

**UNIVERSIDADE DO ESTADO DE SANTA CATARINA – UDESC
CENTRO DE CIÊNCIAS AGROVETERINÁRIAS – CAV
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS
MESTRADO EM PRODUÇÃO VEGETAL**

PATRICIA FROSI STELLA

**INDUTORES DE RESISTÊNCIA A *Penicillium* spp. E SEU EFEITO
SOBRE A QUALIDADE DE MAÇÃS ‘FUJI’**

LAGES – SC

2010

PATRICIA FROSI STELLA

**INDUTORES DE RESISTÊNCIA A *Penicillium* spp. E SEU EFEITO
SOBRE A QUALIDADE DE MAÇÃS ‘FUJI’**

Dissertação apresentada ao Centro de Ciências Agroveterinárias da Universidade do Estado de Santa Catarina, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Produção Vegetal.

Orientador: Dr. Cristiano André Steffens

Co-orientadores: Dr. Cassandro V. T. do Amarante
Dr. Ricardo Trezzi Casa

LAGES - SC

2010

Ficha catalográfica elaborada pela Bibliotecária
Renata Weingärtner Rosa – CRB 228/14ª Região
(Biblioteca Setorial do CAV/UEDESC)

Stella, Patricia Frosi
Indutores de resistência a *Penicillium* spp. e seu efeito sobre a
qualidade de maçãs 'Fuji' / Patricia Frosi Stella; orientador:
Cristiano André Steffens – Lages, 2010.
70 p.

Dissertação (mestrado) – Universidade do Estado de
Santa Catarina, Centro de Ciências Agroveterinárias,
Departamento de Agronomia.

1. Maçã. 2. Maçã – Doenças e pragas. 3. Fungos – Controle. 4.
Fungos – *Penicillium* spp. I. Steffens, Cristiano André. II. Título.

CDD – 634.11

PATRICIA FROSI STELLA

**INDUTORES DE RESISTÊNCIA A *Penicillium* spp. E SEU EFEITO
SOBRE A QUALIDADE DE MAÇÃS ‘FUJI’**

Dissertação aprovada como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Produção Vegetal do Programa de Pós-graduação em Ciências Agrárias do Centro de Ciências Agroveterinárias da Universidade do Estado de Santa Catarina.

Aprovada em: 13/12/2010

Homologada em:

Pela Banca Examinadora:

Por:

Dr. Cristiano André Steffens
Orientador – UDESC/ Lages – SC

Dr. Luciano Colpo Gatiboni
Coordenador do Programa de
Pós-graduação em Ciências Agrárias

Dr. Auri Brackmann
UFSM/ Santa Maria – RS

Dr. Leo Rufato
Coordenador Técnico do Curso de
Mestrado em Produção Vegetal

Ph.D. Cassandro Vidal Talamini
do Amarante – UDESC/Lages – SC

Dr. Cleimon E. do Amaral Dias
Diretor Geral do Centro de Ciências
Agroveterinárias

Lages-SC, Dezembro de 2010.

A minha família.
DEDICO

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por tudo.

Aos meus pais, Cilon e Ideliane, pelo apoio incondicional, confiança, amor e exemplo de vida. Bem como aos meus irmãos, Steffan e Rafael, pela força e amizade.

Ao Francisco, pelo amor, incentivo e exemplo de otimismo.

Ao CAV/UEDESC pela oportunidade de realização do mestrado.

Ao orientador e professor Cristiano André Steffens, pelos ensinamentos, apoio e exemplo profissional.

Ao professor Cassandro Vidal Talamini do Amarante, pelos ensinamentos e contribuição nesta pesquisa.

Ao professor Ricardo Trezzi Casa, por permitir-me conhecer e trabalhar com pesquisa científica e pelo incentivo para a realização do mestrado.

Aos Professores do Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias, pelos conhecimentos adquiridos.

Aos colegas do LFTPC, pela ajuda prestada na execução das análises.

Aos colegas e amigos do mestrado, entre eles Thaís Roseli Corrêa, Caciana B. Damiani e Aquidauana Miqueloto.

A Deise, Heloíza e Bruna, pelo companheirismo e amizade.

A Andréia pela amizade e confiança.

A Agropecuária Schio por ter aberto as portas para a realização desta pesquisa, pela disponibilidade do campo experimental, bem como dos frutos utilizados neste trabalho.

A empresa Yakult, pela disponibilidade para o armazenamento dos frutos utilizados nesta pesquisa.

Enfim, a todos que de alguma forma contribuíram para a realização desta importante etapa da minha vida.

Meus sinceros agradecimentos.

“...Todo mundo ama um dia,
todo mundo chora,
um dia a gente chega
e no outro vai embora.
Cada um de nós compõe
a sua história,
cada ser em si,
carrega o dom de ser capaz,
de ser feliz.
Conhecer as manhas e
as manhãs,
o sabor das massas e
das maçãs...”

Almir Sater

RESUMO

STELLA, Patricia Frosi. **Indutores de resistência a *Penicillium* spp e seu efeito sobre a qualidade de maçãs ‘Fuji’**. 2010. 70 p. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal – Área: Biologia e Tecnologia Pós-Colheita) – Universidade do Estado de Santa Catarina. Programa de Pós-graduação em Ciências Agrárias, Lages, 2010.

Um dos principais problemas na pós-colheita de maçãs é a podridão causada por *Penicillium* spp., a qual causa muitas perdas qualitativas e quantitativas no setor frutícola. O trabalho teve o objetivo de avaliar o efeito das substâncias mananoligossacarídeo fosforilado, bioflavonóides, bioflavonóides mais fosfito, fosfito de potássio e ácido salicílico sobre a ocorrência de podridão por *Penicillium* spp. e sobre a maturação, amadurecimento e qualidade de maçãs ‘Fuji’. As variáveis analisadas foram incidência e severidade de danos pela podridão de *Penicillium* spp., firmeza de polpa, atributos de textura, sólidos solúveis, acidez titulável, cor da epiderme, índice iodo-amido, taxa respiratória e produção de etileno. Utilizou-se delineamento em blocos ao acaso nos experimentos em pré-colheita e inteiramente casualizado nos experimentos em pós-colheita, com quatro repetições. As médias foram comparadas pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). A aplicação pré-colheita de indutores de resistência não controla a incidência de podridões por *Penicillium* spp. em maçãs ‘Fuji’. Todavia, o fosfito de potássio na dose de 3 mL L^{-1} , aplicado 5 dias antes da colheita, retarda o desenvolvimento das podridões em maçãs ‘Fuji’ mantidas em temperatura ambiente. O uso pós-colheita de fosfito de potássio diminui a incidência e severidade de podridões por *Penicillium* spp. em maçãs ‘Fuji’. O uso de indutores de resistência não influencia a maturação e o amadurecimento de maçãs ‘Fuji’, bem como não interfere significativamente nos atributos de qualidade dos frutos.

Palavras-chave: Podridão. Incidência. Severidade. Maturação. Amadurecimento.

ABSTRACT

STELLA, Patricia Frosi. **Elicitors of decay resistance at *Penicillium* spp. and his effect on quality of ‘Fuji’ apples.** 2010. 70 p. Dissertation (Master in Plant Science – Area: Postharvest Biology and Technology) – Universidade do Estado de Santa Catarina. Graduation Program in Plant Sciences, Lages, 2010.

One of the main postharvest problems in apples is the disease caused by *Penicillium* spp., which causes substantial quantitative and qualitative losses to the production sector. This research was carried out to evaluate the effects of treatments with phosphorylated mannanoligosacharides, bioflavonoids, bioflavonoids+phosphite, potassium phosphite and salicylic acid on *Penicillium* spp. rot occurrence and on maturity, ripening and quality of ‘Fuji’ apples. The evaluated variables were incidence and severity of *Penicillium* spp. rot, flesh firmness, texture attributes, soluble solids content, titratable acidity, peel color, starch-iodine index, respiration rate and ethylene production. The experiments followed a randomized block design at preharvest, and a completely randomized design at postharvest, with four replicates. The means were compared by Tukey’s test ($p < 0.05$). Inducers of resistance applied at preharvest do not control the incidence of *Penicillium* spp. rot in ‘Fuji’ apples. However, potassium phosphite at the dose of 3 mL L^{-1} , applied 5 days before the fruit harvest, delays the development of rot caused by *Penicillium* spp. in apples kept at ambient temperature. The postharvest treatments with potassium phosphite reduce the incidence and severity by *Penicillium* spp. rot in ‘Fuji’ apples. The treatment with inducers of resistance does not affect fruit maturity and ripening, as well as does not significantly interfere on quality attributes of ‘Fuji’ apples.

Keywords: Rot. Incidence. Severity. Maturity. Ripening.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Incidência de podridão (%) de <i>Penicillium</i> spp. em maçãs 'Fuji' tratadas em pré-colheita com indutores de resistência na safra 2008/2009. Vacaria, RS.....	26
Tabela 2. Diâmetro de lesões (cm) por <i>Penicillium</i> spp. em maçãs 'Fuji' tratadas em pré-colheita com indutores de resistência na safra 2008/2009. Vacaria, RS.....	26
Tabela 3. Acidez titulável, sólidos solúveis, firmeza de polpa e atributos de textura em maçãs 'Fuji' tratadas em pré-colheita e avaliadas um dia após a colheita com indutores de resistência na safra 2008/2009. Vacaria, RS.....	28
Tabela 4. Cor da epiderme em maçãs 'Fuji' tratadas em pré-colheita e avaliadas um dia após a colheita com indutores de resistência na safra 2008/2009. Vacaria, RS.....	29
Tabela 5. Incidência (%) de podridão de <i>Penicillium</i> spp. em maçãs 'Fuji' submetidas a tratamentos pré-colheita com indutores de resistência na safra 2008/2009. Vacaria, RS.....	31
Tabela 6. Diâmetro de lesão (cm) por <i>Penicillium</i> spp. em maçãs 'Fuji' submetidas a tratamentos pré-colheita com indutores de resistência na safra 2008/2009. Vacaria, RS.....	32
Tabela 7. Acidez titulável, sólidos solúveis, firmeza de polpa e atributos de textura em maçãs 'Fuji' submetidas a tratamentos pré-colheita e avaliadas um dia após a colheita com indutores de resistência na safra 2008/2009. Vacaria, RS.....	33
Tabela 8. Incidência (%) de podridão de <i>Penicillium</i> spp. em maçãs 'Fuji' submetidas a tratamentos pré-colheita e pós-colheita com indutores de resistência e mantidas em temperatura ambiente na safra 2008/2009. Vacaria, RS.....	41
Tabela 9. Diâmetro de lesão (cm) por <i>Penicillium</i> spp. em maçãs 'Fuji' submetidas a tratamentos pré-colheita e pós-colheita com indutores de resistência e mantidas em temperatura ambiente na safra 2008/2009. Vacaria, RS.....	42
Tabela 10. Acidez titulável, sólidos solúveis, firmeza de polpa e atributos de textura em maçãs 'Fuji' aos 17 dias após a colheita, tratadas em pré-colheita e pós-colheita com indutores de resistência na safra 2008/2009. Vacaria, RS.....	43
Tabela 11. Cor da epiderme em maçãs 'Fuji' aos 17 dias após a colheita, tratadas em pré-colheita e pós-colheita com indutores de resistência na safra 2008/2009. Vacaria, RS.....	44
Tabela 12. Acidez, sólidos solúveis, firmeza de polpa, produção de etileno, taxa respiratória de maçãs 'Fuji' após 90 dias de armazenamento refrigerado mais sete dias a temperatura ambiente, submetidas a tratamentos pré-colheita com indutores de resistência na safra 2008/2009. Vacaria, RS.	52
Tabela 13. Incidência (%) de podridão de <i>Penicillium</i> spp. em maçãs 'Fuji' após 40 dias de armazenamento refrigerado mais um dia a temperatura ambiente, submetidas a tratamentos pós-colheita com indutores de resistência na safra 2009/2010. Vacaria, RS.....	54

Tabela 14. Diâmetro de lesão (cm) por <i>Penicillium</i> spp. em maçãs 'Fuji' após 40 dias de armazenamento refrigerado mais um dia a temperatura ambiente, submetidas a tratamentos pós-colheita com indutores de resistência na safra 2009/2010. Vacaria, RS.....	55
Tabela 15. Acidez titulável, sólidos solúveis, firmeza de polpa e atributos de textura em maçãs 'Fuji' após 90 dias de armazenamento refrigerado mais um dia a temperatura ambiente, submetidas a tratamentos pós-colheita com indutores de resistência na safra 2009/2010. Vacaria, RS.....	56
Tabela 16. Cor da epiderme de maçãs 'Fuji' após 90 dias de armazenamento refrigerado mais um dia em temperatura ambiente, submetidas a tratamentos pós-colheita com indutores de resistência na safra 2009/2010. Vacaria, RS.....	57

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Taxa respiratória de maçãs ‘Fuji’ após 90 dias de armazenamento refrigerado mais um dia a temperatura ambiente, submetidas a tratamentos pré-colheita com indutores de resistência na safra 2008/2009. Vacaria, RS.....	51
---	----

LISTA DE ABREVIACOES

AA -	Ácido Acético
AAS -	Ácido Acetil Salicílico
AC -	Atmosfera Controlada
AS -	Ácido Salicílico
ASM -	Acibenzolar-S-metil
BDA -	Batata-dextrose-ágar
BF+F -	Bioflavonóides + fosfito
□Brix -	Graus Brix
□C -	Graus Celcius
CaCl ₂ -	Cloreto de Cálcio
CAV -	Centro de Ciências Agroveterinárias
C ₂ H ₄ -	Etileno
CV -	Coefficiente de variação
Cm -	Centímetro
DAC -	Dias antes da colheita
DAI -	Dias antes da inoculação
DIC -	Detector de ionização de chama
H -	Hora
h□ -	Ângulo 'hue'
Ha -	Hectare
ICV -	Índice de cor vermelha
Kg -	Kilograma
L -	Litro
l -	'Lighthness'
LFTPC -	Laboratório de Fisiologia e Tecnologia Pós-colheita
mM -	Micromol
mm -	Milímetro
meq -	Miliequivalente
mL -	Mililitro
µg -	Micrograma
N -	Newton (unidade de força)
N -	Normal
nmol -	Nanomol
PAL -	Fenilalanina amonia liase
pH -	Potencial de Hidrogênio
Seg -	Segundo
SS -	Sólidos solúveis
UDESC -	Universidade do Estado de Santa Catarina
UFSM -	Universidade Federal de Santa Maria
UR -	Umidade relativa

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	15
2 QUALIDADE DE FRUTOS E CONTROLE DE PODRIDÕES DE <i>Penicillium</i> spp. EM MAÇÃS ‘FUJI’ COM A APLICAÇÃO PRÉ-COLHEITA DE INDUTORES DE RESISTÊNCIA	19
2.1 RESUMO.....	19
2.3 ABSTRACT	19
2.3 INTRODUÇÃO	20
2.4 MATERIAL E MÉTODOS	21
2.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	23
2.5.1 Experimento I	23
2.5.2 Experimento II.....	30
2.6 CONCLUSÕES	33
3 QUALIDADE, AMADURECIMENTO E CONTROLE DE <i>Penicillium</i> spp. EM MAÇÃS ‘FUJI’ COM A APLICAÇÃO PRÉ E PÓS-COLHEITA DE INDUTORES DE RESISTÊNCIA	34
3.1 RESUMO.....	34
3.2 ABSTRACT	34
3.3 INTRODUÇÃO	35
3.4 MATERIAL E MÉTODOS	36
3.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	37
3.6 CONCLUSÕES	45
4 INDUTORES DE RESISTÊNCIA NO CONTROLE DE <i>Penicillium</i> spp. NO ARMAZENAMENTO DE MAÇÃS ‘FUJI’	46
4.1 RESUMO.....	46
4.2 ABSTRACT	46
4.3 INTRODUÇÃO	47
4.4 MATERIAL E MÉTODOS	48
4.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	50
4.5.1 Experimento I: tratamentos pré-colheita	50
4.5.2 Experimento II: tratamentos pós-colheita.....	53
4.6 CONCLUSÕES	57
5 CONCLUSÕES GERAIS	58
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	59
7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	60

1 INTRODUÇÃO

Atualmente a cadeia produtiva da maçã merece destaque, pois os avanços tecnológicos, o desenvolvimento do setor e o incremento na produção, proporcionaram ao Brasil a condição de auto-suficiência no abastecimento interno desta fruta, bem como tornou o país exportador, sendo a maçã o quarto fruto mais exportado pelo Brasil (IBRAF, 2009). Alguns dos fatores, que tem influenciado positivamente no desenvolvimento do cultivo de maçã, em diversas regiões do mundo, estão vinculados com os avanços da tecnologia pós-colheita, os quais permitem a oferta de frutos de boa qualidade para os consumidores, durante todo o ano (Epagri, 2006). Contudo, inclusive com os avanços no armazenamento, ainda ocorrem perdas pós-colheita, como a diminuição da firmeza de polpa e da acidez, além da incidência de podridões e de distúrbios fisiológicos (Neuwald, 2008).

A ‘Fuji’ é uma das principais cultivares de maçã produzida no Brasil e responde por 34% da produção nacional, sendo Santa Catarina e Rio Grande do Sul os principais estados produtores de maçã no país (ABPM, 2010; Agapomi, 2010). A maçã ‘Fuji’ está entre as quatro cultivares de macieira mais promissoras no contexto mundial, pois possui excelente qualidade gustativa, o que promove a aceitação por parte dos consumidores, além de apresentar alta produtividade (Hunsche, 2001; Epagri, 2006). Porém, esta cultivar é muito suscetível a perdas, principalmente devido à ocorrência de podridões (Brackmann et al., 2000).

Dentre os principais microorganismos que causam perdas por podridões encontra-se o fungo *Penicillium expansum* (Xu & Berrie, 2005; Blum et al., 2007), causador do mofo azul, que se apresenta disseminado por todas as regiões produtoras de maçã do Brasil (Bleicher & Bernardi, 1985). O mofo azul provoca prejuízos consideráveis durante a armazenagem, transporte e comercialização dos frutos (Rosenberger, 1990; Brackmann et al., 2005; Epagri, 2006). Essa doença caracteriza-se por apresentar podridão aquosa, mole, de coloração bege ou marrom clara, com margens internas e externas bem profundas. A área de penetração do fungo apresenta-se como uma mancha aquosa e translúcida. Externamente, observa-se um bolor azulado (Kimati et al., 2005; Epagri, 2006). Em condições de alta umidade, o fungo produz pequenas massas brancas e azuis constituídas de micélio e esporos do fungo na área afetada. A podridão apresenta desenvolvimento rápido e os tecidos afetados podem ser facilmente destacados dos frutos (Kimati et al., 2005). Os conídios são extremamente resistentes à seca e podem sobreviver na superfície de caixas de colheita e outros

equipamentos, sendo que o patógeno pode penetrar por ferimentos e pelas lenticelas do fruto (Epagri, 2006).

