



**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E
TECNOLOGIA DE SANTA CATARINA
CÂMPUS URUPEMA
MANEJO DE POMARES DE MACIEIRA E PEREIRA**

**AMINOETOXIVINILGLICINA PARA REDUÇÃO DE PERDAS CAUSADAS
EXCESSO DE MATURAÇÃO EM MAÇÃ NA PRÉ E PÓS-COLHEITA**

JAMES IZAIAS BONGIOLO

URUPEMA
2019

James Izaias Bongioiolo

**AMINOETOXIVINILGLICINA PARA REDUÇÃO DE PERDAS CAUSADAS
EXCESSO DE MATURAÇÃO EM MAÇÃ NA PRÉ E PÓS-COLHEITA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Pós-Graduação em Tecnologia de Bebidas Alcoólicas do Câmpus Urupema do Instituto Federal de Santa Catarina como requisito parcial para obtenção do diploma de **Especialista em Manejo de Pomares de Macieira e Pereira.**

Orientador: Rogerio de Oliveira Anese

Urupema, SC
2019

Resumo

As maçãs (*Malus domestica* Borkh), assim como outros frutos, são produtos perecíveis, com vida útil na pós-colheita relativamente baixa. Um dos processos metabólicos mais importantes no ciclo de vida dos frutos climatéricos é a síntese de etileno. Técnicas que visem a remoção do etileno dos frutos e/ou a inibição da sua produção tem sido avaliadas, uma delas é a utilização da aminoetoxivinilglicina (AVG), um fito hormônio que inibe fortemente a biossíntese do etileno, impedindo a conversão de S-adenosilmetionina para ácido 1-amino-ciclopropano-1-carboxílico que é o precursor imediato de etileno, retardando, conseqüentemente, o amadurecimento dos frutos. É importante ressaltar que a dose, e a época de aplicação de AVG na pré-colheita podem comprometer alguns aspectos dos frutos, desta forma a necessidade de avaliar os efeitos qualitativo e quantitativo em frutos de maçãs da cultivar Gala, frutos esse de grande importância para o mercado externo.

Palavras-chave: *Malus domestica*, climatéricos, maturação

Lista de ilustrações

Figura 1– Taxa respiratória de frutos climatéricos e não-climatéricos.	10
Figura 2- Queda pré-colheita de frutos por época de amostragem e acumulada em maçãs ‘Gala’, com diferentes tratamentos de (AVG).....	15
Figura 3 - Frutos colhidos de macieira, em função de diferentes dosagem, e época de tratamentos com AVG.	16
Figura 4 - Níveis de etileno em maçãs ‘Imperial Gala’, tratadas com (AVG).....	17
Figura 5 – tabela de iodo-amido para determinação de maturidade de maçã.....	21
Figura 1– Frutos caídos, ocasionado pela biossíntese do etileno na pré-colheita da maçã, Fraiburgo-SC, 2004.	13
Figura 2 - Penetrômetro utilizado para medição de firmeza da polpa em frutos	19

Lista de tabelas

Tabela 1– transformações que ocorrem durante o amadurecimento de frutos.....	9
Tabela 2 - Massa média dos frutos e porcentagem de frutos por classe de intensidade de coloração vermelha na epiderme de maçãs ‘Imperial Gala’ em resposta a diferenciados tratamentos com AVG. Fraiburgo (SC), 2006.....	17
Tabela 3 - Firmeza de polpa em maçãs ‘Imperial Gala’ tratadas com AVG em distintas épocas de amostragem. Fraiburgo (SC), 2006	20
Tabela 4 - Efeito de concentrações e épocas de aplicação de AVG, no índice iodo amido (0 a 9) na cv Gala, em diversas datas de avaliações. Fraiburgo-SC, 2004.	21

Sumário

1 INTRODUÇÃO	6
2 CARACTERÍSTICA GERAIS DA MACIEIRA	7
3 ASPECTOS FISIOLÓGICOS NO DESENVOLVIMENTO DOS FRUTOS	7
3.1 PRÉ-MATURAÇÃO.....	8
3.2 MATURAÇÃO	8
3.3 AMADURECIMENTO.....	8
3.4 SENESCÊNCIA	9
3.5 RESPIRAÇÃO E MATURAÇÃO	9
4 ETILENO	11
4.1 PRODUÇÃO AUTOCATALÍTICA DO ETILENO	13
4.2 INIBIDORES DA AÇÃO DO ETILENO.....	13
5 AMINOETOXIVINILGLICINA (AVG)	14
5.1 CONCEITOS.....	14
5.2 EFEITOS DO (AVG) NA PRÉ-COLHEITA DA MAÇÃ.....	15
5.3 MUDANÇAS NA COLORAÇÃO VERMELHA DA EPIDERME E MASSA MEDIA DE FRUTOS.....	17
5.3.1 firmeza da polpa	18
5.4 EFEITOS DO AVG NA PÓS-COLHEITA DE MAÇÃ.....	22
6 CUSTOS COM A UTILIZAÇÃO DE AVG	22
7 CONCLUSÕES	23
BIBLIOGRAFIA	24

1 Introdução

A maçã (*Malus domestica* Borkh), assim como outros frutos é perecível, com vida útil na pós-colheita relativamente baixa. Um dos processos metabólicos mais importantes no ciclo de vida dos frutos climatéricos é a síntese de etileno. Mesmo na pós-colheita, os frutos passam por uma série de transformações fisiológicas resultantes do metabolismo, que se refletem em diversas mudanças em seus atributos de qualidade, tais como: textura, cor, sabor e aroma, indicativas do processo de amadurecimento e posterior senescência.

Depois de ser destacado da planta mãe, o fruto continua com seu metabolismo ativo, e caso não seja controlado, a qualidade do produto é comprometida (VILAS BOAS, 2002). Em alguns anos, dependendo das condições de armazenamento e problemas na colheita, as perdas com o amadurecimento precoce dos frutos podem chegar a 50% (GREENE *et al.*, 1987).

O etileno é o único hormônio de forma gasosa, responsável por regular muitos efeitos fisiológicos que culminam na ocorrência das perdas pré e pós-colheita de maçãs, sendo o seu controle um dos principais fatores para a redução das perdas (STEFFENS, GUARIENTI, *et al.*, 2006). Técnicas que visem a remoção do etileno e a inibição da sua produção e/ou da sua ação têm sido desenvolvidas e avaliadas (FAN *et al.*, 1999; MIR & BEAUDRY). Vários trabalhos demonstram que o aminoetoxivinilglicina (AVG), comercializado como Retain®, diminui a queda pré-colheita de frutos e retarda a maturação em maçã (AMARANTE *et al.*, 2001; BRACKMANN & WACLAWOVSKY, 2001; WACLAWOVSKY, 2001).

