HERANÇA DA PUNGÊNCIA EM CAPSICUM CHINENSE JACQ.

AILTON RIBEIRO
Engenheiro Agrônomo

Orientador: Prof. Dr. CYRO PAULINO DA COSTA

Dissertação apresentada à Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", da Universidade de São Paulo, para a obtenção do título de Mestre em Agronomia. Área de Concentração: Genética e Melhoramento de Plantas.

PIRACICABA
Estado de São Paulo - Brasil
julho - 1987

R484h Ribeiro, Ailton.
Herança da pungência em *Capsicum chinense*
Jacq.. Piracicaba, 1987.
77 p. ilustr.

Diss. (Mestre) - ESALQ
Bibliografia.

1. Pimenta - Pungência. I - Escola Superior
de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba.

CDD 635.643

HERANÇA DA PUNGÊNCIA EM CAPSICUM CHINENSE JACQ.

AILTON RIBEIRO

Dissertação apresentada à Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", da Universidade de São Paulo, para a obtenção do título de Mestre em Agronomia. Área de Concentração: Genética e Melhoramento de Plantas.

PIRACICABA

Estado de São Paulo - Brasil

Julho - 1987

HERANÇA DA PUNGÊNCIA EM *Capsicum chinense* JACQ.

AILTON RIBEIRO

Aprovada em: 03 / 09 / 1987

Comissão Julgadora:

Prof. Dr. Cyro Paulino da Costa

ESALQ/USP

Prof. Dr. Isaias Olívio Geraldi

ESALQ/USP

Prof. Dr. Vicente Wagner Dias Casali

Depto. Fitotecnia/UFVigosa

Prof. Dr. Cyro Paulino da Costa
Orientador

Aos meus pais JOÃO e MARIA

À minha irmã IEDA

À memória dos JOAQUIMS, tio e avô

DEDICO.

AGRADECIMENTOS

- Ao Prof. Dr. CYRO PAULINO DA COSTA pela orientação e ensinamentos recebidos, e sobretudo pela amizade, apoio e incentivo;

À ASGROW SEED COMPANY, na pessoa do Dr. LARRY R. BAKER, gerente de pesquisa, pela doação e envio de material indispensável à condução do presente trabalho;

- Aos funcionários ALCIDES MARTINS e JOÃO DE ARAÚJO, e às estagiárias IEDA MARIA RIBEIRO e VALÉRIA CRISTINA P. ZAGO pela colaboração na condução dos ensaios de campo e coleta dos dados experimentais;

- Ao Prof. Dr. FLÁVIO C.A. TAVARES pela cessão de equipamentos e do laboratório para as análises químicas;

- Ao Prof. Dr. ISAIAS OLÍVIO GERALDI pelas sugestões nas análises estatísticas;

- À colega INGRID B.I. DE BARROS pelas sugestões e revisão do manuscrito;

- Aos PROFESSORES, FUNCIONÁRIOS do Departamento de Genética, ESALQ/USP, pelos ensinamentos e facilidades concedidas;

- Aos COLEGAS do Curso de Pós-Graduação pelo companheirismo;

- À COORDENADORIA DE APERFEIÇOAMENTO DE PESSOAL DE ENSINO SUPERIOR (CAPES) pela concessão de bolsa de estudos.

O Autor.

SUMÁRIO

	Página
LISTA DE FIGURAS	vii
LISTA DE TABELAS	ix
RESUMO	xiii
SUMMARY	xv
 1. INTRODUÇÃO	 01
2. REVISÃO DE LITERATURA	04
2.1. O gênero <i>Capsicum</i> e a espécie <i>C. chinense</i> ..	04
2.2. A pungência no gênero <i>Capsicum</i>	08
2.2.1. Importância	08
2.2.2. Composição, distribuição e síntese do princípio pungente	09
2.2.3. Fatores que afetam a pungência	10
2.3. Metodologias para avaliação da pungência ..	11
2.4. Variabilidade da pungência	15
2.5. Herança da pungência	18
 3. MATERIAIS E MÉTODOS	 22
3.1. Local de investigação	22
3.2. Instalação e tratamentos culturais dos ensaios no campo	22
3.3. Método de avaliação da pungência	24
3.4. Avaliação da pungência em três diferentes espécies de <i>Capsicum</i>	27
3.5. Influência da temperatura na pungência	27
3.6. Uso do teste gustativo para avaliação da pungência	32
3.7. Estudo da herança da pungência em <i>C. chinense</i> se	36

	Página
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	40
4.1. Método de avaliação da pungência	40
4.2. Avaliação da pungência em três diferentes espécies de <i>Capsicum</i>	43
4.3. Influência da temperatura na pungência	45
4.4. Uso do teste gustativo para avaliação da pungência	51
4.5. Herança da pungência em <i>C. chinense</i>	56
5. CONCLUSÕES	65
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	67
APÊNDICE	75

LISTA DE FIGURAS

FIGURA Nº		Página
01	Estrutura química da capsaicina, determinada por NELSON (1919)	09
02	Dados de temperatura máxima, mínima e média registradas durante a condução dos experimentos, em intervalos de 10 dias. Piracicaba, SP, Ago/86 a Fev/87 (Fonte: Departamento de Física e Meteorologia, ESALQ - USP)	23
03	Curva padrão obtida pela regressão linear simples das leituras de absorbância a 280 nm num espectrofotômetro Beckman DB em função das concentrações padrão de capsaicina pura (Sigma No. M-3773) em solução de metanol absoluto. Piracicaba, SP, 1987..	25
04	Médias de temperatura média registradas durante período de 30 dias anterior a cada época de amostragem. Piracicaba, SP, 23/12/86 a 19/02/87. (Fonte: Departamento de Física e Meteorologia, ESALQ/USP)	30
05	Regressão linear simples dos valores do conteúdo de capsaicina (mg/100g fruto) observados em função das cinco épocas de amostragem para três introduções de <i>Cap-sicum chinense</i> Jacq.. Piracicaba, SP, 1987	48

FIGURA Nº

Página

- 06 Histograma relativo ao conteúdo de capsaicina do conjunto I de gerações originárias das introduções 157 (P_1) e 261 (P_2), onde: $F_1 = 157 \times 261$; $F_2 = F_1 \otimes$; $RC_1 = F_1 \times 157$; e; $RC_2 = F_1 \times 261$. Piracicaba, SP, 1987 59
- 07 Histograma relativo ao conteúdo de capsaicina do conjunto II de gerações originárias das introduções 220 (P_1) e 261 (P_2), onde: $F_1 = 220 \times 261$; $F_2 = F_1 \otimes$; $RC_1 = F_1 \times 220$ e; $RC_2 = F_1 \times 261$. Piracicaba, SP, 1987 60

LISTA DE TABELAS

TABELA Nº		Página
01	Espécie, denominação, procedência e pun- gência das introduções utilizadas no pre- sente trabalho. Piracicaba, SP, 1987	28
02	Esquema de análise de variância, delinea- mento em parcelas subdivididas, ao nível de médias, e as respectivas esperanças ma- temáticas dos quadrados médios $E(QM)$	31
03	Esquema de análise de variância, delinea- mento fatorial, e as respectivas esperan- ças matemáticas dos quadrados médios $E(QM)$	35
04	Esquema de análise de variância, delinea- mento em blocos ao acaso, ao nível de mé- dias, e as respectivas esperanças matemá- ticas dos quadrados médios $E(QM)$, e os com- ponentes da variância fenotípica das gera- ções P_1 , P_2 , F_1 , F_2 , RC_1 e RC_2	38
05	Valores médios e coeficientes de varia- ção do conteúdo de capsaicina, expresso em mg/100g fruto, em algumas introduções da coleção de germoplasma de <i>Capsicum</i> do Departamento de Genética, ESALQ/USP. Pi- racicaba, SP, 1987	44
06	Valores e significâncias dos quadrados mé- dios e coeficientes de variação da análi- se de variância relativa a avaliação do conteúdo de capsaicina (mg/100g fruto) em cinco épocas de amostragem para três in-	

TABELA Nº

Página

	troduções de <i>Capsicum chinense</i> Jacq. Piracicaba, SP, 1987	46
07	Valores médios do conteúdo de capsaicina (mg/100g fruto) observados para as cinco épocas de amostragem em três introduções de <i>Capsicum chinense</i> Jacq. Médias obtidas de quatro plantas por parcela em três repetições. Piracicaba, SP, 1987 .	49
08	Estimativas dos coeficientes de correlação linear e intervalo de confiança entre médias de temperatura média registradas durante período de 30 dias anterior a cada época de amostragem e os valores médios do conteúdo de capsaicina (mg/100g fruto) para três introduções de <i>Capsicum chinense</i> Jacq. Piracicaba, SP, 1987	50
09	Homogeneidade das estimativas dos coeficientes de correlação linear entre médias de temperatura média registradas durante período de 30 dias anterior a cada época de amostragem e os valores médios do conteúdo de capsaicina (mg/100 g fruto) para três introduções de <i>Capsicum chinense</i> Jacq. Piracicaba, SP, 1987	50
10	Sensibilidade dos provadores do painel gustativo à detecção da pungência em concentrações padrão de capsaicina pura (Sigma No. M-3773) em metanol absoluto. Piracicaba, SP, 1987	52

TABELA Nº

Página

11	Nível de diluição da detecção da pungência pelos provadores do painel gustativo em extratos de frutos obtidos de algumas introduções segundo metodologia descrita em "B" do item 3.3. Piracicaba, SP, 1987	53
12	Valores e significâncias dos quadrados médios da análise da variância do painel gustativo. Piracicaba, SP, 1987	54
13	Estimativa do coeficiente de correlação linear entre as médias do nível de diluição de detecção da pungência no painel gustativo e os valores do conteúdo de capsaicina obtidos segundo metodologia descrita no item 3.3, para quatro extratos. Piracicaba, SP, 1987	56
14	Valores e significâncias dos quadrados médios e coeficientes de variação da análise da variância relativa a avaliação do conteúdo de capsaicina (mg/100g fruto) para os conjuntos I e II de gerações P_1 , P_2 , F_1 , F_2 , RC_1 e RC_2 . Piracicaba, SP, 1987	57
15	Balanceamento das variâncias observadas nos conjuntos I e II de gerações P_1 , P_2 , F_1 , F_2 , RC_1 e RC_2 pelo método dos quadrados mínimos e verificação do ajuste do modelo. Piracicaba, SP, 1987	62

TABELA Nº

Página

16	Estimativa dos componentes de variância e erro associado, herdabilidade no sentido restrito e grau médio de dominância para a característica conteúdo de capsaicina, expressa em mg/100g fruto, nos conjuntos I e II de gerações P_1 , P_2 , F_1 , F_2 , RC_1 e RC_2 . Piracicaba, SP, 1987	63
17	Valores do conteúdo de capsaicina (mg/100g fruto) observados em cinco épocas de amos ^{tr} agem em três introduções de <i>Capsicum chiⁿense</i> Jacq.: 157, 220 e 261. Delineamento em parcelas subdivididas no tempo com dis ^{tr} ibuição casualizada das introduções em três blocos. Piracicaba, SP, 1987	76
18	Valores médios do conteúdo de capsaicina (mg/100g fruto) observados nos conjuntos I e II de gerações P_1 , P_2 , F_1 , F_2 , RC_1 e RC_2 originárias das introduções 157 (P_1) e 261 (P_2), e 220 (P_1) e 261 (P_2) respectivamente. Delineamento em blocos casua ^l izados com quatro repetições. Piracicaba, SP, 1987.	77

HERANÇA DA PUNGÊNCIA EM *Capsicum chinense* JACQ.

Autor: AILTON RIBEIRO

Orientador: Prof. Dr. CYRO PAULINODA COSTA

RESUMO

A pungência em *Capsicum annuum* L., é a principal característica que distingue pimenta de pimentão, a primeira pungente e a segunda não pungente. Tipos não pungentes também são relatados em outras espécies de *Capsicum*, incluindo domesticadas e selvagens.

O presente trabalho objetivou basicamente determinar a herança da pungência em *Capsicum chinense* Jacq., espécie que tem como zona de maior diversidade a Bacia Amazônica e é adaptada às condições tropicais.

A avaliação da pungência baseou-se no método de injeção-extração para rápida determinação do total de capsaicinóides em frutos inteiros, desenvolvido recentemente por RYMAL et alii (1984).

Segundo as observações e resultados obtidos concluiu-se que:

- A metodologia usada foi eficaz para distinguir frutos de diferentes conteúdos de capsaicina, apesar de suas limitações;
- Existe considerável variabilidade quanto ao conteúdo de capsaicina entre 17 introduções

- amostradas da coleção de germoplasma de *Capsicum*, incluindo as espécies: *C. annuum*, *C. baccatum*, e *C. chinense*;
- A síntese de capsaicina é afetada pela temperatura. Pequenos decréscimos na temperatura causaram o incremento do nível de pungência;
 - O limiar de sensibilidade humana à pungência é variável. O número de provadores, quantidade de materiais avaliados e diluições necessárias são fatores limitantes de painéis gustativos organizados com extratos de frutos diluídos;
 - A herança da pungência em *Capsicum chinense* mostra dominância parcial e é predominantemente de natureza aditiva. As estimativas de herdabilidade, no sentido restrito, indicam que o conteúdo de capsaicina pode ser explorado por processos simples de seleção.

INHERITANCE OF PUNGENCY IN *Capsicum chinense* JACQ.

Author: AILTON RIBEIRO

Adviser: Prof. Dr. CYRO PAULINO DA COSTA

SUMMARY

The pungency, in *Capsicum annuum* L., is the major trait that distinguish hot peppers from sweet ones. Not pungent types are also recorded among other *Capsicum* species, including domesticated and wild.

The present study basically aimed to determine the inheritance of pungency in *Capsicum chinense* Jacq., which has its greatest diversity zone in the Amazon Basin and is adapted to the tropical conditions.

