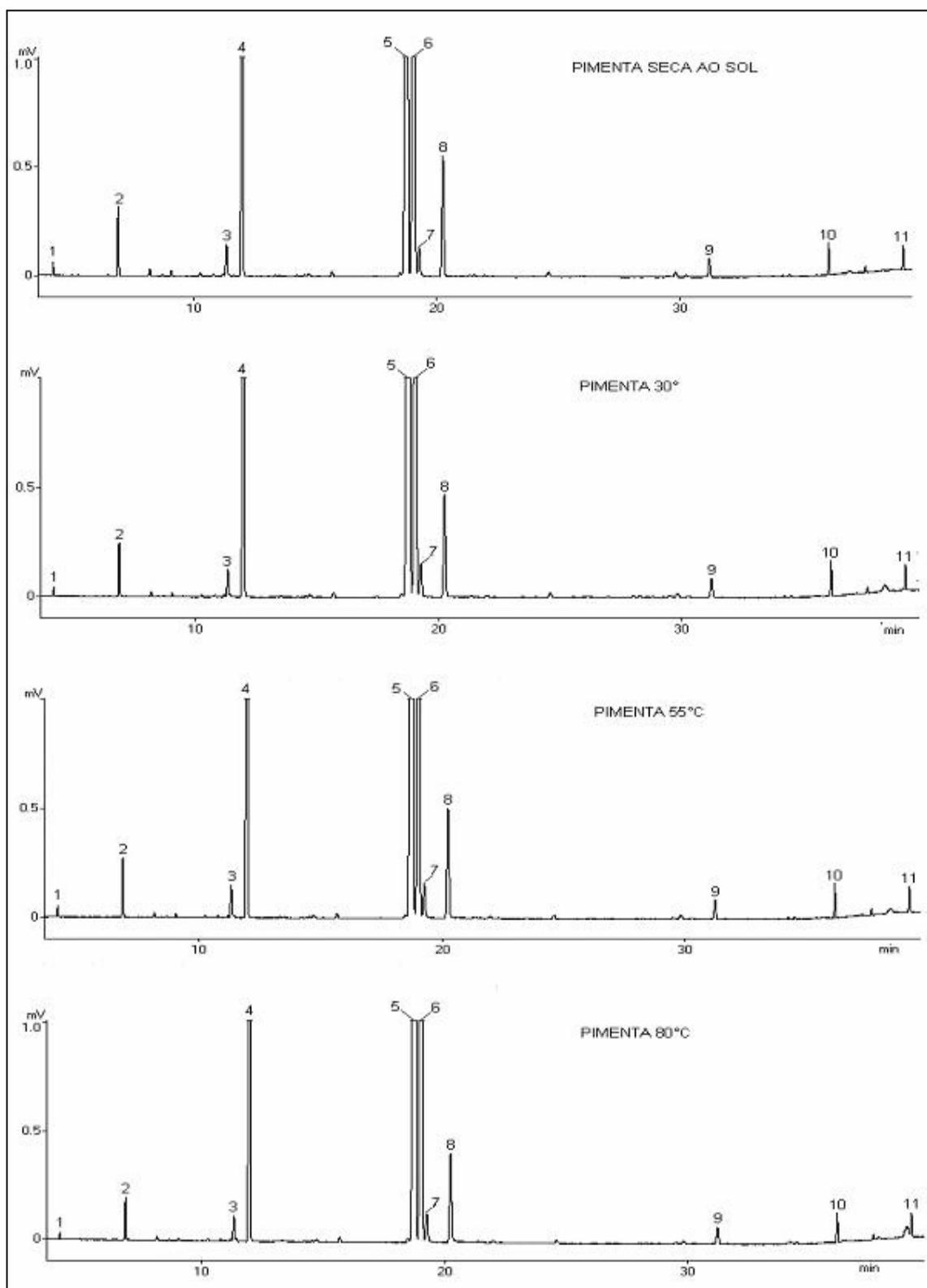


Figura 19 - Cromatogramas do íon total (TIC) no GC/FID dos ácidos graxos derivatizados do óleo de pimenta na secagem natural e artificial.

Programa de temperatura: 180°C – 1°C min⁻¹ – 210°C – 10°C min⁻¹ – 280°C (10 min).