YANG & HOFFMAN (1984) destacam que a AVG é um fito hormônio que inibe fortemente a biossíntese do etileno, ligando as enzimas da ACC sintase (ácido 1-carboxílico-1-aminociclopropano sintase), impedindo a conversão de S-adenosilmetionina para ácido 1-aminociclopropano-1-carboxílico que é o precursor imediato de etileno, retardando conseqüentemente o amadurecimento.

Deve se lembrar de que a dosagem, e a época de aplicação de AVG na pré colheita pode comprometer alguns aspectos qualitativos dos frutos. Por essa razão, torna-se importante a avaliação dos efeitos de diferentes épocas e de concentrações de AVG, assim como do parcelamento de aplicações, a fim de aumentar a eficiência deste inibidor no controle da maturação e da queda pré-colheita da maçã (AMARANTE, 2010).

O objetivo desta revisão bibliográfica é avaliar os efeitos qualitativo e quantitativo em frutos de maçãs cultivar Gala da utilização do Retain® em diferentes épocas de aplicação com diversas concentrações.

2 Característica gerais da macieira

A macieira (*Malus domestica* Borkh), pertencente à família Rosaceae, sendo da subfamília Maloidae, de origem na região do Cáucaso, cadeia de montanhas da Ásia e o leste da China (PETRI e LEITE, 2010). Calcula-se que a evolução desta espécie deve ter iniciado há cerca de 25 milhões de anos, e com o desenvolvimento há 20 mil anos, através dos povos euro asiáticos havendo a disseminação das formas primitivas das macieiras atuais. Os gregos cultivavam a macieira, mas foi no Império Romano que a cultura se difundiu. No Brasil, há indícios de que o plantio começou em Valinhos (SP), em 1926, mas só passou a ser produzida em escala comercial no final da década de 60, no Sul do país (FERNANDES, 2011). São conhecidas em torno de 7 mil variedades de macieiras, porém, somente cerca de 40 têm importância econômica (BLEICHER, 2002).

A pomicultura é característica de regiões que proporcionam um clima temperado, em função de sua necessidade de repouso invernal para quebra de dormência (PETRI e LEITE, 2010). Das espécies de fruteiras de clima temperado, a macieira é considerada a mais exigentes em frio. Sendo que as temperaturas de inverno, primavera e verão influenciam diretamente no ciclo da planta, a qual necessita temperaturas entre 18 a 23°C durante a fase vegetativa e temperaturas baixas contínuas nos meses de inverno, para que a planta reinicie o ciclo vegetativo com brotação e floração normais (FERNANDES, 2011). Também é de grande importância a variação das temperaturas noturna e diurna, durante a fase produtiva, pois a amplitude térmica favorece uma melhor coloração dos frutos (PETRI, 1996).

Segundo ABPM (associação Brasileira de Produtores de maçãs), demonstra as informações de produção Brasileira em 2018:

Em 2018 a produção total de maçã Brasileira foi de aproximadamente 1,1 milhões de toneladas concentrada em áreas altas no Sul do País, com destaque na qualidade, após uma temporada de excelência produtiva. O tamanho dos frutos diminuiu, o volume total também comparada a última safra de 2017, mas o sabor diferenciado e ao gosto do consumidor mantém-se intacto (KIST, 2018).

3 Aspectos fisiológicos no desenvolvimento dos frutos

O ciclo de vida dos frutos começa com a fertilização, em seguida por outras etapas distintas: formação, crescimento, maturação e senescência, sendo difícil uma diferenciação

precisa entre as mesmas. O crescimento compreende a multiplicação das células e o aumento do seu volume, os quais determinam o tamanho final do fruto. A maturação inicia após o término total do crescimento do fruto, e inclui diferentes alterações que variam de acordo com o tipo do fruto. A senescência é o período que processos anabólicos diminuem, havendo predominância dos processos de degradação, os quais são responsáveis pelo envelhecimento e a morte dos tecidos (CHITARRA e CHITARRA, 1990).

3.1 Pré-maturação

Corresponde ao estágio de desenvolvimento do fruto, ocorrendo no período entre a floração e a colheita. Nesta etapa é caracterizada pelo aumento do volume. O fruto neste caso não se encontra apto para o consumo (CHITARRA e CHITARRA, 1990).

3.2 Maturação

Quase todos os frutos podem maturar na planta ou fora dela. Pode se dizer que a maturidade fisiológica ocorre no momento em que a fruta está apta para ser colhida, nesta etapa as frutas se encontram com suas características típicas de sabor, textura e baixa acidez. Após este período a fruta depende de suas próprias reservas para se manter metabolicamente ativa para que conserve sua integridade (AWAD, 1993).

Os estudos da fisiologia pós-colheita de frutos, visam reduzir as perdas dos produtos colhidos, o aumento do período de armazenamento e comercialização (KLUGE, FACHINELLO, *et al.*, 2001). Um dos grandes desafios durante o armazenamento é reduzir ao máximo as perdas; para se alcançar esse objetivo, é necessário empregar técnicas adequadas, de tal forma que o produto chegue ao consumidor com a qualidade desejável. Como a atividade metabólica continua na pós-colheita, necessita-se reduzir essa atividade para proporcionar maior tempo de comercialização (FAN e MATTHEIS, 2000)

3.3 Amadurecimento

Na etapa de amadurecimento os frutos estão completamente maduros tornando-se mais palatável. Nos frutos carnosos a clorofila é degradada e há formação de outros pigmentos promovendo alterações na coloração dos frutos. Logo após podemos observar que a parte

carnosa do fruto amolece como resultado da degradação enzimática da pectina, que é o principal componente da lamela média na parede celular. Durante esse mesmo período, ácidos orgânicos, amido e óleos (como no caso do abacate) são metabolizados a açúcares (AWAD, 1993). A seguir os processos que ocorrem durante o processo de amadurecimento.

Tabela 1— Transformações que ocorrem durante o amadurecimento de frutos.

Sínteses	Degradações
Manutenção da estrutura mitocondrial	Destruição dos cloroplastos
Formação de carotenoides e de antocianinas	Quebra da clorofila
Conversão de açúcares	Hidrólise do amido
Aumento na atividade do ciclo de Krebs	Destruição de ácidos
Aumento na formação de ATP	Oxidação de substratos
Síntese de voláteis aromáticos	Inativação de fenólicos
Aumento na incorporação de aminoácidos	Solubilização de pectinas
Aumento na transcrição e tradução	Ativação de enzimas hidrólicas
Preservação de membranas seletivas	Início de rompimento de membranas
Formação da via do etileno	Amaciamento da parede celular induzida pelo C_2H_4 .

Fonte: Biale & Young, 1961.

3.4 Senescência

Nesta etapa ocorrem mudanças como aumento da permeabilidade das membranas celulares, amolecimento avançado, estes indícios indicam ao término da vida do fruto. Associado a isso, aumenta a suscetibilidade do fruto ao ataque de patógenos que causam doenças, acelerando o processo de degradação dos tecidos do fruto. A morte do fruto é necessária, pois ocorre a liberação das sementes para que possa da continuidade e preservação da espécie (AWAD, 1993).