The evaluation of pungency was based in the injection-extraction method for the rapid determination of total capsaicinoids in single whole pepper fruits, recently developed by RYMAL et alii (1984).

According to the observations and experimental results it was concluded that:

- The method was effective to distinguish fruits of different content of capsaicin, despite of its limitations;
- There is considerable variability in the content of capsaicin among 17 accessions sampled from the collection of germoplasm

of *Capsicum*, including the species: *C. annuum*, *C. baccatum* and *C. chinense*;

- The synthesis of capsaicin is affected by temperature. Small decrease in temperature caused increase of the pungency level;
- The human threshold of sensibility to pungency is variable. The number of panelists, amount of evaluated materials and necessary dilutions are limiting factors of taste panels organized with dilute thin extracts of fruits;
- The inheritance of pungency in *Capsicum chinense* Jacq. shows partial dominance and is predominantly of additive nature. The estimates of heritability, narrow sense, indicate that the content of capsaicin can be exploited by simple selection procedures.

1. INTRODUÇÃO

O gênero *Capsicum* é originário das regiões tropicais e subtropicais do Novo Mundo, tanto que não era conhecido na Europa até sua introdução por Cristovão Colombo, na Espanha, no retorno de sua segunda viagem às Américas em 1494. Naquela época, sua importância era como um condimento alternativo à pimenta do reino (*Piper nigrum*), especiaria que vinha se tornando escassa nas Índias.

A olerícola pimentão surgiu na Europa a partir de várias introduções de *Capsicum annuum* e longo processo de seleção, caracterizando-se por apresentar frutos bem desenvolvidos e de paladar não pungente. Diferencia-se assim basicamente das pimentas (*Capsicum* spp.), que são ardidas devido a níveis elevados de capsaicina, princípio pungente, na placenta dos frutos.

A introdução do pimentão no Brasil ocorreu somente na década de 1920 na região de Mogi das Cruzes, SP, através de alguns poucos materiais de origem espanhola. As variedades brasileiras de pimentão resultaram da seleção desses materiais realizada pelos agricultores em diferentes regiões e notadamente para resistência à viroses. A estreita base genética do pimentão explica "per si" a vulnerabilidade da cul-

tura às doenças tropicais e a falta de adaptabilidade às nossas condições de cultivo.

Além de *C. annuum*, reconhecem-se também como espécies cultivadas *C. baccatum*, *C. chinense*, *C. frutescens* e *C. pubescens*, e ainda pelo menos 22 espécies selvagens, cujo uso tem se caracterizado como pimenta e predominantemente a nível regional. Destaca-se desse grupo a espécie *C. chinense* que é originária da América do Sul, tem como zona de maior diversidade a Bacia Amazônica (PICKERSGILL, 1969) e apresenta ampla adaptação às nossas condições, sendo caracterizada pelas conhecidas pimentas "De Cheiro", "Bode" e "Murici".

A ocorrência de pimentas de paladar não pungente, popularmente denominadas "Pimentas Doces" é constatada nas diversas espécies do gênero *Capsicum*, domesticadas e selvagens. Tal fato despertou o interesse do Setor de Hortaliças do Departamento de Genética, ESALQ/USP, em desenvolver cultivares superiores de pimentão baseados em outras espécies cultivadas do gênero, alternativamente a *C. annuum*, especialmente *C. chinense*, visando ampliar a base genética dessa olerícola.

A maioria dos estudos genéticos no gênero *Capsicum* são relacionados a espécie *C. annuum*, e, em especial à característica pungência, as informações são controvertidas e existem diversos pontos a esclarecer, principalmente com relação a metodologia de sua avaliação.

O presente trabalho visa basicamente estabelecer o modo de herança da pungência em *C. chinense*, fornecendo

3.

do subsídios a programas de melhoramento de pimentão baseados
nessa ou a partir dessa espécie.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. O GÊNERO CAPSICUM E A ESPÉCIE C. CHINENSE

A associação entre plantas do gênero *Capsicum* e o homem se dá desde tempos remotos, a qual é evidenciada pela presença de restos de frutos, sementes, pedúnculos etc. em níveis primários de escavações arqueológicas datadas de até 7000 AC. em sítios da América Central e do Sul (PICKERSGILL, 1969).

Até a descoberta da América, o gênero *Capsicum* era restrito ao novo continente. Com a vinda dos navegantes e exploradores portugueses e espanhóis no início do século XVI, rapidamente alcançou o continente europeu (HEISER JUNIOR & SMITH, 1953) graças a sua potencialidade de ser mais pungente e substituir a pimenta-do-reino (*Piper nigrum*), condimento que vinha se tornando escasso. CASALI & COUTO (1984) comentaram que na Índia, já em 1542, eram cultivadas pimentas do gênero *Capsicum* levadas da América do Sul.

No gênero *Capsicum* são reconhecidas taxonomicamente cinco espécies cultivadas: *C. annum*, *C. bacatum*, *C. chinense*, *C. frutescens* e *C. pubescens* (ESHBAUGH, 1980 e IBPGR SECRETARIAT, 1983), sendo que somente a última não é cultivada

no Brasil. Quanto às espécies selvagens, até o presente não existe um estudo mais detalhado, mas admite-se que pelo menos 20 a 30 espécies podem ser incluídas no gênero. Dentre as espécies selvagens no Brasil, CASALI & COUTO (1984) destacaram: *C. praetermissum*, *C. buforum* e *C. schottianum*.

A compatibilidade em cruzamentos interespecíficos tem sido objeto de estudo de diversos pesquisadores. SMITH & HEISER JUNIOR (1951), PICKERSGILL (1966), CASALI (1970), IBPGR SECRETARIAT (1983) entre outros, concluíram que nenhuma das espécies estudadas está isolada reprodutivamente das demais. Existe possibilidade de cruzamento entre os grupos de espécies de flor branca e de flor roxa, distintos citotaxonomicamente. Através de técnicas como uso da diversidade gamética e cruzamento em ponte, pode-se transferir genes de uma espécie à outra (IBPGR SECRETARIAT, 1983).

Deve-se mencionar que apesar da enorme variabilidade genética que o gênero apresenta para a maioria dos caracteres de interesse agrônômico, tais como: rendimento, tamanho, formato e cor de fruto, pungência, precocidade, resistência a doenças e pragas etc., quase a totalidade dos estudos genéticos e programas de melhoramento são baseados na espécie *C. annum*.

A espécie *C. chinense* tem como centro de origem a América do Sul encontrando-se sua maior diversidade na Bacia Amazônica (PICKERSGILL, 1969). Segundo CASALI & COUTO (1984), seu uso tem se caracterizado como pimenta, sendo conhecida no Brasil como pimenta "De Cheiro", "Bode" e "Murici".

Capsicum chinense distingue-se das outras espécies do gênero pelas seguintes características: as flores se apresentam em número de duas ou mais a cada nó (ocasionalmente solitárias); o pedicelo pode estar ereto ou inclinado na antese; a corola é branca esverdeada (ocasionalmente branca ou púrpura), sem manchas difusas na base dos lobos que são retos; o cálice do fruto maduro geralmente apresenta-se com uma constrição anular na junção com o pedicelo; o fruto apresenta polpa firme; as sementes são cor de palha; apresenta número cromossômico $2n = 24$, com um par de cromossomos acrocêntricos (IBPGR SECRETARIAT, 1983).

As espécies *C. frutescens* e *C. chinense* são facilmente confundidas devido à grande proximidade genética, tanto que HEISER JUNIOR (1976) propôs a combinação em uma única espécie (*C. frutescens*). Segundo o mesmo autor, a única característica morfológica que separa as duas espécies é a constrição acima do cálice.

Um dos poucos estudos relacionados a espécie *C. chinense* foi aquele conduzido por PICKERSGILL (1966) baseado em diversas raças coletadas da América do Sul. A ampla variabilidade observada para caracteres vegetativos, florais e de frutos foi explicada com base em seu sistema reprodutivo e longo período de associação com o homem. Trata-se de uma espécie essencialmente autógama, onde cruzamentos ocasionais podem ser promovidos por insetos, principalmente abelhas.

2.2. A PUNGÊNCIA NO GÊNERO CAPSICUM

2.2.1. IMPORTÂNCIA

A importância da pungência no gênero *Capsicum* pode ser definida sob diferentes aspectos.

Taxonomicamente, até recentemente a pungência se constituía numa característica que delimitada o gênero. Morton ^{1/}, Heiser Junior & Smith ^{2/} e Maga ^{3/} citados por ESHBAUGH (1980), postulavam que deveriam ser limitadas ao gênero plantas que, além de outras características, apresentassem frutos pungentes. ESHBAUGH (1980) discordou da proposta argumentando que muitas raças incluídas no gênero não eram pungentes, inclusive de espécies selvagens e domesticadas. Como exemplo, pode-se citar os pimentões que são tipos não pungentes de *C. annuum*.

A pungência caracteriza sua importância economicamente nas indústrias de alimento e farmacêutica, onde há maior interesse pelos tipos mais pungentes, e, pelo contrário, no mercado de produtos "in natura" destacam-se os pimentões.

^{1/} MORTON, C.V. *Capsicum*. In: FLORA of Costa Rica. s.l., s.ed., 1938. pt. 3, p.1038-45.

^{2/} HEISER JUNIOR, C.B. & SMITH, P.G. New species of *Capsicum* South America. *Brittonia*, New York, 10: 194-201, 1958.

^{3/} MAGA, J.A. *Capsicum*. In: CRITICAL reviews in food science and nutrition, Cleveland, s.ed., 1975. p.177-99.

Em relação ao melhoramento e conceitualmente, a pungência é a principal característica que distingue as oleícolas pimentão e pimenta. A primeira apresenta paladar não pungente e a segunda pungente. Nas outras espécies de *Capsicum* os tipos não pungentes são vulgarmente denominados "Pimentas Do ces", diferindo dos pimentões, segundo SOUZA & CASALI (1984), por aspectos de fruto tais como: menor tamanho e formato alongado.

A associação da pungência à resistência a doenças e pragas foi ressaltada por AWASTHI & SING (1975), em relação ao Virus do Mosaico do Pepino (CMV), e por JARVIS & GUTHRIE (1972), em relação às larvas de *Ostrinia nubilalis*, respectivamente. A maior pungência poderia ser a razão da resistência observada em ambos casos.

2.2.2. COMPOSIÇÃO, DISTRIBUIÇÃO E SÍNTESE DO PRINCÍPIO PUNGENTE

A pungência é resultante principalmente da ação de pelo menos cinco compostos fenólicos voláteis denominados capsaicinóides (BENNET & KIRBY, 1968 e JURENITSCH et alii, 1979), dos quais a capsaicina é o mais importante.

Sua cristalização e denominação, segundo ANDREWS (1984), foi conseguida por Thresh em 1877 e sua associação à pungência foi provada por Micko em 1898. NELSON (1919) conseguiu sintetizar a capsaicina, derivado vanil amídico do ácido isodecilânico, e determinou sua estrutura química (Figura 1).

$C_{18}H_{27}NO_3$: N-(4-hidroxi-3-metoxibenzil)-8-metil-trans-6-moneamida

Figura 1. Estrutura química da capsaicina, determinada por NELSON (1919).

A capsaicina não se distribui uniformemente pelo fruto. HEISER JUNIOR & SMITH (1953) afirmaram que a capsaicina é encontrada somente no tecido placentário. Num estudo anatômico mais detalhado, OHTA (1962c) notou que as glândulas produtoras e secretoras da capsaicina se localizavam na placenta e septos interloculares, e que leves danos físicos a essas glândulas fizeram com que ocorresse pronta liberação da substância.

Em estudo similar, BALBAA et alii (1968) separaram frutos de *C. frutescens* em diferentes partes: septos interloculares, pericarpo e sementes, e determinaram o conteúdo de capsaicina a peso seco. A capsaicina ocorreu principalmente nos septos e em menor concentração no pericarpo e nas sementes na proporção de 100:6:4 respectivamente.

O conteúdo de capsaicina varia segundo o estágio de desenvolvimento do fruto. OHTA (1962b) anotou semanalmente o desenvolvimento dos frutos e o respectivo conteúdo de capsaicina em cinco espécies de *Capsicum*, sob condições de casa de vegetação, do florescimento até a maturação total. Ob-

servou que a síntese de capsaicina iniciou-se por volta da segunda semana, atingiu um platô na quarta semana e estendeu-se até o fruto atingir a maturação, indicada pela mudança de coloração, na sétima semana. Num estudo semelhante, BALBAA et alii (1968) obtiveram resultado similar, observando que a síntese iniciou-se por volta da terceira semana, estendendo-se até a oitava semana.

2.2.3. FATORES QUE AFETAM A PUNGÊNCIA

Poucos estudos têm sido conduzidos no sentido de investigar as causas da variação do conteúdo de capsaicina. Fatores como: condições climáticas, variedade, local de cultivo e grau de maturação, foram apontados por Maga ^{1/} citada por ANDREWS (1984) e CARVALHO (1984).

OHTA (1962a), numa investigação do efeito da temperatura e fotoperíodo no conteúdo de capsaicina, em *C. annuum*, ressaltou o grande efeito da temperatura. O cultivo sob condições de temperaturas elevadas apresentaram frutos mais pungentes em relação a temperaturas baixas (Maga ^{1/} citada por ANDREWS, 1984) e segundo Lippert et alii ^{2/} também citado por

^{1/} MAGA, J.A. Capsicum. In: CRITICAL reviews in food science and nutrition, Cleveland, s.ed., 1975. p.177-99.

^{2/} LIPPERT, L.F.; SMITH, P.G.; BERGH, B.O. Cytogenetics of the vegetable crops. Botanical Review, Lancaster, 32: 24-55, 1966.

ANDREWS (1984), altas temperaturas noturnas foram particularmente favoráveis para elevar o conteúdo de capsaicina.