A incidência de podridões de *Penicillium* spp. em maçãs, durante o período pós-colheita, causa perdas qualitativas e quantitativas, além de reduzir o tempo de armazenamento, podendo a contaminação dos frutos ocorrer no campo ou na pós-colheita (Brackmann et al., 2005).

O uso de fungicidas químicos em pós-colheita vem sofrendo várias restrições, que estão relacionadas principalmente ao seu efeito residual, que pode restringir a exportação dos frutos e a sua comercialização (Brackmann et al., 2004), assim como sobre a concentração de resíduos tóxicos aos seres humanos, animais e meio ambiente (Dantas et al., 2004; Blum et al., 2007).

O manejo tradicional do mofo azul preconiza a aplicação pós-colheita de fungicidas químicos nos frutos (Blum et al., 2007). Porém, atualmente, devido à restrição ao uso, existe uma busca contínua por alternativas que sejam capazes de auxiliar no controle de doenças, mas que não comprometam a segurança alimentar e o meio ambiente (Conway et al., 2005; Peruch & Silva, 2005; Droby, 2006). Dentre as formas alternativas de controle, encontra-se o uso de indutores de resistência bióticos e abióticos (Brackmann et al., 2004; Dantas et al., 2004; Danner et al., 2008; Sautter et al., 2008). Os indutores de resistência são substâncias menos tóxicas, que podem corroborar com o controle de podridões dentro de uma proposta de manejo integrado das culturas (Moreira et al., 2002; Blum et al., 2007).

Os indutores de resistência podem ser usados para exploração de mecanismos de defesa em plantas por agirem diretamente como moléculas sinalizadoras ou induzirem a ativação de genes que codificam a síntese de fatores de resistência (Dantas et al., 2004; Sautter, 2008). Frutos tratados com os indutores de resistência intensificam uma reação defensiva antes da invasão dos fitopatógenos, desencadeando respostas de defesa à infecção (Dantas et al., 2004). Essas respostas aumentam expressivamente as defesas estruturais e bioquímicas do hospedeiro (Oliveira et al., 2004). Os indutores estimulam a produção de substâncias naturais, entre elas as fitoalexinas, para minimizar a ação do patógeno ou aumentar a resistência, durante o armazenamento e a vida de prateleira (Sautter et al., 2008). As fitoalexinas são metabólitos secundários, antimicrobianos, produzidos pela planta em resposta a estresses químicos, físicos ou biológicos (Sautter et al., 2008). O modo de ação sobre os fungos inclui granulação citoplasmática, desorganização celular, ruptura da membrana celular e inativação de enzimas fúngicas (Schwan-Estrada et al., 2000).

Dentre os produtos utilizados como indutores de resistência encontram-se o fosfito de potássio, os bioflavonóides, o mananoligossacarídeo fosforilado derivado da parede celular de *Saccaromyces cerevisiae* e o ácido salicílico (Cavalcanti et al., 2005; Cavalcanti et al., 2006; Dantas et al., 2004; Dantas et al., 2008; Tavares et al., 2009).

O fosfito de potássio é um sal de ácido fosforoso ligado ao potássio, que apresenta a capacidade de estimular a planta para que esta forme substâncias de autodefesa, protegendo-a do ataque de fungos (Sonego et al., 2005). O fosfito tem sido utilizado no controle de várias doenças de fruteiras de clima temperado (Sonego et al., 2005; Katsurayama & Boneti, 2005, Sautter, 2008), apesar de seu modo de ação não ter sido elucidado com exatidão (Boneti & Katsurayama, 2002).

O mananoligossacarídeo fosforilado derivado da parede celular de *Saccaromyces cerevisiae* é um indutor biótico, porém no Brasil, o produto comercial é registrado como biofertilizante (Cavalcanti et al., 2005). Tem demonstrado eficiência no controle de doenças em videira, batata, tomate, quando utilizado em conjunto com fungicidas tradicionais, reduzindo o número de aplicações destes (Dantas et al., 2004; Cavalcanti et al., 2005). Além disso, também tem demonstrado efeito positivo no controle de podridões pós-colheita de manga (Dantas et al., 2008) e de mamão (Dantas et al., 2004; Pascholati et al., 2004).

Os bioflavonóides são originários de biomassa cítrica, sendo uma formulação aquosa heterogênea contendo polifenóis, flavonóides, fitoalexinas e ácidos orgânicos diluídos (Benato et al., 2002). Tem se mostrado eficaz na proteção das culturas de pepino, cafeeiro e cacauero (Cavalcanti et al., 2006) e também no controle de podridões em manga (Dantas et al., 2008) e maracujá (Benato et al., 2002).

O ácido salicílico (AS) é um composto fenólico simples envolvido na regulação de muitos processos no crescimento e desenvolvimento das plantas, incluindo movimento estomatal, germinação de sementes, absorção de íons e indução de resistência a doenças além de regular a biossíntese e ação do etileno nas plantas (Raskin, 1992). O ácido salicílico é um elicitador conhecido, o qual pode induzir resistência local e sistemicamente em muitas plantas (Rojo et al., 2003; Garcia-Brugger et al., 2006).

No entanto, são poucos os trabalhos relacionados com o controle de doenças com indutores de resistência na cultura da macieira, especialmente com o objetivo de proteger os frutos no período pós-colheita (Brackmann et al., 2004; Brackmann et al., 2005).

Com base no que foi exposto acima, este trabalho teve o objetivo de avaliar o efeito das substâncias mananoligossacarídeo fosforilado, bioflavonóides, bioflavonóides mais

fosfito, fosfito de potássio e ácido salicílico sobre a ocorrência de podridão por *Penicillium* spp. e sobre a maturação, amadurecimento e qualidade de maçãs 'Fuji'.

2 QUALIDADE DE FRUTOS E CONTROLE DE PODRIDÕES DE *Penicillium* spp. EM MAÇÃS ‘FUJI’ COM A APLICAÇÃO PRÉ-COLHEITA DE INDUTORES DE RESISTÊNCIA

2.1 RESUMO

Grande parte das perdas pós-colheita na cultura da maçã se deve a ocorrência de doenças, sendo o mofo azul a principal delas. Este estudo foi constituído de dois trabalhos e teve o objetivo de avaliar o efeito da aplicação pré-colheita das substâncias fosfito de potássio, bioflavonóides + fosfito, bioflavonóides e mananoligossacarídeo fosforilado sobre o controle de podridão por *Penicillium* spp. e sobre a maturação, amadurecimento e qualidade de maçãs ‘Fuji’. As variáveis analisadas foram incidência e severidade de danos pela podridão de *Penicillium* spp., firmeza de polpa, atributos de textura, sólidos solúveis, acidez titulável, índice iodo-amido, cor da epiderme e taxas respiratória e de produção de etileno. Utilizou-se delineamento em blocos ao acaso, com quatro repetições. As médias foram comparadas pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). O uso de indutores de resistência não controla a incidência e severidade de podridões por *Penicillium* spp., porém, o fosfito de potássio na dose de 3 mL L⁻¹, aplicado 5 dias antes da colheita, foi o que apresentou melhor eficiência em diminuir a severidade de *Penicillium* spp.. Conclui-se que a aplicação pré-colheita dos indutores de resistência não influenciam a maturação, amadurecimento e qualidade de maçãs ‘Fuji’ mantidas em condição ambiente e, de modo geral, o fosfito de potássio retarda o desenvolvimento das lesões de *Penicillium* spp..

Palavras-chave: Mofo azul. Incidência. Severidade. Amadurecimento.

2.3 ABSTRACT

The main losses at postharvest on apples are caused by diseases, and the most important disease is the blue mold. This research consisted of two experiments, carried out to evaluate the effects of preharvest application of potassium phosphite, bioflavonoids+phosphite, bioflavonoids and phosphorylated mannanoligosaccharides on *Penicillium* spp. rot control and on fruit maturity, ripening and quality of ‘Fuji’ apples. The evaluated variables were incidence and severity of *Penicillium* spp. rot, flesh firmness, texture, soluble solids content, titratable acidity, starch-iodine index, peel color, respiratory rate and ethylene production. The experimental followed a randomized block design, with four replicates. The means were compared by Tukey’s test ($p < 0.05$). The use of resistance inducers do not control the incidence and severity of *Penicillium* spp., but the potassium phosphite at the dose of 3 mL L⁻¹, applied 5 days before the fruit harvest, was the most efficient to reduce the severity of *Penicillium* spp.. The resistance inducers do not affect fruit maturity, ripening and quality of ‘Fuji’ apples left in ambient temperature, and potassium phosphite delays the development of lesions of *Penicillium* spp. rot.

Keywords: Blue mold. Incidence. Severity. Ripening.

2.3 INTRODUÇÃO

A produção de maçãs é uma complexa rede que envolve pomar, pós-colheita e marketing (Bencheqroun et al., 2007). O Brasil está entre os 20 maiores produtores de maçãs no mundo, sendo que na safra 2009/2010 produziu em torno de 1.100.000 toneladas (Agapomi, 2010). As principais cultivares de maçã produzidas no Brasil são a ‘Gala’ e ‘Fuji’, onde a última participa com 34% da produção (ABPM, 2010), merecendo destaque para pesquisas na busca por avanços em qualidade e tecnologia no complexo produtivo.

A maçã ‘Fuji’ é uma das principais cultivares produzidas no Brasil e no mundo. Sabe-se que esta contém ótimas características organolépticas e que tem sido bem aceita pelos consumidores (Epagri, 2006). Porém, a ‘Fuji’ enfrenta grandes problemas com perdas devido ao ataque de patógenos, pois é bastante sensível em relação aos mesmos (Brackmann et al., 2000).

Penicillium spp. são agentes causais do mofo azul em maçãs, sendo essa a principal doença na pós-colheita de maçãs e peras no mundo (Errampalli et al., 2005; Xu e Berrie, 2005). Esta podridão causa perdas econômicas substanciais no setor frutícola (Sholberg e Conway, 2004). Além disso, esse fungo é importante com relação à saúde pública, pois produz a micotoxina patulina, a qual é prejudicial ao homem e animais e pode conferir mau gosto nas maçãs processadas (Baert et al., 2008; Errampalli et al., 2005; Morales et al., 2008).

Para o controle desta podridão o uso de fungicidas tem sido uma medida bastante utilizada pelos fruticultores. Porém, atualmente têm sido observado o alto custo e os riscos de contaminação ambiental e de intoxicação no momento de aplicação (Antoniazzi & Deschamps, 2006), além da presença de resíduos nos frutos (Brackmann et al., 2004).

Métodos alternativos incluem o uso de indutores de resistência, os quais são moléculas de origem bióticas ou abióticas capazes de estimular respostas de defesa nas plantas (Barbosa et al., 2007). Estes compostos têm sido amplamente avaliados no controle de doenças de espécies vegetais (Benhamou, 1996; Gatz, 1997).

Dentre os indutores bióticos, o Ecolife[®], que é um complexo de biomassa cítrica, rico em bioflavonóides, vem sendo utilizado com sucesso no controle de doenças em bananeira, morango e videira (Quinabra, 2006). Além deste, outros indutores têm demonstrado eficiência no combate a doenças, como o Fosfito de Potássio que, segundo Blum et al. (2007), foi tão eficiente quanto o fungicida Benomil[®] na redução do mofo azul em maçãs. A aplicação de indutores de resistência em pré-colheita pode promover menor incidência e severidade pós-

colheita da podridão de *Penicillium* spp. em maçãs ‘Fuji’ e também pode influenciar na maturação, amadurecimento e qualidade de maçãs mantidas em condição ambiente.

Este trabalho teve como objetivo avaliar o efeito das substâncias fosfito de potássio, bioflavonóides + fosfito, bioflavonóides e mananoligossacarídeo fosforilado aplicados em pré-colheita, sobre o controle de podridão por *Penicillium* spp. e sobre a maturação, amadurecimento e qualidade de maçãs ‘Fuji’.

2.4 MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi dividido em dois experimentos, os quais foram conduzidos na safra 2008/2009 com maçãs ‘Fuji’, provenientes de um pomar comercial localizado em Vacaria, RS. A colheita dos mesmos foi realizada na colheita comercial (30/05/2009) e as análises conduzidas no Laboratório de Pesquisa em Fisiologia e Tecnologia Pós-colheita do Centro de Ciências Agroveterinárias (CAV) da Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC).

Nos experimentos 1 e 2 utilizou-se o delineamento experimental em blocos casualizados com seis e quatro tratamentos, respectivamente. Os tratamentos foram constituídos por quatro repetições de 11 plantas, sendo que as duas plantas de cada extremidade da parcela foram utilizadas como bordadura. Nas sete plantas centrais da parcela (parcela útil) foram colhidos 33 frutos em cada parcela. Quinze frutos foram destinados às análises de qualidade e 18 destinados à inoculação para análise de incidência e severidade de podridões por *Penicillium* spp..

No experimento 1 os tratamentos avaliados foram: controle (água e espalhante adesivo), bioflavonóides + fosfito aplicado cinco dias antes da colheita (DAC) na dose 6 mL L⁻¹, bioflavonóides + fosfito 5 DAC na dose 3 mL L⁻¹, bioflavonóides + fosfito 5 DAC na dose 1,5 mL L⁻¹, fosfito de potássio 5 DAC na dose 3 mL L⁻¹ e bioflavonóides + fosfito 5 e 1 DAC na dose 3 mL L⁻¹.

No experimento 2 os tratamentos avaliados foram: controle (água e espalhante adesivo), bioflavonóides 5 DAC na dose 2,5 mL L⁻¹, mananoligossacarídeo fosforilado 5 DAC na dose 2,5 mL L⁻¹ e bioflavonóides + fosfito 5 DAC na dose 3 mL L⁻¹.

A composição dos produtos utilizados foi: fosfito de potássio (40% P₂O₅, 20% K₂O p/p), bioflavonóides (1,7% de bioflavonóides cítricos e polifenóis, 1,6% de ácido ascórbico, 0,9% de ácido láctico, 1,3% de ácido cítrico e 6,6% de glicerina vegetal), bioflavonóides mais fosfito (20% P₂O₅, 2,4% Mg, bioflavonóides) e mananoligossacarídeo fosforilado (3% cobre, 2,75% enxofre, 2% zinco, mananoligossacarídeo fosforilado).

Os frutos destinados para avaliação da incidência e severidade de podridão sofreram quatro lesões de 4 mm de profundidade, em sua região equatorial, distribuídas de forma equidistante, com o auxílio de uma ponteira de 2 mm de diâmetro, através de um texturômetro eletrônico. Posteriormente a realização das lesões, os frutos foram inoculados com *Penicillium* spp..

Para realização da inoculação dos frutos com *Penicillium* spp. foi feita uma solução de esporos em concentração de 10^6 conídios mL⁻¹. Para a produção de inóculo, os frutos com infecção por *Penicillium* spp. foram acondicionados em câmara úmida por um período de sete dias. Após esse período, a massa de esporos foi cuidadosamente retirada da superfície do fruto com auxílio de um estilete esterilizado, plaqueando-se em meio de cultura BDA (batata-dextrose-agar). A seguir foi incubado em uma câmara de germinação a 25°C e 65% de UR, até o crescimento do fungo. Após obter o inóculo, retirou-se um disco da massa de esporos da placa de Petry e mergulhou-se esse disco (2x2 mm) em uma solução de água esterilizada com uma gota de espalhante adesivo (Tween®), para contagem de esporos foi utilizada câmara de Neubauer. A solução de esporos foi adicionada em cada lesão realizada nos frutos por meio de uma micropipeta, onde foi pipetada 0,01 mL da solução de esporos de *Penicillium* spp.. Os frutos foram mantidos a uma temperatura média de 25±5°C e 60±5% de UR.

Avaliações de incidência e severidade de podridão por *Penicillium* spp. foram realizadas nos frutos inoculados, onde a incidência correspondeu ao número de lesões com sintoma de podridão em relação ao número total de lesões e, para severidade considerou-se a média do diâmetro das podridões (em cm), quantificada com régua.

As avaliações de atributos de maturação e amadurecimento foram realizadas um dia e sete dias após a colheita, sendo que as mesmas compreenderam os atributos: firmeza de polpa, atributos de textura (penetração da polpa), sólidos solúveis, acidez titulável, índice iodo-amido, cor da epiderme e taxas respiratória e de etileno.

A firmeza de polpa foi determinada na região equatorial do fruto, em dois lados opostos, onde foi previamente removida uma porção da epiderme, com auxílio de um penetrômetro, com ponteira de 11 mm de diâmetro.

Os atributos de textura foram avaliados quanto à força para ruptura da epiderme e para penetração da polpa, onde utilizou-se velocidade de 30 mm s⁻¹, 10 mm de profundidade e força de 0,78453 N. Estas análises foram realizadas através de um texturômetro eletrônico.

Os sólidos solúveis (SS) foram determinados por refratometria, utilizando-se suco extraído das amostras de frutos, sendo a leitura determinada em graus brix (°Brix), com correção do efeito da temperatura.

A acidez titulável (AT) foi determinada em uma amostra de 10 mL de suco, diluído em 90 mL de água destilada e titulada com solução de hidróxido de sódio 0,1N até pH 8,1. Os valores foram expressos em % de ácido málico.

Índice iodo-amido foi determinado somente no início dos experimentos, através da comparação do escurecimento da metade peduncular dos frutos, tratada com uma solução de iodo, com tabela de 1 a 5, onde o índice 1 indica o teor máximo de amido e 5 representa o amido totalmente hidrolisado.

Cor da epiderme foi avaliada em valores de ângulo 'hue' (h°) e 'lightness' (l) na região equatorial dos frutos, nos lados mais vermelho e mais verde, com o auxílio de um colorímetro Minolta, modelo CR-400.