3.5 Respiração e Maturação

Durante a fase final do desenvolvimento do fruto ou maturação, a taxa de respiração pode seguir normal, ou, dependendo do fruto há um grande aumento na taxa respiratória, denominada de climatérico (AWAD, 1993). Após a colheita do fruto, a respiração torna-se o seu principal processo fisiológico, pelo fato de não depender mais da absorção de água e

minerais da planta mãe, portanto o fruto passa ter vida independente. Deve-se salientar que para muitos frutos esta respiração é necessária, pois alguns órgãos vegetais utilizam desta respiração para continuar a síntese de pigmentos, enzimas e outros materiais da estrutura molecular, sendo essas sínteses essenciais para o processo de amadurecimento (CHITARRA e CHITARRA, 1990). Utilizando como critério a variação da respiração durante a maturação, os frutos foram agrupados em dois grupos: os frutos climatérico e os não-climatérico (AWAD, 1993).

3.5.1 Frutos não-climatéricos

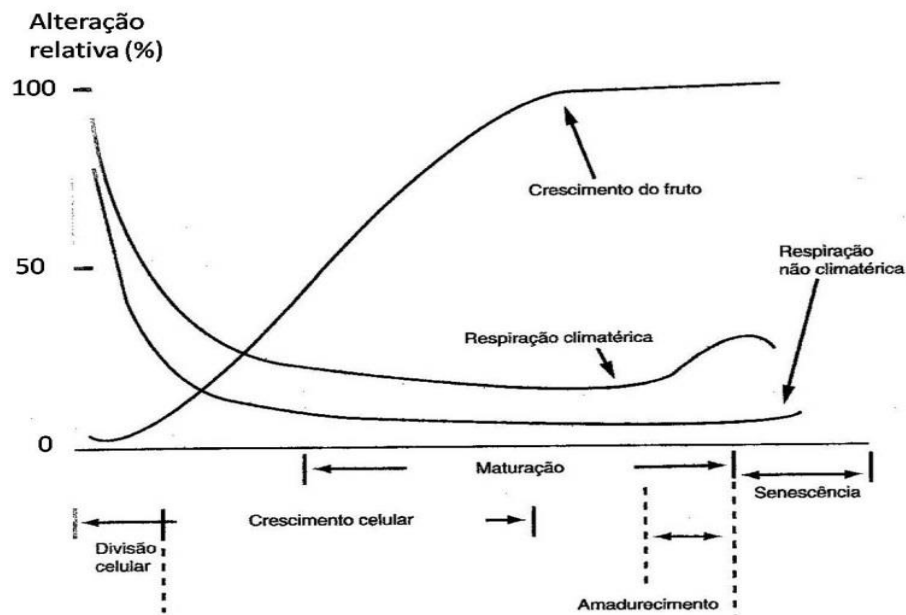
São aqueles frutos que apresentam um declínio lento e constante na sua taxa de respiração na pós-colheita, pois produzem baixa quantidade de etileno. Estes grupos de frutos não podem ser colhidos antes de sua maturação, pelo fato que quando colhidos entram no processo de senescência.

3.5.1 Frutos climatéricos

Nos frutos climatéricos apresentam um rápido aumento da respiração durante a maturação, devido à produção autocatalítica de etileno. Esta produção de etileno, ácido ribonuclêico (RNA) e proteínas, juntamente com aumento na taxa respiratória e com a decomposição de certas estruturas celulares, marcam a transição entre a fase de maturação e senescência. As frutas climatéricas podem ser colhidas mesmo que ainda não estejam maduros, pois a maturação é atingida após a colheita. No entanto, as frutas não devem ser colhidas muito jovens, devido a perdas nas qualidades organolépticas (FACHINELLO e NACHTIGAL, 2009), devido a não terem iniciado a síntese de etileno, a qual resultará na síntese autocatalítica após a colheita.

Na sequência, a figura 1 mostra a taxa respiratória de frutos climatéricos e não-climatéricos.

Figura 1– Taxa respiratória de frutos climatéricos e não-climatéricos.



Fonte: Wills et al 1989.

4 Etileno

O etileno é o composto orgânico (endógeno ou exógeno) mais simples e, aparentemente, o único hormônio que participa de regulação dos processos fisiológicos das plantas. É considerado um hormônio, pois é um produto natural do metabolismo, atua em concentrações muito baixas e participa da regulação de praticamente todos os processos de crescimento, desenvolvimento e senescência das plantas (KLUGE, FACHINELLO, *et al.*, 2001). Possui fórmula química C_2H_4 .

A vantagem original do gás etileno como regulador do crescimento reside no fato de que não exige atividade metabólica para seu transporte e, em certos casos, para sua inativação. A difusão do gás é suficiente para seu transporte e para diminuir sua concentração. A maior dificuldade dos estudos com o gás etileno é que ele está geralmente presente na atmosfera, particularmente nas áreas de atividade industrial ou de trânsito intenso, originado da combustão. Além disso, praticamente todos os compostos orgânicos liberam etileno quando são aquecidos ou oxidados.

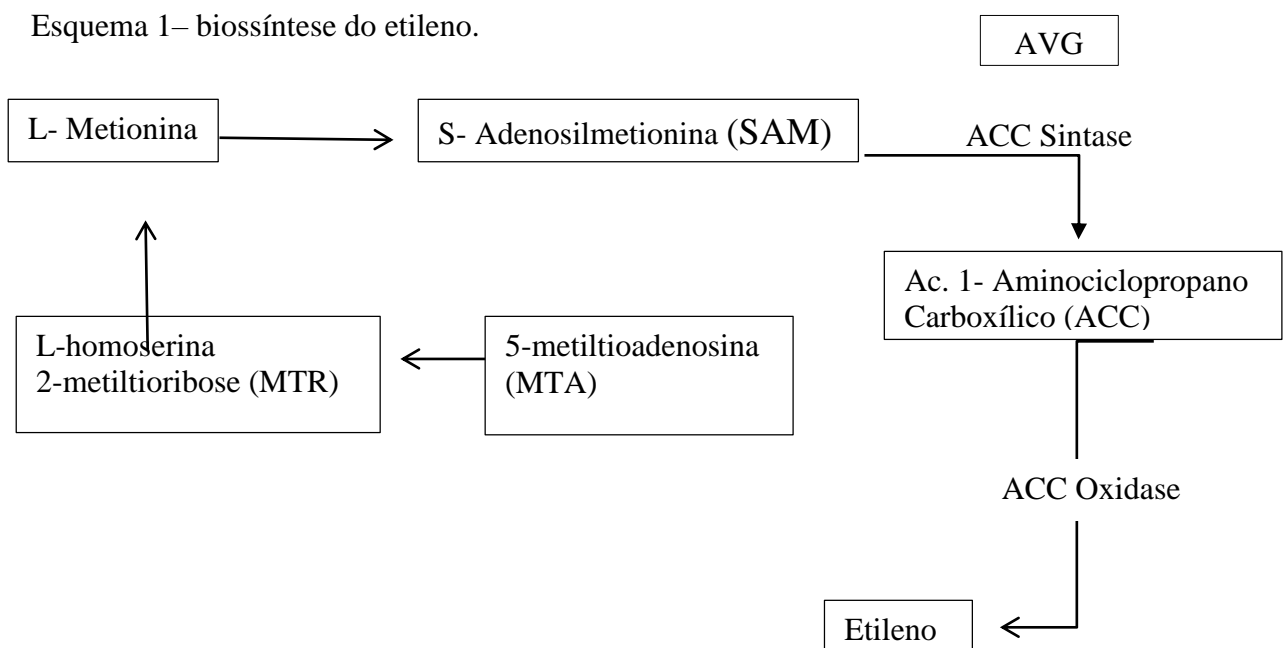
Finalmente, as plantas sujeitas a vários tipos de estresse, como o ataque de insetos e microrganismos, o contato com substâncias tóxicas, a colocação em posição horizontal, a exposição a temperaturas altas ($30\text{ }^{\circ}\text{C}$), e à presença de potenciais de água baixos nos tecidos, produzem etileno acima dos níveis esperados em plantas normais.

