

**ESTÁDIO DE MATURAÇÃO E SECAGEM NA
QUALIDADE FISIOLÓGICA DE SEMENTES
DE PIMENTAS HABANERO YELLOW
(*Capsicum chinense* Jacquin) E MALAGUETA
(*Capsicum frutescens* L.)**

LEIDIANE APARECIDA FERREIRA QUEIROZ

2009

LEIDIANE APARECIDA FERREIRA QUEIROZ

**ESTÁDIO DE MATURAÇÃO E SECAGEM NA QUALIDADE
FISIOLÓGICA DE SEMENTES DE PIMENTAS HABANERO YELLOW
(*Capsicum chinense* Jacquin) E MALAGUETA (*Capsicum frutescens* L.)**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras
como parte das exigências do Programa de Pós
Graduação em Fitotecnia, área de concentração
Sementes, para a obtenção do título de "Doutor".

Orientadora

Prof. Dra. Édila Vilela de Resende Von Pinho

LAVRAS
MINAS GERAIS - BRASIL
2009

**Ficha Catalográfica Preparada pela Divisão de Processos Técnicos da
Biblioteca Central da UFLA**

Queiroz, Leidiane Aparecida Ferreira.

Estádio de maturação e secagem na qualidade fisiológica de sementes de pimentas Habanero Yellow (*Capsicum chinense* Jacquin) e Malagueta (*Capsicum frutescens* L.) / Leidiane Aparecida Ferreira Queiroz. – Lavras : UFLA, 2009.

86 p. : il.

Tese (doutorado) – Universidade Federal de Lavras, 2009.

Orientador: Édila Vilela de Resende Von Pinho.

Bibliografia.

1. Sementes. 2. Pimenta. 3. Estádio de maturação. 4. Secagem. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD – 633.84

LEIDIANE APARECIDA FERREIRA QUEIROZ

**ESTÁDIO DE MATURAÇÃO E SECAGEM NA QUALIDADE
FISIOLÓGICA DE SEMENTES DE PIMENTAS HABANERO YELLOW
(*Capsicum chinense* Jacquin) E MALAGUETA (*Capsicum frutescens* L.)**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras
como parte das exigências do Programa de Pós
Graduação em Fitotecnia, área de concentração
Sementes, para a obtenção do título de "Doutor".

APROVADA em 3 de julho de 2009.

Dr. Antônio Rodrigues Vieira	EPAMIG
Prof. Dr. João Almir Oliveira	UFLA
Profa. Dra. Luciane Vilela Resende	UFRPE
Profa. Dra. Maria Laene M. de Carvalho	UFLA

Profa. Dra. Édila Vilela de Resende Von Pinho
UFLA
(Orientadora)

LAVRAS
MINAS GERAIS - BRASIL

A Deus, meu refúgio e fortaleza, pelas bênçãos que recebo todos os dias de Suas mãos liberais,

A Nossa Senhora Rainha da Paz, pelas graças alcançadas.

OFEREÇO

Aos meus amados pais, Iraí e Lenira,

As minhas irmãzinhas, Valquíria e Thaís,

Ao meu marido, Danilo, pelo carinho e amizade

DEDICO

A minha família,

Aos meus anjinhos, Carol, Valquíria e Bruno,

A minha brilhante orientadora Édila Von Pinho,

por todos os ensinamentos e apoio

AGRADEÇO

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Lavras (UFLA) e ao Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, pela oportunidade de cursar o doutorado.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes), pela concessão da bolsa de estudos.

A minha orientadora e amiga, professora Édila Vilela de Resende Von Pinho, por seu exemplo profissional, pelo aprendizado, amizade e incentivo durante toda a minha jornada acadêmica.

Aos membros da banca examinadora: professores Édila Vilela de R. Von Pinho, João Almir Oliveira, Maria Laene M. de Carvalho, Luciane Vilela Resende e Maria Aparecida V. Resende (suplente) e Dr. Antônio Rodrigues Vieira (Epamig).

Aos professores do Setor de Sementes, Laene, João Almir e Renato, pela disponibilidade e contribuição na minha formação.

A Marli e a Nelzy, secretárias da pós-graduação e às funcionárias do Laboratório de Sementes, Elenir, Dalvinha e D. Elza, por toda a ajuda e carinho de sempre.

Aos estagiários e bolsistas do Setor de Sementes, principalmente aos meus anjinhos queridos, Bruno, Carol e Valquíria, por toda ajuda e desempenho fundamentais para a conclusão deste trabalho.

Aos amigos do curso de pós-graduação, principalmente a Francielle, pelo apoio durante a condução do ensaio.

A minha família, amor e razão de minha vida, pelo carinho e apoio de sempre.

Ao Dã, meu marido querido, pelo amor e presença constantes.

Aos meus amigos de trabalho, Fernanda Pereira Soares, Izabela Mendes Carvalho e Nilson César C. Guimarães, por toda ajuda e compreensão para finalização deste trabalho.

Ao meu ex e querido chefe, Dr. Neumar Francelino, pela compreensão e disponibilidade para que eu concluísse o Doutorado.

A todos meus queridos amigos, presentes ou distantes, pela amizade, carinho e torcida.

A todos aqueles que contribuíram, de alguma forma, para a realização deste trabalho.

Muito obrigada!

BIOGRAFIA

Leidiane Aparecida Ferreira Queiroz, filha de Irai Alves Ferreira e Lenira de Almeida Ferreira, nasceu em Campo Belo, MG, no dia 18 de janeiro de 1982. Coursou o ensino fundamental e médio na Escola Estadual Padre Alberto Fuger (Campo Belo), concluindo em dezembro de 1999. Em março de 2000, iniciou o curso de Agronomia da Universidade Federal de Lavras (UFLA). Iniciando sua jornada acadêmica, foi bolsista atividade no Departamento de Fitopatologia por um ano, e bolsista de Iniciação Científica da Fapemig no Laboratório de Microbiologia Agrícola do Setor de Microbiologia, sob orientação da profa. Rosane de Freitas e do Prof. Eustáquio de Souza Dias, por três anos. Em seguida, foi bolsista de iniciação científica do CNPq, no Laboratório de Microbiologia do Solo, sob orientação do Prof. José Oswaldo Siqueira. Em janeiro de 2005, graduou-se e iniciou o mestrado em Fitotecnia/Sementes na UFLA, sob a orientação dos professores João Almir Oliveira e Édila Von Pinho, concluindo-o dezoito meses depois. Iniciou o doutorado em agosto de 2006, sob a orientação da professora Édila Von Pinho e encerra esta etapa profissional com a presente tese.

SUMÁRIO

RESUMO GERAL.....	i
GENERAL ABSTRACT.....	iii
CAPÍTULO 1.....	1
1 Introdução geral.....	1
2 Referencial teórico.....	3
2.1 Características e importância das espécies de pimenta	3
2.2 Processos de maturação e secagem de sementes.....	7
2.3 Germinação e dormência de sementes.....	13
3 Referências bibliográficas.....	30
CAPÍTULO 2 – Estádio de maturação e secagem na qualidade fisiológica de sementes de pimenta habanero yellow (<i>Capsicum chinense</i> Jacquin).....	40
Resumo.....	40
Abstract.....	41
1 Introdução.....	42
2. Material e métodos.....	44
2.1 Análise da qualidade fisiológica das sementes.....	45
2.1.1 Teor de água.....	45
2.1.2 Teste de germinação.....	46
2.1.3 Teste de deterioração controlada.....	46
2.1.4 Teste de emergência.....	47
2.1.5 Teste de envelhecimento acelerado.....	47
2.2 Análise de isoenzimas.....	47
2.3 Delineamento experimental.....	49
3 Resultados e discussão.....	51
4 Conclusões.....	61
5 Referências bibliográficas.....	62
CAPÍTULO 3 – Estádio de maturação e secagem na qualidade fisiológica de sementes de pimenta malagueta (<i>Capsicum frutescens</i> L).....	67
Resumo.....	67
Abstract.....	68
1 Introdução.....	69
2 Material e métodos.....	71
2.1 Análise da qualidade fisiológica das sementes.....	71
2.1.1 Teor de água.....	71

2.1.2 Teste de germinação.....	71
2.1.3 Teste de emergência.....	72
2.1.4 Teste de condutividade elétrica.....	72
2.1.5 Teste de envelhecimento acelerado.....	72
2.2 Análise de isoenzimas.....	73
2.3 Delineamento experimental.....	75
3 Resultados e discussão.....	77
4 Conclusões.....	83
5 Referências bibliográficas.....	84
ANEXO.....	86

RESUMO GERAL

QUEIROZ, Leidiane Aparecida Ferreira. **Estádio de maturação e secagem na qualidade de sementes de pimentas habanero yellow (*Capsicum chinense* Jacquin) e malagueta (*Capsicum frutescens* L.)**. 2009. 86 p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras. *

A demanda por sementes de pimenta com alta qualidade, principalmente de espécies picantes como a habanero e a malagueta, aumentou consideravelmente, devido à expansão do agronegócio das pimentas. No entanto, há uma oferta limitada de sementes de qualidade. O conhecimento do momento ideal de colheita e do método de secagem adequado para sementes de pimenta é de suma importância para garantir o máximo vigor e produtividade no campo. Nesse contexto, o objetivo do trabalho foi verificar o estágio de maturação dos frutos de pimentas habanero yellow e malagueta associado ao método de secagem mais adequado, visando à produção e comercialização de sementes com alta qualidade. O delineamento experimental foi o DBC, com quatro estádios de maturação dos frutos para a pimenta habanero (E1 - 50 dias após a antese, ou DAA, frutos completamente verdes; E2 - 60 DAA, frutos com os primeiros sinais de amarelecimento; E3 - 67 DAA, frutos maduros, caracterizados pela cor laranja e E4 - 67 DAA, frutos maduros, caracterizados pela cor laranja, mantidos em repouso por sete dias após a colheita) e dois estádios de maturação dos frutos para a pimenta malagueta (E1 - 67 DAA, frutos maduros, caracterizados pela cor vermelha e E2 - 67 DAA, frutos maduros, caracterizados pela cor vermelha, mantidos em repouso por sete dias após a colheita) X quatro métodos de secagem para a pimenta habanero (M1 - secagem artificial, a 45°C, até 8% de teor de água; M2 - secagem artificial, a 35°C, até 20% de teor de água e, em sequência, a 45°C, até 8% de teor de água; M3 - secagem artificial, a 35°C, até 8% de teor de água e M4 - secagem natural à sombra até 8% de teor de água) e três métodos de secagem para a pimenta Malagueta (M1 - secagem artificial, a 45°C, até 8% de teor de água; M2 - secagem artificial, a 35°C, até 8% de teor de água e M3 - secagem natural à sombra até 8% de teor de água), com quatro repetições. A qualidade fisiológica das sementes antes da secagem foi avaliada por meio dos testes de germinação, emergência e envelhecimento acelerado, além da análise das isoenzimas esterase, superóxido dismutase, peroxidase, malato desidrogenase, álcool

* Comitê Orientador: Dra. Édila Vilela de Resende Von Pinho – UFLA (Orientadora); Dr. João Almir Oliveira – UFLA (Co-orientador).

desidrogenase e da endo- β -mananase. Após a secagem, a qualidade fisiológica das sementes foi avaliada pelos testes de germinação, emergência e deterioração controlada, para a pimenta habanero e de envelhecimento acelerado e condutividade elétrica, para a pimenta malagueta. A qualidade fisiológica das sementes da pimenta habanero é máxima aos 67 DAA, quando os frutos estão completamente maduros e a secagem artificial das sementes deve ser conduzida à temperatura de 35°C. Para a pimenta Malagueta, o período de repouso das sementes nos frutos por sete dias reduz a qualidade fisiológica das sementes; já a secagem não afeta a germinação e o vigor das sementes.

GENERAL ABSTRACT

QUEIROZ, Leidiane Aparecida Ferreira. **Maturation and drying stage in the physiological quality of ‘Habanero Yellow’ (*Capsicum chinense* Jacquin) and ‘Malagueta’ (*Capsicum frutescens* L.) peppers.** 2009. 86 p. Thesis (Doctorate in Plant Science) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.

Due to pepper agrobusiness expansion demand for high quality pepper seeds, especially spicy species like ‘Habanero’ and ‘Malagueta’, has increased considerably. However, there is a limited offer of quality seeds. In order to guarantee both maximum vigor and yield, the knowledge of the ideal harvest characteristics and adequate drying methodology for pepper seeds is very important. In this context, the objective of this research was to identify and describe the ideal harvest characteristics for ‘Habanero Yellow’ and ‘Malagueta’ peppers seeds, associated with the most adequate drying method, aiming at both production and marketing of high quality seeds. A randomized-block design was used as follows: with four developmental stages for the ‘Habanero Yellow’ fruits (E1 – 50 DAA (days after anthesis); completely green fruits; E2 – 60 DAA; first yellow signs; E3 – 67 DAA; ripe fruits, characterized by the orange color; and E4 – 67 DAA; ripe fruits, characterized by the orange color, kept still for 7 days after harvest, and with two developmental stages for the ‘Malagueta’ fruits (E1 – 67 DAA; ripe fruits, characterized by the red color; and E2 – 67 DAA; ripe fruits, characterized by the red color, kept still for 7 days after harvest) *versus* four drying methodologies for the two species (M1 – artificial drying, at 45°C up to 8% water content; M2 - artificial drying, at 35°C up to 20% water content and at 45°C up to 8% water content; M3 - artificial drying, at 35°C up to 8% water content; and M4 – natural drying under shade up to 8% water content), with four replicates. The physiological quality of seeds before drying was assessed by germination, emergence and accelerated aging tests, besides the isozymes analyses (esterase, superoxide dismutase, peroxidase, malate dehydrogenase, alcohol dehydrogenase and endo- β -mannanase). After drying, physiological quality of ‘Habanero’ pepper seeds was assessed by germination, emergence and controlled deterioration tests; accelerated aging and electrical conductivity for ‘Malagueta’ pepper seeds. ‘Habanero’ pepper seeds highest physiological quality is at 67 DAA, when the fruits are completely ripe, and the artificial drying of the seeds must be performed at 35°C. For ‘Malagueta’ pepper seeds the seven-day period inside the fruits reduced the seeds physiological quality, and drying did not affect germination or vigor.

* Guidance committee: Dra. Édila Vilela de Resende Von Pinho – UFLA (Advisor); Dr. João Almir Oliveira – UFLA.

CAPÍTULO 1

1 INTRODUÇÃO GERAL

As pimenteiras são cultivadas em várias regiões do mundo e recebem diferentes denominações em cada local. Pertencem ao mesmo gênero do pimentão (*Capsicum*), sendo originárias das regiões quentes das Américas. Dentre as principais espécies, encontram-se a pimenta-malagueta (*Capsicum frutescens* L.) e a pimenta habanero yellow (*Capsicum chinense* Jacquin), que integram o grupo de espécies botânicas originárias da América Latina, as quais, descobertas por Cristóvão Colombo, foram levadas para a Europa em 1493 e passaram a ser cultivadas naquele continente e na Ásia (Carvalho & Bianchetti, 2008).

As pimentas são estimulantes do apetite e auxiliares da digestão, além de serem fontes de proteínas, glicídios, lipídeos, minerais e vitaminas, sobretudo vitaminas C e E. Têm sido utilizadas na culinária, sobretudo nos países tropicais, há centenas de anos e a sua exploração industrial cresce a cada ano, com o desenvolvimento de molhos e alguns preparados desidratados.

No Brasil, pimentas são produzidas em todos os estados, sobretudo em Goiás, Minas Gerais, São Paulo, Ceará e Rio Grande do Sul. A crescente demanda do mercado tem impulsionado o aumento da área cultivada e o estabelecimento de agroindústrias em diferentes regiões do Brasil. Parte da produção brasileira de pimentas é exportada em diferentes formas, como páprica, pasta, desidratada e conservas ornamentais. Em 2005, o volume das exportações brasileiras de pimentões e pimentas atingiu mais de 9.200 toneladas, no valor aproximado de US\$ 23.500 mil, posicionando-se atrás apenas do melão

na pauta de hortaliças exportadas, representando uma contribuição de 13,5% no valor total das exportações brasileiras de hortaliças (Brasil, 2006). Em 2005, as importações mundiais de pimenta desidratada alcançaram 465.466 toneladas, com valor aproximado de US\$ 628 milhões. Seu alto valor econômico torna o agronegócio brasileiro de pimentões e pimentas *Capsicum*, com mercado anual estimado em mais de R\$ 100 milhões, e em crescimento, um dos mais atraentes do Brasil, tanto do ponto de vista do mercado interno como externo.

No entanto, a produção em grande escala tem sido limitada pela baixa oferta de sementes de qualidade. A limitação da oferta de sementes de qualidade está relacionada às deficiências nas técnicas de produção e, principalmente, à associação do estágio ideal de colheita e do método de secagem adequado. Desse modo, há a necessidade de conhecer as mudanças fisiológicas e físicas que ocorrem durante o processo de maturação das sementes de pimenta e associá-las ao melhor momento da colheita e a um método de secagem apropriado, que possa garantir elevada qualidade fisiológica, bem como elevado potencial de armazenamento das sementes.

Nesse contexto, o trabalho foi realizado com o objetivo de verificar o estágio de maturação dos frutos de pimentas habanero yellow e malagueta associado ao método de secagem mais adequado, visando à produção e à comercialização de sementes com alta qualidade.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Importância das espécies de pimenta e características

O gênero *Capsicum* (do grego *kapsō*, que significa picar ou arder) é representado pelos pimentões, pimentas doces e pimentas picantes. As espécies desse gênero não possuem parentesco com espécies do gênero *Piper*, como a pimenta-do-reino (*Piper nigrum* L.). O gênero *Capsicum* pertence à família Solanaceae, assim como o tomate, a batata e a berinjela.

Existem provas irrefutáveis de que o gênero *Capsicum* tem origem americana, tais como dados arqueológicos, o conhecimento atual da distribuição das espécies não domesticadas, os relatos de uso por parte dos nativos do Novo Mundo e o desconhecimento dos europeus sobre essa especiaria até a época dos descobrimentos (Ribeiro et al., 2008).

Os indígenas americanos domesticaram muitas plantas nas Américas, dentre elas as pimentas. Existem evidências arqueológicas do uso das pimentas no México, que datam de 7000 a.C. O Brasil é um importante centro de diversidade de espécies do gênero *Capsicum* em diferentes níveis de domesticação (Ribeiro et al., 2008).

Dentre os cinco táxons domesticados, encontram-se as espécies *C. chinense* Jacquin e *C. frutescens* L., objetos deste estudo.

Capsicum chinense Jacquin é representada pelas pimentas conhecidas como pimenta-de-cheiro, pimenta-de-bode, cumari-do-pará, murupi, habanero e biquinho, entre outras (Carvalho & Bianchetti, 2008). Como a área de maior diversidade dessa espécie é a Bacia Amazônica, pode-se concluir que a sua domesticação foi feita pelos indígenas amazônidas. Por essa razão, *Capsicum chinense* Jacquin é considerada a mais brasileira de todas as espécies de

pimentas domesticadas, sendo encontrada também nas regiões centro-oeste e nordeste.

Capsicum frutescens L. é conhecida por pimenta-malagueta. Está distribuída desde as terras baixas do sudeste brasileiro até a América Central e as Antilhas (Índias Ocidentais), no Caribe (Carvalho & Bianchetti, 2008). É encontrada principalmente na região norte do Brasil e em algumas regiões do centro-oeste e nordeste. No sudeste dos Estados Unidos é muito cultivada, sendo popularmente conhecida como tabasco.

As espécies domesticadas de *Capsicum* são autógamas, apresentando baixa taxa de polinização cruzada, dependendo da população entomófila da região de cultivo. Têm ciclo de vida perene ou anual, em função da região de cultivo. São plantas arbustivas, com caule semilenhoso, podendo ultrapassar um metro de altura, com ampla ramificação lateral. O sistema radicular é pivotante, com elevado número de ramificações laterais, podendo atingir de 70 cm a 120 cm de profundidade. As folhas apresentam tamanho, coloração, formato e pilosidade variáveis, mas a cor predominante é verde. Quanto ao formato, as folhas podem variar de ovaladas ou lanceoladas a deltoides. As hastes podem apresentar ou não antocianina ao longo de seu comprimento e ou nos nós, e, ainda, variar de glabras até muito pilosas (Carvalho & Bianchetti, 2008).

As características morfológicas das flores, como número por nó, posição, coloração da corola e da antera, presença ou ausência de manchas nos lobos das pétalas e margem do cálice, variam de espécie para espécie. Essas características são utilizadas pelos taxonomistas para a identificação das espécies.