As taxas respiratória ($\text{nmol de CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ s}^{-1}$) e de produção de etileno ($\text{pmol de C}_2\text{H}_4 \text{ kg}^{-1} \text{ s}^{-1}$) foram quantificadas por cromatografia gasosa. Frutos de cada amostra foram colocados em recipiente de plástico, com o volume de 4100 mL, que permite fechamento hermético. A taxa respiratória foi obtida pela diferença da concentração de CO_2 no interior do recipiente, imediatamente após o seu fechamento e depois de uma hora. Aliquotas de gás (1 mL) foram retiradas dos recipientes através de um septo e injetadas em um cromatógrafo à gás (Varian[®], modelo CP-3800, Palo Alto - CA, EUA) equipado com uma coluna Porapak N[®] de 3 m de comprimento (80-100 mesh), metanador e detector de ionização de chama. As temperaturas da coluna, do detector, do metanador e do injetor foram de 45°C, 120°C, 300°C e 110°C, respectivamente. Os fluxos de nitrogênio, hidrogênio e ar sintético foram de 70, 30 e 300 mL min^{-1} , respectivamente.

As médias das variáveis avaliadas foram comparadas pelo teste de Tukey ($P < 0,05$). As análises estatísticas foram realizadas com o programa SAS. Os dados em percentagem, antes de proceder a análise de variância, foram transformados em arco seno $[(x+1)/100]^{1/2}$.

2.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

2.5.1 Experimento I

De acordo com os resultados, os indutores de resistência utilizados não foram eficazes na redução da incidência de podridões causadas por *Penicillium* spp., pois os tratamentos não diferiram do controle em todas as avaliações, ocorrendo 100% de incidência de podridão em todos os tratamentos (Tabela 1). Talvez a alta incidência de doença nestes frutos ocorreu devido à eliminação ou diminuição da resistência física ao ataque do patógeno, já que os

frutos foram lesionados e inoculados. Segundo Bergamim Filho (1995), a superfície dos frutos é a primeira linha de defesa/barreira estrutural protetora contra o ataque de patógenos. Considerando tal afirmação, as lesões podem ter contribuído para o rápido apodrecimento dos frutos.

As diferentes doses de bioflavonóides + fosfito não diferiram em todas as avaliações de incidência (Tabela 1). Tal resultado discorda do encontrado por Reddy et al. (2000), onde o aumento da concentração do elicitor de resistência reduziu a incidência de podridões por *B. cinerea*. Todavia, a substância utilizada por esses autores diferem das utilizadas no presente estudo, bem como as condições experimentais. Pode-se considerar que, independente da dose de bioflavonóides + fosfito utilizadas, não houve efeito significativo destes tratamentos, o que sugere que estes compostos não induziram suficientemente os mecanismos de defesa nos tecidos dos frutos para reduzir a incidência de podridões.

Segundo De Capdeville et al. (2003), o grau de proteção pode variar de acordo com a concentração do inóculo do patógeno e do indutor, com o intervalo de tempo entre o tratamento indutor e o contato com o fitopatógeno e com o genótipo utilizado. Tal fato sugere que a indução de resistência é decorrente de uma série de fatores, sendo variável em cada situação em que a planta se encontra. Talvez devido a isso se observa eficiência de substâncias indutoras na incidência de podridões em tecidos vegetais em certas condições, porém não em outras.

Com relação à severidade dos danos causados por *Penicillium* spp., a maior redução na severidade foi proporcionada pelo tratamento com fosfito de potássio, nas avaliações realizadas aos 7 e 11 dias após inoculação (Tabela 2). Sonego et al. (2003), trabalhando com fosfito de potássio no controle de míldio da videira da cultivar Cabernet Sauvignon, observaram controle superior ao fungicida cimoxanil + manebe, corroborando com os resultados do presente trabalho. Resultados semelhantes foram obtidos por Pereira et al. (2010), que verificaram que fosfitos apresentaram eficiência no controle de míldio em folhas e cachos de videira, sendo similar ao tratamento com fungicidas. Araújo et al. (2008), ao estudar em fosfito de potássio no controle da mancha foliar da Gala em macieira, constatou que a sua ação “*in vitro*”, no controle do patógeno, foi menor quando o pH da solução do produto foi corrigido de 2,0 para 7,0, sugerindo que as características ácidas do fertilizante (pH 2,0) interferiram diretamente no desenvolvimento do fungo. Desta forma, no presente trabalho, o desempenho dos tratamentos com fosfito poderia ter sido melhor se o pH da água utilizada no tratamento não fosse alcalino.

Os tratamentos aplicados aos 5 dias antes da colheita não foram eficientes no controle de podridões por *Penicillium* spp. (Tabela 1). Inclusive, tratamentos com bioflavonóides+fosfito aplicados aos cinco e um DAC, de um modo geral, não diferiram dos tratamentos aplicados aos cinco DAC com relação à severidade dos danos (Tabela 2). Estes resultados indicam que não houve indução de resistência, ou houve até certo nível e logo após diminuiu, o que pode estar relacionado com o período de tempo entre os tratamentos e a inoculação. Segundo Camili et al. (2010), há necessidade de certo período de tempo para que ocorra o acúmulo de fitoalexinas e desenvolvimento de resistência. De Capdeville et al. (2003) demonstraram que inocular os frutos 48 ou 96 horas após o tratamento resultou em maior controle da doença em comparação com inoculação 144 h após o tratamento. Tal fato demonstra que as respostas das plantas na indução de resistência podem variar em função da espécie vegetal, substância elicitora e patógeno, podendo ser ativada em poucos minutos, durando horas ou até dias (Dong et al., 1999).

Na presente pesquisa, constatou-se 100% de incidência de lesões e severidade média de 1,68 cm aos 5 dias após inoculação (Tabelas 1 e 2). De acordo com De Capdeville et al. (2003), o incremento na concentração de inóculo reduziu drasticamente o efeito do indutor harpina no controle da incidência de mofo azul em maçãs. Estes autores afirmam que o aumento na severidade das lesões é diretamente proporcional ao tempo para o seu surgimento e inversamente proporcional ao aumento na concentração de inóculo. Como o surgimento de lesões no presente trabalho foi muito rápido, talvez a quantidade de inóculo utilizada tenha sido muito alta (10^6), proporcionando maior infecção do patógeno nos frutos.

Com base no exposto, a ineficiência das substâncias utilizadas no presente experimento poderia ser devido a uma das seguintes suposições: ou o intervalo de tempo entre a aplicação dos tratamentos e a indução foi insuficiente para aumentar a resistência das plantas, ou não houve a indução de resistência a *Penicillium* spp..

Tabela 1. Incidência de podridão (%) de *Penicillium* spp. em maçãs 'Fuji' tratadas em pré-colheita com indutores de resistência na safra 2008/2009. Vacaria, RS.

Tratamentos	Período após inoculação
	5 dias
Controle	100,0
Bioflavonóides+fosfíto 5 DAC* (6 mL L ⁻¹)	100,0
Bioflavonóides+fosfíto 5 DAC (3 mL L ⁻¹)	100,0
Bioflavonóides+fosfíto 5 DAC (1,5 mL L ⁻¹)	100,0
Fosfíto de potássio 5 DAC (3 mL L ⁻¹)	100,0
Bioflavonóides+fosfíto 5 e 1 DAC (3 mL L ⁻¹)	100,0

*DAC: dias antes da colheita

Tabela 2. Diâmetro de lesões (cm) por *Penicillium* spp. em maçãs 'Fuji' tratadas em pré-colheita com indutores de resistência na safra 2008/2009. Vacaria, RS.

Tratamentos	Período após inoculação			
	5 dias	7 dias	9 dias	11 dias
Controle	1,6 b*	2,5 ab	3,5 ^{ns}	4,3 a
Bioflavonóides+Fosfíto 5 DAC** (6 mL L ⁻¹)	1,6 b	2,5 ab	3,4	4,2 ab
Bioflavonóides+Fosfíto 5 DAC (3 mL L ⁻¹)	1,7 ab	2,5 ab	3,5	4,2 ab
Bioflavonóides+Fosfíto 5 DAC (1,5 mL L ⁻¹)	1,7 a	2,6 a	3,6	4,3 a
Fosfíto de Potássio 5 DAC (3 mL L ⁻¹)	1,7 ab	2,5 b	3,5	4,0 b
Bioflavonóides+Fosfíto 5 e 1 DAC (3 mL L ⁻¹)	1,8 a	2,5 ab	3,6	4,3 a
CV (%)	2,8	2,1	2,9	2,2

^{ns} Efeito dos tratamentos não significativo pelo teste de Tukey (p<0,05).

*Médias não seguidas pela mesma letra, nas colunas, diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey (p<0,05).

**DAC: dias antes da colheita

Quanto aos atributos de qualidade, é importante ressaltar que no momento da colheita os frutos se encontravam em estado avançado de maturação, sendo que segundo teste iodo-amido, o amido encontrava-se totalmente hidrolisado, não apresentando diferenças estatísticas entre tratamentos (dados não apresentados). Além disso, pode-se observar que nas variáveis acidez titulável, sólidos solúveis, firmeza de polpa e atributos de textura também não houve diferenças entre os tratamentos (Tabela 3). Os resultados obtidos foram semelhantes aos de outros autores. Mazaro et al. (2008), ao estudarem o comportamento pós-colheita de frutos de morangueiro após aplicação pré-colheita de quitosana e acibenzolar-s-metil, verificaram que teores de sólidos solúveis não sofreram alteração em função dos tratamentos e mantiveram-se dentro da normalidade na vida pós-colheita dos morangos. Estes autores concluíram que a aplicação destes indutores não interfere na qualidade organoléptica dos frutos em pós-colheita. Pereira et al. (2010), ao realizar um estudo de produtos alternativos na proteção da videira contra o míldio, verificaram que os produtos testados, entre eles mananoligossacarídeo fosforilado, fosfitos, acibenzolar-S-metil e ácido salicílico, não influenciaram a qualidade dos frutos.

Tabela 3. Acidez titulável, sólidos solúveis, firmeza de polpa e atributos de textura em maçãs ‘Fuji’ tratadas em pré-colheita e avaliadas um dia após a colheita com indutores de resistência na safra 2008/2009. Vacaria, RS.

Tratamentos	Acidez titulável (% Ác. Málico)	Sólidos solúveis (°Brix)	Atributos de textura (N)		
			Firmeza de polpa	Força para ruptura da casca	Força para penetração da polpa
Controle	0,3 ^{ns}	16,1 ^{ns}	75,3 ^{ns}	9,3 ^{ns}	3,3 ^{ns}
Bioflavonóides+fosfíto 5 DAC* (6 mL L ⁻¹)	0,3	16,2	71,3	9,4	3,2
Bioflavonóides+fosfíto 5 DAC (3 mL L ⁻¹)	0,3	15,6	70,2	9,4	3,2
Bioflavonóides+fosfíto 5 DAC (1,5 mL L ⁻¹)	0,3	16,0	71,4	9,7	3,2
Fosfíto de potássio 5 DAC (3 mL L ⁻¹)	0,2	16,4	71,3	10,0	3,3
Bioflavonóides+fosfíto 5 e 1 DAC (3 mL L ⁻¹)	0,3	15,9	71,7	9,4	3,1
CV (%)	17,7	5,6	4,5	5,1	2,2

^{ns} Efeito dos tratamentos não significativo pelo teste de Tukey (p<0,05).

*DAC: dias antes da colheita

Nos atributos de cor, apenas o ângulo ‘hue’ no lado mais vermelho apresentou diferenças entre tratamentos, onde o tratamento controle apresentou valores menores do ângulo ‘hue’, o que caracteriza frutos com coloração vermelha mais intensa em relação aos demais tratamentos (Tabela 4). Porém, é importante ressaltar que essa diferença em valores foi pequena, portanto, não perceptível aos olhos humanos. Como os indutores atuam no metabolismo secundário das plantas, a aplicação destes pode ter interferido na síntese de pigmentos, o que conferiu aos frutos destes tratamentos uma cor vermelha menos intensa em relação ao controle.

Tabela 4. Cor da epiderme em maçãs ‘Fuji’ tratadas em pré-colheita e avaliadas um dia após a colheita com indutores de resistência na safra 2008/2009. Vacaria, RS.

Tratamentos	Cor da epiderme			
	Lado mais vermelho		Lado mais verde	
	<i>l</i>	<i>h</i> □	<i>l</i>	<i>h</i> □
Controle	42,3 ^{ns}	32,3 b*	72,0 ^{ns}	101,4 ^{ns}
Bioflavonóides+fosfito 5 DAC** (6 mL L ⁻¹)	43,8	36,6 a	73,0	102,6
Bioflavonóides+fosfito 5 DAC (3 mL L ⁻¹)	43,4	36,6 a	72,2	101,2
Bioflavonóides+fosfito 5 DAC (1,5 mL L ⁻¹)	42,3	36,2 a	71,5	101,9
Fosfito de potássio 5 DAC (3 mL L ⁻¹)	44,1	36,4 a	70,9	101,6
Bioflavonóides+fosfito 5 e 1 DAC (3 mL L ⁻¹)	43,9	37,3 a	72,1	101,8
CV (%)	2,0	4,2	2,9	2,2

^{ns} Efeito dos tratamentos não significativo pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

*Médias não seguidas pela mesma letra, nas colunas, diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

**DAC: dias antes da colheita

Nas avaliações de qualidade, aos sete dias após a colheita, não houve diferença entre tratamentos em todas as variáveis analisadas (dados não apresentados), o que demonstra que os indutores de resistência não influenciaram na qualidade e amadurecimento dos frutos tratados em pré-colheita e mantidos em condição ambiente.

O metabolismo secundário das plantas tem múltiplas funções durante todo o ciclo de vida das mesmas (Verpoorte & Memelink, 2002). Dentre estas funções encontra-se a formação de compostos, como os pigmentos, devido à atividade de várias enzimas, como por exemplo a Fenilalanina amonia liase (Agrios, 1997; Awad et al., 2001; Marinho, 2005). Porém, quando a planta é atacada por algum patógeno, ocorre a síntese de fitoalexinas, também provenientes do metabolismo secundário, e sintetizados pelas mesmas enzimas (Bailey & Mansfield, 1982; Dixon & Paiva, 1995; Armero et al., 2001; Cavalcanti et al., 2005). Isso sugere que, quando a planta é atacada por patógenos, ao invés de ocorrer normalmente a formação de pigmentos e outros compostos de aroma, prioriza-se a síntese de

fitoalexinas. Quando este evento ocorre, as enzimas atuantes competem por um mesmo substrato, sendo este utilizado ora para a formação de componentes do aroma, ora para a síntese de compostos de defesa (fitoalexinas). No presente estudo, como os frutos destinados à qualidade não foram lesionados artificialmente e nem foram inoculados, pode ser que a carga de inóculo na superfície dos mesmos tenha sido baixa, os quais não apresentaram sintomas da doença. Assim pode ser que o metabolismo secundário tenha ocorrido normalmente, não sendo estimulada a síntese de fitoalexinas. Desta forma, houve maior síntese de compostos que fazem parte dos processo de amadurecimento, como a cor. No entanto, há uma seqüência de reações químicas que ainda são pouco conhecidas (Campos et al., 2004).

2.5.2 Experimento II

Do mesmo modo que no primeiro experimento, no segundo estudo pode-se verificar que não houve diferença entre tratamentos na ocorrência de podridões por *Penicillium* spp., sendo que em todos os tratamentos os frutos apresentaram 100% de incidência em todas as avaliações realizadas (Tabela 5). A aplicação dos tratamentos cinco dias antes da inoculação parece não ter sido suficiente a ponto de estimular o acúmulo de fitoalexinas e desencadear respostas na defesa da planta contra o patógeno. Segundo relatos de outras pesquisas, a proteção induzida é dependente do intervalo de tempo entre o tratamento com o indutor e a posterior inoculação da planta (De Capdeville et al., 2003; Bonaldo et al., 2005). Portanto, essa dependência indica que mudanças específicas no metabolismo da planta, que envolvem a síntese e/ou acúmulo de substâncias, são importantes no fenômeno da resistência (Bonaldo et al., 2005). Além disso, o grau de proteção pode variar de acordo com o genótipo e com a concentração do inóculo do patógeno e do indutor (De Capdeville et al., 2003).

Com relação à severidade das lesões no experimento 2, não houve diferenças significativas entre os tratamentos em todas as avaliações realizadas (Tabela 6).

Ao considerar as substâncias bioflavonóides e mananoligossacarídeo fosforilado, há autores que verificaram efeitos positivos dos bioflavonóides, porém negativos do mananoligossacarídeo fosforilado no controle de doenças em plantas. Tal fato, de certa forma, é compreensível, pois o grau de envolvimento dos fatores bioquímicos e estruturais nas respostas de resistência varia entre as diferentes interações hospedeiro-patógeno e, numa mesma interação, em função da idade da planta, estado nutricional, tecido/órgão afetados e condições ambientais (Bergamin Filho et al., 1995).

Pereira et al. (2010) verificaram que tratamentos com mananoligossacarídeo fosforilado, extrato de folha de cafeeiro com ferrugem, extrato de casca de uva e acibenzolar-S-metil não apresentaram boa eficiência na proteção da videira contra o míldio. Em contrapartida, Boava et al. (2010), ao estudar o efeito de indutores bióticos e abióticos no controle de ferrugem em eucalipto, verificaram que um dos tratamentos que obteve melhores resultados foi com bioflavonóides, porém, o tratamento com mananoligossacarídeo fosforilado não foi eficaz para o controle da ferrugem. No presente estudo não houve efeito das substâncias mananoligossacarídeo fosforilado e bioflavonóides no controle de *Penicillium* spp. em maçãs ‘Fuji’ (Tabelas 5 e 6). Corroborando com o encontrado neste estudo, alguns autores mostram que produtos alternativos como mananoligossacarídeo fosforilado, extratos de alga e bioflavonóides apresentam baixa eficiência no controle do míldio da videira (Peruch et al., 2007; Rosa et al., 2007).

Devido a variabilidade na eficiência das substâncias indutoras entre diferentes espécies vegetais, bem como na concentração de inóculo utilizada, intervalo de tempo entre o tratamento e a inoculação do patógeno, interação patógeno-hospedeiro, entre outras características passíveis de interferência no sucesso da indução de resistências das plantas aos patógenos, pode-se considerar que talvez as condições experimentais deste estudo e fatores desconhecidos podem ter interferido na ineficiência as substâncias indutoras utilizadas no mesmo. Porém, com a realização de outros estudos, talvez ocorram efeitos positivos destas substâncias no controle de podridões.