Existe a preposição de que o etileno endógeno é produzido por dois sistemas diferentes:

- Sistema um: comum aos frutos climatéricos e não climatéricos até o início do amadurecimento, onde em doses pequenas de etileno induz um aumento no sistema formador desses frutos. É considerado um indutor do segundo sistema;
- Já no segundo sistema: corresponde aos frutos climatéricos, onde ocorre o aumento maciço da produção de etileno pelos tecidos, seguido de amadurecimento e posterior senescência (CHITARRA e CHITARRA, 1990).

De acordo com YANG & HOFFMAN (1984) o esquema da via de biossíntese do etileno é da seguinte forma:

Esquema 1– biossíntese do etileno.



Fonte: Adaptado de YANG & HOFFMAN (1984).

O precursor chave do etileno nas superiores (esquema 1), é a L-metionina, que converte a S-adenosilmetionina (SAM), a molécula do SAM é clivada em 2 metades, sendo uma parte reciclada, regenerando a L- metionina e a outra parte convertida aminociclopropano carboxílico (ACC). O ACC em condições aeróbicas forma o etileno, dióxido de carbono, amônia e ácido fórmico (YANG & HOFFMAN, 1984).

A maioria das práticas empregadas para prolongamento da vida pós-colheita de maçãs funciona em parte pela redução dos efeitos do fito hormônio etileno (Fidler, 1973; Smock, 1979; Knee, 1985). O ponto ideal de colheita de maçãs destinadas a armazenagem está associado ao período em que a taxa respiratória é mínima (pré-climatério) e antes do início da síntese de etileno auto catalítico (Wilkinson & Sharples, 1967). Entretanto, devido a

variabilidade na população de frutos e as dificuldades metodológicas, a estimativa do ponto em que a taxa respiratória é mínima não tem se tomado um método adequado para determinação do início da colheita de maçãs (Knee et al., 1989; Kingston, 1992).

4.1 Produção autocatalítica do etileno

A produção catalítica de etileno que ocorre no amadurecimento de frutos climatéricos. Está relacionada com a capacidade dos tecidos em produzir altas quantidades desse gás, em resposta às baixas concentrações de etileno no início da ascensão climatérica da respiração. Substâncias análogas, como acetileno e propileno, mimetizam a ação do etileno, induzindo a autocatálise do mesmo quando aplicado em frutos no estágio pré-climatérico. Entretanto, essas substâncias análogas têm menor atividade que o etileno, sendo necessárias maiores concentrações para se obter respostas semelhantes àsquelas observadas pelo uso de etileno. Esses dados sugerem que a produção de altas quantidades de etileno no climatérico é necessária para o desenvolvimento das alterações bioquímicas relativas ao amadurecimento dos frutos (FINGER; VIEIRA, 2002).

Os danos na pré e pós-colheita da maçã causados pelo etileno são irreversíveis por isso há necessidade de se utilizar técnicas que possam inibir a biossíntese do etileno na fase climatérica. Na sequência, foto demonstra os principais problemas que ocorrem pela síntese do etileno na fase climatérica.



Figura 1– Frutos caídos, ocasionado pela biossíntese do etileno na pré-colheita da maçã, Fraiburgo-SC, 2004.

Fonte: PETRI, 2004.

4.2 Inibidores da ação do etileno

Nos últimos anos, várias técnicas têm sido desenvolvidas para regular o efeito da ação do etileno. A utilização de atmosfera em condições controladas (AC), com baixo nível de oxigênio atmosférico, geralmente, reduz a atividade respiratória dos frutos (LIU et al., 2004).

De acordo com FAN e MATTHEIS, (2000), a AC, associada com baixa temperatura e baixo nível de oxigênio, e alto nível de dióxido de carbono, além de causar redução da produção e ação do etileno, também atua no retardamento da maturação e na deterioração dos frutos após a colheita.

Outra técnica que está sendo estudada, é a utilização de um inibidor capaz de retardar a biossíntese do etileno, a aminoetoxivinilglicina (AVG), a qual foi introduzido no mercado para aumentar a retenção de frutos na planta e manter a qualidade dos mesmos na pós-colheita (FAN e MATTHEIS, 2000).

5 Aminoetoxivinilglicina (AVG)

5.1 Conceitos

A aminoetoxivinilglicina (AVG) é um fitohormônio que inibe fortemente a biossíntese do etileno, impedindo a conversão de S-adenosilmetionina para ácido 1-amino-ciclopropano-1-carboxílico (YANG e HOFFMAN, 1984), que é o precursor imediato de etileno, retardando conseqüentemente o amadurecimento. Porém o efeito inibitório da síntese do etileno que a AVG exerce não é irreversível sendo que a ligação desse inibidor a enzimas ACCS (ácido 1-carboxílico-1-aminociclopropano sintase) não induz mudanças na conformação da mesma, ocorrendo uma nova síntese de enzimas (YUAN e CARBAUGH, 2007). Muitos trabalhos já demonstraram que a aplicação de AVG reduz a queda pré-colheita de maçãs e o processo de maturação, além de manter a qualidade dos frutos após o armazenamento (BRACKMANN e WACLAWOVSKY, 2001) e possibilita atrasar o início da colheita (SCHUPP e GREENE, 2004).