2.3. METODOLOGIAS PARA AVALIAÇÃO DA PUNGÊNCIA

Devido a importância da pungência em *Capsicum*, muitas metodologias para sua avaliação foram estabelecidas e ainda outras continuam a ser desenvolvidas. RYMAL et alii (1984) citaram que existem mais de 60 métodos propostos para estimar o total de capsaicinóides.

Existem métodos qualitativos e quantitativos, organolépticos e químicos dos mais variados tipos. Alguns levam a informações duvidosas, outros demonstram precisão, contudo demandam equipamentos sofisticados e consomem muito tempo.

Os primeiros métodos utilizados para avaliação da pungência basearam-se em testes gustativos de frutos inteiros, onde é possível se distinguir frutos pungentes de não pungentes e também mais uma ou duas classes intermediárias. Além da subjetividade, o teste gustativo, puro e simples, não é satisfatório porque a habilidade do provador em distinguir frutos pungentes de não pungentes, em sequência, é rapidamente comprometida. Após experimentar um fruto altamente pungente, o provador não consegue identificar gustativamente frutos não pungentes.

Posteriormente, propôs-se, como alternativa à utilização de frutos inteiros em testes gustativos, o uso de

extratos de frutos diluídos. Desenvolveu-se o Teste Organolépico Scoville em 1912 (ANDREWS, 1984), que até o presente é utilizado pela American Spice Trade Association.

No método Scoville a pungência é medida em "Scoville Units (SU)", que é recíproca da maior diluição a qual a pungência pode ser detectada em um painel gustativo. Por exemplo: variedades do tipo Bell possuem SU igual a zero; as variedades Jalapeño e Cayenne variam de 2500 a 25000 unidades; e a variedade Tabasco varia de 60000 a 80000 unidades (Peavy ^{1/} citado por ANDREWS, 1984). O método é também subjetivo, com resultados variando acima de 150% (GREENLEAF, 1986), e testes químicos são necessários para seu monitoramento.

TING & BARRONS (1942) desenvolveram um teste químico para determinação do grau de pungência, baseado na reação da capsaicina com sais de vanádio. Uma amostra de frutos secos e moídos é tratada com éter para extração da capsaicina, adiciona-se o indicador, solução de oxitricloreto de vanádio em tetracloreto de carbono a 1%, até que a coloração se torne fixa. Extratos de frutos não pungentes mostram coloração verde, enquanto os de frutos pungentes variam de verde amarelado a verde escuro a medida que o conteúdo de capsaicina aumenta. Padrões permanentes de coloração para esse teste foram desenvolvidos por VAN BLARICON & MARTIN (1947).

^{1/} PEAVY, W.S. Chili peppers; a hot addition to the home garden. Texas Garden, s.l., 2: 50-3, 1983.

As etapas de secagem e moagem dos frutos requerem tempo relativamente longo, portanto a aplicabilidade do teste quando se deseja avaliar grande quantidade de material é restrita, e a possibilidade do uso em condições de campo é eliminada. POCHARD (1977) adaptou a metodologia desenvolvida por TING & BARRONS (1942) eliminando a fase de secagem, tornando o teste mais rápido e de uso em condições de campo, porém a visão quantitativa foi prejudicada. A metodologia requer que uma pequena quantidade de oleoresina das glândulas secretoras encontradas na placenta dos frutos seja transferida para uma tira de papel de filtro com a ajuda de uma agulha, então adiciona-se uma gota do reagente, solução de 1% de oxitricloreto de vanádio em tetracloreto de carbono. Uma coloração azulada se desenvolve se a capsaicina estiver presente.

Métodos químicos mais sofisticados e precisos também foram desenvolvidos. KARAWYA et alii (1967) usaram técnicas de cromatografia de camada fina para a separação da capsaicina dos extratos dos frutos antes de sua determinação colorimétrica. Combinando cromatografia de gás e espectrometria de massa, MASADA et alii (1971) conseguiram isolar e identificar quatro dos princípios pungentes de *Capsicum* além da capsaicina. Esses métodos foram criados e desenvolvidos essencialmente por químicos e farmacêuticos. A precisão da avaliação da pungência era o principal objetivo desses profissionais, em detrimento da praticabilidade e rapidez exigidas pelos melhoristas.

BRAUER & SCHÖN (1962) desenvolveram método de

análise baseado na absorção da luz ultravioleta pela capsaicina. Amostras de frutos são preparadas por secagem a frio, e então extraídas com isopropanol. O uso de coluna cromatográfica é necessário para separar a capsaicina de outras substâncias que interfeririam na leitura de absorbância. A secagem e a cromatografia demandam equipamento sofisticado e tempo relativamente longo.

Recentemente RYMAL et alii (1984) desenvolveram metodologia para determinação da pungência, também baseada na absorção da luz ultravioleta pelos capsaicinóides, em frutos frescos de pimenta tipo Jalapeño. O método consiste na injeção-extração, em frutos intactos, de um solvente (metanol absoluto), e após período de 30 minutos segue-se diretamente à determinação espectrofotométrica a 275 nm, comparando-se a leitura de absorbância a uma curva padrão.

Segundo RYMAL et alii (1984), a vantagem em sua metodologia está na utilização de frutos intactos, onde o solvente entre em contato direto com os capsaicinóides, evitando muitas das substâncias que interferem com a sua determinação espectrofotométrica. A maioria das metodologias envolvem o uso de frutos inteiros moídos, incluindo a parede externa dos frutos que representa uma grande proporção do peso total e apresenta teores desprezíveis de capsaicinóides e muitas dessas substâncias interferentes.

A eliminação das etapas de secagem e moagem dos frutos e separação por coluna cromatográfica, que eram comuns nos procedimentos descritos anteriormente, reduz sensivelmente

o tempo de determinação da pungência tornando viável sua utilização por melhoristas e processadores de pimentas.

2.4. VARIABILIDADE DA PUNGÊNCIA

A pungência tem sido objeto de avaliação constante, principalmente em coleções de germoplasma, em função dos programas de melhoramento que visam a obtenção de tipos mais pungentes e de elevado rendimento.

Avaliando a coleção de germoplasma de *Capsicum* da Turquia, ALAN (1984) apresentou 12 introduções não pungentes e 55 pungentes. BELLETTI (1984) apresentou 12 introduções do banco de germoplasma de *Capsicum* italiano disponíveis para troca, incluindo nove não pungentes, uma levemente, uma intermediária e uma altamente pungente, segundo lista descritiva proposta pelo IBPGR SECRETARIAT (1983). Seguindo a mesma proposta de descrição, ENGELS (1984) observou grande variabilidade para 28 plantas obtidas de uma amostragem ao acaso de sementes de 92 introduções do Plant Genetic Resources Centre da Etiópia.

Para a descrição preliminar da pungência em introduções de coleção de germoplasma a proposição do IBPGR SECRETARIAT (1983) é válida, porém uma melhor avaliação do conteúdo de capsaicina se faz necessária quando se visa o melhoramento para obtenção de tipos mais pungentes, principalmente para fins industriais.

KALAMAN & RAJAMANI (1965) avaliaram cinco varieie

dades de pimentas cultivadas localmente em Koilpatti, Índia, para rendimento e conteúdo de capsaicina. A variedade Bihar mostrou ser a mais pungente (1,87% de capsaicina, base peso seco), porém apresentou baixo rendimento (450 kg/ha de frutos secos). No entanto, a variedade Assam B.72A apresentou níveis elevados de capsaicina (1,22%) e rendimento (1.032 kg/ha) indicando que existe variabilidade para a associação de ambas características.

Considerável variabilidade no conteúdo de capsaicina foi observada por THIRUMALACHAR (1967) entre 12 variedades NP do Indian Agricultural Research Institute. A variação observada foi de 0,2723 a 1,1267 mg/100 mg de frutos moídos e secos ao sol. A herdabilidade no sentido amplo foi de 93%, indicando que as diferenças entre as variedades podem ser atribuídas a diferenças genotípicas. GUPTA & YADAV (1984) também obtiveram elevado coeficiente de herdabilidade (95,84%) para uma população dialélica envolvendo 12 variedades parentais de *C. annuum* e seus 66 híbridos F_1 , porém associado com pequeno avanço genético.

QUAGLIOTTI & OTTAVIANO (1967) notaram variação no conteúdo de capsaicina entre plantas da variedade pungente Piccante di Caienna e também entre plantas da variedade não pungente Quadrato d'Asti Giallo. Nessa última, de 267 plantas avaliadas, 185 produziram somente frutos não pungentes, dez somente pungentes e 75 ambos os tipos.

Num estudo preliminar visando determinar o modo de herança da pungência, QUAGLIOTTI & OTTAVIANO (1969) avalia

ram o conteúdo de capsaicina no tecido placentário de quatro variedades: uma pungente e três não pungentes, e os três híbridos F_1 entre as variedades não pungentes e a pungente. A variabilidade observada exibiu padrão típico de caráter métrico. Um fato interessante observado foi que nas placentas dos frutos não pungentes também detectou-se a presença de capsaicina.

RAMANUJAM & THIRUMALACHAR (1966) confrontaram os conteúdos de capsaicina observados em frutos inteiros com os observados no tecido placentário somente, baseados em 12 variedades NP do Indian Agricultural Research Institute. Concluíram que os dois componentes variaram independentemente, pois, por exemplo, quando se comparou NP 41 e NP 33 com base em frutos inteiros, a primeira apresentou maior conteúdo de capsaicina e na comparação com base no tecido placentário a segunda apresentou maior conteúdo de capsaicina por unidade de peso. NP 33 combinou pequena placenta com elevada concentração de capsaicina e NP 41 apresentou placenta maior com menor concentração de capsaicina.

Coeficientes de correlação negativos entre conteúdo de capsaicina e tamanho de fruto foram observados por KVACHADZE (1973), ARYA & SAINI (1976) e HWANG & LEE (1978). Segundo CASALI & COUTO (1984), estes índices podem ser explicados pela maior proporção de placenta em relação ao total de polpa em frutos de menor tamanho.

A variabilidade do conteúdo de capsaicina também foi estudada em híbridos F_1 . MICHNA (1968) e NOWACZKY (1981) relataram o efeito heterótico do caráter em híbridos F_1

entre tipos não pungentes e pungentes e entre tipos pungentes, porém distintos quanto ao conteúdo de capsaicina. Numa análise dialética de seis variedades e seus híbridos F_1 , PARK & TAKAHASHI (1980) notaram que a direção da dominância e o grau de heterose variaram segundo os parentais.

2.5. HERANÇA DA PUNGÊNCIA

Os estudos de herança da pungência conduzidos no gênero *Capsicum* podem ser divididos em duas fases distintas: a primeira fase caracterizou-se pelo emprego de procedimentos orgalolépticos para sua avaliação, distinguíam-se os fenótipos não pungente e pungente somente, e o número de plantas avaliadas era reduzido; e a segunda fase caracterizou-se pelo desenvolvimento e uso de testes químicos para detecção e quantificação do conteúdo de capsaicina (princípio pungente), e o caráter passou a ser abordado quantitativamente.

Dentre os trabalhos desenvolvidos durante a primeira fase destacam-se os de Webber ^{1/} citado por GREENLEAF (1986), DESHPANDE (1935), RAMIAH & PILLAI (1935), MILLER & FINEMAN (1937), ODLAND (1948) e GREENLEAF (1952) baseados em *C. annuum*. Todos observaram em F_2 uma segregação mendeliana de três pungentes para um não pungente (3:1) exceto MILLER & FINE-

^{1/} WEBBER, H.J. Preliminary notes on pepper hybrids. In: AMERICAN BREEDING ASSOCIATION. Annual report 1919, s.l., s.d. p.188-99.

MAN (1937), que notaram em F_2 uma inversão da dominância, justificada pela falha do desenvolvimento da pungência nos heterozigotos sob condições de temperaturas baixas. A esse gene dominante foi designado o símbolo "C" segundo a lista de genes de *Capsicum* publicada por LIPPERT et alii (1965).

Um ponto comum ressaltado por esses autores foi a incapacidade de se detectar graus intermediários de pungência utilizando-se do método gustativo para sua avaliação.

OHTA (1962d) enfatizou a herança quantitativa da pungência em *C. annuum* baseado num método de avaliação que combinava cromatografia de papel com a detecção da capsaicina gustativamente em séries de diluições. O conteúdo de capsaicina expresso em porcentagem, base peso seco, foi determinado para plantas das gerações P_1 , P_2 , F_1 , F_2 e RC_1 originárias dos parentais não pungente e pungente. Os híbridos F_1 apresentaram níveis de capsaicina similares aos do parental pungente e em F_2 observou-se ampla segregação de plantas não pungentes a pungentes, inclusive mais pungentes que o parental de elevado conteúdo de capsaicina.

Utilizando-se de metodologias químicas para avaliar a pungência, TRIRUMALACHAR (1967) e QUAGLIOTTI & OTTAVIANO (1969) sugeriram preliminarmente o tratamento quantitativo ao caráter.

Posteriormente, QUAGLIOTTI & OTTAVIANO (1971) avaliaram o conteúdo de capsaicina na placenta, expresso em "%." do peso fresco, em plantas das gerações P_1 , P_2 , F_1 , F_2 , RC_1 e RC_2 originárias das variedades parentais Caloro (P_1),

pungente, e Quadrato d'Asti Giallo (P_2), não pungente. O híbrido F_1 apresentou valor intermediário se aproximando bastante do pai não pungente, o que foi explicado pelos autores pela diferença dimensional da placenta dos parentais. As distribuições de frequências relativas das gerações F_2 , RC_1 e RC_2 indicaram a tendência quantitativa do caráter. Os dados obtidos se adaptaram ao modelo de análise proposto por MATHER (1949) e a herdabilidade estimada para a primeira e segunda colheitas conjuntamente foi de 63,5%.