Tabela 5. Incidência (%) de podridão de *Penicillium* spp. em maçãs ‘Fuji’ submetidas a tratamentos pré-colheita com indutores de resistência na safra 2008/2009. Vacaria, RS.

Tratamentos	Período após inoculação
	5 dias
Controle	100,0
Bioflavonóides 5 DAC* (2,5 mL L ⁻¹)	100,0
Mananoligossacarídeo fosforilado 5 DAC (2,5 mL L ⁻¹)	100,0
Bioflavonóides+Fosfíto 5 DAC (3,0 mL L ⁻¹)	100,0

*DAC: dias antes da colheita

Tabela 6. Diâmetro de lesão (cm) por *Penicillium* spp. em maçãs ‘Fuji’ submetidas a tratamentos pré-colheita com indutores de resistência na safra 2008/2009. Vacaria, RS.

Tratamentos	Período após inoculação			
	5 dias	7 dias	9 dias	11 dias
Controle	1,6 ^{ns}	2,5 ^{ns}	3,5 ^{ns}	4,3 ^{ns}
Bioflavonóides 5 DAC* (2,5 mL L ⁻¹)	1,7	2,6	3,5	4,1
Mananoligossacarídeo fosforilado 5 DAC (2,5 mL L ⁻¹)	1,8	2,6	3,5	4,0
Bioflavonóides+Fosfito 5 DAC (3,0 mL L ⁻¹)	1,7	2,5	3,5	4,2
CV (%)	3,5	2,5	2,5	3,1

^{ns} Efeito dos tratamentos não significativo pelo teste de Tukey (p<0,05).

*DAC: dias antes da colheita

Nas variáveis acidez titulável, sólidos solúveis, firmeza de polpa, atributos de textura (Tabela 7), atributos de cor, índice iodo-amido (dados não apresentados) não houve diferença estatística entre tratamentos. Tais resultados demonstram que os indutores de resistência não influenciaram a maturação dos frutos. Segundo Gondim et al. (2008), a qualidade de frutos de manga não foi modificada pela aplicação dos bioflavonóides, na dose de 7,5 mL L⁻¹, considerando características de acidez e pH. Esse resultado corrobora com o presente trabalho, pois apesar das doses de bioflavonóides avaliadas e os frutos serem diferentes, este indutor também não interferiu nas características de qualidade das maçãs ‘Fuji’. Todavia, outros trabalhos demonstram que bioflavonóides e mananoligossacarídeo fosforilado podem interferir no amadurecimento de frutos. Espindola et al. (2007) observaram retardo no amadurecimento de quivis ‘Bruno’, associado a uma redução nas taxas de produção de etileno e respiratória, com o uso dos indutores bioflavonóides e mananoligossacarídeo fosforilado. Tal fato pode estar relacionado à diferença na sensibilidade ao etileno entre estas espécies, já que a maçã ‘Fuji’ possui baixa sensibilidade ao etileno (Brackmann et al., 2001).

Em pesquisas com outras substâncias indutoras de resistência também se verificou retardo na maturação de frutos. Mazaro et al. (2008) verificaram que a aplicação pré-colheita de quitosana em morangos, nas doses 0,5%, 1,0% e 2,0%, retardou a maturação dos frutos, pois apresentou resultados positivos na manutenção da firmeza de polpa, acidez titulável e

aumentou os teores de polifenóis totais, além de reduzir a produção de etileno, a perda de massa fresca e o teor de açúcares redutores.

Tabela 7. Acidez titulável, sólidos solúveis, firmeza de polpa e atributos de textura em maçãs ‘Fuji’ submetidas a tratamentos pré-colheita e avaliadas um dia após a colheita com indutores de resistência na safra 2008/2009. Vacaria, RS.

Tratamentos	Acidez titulável (% Ác. Málico)	Sólidos solúveis (°Brix)	Atributos de textura (N)		
			Firmeza de polpa	Força para ruptura da casca	Força para penetração da polpa
Controle	0,3 ^{ns}	16,1 ^{ns}	75,3 ^{ns}	9,3 ^{ns}	3,3 ^{ns}
Bioflavonóides 5 DAC* (2,5 mL L ⁻¹)	0,3	16,0	73,9	10,0	3,2
Mananoligossacarídeo fosforilado 5 DAC (2,5 mL L ⁻¹)	0,3	16,1	70,5	9,8	3,2
Bioflavonóides+Fosfito 5 DAC (3,0 mL L ⁻¹)	0,3	15,6	70,2	9,4	3,2
CV (%)	12,2	7,0	5,2	5,9	3,8

^{ns} Efeito dos tratamentos não significativo pelo teste de Tukey (p<0,05).

*DAC: dias antes da colheita

Nas avaliações de qualidade e amadurecimento, aos sete dias após a colheita, não houve diferença entre tratamentos em todas as variáveis analisadas (dados não apresentados).

2.6 CONCLUSÕES

- A aplicação pré-colheita de indutores de resistência em maçãs ‘Fuji’ não controla a incidência de podridões com *Penicillium* spp.
- O fosfito de potássio, na dose de 3 mL L⁻¹, aplicado 5 dias antes da colheita, retarda o desenvolvimento das podridões causadas por *Penicillium* spp. em maçãs ‘Fuji’ mantidas em temperatura ambiente.
- O uso de indutores de resistência não interfere na maturação, amadurecimento e qualidade de maçãs ‘Fuji’ mantidas em condição ambiente.

3 QUALIDADE, AMADURECIMENTO E CONTROLE DE *Penicillium* spp. EM MAÇÃS ‘FUJI’ COM A APLICAÇÃO PRÉ E PÓS-COLHEITA DE INDUTORES DE RESISTÊNCIA

3.1 RESUMO

Penicillium spp. causa uma das piores doenças que acomete as maçãs na pós-colheita. O trabalho teve o objetivo de avaliar o efeito da aplicação pré e pós-colheita das substâncias mananoligossacarídeo fosforilado, bioflavonóides, bioflavonóides mais fosfito, fosfito de potássio e ácido salicílico sobre o controle de podridões por *Penicillium* spp. e o amadurecimento e qualidade de maçãs ‘Fuji’. As variáveis analisadas foram incidência e severidade de danos pela podridão de *Penicillium* spp., firmeza de polpa, atributos de textura, sólidos solúveis, acidez titulável, cor da epiderme, respiração e produção de etileno. Utilizou-se delineamento inteiramente casualizado, com quatro repetições. As médias foram comparadas pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). O fosfito de potássio diminuiu a incidência e severidade de *Penicillium* spp.. Conclui-se que a aplicação pós-colheita de fosfito de potássio reduz a incidência e a severidade de podridões por *Penicillium* spp.. Os indutores de resistência não afetam o amadurecimento e a qualidade de maçãs ‘Fuji’ mantidas em temperatura ambiente.

Palavras-chave: *Malus domestica*. Podridão. Qualidade.

3.2 ABSTRACT

Penicillium spp. infection causes the main postharvest losses of ‘Fuji’ apples. This work had the objective to evaluate the effects of preharvest and postharvest application of the substances phosphorylated mannanoligosaccharides, bioflavonoids, bioflavonoids+phosphite, potassium phosphite and salicylic acid on the control of *Penicillium* spp. rot and on fruit ripening and quality of ‘Fuji’ apples. The variables assessed were incidence and severity of *Penicillium* spp. rot, flesh firmness, texture attributes, soluble solids content, titratable acidity, peel color, respiration rate and ethylene production. The experiment followed a completely randomized design, with four replicates. The means were compared by Tukey’s test ($p < 0.05$). Potassium phosphite decreased the incidence and severity of *Penicillium* spp. rot. In conclusion, the postharvest treatment with potassium phosphite reduces the incidence and severity of *Penicillium* spp. rot. The resistance inducers do not affect the ripening and quality of ‘Fuji’ apples left at ambient temperature.

Keywords: *Malus domestica*. Rot. Quality.

3.3 INTRODUÇÃO

A maçã ‘Fuji’ é uma das quatro cultivares de macieiras mais promissoras no contexto mundial, devido a excelente qualidade gustativa, alta produtividade e aceitação por parte dos consumidores (Hunsche, 2001; Epagri, 2006). É uma das mais importantes cultivares de maçãs no Brasil e responde por 34% da produção nacional, sendo Santa Catarina e Rio Grande do Sul os principais estados produtores de maçã no país (ABPM, 2010; Agapomi, 2010), porém, perdas são comuns devido principalmente à ocorrência de podridões (Brackmann et al., 2000).

Dentre os principais microorganismos que causam perdas encontra-se o fungo *Penicillium* spp. (Xu & Berrie, 2005; Blum et al., 2007). Podridões de *Penicillium* spp. são as de maior ocorrência, principalmente no período pós-colheita, causando perdas qualitativas e quantitativas. Essa podridão reduz o tempo de armazenamento e pode contaminar os frutos no campo ou no período pós-colheita (Brackmann et al., 2005).

O controle químico de fungos na pós-colheita está sendo restringido devido aos seus efeitos residuais (Brackmann et al., 2004). Os resíduos têm impacto sobre a comercialização e exportação de frutos, na saúde humana e no meio ambiente (Brackmann et al., 2004, Dantas et al., 2004; Blum et al., 2007).

A aplicação de indutores de resistência pode oferecer uma alternativa viável para controlar as podridões pós-colheita em maçã (Brackmann et al., 2004; Dantas et al., 2004; Danner et al., 2008). Os indutores de resistência são substâncias menos tóxicas, que podem corroborar com o controle de podridões dentro de uma proposta de manejo integrado das culturas (Moreira et al., 2002; Blum et al., 2007).

Tem-se verificado eficiência no controle de doenças com indutores de resistência como o mananoligossacarídeo fosforilado, onde este tem demonstrado eficiência no controle de doenças em videira, batata, tomate, quando utilizado em conjunto com fungicidas tradicionais, reduzindo o número de aplicações destes (Dantas et al., 2004; Cavalcanti et al., 2005). Além disso, também tem demonstrado efeito positivo no controle de podridões pós-colheita de manga (Dantas et al., 2008) e de mamão (Dantas et al., 2004; Pascholati et al., 2004). Os bioflavonóides também são indutores que têm se demonstrado eficazes na proteção das culturas de pepino, cafeeiro e cacauzeiro (Cavalcanti et al., 2006) e também no controle de podridões pós-colheita em manga (Dantas et al., 2008) e maracujá (Benato et al., 2002). No entanto, são poucos os trabalhos relacionados com o controle de doenças com indutores de resistência na cultura da macieira, especialmente com o objetivo de proteger os frutos no

período pós-colheita (Brackmann et al., 2004; Brackmann et al., 2005). A aplicação de indutores de resistência em pós-colheita pode promover menor incidência e severidade pós-colheita da podridão de *Penicillium* spp. em maçãs ‘Fuji’ e também pode influenciar no amadurecimento e qualidade dos frutos.

O presente trabalho teve como objetivo avaliar o efeito da aplicação de indutores de resistência sobre a incidência e severidade de podridões pós-colheita causadas por *Penicillium* spp. e a qualidade e amadurecimento de maçãs ‘Fuji’.

3.4 MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado durante a safra 2008/2009, utilizando frutos colhidos em um pomar comercial, localizado no município de Vacaria, RS. A colheita das maçãs ‘Fuji’ foi realizada na época comercial (30/05/2009) e o experimento conduzido no Laboratório de Pesquisa em Fisiologia Vegetal do Centro de Ciências Agroveterinárias (CAV), da Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC).

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, com seis tratamentos, constituídos por quatro repetições. Em cada repetição vinte frutos foram destinados a inoculação e 11 frutos destinados as análises de qualidade.

Os frutos utilizados no experimento foram tratados em pré-colheita com bioflavonóides mais fosfito, aos 5 e 1 dias antes da colheita, na dose de 3 mL L⁻¹. Na pós-colheita, os tratamentos foram: controle (água), mananoligossacarídeo fosforilado na dose 5 mL L⁻¹, bioflavonóides na dose 5 mL L⁻¹, bioflavonóides+fosfito na dose 5 mL L⁻¹, fosfito de potássio na dose 3 mL L⁻¹ e ácido salicílico na dose de 2 mM. Em todos os tratamentos foi adicionado espalhante adesivo organossiliconado na dose 0,01% v v⁻¹.

A composição dos produtos utilizados idêntica à utilizada no capítulo II.

Os frutos destinados para avaliação da incidência e severidade de podridão sofreram quatro lesões de 4 mm de profundidade em sua região equatorial, distribuídos de forma equidistante, com o auxílio de uma ponteira de 2 mm de diâmetro, através de um texturômetro eletrônico. Após feitas as lesões realizou-se a aplicação dos tratamentos através da imersão dos frutos por cinco minutos na solução contendo o tratamento. Os frutos foram inoculados com *Penicillium* spp. vinte e quatro horas após a aplicação dos tratamentos.

Metodologia de inoculação de frutos e preparo da solução de esporos idêntica à utilizada no capítulo II.

Avaliações de incidência e severidade idênticas às utilizadas no capítulo II.

As avaliações dos atributos de qualidade e amadurecimento foram realizadas aos 17 dias após a colheita, a temperatura ambiente, sendo que as mesmas compreenderam os atributos: firmeza de polpa, atributos de textura (penetração da polpa), sólidos solúveis, acidez titulável, cor da epiderme e taxas respiratória e de etileno.

Descrição dos atributos de qualidade e amadurecimento idêntica à utilizada no capítulo II.

As médias das variáveis avaliadas foram comparadas pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). As análises estatísticas foram realizadas com o software SAS. Os dados em porcentagem, antes de proceder a análise de variância, foram transformados em arco seno $[(x+1)/100]^{1/2}$.

3.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

De maneira geral, a incidência de podridão por *Penicillium* spp. foi reduzida pela aplicação de fosfito de potássio e bioflavonóides + fosfito (Tabela 8). Todavia, o fosfito de potássio apresentou o melhor resultado, pois diferiu do controle em todas as avaliações realizadas (Tabela 8). Já o tratamento com bioflavonóides + fosfito, apresentou resultado um pouco inferior ao tratamento com uso isolado de fosfito, pois diferiu do controle somente até os seis dias após a inoculação dos frutos (Tabela 8).

Com relação à severidade dos danos pode-se verificar que o fosfito de potássio e os bioflavonóides + fosfito diferiram do controle em todas as avaliações, porém o fosfito apresentou melhores resultados (Tabela 9).

Os resultados obtidos no presente trabalho podem indicar que o efeito da mistura de bioflavonóides + fosfito pode ser decorrente do efeito do fosfito de potássio, pois o uso isolado do fosfito de potássio também controlou a incidência e severidade de podridões, o que não foi observado pelo uso isolado de bioflavonóides (Tabelas 8 e 9).

Resultados obtidos neste trabalho foram semelhantes aos obtidos por Brackmann et al. (2004). Esses autores observaram que a aplicação pós-colheita de fosfito de potássio (250 mL 100 L⁻¹) + CaCl₂ (2%), em maçãs Fuji, proporcionou menor incidência de podridões, bem como menor diâmetro de lesões. Outros autores também encontraram eficiência do fosfito de potássio no controle de podridões em maçã (Blum et al., 2007; Brackmann et al., 2005; Reuveni et al., 2003) e pêssego (Moreira et al., 2002). Porém, Tavares et al. (2009) constataram que os indutores fosfito de potássio, ácido salicílico, fosfito de potássio + ácido salicílico e *Saccharomyces cerevisiae*, conferem baixa capacidade de proteção a plantas de mamoeiro contra *Phytophthora palmivora*. Resultados semelhantes foram encontrados por

Pereira et al. (2010), que verificaram que pulverizações com mananoligossacarídeo fosforilado, AS e extratos vegetais mostraram baixa eficiência na redução da severidade do míldio da videira em folhas e alta incidência da doença nos cachos. Tais trabalhos corroboram com o ocorrido no presente estudo, onde as substâncias bioflavonóides, mananoligossacarídeo fosforilado e AS não apresentaram eficiência em diminuir a ocorrência de *Penicillium* spp.

Porém, há trabalhos que verificaram eficiência destas substâncias no controle de podridões. Benato et al. (2002) verificaram eficiência destas substâncias no controle de podridões em maracujá. Dantas et al. (2008) verificaram eficiência dos bioflavonóides no controle de doenças em mamão e Cavalcanti et al. (2006) verificaram efeitos positivos destes compostos em pepino, cafeeiro, manga e maracujá. Já Cia (2005), Pascholati et al. (2004), Dantas et al. (2004) e Dantas et al. (2008) verificaram efeito positivo do mananoligossacarídeo fosforilado no controle de podridões pós-colheita em manga e mamão. Da mesma forma, Pessoa et al. (2007) encontraram eficiência do mananoligossacarídeo fosforilado na redução da severidade de antracnose em goiaba. Provavelmente, este contraste de resultados entre as pesquisas é decorrente de que a resposta na indução de resistência pode diferir de acordo com a espécie vegetal em questão, ou seja, apesar das substâncias mananoligossacarídeo fosforilado e bioflavonóides serem eficientes em algumas espécies vegetais, não significa que as mesmas sejam eficientes em outros frutos, como a maçã. Segundo Bergamin Filho et al. (1995), o grau de envolvimento dos fatores bioquímicos e estruturais nas respostas de resistência varia entre as diferentes interações patógeno-hospedeiro e, numa mesma interação, em função da idade da planta, estado nutricional, tecido/órgão afetados e condições ambientais.

Pode-se verificar que até os seis dias após inoculação, o tratamento com ácido salicílico apresentou frutos com maior incidência de podridões por *Penicillium* spp. que o controle (Tabela 8). Na severidade, o ácido salicílico diferiu do controle aos 4 e 8 dias após a inoculação, apresentando frutos com maior severidade de danos (Tabela 9). Este composto não induziu mecanismos de defesa nos tecidos dos frutos a ponto de ter atuado na redução das podridões. Cia (2005) encontrou efeitos semelhantes, onde a asperção com diferentes concentrações de ácido acetil salicílico (0; 2,3; 5; 10; 20 e 40 mM) 10 horas após inoculação não foram eficientes em reduzir a incidência e o diâmetro das lesões nos frutos de mamão, onde observou que a severidade da antracnose foi maior com o incremento das doses de AAS.