A utilização de AVG na produção de maçãs é bem discutida no Brasil. Comercialmente a AVG é utilizada para controle da queda de frutos em pré-colheita e retardamento da maturação dos frutos, sendo aplicadas quatro semanas antes do ponto de colheita (YUAN e CARBAUGH, 2007). Contudo, os resultados com a aplicação de AVG são incertos no controle maturação e nos índices de firmeza da polpa, cor da película, degradação de amido e acidez dos frutos (CLAYTON et al. 2000), variando com a cultivar, dose utilizada

e época de aplicação (SCHUPP e GREENE, 2004). Além do mais, a aplicação de AVG, na época recomendada, causa redução do acúmulo de pigmentos antocianicos na epiderme dos frutos e atraso no desenvolvimento da coloração vermelha nas maçãs (WANG e DILLEY, 2001; AMARANTE et al., 2002; LURIE, 2008), prejudicando sua qualidade visual (Steffens et al., 2005).

Entretanto, Greene (2005) relata que o AVG retarda igualmente a queda pré-colheita e a maturação dos frutos quando aplicado de 1 a 4 semanas antes da colheita. Chun *et al.* (1997) verificaram que a época de aplicação apresentou maior influência do que a concentração de AVG utilizada sobre a queda pré-colheita de maçãs.

Desta forma, se torna necessário fazer uma revisão bibliográfica para identificar os efeitos de diferentes doses e épocas de aplicação de AVG sobre a maturação, firmeza de polpa, cor da película de degradação do amido e sólidos solúveis de maçãs.

5.2 Efeitos da AVG na pré-colheita da maçã

Segundo HAWERROTH, *et al.*, (2011), a queda de frutos em pré-colheita é reduzida pela aplicação de AVG, que apresentou o maior número de frutos colhidos, evidenciando que o AVG retarda a maturação dos frutos, evitando assim sua queda. Como demonstra a Figura 2.

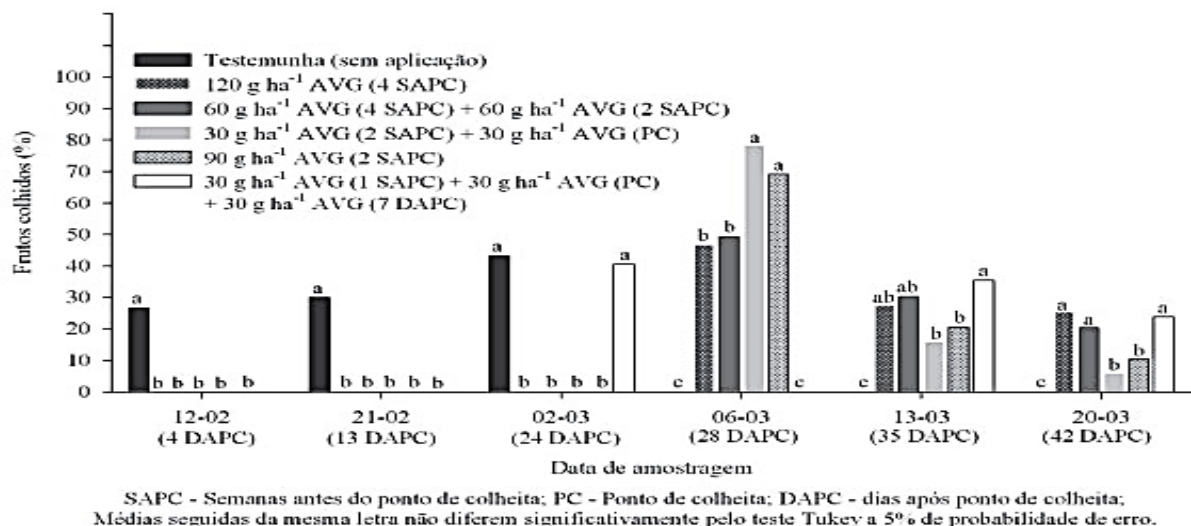


Figura 2- Queda pré-colheita de frutos por época de amostragem e acumulada em maçãs ‘Gala’, com diferentes tratamentos de (AVG).

Fonte: Hawerrth; Petri *et al.*, 2011.

Não observou-se diferenças significativas entre os tratamentos com AVG em todas as épocas de amostragem, assim, como na percentagem acumulada de frutos caídos (Figura 3). Ao final do período de avaliação, o tratamento testemunha apresentou 34,9% de frutos caídos, enquanto os tratamentos com AVG apresentavam de 4,2 a 6,4% dos frutos caídos em pré-colheita. Essa resposta evidencia a eficiência do AVG no controle da queda pré-colheita de maçãs, permitindo retardar a colheita dos frutos. Confirmando as teorias de Amarante *et al.* (2002), Greene (2005), e Steffens *et al.* (2005).

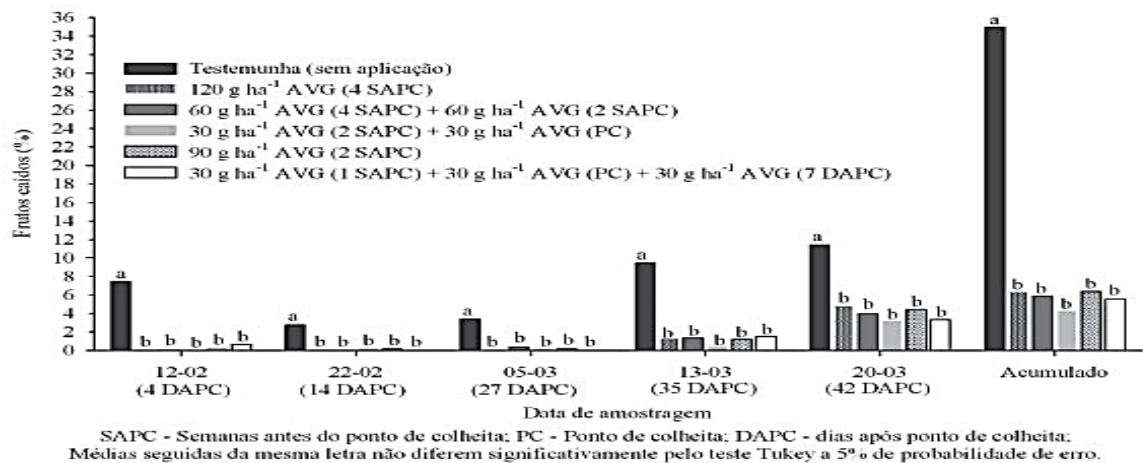


Figura 3 - Frutos colhidos de macieira, em função de diferentes dosagem, e época de tratamentos com AVG.

Fonte: Hawerrth; Petri et al, 2011.

O uso de AVG prorrogou o início da colheita, em relação ao das plantas não tratadas, como também verificado por Amarante *et al.* (2002), Stover *et al.* (2003), Phan-Thien *et al.* (2004), Petri *et al.* (2006) e Petri *et al.* (2007).

Na sequência (Figura 4) pode ser constatado que os níveis de etileno em frutos não tratados com AVG são significativamente superiores aos níveis observados nos frutos tratados, independentemente da época e da concentração de AVG utilizada. Como o AVG atua na inibição da biossíntese de etileno (Greene, 2005).