Os frutos, seu principal produto, são bagas, glabros, decíduos ou persistentes; são alongados, arredondados, triangulares ou cônicos, campanulados, quadrados ou retangulares e apresentam-se vermelhos ou amarelos, quando maduros, podendo ser alaranjados, roxos e até pretos. Sua principal característica é o sabor pungente, devido à presença do alcaloide

capsaicina, presente no tecido da superfície da placenta, que é liberado ao se cortar o fruto. Apresentam sementes reniformes, aplanadas, claras, pequenas e em grande número; o embrião é curvo. O número cromossômico pode ser igual a 12 ou 13 (Carvalho & Bianchetti, 2008).

Capsicum chinense e *Capsicum frutescens* são facilmente confundidas botanicamente devido à grande proximidade genética entre as duas espécies. A característica morfológica que as distingue é a presença de uma constrição anelar, localizada entre o cálice e o pedúnculo, nos frutos de *C. chinense*. Os frutos de ambas as espécies são pungentes, mas os frutos de *C. chinense* são extremamente pungentes e aromáticos (Carvalho et al., 2003).

A pimenta habanero yellow (*Capsicum chinense* Jacquin) possui frutos pendentes e em forma de lanterna; outros são afilados na ponta, com 2 a 4 cm de comprimento e 2 a 6 cm de largura. São verdes, quando imaturos e laranjas, quando maduros (Carvalho et al., 2003).

A pimenta malagueta (*Capsicum frutescens* L.) tem frutos filiformes com 1,5 a 3 cm de comprimento e 0,4 a 0,5 cm de largura. São de coloração verde, quando imaturos, passando diretamente para a coloração vermelha, quando maduros. Geralmente, existem dois a cinco frutos por inserção (Carvalho et al., 2003).

As pimentas são muito valorizadas na culinária mundial como condimento, podendo ser consumidas *in natura* ou processadas, em forma de pastas, geleias ou preparados desidratados. Na indústria, são amplamente utilizados seus pigmentos, aromas e substâncias pungentes. Em alguns casos, as pimenteiras são comercializadas em vasos como plantas ornamentais, devido ao porte anão e à beleza de seus frutos coloridos e brilhantes, em diferentes estádios de maturação na mesma época.

São ricas em vitaminas, flavonoides, carotenos e outros metabólitos secundários com propriedades antioxidantes, que reduzem o risco de

desenvolvimento de câncer e de outras doenças crônico-degenerativas. Mas, a pungência é a característica mais atrativa das pimentas.

A pimenta apresenta valores de vitamina A aproximados aos da cenoura e teor de vitamina C comparável ao da goiaba e superior ao da laranja (Souza & Silva, 1999), além do elevado teor de carotenoides, associado à cor vermelha e à presença de ácido ascórbico (Simões et al., 2004).

Os principais componentes responsáveis pelo sabor picante e também pelas atividades biológicas atribuídas às pimentas são os capsaicinoides (até 1% na matéria seca do fruto), sendo a capsaicina e a di-hidrocapsaicina os mais importantes (Luz, 2007). Esses alcaloides se acumulam na superfície da placenta e são liberados quando o fruto sofre qualquer dano físico.

A capsaicina tem propriedades medicinais comprovadas. Atua como cicatrizante de feridas, estimulante da circulação sanguínea e da digestão, antioxidante (antienvelhecimento), anti-inflamatório, na dissolução de coágulos sanguíneos, previne a arteriosclerose, controla o colesterol, evita hemorragias, aumenta a resistência física, tem efeito antiflatulência, atua nas dores articulares, neuralgia, gota, lombalgia, dispepsia e gastrites agudas. Além disso, influencia a liberação de endorfinas, causando uma sensação de bem-estar muito agradável, na elevação do humor e atua as dores das enxaquecas (Henz & Costa, 2005).

As pimentas picantes são usadas como xampus antiqueda e anticaspas, na indústria de cosméticos; na indústria farmacêutica, na composição de pomadas para artrose e artrite, no chamado emplastro “Sabiá”, e é utilizada como arma, na forma de spray (Henz & Costa, 2005). Além desses usos, esta hortaliça é alvo de altos investimentos para agregação de valores, como é o caso da pimenta processada, convertida e usada em molhos, sopas em pó de preparo instantâneo, geleias, bombons, embutidos de carnes, principalmente linguiças, salames e salsichas, corantes naturais utilizados em rações de aves, massas, biscoitos, patês, ketchup e maionese. Em algumas regiões com tradição no cultivo dessas

espécies, existem pequenas indústrias que fazem o processamento utilizando o álcool e a cachaça (Souza & Silva, 1999).

2.2 Processos de maturação e secagem de sementes

A produção de sementes de qualidade tem sido prioridade nas empresas produtoras de sementes de olerícolas em todo o mundo. Além de constituírem um dos principais insumos da exploração agrícola, por serem a garantia de um bom estande e, conseqüentemente, de boa produção, as sementes são o resultado de grande investimento em pesquisas.

Um fator associado à qualidade das sementes produzidas é o sistema de produção adotado, incluindo o momento da colheita e o método de secagem empregado. Quando há falhas nas técnicas utilizadas, os resultados negativos são expressos, sobretudo, pela baixa germinação e redução do vigor das sementes. Desse modo, é imprescindível o conhecimento dos processos de maturação e secagem, visando à determinação do estágio de colheita e à adequação do processo de secagem das sementes.

De acordo com Bewley & Black (1994), o desenvolvimento das sementes pode ser dividido em três fases: a primeira fase, caracterizada por inúmeras divisões celulares após a fertilização do óvulo; a segunda fase, em que há o aumento no acúmulo de matéria seca no endosperma e/ou embrião e a terceira fase, quando ocorre a dessecação ou a secagem, caracterizada pela redução no teor de água da semente.

Em geral, o desenvolvimento do fruto e da semente ocorre simultaneamente e de forma sincronizada (Carvalho & Nakagawa, 2000). O acompanhamento do desenvolvimento das sementes é feito com base nas modificações que ocorrem em algumas características físicas e fisiológicas, como tamanho, teor de água, conteúdo de matéria seca acumulada, germinação e vigor (Dias, 2001).

Em hortaliças de frutos carnosos, como pimentão e tomate, a maturidade das sementes, geralmente, coincide com o início da mudança de coloração dos frutos. Desse modo, não é necessário esperar pela completa maturação dos frutos para a extração das sementes. Vale salientar, ainda, que as sementes podem atingir a maturidade após a colheita dos frutos, quando estes passam por um período de descanso ou repouso, que varia de 7 a 10 dias, em local fresco e ventilado, antes da extração das sementes. Neste caso, sementes imaturas ainda presentes no fruto completam o seu desenvolvimento, resultando em melhor qualidade fisiológica e maior rendimento (Dias, 2001).

As fases de desenvolvimento dos frutos são caracterizadas por alterações, tanto na estrutura como na fisiologia e na bioquímica das células, que culminam com a maturação, o amadurecimento e, finalmente, a senescência. O amadurecimento constitui a fase final da maturação, que é caracterizada pelo amolecimento da polpa e o desenvolvimento do aroma e do sabor dos frutos. Em frutos de pimenta habanero (*C. chinense* Jacquin), foram identificados 102 diferentes compostos voláteis responsáveis pelo aroma dos frutos verde-maduros e maduros, com predominância de diferentes tipos de álcoois, aldeídos e cetonas que conferem aroma distinto em cada estágio de amadurecimento (Pino et al., 2006).

Segundo Nascimento & Freitas (2006), em espécies cujas sementes estão contidas em frutos carnosos, como nas pimentas, os valores máximos de germinação, vigor e acúmulo de matéria seca ocorrem quando as sementes atingem a maturidade fisiológica. A partir desse ponto, a germinação e o vigor, geralmente, declinam. No entanto, nem sempre o máximo acúmulo de matéria seca coincide com a máxima qualidade fisiológica da semente, o que foi constatado em experimentos com melão (Welbaum & Bradford, 1988), pimentão (Oliveira et al., 1999) e tomate (Demir & Ellis, 1992; Dias et al., 2006). Portanto, é mais prudente afirmar, segundo Marcos Filho (2005), que a

maturidade fisiológica identifica o momento em que cessa a transferência de matéria seca da planta para as sementes. Desse modo, a colheita em campos de produção de sementes deveria ser feita quando as mesmas atingissem a maturidade fisiológica, pois o atraso na colheita a partir desse estágio acarreta perda de qualidade, determinada pela exposição prolongada às condições desfavoráveis do ambiente.

A falta de conhecimento do melhor estágio de colheita de sementes de pimentas pode ser uma das causas das baixas germinação e velocidade de emergência das plântulas.

Não são encontrados, na literatura, trabalhos relativos ao ponto de maturidade fisiológica de sementes de pimentas pungentes, como a Malagueta e habanero yellow. No entanto, para outras espécies de *Capsicum*, sabe-se que o ponto de maturidade fisiológica ocorre por volta de 55 a 65 dias após a antese. Gonçalves (1997) verificou que o ponto de maturidade fisiológica de sementes de pimentão (*C. annuum* L.) ocorreu a partir dos 55 dias após a antese, ou seja, quando os frutos estavam com 100 dias de idade. Nesse estágio de maturação, foram observados valores máximos de vigor, peso seco e germinação das sementes. Do mesmo modo, Oliveira et al. (1999) concluíram que o ponto de maturidade fisiológica das sementes da cultivar de pimentão All Big ocorreu aos 55 dias após a antese, quando os frutos estavam completamente maduros.

Sanchez et al. (1993), estudando a influência da maturidade do fruto, armazenamento e tratamento de maturação pós-colheita na qualidade de sementes de pimentão, concluíram que as sementes extraídas de frutos maduros e excessivamente maduros apresentaram maior peso seco e maior porcentagem de germinação, tendo esses frutos sido colhidos aos 50 e 60 dias após a antese, respectivamente.

Por outro lado, Demir (2002), testando o efeito do envelhecimento artificial em sementes de pimentão colhidas em diferentes estágios de

desenvolvimento, observou que a máxima qualidade das sementes ocorreu aos 60 e 70 dias após a antese, no ano de 2000, e aos 65, 70 e 75 dias após a antese, em 2001. Do mesmo modo, Vidigal (2008), estudando o processo de maturação de sementes de pimenta, variedade Amarela Comprida, observou que a maturidade fisiológica ocorreu aos 70 dias após a antese, quando as sementes possuíam teor de água de 46% e que a qualidade fisiológica das sementes foi máxima entre 65 e 70 dias após a antese, quando os frutos estavam com a cor vermelha e vermelha intensa, respectivamente.

Apesar das variações, é consenso que a maturidade fisiológica de sementes de *Capsicum annuum* L. ocorre a partir dos 55 dias após a antese, apesar das condições de temperatura e umidade relativa do local de produção influenciarem esse período de maturidade fisiológica das sementes.

Associados ao ponto de maturidade fisiológica das sementes, quando ocorre o máximo vigor e máxima germinação, também são desenvolvidos os mecanismos de tolerância à dessecação.

As sementes podem ser classificadas, quanto à fisiologia de armazenamento e tolerância à dessecação, em duas categorias: as que podem ser armazenadas por longos períodos com baixos teores de água, em baixas temperaturas e são denominadas ortodoxas, e as que não toleram a dessecação e o armazenamento em baixas temperaturas, as recalcitrantes, que perdem sua viabilidade mesmo quando armazenadas por curtos períodos (Roberts, 1973). Sementes de *Capsicum* são consideradas ortodoxas, pois toleram a dessecação e podem ser armazenadas por longos períodos, sob condições adequadas.

Portis et al. (1999), estudando a relação entre marcadores fisiológicos e o início das atividades de replicação do DNA e a síntese de β -tubulina em sementes de pimentão em diferentes estádios de desenvolvimento, observaram que elas adquiriram tolerância à dessecação de 42-49 dias após a antese e, aos 56 dias, a aquisição completa dessa tolerância.

É importante salientar que, no ponto de maturidade fisiológica, as sementes da maioria das espécies encontram-se com elevados teores de água (Marcos Filho, 2005). Assim, é importante o conhecimento dos mecanismos de tolerância à dessecação e o momento da aquisição da mesma pelas sementes, para a adoção de um adequado método de secagem, pois a secagem de sementes com elevado teor de água, a altas temperaturas, pode causar danos irreparáveis às mesmas.

Sementes de milho colhidas com elevado teor de água, com 50% do endosperma mole, são tolerantes à dessecação (Faria et al., 2003). No entanto, as temperaturas utilizadas na secagem artificial não podem ser elevadas, devendo-se submeter essas sementes a um pré-condicionamento a temperaturas de 35°C, de modo que os mecanismos de tolerância tornem-se mais efetivos durante a secagem lenta. Durante a secagem natural das sementes no campo, as mesmas perdem água gradativamente, permitindo o desenvolvimento dos mecanismos de tolerância, preparando-as para resistir às consequências da desidratação (Marcos Filho, 2005). Esse pré-condicionamento a 35°C pode simular as condições de campo, induzindo uma tolerância semelhante.

Quando sementes ortodoxas são colhidas com elevados teores de água, a adoção de métodos de secagem apropriados garante a qualidade e o elevado potencial de armazenamento dessas sementes. Segundo Sanhewe & Ellis (1996), citados por Faria et al. (2003), a armazenabilidade de sementes, que é um indicativo de vigor, aumenta durante a fase de secagem na maturação. A secagem inicial de sementes com elevado teor de água, a altas temperaturas, afeta processos metabólicos importantes na qualidade, tais como a conversão de glicose a sacarose e a produção de enzimas chaves da germinação, dentre outros.

A aquisição de tolerância à dessecação está associada a diversos mecanismos protetores, tais como a acumulação de açúcares não redutores e a capacidade para evitar, reparar ou tolerar ataque de radicais livres durante a

dessecação e acúmulo de proteínas LEA (*Late Embriogenesis Abundant*) (LePrince et al., 1993).

O acúmulo de sacarose e oligossacarídeos está associado à estabilização de proteínas e membranas, bem como à formação de vidros citoplasmáticos durante a dessecação, podendo a relação oligossacarídeos/sacarose ser usada como um indicador de armazenabilidade e vigor (Bernal-Lugo & Leopold, 1992; Steadman et al., 1996).

A secagem rápida de sementes com elevado teor de água induz a processos oxidativos e a produção de radicais livres, que podem ser removidos por mecanismos enzimáticos, tais como superóxido dismutase (SOD), catalase (CAT) e enzimas do ciclo ascorbato-glutathiona. A atividade dessas enzimas está relacionada à aquisição de tolerância à dessecação, como foi detectado por Bailly et al. (2001), em sementes de feijão e por Brandão Júnior (2000), em café.

A expressão de proteínas específicas durante o desenvolvimento das sementes também é um mecanismo associado à tolerância à dessecação. Em função de sua habilidade para atrair moléculas de água ou de alguma forma substituir a água, as LEAs conferem maior tolerância à dessecação nas sementes em que estão presentes (Bewley & Black, 1994). Guimarães (2000), estudando os mecanismos de tolerância à dessecação em sementes de café e Fu et al. (1997), em sementes de amendoim, concluíram que essas proteínas estão associadas à tolerância à dessecação nessas espécies.

Não foram encontrados, na literatura, trabalhos sobre a secagem de sementes de pimentas com elevados teores de água. No entanto, é sabido que a associação da colheita de sementes no ponto de maturidade fisiológica e os processos de secagem estão intimamente ligados à qualidade fisiológica das mesmas, de modo que se deve determinar quais as condições ideais de colheita e de secagem dessas sementes.

2.3 Germinação e dormência de sementes

Uma semente não dormente tem a capacidade de germinar sob condições ambientais favoráveis para o genótipo (Baskin & Baskin, 1998, 2004). Para que ocorra a germinação, alguns fatores como água, oxigênio, temperatura e luz são necessários. A germinação inicia-se com a absorção de água pela semente seca, seguida pela expansão do embrião. A absorção de água ocorre em três fases distintas, sendo a primeira, fase I, caracterizada pela rápida transferência de água do substrato para a semente – embebição; a segunda fase, ou fase II, é caracterizada pelas reduções drásticas da velocidade de hidratação e da intensidade de respiração, e a terceira fase, ou fase III, é caracterizada pela retomada de crescimento do embrião, culminando com a protrusão da radícula (Marcos Filho, 2005; Manz et al., 2005).

Segundo Hilhorst (1995), a dormência é um bloqueio da germinação da semente sob condições favoráveis. Esse bloqueio envolve as espécies de formas diferentes, de acordo com a adaptação às condições ambientais predominantes, de modo que a germinação ocorre quando as condições são favoráveis ao estabelecimento da planta. Desse modo, há uma variação nos mecanismos de dormência de acordo com a diversidade de climas e habitats em que eles operam.

Baskin & Baskin (2004) propuseram uma definição mais prática de dormência: uma semente dormente não tem a capacidade de germinar sob qualquer combinação de fatores ambientais, favoráveis à sua germinação; caso contrário, ela torna-se não-dormente. No entanto, definições exatas de dormência são difíceis, pois a mesma só pode ser medida pela ausência da germinação. Pode-se observar uma completa germinação, bem como algum evento, enquanto a dormência pode ser total ou ausente.

Segundo Thompson (2000) e Fenner & Thompson (2005), a dormência não deve ser somente associada com a ausência de germinação; preferivelmente, ela é uma característica da semente que determina as condições requeridas para a germinação. Quando se considera a dormência nesse sentido, qualquer condição ambiental que modifique as condições requeridas para germinação está, por definição, modificando a dormência. E, quando a semente não requer uma condição específica para germinação, a mesma não é dormente.

Por exemplo, o nitrato exógeno afeta o requerimento de luz para a germinação das sementes de *Arabidopsis thaliana* (Batak et al., 2002). Logo, a taxa inicial de dormência dessas sementes é influenciada pelo nitrato na nutrição da planta-mãe (Aloresi et al., 2005). Portanto, o nitrato afeta a taxa de dormência, por afetar diretamente a condição requerida para a germinação.

Em estudos sobre dormência, há uma distinção entre as dormências primária e secundária. As sementes apresentam dormência primária quando são dispersas da planta-mãe em estado de dormência (Simpson, 1990). Desse modo, a dormência primária se inicia durante o desenvolvimento e deve-se à presença do ácido abscísico (ABA) durante a maturação das sementes na planta-mãe (Hilhorst, 1995). Já a dormência adquirida após a dispersão é caracterizada como dormência secundária (Simpson, 1990) e pode estar relacionada aos mesmos fatores que são, geralmente, usados em laboratório para a quebra da dormência, como a secagem ou a embebição. Estes tratamentos incluem resfriamento estratificado, aquecimento estratificado, luz, giberelinas e outros hormônios (Kucera et al., 2005), vapores de substâncias como as butenolidas (Krock et al., 2002) e componentes como o óxido nítrico (Bailly, 2004). Krock et al. (2002) demonstraram que a indução de dormência secundária em sementes de *Nicotiana attenuata* ocorre naturalmente por um sinal químico dado pelo ABA e outros terpenos presentes no material que recobre as sementes em seu

hábitat. A dormência secundária é, muitas vezes, fisiológica e está associada com os ciclos de dormência anuais em bancos de sementes (Hilhorst, 1998; Fenner & Thompson, 2005).

A dormência primária é perdida em resposta às condições ambientais; já a dormência secundária ocorre se as condições requeridas para a germinação estiverem ausentes. A dormência secundária pode ser perdida e adquirida de acordo com as condições prevaletentes. Essas mudanças na intensidade da dormência são graduais (Baskin & Baskin, 1998, 2004; Hilhorst, 1998; Fenner & Thompson, 2005).

Além da distinção das dormências primária e secundária, especialistas enumeram diferentes tipos. Nikolaeva (1967, 2004) propôs um sistema de classificação da dormência considerando o fato de que a mesma é determinada tanto por propriedades morfológicas quanto fisiológicas das sementes. Baseados nisso, Baskin & Baskin (1998, 2004) propuseram um sistema de classificação que compreende cinco tipos de dormência de sementes: fisiológica, morfológica, morfofisiológica, física e a combinação da física e fisiológica.

A dormência fisiológica é o tipo mais abundante e é encontrada em sementes de gimnospermas e na maioria das angiospermas. É o tipo de dormência que prevalece, principalmente em sementes que compõem os bancos de sementes em regiões temperadas. É também característica das espécies modelo utilizadas em estudos de dormência, tais como *Arabidopsis thaliana*, *Helianthus annuus*, *Lactuca sativa*, *Lycopersicon esculentum*, *Nicotiana* spp., *Avena fatua* e outros cereais.

Os níveis de dormência fisiológica podem variar de acordo com a intensidade da dormência (Baskin & Baskin, 2004). Sementes que apresentam intensa dormência fisiológica não germinam ou produzem plântulas anormais. Tratamentos com giberelinas não quebram sua dormência; são necessários

vários meses de frio ou calor para que as sementes germinem (Baskin & Baskin, 2004; Finch-Savage, 2004). No entanto, quando as sementes apresentam dormência fisiológica em níveis menos intensos, os tratamentos com giberelinas, armazenamento e frio ou calor são capazes de quebrar essa dormência e, quando as sementes germinam, produzem plântulas normais (Baskin & Baskin, 2004).