Segundo Yu et al. (2007), tratamentos com AS a $100 \mu\text{g ml}^{-1}$ não foram efetivos em suprimir podridões por mofo azul em peras lesionadas quando as concentrações de inóculo de *P. expansum* foram superiores a 5×10^2 . Porém, quando foram de 5×10^2 ou inferiores a

incidência de lesões e a média do diâmetro das lesões reduziram com a aplicação de AS. Estes mesmos autores verificaram que aplicações de AS 24 horas antes da inoculação apresentaram ineficácia na redução de *P. expansum* e *B. cinerea*. Contudo, quando o intervalo entre tratamentos e inoculação aumentou para 48 horas ou mais, este composto mostrou efeitos positivos no controle de ocorrência das podridões. Isso demonstra que é necessário tempo para que ocorra a indução de resistência (Sticher et al., 1997). Além disso, com tais evidências se pode supor que o grau de proteção pode variar de acordo com a concentração do inóculo do patógeno e do indutor, com o intervalo de tempo entre o tratamento indutor e o contato com o fitopatógeno e com o genótipo utilizado (De Capdeville et al., 2003).

Por outro lado, Louws et al. (2001) detectaram efeito positivo do ASM no controle das bacterioses do tomateiro causadas por *Xanthomonas vesicatoria* (Vauterin) e por *Pseudomonas syringae* pv. *tomato*, em ensaios de campo. O produto proporcionou controle igual ou superior ao de compostos cúpricos. O peso seco e o crescimento de mudas na fase de transplantio foram, contudo, negativamente afetados. Estes mesmos autores concluíram que o emprego de ativadores de resistência, em plantas sob condições de estresse, pode envolver fatores constitutivos de regulação de crescimento, resultando em fitotoxicidade. Segundo Heil et al. (2000), hormônios vegetais como o ácido salicílico e o ácido jasmônico estão envolvidos em importantes processos de desenvolvimento das plantas. Portanto, alterações em seus níveis podem interferir no crescimento e afetar a produção. Além disso, o uso prático do ácido salicílico no controle alternativo de doenças em plantas tem sido limitado devido à sua fitotoxicidade (Cavalcanti et al., 2005).

No presente estudo preconizou-se aplicação dos tratamentos pós-colheita 24 horas antes da inoculação dos frutos com *Penicillium* spp.. Talvez, o efeito dos tratamentos poderia ter sido melhor se tivessem sido testados intervalos de tempo maiores entre o tratamento e inoculação. Segundo Boneti & Katsurayama (2002), em experimentos realizados em casa de vegetação, o fosfito de potássio somente apresentou alta eficiência quando aplicado sete dias antes da inoculação, pois quando aplicado um, três e cinco dias antes da mesma a eficiência foi média ou baixa. Isto reforça a evidência de que o estabelecimento da indução de resistência a doenças requer tempo (Sticher et al., 1997). Por exemplo, algumas substâncias indutoras foram efetivas em induzir resistência ao ataque de patógenos pós-colheita somente quando aplicadas um ou vários dias antes da inoculação (De Capdeville et al., 2002; Droby et al., 2002; El Ghaouth et al., 2003; Porat et al., 2003; Molloy et al., 2004; Bi et al., 2006).

Camili et al. (2010) mostraram que, independente do intervalo de tempo entre o tratamento e a inoculação, a vaporização de cachos de uva com 1,0 mL 100 L⁻¹ de ácido

acético reduziu o nível de doença por *Botrytis cinerea*. Os mesmos autores relataram que no quarto dia de avaliação, cachos vaporizados 48 e 72 horas antes da inoculação apresentaram o menor índice de doença, diferindo significativamente dos cachos não tratados ou tratados 24 ou 96 horas antes da inoculação. Esse resultado corrobora com as afirmações anteriores, demonstrando a necessidade de certo período de tempo (dias, horas) para que ocorra o acúmulo de fitoalexinas e desenvolvimento de resistência (Camili et al., 2010). Talvez, possa haver um tempo ótimo de atuação dos mecanismos de resistência, ou seja, um período de tempo no qual ocorra o nível máximo de indução, sendo que após ocorre diminuição.

Outro fator que pode ter interferido na indução de resistência é o estágio de maturação dos frutos. Deve-se considerar que à medida que avança o amadurecimento dos frutos ocorre redução das respostas naturais de defesa (Droby et al., 1993). Além disso, a taxa de produção e potencial de acúmulo de fitoalexinas diminuem durante o amadurecimento (Prusky, 1998; Kamo et al., 2000, Kamo et al., 2001). Talvez, o estágio avançado de maturação dos frutos pode ter contribuído negativamente no controle de podridões por *Penicillium* spp. pelas substâncias indutoras, causando alta incidência e severidade de *Penicillium* spp. observada nas maçãs. Corroborando com essa suposição, Franck et al. (2005), ao avaliarem o efeito de tratamentos pré e pós-colheita em uvas de mesa no controle de *P. expansum*, constataram que as lesões foram maiores nas uvas maduras que nas uvas imaturas.

Tabela 8. Incidência (%) de podridão de *Penicillium* spp. em maçãs ‘Fuji’ submetidas a tratamentos pré-colheita e pós-colheita com indutores de resistência e mantidas em temperatura ambiente na safra 2008/2009. Vacaria, RS.

Tratamentos	Período após inoculação			
	4 dias	6 dias	8 dias	10 dias
Controle	78,1 b*	97,2 b	97,7 ab	99,4 a
Mananoligossacarídeo fosforilado (5 mL L ⁻¹)	81,0 b	98,8 ab	99,4 a	100,0 a
Bioflavonóides (5 mL L ⁻¹)	90,3 b	98,8 ab	99,1 ab	100,0 a
Bioflavonóides+fosfito (5 mL L ⁻¹)	57,1 c	88,4 c	95,5 bc	98,0 b
Fosfito de potássio (3 mL L ⁻¹)	26,6 d	69,8 d	88,4 c	93,8 c
Ácido salicílico (2 mM)	99,3 a	100,0 a	100,0 a	100,0 a
CV (%)	8,4	4,8	5,0	2,0

*Médias não seguidas pela mesma letra, nas colunas, diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey (p<0,05).

Tabela 9. Diâmetro de lesão (cm) por *Penicillium* spp. em maçãs 'Fuji' submetidas a tratamentos pré-colheita e pós-colheita com indutores de resistência e mantidas em temperatura ambiente na safra 2008/2009. Vacaria, RS.

Tratamentos	Período após inoculação			
	4 dias	6 dias	8 dias	10 dias
Controle	0,7 b*	1,6 a	2,4 b	3,0 ab
Mananoligossacarídeo fosforilado (5 mL L ⁻¹)	0,7 b	1,5 b	2,2 c	2,9 b
Bioflavonóides (5 mL L ⁻¹)	0,8 b	1,7 a	2,5 ab	3,0 ab
Bioflavonóides+fosfito (5 mL L ⁻¹)	0,4 c	1,2 c	1,8 d	2,5 c
Fosfito de potássio (3 mL L ⁻¹)	0,2 d	0,7 d	1,3 e	2,0 d
Ácido salicílico (2 mM)	1,0 a	1,8 a	2,6 a	3,2 a
CV (%)	12,1	7,8	4,3	4,2

*Médias não seguidas pela mesma letra, nas colunas, diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey (p<0,05).

Os teores de sólidos solúveis foram menores nos frutos do tratamento com bioflavonóides, em relação ao controle e AS (Tabela 10). Nos atributos de qualidade, taxas de produção de etileno e respiração (dados não apresentados), acidez titulável, firmeza de polpa e atributos de textura, não houve diferença entre os tratamentos (Tabela 10). Esses resultados evidenciam que não houve efeito dos indutores de resistência sobre a qualidade dos frutos. Outros autores reportaram resultados que corroboram com os encontrados na presente pesquisa. Lopes (2008), ao estudar efeito de diferentes fosfitos na qualidade físico-química de frutos de mamão cv. Golden, não encontrou efeito destas substâncias nas análises realizadas, tanto em mamões inoculados quanto em frutos não inoculados com *Coletotrichum gloeosporioides*. Este mesmo autor verificou que o AAS não apresentou efeito sobre a qualidade dos frutos. Segundo Cia (2005), o pH, a acidez total e firmeza de mamão não foram influenciados por nenhuma das doses avaliadas de AAS, quando comparadas à testemunha.

Tabela 10. Acidez titulável, sólidos solúveis, firmeza de polpa e atributos de textura em maçãs ‘Fuji’ aos 17 dias após a colheita, tratadas em pré-colheita e pós-colheita com indutores de resistência na safra 2008/2009. Vacaria, RS.

Tratamentos	Acidez titulável (% Ác. Málico)	Sólidos solúveis (°Brix)	Atributos de textura (N)		
			Firmeza de polpa	Força para ruptura da casca	Força para penetração da polpa
Controle	0,2 ^{ns}	15,6 a*	71,0 ^{ns}	11,0 ^{ns}	3,2 ^{ns}
Mananoligossacarídeo fosforilado (5 mL L ⁻¹)	0,2	14,8 abc	70,8	10,9	3,4
Bioflavonóides (5 mL L ⁻¹)	0,2	13,7 c	68,5	11,2	3,2
Bioflavonóides+fosfito (5 mL L ⁻¹)	0,2	14,1 bc	67,4	10,9	3,3
Fosfito de potássio (3 mL L ⁻¹)	0,2	14,3 abc	66,4	11,2	3,1
Ácido salicílico (2 mM)	0,2	15,2 ab	66,4	10,5	3,2
CV (%)	7,3	4,4	4,1	4,3	3,4

^{ns} Efeito dos tratamentos não significativo pelo teste de Tukey (p<0,05).

*Médias não seguidas pela mesma letra, nas colunas, diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey (p<0,05).

Foi possível observar que na cor da epiderme houve diferenças significativas nos atributos de cor *l* (lightness) e ângulo ‘hue’ (h^\square) entre os tratamentos. No lado mais vermelho os frutos tratados com ácido salicílico apresentaram valores menores de *l* e h^\square (Tabela 11). Já no lado mais verde, o tratamento com fosfito apresentou frutos menos amarelos em relação ao controle (Tabela 11).

A PAL é uma enzima chave envolvida na produção de compostos do metabolismo secundário, que estão relacionados à defesa das plantas, incluindo o ácido salicílico, monômeros de lignina e fitoalexinas (Thangavelu et al., 2003). A redução no acúmulo de compostos fenólicos dos frutos tratados pode ser devido ao desequilíbrio entre a produção e o consumo de intermediários fenólicos, contribuindo para a queda de fenólicos totais (Cavalcanti et al., 2006). Ao considerar que no metabolismo secundário as enzimas competem pelo mesmo substrato, ora pra formação de pigmentos como as antocianinas, ora pra formar

fitoalexinas, pode-se observar que nos resultados deste estudo que o ácido salicílico, além de aumentar a incidência e severidade de podridões, também mostrou frutos com valores menores de l e h^* . Este resultado sugere que o ácido salicílico possa ter favorecido a formação de pigmentos, o que conseqüentemente diminui a condução de metabólitos para formação de compostos de defesa na planta.

Tabela 11. Cor da epiderme em maçãs ‘Fuji’ aos 17 dias após a colheita, tratadas em pré-colheita e pós-colheita com indutores de resistência na safra 2008/2009. Vacaria, RS.

Tratamentos	Cor da epiderme			
	Lado mais vermelho		Lado mais verde	
	l	h^*	l	h^*
Controle	48,5 a	50,0 a*	72,5 ^{ns}	100,4 b
Mananoligossacarídeo fosforilado (5 mL L ⁻¹)	46,7 ab	47,2 ab	72,4	103,0 ab
Bioflavonóides (5 mL L ⁻¹)	47,7 ab	50,7 a	72,6	104,5 ab
Bioflavonóides+fosfito (5 mL L ⁻¹)	47,5 ab	48,8 ab	72,5	104,8 ab
Fosfito de potássio (3 mL L ⁻¹)	44,7 ab	42,7 ab	70,8	105,7 a
Ácido salicílico (2 mM)	43,3 b	39,2 b	70,5	100,7 ab
CV (%)	4,7	9,2	1,9	2,2

^{ns} Efeito dos tratamentos não significativo pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

*Médias não seguidas pela mesma letra, nas colunas, diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Segundo Chitarra & Chitarra (2006), a qualidade pode ser considerada por uma série de atributos que juntos compreendem propriedades sensoriais (aparência, textura, aroma, sabor), o valor nutritivo, os compostos químicos, as propriedades mecânicas, as características funcionais e os defeitos. Considerando essa afirmação e os resultados do presente trabalho, fica evidenciado que as substâncias elicitoras não influenciaram a qualidade dos frutos.

3.6 CONCLUSÕES

- O uso pré-colheita seguido de aplicação pós-colheita de fosfito de potássio retarda a evolução na incidência e severidade de podridões por *Penicillium* spp. em maçãs 'Fuji' mantidas em temperatura ambiente.
- Os indutores de resistência não influenciam a qualidade e o amadurecimento de maçãs 'Fuji' mantidas em condição ambiente.

4 INDUTORES DE RESISTÊNCIA NO CONTROLE DE *Penicillium* spp. NO ARMAZENAMENTO DE MAÇÃS 'FUJI'

4.1 RESUMO

Penicillium spp. é uma das principais doenças causadoras de perdas na pós-colheita de maçãs. O objetivo deste trabalho foi de avaliar o efeito das substâncias fosfito de potássio, bioflavonóides + fosfito e bioflavonóides sobre a ocorrência e severidade de podridão por *Penicillium* spp. e sobre a qualidade e amadurecimento de maçãs 'Fuji' frigoconservadas (0,5°C e 90% de UR). As variáveis analisadas foram incidência e severidade de danos pela podridão de *Penicillium* spp., firmeza de polpa, atributos de textura, sólidos solúveis, acidez titulável, cor da epiderme, respiração e produção de etileno. Os delineamentos experimentais utilizados foram blocos casualizados, em 2008/2009, e inteiramente casualizado, em 2009/2010, com quatro repetições. As médias foram comparadas pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). Os indutores de resistência não influenciaram a qualidade e o amadurecimento das maçãs em armazenamento refrigerado. Os indutores de resistência não reduziram os danos causados por *Penicillium* spp. na temporada de 2008/2009, porém em 2009/2010 o fosfito de potássio e bioflavonóides+fosfito na dose de 1,5 mL L⁻¹, foram as substâncias que reduziram a incidência e severidade de danos por *Penicillium* spp.. Conclui-se que os indutores de resistência não afetam a qualidade e o amadurecimento de maçãs 'Fuji' durante o armazenamento refrigerado. O fosfito de potássio reduz a incidência e severidade de podridões causadas por *Penicillium* spp..

Palavras-chave: Podridão. Pós-colheita. Amadurecimento.

4.2 ABSTRACT

Penicillium spp. is one of the main pathogens that cause postharvest losses of 'Fuji' apples. The objective of this work was evaluate the effects of potassium phosphite, bioflavonoids+phosphite and bioflavonoids on incidence and severity of *Penicillium* spp rot and on fruit ripening and quality of 'Fuji' apples during cold storage (0.5°C and 90% RH). The variables evaluated were incidence and severity of *Penicillium* spp. rot, flesh firmness, texture attributes, soluble solids content, titratable acidity, peel color, respiration rate and ethylene production. The experiments followed a randomized block design in 2008/2009, and a completely randomized design in 2009/2010, with four replicates. The means were compared by Tukey's test ($p < 0.05$). The inducers of resistance did not interfere with fruit quality and ripening during cold storage. The inducers of resistance did not reduce *Penicillium* spp. rot in 2008/2009, while potassium phosphite and bioflavonoids+phosphite at the dose of 1,5 mL L⁻¹ reduced the incidence and severity of *Penicillium* spp. rot in 2009/2010. The inducers of resistance do not affect fruit quality and ripening of 'Fuji' apples during the cold storage. Potassium phosphite reduce the incidence and severity of rots caused by *Penicillium* spp..

Keywords: Rot. Postharvest. Ripening.

4.3 INTRODUÇÃO

As principais cultivares de maçãs produzidas no Brasil são a Gala e a Fuji, sendo os estados de Santa Catarina e Rio Grande do Sul os de maior participação na produção de maçãs no país (IBGE, 2010). Em busca da melhoria na oferta dos frutos, aliada à contínua qualidade dos mesmos, tem-se investido em câmaras para armazenamento refrigerado, tendo o Brasil capacidade de armazenagem frigorífica em torno de 641.946 toneladas, entre frio convencional e atmosfera controlada (ABPM, 2007).

As doenças pós-colheita causam grandes perdas econômicas, sendo o *Penicillium* spp. o maior responsável pela perda por apodrecimento de maçãs durante o armazenamento refrigerado (Baert, 2008; Morales, 2008). A incidência de *Penicillium* spp. em maçãs durante a armazenagem pode ser decorrente de contaminação a campo, como também na fase de pós-colheita, sendo que esta podridão pode representar 90% das perdas pós-colheita (Blum et al., 2007).

O uso de fungicidas é o tratamento mais comum na prevenção de podridões pós-colheita, porém tanto consumidores como autoridades estão se conscientizando dos riscos destes quanto aos seus efeitos residuais nos alimentos, no homem e meio-ambiente (Morales, 2008). Esse fato resulta em restrições cada vez maiores ao uso de agroquímicos, bem como na busca de alternativas de controle de doenças que sejam menos prejudiciais ao ambiente (Conway et al., 2005; Droby, 2006; Morales et al., 2008; Sholberg & Conway, 2004).

A indução de resistência a doenças é uma importante estratégia para reduzir infecções na planta, bem como em frutos e hortaliças colhidos (Terry & Joyce, 2004; Walters et al., 2005; Elmer & Reglinski, 2006).

Dentre os indutores de resistência, encontra-se o fosfito de potássio e os bioflavonóides. Brackmann et al. (2004) verificaram que a aplicação de fosfito de potássio associado a CaCl_2 resultou em frutos com diâmetro de lesões igual ao uso do fungicida Iprodione em maçãs 'Fuji' frigoconservadas. Além disso, Benato et al. (2002) e Dantas et al. (2008) verificaram eficiência dos bioflavonóides no combate a podridões em maracujá e manga, respectivamente. Tais trabalhos têm incentivado pesquisas nesta área, principalmente por considerar o interesse dos produtores em minimizar o uso de agroquímicos (Moreira et al., 2002). A aplicação de indutores de resistência em pós-colheita pode promover menor incidência e severidade pós-colheita da podridão de *Penicillium* spp. em maçãs 'Fuji', porém pode influenciar na qualidade e no amadurecimento de maçãs mantidas em armazenamento refrigerado.