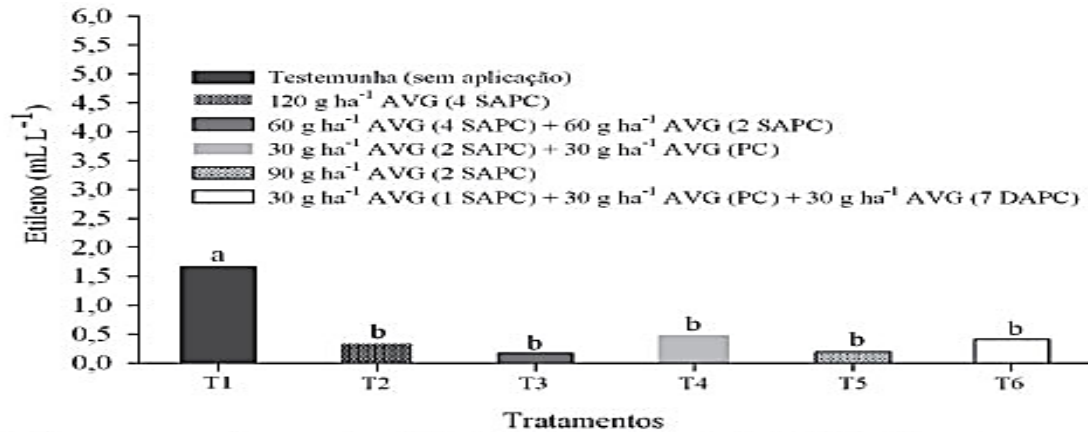


Figura 4 - Níveis de etileno em maçãs 'Imperial Gala', tratadas com (AVG).

Fonte: Hawerth, et al, 2011.

Para Ward *et al.* (1999), a queda pré-colheita de maçã é decorrente do aumento da síntese e da atividade das enzimas celulase e poligalacturonase, na zona de abscisão dos frutos, estimulados pelo aumento da concentração de etileno nos frutos.

5.3 Mudanças na coloração vermelha da epiderme e massa média de frutos

As mudanças na coloração da casca (epiderme) e/ou da polpa são devido à degradação da clorofila e síntese de novos pigmentos, como, por exemplo, carotenóides (amarelo) e antocianinas (vermelho e roxo) É um dos parâmetros mais utilizado para a determinação de cada categoria dos frutos na pós-colheita (FACHINELLO e NACHTIGAL, 2009).

Apesar do AVG, atrasar o acúmulo de pigmentos antociânicos, reduziu o desenvolvimento da coloração vermelha nos frutos (Wang e Dilley, 2001). Esta coloração atingiu os mesmos níveis ou levemente inferiores a quando não tratados com AVG (Tabela 2), quando os frutos foram colhidos no ponto de colheita comercial, como salientado por Petri et al. (2007).

Tabela 2 - Massa média dos frutos e porcentagem de frutos por classe de intensidade de coloração vermelha na epiderme de maçãs 'Imperial Gala' em resposta a diferenciados tratamentos com AVG. Fraiburgo (SC), 2006.

Tratamento	Massa média dos frutos	Frutos com coloração vermelha na epiderme		
		<50	50 a 80	>80
	g	%		
Testemunha	117,0c	9,4ab	45,9ab	44,7ab
120 g ha ⁻¹ AVG (4 SAPC)	134,9ab	6,1ab	43,0ab	50,9ab
60 g ha ⁻¹ AVG (4 SAPC) + 60 g ha ⁻¹ AVG (2 SAPC)	136,2ab	3,2ab	33,0b	63,8a
120 g ha ⁻¹ AVG (2 SAPC)	148,4a	4,0ab	34,9ab	61,1ab
60 g ha ⁻¹ AVG (2 SAPC) + 60 g ha ⁻¹ AVG (1 SAPC)	136,5ab	3,0ab	40,6ab	56,4ab
120 g ha ⁻¹ AVG (1 SAPC)	130,3bc	6,7ab	50,9ab	42,4ab
60 g ha ⁻¹ AVG (1 SAPC)	137,6ab	6,1ab	45,5ab	48,4ab
60 g ha ⁻¹ AVG (1SAPC) + 60 g ha ⁻¹ AVG (PC)	144,1ab	9,5a	51,0a	39,5b
60 g ha ⁻¹ AVG (PC)	130,2bc	2,6b	42,1ab	55,3ab
Média Geral	135,0	5,6	43,0	51,4
F (tratamento)	6,0**	3,1*	2,6*	3,1**
CV (%)	6,0	25,3	10,1	10,4

(¹) SAPC: Semanas antes do ponto de colheita; PC: Ponto de colheita; *, ** Significativo a 5% e a 1% de probabilidade de erro pelo teste F, respectivamente; Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem significativamente pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Fonte: Petri, Hawerth e Leite, 2010.

Observa-se que o atraso na colheita decorrente do uso de AVG pode determinar incremento de até 11% na produtividade de macieiras (PETRI, HAWERROTH e LEITE, 2010).

5.3.1 Firmeza da polpa

A firmeza da polpa é dada pelas substâncias pécticas que compõem as paredes celulares. Com a maturação, tais substâncias vão sendo transformadas em pectinas solúveis, o que ocasiona o amolecimento dos tecidos das frutas (PETRI, HAWERROTH e LEITE, 2010).

A medida da firmeza da polpa é feita com um aparelho denominado penetrômetro que através da compressão exercida mensura a força equivalente para romper a resistência dos tecidos da polpa (Figura 5).



Figura 2 - Penetrômetro utilizado para medição de firmeza da polpa em frutos .

Fonte: infoagro, 2010.

Os resultados com a aplicação de AVG são inconstantes no controle da firmeza da polpa (Clayton et al. 2000). Os fatores que afetam são cultivar, dose utilizada e época de aplicação (Schupp e Greene, 2004). Por essa razão, torna-se importante a avaliação dos efeitos de diferentes épocas e de concentrações de AVG (PETRI, HAWERROTH e LEITE, 2010).

Segundo Steffens et al. (2005), a resposta da firmeza de polpa ao AVG está diretamente associada à redução na síntese do etileno necessário à atividade de enzimas relacionadas. A firmeza da polpa ideal para colheita, visando o armazenamento por longo período, deve estar em média entre 17 a 19 lbs cm⁻² na cultivar Gala e 16 a 18 na cultivar Fuji.

Segundo Petri (2010) os tratamentos com AVG de 120 g ha⁻¹ (4 SAPC) diferiu significativamente quando comparado com a plantas não tratada que havia firmeza de polpa superior a 21,8 lb cm⁻² (Tabela 3). Na avaliação entre 19 e 38 dias após o ponto de colheita (DAPC) não foram observadas diferenças significativas quanto às épocas e doses de AVG utilizadas. Em avaliação 46 DAPC verificou-se que as aplicações realizadas a quatro e duas semanas antes do ponto de colheita na dose de 120 g ha⁻¹ de AVG, assim como a aplicada parcelada de 60 g ha⁻¹ de AVG a 4 SAPC + 60 g ha⁻¹ de AVG a 2 SAPC e 60 g ha⁻¹ de AVG a 1 SAPC + 60 g ha⁻¹ de AVG no ponto de colheita, proporcionaram firmeza de polpa superior, sendo os únicos tratamentos com menor perda de firmeza em relação ao tratamento testemunha, como demonstra a tabela abaixo.