Estudando a herança do conteúdo de capsaicina a partir de um cruzamento interespecífico entre uma variedade pungente de *C. annuum* (NP 46) e outra levemente pungente de *C. frutescens* (Hungarian Wax), GILL et alii (1973) observaram em F_1 nível de capsaicina próximo a média dos pais e em F_2 segregação transgressiva. Concluíram que o conteúdo de capsaicina é um caráter complexo controlado por muitos genes. A herdabilidade estimada, no sentido amplo, foi de 98%.

KVACHADZE (1976) estudou a genética do conteúdo de capsaicina em gerações híbridas F_1 , F_2 e F_3 de variedades de *C. annuum*. A primeira geração híbrida apresentou valores intermediários em relação às formas parentais e a variação observada nas gerações F_2 e F_3 mostrou ser contínua. A metodologia usada detectou a presença de capsaicina nos tipos não pungentes, o que, segundo o autor, indica que nessas plantas um sistema bioquímico se desenvolve, produzindo e regulando sua quantidade.

Recentemente, AHMED et alii (1982) estimaram os

componentes da variância do conteúdo de capsaicina, baseados nas gerações P_1 , P_2 , F_1 , F_2 , RC_1 e RC_2 originárias das variedades parentais Perennial (pungente) e Koloscai E-51 (não pungente), ambas *C. annuum*. As estimativas dos efeitos gênicos mostraram que os componentes aditivo, dominância e dominância x dominância foram significativos, porém a magnitude do componente aditivo foi maior.

Em relação à espécie *C. chinense*, a única referência encontrada que trata a herança da pungência foi o trabalho desenvolvido por PICKERSGILL (1966). Neste trabalho os frutos de 54 plantas F_2 , obtidas a partir do cruzamento entre as introduções CA-1 (pungente) e SA-75 (não pungente), analisados gustativamente, apresentaram segregação genética simples de três pungentes para um não pungente (3:1). Critica-se novamente a subjetividade do método de avaliação e o número reduzido de plantas avaliadas.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1. LOCAL DE INVESTIGAÇÃO

O presente trabalho foi conduzido em condições experimentais de campo e laboratório no Departamento de Genética, ESALQ/USP, localizado em Piracicaba, SP, latitude 22°42'30"S.

Na Figura 2 estão representadas as temperaturas máxima, mínima e média reinantes durante a condução dos experimentos no campo.

3.2. INSTALAÇÃO E TRATOS CULTURAIS DOS ENSAIOS NO CAMPO

As mudas do material experimental foram obtidas pelo sistema "speedling". A semeadura nas bandejas realizou-se em 06/08/86 e as plântulas permaneceram em condições de viveiro de mudas até 03/10/86, data de transplante para a área experimental no campo. Este longo período, da semeadura ao transplante, deveu-se ao lento desenvolvimento das plântulas, principalmente as de *C. chinense*, nas condições de temperaturas baixas predominantes. O transplante deu-se no espaçamento de 0,80m entre fileiras e 0,50m entre plantas.

Figura 2. Dados de temperatura máxima, mínima e média registradas durante a condução dos experimentos, em intervalos de 10 dias. Piracicaba, SP, Ago/86 a Fev/87 (Fonte: Departamento de Física e Meteorologia, ESALQ/USP).

Os tratos culturais seguiram as necessidades e os procedimentos normais utilizados para a cultura no programa de melhoramento de *Capsicum* do Departamento de Genética, ESALQ/USP.

3.3. MÉTODO DE AVALIAÇÃO DA PUNGÊNCIA

Segundo a proposição do presente trabalho onde foram consideradas relevantes, além da quantidade de material avaliado, a precisão relativa e a rapidez das determinações, adotou-se basicamente o método desenvolvido por RYMAL et alii (1984) com pequenas modificações.

Seguiu-se às etapas:

- A - Obtenção de curva padrão: Diluiu-se capsaicina pura (Sigma No. M-3773) em metanol absoluto, obtendo-se soluções padrão com as seguintes concentrações: 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70 e 80 ug/ml. Procedeu-se a leitura de absorbância das oito soluções padrão a 280 nm, utilizando-se de um espectrofotômetro Beckman DB. Através da regressão linear simples dos dados de absorbância, obtidos das soluções padrão, foi obtida a curva padrão (Figura 3) de equação $X = 1,41 + 109,66.Y$, onde X = concentração de capsaicina em ug/ml e Y = leitura de absorbância, segundo adaptação do método descrito por STEEL & TORRIE (1980).
- B - Extração do princípio pungente. Previamente à extração propriamente dita, foi considerado para essa etapa somente a

Figura 3. Curva padrão obtida pela regressão linear simples das leituras de absorvância a 280 nm num espectrofotômetro Beckman DB em função das concentrações padrão de capsaicina pura (Sigma No. M-3773) em solução de metanol absoluto. Piracicaba, SP, 1987.

colheita de um fruto maduro por planta, o qual teve seu peso expresso em gramas (g) anotado. Inseriu-se uma agulha hipodérmica na base do fruto, lateralmente ao pedúnculo em quatro pontos diferentes, tendo-se o cuidado de girar a agulha, para romper as paredes internas do fruto. A seguir injetou-se o solvente (metanol absoluto), utilizando-se de uma seringa de vidro graduada inserida num dos furos feitos anteriormente, até completar o volume interno do fruto e fluir pelos outros furos. Anotou-se o volume de metanol absoluto utilizado expresso em mililitros (ml). Após 30 minutos fluíu-se o extrato para um recipiente de vidro com tampa hermética, a fim de evitar a evaporação do metanol absoluto.

- C - Leitura de absorbância. Os extratos obtidos passaram à leitura de absorbância a 275 nm num espectrofotômetro Beckman DB. Anotaram-se o nível de diluição necessário dos extratos e a respectiva leitura de absorbância.
- D - Conversão das leituras de absorbância. Baseado na equação da curva padrão obtida e nas leituras de absorbância e outras anotações tomadas previamente para cada extrato, fizeram-se as conversões, por etapas, para a unidade miligramas de capsaicina por cem gramas de frutos frescos (mg / 100g frutos).

3.4. AVALIAÇÃO DA PUNGÊNCIA EM TRÊS DIFERENTES ESPÉCIES DE CAPSICUM

A coleção de germoplasma de *Capsicum* do Setor de Hortaliças do Departamento de Genética, ESALQ/USP, conta atualmente com mais de 1000 introduções, tanto do Brasil como de outros países da América do Sul e Central e Europa.

Com a finalidade de se observar a variabilidade da pungência nessa coleção, uma amostra de 17 introduções, incluindo três espécies: *C. annuum*, *C. baccatum* e *C. chinense*, foram avaliadas para a característica. Na Tabela 1 estão relacionadas as introduções e as respectivas pungências predeterminadas gustativamente.

O ensaio foi instalado sem repetição e as parcelas foram constituídas por cinco a oito plantas.

3.5. INFLUÊNCIA DA TEMPERATURA NA PUNGÊNCIA

Dentre os fatores edafoclimáticos que influenciam a pungência, a temperatura parece ser o de maior importância. Tem-se postulado que o cultivo sob condições de temperaturas mais elevadas apresentam frutos mais pungentes.

Segundo os resultados obtidos por OHTA (1962b) e BALBAA et alii (1968), a síntese de capsaicina dá-se efetivamente num período de quatro a cinco semanas até que o fruto se torne maduro, ou seja, atinja coloração uniforme e típica da variedade.

Tabela 1. Espécie, denominação, procedência e pungência das introduções utilizadas no presente trabalho. Piracicaba, SP, 1987.

Introdução ^{a/}	Denominação	Procedência	Pungência ^{b/}
<i>C. chinense</i>			
157	Pimenta INPA IH-1943	Manaus - AM	sim
160	Pimenta Doce INPAIH-1578	Porto Velho - RO	não
188	Pimenta ICA # 106	Colômbia	sim
209	Pimenta ICA # 204	Colômbia	sim
220	Pimenta Manaus Am # 4	Manaus - AM	sim
261	Pimenta Doce Am-00	Belém - PA	não
262	Pimenta Doce Am-01	Belém - PA	não
329	Pimenta Jobito	Venezuela	não
358	Pimenta Doce	Altamira - PA	não
851	Pimenta Doce INPA IH-1755	Benjamin Constant-AM	não
<i>C. annuum</i>			
018	Pimentão Avelar	Agroflora S.A.	não
023	Pimentão Ano Todo	Alagoas (varied. local)	não
388	Pimenta Itália	Itália	sim
<i>C. baccatum</i>			
069	Pimenta Chapéu de Frade	Anhembi-SP	sim
070	Pimenta Doce de Chapéu	Piracicaba-SP	não
538	Pimenta Haste Loto, CFP-259	Bolívia	sim
680	Pimenta Doce Godê	Piracicaba-SP	não

^{a/} Código de introdução da coleção de germoplasma de *Capsicum* do Departamento de Genética, ESALQ/USP.

^{b/} Pungência predeterminada gustativamente.

Nesse sentido foi idealizado um ensaio visando de terminar a influência da temperatura na pungência em *C. chinense*. Foram utilizadas as introduções 157, 220 e 261, pungente, intermediária e não pungente respectivamente, descritas na Tabela 1, amostradas e avaliadas em colheitas semanais, a partir de 22/01/87 até 19/02/87, num total de cinco épocas de amostragem. As médias do conteúdo de capsaicina (mg/100g fruto), para cada introdução e época de amostragem, foram correlacionadas com as médias de temperatura média registradas durante período de 30 dias anterior a cada data de amostragem (Figura 4), período pressuposto da síntese de capsaicina.

O ensaio foi delineado em parcelas subdivididas no tempo, e as introduções foram distribuídas casualizadamente em cada um dos três blocos. A parcela constituiu-se de quatro plantas e a subparcela se referiu às cinco épocas de amostragem.

A análise da variância baseou-se nas médias das parcelas, seguindo-se o modelo matemático:

$$Y_{ijk} = u + a_i + B_j + b_k + (ab)_{ik} + e_{(ij)} + e_{(ijk)}$$

onde:

Y_{ijk} = observação de ordem ijk

u = efeito da média geral

a_i = efeito da introdução de ordem i ($i=1, \dots, a$)

B_j = efeito do bloco de ordem j ($j = 1, \dots, r$)

b_k = efeito da época de amostragem de ordem k
($k = 1, \dots, b$)

Figura 4. Médias de temperatura média registradas durante período de 30 dias anterior a cada época de amostragem. Piracicaba, SP, 23/12/86 a 19/02/87. (Fonte: Departamento de Física e Meteorologia, ESALQ/USP).

$(ab)_{ik}$ = efeito da interação entre a introdução de ordem i e a época de amostragem de ordem k

$e_{(ij)}$ = efeito residual de ordem ij

$e_{(ijk)}$ = efeito residual de ordem ijk

Considerando-se todos os efeitos fixos, exceto os residuais, tem-se o esquema de análise de variância com as respectivas esperanças matemáticas dos quadrados médios $E(QM)$, apresentados na Tabela 2.

Tabela 2. Esquema de análise de variância, delineamento em parcelas subdivididas, ao nível de médias, e as respectivas esperanças matemáticas dos quadrados médios $E(QM)$.

FV	GL	QM	$E(QM)$	F
Blocos	$r - 1$	Q_6	$\sigma_e^2(b) + b \sigma_e^2(a) - abV_B$	Q_6/Q_4
Introduções(I)	$a - 1$	Q_5	$\sigma_e^2(b) + b\sigma^2(a) - brV_I$	Q_5/Q_4
Resíduo(a)	$(r-1)(a-1)$	Q_4	$\sigma_e^2(b) + b\sigma^2(a)$	
Épocas (E)	$b - 1$	Q_3	$\sigma_e^2(b) + ar V_E$	Q_3/Q_1
I x E	$(a-1)(b-1)$	Q_2	$\sigma_e^2(b) + r V_{IE}$	Q_2/Q_1
Resíduo (b)	$a(r-1)(b-1)$	Q_1	$\sigma_e^2(b)$	

A interação entre introduções e épocas de amostragem foi desdobrada a fim de se detectar diferenças entre épocas de amostragem para cada introdução. Estimou-se, através de regressão linear simples, a equação da reta dos valores mē-

dios do conteúdo de capsaicina observados em função das cinco épocas de amostragem para cada introdução, segundo método descrito por STEEL & TORRIE (1980). Comparou-se também esses valores médios pelo teste de Tukey, segundo GOMES (1982) descreveu para comparações de tratamentos "b" num mesmo nível de "a", ou seja, no caso em estudo, a comparação das épocas de amostragem para uma introdução somente.

Visando estabelecer a relação entre temperatura e conteúdo de capsaicina, estimou-se o coeficiente de correlação linear e seu intervalo de confiança entre as médias de temperatura média, registradas durante período de 30 dias anterior a cada data de amostragem, e os valores médios do conteúdo de capsaicina, para cada introdução, segundo método descrito por STEEL & TORRIE (1980). Testou-se também a homogeneidade desses coeficientes, segundo método também descrito por STEEL & TORRIE (1980).

3.6. USO DO TESTE GUSTATIVO PARA AVALIAÇÃO DA PUNGÊNCIA

Os métodos organolépticos, apesar de subjetivos, ainda são utilizados para a avaliação da pungência porque os testes químicos, além de lentos e complexos, não a relacionam diretamente. O método Scoville quantifica a pungência baseado na sua detecção em extratos de frutos diluídos em série e testados gustativamente em painel, da maior para a menor di-

lução. Segundo GREENLEAF (1986), o método deve ser monitorado com testes químicos.

Com o objetivo de se avaliar a sensibilidade à pungência e correlacionar os testes gustativo e químico, foi instalado um ensaio em pequena escala com dez provadores e cinco extratos de frutos obtidos do mesmo modo descrito em "B" do item 3.3.

Os provadores foram escolhidos entre os colegas do CPG Genética e Melhoramento de Plantas e os extratos foram obtidos de plantas dos seguintes materiais: introduções 157 (pungente), 220 (intermediária) e 261 (não pungente) descritas na Tabela 1; o híbrido F_1 (157 x 261) e o retrocruzamento RC_1 ((157 x 261) x 157).