O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito da aplicação pós-colheita de indutores de resistência sobre a incidência e severidade de podridões pós-colheita, causadas por *Penicillium* spp., e sobre a qualidade e o amadurecimento de maçãs 'Fuji' mantidas em armazenamento refrigerado.

4.4 MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado durante as safras 2008/2009 e 2009/2010, com maçãs cultivar 'Fuji', provenientes de um pomar comercial localizado em Vacaria, RS. A colheita dos mesmos foi realizada na época comercial (30/05/2009) e (13/05/2010). Os experimentos foram conduzidos no Laboratório de Pesquisa em Fisiologia e Tecnologia Pós-colheita do Centro de Ciências Agroveterinárias (CAV), da Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC).

Safra 2008/2009:

O delineamento experimental foi em blocos casualizados, com cinco tratamentos com quatro repetições, sendo 18 frutos foram destinados a inoculação e 15 frutos destinados as análises de qualidade.

Os frutos foram tratados em pré-colheita, sendo os tratamentos avaliados: controle (água e espalhante adesivo), fosfito de potássio, 5 DAC, na dose 3 mL L⁻¹, bioflavonóides+fosfito, 5 DAC, na dose 1,5 mL L⁻¹, bioflavonóides+fosfito, 5 DAC, na dose 3 mL L⁻¹ e bioflavonóides, 5 DAC, na dose 2,5 mL L⁻¹.

Os frutos, após tratados e inoculados, foram armazenados por 90 dias em atmosfera refrigerada.

Safra 2009/2010:

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, constituído por cinco tratamentos com quatro repetições, sendo 20 frutos destinados a inoculação e 10 frutos destinados as análises de qualidade.

Os frutos utilizados foram tratados em pós-colheita e os tratamentos avaliados foram: controle (água e espalhante adesivo), fosfito de potássio na dose 3 mL L⁻¹, bioflavonóides+fosfito na dose 1,5 mL L⁻¹, bioflavonóides+fosfito na dose 3 mL L⁻¹ e bioflavonóides na dose 2,5 mL L⁻¹.

A composição dos produtos utilizados idêntica à utilizada no capítulo II.

Os frutos destinados as avaliações de incidência e severidade de danos, após tratados e inoculados, foram armazenados por 40 dias e os frutos destinados para avaliações de qualidade, após tratados, foram armazenados por 90 dias em atmosfera refrigerada.

Após as avaliações iniciais de qualidade foi feita a inoculação dos frutos e posteriormente estes foram armazenados em atmosfera refrigerada (0,5°C e 90% de UR) por 90 dias em 2008/2009 e 40 dias em 2009/2010, onde após esta armazenagem foram feitas as avaliações de incidência e severidade por *Penicillium* spp. juntamente com novas análises de qualidade.

Os frutos destinados para avaliação da incidência e severidade de podridão sofreram quatro lesões na safra 2008/2009 e duas lesões na safra de 2009/2010 de 4 mm de profundidade em sua região equatorial, distribuídos de forma eqüidistante, com o auxílio de uma ponteira de 2 mm de diâmetro, através de um texturômetro eletrônico. Em 2008/2009 os frutos foram tratados pré-colheita, lesionados e inoculados para posterior frigoconservação. Já, em 2008/2009, os tratamentos foram em pós-colheita, onde após feitas as lesões realizou-se a aplicação dos tratamentos através da imersão dos frutos por cinco minutos na solução contendo o tratamento. Os frutos foram inoculados com *Penicillium* spp. vinte e quatro horas após a aplicação dos tratamentos.

Metodologia de inoculação de frutos e preparo da solução de esporos idêntica à utilizada no capítulo II Avaliações de incidência e severidade idênticas às utilizadas no capítulo II.

As avaliações de atributos de qualidade e amadurecimento foram realizadas após 90 dias de armazenagem, sendo que as mesmas compreenderam os atributos: firmeza de polpa, atributos de textura (penetração da polpa), sólidos solúveis, acidez titulável, cor da epiderme e taxas respiratória e de etileno.

Descrição dos atributos de qualidade e amadurecimento idêntica à utilizada no capítulo II.

As médias das variáveis avaliadas foram comparadas pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). As análises estatísticas foram realizadas com o software SAS. Os dados em percentagem, antes de proceder a análise de variância, foram transformados em arco seno $[(x+1)/100]^{1/2}$.

4.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.5.1 Experimento I: tratamentos pré-colheita

Com relação à ocorrência de *Penicillium* spp. nos frutos que foram submetidos ao armazenamento refrigerado por 90 dias, houve 100% de incidência e severidade de danos nos frutos utilizados, estando todos podres na saída do armazenamento (dados não apresentados). Tal fato pode estar relacionado às condições em que esses frutos encontravam-se quando foram armazenados, pois ao serem submetidos a quatro lesões e receberem uma considerável quantidade de inóculo, naturalmente estariam mais suscetíveis, em relação a frutos armazenados sem lesões. Conway et al. (2007), ao estudar o controle de mofo azul em maçãs, verificaram, após quatro meses de armazenamento, que todos os frutos do tratamento controle se apresentavam podres. Brackmann et al. (2008), verificaram que a aplicação em pré-colheita (um dia antes da colheita) e pós-colheita de fosfitos de potássio e de cloretos de benzalcônio, não foi eficaz no controle de podridões em maçãs ‘Fuji’ armazenadas sob refrigeração.

Segundo Lattanzio et al. (2001), dependendo da fase fisiológica e das condições de armazenamento, os frutos podem sofrer deterioração rapidamente. Mazaro et al. (2008) afirmam que os danos nos frutos podem desencadear o aumento na atividade metabólica dos frutos. Esse aumento pode contribuir para um apodrecimento mais rápido dos mesmos. Além disso, a contaminação de maçãs por *Penicillium* spp. ocorre principalmente no armazenamento (Amiri & Bompeix, 2005). Se as condições são ótimas para o desenvolvimento do fungo, como alta umidade, ferimentos, lenticelas abertas de grande diâmetro, cultivar susceptível e elevada fonte de inóculo, provavelmente ocorrerá infecção e posterior podridão por *Penicillium* spp., levando a consideráveis perdas na pós-colheita (Amiri & Bompeix, 2005).

No momento do armazenamento os frutos foram submetidos a quatro lesões e inoculação com *Penicillium* spp., e, além disso, no local de armazenamento talvez havia alta pressão de inóculo do patógeno, o que pode ter agravado ainda mais a ocorrência de podridões.

De acordo com as análises de qualidade realizadas na saída da armazenagem, não houve diferenças significativas entre tratamentos na variável cor da epiderme (dados não apresentados). Da mesma forma, não houve diferença estatística entre tratamentos na produção de etileno (dados não apresentados). Porém na taxa respiratória, os tratamentos controle e bioflavonóides+fosfito na menor dose (1,5 mL L⁻¹) apresentaram maior taxa

respiratória que os demais (Figura 1). Essas diferenças provavelmente ocorreram devido ao etileno, que apesar de não ter apresentado diferenças significativas entre tratamentos (dados não apresentados) foi possível verificar que nos tratamentos controle e menor dose de bioflavonóides+fosfito ($1,5 \text{ mL L}^{-1}$), os frutos apresentaram maior taxa de produção de etileno. Esses resultados demonstram que houve interferência, mesmo que pequena, dos tratamentos na fisiologia dos frutos. De acordo com Chitarra (1998), o aumento na taxa respiratória é um evento secundário, estimulado pelo aumento na taxa de produção de etileno durante o amadurecimento dos frutos. Além disso, o etileno também se acumula nos tecidos das plantas em respostas a infecções patogênicas (Yang & Hoffmann, 1984). Deve-se considerar também que, quando as maçãs são armazenadas por longos períodos, as respostas naturais de defesa se enfraquecem devido ao processo da senescência, bem como a taxa de produção e potencial de acúmulo de fitoalexinas diminui (Droby et al., 1993; Prusky, 1998; Kamo et al., 2000, Kamo et al., 2001). Através destas informações, sugere-se que a dose de bioflavonóides aplicados nos frutos pode ter interferido no processo de defesas dos mesmos.

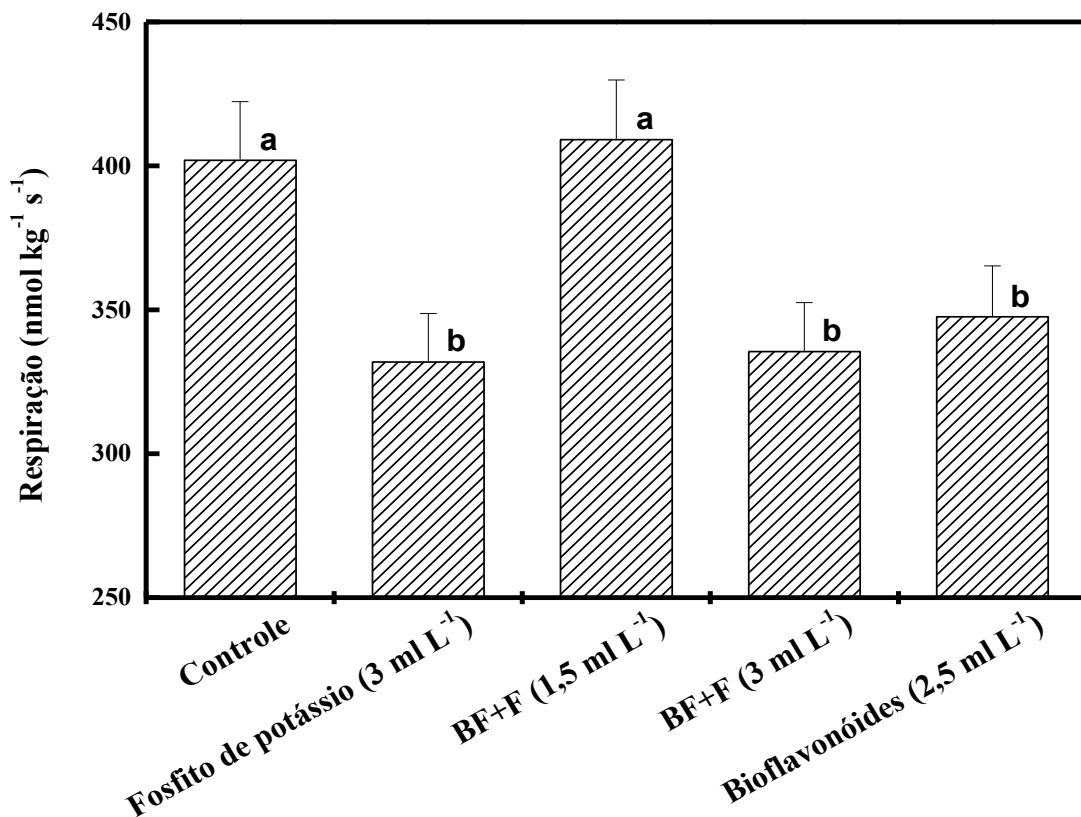


Figura 1. Taxa respiratória de maçãs 'Fuji' após 90 dias de armazenamento refrigerado mais um dia a temperatura ambiente, submetidas a tratamentos pré-colheita com indutores de resistência na safra 2008/2009. Vacaria, RS.

*Médias não seguidas pela mesma letra, nas colunas, diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

**BF+F = Bioflavonóides+fosfito

Os resultados das análises de qualidade e amadurecimento aos sete dias após armazenamento refrigerado mostram que não houve diferenças estatísticas entre tratamentos nas variáveis avaliadas. Estes resultados demonstram que não houve interferência dos indutores de resistência na qualidade e no amadurecimento de maçãs ‘Fuji’, após 90 dias de armazenamento refrigerado mais sete dias de exposição dos frutos em condição ambiente (Tabela 12). Outros trabalhos corroboram com os resultados do presente estudo. Sautter et al (2008) verificaram que os níveis de trans-resveratrol, polifenóis totais, acidez titulável, sólidos solúveis e açúcares redutores e não redutores não foram alterados com o uso de indutores de resistência em maçãs ‘Gala’ após 8 meses de armazenamento em atmosfera controlada.

Tabela 12. Acidez, sólidos solúveis, firmeza de polpa, produção de etileno, taxa respiratória de maçãs ‘Fuji’ após 90 dias de armazenamento refrigerado mais sete dias a temperatura ambiente, submetidas a tratamentos pré-colheita com indutores de resistência na safra 2008/2009. Vacaria, RS.

Tratamentos	Acidez titulável (% Ác. málico)	Sólidos solúveis (°Brix)	Firmeza de polpa (N)	Etileno ($\eta\text{mol C}_2\text{H}_4 \text{kg}^{-1} \text{s}^{-1}$)	Respiração ($\eta\text{mol kg}^{-1} \text{s}^{-1}$)
Controle	0,2 ^{ns}	15,4 ^{ns}	63,0 ^{ns}	5,5 ^{ns}	488,9 ^{ns}
Fosfito 5 DAC* (3 mL L ⁻¹)	0,2	15,1	59,1	5,8	447,4
Bioflavonóides+fosfito 5 DAC (1,5 mL L ⁻¹)	0,2	15,3	62,2	7,2	496,1
Bioflavonóides+fosfito 5 DAC (3 mL L ⁻¹)	0,2	15,2	57,8	5,9	438,9
Bioflavonóides (2,5 mL L ⁻¹)	0,2	15,5	57,8	5,2	462,2
CV(%)	14,9	6,2	5,5	33,5	10,9

^{ns} Efeito dos tratamentos não significativo pelo teste de Tukey (p<0,05).

*DAC: dias antes da colheita

4.5.2 Experimento II: tratamentos pós-colheita

De acordo com os resultados, houve incremento substancial na incidência e severidade de podridões no período de exposição dos frutos em temperatura ambiente (Tabelas 13 e 14). Brackmann et al. (2008), também observaram um aumento acentuado na porcentagem de lesões em todos os tratamentos, quando frutos foram expostos à temperatura de 20°C, após um período de seis meses de armazenamento refrigerado a 0,5°C. Segundo Morales et al. (2010), o tratamento pós-colheita para controle de podridões em maçãs pode ser insuficientes se o armazenamento refrigerado é seguido por um armazenamento sob condições ambientais (temperatura ambiente), pois o crescimento de *Penicillium expansum* é reativado e o percentual de perda de frutos tratados e não tratados pode ser semelhante.

A incidência de podridões por *Penicillium* spp., do momento da saída do armazenamento até 4 dias de exposição em condições ambiente, foi menor nos tratamentos fosfito e bioflavonóides+fosfito (1,5 mL L⁻¹) (Tabela 13). Considerando a severidade dos danos, pode-se observar que o tratamento mais eficiente em diminuir a severidade das lesões foi com o fosfito de potássio, seguido do bioflavonóides + fosfito (1,5 mL L⁻¹), em todos os momentos de avaliação (Tabela 14). Outros autores reportaram efeitos positivos do fosfito de potássio no controle de podridões. Brackmann et al. (2004 e 2008) verificaram que o fosfito de potássio associado ao CaCl₂ apresentou efeito significativo no controle de podridões em maçãs. Resultados encontrados por Sautter et al. (2008) demonstraram que o controle de podridão por *Penicillium* spp., após armazenamento de maçãs ‘Gala’ em AC por 8 meses, foi obtido com a aplicação de fosfito de potássio. Esses resultados estão de acordo com os resultados obtidos no presente trabalho (Tabelas 13 e 14). Segundo Jackson et al. (2000), quando a concentração de fosfito é alta, sua ação ocorre diretamente sobre o fungo, e, quando a concentração é baixa, o tecido vegetal apresenta um aumento em sua resistência natural. Corroborando com tal resultado alguns autores comprovaram a ação direta do fosfito sobre fungos (Guest & Grant, 1991; Araújo et al., 2008). Porém, Saindrenant et al. (1988) atribuíram à síntese de fitoalexinas devido a aplicação de fosfitos, como mecanismo de controle de *Phytophthora cryptogea* em feijão caupi.

Aos 6 e 10 dias de avaliação após saída do armazenamento refrigerado pode-se observar que o tratamento com bioflavonóides apresentou maior incidência de podridões (Tabela 13). Além disso, este tratamento foi o que apresentou frutos com maior severidade de danos, na maioria das avaliações (Tabela 14). Esses resultados sugerem que o efeito dos tratamentos com bioflavonóides+fosfito no controle de podridão ocorreu em função do fosfito

de potássio na sua constituição (Tabelas 13 e 14). Segundo Bergamin Filho et al. (1995), embora a maior parte dos estudos envolvendo as fitoalexinas tenha demonstrado a capacidade antifúngica das mesmas, atualmente estes compostos são classificados como agentes biocidas, visto não exibirem uma seletividade toxicológica e mostrarem-se também prejudiciais a nematóides, bactérias, animais e vegetais superiores. Tal fato pode explicar o ocorrido neste estudo, onde os bioflavonóides podem ter causado efeito fitotóxico, visto que os frutos tratados com os mesmos apresentaram maiores danos por *Penicillium* spp. que o controle (Tabelas 13 e 14).

Tabela 13. Incidência (%) de podridão de *Penicillium* spp. em maçãs ‘Fuji’ após 40 dias de armazenamento refrigerado mais um dia a temperatura ambiente, submetidas a tratamentos pós-colheita com indutores de resistência na safra 2009/2010. Vacaria, RS.

Tratamentos	Período após saída do armazenamento refrigerado					
	Saída	2 dias	4 dias	6 dias	8 dias	10 dias
Controle	48,5 ab*	60,6 ab	65,6 ab	67,5 b	73,1 ab	75,0 b
Fosfito (3 mL L ⁻¹)	21,9 c	33,7 c	45,6 c	53,1 b	57,5 b	61,2 b
Bioflavonóides+fosfito (1,5 mL L ⁻¹)	28,1 c	40,0 c	43,1 c	50,0 b	58,1 b	61,2 b
Bioflavonóides+fosfito (3 mL L ⁻¹)	45,6 b	53,7 b	58,1 bc	63,7 b	70,6 b	71,9 b
Bioflavonóides (2,5 mL L ⁻¹)	61,2 a	71,2 a	80,6 a	85,0 a	88,1 a	89,4 a
CV (%)	7,7	5,2	8,5	7,7	7,5	6,6

*Médias não seguidas pela mesma letra, nas colunas, diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey (p<0,05).