Tabela 3 - Firmeza de polpa em maçãs ‘Imperial Gala’ tratadas com AVG em distintas épocas de amostragem. Fraiburgo (SC), 2006

Tratamentos	Firmeza de polpa				
	0 DAPC (13/02)	19 DAPC (2/3)	30 DAPC (13/03)	38 DAPC (21/3)	46 DAPC (29/3)
Testemunha	19,2b	16,9a	15,5b	15,6a	13,9b
120 g ha-1 AVG (4 SAPC)	21,8a	18,7a	17,3ab	16,0a	15,8 ^a
60 g ha-1 AVG (4 SAPC) + 60 g ha-1 AVG (2 SAPC)	21,1ab	18,2a	16,6ab	15,6a	15,8 ^a
120 g ha-1 AVG (2 SAPC)	21,4ab	18,4a	17,4ab	16,0a	15,7 ^a
60 g ha-1 AVG (2 SAPC) + 60 g ha-1 AVG (1 SAPC)	21,5ab	18,1a	16,8ab	15,7a	14,6ab
120 g ha-1 AVG (1 SAPC)	21,9a	18,3a	17,8a	15,9a	15,4ab
60 g ha-1 AVG (1 SAPC)	20,8ab	18,2a	16,6ab	15,7a	15,3ab
60 g ha-1 AVG (1SAPC) + 60 g ha-1 AVG (PC)	20,3ab	18,0a	17,0ab	15,6a	15,8 ^a
60 g ha-1 AVG (PC)	20,3ab	17,8a	16,6ab	15,9a	15,4ab

Dias após ponto de colheita do tratamento testemunha; SAPC: Semanas antes do ponto de colheita; PC: Ponto de colheita; ns - não significativo pelo teste F a 5% de probabilidade de erro; *, ** Significativo a 5 e a 1% de probabilidade de erro pelo teste F, respectivamente; Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem significativamente pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Fonte: Petri, Hawerth e Leite, 2010.

5.3.2 Teor de iodo-amido

Através do processo de fotossíntese, os açúcares sintetizados são armazenados nas frutas na forma de amido. Durante a maturação, o amido armazenado na polpa da fruta é hidrolisado, transformando-se em açúcares solúveis. Na medida em que a fruta amadurece, menor o conteúdo de amido e maior a substância de açúcar (figura 5). O processo de redução de seu teor ocorre de uma forma progressiva de dentro para fora da fruta (GARIBALDE e BENDER, 2002).

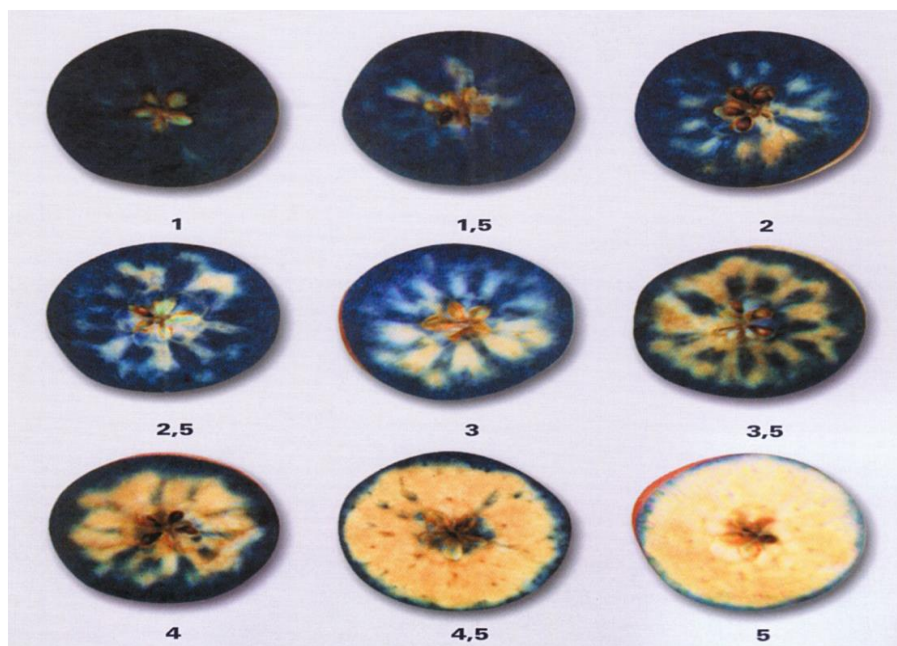


Figura 5 – tabela de iodo-amido para determinação de maturidade de maçã

Fonte: Garibalde & Bender, 2002.

Segundo PETRI, LEITE e ARGENTA, (2010) os índices de iodo-amido são influenciados pelos tratamentos com AVG como demonstra a figura 6. Os melhores indicadores de iodo-amido, ocorreu quando se utilizou 124g ha^{-1} 7 DAPC aos que proporcionou a menor degradação de amido em açúcares solúveis, sendo que os demais tratamentos com AVG não diferiram significativamente da testemunha.

Tabela 4 - Efeito de concentrações e épocas de aplicação de AVG, no índice iodo amido (0 a 9) na cv Gala, em diversas datas de avaliações. Fraiburgo-SC, 2004.

Tratamentos AVG	Índice de iodo amido						
	12-02	19-02	26-02	04-03	10-03	17-03	26-03
0g.ha^{-1}	2,5 a	4,5 a	6,6 a	7,1 a	8,7 a	8,7 a	8,9 a
124g.ha^{-1} 30 DAPC*	1,3 ab	2,6 b	4,4 b	6,0 ab	7,5 ab	8,2 ab	8,7 ab
62g.ha^{-1} 30 DAPC +	1,1 b	1,2 b	2,6 cd	5,0 bc	6,5 b	7,4 abc	8,4 ab
62g.ha^{-1} 15 DAPC	1,0 b	1,0 b	2,8 cd	4,0 c	5,7 b	7,0 bc	8,2 b
90g.ha^{-1} 15 DAPC	1,1 b	1,3 b	2,3 d	4,3 bc	5,8 b	6,8 c	7,5 c
124g.ha^{-1} 7 DAPC	1,5 b	1,2 b	3,7 bc	5,2 bc	6,8 ab	8,2 ab	8,3 ab

*Dias Antes do Ponto de Colheita

Médias seguidas da mesma letra, na coluna, não diferiram significativamente, a 5% de probabilidade, pelo teste de Duncan.