A dormência morfológica é evidente em sementes com embriões subdesenvolvidos, em termos de tamanho. Os embriões não são dormentes fisiologicamente, mas precisam de tempo para crescer e germinar (Baskin & Baskin, 1998, 2004).

Nesse contexto, a dormência morfofisiológica é típica de sementes com embriões subdesenvolvidos e que ainda têm um fator fisiológico de dormência (Baskin & Baskin, 2004). As sementes de espécies que apresentam esse tipo de dormência, tais como *Fraxinus excelsior* (Finch-Savage & Clay, 1994), devem ser tratadas com giberelinas ou com frio e calor (Baskin & Baskin, 1998; 2004).

A dormência física deve-se à impermeabilidade do tegumento à água e escarificação mecânica ou química pode quebrá-la (Baskin & Baskin, 1998).

Já a combinação da dormência física e fisiológica é caracterizada pela impermeabilidade do tegumento, combinada com a dormência fisiológica do embrião (Baskin & Baskin, 2004).

Esse sistema de classificação mostra a diversidade de fatores morfológicos e fisiológicos envolvidos no controle da dormência em resposta às diferentes condições ambientais. Para a compreensão dos diferentes tipos de dormência de sementes, é necessário o conhecimento dos mecanismos que regulam este fenômeno.

Pesquisas, em nível molecular, sobre os mecanismos de dormência de sementes são escassos, no entanto, trabalhos recentes têm fornecido subsídios

para o entendimento da dormência fisiológica (Bethke et al., 2007; Bove et al., 2005; Cadman et al., 2006; Lefebvre et al., 2006). Nesses estudos mostra-se que os mecanismos que determinam a dormência podem atuar nos componentes do embrião e/ou do tegumento (Hilhorst, 1995; Bewley, 1997b). Segundo Cadman et al. (2006), há evidências de que os sucessivos bloqueios à germinação estão associados às mudanças quantitativa e qualitativa dos programas de expressão gênica.

É consenso, no meio científico, que os fito-hormônios atuam nos mecanismos de dormência e germinação de sementes. A expressão de genes para a biossíntese de ácido abscísico (ABA) em sementes pode aumentar o teor do hormônio e, conseqüentemente, levar ao estado de dormência. Há evidências de que o ácido abscísico é um importante regulador, tanto da indução quanto da manutenção, do estado de dormência (Bewley, 1997b; Kucera et al., 2005).

Sementes em desenvolvimento raramente germinam e, quando ocorre germinação precoce, a mesma está associada à deficiência e à síntese de ABA (Hilhorst, 1995; Karssen, 1976). Ou seja, a deficiência de ABA durante o desenvolvimento da semente está associada com a ausência de dormência primária.

Lefebvre et al. (2006), estudando a expressão gênica do ABA em *Arabidopsis thaliana*, sugeriram que a síntese do hormônio, tanto no endosperma quanto no embrião, induzem a dormência das sementes. Cadman et al. (2006), em análises de transcriptoma deste ecotipo, sustentaram a mesma opinião.

Em pesquisas com sementes dormentes do ecotipo Cvi de *A. thaliana*, foi verificado que a dormência provavelmente dependa do balanço entre a biossíntese e o catabolismo de giberelinas (GA) e ABA, que determina a dominância de um dos dois hormônios (Ali-Rachedi et al., 2004; Cadman et al.,

2006). O tratamento de sementes dormentes com giberelina causou um aumento transitório na concentração de ABA, sugerindo que, em sementes dormentes, existe um mecanismo de reação que mantém alta relação ABA/GA (Ali-Rachedi et al., 2004).

Desse modo, o estado de dormência é caracterizado pelo aumento da biossíntese de ABA e degradação de GA. De acordo com uma hipótese sobre o balanço hormonal em sementes dormentes, proposto por Karssen & Laçka (1986), ABA e GA agem em diferentes locais e em momentos diferentes durante a “vida da semente”. O ABA induz à dormência durante a maturação e a GA apresenta a função de promover a germinação (Karssen & Laçka, 1986).

Em experimentos com sorgo (Steinbach et al., 1997) e com mutantes de milho deficientes e insensíveis ao ABA (White et al., 2000), foi demonstrado que GA e ABA podem agir ao mesmo tempo sobre a dormência e germinação. A inibição da biossíntese de GA durante o desenvolvimento da semente tem efeito similar ao da aplicação exógena de ABA, suprimindo a viviparidade. É a relação ABA/GA, e não os teores absolutos dos hormônios, que controla a germinação. Então, é fato que o GA opõe-se diretamente ao sinal do ABA durante a indução da dormência em cereais. É necessária a realização de novas pesquisas que determinem a generalidade deste fenômeno.

Enquanto a manutenção do estado de dormência depende de alta relação ABA/GA, a superação da dormência envolve maior degradação de ABA e aumento da biossíntese de GA, de forma que esta relação seja menor (Ali-Rachedi et al., 2004; Cadman et al., 2006).

Em adição à concentração e síntese hormonais, a transição do estado dormente para não dormente, em muitas sementes, é caracterizada pela redução da sensibilidade ao ABA e aumento da sensibilidade à GA (Ali-Rachedi et al., 2004).

Como a dormência é determinada geneticamente, a regulação desse fenômeno também é regulada pela expressão de genes específicos em cada espécie. Cadman et al. (2006) estudaram o envolvimento do ABA e GA na expressão dos genes relacionados à dormência. Segundo esses autores, a expressão dos genes ABI1 a ABI5, de mutantes de *Arabidopsis thaliana* insensíveis ao ABA, é regulada de forma complexa durante a indução e a superação da dormência, pelo ácido abscísico. Nesse mesmo trabalho, Cadman et al. (2006) sugeriram que há um grande número de transcritos para a biossíntese de giberelinas em sementes com diferentes intensidades de dormência. Kucera et al. (2005) afirmam que outros fito-hormônios estão envolvidos na regulação da expressão gênica durante a indução, a manutenção e a superação da dormência fisiológica.

Informações essenciais sobre o controle da germinação podem partir de estudos das variações alélicas naturais em locos ligados à dormência e à germinação. QTLs (do inglês *quantitative trait loci*) de *Arabidopsis thaliana* (Alonso-Blanco et al., 2003; Bentsink et al., 2007; Koornneef et al., 2004) e de *Brassica oleracea* (Betty et al., 2000) têm sido utilizados para identificar genes relacionados à germinação e à dormência.

A partir do exposto, é importante ratificar a complexidade dos mecanismos que regulam a dormência e a necessidade do estudo e compreensão dos mesmos para o desenvolvimento de metodologias eficazes em promover a germinação de sementes dormentes.

Uma série de fatores pode alterar o estado de dormência em sementes. No entanto, há respostas distintas a esses fatores, os quais estão integrados para modificar a intensidade da dormência ao longo do tempo, e a sensibilidade a outros fatores, como a luz. Portanto, cada um desses fatores remove sucessivos

bloqueios à germinação, mas esse processo deve seguir uma ordem específica para ser efetivo.

Diferentes métodos e condições para a superação da dormência de muitas espécies têm sido adotados. No entanto, o conhecimento limitado sobre os diversos mecanismos de dormência leva às dificuldades na padronização e à repetibilidade dos métodos propostos, os quais têm sido desenvolvidos especificamente para determinadas condições e espécies (Bewley, 1997b).

Um processo muito utilizado para o estudo e a superação da dormência é o *afterripening*, que consiste na secagem e no armazenamento da semente seca, que apresenta baixas taxas metabólicas, por um período determinado e sob condições controladas. Durante o *afterripening*, algumas sementes perdem a dormência (Bewley, 1997b).

O *afterripening* promove a ampliação da faixa de temperatura para germinação, a redução na concentração de ABA e o aumento da resposta à GA, a perda da necessidade de luz para germinar, o aumento da resposta à luz, a perda da necessidade de nitrato para germinar e o aumento da velocidade de germinação (Manz et al., 2005).

Os parâmetros que determinam as condições do *afterripening* são o teor de água e de óleo, a estrutura do tegumento da semente e a temperatura (Manz et al., 2005).

Os mecanismos moleculares do processo não são conhecidos. Têm sido propostas reações não-enzimáticas que removem inibidores da germinação, reações antioxidantes (Bailly, 2004), alterações de membranas (Hallett & Bewley, 2002), e degradação de proteínas específicas, via proteossoma (Borghetti et al., 2002). Usando cDNA-AFLP na análise da expressão gênica em *Nicotiana*, Bove et al. (2005) encontraram evidências de que o *afterripening*

alterou a taxa de transcrição. Cadman et al. (2006) ratificaram essas evidências em trabalhos com *A. thaliana*.

Em duas publicações recentes, foram mostradas evidências de expressão gênica em sementes secas de *Nicotiana* durante o *afterripening* (Bove et al., 2005; Leubner-Metzger, 2005). Após 60 dias de armazenamento de sementes de *N. tabacum*, ocorreu rápida promoção da ruptura da testa. Este fato foi associado com a expressão do gene β -1,3-glucanase no tegumento, durante o *afterripening*.

Desse modo, até que a degradação de mRNAs e proteínas, por reguladores positivos da dormência e por reguladores negativos da germinação, seja considerada parte dos mecanismos moleculares do *afterripening*, deve-se considerar a possibilidade da expressão “de novo” dos genes, durante o processo (Leubner-Metzger, 2003).

Sementes recém-colhidas de espécies do gênero *Capsicum* podem apresentar dormência (Lakshmanan & Berke, 1998; Bosland & Votava, 1999; Nascimento, 1998). Em diversas pesquisas tem sido relatado que a emergência das plântulas de pimenta é lenta e irregular, mesmo sob condições favoráveis (Gerson & Honma, 1978; Randle & Honma, 1981; Edwards & Sundstrom, 1987; Lakshmanan & Berke, 1998).

Randle & Honma (1981) avaliaram as sementes de 19 cultivares de pimenta representantes de quatro gêneros e observaram que a emergência de plântulas ocorreu de 14 a 23 dias. Belletti & Quagliotti (1989) relataram que é alta a porcentagem de sementes que não germinam até 14 dias após a semeadura, podendo ser necessário um período de até 45 dias para que a maioria das sementes de um lote germine satisfatoriamente. Desse modo, o atraso na germinação e as reduções no estande final têm sido atribuídos à ocorrência de dormência nas sementes. No entanto, o período de duração dessa dormência é relativamente curto, no máximo três meses, de modo que o intervalo de tempo

compreendido entre a colheita das sementes e a semeadura é suficiente para que, por ocasião da semeadura, não tenha mais dormência. Para se ter garantia de uma emergência rápida e uniforme das plântulas, recomenda-se que, após a colheita dos frutos, a extração e a secagem das sementes, estas sejam mantidas armazenadas em condições ambientes por um período de, pelo menos, seis semanas, para que a dormência seja totalmente superada (Randle & Honma, 1981).

Apesar dos relatos sobre a ocorrência de dormência em sementes de pimenta (Randle & Honma, 1981; Edwards & Sundstrom, 1987), há também referências nas quais é mencionado o sucesso no estabelecimento de plântulas em casa de vegetação, quando as sementes de determinadas cultivares são extraídas de frutos completamente maduros e semeadas em seguida (Bosland & Votava, 1999). Randle & Honma (1981) verificaram, em um estudo com diferentes cultivares do gênero *Capsicum*, que o genótipo e a idade do fruto influenciam na intensidade de dormência das sementes. Os autores afirmaram que sementes extraídas de frutos supermaduros germinam mais rapidamente, havendo aumento da intensidade de dormência com o decréscimo da idade do fruto.

Vale destacar que há diferenças entre os genótipos quanto à velocidade de germinação e à intensidade de dormência nas sementes (Lakshmanan & Berke, 1998). A porcentagem de germinação e a velocidade de emergência de plântulas em pimenta Malagueta (*C. frutescens* L.) geralmente são menores do que em outros tipos de pimenta (Rivas et al., 1984; Edwards & Sundstrom, 1987).

Em sementes com dormência fisiológica, o tegumento pode constituir uma restrição mecânica que deve ser superada para o crescimento do embrião (Bewley, 1997a). Podem ser distinguidas duas formas de restrição mecânica e mecanismos de superação: uma camada viva, na qual ocorre um

enfraquecimento do tecido antes da germinação e o próprio tecido pode produzir enzimas por este processo, como, por exemplo, o endosperma ou a parte interna da testa e, principalmente, camadas mortas nas quais pontos de quebra pré-determinados facilitam a ruptura dos tecidos antes da germinação, como, por exemplo, a parte externa da testa ou pericarpo. As enzimas que facilitam a ruptura da testa podem ser liberadas pelo endosperma e ou pela radícula (Bewley, 1997b; Koornneef et al., 2004; Kucera et al., 2005).

A testa é um tecido maternal e o fenótipo semente dormente, quando ocorre devido ao tegumento, é herdado da mãe. Em uma série de trabalhos com sementes mutantes de *Arabidopsis thaliana*, foi verificada dormência reduzida, que é causada pelas alterações das características da testa e foi destacada a importância da estrutura da testa como uma restrição à protrusão radicular (Debeaujon & Koornneef, 2000; Koornneef et al., 2004; Rajjou et al., 2004). O requerimento de GA para a germinação de sementes de *A. thaliana* é determinado pelas características da testa, pelo crescimento do embrião e pelo ABA embrionário (Debeaujon & Koornneef, 2000; Koornneef et al., 2004; Rajjou et al., 2004).

Bethke et al. (2007) estudaram a contribuição do embrião, da camada de aleurona e da testa sobre a dormência de sementes de *Arabidopsis thaliana* e determinaram em que região da semente alguns fatores que regulam a dormência são percebidos. Concluíram que, em condições de elevado potencial hídrico, a camada de aleurona é o fator determinante da dormência dessas sementes, e que a resposta ao óxido nítrico, bem como à GA e ao ABA, é oriunda da camada de aleurona.

O endosperma age como uma barreira mecânica à germinação de sementes de várias angiospermas, sendo a redução dessa resistência mecânica um pré-requisito para a protrusão radicular durante a germinação (Hilhorst,

1995; Bewley, 1997a). O enfraquecimento do endosperma pode ser promovido pelo GA e, ao contrário, inibido pelo ABA.

Espécies de solanáceas, como tomate, tabaco e pimentão, tornaram-se espécies modelo em função do seu endosperma enfraquecido. Ainda que colhidas maduras, essas sementes apresentam certa dormência fisiológica e o “enfraquecimento” do endosperma tem sido estudado utilizando sementes não dormentes ou em estado de dormência condicionado. Possivelmente em consequência disso, na maioria desses casos, tem sido proposto que o mecanismo envolvido no enfraquecimento do endosperma é parte do processo germinativo de sementes não dormentes e não é parte do processo, em si, de quebra da dormência (Baskin & Baskin, 2004). Há algumas exceções em sementes de gimnospermas, nas quais o enfraquecimento da camada que envolve o embrião ocorre, durante os tratamentos para quebra da dormência, bem separado do processo de germinação (Baskin & Baskin, 2004).

Segundo Finch-Savage & Leubner-Metzger (2006), o processo de quebra de dormência em sementes de freixo (*Fraxinus excelsior*) foi estudado e verificou-se que o enfraquecimento do endosperma pode fazer parte do processo de superação da dormência. Essas sementes necessitam de estratificação de calor para a superação da dormência do embrião, que está associada com a redução da concentração de ABA. Em seguida, requerem um período de frio estratificado para germinarem, o que está relacionado com o aumento da concentração de giberelina. Se as sementes forem expostas a temperaturas alternadas de 25°C e 3°C, a germinação ocorre rapidamente. No entanto, se o período de calor exceder o período de frio em 24 horas, as sementes não germinam e adquirem dormência secundária. Isso sugere que a quebra da dormência continua durante esse regime. Dentro da população de sementes dormentes há uma distribuição de forças requeridas para que a radícula rompa o endosperma durante a estratificação,

sugerindo que essas mudanças começam enquanto a semente ainda está dormente. Desse modo, o enfraquecimento localizado dos tecidos deveria ser considerado mais como parte da quebra da dormência do que parte da germinação. No entanto, não é sempre possível associar o enfraquecimento do endosperma à superação da dormência e à promoção da germinação. Essa confusão aparente é consistente com a que existe entre dormência e germinação (Cohn, 1996).

Desse modo, considerando o fato de que muitos dos processos moleculares do enfraquecimento do endosperma têm sido estudados em sementes mais ou menos não-dormentes, é razoável considerar que esses mecanismos se aplicam aos mecanismos de superação de dormência. Tem sido sugerido que a atuação de GAs em promover o enfraquecimento do endosperma seja um fenômeno geral, associado a sementes que diferem substancialmente quanto à abundância do endosperma (Finch-Savage & Leubner-Metzger, 2006).

Sementes de tomate germinam facilmente pela ação de GA₃ endógeno sobre o enfraquecimento de células do endosperma, que impõem uma restrição mecânica à protrusão radicular (Groot & Karssen, 1987). De acordo com Liptay & Schopfer (1983), sementes de tomate embebidas em soluções de ABA só germinaram devido à remoção da cobertura da micrópila. Estudos sobre a ação do ABA em sementes de café (Silva et al., 2004) e tomate (Toorop et al., 2000) mostraram que o enfraquecimento do endosperma é bifásico. A primeira fase é insensível ao ABA e é seguida por uma fase em que ocorre a inibição por ele. Em sementes de café, o ABA controla a germinação pela inibição tanto do crescimento embrionário quanto do enfraquecimento do endosperma.

As rupturas da testa e do endosperma são eventos separados temporalmente durante a germinação de muitas sementes de solanáceas (Krock et al., 2002; Leubner-Metzger, 2003; Petruzzelli et al., 2003). Esses eventos

também são processos distintos, pois a testa é morta e o endosperma é um tecido vivo. A ruptura da testa de sementes de tabaco ocorre em pontos pré-determinados e depende da absorção de água e do entumescimento do embrião e do endosperma. Esse fenômeno ocorre na fase II da germinação (Manz et al., 2005). Em contraste, em sementes dormentes de tabaco, a absorção de água é bloqueada antes da ruptura da testa (Mohapatra & Johnson, 1978).

Por meio de resultados de pesquisas, supõe-se que o controle da germinação pelo tegumento seja ativado pela combinação ou a ação sucessiva de inúmeras proteínas modificadoras da parede celular, incluindo endo- β -1,4-mananase e endo- β -1,3-glucanase (Hilhorst, 1995; Bewley, 1997a; Bailly, 2004; Kucera et al., 2005).

Propõe-se que as endo- β -1,3-glucanases estejam envolvidas na superação da dormência imposta pela testa, no *afterripening* e no enfraquecimento do endosperma. Estas enzimas regulam o transporte simplástico, por exemplo, levando GA célula-célula, por meio do controle estratégico da deposição localizada de β -1,3-glucan nos plasmodesmas (Rinne et al., 2001; Leubner-Metzger, 2003). O aumento da deposição de β -1,3-glucan está associado com a origem da dormência de espécies arbóreas e a superação dessa dormência por GA ou baixas temperaturas envolvem a degradação por β -1,3-glucanases. A expressão da β -1,3-glucanase no endosperma, sua inibição pelo ABA e a inibição da ruptura do endosperma pelo ABA são amplamente distribuídas entre as solanáceas (Leubner-Metzger, 2003; Petruzzelli et al., 2003). A inibição do ABA pela expressão da β -1,3-glucanase também é evidente no enfraquecimento do perisperma de sementes de cucurbitáceas (Welbaum et al., 1998; Yin & Bradford, 1998; Amritphale et al., 2005). Elortza et al. (2003), citados por Finch-Savage & Leubner-Metzger (2006), mostraram, por meio de análises proteômicas de *A. thaliana*, que as β -1,3-glucanases são proteínas de membrana ancoradas por glicosilfosfatidilinositol (GPI-APs). As GPI-APs estão

envolvidas com enzimas e receptores na ligação e na separação celulares e nos processos de diferenciação. O segundo passo do enfraquecimento do endosperma de sementes de tomate assemelha-se ao processo de separação celular. E esse passo envolve a indução da β -1,3-glucanase (Toorop et al., 2000; Wu et al., 2000; Petruzzelli et al., 2003). Essas enzimas quebram as ligações intercelulares, causando a separação das células. Em sementes de tomate, o amolecimento do endosperma está diretamente ligado ao aumento da atividade da enzima endo- β -mananase (Groot & Karssen, 1987; Nonogakii et al., 1992).