A partir dos extratos o painel gustativo foi preparado diluindo-se cada extrato em metanol absoluto nas seguintes proporções: 1:200; 1:180; 1:160; 1:140; 1:120; 1:100; 1:80; 1:60; 1:40; 1:30; 1:20; 1:15; 1:10; 1:5; 1:2 e integral (sem diluição). Em seguida, mergulhou-se rapidamente uma das extremidades de uma tira de papel absorvente em cada diluição e deixou-se evaporar ao ar. Finalmente montou-se o painel dispondo-se as tiras em ordem decrescente de diluição do extrato, do mais diluído ao mais concentrado. Os provadores testaram o painel nessa sequência, evoluindo até perceber uma leve pungência, momento em que o painel era interrompido. Antes de passar ao painel seguinte, os provadores testavam sua sensibilidade provando tiras mergulhadas somente em metanol absoluto.

Previamente ao painel gustativo propriamente di

to, foi inserido um outro preparado com capsaicina pura (Sigma No. M-3773) às seguintes concentrações padrão em metanol absoluto: 4, 8, 12, 16, 20, 24, 28, 32 e 36 ug/ml, testado do mesmo modo.

Os mesmos extratos foram também avaliados quimicamente quanto ao conteúdo de capsaicina pela metodologia descrita no item 3.3.

O ensaio seguiu o delineamento fatorial, porém sem repetições, com 40 tratamentos resultantes da combinação dos dez provadores com quatro extratos. O extrato da introdução 261 (não pungente) foi considerado como controle, não sendo incluído na análise da variância porque não se poderia detectar gustativamente sua pungência mesmo no extrato integral.

Na análise da variância foram utilizados os dados de nível de diluição de detecção em porcentagem, transformados em $\sqrt{X+0,5}$, segundo procedimento de STEEL & TORRIE (1980). O modelo matemático para delineamento fatorial com repetições é o seguinte:

$$Y_{ijk} = u + a_i + B_j + b_k + (ab)_{ik} + e_{(ijk)}$$

onde:

Y_{ijk} = observação de ordem ijk

u = efeito da média geral

a_i = efeito do extrato de ordem i ($i = 1, \dots, a$)

B_j = efeito do provador de ordem k ($k = 1, \dots, b$)

- b_k = efeito do provador de ordem k ($k = 1, \dots, b$)
 $(ab)_{ik}$ = efeito da interação entre o extrato de ordem i e o provador de ordem k
 $e_{(ijk)}$ = efeito residual de ordem ijk .

Considerando-se todos os efeitos fixos exceto o residual, o esquema de análise da variância com as respectivas esperanças matemáticas dos quadrados médios $E(QM)$ são apresentados na Tabela 3.

Tabela 3. Esquema de análise da variância, delineamento fatorial e as respectivas esperanças matemáticas dos quadrados médios $E(QM)$.

FV	GL	QM	$E(QM)$	F
Blocos	$r - 1$	Q_6	$\sigma_e^2 - abV_B$	Q_6/Q_1
Tratamentos	$ab - 1$	Q_5	$\sigma_e^2 - rV_T$	Q_5/Q_1
Extratos (E)	$a - 1$	Q_4	$\sigma_e^2 - brV_E$	Q_4/Q_1
Provadores (P)	$b - 1$	Q_3	$\sigma_e^2 - arV_P$	Q_3/Q_1
E x P	$(a-1)(b-1)$	Q_2	$\sigma_e^2 - rV_{EP}$	Q_2/Q_1
Resíduo	$(r-1)(ab-1)$	Q_1	σ_e^2	

No presente ensaio, pela ausência de repetições, utilizou-se a soma de quadrados da interação como denominador para o teste F, segundo proposta de GOMES (1982).

Para se estabelecer a relação entre o método organoléptico e o químico, estimou-se o coeficiente de correlação linear entre as médias do nível de diluição de detecção

da pungência, no painel gustativo, e os valores do conteúdo de capsaicina obtidos segundo metodologia descrita no item 3.3 dos quatro extratos de frutos, segundo método descrito por STEEL & TORRIE (1980).

3.7. ESTUDO DA HERANÇA DA PUNGÊNCIA EM C. CHINENSE

Os estudos mais recentes da herança da pungência, baseados na espécie *C. annuum* e em métodos químicos, têm indicado sua natureza quantitativa. Em *C. chinense* a única informação a esse respeito foi dada por PICKESGILL (1966), que empregou métodos organolépticos para sua avaliação em reduzido número de plantas, e a segregação genética encontrada foi de três pungentes para um não pungente (3:1).

Baseando-se na avaliação do conteúdo de capsaicina pela metodologia descrita no item 3.3 para caracterização da pungência, esquematizou-se um ensaio para estimar os componentes da variância genética pelo método dos retrocruzamentos, segundo MATHER & JINKS (1982 e 1984) adaptado por VELLO (1985).

Foram obtidos dois conjuntos de gerações P_1 , P_2 , F_1 , F_2 , RC_1 e RC_2 , I e II, a partir das introduções 157 (pungente) e 261 (não pungente), e 220 (intermediária) e 261 (não pungente), respectivamente. Os seis tratamentos (gerações) para cada conjunto foram distribuídos em blocos casualizados com quatro repetições. As parcelas constituíram-se de cinco plan-

tas para as gerações P_1 , P_2 e F_1 , 50 plantas para F_2 e 25 plantas para RC_1 e RC_2 .

A análise da variância foi realizada com as médias das parcelas baseada no modelo matemático.

$$Y_{ij} = u + a_i + B_j + e_{(ij)}$$

onde:

Y_{ij} = observação de ordem ij

u = efeito da média geral

a_i = efeito da geração de ordem i ($i = 1, \dots, a$)

B_j = efeito do bloco de ordem j ($j = 1, \dots, r$)

$e_{(ij)}$ = efeito residual de ordem ij .

Na Tabela 4 são apresentados o esquema de análise de variância com as respectivas esperanças matemáticas dos quadrados médios $E(QM)$ e os componentes da variância fenotípica para as gerações P_1 , P_2 , F_1 , F_2 , RC_1 e RC_2 .

O ajuste do modelo foi verificado pelo balanceamento das variâncias observadas nas gerações pelo método dos quadrados mínimos, segundo proposta de MATHER & JINKS (1982 e 1984).

As estimativas dos componentes da variância genética e seu erro associado foram obtidas segundo metodologia de MATHER & JINKS (1982 e 1984) adaptada por VELLO (1985):

$$\sigma_E^2 = 1/3 (\sigma_{P_1}^2 + \sigma_{P_2}^2 + \sigma_{F_1}^2)$$

Tabela 4. Esquema de análise da variância, delineamento em blocos ao acaso, ao nível de médias, e as respectivas esperanças matemáticas dos quadrados médios $E(QM)$ e os componentes da variância fenotípica das gerações P_1 , P_2 , F_1 , F_2 , RC_1 e RC_2 .

FV	GL	QM	$E(QM)$	F
Blocos	$r - 1$	Q_3	$\sigma_e^2 + aV_B$	Q_3/Q_1
Gerações	$a - 1$	Q_2	$\sigma_e^2 + rV_G$	Q_2/Q_1
Resíduo	$(r-1)(a-1)$	Q_1	σ_e^2	
Componentes da variância fenotípica				
Dentro P_1	$n_1 - 1$	Q_A	σ_E^2	
Dentro P_2	$n_1 - 1$	Q_B	σ_E^2	
Dentro F_1	$n_1 - 1$	Q_C	σ_E^2	
Dentro F_2	$n_2 - 1$	Q_D	$\sigma_A^2 + \sigma_D^2 + \sigma_F^2$	
Dentro RC_1	$n_3 - 1$	Q_E	$1/2\sigma_A^2 + \sigma_D^2 + 1/2\sigma_F^2 + \sigma_E^2$	
Dentro RC_2	$n_3 - 1$	Q_F	$1/2\sigma_A^2 + \sigma_D^2 - 1/2\sigma_F^2 + \sigma_E^2$	

$$\sigma_A^2 = 2 \cdot \sigma_{F_2}^2 - (\sigma_{RC_1}^2 + \sigma_{RC_2}^2)$$

$$\sigma_D^2 = (\sigma_{RC_1}^2 + \sigma_{RC_2}^2) - \sigma_{F_2}^2 - \sigma_E^2$$

onde:

$$\sigma_{P_1}^2 = \text{variância observada na geração } P_1$$

$$\sigma_{P_2}^2 = \text{variância observada na geração } P_2$$

$\sigma_{F_1}^2$ = variância observada na geração F_1

$\sigma_{F_2}^2$ = variância observada na geração F_2

$\sigma_{RC_1}^2$ = variância observada na geração RC_1

$\sigma_{RC_2}^2$ = variância observada na geração RC_2

σ_E^2 = variância devido ao efeito ambiental

σ_A^2 = variância devido ao efeito aditivo

σ_D^2 = variância devido ao efeito da dominância

O coeficiente de herdabilidade no sentido restrito foi estimado pela equação:

$$\hat{h}_r^2 = \frac{\sigma_A^2}{\sigma_A^2 + \sigma_D^2 + \sigma_E^2}$$

onde:

$\hat{h}_r^2$ = herdabilidade no sentido restrito

O grau médio de dominância foi estimado por:

$$g\hat{m}d = \left(\frac{2 \cdot \sigma_D^2}{\sigma_A^2} \right)^{1/2}$$

onde:

$g\hat{m}d$ = grau médio de dominância.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. MÉTODO DE AVALIAÇÃO DA PUNGÊNCIA

A metodologia de avaliação da pungência utiliza da no presente trabalho, baseada em RYMAL et alii (1984), adequou-se aos objetivos deste de um modo geral.

A vantagem em se utilizar frutos frescos e intactos, evitando a cromatografia de separação durante a etapa de extração do princípio pungente se traduz na rapidez relativa de sua determinação. Duas pessoas somente foram hábeis para realizar 200 determinações a cada dois dias, relatando as atividades de colheita, lavagem dos frutos, anotações necessárias, extração e leitura de absorbância. Desse modo, pôde-se concentrar o elevado número de avaliações num curto espaço de tempo, reduzindo-se o erro por efeito ambiental.

As magnitudes dos valores do conteúdo de capsaicina observadas, principalmente para os tipos não pungentes, foram elevadas em comparação com as magnitudes reportadas na literatura. Uma possível explicação seria a de que as leituras de absorbância a 275 nm foram influenciadas pela presença de outras substâncias além dos capsaicinóides nos extratos obtidos. No entanto, as diferenças observadas, por exem-

plo, entre as introduções 157, 220 e 261 de *C. chinense*, pungente, intermediária e não pungente respectivamente, foram suficientes para distingui-las. Essas "outras substâncias" poderiam ter sido extraídas igualmente para as três introduções de modo a não interferir na distinção entre elas.

RYMAL et alii (1984), comparando o espectro de absorção obtido a partir do método de injeção-extração como obtido por capsaicina pura, notaram que algumas substâncias não identificadas haviam sido extraídas juntamente com os capsaicinóides, porém existiu resolução suficiente entre os dois picos de máxima observados (275 e 310 nm) para comprovar quantitativamente os capsaicinóides a 275 nm. Uma clarificação prévia dos extratos com carvão ativado não se justificou.

A opção de utilizar a cromatografia para separar essas substâncias dos capsaicinóides, objetivando a obtenção de resultados mais precisos, eliminaria a vantagem da rapidez nas determinações.

Quando se visa através do melhoramento genético obter tipos não pungentes, "pimentões", a metodologia apresentada pode ser utilizada com algumas restrições. A observação de baixos valores de conteúdo de capsaicina, pura e simples, não significa necessariamente que esses foram obtidos de tipos não pungentes ao paladar, pois podem estar associados a frutos com placenta reduzida. Portanto, deve-se estar atento também ao tamanho da placenta.

RAMANUJAM & THIRUMALACHAR (1966) ressaltaram a importância em se estudar os componentes: proporção e conteúdo-

do de capsaicina da placenta, em programas de melhoramento que consideram a pungência, já que estas características mostraram possibilidade de variar^{em} independentemente.

Um método alternativo, adaptado por POCHARD (1977), poderia ser empregado para separar tipos não pungentes. Semelhante aos testes rápidos utilizados na verificação do estado nutricional de algumas culturas e aplicável em condições de campo, o método consiste na transferência, com a ajuda de uma agulha, do extrato da placenta para um papel de filtro, então adiciona-se uma gota do reagente (oxitricloreto de vanádio em tetracloreto de carbono a 1%). A presença de capsaicina é notada pelo desenvolvimento de uma coloração azulada, e se a reação for negativa, deve-se proceder à confirmação gustativamente.

No Brasil, o pimentão é consumido principalmente na forma imatura. Segundo OHTA (1962b) e BALBAA et alii (1968) o conteúdo de capsaicina varia segundo o estágio de desenvolvimento e maturidade dos frutos e geralmente os testes químicos são empregados na análise de frutos maduros, fase em que atingem o nível máximo. Portanto, pode ser importante também determinar a possibilidade e validade de aplicação desses testes químicos em frutos imaturos.

Ao final de um programa de melhoramento de pimentão, baseado em tipos pungentes, o teste gustativo para relacionar diretamente a pungência e a maturidade do fruto não podem ser deixados de lado. Os testes químicos podem ser utilizados nas etapas intermediárias com suas devidas restrições,

visando reduzir o número de frutos a serem testados organolêpticamente e a inconveniente sensação de se experimentar muitos tipos pungentes.

4.2. AVALIAÇÃO DA PUNGÊNCIA EM TRÊS DIFERENTES ESPÉCIES DE CAPSICUM

A variabilidade quanto a pungência na coleção de germoplasma de *Capsicum* do Setor de Hortalças do Departamento de Genética, ESALQ/USP, foi observada previamente a partir de uma amostragem de 17 introduções incluindo: três de *C. annuum*, quatro de *C. baccatum* e dez de *C. chinense*.