Tabela 14. Diâmetro de lesão (cm) por *Penicillium* spp. em maçãs 'Fuji' após 40 dias de armazenamento refrigerado mais um dia a temperatura ambiente, submetidas a tratamentos pós-colheita com indutores de resistência na safra 2009/2010. Vacaria, RS.

Tratamentos	Período após saída do armazenamento refrigerado					
	Saída	2 dias	4 dias	6 dias	8 dias	10 dias
Controle	0,7 b*	1,2 b	1,6 b	2,2 b	2,8 ab	3,3 ab
Fosfito (3 mL L ⁻¹)	0,2 d	0,5 c	0,8 c	1,3 c	1,8 d	2,3 d
Bioflavonóides+fosfito (1,5 mL L ⁻¹)	0,4 cd	0,7 c	1,0 c	1,5 c	2,0 cd	2,3 cd
Bioflavonóides+fosfito (3 mL L ⁻¹)	0,5 bc	0,9 b	1,4 b	2,0 b	2,6 bc	3,0 bc
Bioflavonóides (2,5 mL L ⁻¹)	1,0 a	1,5 a	2,1 a	2,9 a	3,5 a	4,0 a
CV (%)	14,1	11,6	11,3	11,2	11,9	11,5

*Médias não seguidas pela mesma letra, nas colunas, diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey (p<0,05).

Não houve diferença estatística entre os tratamentos para as variáveis acidez titulável, sólidos solúveis, firmeza de polpa e força para penetração da polpa (Tabelas 15 e 16), bem como nas variáveis produção de etileno e taxa respiratória (dados não apresentados). Novamente, não houve interferência dos indutores de resistência sobre o amadurecimento e a qualidade da maçã 'Fuji', após período de 90 dias em armazenamento refrigerado (Tabelas 15 e 16).

Segundo Sautter et al. (2008), após sete meses de armazenamento de maçãs 'Fuji' em AC, os indutores de resistência não afetaram os polifenóis totais na casca do fruto, SS e acidez titulável, bem como nenhum elicitor apresentou efeito significativo no controle de *Penicillium* spp.. Esse trabalho, apesar de ter sido realizado em condições experimentais distintas, corrobora com o presente trabalho, onde também não foram constatadas alterações sobre os SS e acidez titulável. Porém, diferentemente do encontrado por estes autores, no presente estudo o fosfito de potássio apresentou melhores resultados na redução de danos por *Penicillium* spp. após 40 dias de armazenamento refrigerado (Tabelas 13 e 14).

Surpreendentemente, os tratamentos com bioflavonóides e bioflavonóides+fosfito, (300 mL 100L⁻¹), apresentaram frutos com menor força para ruptura da casca, em relação ao

tratamento controle (Tabela 15). Esse resultado evidencia que os frutos desses tratamentos provavelmente seriam os primeiros a apresentar sintomas de podridão por *Penicillium* spp., pois haveria menor resistência física à infecção do fungo. Segundo Bergamim Filho (1995), a superfície dos frutos é a primeira linha de defesa/barreira estrutural protetora contra o ataque de patógenos.

Tabela 15. Acidez titulável, sólidos solúveis, firmeza de polpa e atributos de textura em maçãs ‘Fuji’ após 90 dias de armazenamento refrigerado mais um dia a temperatura ambiente, submetidas a tratamentos pós-colheita com indutores de resistência na safra 2009/2010. Vacaria, RS.

Tratamentos	Acidez titulável (% Ác. málico)	Sólidos solúveis (°Brix)	Atributos de textura (N)		
			Firmeza de polpa	Força para ruptura da casca	Força para penetração da polpa
Controle	0,2 ^{ns}	13,3 ^{ns}	57,3 ^{ns}	10,2 a*	2,4 ^{ns}
Fosfito (3 mL L ⁻¹)	0,1	12,5	64,6	9,4 ab	2,3
Bioflavonóides+fosfito (1,5 mL L ⁻¹)	0,2	12,5	63,7	9,1 ab	2,4
Bioflavonóides+fosfito (3 mL L ⁻¹)	0,2	12,7	64,1	8,6 b	2,4
Bioflavonóides (2,5 mL L ⁻¹)	0,1	11,9	60,8	8,7 b	2,4
CV (%)	16,2	6,5	5,3	6,2	5,6

^{ns} Efeito dos tratamentos não significativo pelo teste de Tukey (p<0,05).

*Médias não seguidas pela mesma letra, nas colunas, diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey (p<0,05).

O tratamento com bioflavonóides+fosfito (1,5 mL L⁻¹) no lado mais verde, apresentou frutos com maior ângulo ‘hue’, o que caracteriza frutos menos amarelos em relação ao controle (Tabela 16). Porém, essa diferença não foi perceptível ao olho humano. Segundo Camillo et al. (2009), a atividade e estímulo das enzimas clorofilases, pode interferir na degradação da clorofila e conseqüentemente na coloração dos frutos. Desta forma, os resultados da presente pesquisa podem indicar que houve uma menor atividade das enzimas

clorofilases, reduzindo a degradação de clorofilas no tratamento com bioflavonóides+fosfito ($1,5 \text{ mL L}^{-1}$), conferindo aos frutos deste tratamento uma cor da epiderme menos amarela.

Tabela 16. Cor da epiderme de maçãs ‘Fuji’ após 90 dias de armazenamento refrigerado mais um dia em temperatura ambiente, submetidas a tratamentos pós-colheita com indutores de resistência na safra 2009/2010. Vacaria, RS.

Tratamento	Cor da epiderme			
	Lado mais vermelho		Lado mais verde	
	<i>l</i>	<i>h</i> □	<i>l</i>	<i>h</i> □
Controle	44,1 ^{ns}	41,4 ^{ns}	70,6 ^{ns}	98,1 b*
Fosfito (3 mL L^{-1})	45,9	44,5	71,4	100,3 ab
Bioflavonóides+fosfito ($1,5 \text{ mL L}^{-1}$)	47,6	48,9	71,6	104,3 a
Bioflavonóides+fosfito (3 mL L^{-1})	44,8	43,4	70,8	101,0 ab
Bioflavonóides ($2,5 \text{ mL L}^{-1}$)	44,9	44,5	72,6	103,2 ab
CV (%)	4,2	9,5	2,5	2,5

^{ns} Efeito dos tratamentos não significativo pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

*Médias não seguidas pela mesma letra, nas colunas, diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

4.6 CONCLUSÕES

- O uso de indutores de resistência, quando aplicados na pré-colheita, não controla podridões de *Penicillium* spp. em maçã ‘Fuji’ armazenados sob refrigeração por 90 dias.
- O uso de fosfito de potássio e bioflavonóides+fosfito (na dose $1,5 \text{ mL L}^{-1}$), quando aplicados na pós-colheita, reduzem a incidência e severidade de danos por *Penicillium* spp. em maçã ‘Fuji’ mantidas em armazenamento refrigerado por 40 dias.
- O uso de indutores de resistência, aplicados tanto em pré-colheita como em pós-colheita, não influencia o amadurecimento, bem como não interfere nos atributos de qualidade de maçãs ‘Fuji’ mantidas em armazenamento refrigerado.

5 CONCLUSÕES GERAIS

- A aplicação pré-colheita de indutores de resistência não controla a incidência pós-colheita de podridões com *Penicillium* spp. em maçãs ‘Fuji’.
- O fosfito de potássio, na dose de 3 mL L⁻¹, aplicado cinco dias antes da colheita, retarda o desenvolvimento de podridões causadas por *Penicillium* spp. em maçãs ‘Fuji’ mantidas em temperatura ambiente.
- O uso pós-colheita de fosfito de potássio, diminui a incidência e severidade de podridões por *Penicillium* spp. em maçãs ‘Fuji’.
- Os indutores de resistência, aplicados tanto em pré-colheita quanto em pós-colheita não influenciam no amadurecimento, bem como não interferem significativamente nos atributos de qualidade de maçãs ‘Fuji’.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

- Trabalhos envolvendo atividade enzimática devem ser realizados buscando identificar a real indução de resistência em plantas pelas substâncias consideradas como indutoras de resistência.
- Em pós-colheita, sugerem-se novos trabalhos considerando cultivares, grau de maturação dos frutos, condições de armazenamento, pressão de inóculo e outros patógenos.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABPM. **Associação Brasileira de Produtores de Maçã**. 2007. Consultado em www.abpm.org.br, dia 8 de Julho de 2010.

ABPM. **Associação Brasileira de Produtores de Maçã**. 2010. Consultado em www.abpm.org.br, dia 22 de Junho de 2010.

AGAPOMI. **Associação Gaúcha dos Produtores de Maçã**. 2010. Consultado em www.agapomi.com.br, dia 22 de Junho de 2010.

AGRIOS, G. N. **Plant pathology**. San Diego: Academic Press. 635 p., 1997.

AWAD, M. A.; JAGER, A.; VAN DER PLAS, L. H. W.; VAN DER KROL, A. R. Flavonoid and chlorogenic acid changes in skin of 'Elstar' and 'Jonagold' apples during development and ripening. **Scientia Horticulturae**, v. 90, p. 69-83. 2001.

ANTONIAZZI, N.; DESCHAMPS, C. Análise de crescimento de duas cultivares de cevada após tratamentos com elicitores e fungicidas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 36, n. 4, p. 1065-1071, Julho-Agosto. 2006.

ARAÚJO, L.; STADNIK, M. J.; BORSATO, L. C.; VALDEBENITO-SANHUEZA, R. M. Fosfíto de potássio e ulvana no controle de mancha foliar da gala na macieira. **Tropical Plant Pathology**, v. 33, n. 2, p. 148-152. 2008.

ARMERO, J.; REQUEJO, R.; JORRÍN, J.; VALBUENA-LÓPEZ, R.; TENA, M. Release of phytoalexins and related isoflavonoids from intact chickpea seedlings elicited with reduced glutathione at root level. **Plant Physiology Biochemistry**, v. 39, p. 785-795. 2001.

BARBOSA, A. S. Potencial de Ação Elicitora dos Biofertilizantes Líquidos na Indução de Resistência Sistêmica Vegetal. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 2, n. 2, p. 1453-1457. 2007.

BAERT, K.; DEVLIEGHERE, F.; BO, L.; DEBEVERE, J.; MEULENAER, De B. The effect of inoculum size on the growth of *Penicillium expansum* in apples. **Food Microbiology**, v. 25, p. 212-217. 2008.

BAILEY, J. A.; MANSFIELD, J.W. (Eds.). **Phytoalexins**. Blackie and Son, Glasgow, UK, p. 334. 1982.

BENATO, E. A.; SIGRIST, J. M. M.; MAGALHÃES, M. J. M.; BINOTTI, C. S. Avaliação de fungicidas e produtos alternativos no controle de podridões pós-colheita em maracujá-amarelo. **Summa Pytopathologica**, v. 28, n. 3, p. 299-304, 2002.

BENCHEQROUN, S. K.; BAJJI, M.; MASSART, S.; LABHILILI, M.; JAAFARI, S. E.; JIJAKLI, M. H. In vitro and in situ study of postharvest Apple blue mold biocontrol by *Aureobasidium pullulans*: Evidence for the involvement of competition for nutrients. **Postharvest Biology and Technology**, v. 46, p. 128-135. 2007.

BENHAMOU, N. Elicitor-induced plant defence pathways. **Trends Plant Science**, v. 1, p. 233-240, 1996.

BERGAMIM FILHO, A.; KIMATI, H.; AMORIM, L. **Manual de fitopatologia – Volume 1: Princípios e conceitos**. 3ª ed. São Paulo: Ceres, v. 1, 919 p., 1995.

BI, Y.; TIAN, S. P.; GUO, Y. R.; GE, Y. H.; QIN, G. Z. Sodium silicate reduces postharvest decay on Hami melons: induced resistance and fungistatic effects. **Plant Disease**, v. 90, p. 279-283. 2006.

BOAVA, L. P.; KUHN, O. J.; PASCHOLATI, S. F.; Di PIERO, R. M.; FURTADO, E. L. Efeito de indutores bióticos e abióticos na atividade de quitinase e peroxidase e no controle da ferrugem causada por *Puccinia psidii* em eucalipto. **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v. 36, n. 2, p. 168-172. 2010.

BONALDO, S. M.; PASCHOLATI, S. F.; ROMEIRO, R. S. **Indução de resistência: noções básicas e perspectivas**. In: CAVALCANTI, L. S.; DI PIERO, R. M.; CIA, P.; PASCHOLATI, S. F.; RESENDE, M. L. V.; ROMEIRO, R. S. (Eds.) Indução de resistência em plantas a patógenos e insetos. Piracicaba. FEALQ. p. 11-28. 2005.

BONETI, J. I. S.; KATSURAYAMA, Y. Viabilidade do uso de fosfitos no manejo de doenças da macieira. In: ENFRUTE, SC. **Anais...** Florianópolis: EPAGRI., p. 125-139. 2002.

BONETI, J. I. S.; KATSURAYAMA, Y. Viabilidade do uso de fosfitos no controle da sarandá-macieira. **Agropecuária Catarinense**, n. 18, p. 51-54. 2005.

BRACKMANN, A.; HUNCHE, M.; STEFFENS, C. A. Conservação da maçã 'Fuji' sob diferentes temperaturas, umidades relativas e momentos de instalação da atmosfera controlada de armazenamento. **Ciência Rural**, v. 30, n. 1, p. 81-84. 2000.

BRACKMANN, A.; WACLAWOVSKY, A. J.; DONAZZOLO, J. Resposta da maçã cv. Fuji ao etileno no armazenamento em atmosfera controlada. **Ciência Rural**, v. 31, n. 6, p. 953-956. 2001.

BRACKMANN, A.; GIEHL, R. F. H.; SESTARI, I.; STEFFENS, C. A. Fosfitos para o controle de podridões pós-colheita em maçãs 'Fuji' durante o armazenamento refrigerado. **Ciência Rural**, v. 34, n. 4, p. 1039-1042. 2004.

BRACKMANN, A.; SESTARI, I.; GIEHL, R. F. H.; STEFFENS, C. A.; FAULIN, G. C.; PINTO, J. A. V. Controle de Podridão Pós-colheita de *Penicillium* spp. em maçãs 'Fuji' com Fosfitos e Fungicidas. **Revista Brasileira Agrocência**, Pelotas, v. 11, n. 2, p. 251-254. 2005.

BRACKMANN, A.; GIEHL, R. F. H.; SESTARI, I.; WEBER, A.; PINTO, J. A. V.; EISERMANN, A. C. Controle de podridões em maçãs 'Fuji' frigoconservadas com a aplicação de fosfitos e cloretos de benzalcônio em pré e pós-colheita. **Revista da FZVA**, v.15, n.2, p.35-43. 2008.

BLEICHER, J.; BERNARDI, J. **Podridões de maçã e seu controle na pós-colheita**. Florianópolis: EMPASC, 24 p. (Boletim Técnico, 28). 1985.

BLUM, L. E. B.; AMARANTE, C. V. T.; DEZANET, A.; LIMA, E. B.; NETO, P. H.; ÁVILA, R. D.; SIEGA, V. Fosfitos aplicados em pós-colheita reduzem o mofo-azul em maçãs 'Fuji' e 'Gala'. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 29, n. 2, p. 265-268. 2007.

CAMILI, E. C.; BENATO, E. A.; PASCHOLATI, S. F.; CIA, P. Vaporização de ácido acético para o controle pós-colheita de *Botrytis cinérea* em uva 'Itália'. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 32, n. 2, p. 436-443. 2010.

CAMILLO, M. F. **Danos mecânicos e seus efeitos na qualidade pós-colheita de frutos de caroço**. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre. Dissertação de Mestrado. 73 p. 2009.

CAMPOS, A. D.; FERREIRA, A. G.; HAMPE, M. M. V.; ANTUNES, I. F.; BRANCÃO, N.; SILVEIRA, E. P.; OSÓRIO, V. A.; AUGUSTIN, E. Atividade de peroxidase e Polifenoloxidase na resistência do feijão à antracnose. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 39, n. 7, p. 637-643. 2004.

CAVALCANTI, L. S.; DI PIERO, R. S.; CIA, P.; PASCHOLATI, S. F.; RESENDE, M. L. V.; ROMEIRO, R. S. **Indução de resistência em plantas a patógenos e insetos**. Piracicaba: FEALQ, 263 p., 2005.

CAVALCANTI, F. R.; RESENDE, M. L. V.; ZACARONI, A. B.; RIBEIRO JÚNIOR, P. M.; COSTA, J. C. B.; SOUZA, R. M. Acibenzolar-S-Metil e Ecolife® na Indução de Respostas de Defesa do Tomateiro Contra a Mancha Bacteriana (*Xanthomonas vesicatoria*). **Fitopatologia Brasileira**, v. 31, n. 4, 2006.

CIA, P. **Avaliação de agentes bióticos e abióticos na indução de resistência e no controle pós-colheita de Antracnose (*Colletotrichum gloeosporioides*) em mamão (*Carica papaya*)**. Tese (doutorado). ESALQ, Piracicaba. 197 p., 2005.

CONWAY, W. S., LEVERENTZ, B., JANISIEWICZ, W. J., SAFTNER, R. A., CAMP, M. J., Improving biocontrol using antagonist mixtures with heat and/or sodium bicarbonate to control postharvest decay of apple fruit. **Postharvest Biology and Technology**, v. 36, p. 235-244, 2005.

CONWAY, W. S.; JANISIEWICZ, W. J.; LEVERENTZ, B.; SAFTNER, R. A.; CAMP, M. J. Control of blue mold of apple by combining controlled atmosphere, an antagonist mixture, and sodium bicarbonate. **Postharvest Biology and Technology**, v. 45, p. 326-332. 2007.

CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutas e hortaliças: glossário**. Lavras – Editora UFLA Universidade Federal de Lavras. 256 p., 2006.

CHITARRA, M. I. F. Fisiologia e qualidade de produtos vegetais. In: BOREN, F.M. (Ed.). **Armazenamento e processamento de produtos agrícolas**. Lavras: UFLA/SBEA, p. 1-57. 1998.

DANTAS, S. A. F.; OLIVEIRA, S. M. A.; NETO, E. B.; COELHO, R. S. B.; SILVA, R. L. X. Indutores de resistência na proteção do mamão contra podridões pós-colheita. **Summa Phytopathologica**, v. 30, n. 2, 2004.