Além dos hormônios, enzimas e tegumento, o ambiente regula os processos germinativos de diferentes formas, por meio dos diversos sinais que regulam o estado de dormência. É amplamente aceito que a temperatura afeta tanto a dormência quanto a germinação e que a luz regula a germinação; no entanto, é tema de discussão o fato de a dormência ser regulada pela luz (Bewley & Black, 1994; Pons, 2000; Fenner & Thompson, 2005). A luz tem sido considerada um fator importante tanto para estimular a germinação quanto para promover a quebra de dormência. As sementes da maioria das espécies de *Capsicum* spp., desde que não estejam dormentes, germinam adequadamente sob temperatura constante na faixa de 25°C a 30°C (Nascimento, 1998). Contudo, temperaturas alternadas, na faixa de 15°C-30°C, por 8 horas e 16 horas, respectivamente, promovem a germinação de sementes dormentes de *C. baccatum*, *C. chinense*, *C. frutescens* e *C. pubescens* (Gerson & Honma, 1978; Bosland, 1999). Esses resultados indicam que o choque térmico tem se mostrado benéfico para a superação da dormência das sementes de diversas espécies de pimenta.

Segundo Bewley & Black (1994), a exposição à luz altera as sementes de forma que as mesmas possam germinar no escuro e é, portanto, o último passo no processo de quebra da dormência, ao invés de ser o primeiro passo no processo germinativo. Este efeito da luz também pode ser revertido, em alguns

casos, pela luz vermelho-distante, quando a semente se encontra em processo de germinação (Casal & Sanchez, 1998; Sanchez & Mella, 2004). Já em sementes com dormência superficial, sabe-se que a luz e as giberelinas podem quebrar a dormência e promover a germinação (Casal & Sanchez, 1998).

A dormência fisiológica está distribuída biogeograficamente (Baskin & Baskin, 1998). Como consequência, a indução e a perda dessa dormência ocorrem por meio de muitos mecanismos fisiológicos, ativados por sinais ambientais diferentes. Desse modo, na mesma espécie, os sinais e as respostas podem operar de modos diferentes em ecotipos diferentes, que apresentem diferentes intensidades de dormência. Essas dinâmicas interações com o ambiente têm uma base genética e podem ter grande influência na distribuição e na evolução das plantas.

Além do ácido abscísico e giberelinas, alguns autores têm concluído em suas pesquisas que o etileno é um importante fator nos processos de superação da dormência de sementes (Vieira & Barros, 1994; Ribeiro & Barros, 2004). No entanto, a função do etileno na superação da dormência e na promoção da germinação é pouco conhecida, sendo necessários estudos mais detalhados sobre a atividade desse fito-hormônio.

É importante ressaltar que os estudos referentes à dormência em sementes de pimentas ainda não são conclusivos. Não se pode deixar de considerar também que a aplicação de tratamentos para a superação da dormência em sementes de pimenta só se faz necessária quando há interesse na avaliação do potencial máximo de germinação de sementes recém-colhidas, as quais podem apresentar dormência. Uma vez constatada a ocorrência de dormência, as sementes deverão ser armazenadas por determinado período, geralmente de três a quatro meses, para que o fenômeno seja superado. Assim, a semeadura de sementes de pimenta recém-extraídas do fruto pode representar

um risco para a obtenção de estandes uniformes, contribuindo para a elevação do gasto de sementes (Nascimento et al., 2006).

3 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALI-RACHEDI, S.; BOUINOT, D.; WAGNER, M.; BONNET, M.; SOTTA, B.; GRAPPIN, P.; JULLIEN, M. Changes in endogenous abscisic acid levels during dormancy release and maintenance of mature seeds: studies with the Cape Verde Islands ecotype, the dormant model of *Arabidopsis thaliana*. **Planta**, Berlin, v. 219, p. 479-488, 2004.

ALONSO-BLANCO, C.; BENTSINK, L.; HANHART, C. J.; VRIES, H. B. de; KOORNNEEF, M. Analysis of natural allelic variation at seed dormancy loci of *Arabidopsis thaliana*. **Genetics**, Austin, v. 164, p. 711-729, 2003.

ALORESI, A.; GESTIN, C.; LEYDECKER, M. T.; BEDU, M.; MEYER C.; TRUONG, H. N. Nitrate, a signal relieving seed dormancy in *Arabidopsis*. **Plant, Cell and Environment**, Oxford, v. 28, p. 500-512, 2005.

AMRITPHALE, D.; YONEYAMA, K.; TAKEUCHI, Y.; RAMAKRISHNA, P.; KUSUMOTO, D. The modulating effect of the perisperm-endosperm envelope on ABA-inhibition of seed germination in cucumber. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, n. 56, p. 2173-2181, 2005.

BAILLY, C. Active oxygen species and antioxidants in seed biology. **Seed Science Research**, Wallingford, v. 14, p. 93-107, 2004.

BAILLY, C.; AUDIGIER, C.; LADONNE, F.; WAGNER, M. H.; COSTE, F.; CORBINEAU, F.; CÔME, D. Changes in oligosaccharide content and antioxidant enzyme activities in developing bean seeds as related to acquisition of drying tolerance and seed quality. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v. 52, n. 357, p. 701-708, Apr. 2001.

BASKIN, C. C.; BASKIN, J. M. **Seeds: ecology, biogeography, and evolution of dormancy and germination**. San Diego: Academic, 1998.

BASKIN, J. M.; BASKIN, C. C. A classification system for seed dormancy. **Seed Science Research**, Wallingford, n. 14, p. 1-16, 2004.

BATAK, I.; BATAK, M.; DEVIC, Z.; GIBA, D.; GRUBISIC, K. L. P.; KONJEVIC, R. The effects of potassium nitrate and NO-donors on phytochrome A and phytochrome B specific induced germination of *Arabidopsis thaliana* seeds. **Seed Science Research**, Wallingford, v. 12, p. 253-259, 2002.

BELLETTI, P.; QUAGLIOTTI, L. Problems of seed production and storage of pepper. In: TOMATO and pepper productions in the tropics. Taipei: Asian Vegetable Research and Development Center, 1989. p. 28-41.

BENTSINK, P. C.; LIBOUREL, I. G. L.; AOYAMA, N.; CHUNG, Y. Y.; STILL, D. W.; JONES, R. L. Cloning of DOG1, a quantitative trait locus controlling seed dormancy in Arabidopsis. **Proceeding of the National Academy of Sciences of the United States of America**, Washington, v. 103, n. 45, p. 1173-1188, 2007.

BERNAL-LUGO, I.; LEOPOLD, A. C. Changes in soluble carbohydrates during seed storage. **Plant Physiology**, Rockville, v. 98, n. 3, p. 1207-1210, Mar. 1992.

BETHKE, P. C.; LIBOUREL, I. G. L.; AOYAMA, N.; CHUNG, Y. Y.; DAVID W.; STILL, D. W.; JONES, R. L. The Arabidopsis aleurone layer responds to nitric oxide, gibberellin, and abscisic acid and is sufficient and necessary for seed dormancy. **Plant Physiology**, Washington, v. 143, p.1173-1188, 2007.

BETTEY, M.; FINCH-SAVAGE, W. E.; KING, G. J.; LYNN, J. R. Quantitative genetic analysis of seed vigour and pre-emergence seedling growth traits in *Brassica oleracea*. **New Phytologist**, Cambridge, v. 148, p. 227-286, 2000.

BEWLEY, J. D. Breaking down the walls – a role for endo- β -mannase in release from seed dormancy? **Trends in Plant Science**, Oxford, v. 2, p. 464-469, 1997b.

BEWLEY, J. D. Seed Germination and dormancy. **The Plant Cell**, Waterbury, v. 9, p. 1055-1066, 1997a.

BEWLEY, J. D.; BLACK, M. **Seeds physiology of development and germination**. 2. ed. New York: Plenum, 1994. 445p.

BORGHETTI, F.; NODA, F. N.; SA, C. M. de. Possible involvement of proteasome activity in ethylene-induced germination of dormant sunflower embryos. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, Piracicaba, v. 14, p. 125-131, 2002.

BOSLAND, P. W.; VOTAVA, E. J. **Peppers: vegetable and spice capsicums**. Wallingford: CAB International, 1999. 204 p. (Crop Production Science in Horticulture, 12).

BOVE, J.; LUCAS, P.; GODIN, B.; OGE, L.; JULLIEN, M.; GRAPPIN, P. Gene expression analysis by cDNA-AFLP highlights a set of new signaling networks and translational control during seed dormancy breaking in *Nicotiana plumbaginifolia*. **Plant Molecular Biology**, Dordrecht, v. 57, p. 593-612, 2005.

BRANDÃO JÚNIOR, D. da S. **Marcadores da tolerância à dessecação de sementes de cafeeiro**. 2000. 144 p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior. Secretaria de Comércio Exterior. **Exportações brasileiras: produtos hortícolas: 2000-2005**. Brasília, 2006. Disponível em: <<http://alicesweb.desenvolvimento.gov.br>>. Acesso em: 09 jul. 2009.

CADMAN, C. S. C.; TOOROP, P. E.; HILHORST, H. W. M.; FINCH-SAVAGE, W. E. Gene expression profiles of *Arabidopsis Cvi* seed during cycling through dormant and non-dormant states indicate a common underlying dormancy control mechanism. **Plant Journal**, Oxford, v. 46, p. 805-822, 2006.

CARVALHO, N. M. de; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. 4. ed. Jaboticabal: FUNEP, 2000. 588 p.

CARVALHO, S. I. C. de; BIANCHETTI, L. de B. Botânica e recursos genéticos. In: RIBEIRO, C. S. da C.; LOPES, A. C.; CARVALHO, S. I. de; HENZ, G. P.; REIFSCHNEIDER, F. J. B. (Ed.). **Pimentas capsicum**. Brasília: Embrapa Hortaliças, 2008. p. 39-54.

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

CASAL, J. J.; SANCHEZ, R. A. Phytochromes and seed germination. **Seed Science Research**, Wallingford, v. 8, p. 317-329, 1998.

COHN, M. A. Operational and philosophical decisions in seed dormancy research. **Seed Science Research**, Wallingford, v. 6, p. 147-153, 1996.

DEBEAUJON, I.; KOORNNEEF, M. Gibberellin requirement for *Arabidopsis* seed germination is determined both by testa characteristics and embryonic abscisic acid. **Plant Physiology**, Washington, v. 122, p. 415-424, 2000.

- DEMIR, I. The effect of controlled hydration treatment on germination and seedling emergence of unaged and aged pepper seeds during development. **Israel Journal of Plant Sciences**, Jerusalem, v. 50, n. 4, p. 251-257, 2002.
- DEMIR, I.; ELLIS, R. H. Changes in seed quality during seed development and maturation in tomato. **Seed Science Research**, Wallingford, v. 2, p. 81-87, 1992.
- DIAS, D. C. F. Maturação de sementes. **Seed News**, Pelotas, v. 5, n. 6, p. 22-24, 2001.
- DIAS, D. C. F. S.; RIBEIRO, F. P.; DIAS, L. A. S.; SILVA, D. J. H.; VIDIGAL, D. S. Maturação de sementes de tomate em função da ordem de frutificação na planta. **Revista Ceres**, Viçosa, MG, v. 53, n. 308, p. 446-456, 2006.
- EDWARDS, R. S.; SUNDSTROM, F. J. After-ripening and harvesting effects on Tabasco pepper seed germination performance. **HortScience**, Alexandria, v. 22, n. 3, p. 473-475, 1987.
- ELORTZA, F.; NÜHSE, T. S.; FOSTER, L. J.; STENSBALLE, A.; PECK, S. C.; JENSEN, O. N. Proteomic analysis of glycosylphosphatidylinositol-anchored membrane proteins. **Molecular & Cellular Proteomics**, Tahoe City, v. 2, p. 1261-1270, 2003.
- FARIA, M. A. V. de R.; PINHO, R. G. von; PINHO, E. V. de R. von; GUIMARÃES, R. M. **Marcadores moleculares da qualidade fisiológica de sementes**. Lavras: UFLA/FAEPE, 2003.
- FENNER, M.; THOMPSON, K. **The ecology of seeds**. Cambridge: Cambridge University, 2005.
- FINCH-SAVAGE, W. E. The use of population-based threshold models to describe and predict the effects of seedbed environment on germination and seedling emergence of crops. In: BENECH-ARNOLD R. L.; SÁNCHEZ, R. L. (Ed.). **Seed Physiology: applications to agriculture**. New York: Haworth, 2004. p. 51-95.
- FINCH-SAVAGE, W. E.; CLAY, H. A. Evidence that ethylene, light and abscisic acid interact to inhibit germination in the recalcitrant seeds of *Quercus robur* L. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v. 45, p. 1295-1299, 1994.

FU, J. R.; YANG, X. C.; JIANG, J. X.; SONG, S. Q. Heat stable proteins and desiccation tolerance in recalcitrant and orthodox seeds. In: ELLIS, R.H.; BLACK, M.; MURDOCK, A. J.; HONG, T. D. (Ed.). **Basic and applied aspects of seed biology**. Boston: Kluwer Academic, 1997. p. 705-713.

GERSON, R.; HONMA, S. Emergence response of the pepper at low soil temperature. **Euphytica**, Dordrecht, v. 27, n. 1, p. 151-156, Feb. 1978.

GONÇALVES, C. P. **Desenvolvimento e maturação fisiológica da semente de pimentão cv. all Big**. 1997. 66 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal da Paraíba, Areia.

GROOT, S. P. C.; KARSSSEN, C. M. Gibberellins regulate seed germination in tomato by endosperm weakening: a study with gibberelin-deficient mutants. **Planta**, Berlin, v. 171, p. 525-531, 1987.

GUIMARÃES, R. M. **Tolerância à dessecação e condicionamento fisiológico em sementes de cafeeiro (*Coffea arabica* L.)**. 2000. 180 p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.

HALLET, B. P.; BEWLEY, J. D. Membranes and seed dormancy: beyond the anaesthetic hypothesis. **Seed Science Research**, Wallingford, v. 12, p. 69-82, 2002.

HENZ, G. P.; COSTA, C. S. R. Alternativa rentável: como produzir pimenta. **Revista Cultivar Hortaliça e Fruta**, Pelotas, v. 33, p. 7, ago./set. 2005.

HILHORST, H. W. M. A critical update on seed dormancy: I. Primary dormancy. **Seed Science Research**, Wallingford, v. 5, p. 61-73, 1995.

HILHORST, H. W. M. The regulation of secondary dormancy: the membrane hypothesis revisited. **Seed Science Research**, Wallingford, v. 8, p. 77-90, 1998.

KARSSSEN, C. M. Uptake and effect of abscisic acid during induction and progress of radicle growth in seeds of *Chenopodium album*. **Physiologia Plantarum**, Copenhagen, v. 36, p. 259-263, 1976.

KARSSSEN, C. M.; LAÇKA, E. A revision of the hormone balance theory of seed dormancy: studies on gibberelin and/or abscisic acid-deficient mutants of *Arabidopsis thaliana*. In: BOOP, M. (Ed.). **Plant growth substances**. Berlin: Springer-Verlag, 1986. p. 315-323.

KOORNNEEF, M.; ALONSO-BLANCO, C.; VREUGDENHIL, D. Naturally occurring genetic variation in *Arabidopsis thaliana*. **Annual Review of Plant Biology**, Palo Alto, v. 55, p. 141-172, 2004.

KROCK, B.; SCHMIDT, S.; HERTWECK, C.; BALDWIN, I. T. Vegetation-derived abscisic acid and four terpenes enforce dormancy in seeds of the post-fire annual, *Nicotiana attenuata*. **Seed Science Research**, Wallingford, v. 12, p. 239-252, 2002.

KUCERA, B.; COHN, M. A.; LEUBNER-METZGER, G. Plant hormone interactions during seed dormancy release and germination. **Seed Science Research**, Wallingford, v. 15, p. 281-307, 2005.

LAKSHMANAN, V.; BERKE, T. G. Lack of primary seed dormancy in pepper (*Capsicum* spp.). **Capsicum and Eggplant Newsletter**, Grugliasco, v. 17, p. 72-75, 1998.

LEFEBVRE, V.; NORTH, H.; FREY, A.; SOTTA, B.; SEO, M.; OKAMOTO, M.; NAMBARA, E.; MARION-POLL, A. Functional analysis of Arabidopsis NCED6 and NCED9 genes indicates that ABA synthesized in the endosperm is involved in the induction of seed dormancy. **Plant Journal**, Oxford, v. 45, p. 309-319, 2006.

LEPRINCE, O.; HENDRY, G. A.; MCKERSIE, B. D. The mechanisms of desiccation tolerance in developing seeds. **Seed Science Research**, Wallingford, v. 3, n. 3, p. 231-346, Sept. 1993.

LEUBNER-METZGER, G. β -1,3-Glucanase gene expression in low-hydrated seeds as a mechanism for dormancy release during tobacco after-ripening. **Plant Journal**, Oxford, v. 41, p. 133-145, 2005.

LEUBNER-METZGER, G. Functions and regulation of β -1,3-glucanase during seed germination, dormancy release and after-ripening. **Seed Science Research**, Wallingford, v. 13, p. 17-34, 2003.

LIPTAY, A.; SCHOPFER, P. Effect of water stress, seed coat restraint, and abscisic acid upon different germination capabilities of two tomato lines at low temperature. **Plant Physiology**, Washington, v. 73, p. 935-938, 1983.

LUZ, F. J. F. **Caracterizações morfológica e molecular de acessos de pimenta (*Capsicum chinense* Jacq.)**. 2007. 70 p. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal.

MANZ, B.; MÜLLER, K.; KUCERA, B.; VOLKE, F.; LEUBNER-METZGER, G. Water uptake and distribution in germinating tobacco seeds investigated in vivo by nuclear magnetic resonance imaging. **Plant Physiology**, Washington, v. 138, p. 1538-1551, 2005.

MARCOS FILHO, J. M. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. Piracicaba: FEALQ, 2005. 496 p. (Biblioteca de Ciências Agrárias Luiz de Queiroz, 12).

MOHAPATRA, S. C.; JOHNSON, W. H. Development of the tobacco seedling. 1. Relationship between moisture uptake and light sensitivity during seed germination in a flue-cured variety. **Tobacco Research**, [S. l.], v. 4, p. 41-49, 1978.

NASCIMENTO, W. M. Condicionamento osmótico de sementes de hortaliças: potencialidades e implicações. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 16, n. 12, p. 106-109, nov. 1998.

NASCIMENTO, W. M.; FREITAS, R. A. Produção de sementes de pimentas. In: RIBEIRO, C. S. C.; HENZ, G. P.; CARVALHO, S. I. C.; LOPES, C. A. (Org.). **Cultivo de pimentas (*Capsicum spp.*) no Brasil**. Brasília: Embrapa Hortaliças, 2006. p. 30-39.

NIKOLAEVA, M. G. On criteria to use in studies of seed evolution. **Seed Science Research**, Wallingford, v. 14, p. 315-320, 2004.

NIKOLAEVA, M. G. **Physiology of deep dormancy in seeds**. Leningrad: Izdatel'stvo "NAUKA", 1967. 219 p.

NONOGAKI, H.; MATSUSHIMA, H.; MOROHASHI, Y. Galactomannan hydrolyzing activity develops during priming in the micropylar endosperm tip of tomato seeds. **Physiologia Plantarum**, Copenhagen, v. 85, n. 2, p. 167-172, June 1992.

OLIVEIRA, A. P.; GONÇALVES, C. P.; BRUNO, R. L. A.; ALVES, E. U. Maturação fisiológica de sementes de pimentão, em função de idade de frutos após a antese. **Revista Brasileira de Sementes**, Pelotas, v. 21, n. 2, p. 88-94, 1999.

PETRUZZELLI, L.; MÜLLER, K.; HERMANN, K.; LEUBNER-METZGER, G. Distinct expression patterns of β -1,3-glucanases and chitinases during the germination of Solanaceous seeds. **Seed Science Research**, Wallingford, v. 13, p. 139-153, 2003.

PINO, J.; SAURI-DUCH, E.; MARBOT, R. Changes in volatile compounds of Habanero chile papper (*Capsicum chinense* Jack. cv. Habanero) at two ripening states. **Food Chemistry**, Oxford, v. 94, n. 3, p. 394-398, Feb. 2006.

PONS, T. L. Seed responses to light. In: FENNER, M. (Ed.). **Seeds: the ecology of regeneration in plant communities**. Wallingford: CAB International, 2000. p. 237-260.

PORTIS, E.; MARZACHI, C.; QUAGLIOTTI, L.; LANTERI, S. Molecular and physiological markers during seed development of peppers (*Capsicum annuum* L.): DNA replication and tubulin synthesis. **Seed Science Research**, Wallingford, v. 9, n. 1, p. 85-90, Mar. 1999.