Considerando-se as limitações da metodologia utilizada, já discutidas anteriormente no item 4.1, na Tabela 5 são apresentados os valores médios e coeficientes de variação do conteúdo de capsaicina observados para as 17 introduções.

Apesar de terem sido amostradas apenas cinco a oito plantas por introdução e não seguir-se delineamento experimental, os resultados mostraram que existe considerável variabilidade para o conteúdo de capsaicina entre as introduções. Observou-se valores de 12,3 até 124,1 mg/100g fruto para as introduções 262 de *C. chinense* e 388 de *C. annuum* respectivamente. As baixas magnitudes dos índices de coeficiente de variação indicaram relativa precisão na estimativa das médias.

Tabela 5. Valores médios e coeficientes de variação do nível de pungência, conteúdo de capsaicina expresso em mg/100g fruto, em algumas introduções de coleção de germoplasma de *Capsicum* do Departamento de Genética - ESALQ/USP. Piracicaba, SP, 1987.

Introdução	$\bar{x}$ <u>a/</u>	CV(%)
<i>C. chinense</i>		
157	119,1	4,66
160	14,2	26,33
188	64,2	7,07
209	121,4	2,95
220	81,6	4,48
261	16,0	13,10
262	12,3	23,96
329	52,8	10,02
358	49,6	10,99
851	66,9	9,50
<i>C. annuum</i>		
018	21,5	17,43
023	26,9	5,59
388	124,1	3,99
<i>C. baccatum</i>		
069	84,2	3,40
070	21,8	17,83
538	113,1	3,39
680	49,7	5,86

a/ Médias foram obtidas da amostragem de 5 a 8 plantas.

As introduções predeterminadas gustativamente como não pungentes (vide Tabela 1) apresentaram valores relativamente baixos, exceto as de número 329, 358, 851 e 680 que apresentaram valores intermediários entre 49,6 e 66,9 mg/100g fruto. Como não foram avaliadas as proporções da placenta, poderia se supor que tais introduções apresentavam placenta grande, provocando o efeito de diluição da capsaicina nesse tecido, não sendo então detectada a pungência organolêpticamente. No entanto, parece mais provável que se tenha cometido enganos na prévia avaliação gustativa. Foram avaliadas um grande número de introduções em sequência, e uma vez que se experimenta um fruto pungente a sensibilidade em se distinguir pungente de não pungente, logo em seguida, é bastante afetada.

As introduções 157 e 209 de *C. chinense*, 388 de *C. annuum* e 538 de *C. baccatum* foram as que apresentaram os maiores valores de conteúdo de capsaicina.

4.3. INFLUÊNCIA DA TEMPERATURA NA PUNGÊNCIA

Os valores e respectivas significâncias dos quadrados médios e coeficientes de variação da análise da variância relativa a avaliação do conteúdo de capsaicina em cinco épocas de amostragem para três introduções de *C. chinense* são apresentados na Tabela 6.

Tabela 6. Valores e significâncias dos quadrados médios e coeficientes de variação da análise da variância relativa a avaliação do conteúdo de capsaicina (mg/100 g fruto) em cinco épocas de amostragem para três introduções de *Capsicum chinense* Jacq. Piracicaba, S.P., 1987.

FV	GL	QM
Blocos	2	3,69 ns
Introduções (I)	2	52259,38 **
Resíduo (a)	4	13,64
Coef. de Variação (a)		4,50%
Épocas (E)	4	2173,56 **
I x E	8	382,98 **
E/I ₁ (157)	4	2092,58 **
E/I ₂ (220)	4	795,00 **
E/I ₃ (261)	4	51,93 **
Resíduo (b)	24	5,12
Coef. de Variação (b)		2,76%

ns = não significativo

** = significativo ao nível de 1% pelo teste F

Os quadrados médios mostraram-se significativos ao nível de 1% de probabilidade pelo teste F, exceto para a fonte de variação blocos. As baixas magnitudes dos coeficientes de variação "a" relativo a parcela e "b" relativo a subparcela indicaram considerável precisão experimental.

As diferenças significativas existentes, para a interação introduções x épocas de amostragem e o desdobramento épocas de amostragem para cada introdução, indicam que o conteúdo de capsaicina variou diferentemente, segundo a época de amostragem, para cada introdução. Na Figura 5 essa significância é melhor caracterizada pelas diferentes inclinações das retas obtidas pela regressão linear simples dos valores do conteúdo de capsaicina, em função das cinco épocas de amostragem para as três introduções. Nota-se que o conteúdo de capsaicina aumentou segundo a época de amostragem, o que foi mais acentuado para a introdução 157 (pungente).

Os valores médios do conteúdo de capsaicina, observados para as cinco épocas de amostragem nas introduções 157 (pungente), 220 (intermediária) e 261 (não pungente) e a comparação desses pelo teste de Tukey, são apresentados na Tabela 7.

Verifica-se que para as introduções 157 e 220 somente os valores observados na primeira e segunda épocas de amostragem não diferiram entre si. Já para a introdução 261, a primeira, segunda e terceira épocas de amostragem não diferiram entre si, assim como a terceira e quarta, e quarta e quinta épocas.

Visando esclarecer as variações observadas no conteúdo de capsaicina nas cinco épocas de amostragem, correlacionou-se esses valores com as médias de temperatura média registrada durante período de 30 dias anterior a cada época de amostragem, período pressuposto da síntese de capsaicina (OHTA,

Figura 5. Regressão linear simples dos valores do conteúdo de capsaicina (mg/100g fruto) observados em função das cinco épocas de amostragem para três introduções de *Capsicum chinense* Jacq.. Piracicaba, SP, 1987.

1962b e BALBAA et alii, 1968). A estimativa do coeficiente de correlação linear e seu intervalo de confiança para cada introdução é apresentada na Tabela 8, e na Tabela 9 é apresentado o teste de homogeneidade para esses coeficientes.

Apesar de notar-se uma leve tendência de queda das temperaturas registradas, da primeira para a quinta épocas de amostragem, observaram-se correlações negativas e significativas para as três introduções. Os valores estimados mostraram-se homogêneos, de modo que pôde-se estimar um coeficiente de correlação linear ponderado ($\bar{r}_w = -0,958$).

Tabela 7. Valores médios do conteúdo de capsaicina (mg/100g fruto) observados para as cinco épocas de amostragem em três introduções de *Capsicum chinense* Jacq. Médias obtidas de quatro plantas individuais por parcela em três repetições. Piracicaba, SP, 1987.

Época de amostragem	Introduções					
	157		220		261	
1ª - 22/01/87	113,2	d	80,4	d	15,0	c
2ª - 29/01/87	115,2	d	81,5	d	13,3	c
3ª - 05/02/87	124,0	c	90,8	c	17,2	bc
4ª - 12/02/87	141,1	b	97,6	b	20,5	ab
5ª - 19/02/87	177,0	a	120,3	a	23,6	a

Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% para cada introdução.

Tabela 8. Estimativas dos coeficientes de correlação livres e intervalo de confiança entre médias de temperatura média registradas durante período de 30 dias anterior a cada época de amostragem e os valores médios do conteúdo de capsaicina (mg/100g fruto) para 3 introduções de *Capsicum chinense* Jacq., Piracicaba, SP, 1987.

Época de amostragem	Temperatura média (°C)	Introduções		
		157	220	261
1a. - 22/01/87	25,2	113,2	80,4	15,0
2a. - 22/01/87	25,3	115,2	81,5	13,3
3a. - 05/02/87	25,3	124,0	90,8	17,2
4a. - 12/02/87	24,7	141,1	97,6	20,5
5a. - 19/02/87	23,9	177,0	120,3	23,6
$r(\bar{T}; 157) = -0,979^{**};$		$IC(r) \frac{a/}{=} = (-0,999, -0,841)$		
$r(\bar{T}; 220) = -0,956^{**};$		$IC(r) = (-0,997, -0,471)$		
$r(\bar{T}; 261) = -0,919^{*};$		$IC(r) = (-0,995, -0,194)$		

*; ** = significativo ao nível de 5% e 1% respectivamente.

$\frac{a/}{=} = IC(r)$ para $P = 0,95$

Tabela 9. Homogeneidade das estimativas dos coeficientes de correlação linear entre médias de temperaturas média registrada durante período de 30 dias anterior a cada época de amostragem. Os valores médios de conteúdo de capsaicina (mg/100g fruto) para 3 introduções de *Capsicum chinense* Jacq. Piracicaba, SP, 1987.

Introdução	n	r	Z'	$\bar{Z}' - Z'_w \frac{a/}{=}$	$(n-3)(Z' - \bar{Z}'_w)^2$
157	5	-0,979	-2,273	-0,355	0,25205
220	5	-0,956	-1,897	0,021	0,00088
261	5	-0,919	-1,583	0,335	0,22445

$$\chi^2(2GL; 5\%) = 0,48 \text{ ns}$$

$$\bar{r}_w = -0,958; IC_{0,95}(\bar{r}_w) = (-0,991, -0,807)$$

ns = não significativo

$$\frac{a/}{=} = Z'_w = \frac{\sum(n-3)Z'}{\sum(n-3)} = -1,918$$

N.º 42333
E. S. A. "LUIZ DE QUEIROZ"
DIVISÃO DE BIBLIOTECA
E DOCUMENTAÇÃO

Os resultados obtidos diferem daqueles observados na literatura, onde se afirma que no cultivo sob condições de temperaturas elevadas obtêm-se frutos mais pungentes. No entanto, esses estudos foram conduzidos sob condições de temperatura bastante contrastantes, como por exemplo verão e inverno, totalmente diferentes das observadas no presente trabalho.

Deve-se ressaltar que estimativas de coeficientes de correlação, baseadas em pequeno número de pares de dados amostrados, podem produzir valores muito variáveis para cada amostragem e portanto são de baixa precisão.

Uma outra restrição aos resultados obtidos se refere àquela, já discutida no item 4.1, quanto a influência de "outras substâncias", extraídas juntamente com os capsi-cinóides, na leitura de absorbância a 275 nm. Por algum motivo, inclusive a queda de temperatura, pode ter ocorrido um incremento na síntese dessas "outras substâncias", segundo as épocas de amostragem, interferindo na interpretação dos resultados relativos a pungência.

4.4. USO DO TESTE GUSTATIVO PARA AVALIAÇÃO DA PUNGÊNCIA

Os valores da detecção da pungência, em concentrações padrão de capsaicina pura e em extratos de frutos diluídos pelos provadores do painel gustativo são apresentados respectivamente nas Tabelas 10 e 11.

Tabela 10. Sensibilidade dos provadores do painel gustativo à detecção da pungência em concentrações padrão de capsaicina pura (Sigma No. M-3773) em metanol absoluto. Piracicaba, SP, 1987.

Provadores	Concentração de detecção ($\mu\text{g}/100\text{ml}$)
A.B. Marchi	4
J.R.B. Marques	8
A.V. Pereira	12
L.L. Nass	8
J.L.S. Sasaki	8
C.A. Colombo	8
A.M.R. Cassiolato	4
A.P.M. Andrade Netto	4
S. Yokoyama	8
M.P. Martins	16

Pela comparação das tabelas nota-se que o padrão de sensibilidade dos provadores à detecção da pungência, em diferentes concentrações de capsaicina pura, tende a permanecer o mesmo que em extratos de frutos diluídos.

Os provadores mais sensíveis à capsaicina foram: A.B. Marchi, A.M.R. Cassiolato e A.P.M. Andrade Netto, e o menos sensível foi M.P. Martins.

Tabela 11. Nível de diluição da detecção da pungência pelos provadores do painel gustativo em extratos de frutos obtidos de algumas introduções segundo metodologia descrita em "B" do item 3.3. Piracicaba, SP, 1987.

Provadores	Extratos ^{a/}				
	157	261 ^{b/}	$F_1(157 \times 261)$	220	$RC_1[(127 \times 261) \times 157]$
A.B. Marchi	1:160	nd ^{c/}	1:200	1:100	1:200
J.R.B. Marques	1:100	nd	1:180	1:100	1:180
A.V. Pereira	1: 60	nd	1:100	1: 40	1:120
L.L. Nass	1:100	nd	1:120	1: 60	1:180
J.L.S. Sasaki	1:140	nd	1:160	1: 40	1:140
C.A. Colombo	1: 40	nd	1:100	1: 40	1:120
A.M.R. Cassiolato	1:120	nd	1:200	1: 40	1:160
A.P.M. Andrade Netto	1:140	nd	1:180	1: 80	1:180
S. Yokoyama	1:120	nd	1:200	1: 60	1:180
M.P. Martins	1: 60	nd	1:160	1: 20	1:100

^{a/} extrato obtido a partir de um fruto do material referido

^{b/} 261, introdução não pungente usada como controle

^{c/} nd, não detecção da pungência.

A não detecção da pungência, por nenhum dos provadores, no extrato obtido da introdução 261, era um resultado esperado, pois trata-se de material não pungente. Portanto foi utilizado apenas como controle da sensibilidade dos provadores e excluído da análise da variância.

Os valores e respectivas significâncias dos quadrados médios da análise da variância do painel gustativo são apresentados na Tabela 12.

Tabela 12. Valores e significâncias dos quadrados médios da análise da variância do painel gustativo. Piracicaba, SP, 1987.

FV	GL	QM <u>a/</u>
Extratos (E)	3	0,600859 **
Provadores (P)	9	0,095183 **
E x P	27	0,026238

** significativo ao nível de 1% de pelo teste F.

a/ QM obtido com os dados transformados em $\sqrt{X+0,5}$ onde X = nível de diluição de detecção de pungência em porcentagem.

Os quadrados médios mostraram-se significativos ao nível de 1% de probabilidade pelo teste F, apesar de ter-se utilizado o quadrado médio da interação extratos x provadores, que deve apresentar valor de mesma magnitude ou maior que o do quadrado médio do resíduo, como denominador do teste F.