DANTAS, S. A.; OLIVEIRA, S. M. A.; GONDIM, D. M. F.; TAVARES, S. C. C. H.; CAVALCANTI, V. A. L. B.; OLIVEIRA, J. T. A. Tratamento pós-colheita de manga ‘Tommy Atkins’ para controle de podridões pela indução de resistência. **Summa Phytopathologica**, v. 34, n. 3, p. 325-333, 2008.

DANNER, M. A.; SASSO, S. A. Z.; MEDEIROS, J. G. S.; MARCHESE, J. A.; MAZARO, S. M. Indução de resistência à podridão-parda em pêssegos pelo uso de eliciadores em pós-colheita. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 43, n. 7, p. 793-799, 2008.

De CAPDEVILLE, G.; WILSON, C. L.; BEER, S. V.; AIST, J. R. 2002. Alternative disease control agents induce resistance to blue mold in harvested ‘Red Delicious’ apple fruit. **Phytopathology**, v. 92, p. 900-908. 2002.

De CAPDEVILLE, G.; BEER, S.V.; WATKINS, C. B.; WILSON, C. L.; TEDESCHI, L. O.; AIST, J. R. Pre- and post-harvest harpin treatments of apples induce resistance to blue mold. **Plant Disease**, v. 87, p. 39-44, 2003.

DIXON, R. A.; PAIVA, N. L. Stress-induced phenylpropanoid metabolism, **Plant Cell**, v. 7 p. 1085-1097, 1995

DONG, H.; DELANEY, T. P.; BAUER, D. W.; BEER, S. V. Harpin induces disease resistance in Arabidopsis through the systemic acquired resistance pathway mediated by salicylic acid and the *NIM1* gene. **Plant J.**, v. 20, p. 207-215, 1999.

DROBY, S.; CHALUTZ, E.; HOREV, B.; COHEN, L.; GABA, V.; WILSON, C. L.; WISNIEWSKI, M. Factors affecting UV-induced resistance in grapefruit against the green mould decay caused by *Penicillium digitatum*. **Plant Pathology**, v. 42, p. 418-424, 1993.

DROBY, S.; VINOKUR, V.; WEISS, B.; COHEN, L.; DAUS, A.; GOLDSCHMIDT, E. E.; PORAT, R. Induction of resistance to *Penicillium digitatum* in grapefruit by the yeast biocontrol agent *Candida oleophila*. **Phytopathology**, v. 92, p. 393-399, 2002.

DROBY, S. Improving quality and safety of fresh fruits and vegetables after harvest by the use of biocontrol agents and natural materials. **Acta Horticulturae**, v. 709, p. 45-51, 2006.

EL GHAOUTH, A.; WILSON, C. L.; WISNIEWSKI, M. Control of postharvest decay of apple fruit with *Candida saitoana* and induction of defense responses. **Phytopathology**, v. 93, p. 344-348, 2003.

ELMER, P. A. G.; REGLINSKI, T. Biosuppression of *Botrytis cinerea* in grapes. **Plant Pathology**, v. 55, p. 155-177, 2006.

EPAGRI. **A cultura da macieira**. Florianópolis, p. 743, 2006.

ERRAMPALLI, D.; NORTHOVER, J.; SKOG, L.; BRUBACHER, N. R.; COLLUCCI, C. A. Control of blue mold (*Penicillium expansum*) by fludioxonil in apples (cv Empire) under controlled atmosphere and cold storage conditions. **Pest Management Science**, v. 61, p. 591-596, 2005.

ESPINDOLA, B. P.; ALVES, E. de O.; STEFFENS, C. A.; AMARANTE, C. V. T.; ZANARDI, O. Z. **Ripening of 'Bruno' kiwifruit treated with elicitors of decay resistance**. Annals of the VIII International Symposium of Temperature Zone Fruits in the Tropics and Subtropics, Leuven, Belgium, p. 63-64. 2007.

FRANCK, J.; LATORRE, B. A.; TORRES, R.; ZOFFOLI, J. P. The effect of preharvest fungicide and postharvest sulfur dioxide use on postharvest decay of table grapes caused by *Penicillium expansum*. **Postharvest Biology and Technology**, v. 37, p. 20-30, 2005.

GARCIA-BRUGGER, A.; LAMOTTE, O.; VANDELLE, E.; Bourque, S.; LECORIEUX, D.; POINSSOT, B.; WENDEHENNE, D.; PUGIN, A. Early signaling events induced by elicitors of plant defenses. **Molecular Plant-Microbe Interactions**, v. 19, p. 711-724, 2006.

GATZ, C. Chemical control of gene expression. **Annual Review of Plant Molecular Biology**, v. 48, p. 89-108, 1997.

GONDIM, P. J. S.; GOMES, E. C. de S.; MAIA e OLIVEIRA, F. J ; OLIVEIRA, I. G. de; SANTANA, E. P. V. R. S.; SILVA, J. P., PINTO, K. M. S.; MEDEIROS, D. P. **Efeito de indutor de resistência na qualidade fisiológica de frutos de manga (*Mangifera indica* L.) “Tommy Atkins”**. XX Congresso Brasileiro de Fruticultura, 54th Annual Meeting of the Interamerican Society for Tropical Horticulture, Vitória/ES. 2008.

GUEST, D. I.; GRANT, B. R. The complex action of phosphonates antifungal agents. **Biological Review**, v. 66, p. 59-187, 1991.

HEIL, M.; HILPERT, A.; KAISER, W.; LINSENMAIR, K. E. Reduced growth and seed set following chemical induction of pathogen defence: does systemic acquired resistance (SAR) incur allocation costs?. **Journal of Ecology**, London, v. 88, p. 645-654, 2000.

HUNSCHE, M. **Efeito da adubação potássica sobre a composição mineral e qualidade pós-colheita de maçãs (*Malus domestica* Borkh.), cv. Fuji**. 80p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria. 2001.

IBGE. **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**. 2010. Consultado em www.ibge.org.br, dia 26 de Agosto de 2010.

IBRAF **Instituto Brasileiro de Frutas**. 2009. Consultado em www.ibraf.org.br, dia 26 de Agosto de 2009.

JACKSON, T. J.; BURGESS, T.; COLQUHOUN, I.; HARDY, G. E. S. Action of the fungicide phosphite on *Eucalyptus marginata* inoculated with *Phytophthora cinnamomi*. **Plant Pathology**, v. 49, p. 147-154, 2000.

KAMO, T.; HIRAI, N.; TSUDA, M.; FUJIOKA, D.; OHIGASHI, H. Changes in the content and biosynthesis of phytoalexins in banana fruit. **Bioscience Biotechnology Biochemistry**, v. 64, p. 2089-2098, 2000.

KAMO, T.; HIRAI, N.; IWAMI, K.; FUJIOKA, D.; OHIGASHI, H. New phenylphenalenones from banana fruit. **Tetrahedron**, v. 57, p. 7649-7656, 2001.

KATSURAYAMA, Y.; BONETI, J. I. S. Avaliação do Fitofos cobre (fosfito de cobre) no controle de mancha da gala (*Colletorichum* sp.) em macieira, cv. Gala ciclo 04/05. In: ENFRUTE, v. 8, Fraiburgo, SC. **Anais...** Florianópolis: EPAGRI, v. 2, p. 11. 2005.

KIMATI, H.; AMORIM, L.; REZENDE, J. A. M.; BERGAMIM FILHO, A.; CAMARGO, L. E. A. **Manual de fitopatologia – Volume 2: Doenças das Plantas Cultivadas**. São Paulo: Agronômica Ceres. v. 2, n. 4, 663 p., 2005.

LATTANZIO, V.; Di VENERE, D.; LINSALATA, V.; BERTOLINI, P.; IPPOLITO, A.; SALERMO, M. Low Temperature Metabolism of Apple Phenolics and Quiescence of *Phlyctaena vagabunda*. **Journal of Agriculture and Food Chemistry**, v. 49, n. 12, p. 5817-5821. 2001.

LOPES, L. F. **Efeitos de aplicações pós-colheita de fosfitos, ácido acetilsalicílico e 1-metilciclopropeno sobre a antracnose do mamoeiro**. Universidade de Brasília. Instituto de Ciências Biológicas. Departamento de Fitopatologia. Dissertação de Mestrado. 82 p., 2008.

LOUWS, F. J.; WILSON, M.; CAMPBELL H. L. Field control of bacterial spot and bacterial speck of tomato using a plant activator. **Plant Disease**, v. 85, n. 5, p. 481-488, 2001.

MARINHO, A. M. R. **Metabolismo secundário de fungos endofíticos do gênero *Penicillium* associados às plantas *Murraya paniculata* (Rutaceae) e *Melia azedarach* (Meliaceae)**. Tese de doutorado. Universidade Federal de São Carlos. 316 p., 2005.

MAZARO, S. M.; DESCHAMPS, C.; MAY DE MIO, L. L.; BIASI, L. A.; GOUVEA, A.; SAUTTER, C. K. Comportamento pós-colheita de frutos de morangueiro após a aplicação pré-colheita de quitosana e acibenzolar-s-metil. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 30, n. 1, p. 185-190, 2008.

MOLLOY, C.; CHEAH, L.; KOOLAARD, J. Induced resistance against *Sclerotinia sclerotiorum* in carrots treated with enzymatically hydrolysed chitosan. **Postharvest Biology and Technology**, v. 33, p. 61-65, 2004.

MORALES, H.; SANCHIS, V.; USALL, J.; RAMOS, A. J.; MARÍN, S. Effect of biocontrol agents *Candida sake* and *Pantoea agglomerans* on *Penicillium expansum* growth and patulin accumulation in apples. **International Journal of Food Microbiology**, v. 122, p. 61-67, 2008.

MOREIRA, L. M.; MAY DE MIO, L. L.; VALBENEDITO-SANHUEZA, R. M.; LIMA, M. L. R. Z. C.; POSSAMAI, J. C. Controle em pós-colheita de *Monilinia fructicola* em pêssegos. **Fitopatologia Brasileira**, v. 27, n. 4, p. 395-398, 2002.

NEUWALD, D. A. **Métodos e atributos físico-químicos para previsão da degenerescência de polpa em maçãs armazenadas em atmosfera controlada**. Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS. 66 p., 2008.

OLIVEIRA, S. M. A.; DANTAS, S. A. F.; GURGEL, L. M. S. Indução de resistência em doenças pós-colheita em frutas e hortaliças. **Revisão Anual de Patologia de Plantas**, v. 12, p. 343-371, 2004.

PASCHOLATI, S. F.; CIA, P.; BENATO, E. A.; CAMILI, E. C. O fenômeno da indução de resistência e o controle de doenças de pós-colheita. **Anais da 2ª Reunião Brasileira Sobre Indução de Resistência em Plantas**, Brasil, p. 2-6. 2004.

PEREIRA, V. F.; RESENDE, M. L. V.; MONTEIRO, A. C. A.; RIBEIRO JÚNIOR, P. M.; REGINA, M. A.; MEDEIROS, F. C. L. Produtos alternativos na proteção da videira contra o míldio. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 45, n. 1, p. 25-31, 2010.

PERUCH, L. A. M.; SILVA, A. C. F. Fungicidas alternativos para manejo da requeima do tomateiro. In: **Congresso Brasileiro de Agroecologia**, v. 3, 2005, Florianópolis, SC. **Anais...** Florianópolis: ABA/EPAGRI/UFSC. 2005.

PERUCH, L. A. M.; MEDEIROS, A. M.; BRUNA, E. D.; STADINIK, M. Biomassa cítrica, extrato de algas, calda bordalesa e fosfitos no controle do míldio da videira, cv. Niágara Branca. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v. 6, p. 143-148, 2007.

PESSOA, W. R. L. S., LOPES, A. L., COSTA, V. S. O., OLIVEIRA, S. M. A. Efeito do tratamento hidrotérmico associado a indutores de resistência no manejo da Antracnose da goiaba em pós-colheita. **Caatinga**, v. 20, n. 3, p. 129-135, 2007.

PORAT, R.; VINOKUR, V.; WEISS, B.; COHEN, L.; DAUS, A.; GOLDSCHMIDT, E. E.; DROBY, S. Induction of resistance to *Penicillium digitatum* in grapefruit by β -aminobutyric acid. **European Journal of Plant Pathology**, v. 109, p. 901-907, 2003.

PRUSKY, D. Mechanisms of resistance of fruits and vegetables to postharvest diseases. **ACIAR Proc**, v. 80, p. 19-33, 1998.

QUINABRA. **Química Natural Brasileira Ltda.** Online:
http://www.quinabra.com.br/boletinstec/boletim_digital_ecolife.pdf. 2006.

RASKIN, I. Role of salicylic acid in plants. **Annual Review of Plant Physiology and Molecular Biology**, v. 43, p. 439-463, 1992.

REUVENI, M.; SHELGOV, D.; COHEN, Y. Control of moldy-core decay in apple fruits by aminobutyric acids and potassium phosphites. **Plant Disease**, v. 87, n. 8, p. 933-936, 2003.

REDDY, M. V. B.; BELKACEMI, K.; CORCUFF, R.; CASTAIGNE, F.; ARUL, J. Effect of pre-harvest chitosan sprays on post-harvest infection by *Botrytis cinerea* and quality of strawberry fruit. **Postharvest Biology and Technology**, v. 20, p. 39-51, 2000.

ROJO, E.; SOLANO, R.; SÁNCHEZ-SERRANO, J. J. Interactions between signaling compounds involved in plant defense. **Journal of Plant Growth Regulation**, v. 22, p. 82-98, 2003.

ROSA, R. C. T. da; COELHO, R. S. B.; TAVARES, S. C. C. de H.; CAVALCANTI, V. A. L. B. Efeito de indutores no controle de míldio em *Vitis labrusca*. **Summa Phytopathologica**, v. 33, p. 68-73, 2007.

ROSENBERGER, D. A. Blue Mold. In: JONES, A. L.; ALDWINCKLE, H. S. **Compendium of apple and pear diseases**. São Paulo: APS Press, p. 54-55. 1990.

SAINDRENANT, P.; BARCHIETTO, T.; AVELINOP, J.; BOMPEIX, G. Effect of phosphite on phytoalexin accumulation in leaves of cowpea infected with *Phytophthora cryptogea*. **Physiological and Molecular Plant Pathology**, v. 32, p. 425-435, 1988.

SAUTTER, C. K. **Indução pós-colheita da síntese de resveratrol e de resistência de frutos e podridões**. 78 p.. Tese de Doutorado, Universidade Federal de Santa Maria, Brasil, 88 p., 2008

SAUTTER, C. K.; STORCK, L.; RIZZATTI, M. R.; MALLMANN, C. A.; BRACKMANN, A. **Síntese de trans-resveratrol e controle de podridão em maçãs com uso de elicitores em pós-colheita**. Pesquisa agropecuária brasileira, Brasília, v. 43, n. 9, p. 1097-1103, set. 2008.

SONEGO, O. R.; GARRIDO, L. da R.; CZERMAINSKI, A. B. C. **Avaliação de fosfitos no controle do míldio da videira**. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho. (Embrapa Uva e Vinho. Boletim de pesquisa e desenvolvimento, 11). 18 p., 2003.

SONEGO, O. R.; GARRIDO, L. C.; CZERMAINSKI, A. B. C. Avaliação do Fitophos K e Fitophos Kplus (fosfito de potássio) no controle do míldio da videira. In: ENFRUTE, v. 8, 2005, Fraiburgo, SC. **Anais....** Florianópolis: EPAGRI, v. 2, p. 12. 2005.

STICHER, L.; MAUCH-MANI, B.; MÉTRAUX, J. P. Systemic acquired resistance. **Annual Review of Phytopathology**, v. 35, p. 235-370, 1997.

SCHWAN-ESTRADA, K. R. F.; STANGARLIN, J. R.; CRUZ, M. E. da S. Uso de extratos vegetais no controle de fungos fitopatogênicos. **Floresta**, v. 30, p. 129-137, 2000.

SHOLBERG, P. L.; CONWAY, W. S. Postharvest Pathology. In: Gross, K.C., Wang, C.Y., Saltveit, M., (Eds). Agriculture Handbook Number 66: The Commercial Storage of Fruits, Vegetables, and Florist and Nursery Stocks. Published on line (<http://usna.usda.gov/hb66/contents.html>) by the U.S.Department of Agriculture (USDA), the **Agricultural Research Service**. (ARS), Washington D.C, USA. 2004.

TAVARES, G. M.; LARANJEIRA, D.; LUZ, E. D. M. N.; SIVA, T. R.; PIROVANI, C. P.; RESENDE, M. L. V.; RIBEIRO JÚNIOR, P. M. **Indução de resistência do mamoeiro à podridão radicular por indutores bióticos e abióticos**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v. 44, n. 11, p. 1416-1423, 2009.

TERRY, L. A.; JOYCE, D. C. Elicitors of induced disease resistance in postharvest horticultural crops: a brief review. **Postharvest Biology and Technology**, v. 32, p. 1-13, 2004.

THANGAVELU, R.; PALANISWAMI, A.; DORAISWAMY, S.; VELAZHAHAN, R. The effect of *Pseudomonas fluorescens* and *Fusarium oxysporum* f. sp. *Cubense* on induction of defense enzymes and phenolics in banana. **Biologia Plantarum**, v. 46, p. 107-112, 2003.

VERPOORTE, R.; MEMELINK, J. Engineering secondary metabolite production in plants. **Plant biotechnology**, v. 13, p. 181-187, 2002.

WALTERS, D.; WALSH, D.; NEWTON, A.; LYON, G. Induced resistance for plant disease control: Maximizing the efficacy of resistance elicitors. **Phytopathology**. v. 95, p. 1368-1373. 2005.

XU, X. M.; BERRIE, A. M. Epidemiology of mycotoxigenic fungi associated with Fusarium ear blight and apple blue mould: a review. **Food Additives and Contaminants**, v. 22, p. 290-301, 2005.

YANG, S. F.; HOFFMANN, N. E. Ethylene biosynthesis and its regulation in higher plants. **Annual Review of Plant Physiology**, v. 35, p. 155-189, 1984.

YU, T.; CHEN, J.; CHEN, R.; HUANG, B.; LIU, D.; ZHENG, X. Biocontrol of blue and gray mold diseases of pear fruit by integration of antagonistic yeast with salicylic acid. **International Journal of Food Microbiology**, v. 116, p.339-345, 2007.