RAJJOU, L.; GALLARDO, K.; DEBEAUJON, I.; VANDEKERCKHOVE, J.; JOB, C.; JOB, D. The effect of α -amanitin on the Arabidopsis seed proteome highlights the distinct roles of stored and neosynthesized mRNAs during germination. **Plant Physiology**, Washington, v. 134, p. 1598-1613, 2004.

RANDLE, W. M.; HONMA, S. Dormancy in peppers. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 14, p. 19-25, 1981.

RIBEIRO, C. S. da C.; LOPES, A. C.; CARVALHO, S. I. de; HENZ, G. P.; REIFSCHNEIDER, F. J. B. (Ed.). **Pimentas capsicum**. Brasília: Embrapa Hortaliças, 2008. 200 p.

RIBEIRO, D. M.; BARROS, R. S. Germination of dormant seeds of *Stylosanthe humilis* as promoted by ethylene accumulation in closed environments. **Brazilian Journal Plant Physiology**, Washington, v.16, p. 83-88, 2004.

RINNE, P. L. H.; KAIKURANTA, P. M.; SCHOOT, C. van der. The shoot apical meristem restores its symplasmic organization during chilling-induced release from dormancy. **Plant Journal**, Oxford, v. 26, p. 249-264, 2001.

RIVAS, M.; SUNDSTROM, F. J.; EDWARDS, R. L. Germination and crop development of hot pepper after seed priming. **HortScience**, Alexandria, v. 19, n. 2, p. 279-281, 1984.

ROBERTS, E. H. Predicting the storage life of seeds. **Seed Science and Technology**, Zurich, v. 1, n. 4, p. 499-514, 1973.

SANCHEZ, R. A.; MELLA, R. A. The exit from dormancy and the induction of germination: physiological and molecular aspects. In: BENECH-ARNOLD, R. L.; SANCHEZ, R. A. (Ed.). **Handbook of seed physiology**: application to agriculture. New York: Food Product, 2004. p. 221-243.

SANCHEZ, V. M.; SUNDSTROM, F. J.; MCCLURE, G. N.; LANG, N. S. Fruit maturity, storage and postharvest maturation treatments affect bell pepper (*Capsicum annuum* L.) seed quality. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 54, n. 3, p. 191-201, June 1993.

SILVA, E. A. A. da; TOOROP, P. E.; AELST, A. C. van; HILHORST, H. W. Abscisic acid controls embryo growth potencial and endosperm cap weakening during coffee (*Coffea arabica* cv. Rubi) seed germination. **Planta**, Berlin, v. 220, p. 251-261, 2004.

SIMÕES, C. M. O.; SCHENKEL, E. P.; GOSMANN, G.; MELLO, J. C. P.; MENTZ, L. A.; PETROVICK, P. R. **Farmacognosia**: da planta ao medicamento. 5. ed. Florianópolis: UFSC, 2004. 1102 p.

SIMPSON, G. M. **Seed dormancy in grasses**. New York: Cambridge University, 1990. 297 p.

SOUZA, R. J.; SILVA, E. C. **Cultura da pimenta**. Lavras: UFLA, 1999. 19 p. (Boletim Técnico, 56).

STEADMAN, K. J.; PRITCHARD, H. W.; DEY, P. M. Tissue-specific soluble sugars in seeds as indicators of storage category. **Annals of Botany**, London, v. 77, n. 6, p. 667-674, June 1996.

STEINBACH, H. S.; BENECH-ARNOLD, R. L.; SANCHEZ, R. A. Hormonal regulation of dormancy in developing sorghum seeds. **Plant Physiology**, Washington, v. 113, n. 1, p. 149-154, 1997.

THOMPSON, K. The functional ecology of soil seed banks. In: FENNER, M. (Ed.). **Seeds**: the ecology of regeneration in plant communities. Wallingford: CAB International, 2000. p. 215-235.

TOOROP, P. E.; AELST, A. C. van; HILHORST, H. W. M. The second step of the biphasic endosperm cap weakening that mediates tomato (*Lycopersicon esculentum*) seed germination in under control of ABA. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v. 51, p. 1371-1379, 2000.

VIDIGAL, D. S. **Alterações fisiológicas e bioquímicas em sementes de pimenta em função do estágio de maturação dos frutos**. 2008. 77 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

VIEIRA, H. D.; BARROS, R. S. Responses of seed os *Stylosanthes humilis* to germination regulators. **Physiologia Plantarum**, Copenhagen, v. 92, p. 17-20, 1994.

WELBAUM, G. E.; BRADFORD, K. J. Water relations of seeds development and germination in muskmelon (*Cucumis melo* L.). I. Water relations of seeds and fruit development. **Plant Physiology**, Wallingford, v. 86, p. 406-411, 1988.

WELBAUM, G. E.; BRADFORD, K. J.; YIM, K.; BOOTH, D. T.; OLUOCH, M. O. Biophysical, physiological and biochemical processes regulating seed germination. **Seed Science Research**, Wallingford, v. 8, p. 161-172, 1998.

WHITE, C. N.; PROEBSTING, W. M.; HEDDEN, P.; RIVIN, C. J. Gibberellins and seed development in maize. I. Evidence that gibberellin/abscisic acid balance governs germination versus maturation pathways. **Plant Physiology**, Washington, v. 122, p. 1081-1088, 2000.

WU, C. T.; LEUBNER-METZGER, G.; MEINS, F.; BRADFORD, K. J. Class I β -1,3-glucanase and chitinase are expressed in the micropylar endosperm of tomato seeds prior to radicle emergence. **Plant Physiology**, Washington, v. 126, p. 1299-1313, 2000.

YIM, K. O.; BRADFORD, K. J. Callose deposition is responsible for apoplastic semipermeability of the endosperm envelope of muskmelon seeds. **Plant Physiology**, Washington, v. 118, p. 83-90, 1998.

CAPÍTULO 2

ESTÁDIO DE MATURAÇÃO E SECAGEM NA QUALIDADE FISIOLÓGICA DE SEMENTES DE PIMENTA HABANERO YELLOW (*Capsicum chinense* Jacquin)

RESUMO

As pimentas constituem um dos principais produtos da olericultura brasileira. O interesse das indústrias por espécies picantes, como a pimenta Habanero, tem crescido a cada ano, sobretudo para a produção de molhos e preparados desidratados. Nesse contexto, a demanda dos produtores por sementes de qualidade aumentou consideravelmente. Com a realização desta pesquisa, objetivou-se avaliar os efeitos do estágio de maturação dos frutos e da secagem na qualidade das sementes de pimenta Habanero Yellow. O delineamento experimental foi o DBC, com quatro estádios de maturação dos frutos (E1 - 50 dias após a antese (DAA); frutos completamente verdes; E2 - 60 DAA; frutos com os primeiros sinais de amarelecimento; E3 - 67 DAA; frutos maduros, caracterizados pela cor laranja e E4 - 67 DAA; frutos maduros, caracterizados pela cor laranja; mantidos em repouso por 7 dias após a colheita) X quatro métodos de secagem (M1 - secagem artificial, a 45°C, até 8% de teor de água; M2 - secagem artificial, a 35°C, até 20% de teor de água e, em sequência, a 45°C, até 8% de teor de água; M3 - secagem artificial, a 35°C, até 8% de teor de água; e M4 - secagem natural à sombra até 8% de teor de água), com quatro repetições. A qualidade fisiológica das sementes antes da secagem foi avaliada por meio dos testes de germinação, emergência e envelhecimento acelerado, além da análise das isoenzimas esterase, superóxido dismutase, peroxidase, malato desidrogenase, álcool desidrogenase e da endo- β -mananase. Após a secagem, a qualidade fisiológica das sementes foi avaliada pelos testes de germinação, emergência e deterioração controlada. A qualidade fisiológica das sementes é máxima aos 67 DAA, quando os frutos estão completamente maduros. A secagem artificial das sementes deve ser conduzida à temperatura de 35°C.

**MATURATION STAGE AND DRYING IN THE PHYSIOLOGICAL
QUALITY OF 'HABANERO YELLOW' PEPPER (*Capsicum chinense*
Jacquin)**

ABSTRACT

Peppers are some of the principal products of Brazilian horticulture. The industries interest in spicy species, as 'Habanero' pepper, has increased year by year, especially for the production of sauces and dehydrated condiments. In this context, the producers demand for quality seeds has increased considerably. In this research, the objective was to evaluate the fruits developmental stage and drying effects in the quality of 'Habanero Yellow' pepper. Experimental design was randomized blocks, with four developmental stages for the 'Habanero Yellow' fruits (E1 – 50 DAA (days after anthesis); completely green fruits; E2 – 60 DAA; first yellow signs; E3 – 67 DAA; ripe fruits, characterized by the orange color; and E4 – 67 DAA; ripe fruits, characterized by the orange color, kept still for 7 days after harvest) *versus* four drying methodologies (M1 – artificial drying, at 45°C up to 8% water content; M2 - artificial drying, at 35°C up to 20% water content and at 45°C up to 8% water content; M3 - artificial drying, at 35°C up to 8% water content; and M4 – natural drying under shade up to 8% water content), with four replicates. Physiological quality of seeds before drying was assessed by germination, emergence and accelerated aging tests, besides the isozymes analyses (esterase, superoxide dismutase, peroxidase, malate dehydrogenase, alcohol dehydrogenase and endo- β -mannanase). After drying, physiological quality of the seeds was assessed by germination, emergence and controlled deterioration tests. Highest physiological quality of the seeds is at 67 DAA, when the fruits and completely ripe. Artificial drying of the seeds must be performed at 35°C.

1 INTRODUÇÃO

As pimentas são um dos principais produtos da olericultura brasileira. Nos últimos anos, sua importância vem ganhando destaque junto às indústrias alimentícias, farmacêutica e de cosméticos, sendo utilizadas na fabricação de molhos, geleias, conservas, preparados desidratados, remédios para reumatismos e dores crônicas, além da utilização em produtos para a pele. A partir da crescente demanda por esses produtos, o interesse de produtores e empresas pela matéria-prima aumentou grandemente. No entanto, uma das principais dificuldades encontradas pelos produtores é a baixa oferta de sementes de qualidade. A partir desse quadro, instituições de pesquisa públicas e privadas têm investido em estudos relacionados à tecnologia e à produção de sementes de pimentas.

A pimenta habanero é a mais brasileira de todas as espécies. É originária da região amazônica e é extremamente apreciada pelo seu sabor e picância inconfundíveis. Como as demais espécies de pimenta, a oferta de sementes de qualidade de pimenta habanero é limitada, sobretudo pelo desconhecimento do melhor estágio de colheita das sementes e a utilização de métodos de secagem adequados, que visem aumentar o potencial de armazenamento e o desempenho das sementes no campo.

O melhor estágio de colheita de sementes está relacionado ao ponto de maturidade fisiológica, momento em que as sementes atingem o máximo acúmulo de matéria seca. Para a definição do ponto ideal de colheita, é de suma importância o conhecimento do processo de maturação dos frutos e sua associação ao desenvolvimento das sementes. Muitos marcadores são utilizados para a determinação da maturidade fisiológica das sementes, como a mudança de coloração dos frutos (Barbedo et al., 1994; Valdes & Gray, 1998; Dias et al., 2006b), tamanho dos frutos, peso das sementes (Oliveira et al., 1999; Fessel et

al., 2001; Dias et al., 2006a, b; Costa et al., 2006) e teor de água (Demir & Ellis, 1992; Fessel et al., 2001; Araújo et al., 2006). A escolha do marcador dependerá do objetivo a ser alcançado.

Além do momento de colheita adequado, a secagem das sementes é muito importante no controle de qualidade nas empresas produtoras, principalmente considerando o fato de que quando as sementes atingem o ponto de maturidade fisiológica, elas se encontram com elevado teor de água. A secagem de sementes com elevado teor de água deve ser adotada de forma cuidadosa, para evitar danos de secagem com consequente perda de viabilidade e qualidade. Segundo Sanhewe & Ellis (1996), citados por Faria et al. (2003), a armazenabilidade de sementes, que é um indicativo de vigor, aumenta durante a fase de secagem na maturação. A secagem inicial de sementes com elevado teor de água a altas temperaturas afeta processos metabólicos importantes na qualidade, tais como a conversão de glicose a sacarose e a produção de enzimas chaves da germinação, dentre outros (Faria et al., 2003).

Desse modo, conhecer o momento ideal de colheita e do método de secagem adequado para sementes de pimenta é de suma importância para garantir a máxima qualidade e vigor no campo.

Nesse contexto, objetivou-se, com a realização deste trabalho, avaliar o efeito do estágio de maturação dos frutos e da secagem na qualidade de sementes de pimenta habanero yellow, visando à máxima qualidade das sementes.

2 MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi conduzida no Laboratório de Análises de Sementes e na área experimental do Departamento de Agricultura da Universidade Federal de Lavras (UFLA), em Lavras, MG. A cidade está localizada na região sul de Minas Gerais, coordenadas 21°14'S de latitude e 40°17'W de longitude, a 918,8 m de altitude.

Foram utilizadas sementes da variedade de pimenta habanero yellow (*Capsicum chinense* Jacquin).

As sementes de pimenta foram semeadas em bandejas de “isopor” com 72 células, contendo substrato comercial Plantimax-hortaliças para a formação das mudas, que foram transplantadas para a área experimental, do Departamento de Agricultura, após 45 dias da semeadura.

O ensaio, para a produção de sementes, foi conduzido na área experimental do Departamento de Agricultura da UFLA, em Latossolo Vermelho-Escuro (LE), textura argilosa, preparado convencionalmente. O transplântio das mudas foi realizado na segunda quinzena do mês de dezembro. Cada parcela foi composta de 2 linhas de 11 m de comprimento, com 11 plantas, espaçadas 1,5 m entre linhas.

As adubações, assim como os demais tratos culturais, foram realizadas de acordo com as recomendações para a cultura (Filgueira, 2003). Os dados de temperatura, umidade relativa, precipitação e insolação, durante o desenvolvimento das plantas, estão apresentados na Tabela 1A.

Utilizou-se o delineamento em blocos casualizados (DBC) com quatro repetições, tendo os frutos sido colhidos em quatro estádios de maturação, em cada bloco: E1 (50 dias após a antese, ou DAA; frutos completamente verdes), E2 (60 DAA; frutos com os primeiros sinais de amarelecimento), E3 (67 DAA;

frutos maduros, caracterizados pela cor laranja) e E4 (67 DAA; frutos maduros, caracterizados pela cor laranja, mantidos em repouso por 7 dias após a colheita).

As sementes foram extraídas manualmente com o auxílio de um estilete. Após a extração, todas as sementes foram desinfestadas com uma solução 1% de hipoclorito de sódio, por um minuto. Em seguida, as sementes permanecerem creca de 10 minutos sobre uma folha de papel de germinação para eliminar o excesso de água. Procedeu-se à instalação dos testes para avaliação da qualidade das sementes antes da secagem.

Parte das sementes foi submetida a quatro métodos de secagem: M1 (secagem artificial, a 45°C, até 8% de teor de água), M2 (secagem artificial, a 35°C, até 20% de teor de água e, na sequência, a 45°C, até 8% de teor de água), M3 (secagem artificial, a 35°C, até 8% de teor de água) e M4 (secagem natural à sombra). Foram utilizados secadores de pequena escala, construídos de acordo com Novratil & Burris (1982). Os secadores foram regulados para as temperaturas constantes de 35°C e 45°C.

As sementes secas de cada tratamento foram acondicionadas em embalagens impermeáveis e armazenadas em câmara fria a 10°C e 55% de umidade relativa, até as avaliações da sua qualidade fisiológica.

A qualidade fisiológica das sementes foi avaliada antes da secagem pelos testes de germinação, de emergência e envelhecimento acelerado. Após a secagem, a qualidade das sementes foi avaliada pelos testes de germinação, emergência e deterioração controlada.

2.1 Análise da qualidade das sementes

2.1.1 Teor de água

O teor de água das sementes foi avaliado em estufa, a 105±3°C, durante 24 horas, utilizando-se duas subamostras para cada tratamento, conforme as

Regras para Análise de Sementes – RAS (Brasil, 1992). Os resultados foram expressos em porcentagem média por tratamento.

2.1.2 Teste de germinação

A semeadura foi feita sobre duas folhas de papel mata-borrão, umedecidas com água, na proporção de três vezes o peso do substrato seco, em caixas plásticas tipo *gerbox*. As caixas foram mantidas em germinadores sob regime alternado de temperatura e luz (20°C/16 horas no escuro e 30°C/8 horas na presença de luz). Aos 7 e aos 14 dias, foram realizadas as contagens do número de plântulas normais, segundo as Regras para Análise de Sementes – RAS (Brasil, 1992). Cada tratamento foi composto de quatro repetições com 50 sementes. Os resultados foram expressos em porcentagem de plântulas normais.

2.1.3 Teste de deterioração controlada

Inicialmente, o teor de água das sementes foi elevado para 24% de água, por meio do método da atmosfera úmida (Rosseto et al., 1995). Para isso, amostras de 200 sementes foram acondicionadas sobre uma tela metálica em caixas plásticas tipo *gerbox* com 40 mL de água destilada no fundo. Essas caixas, tampadas, foram mantidas em incubadora, a 20°C. Durante o umedecimento artificial, os teores de água foram monitorados por meio de pesagens sucessivas com intervalos de duas horas, sendo na última hora realizadas em intervalos de 15 minutos, até a obtenção do teor de água desejado. Numa segunda etapa, as sementes a 24% de teor de água foram deterioradas por 24 horas a 45°C (Ilbi et al., 2007). Em seguida, procedeu-se o teste de germinação com quatro repetições de 50 sementes (Brasil, 1992). Foram avaliadas as porcentagens de plântulas normais aos 7 e aos 14 dias após a semeadura.

2.1.4 Teste de emergência

A semeadura foi realizada em bandejas multicelulares de “isopor” com células separadas, contendo substrato comercial (Plantimax-hortaliças). As bandejas foram mantidas em casa de vegetação dotada de sistema de nebulização intermitente, à temperatura de 25° a 30°C. Cada tratamento foi composto por quatro repetições de 50 sementes. Foram realizadas avaliações diárias a partir do início da emergência, computando-se o número de plântulas emersas até a estabilização do estande. Foi computada a porcentagem de plântulas normais aos 30 dias.

2.1.5 Teste de envelhecimento acelerado

Foram utilizadas caixas plásticas tipo *gerbox*, como compartimento individual (minicâmara), com bandeja com tela de alumínio, em que as sementes foram distribuídas de maneira a formarem camada uniforme. Dentro de cada compartimento individual, foram adicionados 40 mL de água destilada. As caixas tampadas foram mantidas em incubadora por 72 horas, a 38°C. Decorrido esse período de envelhecimento, 4 amostras de 50 sementes por tratamento foram colocadas para germinar, conforme a metodologia descrita para o teste de germinação. A avaliação foi realizada aos 14 dias após a semeadura. Os resultados foram expressos em porcentagem média de plântulas normais para cada tratamento (Torres, 2005).

2.2 Análise de isoenzimas

As análises de isoenzimas foram realizadas em sementes colhidas nos diferentes estádios de desenvolvimento, antes da secagem.

Preparo das amostras

Duas amostras de sementes de cada tratamento foram maceradas em mortar com nitrogênio líquido. Foram retiradas subamostras de 100 mg, às quais

se adicionou o tampão de extração (Tris HCl 0,2 M pH 8) na quantidade de 2,5 vezes o peso de cada amostra e 0,1% de β -mercaptoetanol. O material foi mantido em geladeira *over night* e, depois, foi centrifugado a 14.000 xg, por 30 minutos, a 4°C. A corrida eletroforética foi em sistema de géis de poliacrilamida a 7,5% (gel separador) e 4,5% (gel concentrador). O sistema gel/eletrodo utilizado foi o Tris-glicina pH 8,9. Foram aplicados 50 μ L do sobrenadante das amostras no gel e a corrida eletroforética foi efetuada a 120 V por 5 horas.

Revelação das enzimas

As enzimas esterase, superóxido dismutase, peroxidase, malato desidrogenase e álcool desidrogenase foram reveladas de acordo com Alfenas et al. (1991).

Endo- β -mananase

Foram adicionados 300 μ L do tampão de extração (0,1 M HEPES; 0,5 M de NaCl pH 8,0; ácido ascórbico na proporção de 5 mg do ácido para cada mL de tampão) em cada microtubo com 100 mg de pó de cada amostra. Em seguida, os microtubos contendo as amostras foram agitados em agitador tipo *vortex* por 1 minuto e centrifugados, a 10.000 xg por 30 minutos, a 4 °C. O sobrenadante foi aplicado em gel (6 mL de *locust bean gum*, ou LBG -Sigma nr 0753); 0,24 g de agarose (Qbiogene); 24 mL de tampão pH 5,0 (11 mL de ácido cítrico 1M, 50 mL de Na₂HPO₄ e 149 mL de água destilada). O LBG 0,5% foi preparado aquecendo-se a solução por 2 horas, a 80°C, seguido de resfriamento em temperatura ambiente.