A constatação de diferenças entre os provadores, quando ao limiar de sensibilidade a detecção da capsaicina, sugere que, em painéis gustativos para avaliação da pungência deve-se utilizar o maior número possível de provadores para sua melhor caracterização.

A montagem de painéis gustativos a partir de extratos de frutos diluídos em série, onde os provadores testam os materiais da maior para a menor diluição até a detecção de uma leve pungência, permite aos provadores testar outros materiais em seqüência. A sensibilidade à pungência não é afetada como ocorre quando se experimenta frutos inteiros.

Quando não se tem idéia da pungência relativa dos materiais a serem testados gustativamente, a série de diluições deve ser aumentada e à medida que o número de materiais também aumenta, a montagem de painéis gustativos muito grandes se torna impraticável.

A não detecção da pungência em extratos de frutos não diluídos não implica necessariamente que esses foram obtidos de frutos não pungentes, pois a própria extração se constitui numa prévia diluição. Portanto, em programas que visam a obtenção de tipos não pungentes, "pimentões", o teste gustativo de frutos inteiros se faz necessário.

Na Tabela 13 são apresentados os níveis médios de detecção da pungência no painel gustativo e os valores do conteúdo de capsaicina obtidos segundo metodologia descrita no item 3.3 para quatro extratos, e a estimativa do coeficiente de correlação linear entre essas variáveis.

O valor de correlação estimado não foi significativo, porém deve-se levar em conta que para acusar significância, quando se amostra poucos pares de dados, os valores de correlação devem estar próximos de +1 ou -1. O sinal negativo do coeficiente é explicado pela escala de valores adotada no

painel gustativo, nível de diluição da pungência em porcentagem. A detecção da pungência nos materiais mais pungentes se dá logo nas maiores diluições, que transformadas em porcentagem resultam nos menores valores.

Tabela 13. Estimativa do coeficiente de correlação linear entre as médias do nível de diluição de detecção da pungência no painel gustativo e os valores do conteúdo de capsaicina obtidos segundo metodologia descrita no item 3.3, para quatro extratos. Piracicaba, SP, 1987.

Extratos <u>a/</u>	Nível médio de diluição (%)	Conteúdo de capsaicina (mg/100g fruto)
157	11,554	152,8
F ₁ (157x261)	6,694	137,7
RC ₁ (157x261)x157	6,728	160,6
220	21,583	78,5
$r = -0,898$ ns		

ns = indica não diferença de zero

a/ extrato obtido a partir de um fruto do material referido.

4.5. HERANÇA DA PUNGÊNCIA EM C. CHINENSE

Na Tabela 14 são apresentados os valores e significâncias dos quadrados médios e coeficientes de variação da análise da variância, e as variâncias fenotípicas das gerações

P_1 , P_2 , F_1 , F_2 , RC_1 e RC_2 para os conjuntos I e II, relativos a avaliação do conteúdo de capsaicina.

Tabela 14. Valores e significâncias dos quadrados médios e coeficientes de variação da análise da variância relativa à avaliação do conteúdo de capsaicina (mg/100g fruto) para os conjuntos I e II de gerações P_1 , P_2 , F_1 , F_2 , RC_1 e RC_2 . Piracicaba, SP, 1987.

FV	GL	QM	
		Conjunto I	Conjunto II
Blocos	3	10,76 ns	7,58 ns
Gerações	5	6932,55 **	1993,75 **
Resíduo	15	10,57	9,36
Dentro P_1	19	30,85	28,19
Dentro P_2	19	11,97	15,29
Dentro F_1	19	19,05	35,26
Dentro F_2	199	1540,57	504,09
Dentro RC_1	99	1050,97	350,67
Dentro RC_2	99	804,98	278,84
Coef. Variação		3,72%	5,83%

ns = não significativo

** significativo ao nível de 1% pelo teste F.

Os quadrados médios apresentaram diferenças significativas ao nível de 1% de probabilidade pelo teste F para a fonte de variação gerações em ambos os conjuntos, I e II. As

baixas magnitudes dos coeficientes de variação indicaram consi
derável precisão experimental.

As magnitudes dos valores de variância fenotípica se situaram dentro do esperado. Na geração F_2 observou-se a maior variação entre indivíduos, trata-se da geração onde ocor
re ampla segregação fenotípica, e nas gerações P_1 , P_2 e F_1 ob
servaram-se os menores valores, os indivíduos dessas gerações são considerados genoticamente idênticos entre si e a variân
cia observada é atribuída somente a efeitos ambientais.

A variação do conteúdo de capsaicina nas gerações P_1 , P_2 , F_1 , F_2 , RC_1 e RC_2 é ilustrada nas Figuras 6 e 7 on
de são apresentados os histogramas para os conjuntos I e II, respectivamente.

Como pode ser observado em ambos os conjuntos, os indivíduos F_1 apresentaram valores de conteúdo de capsaicina
próximos aos do parental pungente. Em *C. annuum*, OHTA (1962d), NOWACZKY (1981) e AHMED et alii (1984) também obser
varam que híbridos F_1 mostraram-se semelhantes ao parental pun
gente quanto ao conteúdo de capsaicina. QUAGLIOTTI & OTTAVIANO (1971) e KVACHADZE (1973 e 1976), e GILL et alii (1973) ob
servaram que o conteúdo de capsaicina em híbridos F_1 foi inter
mediário àqueles dos parentais em *C. annuum* e num cruzamento interespecífico entre *C. annuum* e *C. frutescens*, respectivamen
te.

Na geração F_2 observou-se segregação transgressiva
unilateral em relação ao parental pungente, e a distri
buição desses indivíduos indica a natureza quantitativa do ca-

Figura 6. Histograma relativo ao conteúdo de capsaicina do conjunto I de gerações originárias das introduções 167 (P_1) e 261 (P_2), onde: $F_1 = 157 \times 261$; $F_2 = F_1 \times 157$; $RC_1 = F_1 \times 157$; e $RC_2 = F_1 \times 261$. Piracicaba, SP, 1987.

Figura 7. Histograma relativo ao conteúdo de capsaicina do conjunto II de gerações originárias das introduções 220 (P₁) e 261 (P₂), onde: F₁ = 220 x 261; F₂ = F₁ x 261; RC₁ = F₁ x 220; e RC₂ = F₁ x 261. Piracicaba, SP, 1987.

rãter. As gerações de retrocruzamentos também apresentaram variação contínua, e indivíduos transgressivos, em relação ao parental pungente, também foram observados na geração RC_1 .

Previamente a aplicação do modelo de análise descrito por MATHER & JINKS (1982 e 1984) e adaptado por VELLO (1985) às variâncias observadas nas gerações P_1 , P_2 , F_1 , F_2 , RC_1 e RC_2 dos conjuntos I e II (vide Tabela 14), verificou-se o ajuste do modelo e obteve-se novas variâncias balanceadas pelo método dos quadrados mínimos (Tabela 15).

A não significância do teste de qui-quadrado (χ^2) indica que o modelo de análise explica as variâncias observadas.

O processo de obtenção de variâncias balanceadas além de permitir uma melhor estimativa dos componentes da variância fornece o erro a ela associado. Por exemplo, normalmente o procedimento para se estimar a variância do efeito ambiental (σ_E^2) baseia-se na média aritmética simples das variâncias observadas para as gerações P_1 , P_2 e F_1 , e pelo processo de balanceamento, sua estimativa baseia-se na partição da variação, considerando-se seu efeito nas seis gerações.

As estimativas dos componentes da variância e erro associado, herdabilidade no sentido restrito e grau médio de dominância para os conjuntos I e II de gerações são apresentadas na Tabela 16.

Tabela 15. Balanceamento das variâncias observadas nos conjuntos I, II das gerações P_1 , P_2 , F_1 , F_2 , RC_1 e RC_2 pelo método dos quadrados mínimos e verificação do ajuste do modelo. Piracicaba, SP, 1987.

G	GL	s^2 observada		Peso ($1/V(V)$)		Modelo		s^2 esperada		$(s^2_{obs}-s^2_{esp})^2 \cdot peso$		
		Conj. I	Conj. II	Conj. I	Conj. II	σ_A^2	σ_D^2	σ_E^2	Conj. I	Conj. II	Conj. I	Conj. II
P_1	19	30,85	28,19	$0,998190124 \cdot 10^{-2}$	$1,195455608 \cdot 10^{-2}$	0	0	1	15,62	20,38	2,315330940	0,729181298
P_2	19	11,97	15,29	$6,630332445 \cdot 10^{-2}$	$4,063578312 \cdot 10^{-2}$	0	0	1	15,62	20,38	0,883326040	1,052795934
F_1	19-	19,05	35,26	$2,617783013 \cdot 10^{-2}$	$0,764115465 \cdot 10^{-2}$	0	0	1	15,62	20,38	0,307979554	1,691861672
F_2	199	1540,57	504,09	$0,004192376 \cdot 10^{-2}$	$0,039156775 \cdot 10^{-2}$	1	1	1	1540,28	504,09	0,000003526	0
RC_1	99	1050,97	350,67	$0,004481512 \cdot 10^{-2}$	$0,040253901 \cdot 10^{-2}$	0,5	1	1	896,04	306,67	1,075710989	0,779315523
RC_2	99	804,98	278,84	$0,007638974 \cdot 10^{-2}$	$0,063664166 \cdot 10^{-2}$	0,5	1	1	896,04	306,67	0,633417888	0,493084632
χ^2 (3GL; 5%) 5,22ns 4,75ns												

ns = não significativo

Tabela 16. Estimativas dos componentes da variância e erro associado, coeficiente de herdabilidade no sentido restrito e grau médio de dominância, para a característica conteúdo de capsaicina, expresso em mg/100g fruto, nos conjuntos I e II de gerações P_1 , P_2 , F_1 , F_2 , RC_1 e RC_2 . Piracicaba, SP, 1987.

	Conjunto I	Conjunto II
σ_A^2	1288,48 $\pm$ 358,24	394,85 $\pm$ 118,59
σ_D^2	236,18 $\pm$ 238,40	88,86 $\pm$ 80,12
σ_E^2	15,62 $\pm$ 3,12	20,38 $\pm$ 4,07
$h_R^2(\%)$	83,67	78,33
$g\hat{m}d$	0,61	0,67

A observação de valores de estimativa da variância de dominância (σ_D^2) de mesma magnitude que os do erro a ela associado é comum quando se emprega o método de Mather para decomposição da variância fenotípica. O método dá maior destaque às componentes: variância aditiva (σ_A^2) e ambiental (σ_E^2), e valores oscilando em torno de zero para a variância de dominância (σ_D^2) são freqüentes (QUAGLIOTTI & OTTAVIANO, 1971).

Outras restrições ao método se referem às poucas informações que fornece sobre o modo de ação gênica quando comparado com a análise de cruzamentos dialélicos, e a não consideração de efeitos epistáticos (VELLO, 1985).

Os coeficientes de herdabilidade no sentido restrito, estimados para os conjuntos I e II de gerações, foram 83,67% e 78,33% respectivamente, indicando que os efeitos gênicos aditivos foram mais importantes no controle do caráter. Em *C. annuum*, QUAGLIOTTI & OTTAVIANO (1971) e AHMED et alii (1984) também encontraram predominância dos efeitos aditivos dos genes em estudos de herança do conteúdo de capsaicina.

As estimativas do grau médio de dominância para os conjuntos I e II de gerações, respectivamente 0,61 e 0,67, indicam dominância parcial, o que não é caracterizado se se confrontam os histogramas dos híbridos F_1 com os dos parentais (vide Figuras 6 e 7), onde nota-se a tendência de dominância completa. Possivelmente o pequeno número de indivíduos avaliados (20) das gerações P_1 , P_2 e F_1 contribuiu efetivamente para a diferença entre as informações.

Considerando-se programas de melhoramento que visem tipos não pungentes, o emprego de métodos quantitativos de avaliação da pungência somente do tecido placentário, em contraste com frutos inteiros, como foi utilizada no presente estudo, poderia fornecer informações mais precisas a respeito das estratégias a serem adotadas no decorrer do programa.

QUAGLIOTTI & OTTAVIANO (1969), avaliando a pungência no tecido placentário, ressaltaram a importância de seus resultados concluindo que a variabilidade entre e dentro de populações sugeriu que a concentração de capsaicina, e consequentemente a frequência de frutos pungentes, poderia ser reduzida por seleção.

5. CONCLUSÕES

Com base nas observações e resultados obtidos no presente trabalho estabeleceram-se as seguintes conclusões:

- A metodologia de avaliação da pungência empregada foi eficaz para distinguir quantitativamente frutos de diferentes conteúdo de capsaicina, apesar de suas limitações;
- Existe considerável variabilidade quanto ao conteúdo de capsaicina entre as 17 introduções amostradas da coleção de germoplasma de *Capsicum* do Setor de Hortaliças do Departamento de Genética, ESALQ/USP, incluindo as espécies *C. annuum*, *C. baccatum* e *C. chinense*;
- A síntese de capsaicina é afetada pela temperatura. Pequenos decréscimos de temperatura média registradas durante o período pressuposto de síntese de capsaicina resultaram na elevação do nível de pungência;
- O limiar de sensibilidade humana à pungência é variável. O número de provadores, quantidade de materiais avaliados e diluições necessárias são fatores limitantes da or-

ganização de painéis gustativos com extratos de fruto diluídos;

- A herança da pungência em *Capsicum chinense* Jacq. mostra dominância parcial e é predominantemente de natureza aditiva. Os coeficientes de herdabilidade no sentido restrito para os conjuntos I e II de gerações, 83,67% e 78,33% respectivamente, indicam que o caráter pode ser explorado por processos simples de seleção.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AHMED, N.; SINGH, J.; BAJAJ, K.L.. Genetics of capsaicin content in chilli pepper (*Capsicum annuum* L.). Capsicum Newsletter, Turin, 1: 32, 1982.
- ALAN, M.N.. Collection and evaluation of pepper germoplasm in Turkey. Capsicum Newsletter, Turin, 3: 17, 1984.
- ANDREWS, J.. Peppers; the domesticated capsicums. Austin, University of Texas Press, 1984. 170p.
- ARYA, P.S. & SAINI, S.S.. Genetic variability and correlation studies in bell peppers. Indian J. Agri. Res., Karnal, 10: 223-8, 1976.
- AWASTHI, D.N. & SINGH, B.P.. Influence of cucumber mosaic virus on ascorbic acid and capsaicin content from the fruits of tolerant and susceptible varieties of chilli. Indian Phytopathology, New Delhi, 28: 272-4, 1975.
- BALBAA, S.I.; KARAWYA, M.S.; GIRGIS, A.N.. The capsaicin content of capsicum fruits at different stages of maturity. Lloydia, Cincinnati, 31: 272-4, 1968.
- BELLETTI, P.. Genetic resources of *Capsicum* in Italy. Capsicum Newsletter, Turin, 3: 18, 1984.