Os suportes do gel com U-frame (Pharmacia 8001106-89) (vidros) foram limpos com etanol. Esse suporte foi coberto com *gelbond film* (Pharmacia nr 80-112932), ficando o lado hidrofóbico em contato com o primeiro vidro, para que o lado hidrofílico ficasse em contato com o gel. O *gelbond* foi coberto com o

segundo suporte e esses suportes foram unidos por prendedores. O gel foi aquecido em micro-ondas, por 1 minuto, até a total dissolução da agarose. Pelo mesmo período, o suporte foi aquecido em estufa, a 80°C, para que não houvesse risco de trincar o vidro por diferença de temperatura entre o vidro e o gel. Foi feita a aplicação do gel em temperatura ambiente. Após a solidificação, o gel foi armazenado em geladeira por um período de 24 horas. O gel foi furado com furador de 2 mm de diâmetro e esses furos foram succionados para a retirada de restos de gel com bomba a vácuo. Foram aplicados 2 µL do extrato da amostra por furo, em três repetições de cada amostra. O gel foi transferido para um germinador, a 25°C, pelo período de 21 horas, no escuro, em câmara úmida.

Para a revelação, o gel foi inicialmente lavado em água destilada e, em seguida, lavado em tampão (tampão do gel) por 30 minutos e novamente lavado em água destilada. Logo após, o gel foi coberto com o corante vermelho congo 0,5% por 30 minutos e colocado em etanol por 10 minutos para a remoção do corante. Removido o etanol com água destilada, foi adicionada uma solução 1M de NaCl até a observação visual da formação de halos brancos nos furos que continham as amostras. Nesse momento, foi feita a medição do diâmetro das amostras em duas direções com um paquímetro, resultando em um valor médio. Para o cálculo da atividade da enzima, foi feita uma comparação com a curva padrão gerada pela endo-β-mananase comercial de *Aspergillus niger* (Megazyme). O cálculo da atividade da enzima endo-β-mananase foi realizado segundo Downie (1994).

2.3 Delineamento experimental

O delineamento experimental utilizado nos testes para a avaliação da qualidade das sementes de pimenta foi o delineamento em blocos casualizados,

em esquema fatorial 4x4, cujos fatores foram estágio de maturação (E1, E2, E3 e E4) e método de secagem (M1, M2, M3 e M4).

Foi realizada a análise de variância para todos os testes, utilizando o programa estatístico Sisvar (Ferreira, 2000). Os dados em porcentagem foram transformados por $\sqrt{y+0,5} - \text{SQRT}(y+0,5)$.

Para a comparação entre as médias, empregou-se o Teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade. A avaliação dos padrões enzimáticos foi feita de acordo com a intensidade das bandas, utilizando-se a superfície de um transiluminador.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Avaliação da qualidade das sementes antes da secagem

O efeito do estágio de maturação dos frutos foi significativo ($p < 0,05$), pelo teste de F, em relação à germinação e ao vigor das sementes de pimenta Habanero (Tabela 1).

As sementes colhidas em todos os estádios de maturação apresentaram elevados teores de água (Tabela 2). As porcentagens de germinação e de emergência de plântulas das sementes colhidas 67 dias após a antese (DAA) e que ficaram em repouso nos frutos por sete dias (estádio E4) foram maiores que as porcentagens de germinação e de emergência das sementes colhidas aos 67 DAA, mas que não ficaram em repouso nos frutos (estádio E3); já as sementes colhidas em estádios iniciais de desenvolvimento, aos 50 e 60 DAA (estádios E1 e E2), respectivamente, praticamente não germinaram e a emergência também foi muito baixa (Tabela 2). Vale salientar que a emergência foi avaliada aos 30 dias, pois, aos 14 dias após a semeadura, como previsto na metodologia, nenhuma plântula havia emergido. Muitos autores têm concluído em seus trabalhos com espécies de pimenta que a emergência das plântulas é lenta e irregular, mesmo sob condições favoráveis (Gerson & Honma, 1978; Randle & Honma, 1981; Edwards & Sundstrom, 1987; Lakshmanan & Berke, 1998).

Belletti & Quagliotti (1989) relataram que é alta a porcentagem de sementes que não germinam até 14 dias após a semeadura, podendo ser necessário um período de até 45 dias para que a maioria das sementes de um lote germine satisfatoriamente. Randle & Honma (1981) avaliaram sementes de 19 cultivares de pimenta e observaram que a emergência de plântulas ocorreu de 14 a 23 dias.

Provavelmente, as porcentagens reduzidas de germinação e emergência se devem à dormência das sementes, pois, durante a avaliação do teste de germinação, foi observada a presença de sementes embebidas sem protrusão radicular. No entanto, essas sementes não estavam mortas, o que pode ser constatado por meio do teste de tetrazólio. As sementes embebidas estavam viáveis, sem quaisquer sintomas de deterioração.

Segundo Lakshmanan & Berke (1998), Bosland (1999) e Nascimento (1998), sementes recém-colhidas de espécies do gênero *Capsicum* podem apresentar dormência.

Randle & Honma (1981) afirmaram que o genótipo e a idade do fruto influenciam a intensidade de dormência das sementes e que sementes extraídas de frutos supermaduros germinam mais rapidamente, havendo aumento da intensidade de dormência com o decréscimo da idade do fruto.

O vigor das sementes, avaliado pelo teste de envelhecimento acelerado, foi maior para as sementes colhidas aos 67 DAA (E3 e E4); nos estádios E1 e E2, a germinação das sementes após o envelhecimento acelerado foi praticamente nula (Tabela 2).

Vale salientar que, nos estádios E1 e E2, as sementes, provavelmente, ainda não haviam atingido a maturidade fisiológica. Logo, a ocorrência de dormência associada à imaturidade fisiológica das sementes fundamenta a germinação e o vigor reduzidos das sementes colhidas aos 50 e 60 DAA.

TABELA 1 Resumo da análise de variância dos dados referentes a germinação (TG), emergência (TE) e germinação após o envelhecimento acelerado (EA) de sementes de pimenta habanero yellow (*Capsicum chinense* Jacquin) colhidas em diferentes estádios de maturação.

Fonte de variação	GL	QM		
		TG	TE	EA
Estádio de maturação	3	45,761172*	43,779924*	26,535766*
Blocos	3	0,231767	0,389150	0,711954
Erro	9	0,381607	1,883691	0,594495
CV (%)		12,79	33,19	21,42

* Teste de F, significativo a 5% de probabilidade.

TABELA 2 Porcentagens de germinação (TG), emergência (TE) e germinação após o envelhecimento acelerado (EA) e teor de água (U) de sementes de pimenta habanero yellow (*Capsicum chinense* Jacquin) colhidas em diferentes estádios de maturação (E1, E2, E3 e E4).

Estádio	TG	TE	EA	U
E1	3,0 c	1,0 c	0,0 c	67,0
E2	4,0 c	4,0 c	4,0 c	59,0
E3	48,0 b	31,0 b	29,0 b	56,0
E4	72,0 a	68,0 a	39,0 a	55,0

*As médias seguidas pela mesma letra (na coluna) não diferem entre si, pelo teste de Scott Knott, a 5% de probabilidade.

Já os maiores valores de germinação e vigor das sementes colhidas 67 DAA podem ser claramente explicados pela maturidade fisiológica das mesmas. Quando as sementes atingem a maturidade fisiológica, são capazes de germinar e gerar plântulas normais, pois apresentam todos os aparatos químicos e fisiológicos necessários para tal. Muitos autores chegaram a resultados semelhantes estudando o ponto de maturidade fisiológica de sementes de *Capsicum* (Sanchez et al., 1993; Demir, 2002; Vidigal, 2008).

Segundo Nascimento e Freitas (2006), em espécies cujas sementes estão contidas em frutos carnosos, como nas pimentas, os valores máximos de

germinação, vigor e acúmulo de matéria seca ocorrem quando as sementes atingem a maturidade fisiológica. Demir (2002), testando o efeito do envelhecimento artificial em sementes de pimentão colhidas em diferentes estádios, observou que a máxima qualidade ocorreu aos 60 e 70 dias após a antese, no ano de 2000, e aos 65, 70 e 75 dias após a antese, em 2001. Do mesmo modo, Vidigal (2008), ao estudar o processo de maturação de sementes de pimenta, variedade Amarela Comprida, observou que a maturidade fisiológica ocorreu aos 70 dias após a antese, quando o teor de água delas era de 46% e que a qualidade fisiológica das sementes foi máxima entre 65 e 70 dias após a antese, quando os frutos estavam com a cor vermelha e vermelho-intensa, respectivamente.

Pela análise da enzima endo- β -mananase (Figura 1), pode-se ratificar que as sementes oriundas de frutos colhidos nos estádios E3 e E4 já haviam atingido a maturidade fisiológica, apresentando o completo desenvolvimento dos mecanismos enzimáticos envolvidos na germinação. A atividade dessa enzima, que é chave na germinação de sementes de pimenta, foi maior nos estádios mais avançados de desenvolvimento. Em sementes de tomate, o amolecimento do endosperma está diretamente ligado ao aumento da atividade da enzima endo- β -mananase (Groot & Karssen, 1987; Nonogakii et al., 1992). Por meio de resultados de pesquisas, supõe-se que o controle da germinação pelo tegumento é ativado pela combinação ou ação sucessiva de inúmeras proteínas modificadoras da parede celular, incluindo endo- β -1,4-mananase e endo- β -1,3-glucanase (Hilhorst, 1995; Bewley, 1997; Bailly, 2004; Kucera et al., 2005).

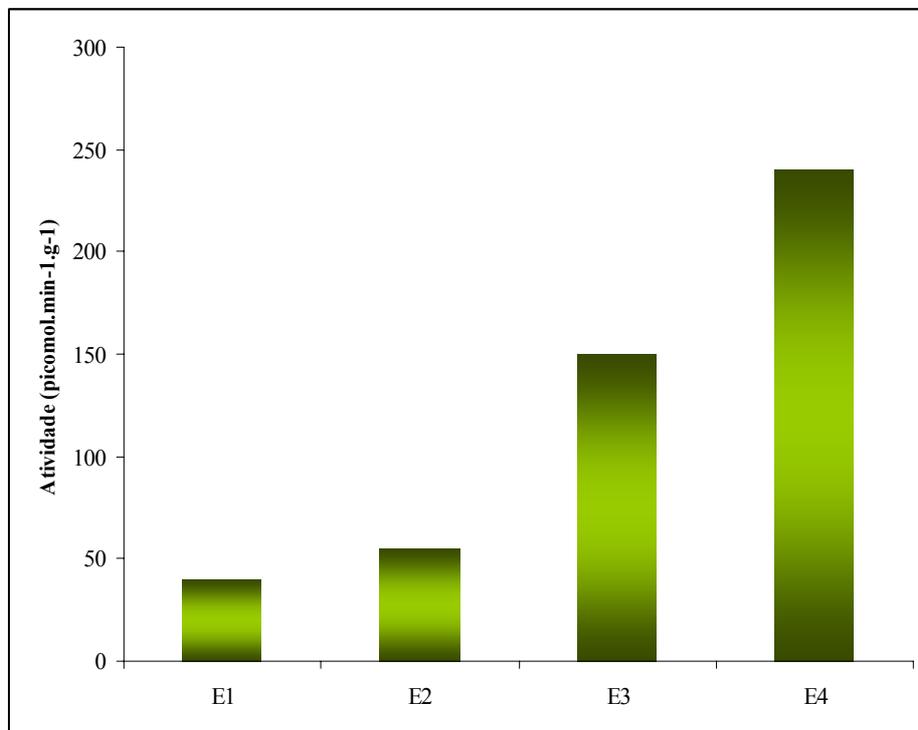


FIGURA 1 Atividade da enzima endo- β -mananase em sementes de pimenta habanero yellow nos estádios de maturação E1, E2, E3 e E4.

Por meio da análise dos padrões enzimáticos das sementes de pimenta Habanero, observou-se maior atividade da esterase nos estádios E1 e E2 (Figura 2). Essa maior atividade deve-se à imaturidade fisiológica das sementes. A esterase é uma enzima que participa da hidrólise de ésteres de membrana. Esse fato demonstra maior peroxidação de lipídios, uma vez que essa enzima está envolvida em reações de hidrólise de ésteres, estando diretamente ligada ao metabolismo de lipídios (Santos et al., 2004). Muitos desses lipídios são constituintes de membranas, cuja degradação aumenta com a desorganização do sistema de membranas.

Não foram observadas diferenças nos padrões enzimáticos da superóxido dismutase (SOD) e malato desidrogenase (MDH) das sementes colhidas nos quatro estádios.

—	—			—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
				—	—	—	—				
				—	—	—	—				
E1	E2	E3	E4	E1	E2	E3	E4	E1	E2	E3	E4
Esterase				SOD				MDH			

FIGURA 2 Padrões enzimáticos de sementes de pimenta habanero yellow colhidas em quatro estádios de maturação (E1, E2, E3 e E4), revelados para a esterase (EST), superóxido dismutase (SOD) e malato desidrogenase (MDH).

3.2 Avaliação da qualidade das sementes após a secagem

O efeito do estádio de maturação dos frutos foi significativo ($p < 0,05$), pelo teste de F, na germinação e no vigor das sementes de pimenta Habanero após a secagem; já o efeito da secagem foi significativo ($p < 0,05$), pelo teste de F, no vigor das sementes, não apresentando efeito sobre a germinação (Tabela 3).

Em concordância com os resultados obtidos antes da secagem, os maiores valores de germinação e vigor foram observados nas sementes colhidas aos 67 DAA (estádios E3 e E4) (Tabela 4). Nos estádios E1 e E2, 50 e 60 DAA, respectivamente, a germinação e o vigor foram praticamente nulos. Geralmente, frutos imaturos, de coloração verde, produzem sementes com baixo vigor e baixo poder germinativo ou até inférteis (Nascimento & Freitas, 2006).

Barbedo et al. (1994) relatam que sementes de berinjela obtidas de frutos com 50 dias de idade devem ser submetidas a 15 dias de armazenamento pós-colheita para que atinjam qualidade fisiológica adequada. Resultado semelhante foi obtido por Sanchez et al. (1993), analisando sementes de pimentão colhidas aos 50 DAA. Após o período de repouso nos frutos, sete dias, não houve diferença significativa nos testes de germinação nem de deterioração controlada das sementes oriundas de frutos colhidos no estágio E4, mas, a emergência das plântulas foi maior, corroborando as conclusões de Randle & Honma (1981), de que sementes extraídas de frutos supermaduros germinam mais rapidamente e apresentam menor intensidade de dormência. Vale ressaltar que as sementes podem atingir a maturidade após a colheita dos frutos, quando estes passam por um período de descanso ou repouso que varia de 7 a 10 dias, em local fresco e ventilado, antes da extração das sementes. Neste caso, sementes imaturas ainda presentes no fruto completam o seu desenvolvimento, resultando em melhor qualidade fisiológica e maior rendimento (Dias, 2001).

TABELA 3 Resumo da análise de variância dos dados referentes à porcentagem de germinação (TG), emergência (TE) e germinação após a deterioração controlada (DC) de sementes de pimenta habanero yellow (*Capsicum chinense* Jacquin) colhidas em diferentes estádios de maturação e submetidas a diferentes métodos de secagem.

Fonte de variação	GL	QM		
		TG	TE	DC
Estádio de desenvolvimento	3	145,817815*	283,780236*	261,901631*
Secagem	3	1,816188	4,822704*	1,827850*
E x S	9	3,057570	0,616537	0,765056
Bloco	3	2,349490	0,424726	0,251761
Erro	45	3,564461	0,322392	0,428499
CV (%)		54,45	10,63	15,44

* Teste de F significativo, a 5% de probabilidade.

TABELA 4 Porcentagem de germinação (TG), emergência (TE), germinação após a deterioração controlada (DC) e de teor de água (U) de sementes de pimenta habanero yellow (*Capsicum chinense* Jacquin) colhidas em diferentes estádios de maturação (E1, E2, E3 e E4) e submetidas a diferentes métodos de secagem (M1, M2, M3 e M4).

Estádio	TG	TE	DC	U
E1	0,0 b	1,0 d	0,0 b	67,0
E2	1,0 b	7,0 c	0,0 b	59,0
E3	40,0 a	76,0 b	58,0 a	56,0
E4	46,0 a	84,0 a	63,0 a	55,0

*As médias seguidas pela mesma letra (na coluna) não diferem entre si, pelo teste de Scott Knott, a 5% de probabilidade.

No momento da secagem as sementes apresentavam elevados teores de água (Tabela 4) e foram secadas até 8% de teor de água por diferentes métodos. A secagem natural, à sombra, método M4 e a secagem artificial, a 35 °C, método M3, foram as mais efetivas, pois não afetaram negativamente o vigor das sementes (Tabela 5). Esses dois métodos empregados simularam uma secagem lenta. Segundo Marcos Filho (2005), durante a secagem natural das sementes no campo, as mesmas perdem água gradativamente, o que permite o desenvolvimento dos mecanismos de tolerância que as prepara para resistir às consequências da desidratação.

TABELA 5 Porcentagem de germinação (TG), emergência (TE) e germinação após a deterioração controlada (DC) de sementes de pimenta habanero yellow (*Capsicum chinense* Jacquin.) submetidas a diferentes métodos de secagem (M1, M2, M3 e M4).

Secagem	TG	TE	DC
M1	20,0 a	36,0 b	25,0 b
M2	21,0 a	38,0 b	27,0 b
M3	27,0 a	44,0 a	33,0 a
M4	19,0 a	50,0 a	36,0 a

*As médias seguidas pela mesma letra (na coluna) não diferem entre si, pelo teste de Scott Knott, a 5% de probabilidade.

Já os métodos de secagem artificiais, empregando temperaturas de 45°C (métodos M1 e M2), foram menos efetivos, pois o vigor das sementes foi menor. De acordo com Sanhewe & Ellis (1996), citados por Faria et al. (2003), a armazenabilidade de sementes, que é um indicativo de vigor, aumenta durante a fase de secagem na maturação. A secagem inicial de sementes com elevado teor de água, a altas temperaturas, afeta processos metabólicos importantes na qualidade, tais como a conversão de glicose à sacarose, a produção de enzimas-chaves da germinação, dentre outros (Faria et al., 2003). Além dos aspectos químicos, a secagem de sementes com elevados teores de água a altas temperaturas pode causar danos irreparáveis ao sistema de membranas, prejudicando o seu desempenho fisiológico, levando ao desenvolvimento de plântulas anormais (Faria et al., 2003). Mesmo com a utilização de uma pré-secagem a 35°C, até que as sementes atingissem 20% de teor de água, método M2, a posterior utilização de uma temperatura mais elevada, 45°C, pode ter causado danos de secagem às sementes. A secagem rápida de sementes com elevado teor de água induz a processos oxidativos e à produção de radicais livres, que podem ser removidos por mecanismos enzimáticos, tais como superóxido dismutase (SOD), catalase (CAT) e enzimas do ciclo ascorbato-glutationa. A atividade dessas enzimas está relacionada à aquisição de tolerância à dessecação, como foi detectado por Bailly et al. (2001), em sementes de feijão e por Brandão Júnior (2000), em café.

Para sementes de milho colhidas com elevado teor de água, o pré-condicionamento a 35°C, seguido pela secagem a 45°C, levou ao desenvolvimento da tolerância à dessecação; nesse caso, a secagem inicial à baixa temperatura simulou uma condição de campo e foi efetiva em promover os mecanismos de proteção à perda rápida de água pelas sementes (Faria et al., 2003), o que não aconteceu nas sementes de pimenta.

4 CONCLUSÕES

As sementes de pimenta habanero yellow podem ser colhidas a partir de 67 dias após a antese, quando os frutos estão completamente maduros.

A secagem artificial das sementes de pimenta habanero yellow pode ser conduzida à temperatura de 35°C.

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALFENAS, A. C.; PETRES, I.; BRUCE, W.; PASSADOS, G. C. **Eletroforese de proteínas e isoenzimas de fungos e essências florestais**. Viçosa, MG: UFV, 1991. 242 p.

ARAÚJO, E. F.; SOFIATTI, V.; SILVA, R. F. Maturação de sementes de milho-doce: grupo super doce. **Revista Brasileira de Sementes**, Pelotas, v. 28, n. 2, p. 69-76, 2006.

BAILLY, C. Active oxygen species and antioxidants in seed biology. **Seed Science Research**, Wallingford, n. 14, p. 93-107, 2004.

BAILLY, C.; AUDIGIER, C.; LADONNE, F.; WAGNER, M. H.; COSTE, F.; CORBINEAU, F.; CÔME, D. Changes in oligosaccharide content and antioxidant enzyme activities in developing bean seeds as related to acquisition of drying tolerance and seed quality. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v. 52, n. 357, p. 701-708, Apr. 2001.

BARBEDO, A. S. C.; ZANIN, A. C. W.; BARBEDO, C. J.; NAKAGAWA, J. Efeitos da idade e do período de repouso pós-colheita dos frutos sobre a qualidade de sementes de berinjela. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 12, n. 1, p. 18-21, 1994.

BELLETTI, P.; QUAGLIOTTI, L. Problems of seed production and storage of pepper. In: **TOMATO and pepper productions in the tropics**. Taipei: Asian Vegetable Research and Development Center, 1989. p. 28-41.

BEWLEY, J. D. Seed Germination and dormancy. **The Plant Cell**, Waterbury, v. 9, p. 1055-1066, 1997.

BOSLAND, P. W.; VOTAVA, E. J. **Peppers: vegetable and spice capsicums**. Wallingford: CAB International, 1999. 204 p. (Crop Production Science in Horticulture, 12).

BRANDÃO JÚNIOR, D. da S. **Marcadores da tolerância à dessecação de sementes de cafeeiro**. 2000. 144 p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.

BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. **Regras para análise de sementes**. Brasília, 1992. 365 p.

COSTA, C. J.; CARMONA, R.; NASCIMENTO, W. M. Idade e tempo de armazenamento de frutos e qualidade fisiológica de sementes de abóbora híbrida. **Revista Brasileira de Sementes**, Pelotas, v. 28, n. 1, p. 127-132, 2006.

DEMIR, I. The effect of controlled hydration treatment on germination and seedling emergence of unaged and aged pepper seeds during development. **Israel Journal of Plant Sciences**, Jerusalem, v. 50, n. 4, p. 251-257, 2002.

DEMIR, I.; ELLIS, R. H. Changes in seed quality during seed development and maturation in tomato. **Seed Science Research**, Wallingford, v. 2, p. 81-87, 1992.

DIAS, D. C. F. Maturação de sementes. **Seed News**, Pelotas, v. 5, n. 6, p. 22-24, 2001.

DIAS, D. C. F. S.; RIBEIRO, F. P.; DIAS, L. A. S.; SILVA, D. J. H.; VIDIGAL, D. S. Maturação de sementes de tomate em função da ordem de frutificação na planta. **Revista Ceres**, Viçosa, MG, v. 53, n. 308, p. 446-456, 2006.

DIAS, D. C. F. S.; RIBEIRO, F. P.; DIAS, L. A. S.; SILVA, D. J. H.; VIDIGAL, D. S. Tomato seeds quality in relation to fruit maturation and post-harvest storage. **Seed Science and Technology**, Zurich, v. 34, n. 3, p. 691-699, 2006c.

DOWNIE, B.; HILLHORST, H. W. M.; BEWLEY, J. D. A new assay for quantifying endo- β -mannanase activity using Congo Red dye. **Phytochemistry**, London, v. 36, p. 829-835, 1994.

EDWARDS, R. S.; SUNDSTROM, F. J. After-ripening and harvesting effects on Tabasco pepper seed germination performance. **HortScience**, Alexandria, v. 22, n. 3, p. 473-475, 1987.

FARIA, M. A. V. de R.; PINHO, R. G. von; PINHO, E. V. de R. von; GUIMARÃES, R. M. **Marcadores moleculares da qualidade fisiológica de sementes**. Lavras: UFLA/FAEPE, 2003.

FERREIRA, D. F. Análises estatísticas por meio do SISVAR para Windows® versão 4.0. In: REUNIÃO ANUAL DA REGIÃO BRASILEIRA DA SOCIEDADE INTERNACIONAL DE BIOMETRIA, 45., 2000, São Carlos. **Programas e resumos...** São Carlos: UFSCar, 2000. p. 235.

FESSEL, S. A.; VIEIRA, R. D.; MENDONÇA, E. A. F.; CARVALHO, R. V. Maturação fisiológica de sementes de milho. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 23, n. 1, p. 191-197, 2001.

FILGUEIRA, F. A. R. **Solanáceas**: agrotecnologia moderna na produção de tomate, batata, pimentão, pimenta, berinjela e jiló. Viçosa, MG: UFV, 2003. 333 p.

GERSON, R.; HONMA, S. Emergence response of the pepper at low soil temperature. **Euphytica**, Dordrecht, v. 27, n. 1, p. 151-156, Feb. 1978.

GROOT, S. P. C.; KARSSSEN, C. M. Gibberellins regulate seed germination in tomato by endosperm weakening: a study with gibberelin-deficient mutants. **Planta**, Berlin, n. 171, p. 525-531, 1987.

HILHORST H. W. M. A critical update on seed dormancy. I. Primary dormancy. **Seed Science Research**, Wallingford, v. 5, p. 61-73, 1995.

ILBI, H.; KAVAK, S.; ESER, B. Controlled deterioration test predicts vigour and field emergence in pepper seed lots. In: ISTA CONGRESS, 28., 2007; CONGRESSO BRASILEIRO DE SEMENTES, 15., 2007, Foz do Iguaçu. **Seed symposium...** Foz do Iguaçu: [s. n.], 2007. p. 7-9.

KUCERA, B.; COHN, M. A.; LEUBNER-METZGER, G. Plant hormone interactions during seed dormancy release and germination. **Seed Science Research**, Wallingford, n. 15, p. 281-307, 2005.

LAKSHMANAN, V.; BERKE, T. G. Lack of primary seed dormancy in pepper (*Capsicum* spp.). **Capsicum and Eggplant Newsletter**, Grugliasco, v. 17, p. 72-75, 1998.

MARCOS FILHO, J. M. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. Piracicaba: FEALQ, 2005. 496 p. (FEALQ. Biblioteca de Ciências Agrárias Luiz de Queiroz, 12).

NASCIMENTO, W. M. Condicionamento osmótico de sementes de hortaliças: potencialidades e implicações. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 16, n. 12, p. 106-109, nov. 1998.

NASCIMENTO, W. M.; FREITAS, R. A. Produção de sementes de pimentas. In: RIBEIRO, C. S. C.; HENZ, G. P.; CARVALHO, S. I. C.; LOPES, C. A. (Org.). **Cultivo de pimentas (*Capsicum spp.*) no Brasil**. Brasília: Embrapa Hortaliças, 2006. p. 30-39.

NONOGAKI, H.; MATSUSHIMA, H.; MOROHASHI, Y. Galactomannan hydrolyzing activity develops during priming in the micropylar endosperm tip of tomato seeds. **Physiologia Plantarum**, Copenhagen, v. 85, n. 2, p. 167-172, June 1992.

NOVRATIL, R. J.; BURRIS, J. S. Small-scale dryer designer. **Agronomy Journal**, Madison, v. 74, n. 1, p. 159-161, Jan./Feb. 1982.

OLIVEIRA, A. P.; GONÇALVES, C. P.; BRUNO, R. L. A.; ALVES, E. U. Maturação fisiológica de sementes de pimentão, em função de idade de frutos após a antese. **Revista Brasileira de Sementes**, Pelotas, v. 21, n. 2, p. 88-94, 1999.

RANDLE, W. M.; HONMA, S. Dormancy in peppers. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 14, p. 19-25, 1981.

ROSSETO, C. A. V.; FERNANDEZ, E. M.; MARCOS FILHO, J. Metodologias de ajuste do grau de umidade e comportamento das sementes de soja no teste de germinação. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 17, n. 2, p. 171-178, 1995.

SANCHEZ, V. M.; SUNDSTROM, F. J.; MCCLURE, G. N.; LANG, N. S. Fruit maturity, storage and posharvest maturation treatments affect bell pepper (*Capsicum annuum* L.) seed quality. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 54, n. 3, p. 191-201, June 1993.

SANTOS, C. M. R.; MENEZES, N. L.; VILLELA, F. A. Alterações fisiológicas e bioquímicas em sementes de feijão envelhecidas artificialmente. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 26, n. 1, p. 110-119, 2004.

TORRES, S. B. Envelhecimento acelerado em sementes de pimenta-malagueta (*Capsicum frutescens* L.). **Revista Ciência Agrônômica**, Fortaleza, v. 36, n. 1, p. 98-104, jan./abr. 2005.

VALDES, V. M.; GRAY, D. The influence os stage of fruit maturation on seed quality in tomato (*Lycopersicon lycopersicum* (L.) Karsten). **Seed Science and Technology**, Zurich, v. 26, p. 309-318, 1998.

VIDIGAL, D. S. **Alterações fisiológicas e bioquímicas em sementes de pimenta em função do estágio de maturação dos frutos**. 2008. 77 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

CAPÍTULO 3

ESTÁDIO DE MATURAÇÃO E SECAGEM NA QUALIDADE FISIOLÓGICA DE SEMENTES DE PIMENTA MALAGUETA (*Capsicum frutescens* L.)

RESUMO

Nos últimos anos, houve aumento da demanda por pimentas pungentes, como a malagueta, sobretudo por parte das indústrias alimentícia, farmacêutica e de cosméticos. Esse mercado tem movimentado milhares de reais a cada ano, no entanto, o desconhecimento dos fatores de produção associados às sementes tornou-se um agravante para o amplo crescimento da produção brasileira. Nesta pesquisa, objetivou-se avaliar os efeitos do estágio de maturação dos frutos e da secagem na qualidade das sementes de pimenta Malagueta. O delineamento experimental foi o DBC, com dois estádios de desenvolvimento dos frutos (E1 - 67 dias após a antese, ou DAA); frutos maduros, caracterizados pela cor vermelha e E2 - 67 DAA, frutos maduros, caracterizados pela cor vermelha, mantidos em repouso por 7 dias após a colheita) X três métodos de secagem (M1 - secagem artificial, a 45°C, até 8% de teor de água; M2 - secagem artificial, a 35°C, até 8% de teor de água e M3 - secagem natural à sombra até 8% de teor de água), com quatro repetições. A qualidade fisiológica das sementes antes da secagem foi avaliada por meio dos testes de germinação, emergência e envelhecimento acelerado, além da análise das isoenzimas esterase, superóxido dismutase, peroxidase, malato desidrogenase, álcool desidrogenase e da endo- β -mananase. Após a secagem, a qualidade fisiológica das sementes foi avaliada pelos testes de germinação, emergência, envelhecimento acelerado e condutividade elétrica. O período de repouso das sementes nos frutos por sete dias reduziu a qualidade fisiológica das sementes; já a secagem não afetou a germinação e vigor das mesmas.

MATURATION STAGE AND DRYING IN THE PHYSIOLOGICAL QUALITY OF 'MALAGUETA' PEPPER (*Capsicum frutescens* L.)

ABSTRACT

In the last few years the demand for piquant peppers, like 'Malagueta', has increased, especially by the food, pharmaceutical and cosmetic industries. This market has involved thousands of dollars every year, however the lack of knowledge on the production factors associated to seeds has become a difficulty for the larger increase in the Brazilian production. In this research, the objective was to evaluate the fruits developmental stage and drying effects in the quality of 'Malagueta' pepper. Experimental design was randomized blocks, with two developmental stages of the fruits (E1 – 67 DAA (days after anthesis); ripe fruits, characterized by the red color; and E2 – 67 DAA; ripe fruits, characterized by the red color, kept still for 7 days after harvest) *versus* four drying methodologies for the two species (M1 – artificial drying, at 45°C up to 8% water content; M2 – artificial drying, at 35°C up to 8% water content; and M3 – natural drying under shade up to 8% water content), with four replicates. Physiological quality of seeds before drying was assessed by germination, emergence and accelerated aging tests, besides the isozymes analyses (esterase, superoxide dismutase, peroxidase, malate dehydrogenase, alcohol dehydrogenase and endo- β -mannanase). After drying, physiological quality of the seeds was assessed by germination, emergence electrical conductivity and accelerated aging tests. The seven-day period inside the fruits reduced the seeds physiological quality, and drying did not affect germination and vigor.

1 INTRODUÇÃO

A produção de sementes de baixa qualidade tem dificultado a crescente expansão do mercado de pimentas no Brasil. Nos últimos anos, houve aumento da demanda por pimentas pungentes, como a malagueta, sobretudo por parte das indústrias alimentícias, farmacêutica e de cosméticos. Esse mercado tem movimentado milhares de reais a cada ano, no entanto, o desconhecimento dos fatores que afetam a produção associados às sementes tornou-se um agravante para o amplo crescimento da produção brasileira. Motivadas por esse quadro, instituições de pesquisa estão conduzindo estudos sobre tecnologia e produção de sementes.

A pimenta malagueta é muito apreciada pelas indústrias por apresentar elevada pungência e, sobretudo, sabor peculiar. Um dos entraves encontrados pelos produtores é a falta de sementes de qualidade dessa espécie.

O conhecimento do melhor momento de colheita, associado ao método de secagem adequado é importante para a produção e a comercialização de sementes com alta qualidade.

Em geral, o desenvolvimento do fruto e da semente ocorre simultaneamente e de forma sincronizada (Carvalho & Nakagawa, 2000). O acompanhamento do desenvolvimento das sementes é feito com base nas modificações que ocorrem em algumas características físicas e fisiológicas, como tamanho, teor de água, conteúdo de matéria seca acumulada, germinação e vigor (Dias, 2001). De modo geral, em hortaliças de frutos carnosos, como pimentão e tomate, a maturidade das sementes, geralmente, coincide com o início da mudança de coloração dos frutos. Segundo Nascimento & Freitas (2006), em espécies cujas sementes estão contidas em frutos carnosos, como nas pimentas, os valores máximos de germinação, vigor e acúmulo de matéria seca ocorrem quando as sementes atingem a maturidade fisiológica.

Quando as sementes atingem a maturidade fisiológica, geralmente estão com elevado teor de água, sendo imprescindível a utilização de um método de secagem apropriado. A secagem de sementes com elevado teor de água deve ser adotada de forma cuidadosa, para evitar danos de secagem com consequente perda de viabilidade e qualidade. Segundo Sanhewe & Ellis (1996), citados por Faria et al. (2003), a armazenabilidade de sementes, que é um indicativo de vigor, aumenta durante a fase de secagem na maturação. A secagem inicial de sementes com elevado teor de água, a altas temperaturas, afeta processos metabólicos importantes na qualidade, tais como a conversão de glicose a sacarose e a produção de enzimas chaves da germinação, dentre outros.

Nesse contexto, objetivou-se, com a realização deste trabalho, avaliar o estágio de maturação dos frutos e a secagem das sementes de pimenta malagueta na sua qualidade.

2 MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi conduzida no Laboratório de Análises de Sementes e na área experimental do Departamento de Agricultura da Universidade Federal de Lavras (UFLA), em Lavras, MG. A cidade está localizada na região sul de Minas Gerais, nas coordenadas 21°14'S e latitude e 40°17'W de longitude, a 918,8 m de altitude.

Foram utilizadas sementes da variedade de pimenta malagueta (*Capsicum frutescens* L.).

As sementes de pimenta foram semeadas em bandejas de “isopor” com 72 células, contendo substrato comercial Plantimax-hortaliças para a formação das mudas, que foram transplantadas para a área experimental, do Departamento de Agricultura, após 45 dias da semeadura.

O ensaio, para a produção de sementes, foi conduzido na área experimental do Departamento de Agricultura da UFLA, em área com Latossolo Vermelho-Escuro (LE) com textura argilosa, preparado convencionalmente. O transplântio das mudas foi realizado na segunda quinzena do mês de janeiro. Cada parcela foi composta de 2 linhas de 5 m de comprimento com 5 plantas, espaçadas 1,5 m entre linhas.

As adubações, assim como os demais tratamentos culturais, foram realizadas de acordo com as recomendações para a cultura (Filgueira, 2003). Os dados de temperatura, umidade relativa, precipitação e insolação, durante o desenvolvimento das plantas, estão apresentados na Tabela 1A.

O ensaio foi instalado em delineamento em blocos casualizados (DBC) com quatro repetições, tendo os frutos sido colhidos em dois estágios de maturação, em cada bloco: E1 (67 DAA, frutos maduros, caracterizados pela cor vermelha) e E2 (67 DAA, frutos maduros, caracterizados pela cor vermelha, mantidos em repouso por 7 dias).

Após a colheita, as sementes foram extraídas manualmente e submetidas a três métodos de secagem: M1 (secagem artificial, a 45°C, até 8% de teor de água), M2 (secagem artificial, a 35°C, até 8% de teor de água) e M3 (secagem natural à sombra, até 8% de teor de água). Foram utilizados secadores de pequena escala, construídos de acordo com Novratil & Burris (1982). Os secadores foram regulados para as temperaturas constantes de 35°C e 45°C.

As sementes secas de cada tratamento foram acondicionadas em embalagens impermeáveis e armazenadas em câmara fria, a 10°C e 55% de umidade relativa, até as avaliações da sua qualidade fisiológicas.

A qualidade fisiológica das sementes foi avaliada antes da secagem pelos testes de germinação, de emergência e envelhecimento acelerado. Após a secagem, a qualidade das sementes foi avaliada pelos testes de germinação, emergência, envelhecimento acelerado e condutividade elétrica.

2.1 Análise da qualidade das sementes

2.1.1 Teor de água

O teor de água das sementes foi avaliado em estufa, a 105±3°C, durante 24 horas, utilizando-se duas subamostras para cada tratamento, conforme as Regras para Análise de Sementes – RAS (Brasil, 1992). Os resultados foram expressos em porcentagem média por tratamento.

2.1.2 Teste de germinação

A semeadura foi feita sobre duas folhas de papel mata-borrão, umedecidas com água na proporção de três vezes o peso do substrato seco, em caixas plásticas tipo gerbox. As caixas foram mantidas em germinadores sob regime alternado de temperatura e luz (20°C/16 horas no escuro e 30°C/8 horas na presença de luz). Aos 7 e aos 14 dias, foram realizadas as contagens do número de plântulas normais, segundo as Regras para Análise de Sementes –

RAS (Brasil, 1992). Cada tratamento foi composto de quatro repetições com 50 sementes. Os resultados foram expressos em porcentagem de plântulas normais.

2.1.3 Teste de emergência

A semeadura foi realizada em bandejas multicelulares de “isopor” com células separadas, contendo substrato comercial (Plantimax-hortaliças). As bandejas foram mantidas em casa de vegetação dotada de sistema de nebulização intermitente, à temperatura de 25° a 30°C. Cada tratamento foi composto por quatro repetições de 50 sementes. Foram realizadas avaliações diárias a partir do início da emergência, computando-se o número de plântulas emersas até a estabilização do estande. Foi computada a porcentagem de plântulas normais aos 30 dias.

2.1.4 Teste de condutividade elétrica

Foi conduzido no sistema de massa, com quatro repetições de 50 sementes por tratamento. As sementes foram pesadas com precisão de duas casas decimais e, em seguida, colocadas em copos plásticos descartáveis com 25 mL de água destilada. Após 24 horas de embebição, à temperatura de 25°C, a condutividade elétrica foi determinada com auxílio de um condutivímetro de massa Digimed/CD21A, sendo os resultados expressos em $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$, de acordo com o método descrito por Panobianco & Marcos Filho (1998).

2.1.5 Teste de envelhecimento acelerado

Foram utilizadas caixas plásticas tipo gerbox, como compartimento individual (minicâmara), possuindo em seu interior uma bandeja com tela de alumínio, na qual as sementes foram distribuídas de maneira a formarem camada uniforme. Dentro de cada compartimento individual, foram adicionados 40 mL de água destilada. As caixas tampadas foram mantidas em incubadora por 72

horas, a 38°C. Decorrido esse período de envelhecimento, quatro amostras de 50 sementes por tratamento foram colocadas para germinar, conforme metodologia descrita para o teste de germinação. A avaliação foi realizada aos 14 dias após a semeadura. Os resultados foram expressos em porcentagem média de plântulas normais para cada tratamento (Torres, 2005).

2.2 Análise de isoenzimas

As análises de isoenzimas foram realizadas em sementes colhidas nos diferentes estádios de desenvolvimento, antes da secagem.

Preparo das amostras

Duas amostras de sementes de cada tratamento foram maceradas em mortar com nitrogênio líquido. Foram retiradas subamostras de 100 mg, às quais se adicionou o tampão de extração (Tris HCl 0,2 M pH 8), na quantidade de 2,5 vezes o peso de cada amostra e 0,1% de β -mercaptoetanol. O material foi mantido em geladeira *over night* e, depois, foi centrifugado a 14.000 xg, por 30 minutos, a 4 °C. A corrida eletroforética foi em sistema de géis de poliacrilamida a 7,5% (gel separador) e 4,5% (gel concentrador). O sistema gel/eletrodo utilizado foi o Tris-glicina pH 8,9. Foram aplicados 40-60 μ L do sobrenadante das amostras no gel e a corrida eletroforética foi efetuada a 120 V, por 5 horas.

Revelação das enzimas

As enzimas esterase, superóxido dismutase, peroxidase, malato desidrogenase e álcool desidrogenase foram reveladas de acordo com Alfenas et al. (1991).