- BENNETT, D.J. & KIRBY, G.W.. Constitution and biosynthesis of capsaicin. J. Chem. Soc. (C), London, 4: 442-6, 1968.
- BRAUER, O. & SCHON, W.J.. The determination of flavour - producing components particularly capsaicin in red pepper fruits. Angewandte Botanik, Berlin, 36: 25-32, 1962.
- CARVALHO, V.D.. Características químicas de pimentões e pimentas. Informe Agropecuário, Belo Horizonte, 10: 76-8, 1984.
- CASALI, V.W.D.. Cruzamento interespecífico no gênero *Capsicum*. Viçosa, 1970. 58p. (MS - Universidade Federal de Viçosa):
- CASALI, V.W.D. & COUTO, F.A.A.. Origem e botânica de *Capsicum*. Informe Agropecuário, Belo Horizonte, 10: 8-10, 1984.
- DESHPANDE, R.B.. Studies in indian chillies. 4. Inheritance of pungency in *Capsicum annuum* L.. Indian J. Agri. Sci., New Delhi, 5: 513-6, 1935.
- ENGELS, J.M.M.. *Capsicum*; an important spice in Ethiopia. Capsicum Newsletter, Turin, 3: 19, 1984.
- ESHBAUGH, W.H.. The taxonomy of the genus *Capsicum* (Solanaceae). Phytologia, New York, 47: 153-66, 1980.
- GILL, K.S.; GHAI, B.S.; SINGH, J.R.. Inheritance of amount of capsaicin in chilli (*Capsicum frutescens* L. and *C. annuum* L.). Indian J. Agri. Sci., New Delhi, 43: 839-41, 1973.
- GOMES, F.P.. Curso de Estatística Experimental. 10. ed. Piracicaba, Nobel, 1982. 430p.

- GREENLEAF, W.H.. Inheritance of pungency and of the deciduous character in peppers (*Capsicum annuum*). Proc. Ass. Sth. Agri. Wkrs., 49: 110-1, 1953. Apud Plant Breed. Abstr., Cambridge, 23: 566, 1953. (Resumo)
- GREENLEAF, W.H.. Pepper breeding. In: BASSET, M.J., ed. Breeding vegetable crops. Westport, AVI, 1986. p.67-134.
- GUPTA, C.R. & YADAV, R.D.S.. Genetic variability and path analysis in chilli (*Capsicum annuum* Linn.). Genetica Agraria, Roma, 38: 425-32, 1984.
- HEISER JUNIOR, C.B.. Peppers; *Capsicum* (Solanaceae). In: SIMMONDS, N.W., ed. Evolution of crop plants. London, Longman, 1976. p.265-8.
- HEISER JUNIOR, C.B. & SMITH P.G.. The cultivated *Capsicum* peppers. Economic Botany, New York, 7: 214-27, 1953.
- HWANG, J.M. & LEE, B.Y.. Studies on some horticultural characters influencing quality and yield in the pepper (*Capsicum annuum* L.). II. Correlations and selection. J. Korean Soc. Hort. Sci., Suweon, 19: 48-55, 1978. Apud Plant Breed. Abstr., Cambridge, 59: 2276, 1980. (Resumo)
- IBPGR SECRETARIAT. Genetic resource of Capsicum. Roma, FAO, 1983. 49p.
- JARVIS, J.L. & GUTHRIE, W.D.. Relation of horticultural characteristics of peppers to damage of the european corn borer. Iowa State J. Sci., Ames, 46: 463-70, 1972.
- JURENITSCH, J.; KUBELKA, W.; JENTZSCH, K.. Identification of cultivated taxa of *Capsicum*; taxonomy, anatomy and composition of pungent principle. Planta Medica, Stuttgart, 35: 174-83, 1979.

- KALAMAN, N. & RAJAMANI, T.S.. A note on the pungency studies in some varieties of chillies grown in the Agricultural Research Station, Koilpatti. Indian J. Agri. Sci., New Delhi, 35: 67-8, 1965.
- KARAWYA, M.S.; BALBAA, S.I.; GIRGIS, A.N.; YOUSSEF, N.Z.. a micro method for the determination of capsaicin in fruits. Analyst, London, 92: 581-3, 1967.
- KVACHADZE, M.B.. Toward the genetics of some traits of the Cayenne pepper *Capsicum annuum* L.. Bull. Acad. Sci. Georgian SSR, Tbilisi, 70: 697-700, 1973.
- KVACHADZE, M.B.. Concerning the heredity of some quantitative signs of Capsicum (*Capsicum annuum* L.). Bull. Acad. Sci. Georgian SSR, Tbilisi, 82: 169-72, 1976.
- LIPPERT, L.F.; BERGH, B.O.; SMITH, P.G.. Gene list for the pepper. Journal of Heredity, New York, 56: 30-4, 1965.
- MASADA, Y.; HASHIMOTO, K.; INOUE, T.; SUZUKI, M.. Analysis of the pungent principles of *Capsicum annuum* by combined gas chromatography - mass spectrometry. J. Food.Sci., Champaign, 36: 858-60, 1971.
- MATHER, K.. Biometrical genetics; the study of continuous variation. London, Mehtuen, 1949. 162p.
- MATHER, K. & JINKS, J.L.. Biometrical genetics; the study of continuous variation. 3.ed. London, Chapman and Hall, 1982. 396p.
- MATHER, K. & JINKS, J.L.. Introdução à genética biométrica. Ribeirão Preto, Sociedade Brasileira de Genética, 1984. 242p.

- MICHNA, M.. The content of capsaicin and dry matter of first generation hybrids of guinea pepper (*Capsicum annuum* L.) varieties. Hodowla Roślin, Aklimatyz. Nasiennictwo, Warszawa, 12: 313-28, 1968.
- MILLER, J.C. & FINEMAN, Z.M.. A genetic study of some qualitative and quantitative characters of the genus *Capsicum*. Proc. Ame. Soc. Hort. Sci., Alexandria, 35: 544-50, 1937.
- NELSON, E.W.. The constitution of capsaicin, the pungent principle of *Capsicum*. J. Ame. Chem. Soc., Easton, 41: 1115-21, 1919.
- NOWACZYK, P.. Intersubspecific hybrids F_1 of sweet and hot paprika (*Capsicum annuum* L.). Herba Polonica, Poznan, 27: 25-30, 1981.
- ODLAND, M.L.. Inheritance studies on the pepper *Capsicum frutescens*. Minnesota Tech. Bull. (179): 1-32, 1948.
- OHTA, Y.. Physiological and genetical studies on pungency in red pepper; II. Pungency and environment. Rep. Kihara Inst. Biol. Res., Seiken Jilo, 11: 73-7. Apud Plant Breed. Abstr., Cambridge, 32: 3722, 1962a. (Resumo)
- OHTA, Y.. Physiological and genetical studies on pungency in red pepper; III. Development of capsaicin in *Capsicum* species. Japan J. Genetics, Tokyo, 37: 86-90, 1962b.
- OHTA, Y.. Physiological and genetical studies on pungency in red pepper; IV. Capsicum secretory and storage organs and the distribution of pungency in red pepper fruits. Japan J. Breeding, Tokyo, 12: 179-83, 1962c.

- OHATA, Y.. Physiological and genetical studies on pungency in red pepper; V. Inheritance of pungency. Japan J. Genetics, Tokyo, 37: 169-75, 1962d.
- PARK, J.B. & TAKAHASHI, K.. Expression of heterosis and combining ability for capsaicin content in red pepper. J. Japan Soc. Hort. Sci., Tokyo, 49: 189-96. Apud Plant Breed Abstr., Cambridge- 52: 3275, 1982 (Resumo)
- PICKERSGILL, B.. The variability and relationship of *Capsicum chinense* Jacq.. Michigan, 1966. 198p. (Doutorado - Indiana University).
- PICKERSGILL, B.. The domestication of chilli peppers. IN: UCKO, P.J. & DIMBLEBY, G.W. ed. The domestication and exploitation of plants and animals. London, Duckworth, 1969, p.443-50.
- POCHARD, E.. Localization of genes in *Capsicum annuum* L. by trisomic analysis. Ann. Amélior. Plantes, Paris, 27: 255-66, 1977.
- QUAGLIOTTI, L. & OTTAVIANO, E.. Study of variability in the capsaicin content of the berries in different cultivated populations of pepper (*Capsicum annuum* L.). Genetica Agraria, Roma, 21: 249-64, 1967. Apud Plant Breed Abstr., Cambridge, 39: 1115, 1969. (Resumo)
- QUAGLIOTTI, L. & OTTAVIANO, E.. Quantitative inheritance of capsaicin content in *Capsicum* sp.. Genetica Agraria, Roma, 23: 50-8, 1969.
- QUAGLIOTTI L. & OTTAVIANO, E.. Genetical analysis of capsaicin content variability between two pepper varieties. Genetica Agraria, Roma, 25: 56-66, 1971.

- RAMANUJAM, S. & THIRUMALACHAR, D.K.. Component analysis of capsaicin content in dhilli. Indian J. Gen. & Plant Breed. New Delhi, 26: 227-9, 1966.
- RAMIAH, K. & PILLAI, M.R.. Pungency in chillies (*Capsicum annuum*), a mendelian character. Current Science, Bangalore, 4: 236-7, 1935.
- RYMAL; K.S.; COSPER, R.D.; SMITH, D.A.. Injection-extraction procedure for rapid determination of relative pungency in fresh Jalapeño peppers. J. Assoc. Off. Anal. Chem., Washington, 67: 658-9, 1984.
- SMITH, P.G. & HEISER JUNIOR, C.B.. Taxonomic and genetic studies on the cultivated peppers, *Capsicum annuum* L. and *C. frutescens* L.. Amer. J. Botany, New York, 38: 362-8, 1951.
- SOUZA, R.J. & CASALI, V.W;D,. Cultivares de pimentão e pimenta. Informe Agropecuário, Belo Horizonte, 10: 14-8, 1984.
- STEEL, R.G. & TORRIE, J.H.. Principles and procedures of statistics; a biometrical approach. 2. ed. New York, McGraw Hill, 1980. 633p.
- THIRUMALACHAR, D.K.. Variability for capsaicin content in chilli. Current Science, Bangalore, 36: 269-7, 1967.
- TING, S.V. & BARRONS, K.C.. A chemical test for pungency in peppers. Proc. Ame. Soc. Hort. Sci., Alexandria, 40: 504-8, 1942.
- VAN BLARICOM, L.O. & MARTIN, J.A.. Permanent standard for chemical test for pungency in peppers. Proc. Ame. Soc. Hort. Sci., Alexandria, 50: 297-8, 1947.

VELLO, N.A.. Estimação dos componentes da variância genética pelos métodos dos retrocruzamentos e das gerações sucessivas de autofecundação. Piracicaba, Instituto de Genética, ESALQ/USP, 1985. 20p. (SGAEA - publicação didática, 2).

A P Ê N D I C E

Tabela 17. Valores de capsaicina (mg/100g frutos) observados em cinco épocas de amostragem em três introduções de *C. chinense* Jacq.: 157, 220 e 261. Delineamento em parcelas subdivididas no tempo com distribuição casualizada das introduções em três blocos. Piracicaba, SP, 1987.

Épocas de amostragem	I			II			III		
	157	220	261	157	220	261	157	220	261
1a. - 22/01/87	111,9 ^{a/}	79,6	16,1	114,1	80,0	15,6	113,7	81,4	13,1
2a. - 29/01/87	115,5	83,6	14,3	115,5	80,9	13,5	114,4	79,8	12,2
3a. - 05/02/87	123,9	94,2	17,2	128,7	86,4	17,1	119,3	91,7	17,2
4a. - 12/02/87	139,8	100,8	21,2	138,4	95,6	18,4	145,1	96,5	22,0
5a. - 19/02/87	173,7	123,7	23,3	179,9	117,9	22,5	177,5	119,3	24,9

^{a/} Valor médio da parcela com 4 plantas

Tabela 18. Valores médios do conteúdo de capsaicina (mg/100g fruto) observados nos conjuntos I e II de gerações P_1 , P_2 , F_1 , F_2 , RC_1 e RC_2 originárias das introduções 157 (P_1) e 261 (P_2) e 220 (P_1) e 261 (P_2) respectivamente. Delineamento em blocos casualizados com quatro repetições. Piracicaba, SP, 1987.

Gerações	1		2		3		4	
	I	II	I	II	I	II	I	II
P_1	125,2	78,2	123,9	79,5	124,5	80,9	123,1	80,7
P_2	13,4	12,7	13,4	13,6	12,9	10,5	13,8	14,0
F_1	122,3	58,6	122,4	61,2	121,6	60,9	123,5	67,3
F_2	97,1	54,1	96,9	54,0	102,1	55,9	94,8	49,4
RC_1	106,6	59,9	90,5	60,2	95,8	64,2	100,2	53,4
RC_2	66,7	43,9	65,9	50,3	71,4	49,9	67,6	46,9