Endo- β -mananase

Foram adicionados 300 μ L do tampão de extração (0,1 M HEPES; 0,5 M de NaCl pH 8,0; ácido ascórbico na proporção de 5 mg do ácido para cada mL de tampão) em cada microtubo com 100 mg de pó de cada amostra. Em seguida,

os microtubos contendo as amostras foram agitados em agitador tipo vortex, por 1 minuto e centrifugados, a 10.000 xg, por 30 minutos, a 4°C. O sobrenadante foi aplicado em gel (6 mL de *locust bean gum* ou LBG -Sigma nr 0753); 0,24 g de agarose (Qbiogene); 24 mL de tampão pH 5,0 (11 mL de ácido cítrico 1M, 50 mL de Na₂HPO₄ e 149 mL de água destilada)). O LBG 0,5% foi preparado aquecendo-se a solução por 2 horas, a 80°C, seguido de resfriamento em temperatura ambiente.

Os suportes do gel com U-frame (Pharmacia 8001106-89) (vidros) foram limpos com etanol. Esse suporte foi coberto com *Gelbond film* (Pharmacia nr 80-112932), ficando o lado hidrofóbico em contato com o primeiro vidro, para que o lado hidrofílico ficasse em contato com o gel. O *gelbond* foi coberto com o segundo suporte e esses suportes foram unidos por prendedores. O gel foi aquecido em micro-ondas, por 1 minuto, até a total dissolução da agarose. Pelo mesmo período, o suporte foi aquecido em estufa, a 80°C, para que não houvesse risco de trincar o vidro por diferença de temperatura entre o vidro e o gel. Foi feita a aplicação do gel em temperatura ambiente. Após a solidificação, o gel foi armazenado em geladeira, por um período de 24 horas. O gel foi furado com furador de 2 mm de diâmetro e esses furos foram succionados para a retirada de restos de gel com bomba a vácuo. Foram aplicados 2 µL do extrato da amostra por furo, em 3 repetições de cada amostra. O gel foi transferido para um germinador a 25°C, por período de 21 horas, no escuro, em câmara úmida.

Para a revelação, o gel foi, inicialmente, lavado em água destilada e, em seguida, lavado em tampão (tampão do gel), por 30 minutos e novamente lavado em água destilada. Logo após, o gel foi coberto com o corante vermelho congo 0,5%, por 30 minutos e colocado em etanol, por 10 minutos, para a remoção do corante. Removido o etanol com água destilada, foi adicionada uma solução 1M de NaCl até a observação visual da formação de halos brancos nos furos que continham as amostras. Nesse momento, foi feita a medição do diâmetro das

amostras em duas direções, com um paquímetro, resultando em um valor médio. Para o cálculo da atividade da enzima, foi feita comparação com a curva padrão gerada pela endo- β -mananase comercial de *Aspergillus niger* (Megazyme). O cálculo da atividade da enzima endo- β -mananase foi realizado segundo Downie (1994).

2.3 Delineamento experimental

O delineamento experimental utilizado para os testes de qualidade das sementes de pimentas foi em blocos casualizados, em esquema fatorial 2x3, cujos fatores foram estágio de maturação (E1 e E2) e método de secagem (M1, M2 e M3).

Foi realizada a análise de variância para todos os testes, utilizando-se o programa estatístico Sisvar (Ferreira, 2000). Os dados, em porcentagem, foram transformados por $\sqrt{y+0,5} - \text{SQRT}(y+0,5)$.

Para a comparação entre as médias, empregou-se o Teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade. A avaliação dos padrões enzimáticos foi feita de acordo com a intensidade das bandas, utilizando-se a superfície de um transiluminador.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Avaliação da qualidade das sementes antes da secagem

Os resultados da análise de variância dos dados obtidos para as sementes de pimenta malagueta encontram-se na Tabela 6. O efeito do estágio de maturação foi significativo ($p < 0,05$), pelo teste de F, apenas para o envelhecimento acelerado.

As sementes foram extraídas de frutos completamente maduros (estádio E1) e de frutos completamente maduros que permaneceram em repouso por 7 dias (estádio E2). O teor de água dessas sementes era de 13,0% e 10%, respectivamente.

TABELA 6 Resumo da análise de variância dos dados referentes à porcentagem de germinação (TG), emergência (TE) e germinação após o envelhecimento acelerado (EA) de sementes de pimenta malagueta (*Capsicum frutescens* L.) colhidas em diferentes estádios de maturação.

Fonte de variação	GL	QM		
		TG	TE	EA
Estádio de maturação	1	0,210085	0,058760	3,448271*
Bloco	3	0,081083	0,488035*	0,044875
Erro	3	0,110815	0,017450	0,012118
CV (%)		3,95	1,57	1,36

* Teste de F, significativo a 5% de probabilidade.

O vigor das sementes extraídas imediatamente após a colheita dos frutos maduros (estádio E1), avaliado pelo teste de envelhecimento acelerado, foi maior em relação às sementes que permaneceram em repouso nos frutos por 7 dias (estádio E2) (Tabela 7).

TABELA 7 Porcentagens de germinação (TG), emergência (TE) e germinação após o envelhecimento acelerado (EA) de sementes de pimenta malagueta (*Capsicum frutescens* L.) colhidas em diferentes estádios de maturação (E1 e E2).

Estádio	TG	TE	EA
E1	74,0 a	69,0 a	76,0 a
E2	68,0 a	72,0 a	55,0 b

* As médias seguidas pela mesma letra (na coluna) não diferem entre si, pelo teste de Scott Knott, a 5% de probabilidade.

Foi observada atividade da enzima endo- β -mananase nas sementes extraídas de frutos colhidos nos estádios E1 e E2. A atividade dessa enzima, que é essencial na germinação de sementes de pimenta, foi maior no estádio E2, quando as sementes permaneceram em repouso nos frutos por sete dias (Figura 4). Em sementes de tomate, o amolecimento do endosperma está diretamente ligado ao aumento da atividade da enzima endo- β -mananase (Groot & Karssen, 1987; Nonogaki et al., 1992). É importante ressaltar que as sementes podem atingir a maturidade após a colheita dos frutos, quando estes passam por um período de descanso ou repouso, que varia de 7 a 10 dias, em local fresco e ventilado, antes da extração das sementes. Neste caso, sementes imaturas ainda presentes no fruto completam o seu desenvolvimento, resultando em melhor qualidade fisiológica e maior rendimento (Dias, 2001).

Por meio de resultados de pesquisas, supõe-se que o controle da germinação pelo tegumento é ativado pela combinação ou ação sucessiva de inúmeras proteínas modificadoras da parede celular, incluindo endo- β -1,4-mananase e endo- β -1,3-glucanase (Hilhorst, 1995; Bewley, 1997; Bailly, 2004; Kucera et al., 2005). Nesse contexto, a atividade da enzima endo- β -mananase foi avaliada, pois constitui importante mecanismo regulador da germinação.

Apesar da maior atividade da endo- β -mananase nas sementes oriundas de frutos colhidos no estádio E2, não houve diferença significativa na porcentagem de germinação das sementes colhidas nos dois estádios.

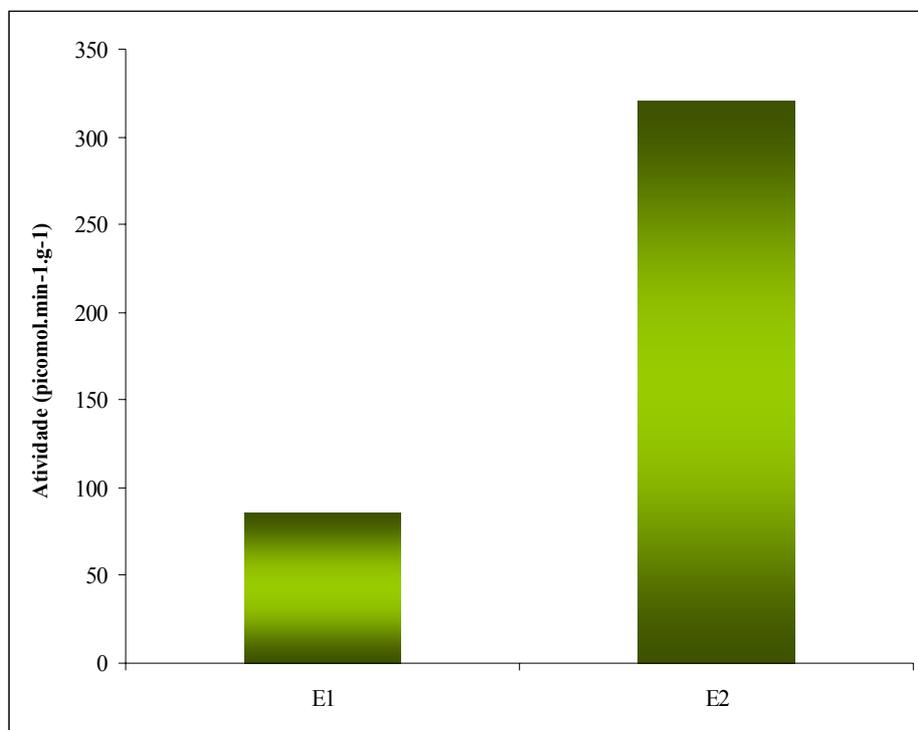


FIGURA 3 Atividade da enzima endo- β -mananase em sementes de pimenta malagueta nos estádios de maturação E1 e E2.

Pelo perfil enzimático das sementes de pimenta revelado para a esterase, observou-se maior atividade da enzima naquelas extraídas dos frutos que permaneceram em repouso por 7 dias (estádio E2) (Figura 5). A esterase é uma enzima que participa da hidrólise de ésteres de membrana, estando diretamente relacionada ao metabolismo de lipídeos (Santos et al., 2004). Trabalhando com sementes de soja, Shatters et al. (1994) observaram aumento da atividade total dessa enzima com o envelhecimento. Do mesmo modo, Chauhan et al. (1985) verificaram aumento do número de bandas nos padrões da esterase em sementes de soja e cevada, com o envelhecimento das sementes. Após o envelhecimento acelerado, o vigor das sementes oriundas de frutos colhidos no estágio E2 foi menor, resultado que ratifica a maior atividade da esterase nessas sementes.

Sementes de pimenta apresentam elevado teor de lipídeos, cerca de 26% (Bosland & Votava, 1999).

Observou-se, ainda, maior atividade da enzima álcool desidrogenase (ADH) em sementes colhidas no estágio E2. A ADH está relacionada à respiração anaeróbica, promovendo a redução do acetaldeído a etanol (Buchanan et al., 2005). O acetaldeído acelera a deterioração das sementes (Zhang et al., 1994). O aumento da atividade da ADH reduz a ação deletéria do acetaldeído, que é maior quando comparada com a do etanol. É evidente que as sementes colhidas nos estágio E2 estavam mais sujeitas à deterioração, quando comparadas às sementes colhidas no estágio E1.

Não foram observadas diferenças nos padrões enzimáticos da superóxido dismutase (SOD), peroxidase (PE) e malato desidrogenase (MDH) das sementes colhidas nos dois estádios.

—	—	—	—
E1	E2	E1	E2
EST		ADH	

FIGURA 4 Padrões enzimáticos de sementes de pimenta malagueta colhidas em dois estádios de maturação (E1, E2), revelados para a esterase (EST) e álcool desidrogenase (ADH).

3.2 Avaliação da qualidade das sementes após a secagem

As sementes foram secas até 8% de teor de água. Observou-se diferença significativa ($p < 0,05$), pelo teste de F, para a interação estágio de maturação e secagem, no vigor das sementes, avaliado pelo teste de envelhecimento acelerado (Tabela 8).

TABELA 8 Resumo da análise de variância dos dados referentes à porcentagem de germinação (TG), emergência (TE), germinação após o envelhecimento acelerado (EA) e condutividade elétrica (CE) de sementes de pimenta malagueta (*Capsicum frutescens* L.) colhidas em diferentes estádios de maturação e submetidas a diferentes métodos de secagem.

Fonte de variação	GL	QM			
		TG	TE	EA	CE
Estádio de maturação	1	0,025976	2,140408	1,967180*	51525,446704
Secagem	2	0,126222	1,002179	0,378815	11818,283454
E x S	2	0,034771	1,757471	1,077748*	46730,902079
Bloco	3	0,403588	2,565853	0,508967	18128,516137
Erro	15	0,132649	0,886766	0,256156	13018,452448
CV (%)		4,55	23,97	7,15	14,22

* Teste de F significativo a 5% de probabilidade.

TABELA 9 Porcentagens de germinação após o envelhecimento acelerado (EA) de sementes de pimenta malagueta (*Capsicum frutescens* L.) colhidas em diferentes estádios de maturação (E1 e E2) e submetidas a diferentes método de secagem (M1, M2 e M3).

Estádio	Secagem		
	M1	M2	M3
E1	64,0 a	48,0 b	51,0 b
E2	44,0 a	46,0 a	49,0 a

* As médias seguidas pela mesma letra (na linha) não diferem entre si, pelo teste de Scott Knott, a 5% de probabilidade.

O vigor das sementes extraídas de frutos maduros e submetidas à secagem artificial a 45°C foi superior ao das sementes secas a 35°C e à sombra.

CONCLUSÕES

As sementes de pimenta Malagueta podem ser colhidas aos 67 dias após a antese, quando os frutos estão completamente maduros.

Os métodos de secagem empregados não afetam a germinação das sementes.

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALFENAS, A. C.; PETRES, I.; BRUCE, W.; PASSADOS, G. C. **eletroforese de proteínas e isoenzimas de fungos e essências florestais**. Viçosa, MG: UFV, 1991. 242 p.

ASSOCIATION OF OFFICIAL SEED ANALYSTS. **Seed vigor testing handbook**. Lincoln, 2002. 105 p. (Contribution, 32).

BAILLY, C. Active oxygen species and antioxidants in seed biology. **Seed Science Research**, Wallingford, n. 14, p. 93-107, 2004.

BEWLEY, J. D. Seed Germination and dormancy. **The Plant Cell**, Waterbury, v. 9, p. 1055-1066, 1997.

BOSLAND, P. W.; VOTAVA, E. J. **Peppers: vegetable and spice capsicums**. Wallingford: CAB International, 1999. 204 p. (Crop Production Science in Horticulture, 12).

BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. **Regras para análise de sementes**. Brasília, 1992. 365 p.

BUCHANAN, B. B.; GRUISSSEN, W.; JONES, R. L. **Biochemistry and molecular biology of plants**. Rockville: American Society of Plant Physiologists, 2005. 1367 p.

CARVALHO, N. M. de; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. 4. ed. Jaboticabal: FUNEP, 2000. 588 p.

CHAUHAN, K. P. S.; GOPINATHAN, M. C.; BABU, C. R. Electrophoretic variations of proteins and enzymes in relation to seed quality. **Seed Science and Technology**, Zurich, v. 13, p. 629-641, 1985.

DEMIR, I.; ELLIS, R. H. Changes in seed quality during seed development and maturation in tomato. **Seed Science Research**, Wallingford, v. 2, p. 81-87, 1992.

DIAS, D. C. F. Maturação de sementes. **Seed News**, Pelotas, v. 5, n. 6, p. 22-24, 2001.

DOWDIE, B.; HILLHORST, H. W. M.; BEWLEY, J. D. A new assay for quantifying endo- β -mannanase activity using Congo Red dye. **Phytochemistry**, London, v. 36, p. 829-835, 1994.

FARIA, M. A. V. de R.; PINHO, R. G. von; PINHO, E. V. de R. von; GUIMARÃES, R. M. **Marcadores moleculares da qualidade fisiológica de sementes**. Lavras: UFLA/FAEPE, 2003.

FERREIRA, D. F. Análises estatísticas por meio do SISVAR para Windows[®] versão 4.0. In: REUNIÃO ANUAL DA REGIÃO BRASILEIRA DA SOCIEDADE INTERNACIONAL DE BIOMETRIA, 45., 2000, São Carlos. **Programas e resumos...** São Carlos: UFSCar, 2000. p. 235.

FILGUEIRA, F. A. R. **Solanáceas: agrotecnologia moderna na produção de tomate, batata, pimentão, pimenta, berinjela e jiló**. Viçosa, MG: UFV, 2003. 333 p.

GROOT, S. P. C.; KARSSSEN, C. M. Gibberellins regulate seed germination in tomato by endosperm weakening: a study with gibberelin-deficient mutants. **Planta**, Berlin, n. 171, p. 525-531, 1987.

HILHORST, H. W. M. A critical update on seed dormancy. I. Primary dormancy. **Seed Science Research**, Wallingford, n. 5, p. 61-73, 1995.

ILBI, H.; KAVAK, S.; ESER, B. Controlled deterioration test predicts vigour and field emergence in pepper seed lots. In: ISTA CONGRESS, 28., 2007; CONGRESSO BRASILEIRO DE SEMENTES, 15., 2007, Foz do Iguaçu. **Seed symposium...** Foz do Iguaçu: [s. n.], 2007. p. 7-9.

KUCERA, B.; COHN, M. A.; LEUBNER-METZGER, G. Plant hormone interactions during seed dormancy release and germination. **Seed Science Research**, Wallingford, v. 15, p. 281-307, 2005.

NASCIMENTO, W. M.; FREITAS, R. A. Produção de sementes de pimentas. In: RIBEIRO, C. S. C.; HENZ, G. P.; CARVALHO, S. I. C.; LOPES, C. A. (Org.). **Cultivo de pimentas (*Capsicum spp.*) no Brasil**. Brasília: Embrapa Hortaliças, 2006. p. 30-39.

NONOGAKI, H.; MATSUSHIMA, H.; MOROHASHI, Y. Galactomannan hydrolyzing activity develops during priming in the micropylar endosperm tip of tomato seeds. **Physiologia Plantarum**, Copenhagen, v. 85, n. 2, p. 167-172, June 1992.

NOVRATIL, R. J.; BURRIS, J. S. Small-scale dryer designer. **Agronomy Journal**, Madison, v. 74, n. 1, p. 159-161, Jan./Feb. 1982.

PANOBIANCO, M.; MARCOS FILHO, J. Comparação entre métodos para avaliação da qualidade fisiológica de sementes de pimentão. **Revista Brasileira de Sementes**, Piracicaba, v. 20, n. 2, p. 306-310, 1998.

ROSSETO, C. A. V.; FERNANDEZ, E. M.; MARCOS FILHO, J. Metodologias de ajuste do grau de umidade e comportamento das sementes de soja no teste de germinação. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 17, n. 2, p. 171-178, 1995.

SANTOS, C. M. R.; MENEZES, N. L.; VILLELA, F. A. Alterações fisiológicas e bioquímicas em sementes de feijão envelhecidas artificialmente. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 26, n. 1, p. 110-119, 2004.

SHATTERS, R. G. J. R.; ABDELGHANY, A.; ELBAGOURY, O. Soybean seed deterioration and response to priming: changes in specific enzyme activities in extracts from dry and germinating seeds. **Seed Science Research**, Wallingford, v. 4, n. 1, p. 33-41, 1994.

TORRES, S. B. Envelhecimento acelerado em sementes de pimenta-malagueta (*Capsicum frutescens* L.). **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 36, n. 1, p. 98-104, jan./abr. 2005.

VIEIRA, R.; KRZYZANOWSKI, F. C. Teste de condutividade elétrica. In: KRZYZANOWSKI, F. C.; VIEIRA, R. D.; FRANÇA NETO, J. B. (Ed.). **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: ABRATES, 1999. p. 41-46.

ZHANG, M.; MAEDA, Y.; FUTIHATA, Y.; NORAMURA, Y. I.; ESASHI, Y. A mechanism of seed deterioration in relation to volatile compounds evoked by dry seeds themselves. **Seed Science Research**, Wallingford, v. 4, n. 1, p. 49-56, 1994.

ANEXO

TABELA 1A Valores médios das temperaturas máximas (Tx), mínimas (Tn), e médias (Tm), da umidade relativa (UR), da precipitação total (Pt) e da insolação (I) dos meses correspondentes ao período de desenvolvimento das culturas de pimentas na safra 2007.

Meses	Tx (°C)	Tn (°C)	Tm (°C)	UR (%)	Pt (mm)	I (horas)
Janeiro	27,6	18,7	21,9	85,7	554,7	3,1
Fevereiro	28,9	18,1	22,6	73,1	151,3	7,5
Março	30,9	18,1	23,6	66,5	35,4	9,0
Abril	28,1	17,2	21,8	72,4	35,6	7,3
Mai	25,7	12,8	18,1	70,6	30,4	7,5
Junho	25,8	11,1	17,3	66,3	5,9	8,8
Julho	25,4	11,1	17,1	66,8	17,6	7,7

Fonte: Setor de Agrometeorologia do Departamento de Engenharia – UFLA