Fonte: Petri, Leite e Argenta, 2007.

5.3.3 Sólidos Solúveis Totais

Na medida em que a maturação avança ocorre aumento nos teores de açúcares, devido a transformação do amido em açúcares simples (glicose e frutose). O conteúdo desses açúcares, na maçã, é um importante fator de qualidade organoléptica da fruta (GARIBALDE e BENDER, 2002). Os teores de açúcares são quantificados com auxílio do refratômetro que mensura o teor de açúcares em grau brix. No ponto de colheita no caso da maçã, o valor de grau brix deve estar em torno de 11%

Segundo Greene (2006), a aplicação de AVG reduz os teores de sólidos solúveis nos frutos, presumivelmente por causa do atraso ou da menor hidrólise de amido. Entretanto (PETRI, LEITE e ARGENTA, 2007), mostra que nos tratamento com AVG não houve diferença significativa comparada com as plantas não tratadas.

5.4 Efeitos do avg na pós-colheita de maçã

Após a colheita, os frutos passam por uma série de transformações que determinara a sua qualidade. Além disso, os índices de firmeza de polpa, acidez, degradação de amido e cor de película dos frutos mostram-se variáveis com a aplicação de AVG (Clayton *et al.*, 2000).

6 Custos com a utilização de AVG

Atualmente, no mercado Brasileiro, existe apenas um produto que pode ser comercializado com o princípio ativo a base de Cloridrato de Aviglicina que é o ReTain, fabricado pela Valent bioscience Corporation – EUA sendo o titular do registro SUMITOMO CHEMICAL DO BRASIL REPRESENTAÇÕES LTDA. ReTain é um regulador de maturação vegetal indicado para as macieiras cultivares Gala e Fuji, por promover:

- Retardamento da maturação da fruta,
- Menor queda de frutos,
- Maior firmeza e melhoria nas qualidades dos frutos,

É comercializado em embalagem de 830 g, sendo 125 g de princípio ativo. O preço é de em torno de R\$ 2.000,00, podendo variar pela disponibilidade do produto, acarretando um aumento de 6% por hectare no custo de produção.

7 CONCLUSÕES

1. AVG por ser tratar de um dos principais produtos para controle de maturação utilizado na cultivar Gala, necessita um maior entendimento, pois falta muitos estudos em questões de dosagem, época de aplicação e seus efeitos;
2. Outro ponto importante que a maioria das pesquisas com a utilização de AVG estão focada em frutos na pré-colheita, necessitando maior entendimento dos efeitos na pós-colheita, principalmente na armazenagem;
3. A utilização de AVG é de grande importância para cultivar Gala, pois a tendência de mercado é para cada vez mais aumentar as áreas desta cultivar principalmente para exportação.

Bibliografia

AMARANTE, C. V. T. Coloração do fruto, distúrbio fisiológico e doenças em maçãs gala e fuji pulverizadas com aminoetoxivinilglicina. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jabotical - SP, v. 32, n. 1, p. 09-018, 08-09 mar. 2010.

AWAD, M. **Fisiologia pós-coleita de frutos**. São Paulo: Nobel, v. 1, 1993. 114 p. ISBN 85-213-0761-6.

BIALE, J. B.; YOUNG, R. E. growth maturation and senescence in fruits. **science**, washington, p. 146, nov. 1964.

BRACKMANN, A.; WACLAWOVSKY, A. J. Responses of 'Gala' apples to preharvest treatment with AVG and low ethylene CA storage. **Acta Horticulturae**, v. 553, p. 155-157, fev. 2001.

CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **pós-colheita de frutos e hortaliças**. Lavras: ESAL/FAEPE, v. 1, 1990. 320 p.

CRISTIANO ANDRÉ STEFFENS, A. J. W. G.; LINDOLFO STORCK, A. B. Maturação da maçã 'Gala' com a aplicação pré-colheita de aminoetoxivinilglicina, Santa Maria, 03-04 2006. 434-440.

FACHINELLO, J. C.; NACHTIGAL, J. C. Colheita e armazenamento. **Embrapa**, 2009. Disponível em: <http://www.cpact.embrapa.br/publicacoes/download/livro/fruticultura_fundamentos_pratica/12.htm>. Acesso em: 11 abril 2013.

FACHINELLO, J. C.; NACHTIGAL, J. C. Colheita e armazenamento. **Embrapa**. Disponível em: <http://www.cpact.embrapa.br/publicacoes/download/livro/fruticultura_fundamentos_pratica/12.htm>. Acesso em: 11 abril 2013.

FAN, X. T.; MATTHEIS, J. P. Yellowing of broccoli in storage is reduced by 1-methylcyclopropane. **Hort Science**, v. 35, p. 885-887, 2000.

FERNANDES, G. V. **Controle de qualidade na colheita na empresa renar maçãs S/A**. Monografia (Graduação em Agronomia) - Universidade federal de Santa Catarina. Florianópolis, p. 66. 2011.

GARIBALDE, C. L.; BENDER, R. J. Manejo pós colheita e rastreabilidade na produção integrada de maçã. **Embrapa**, Bento Gonçalves, Junho 2002.

HAWERROTH, F. J. et al. Uso de aminoetoxivinilglicina na maturação e queda pré-colheita de maçãs 'Imperial Gala'. **Ceres**, Viçosa, v. 58, n. 5, p. 612-618, setembro-outubro 2011.

INFOAGRO. **comercio de instrumental para fruticultura**. Disponível em: <<http://www.infoagro.com/comercio/instrumental/penetrometro-fruta.htm>>. Acesso em: 23 abril 2013.

KLUGE, R. A. et al. **Fisiologia e manejo pós-colheita de frutas de clima temperado**. 2. ed. Campinas: Rural, 2001. 214 p.

PETRI, J. L. **Dormência e indução da brotação de fruteiras de clima temperado**. [S.l.]: Epagri, v. 75, 1996. 110 p.

PETRI, J. L.; HAWERROTH, F. J.; LEITE, G. B. **MATURAÇÃO, QUALIDADE E QUEDA PRÉ-COLHEITA DE MAÇÃS ‘IMPERIAL GALA’ EM FUNÇÃO DA APLICAÇÃO DE AMINOETOXIVINILGLICINA**, Bragantia, Campinas, 69, n. 3, 2010. 599-608.

PETRI, J. L.; LEITE, G. B. Macieira. **Revista Brasileira de fruticultura**, v. 30, n. 4, p. 857-1166, nov. 2010.

PETRI, J. L.; LEITE, G. B.; ARGENTA, L. C. **EFICÁCIA DO TRATAMENTO DE AVG NO CONTROLE DA QUEDA E MATURAÇÃO DOS FRUTOS DE MAÇÃ, CULTIVAR IMPERIAL GALA**, Jaboticabal - SP, v. 29, n. 2, p. 239-244, agosto 2007.

SCHUPP, J.; GREENE, D. W. Effect of aminoethoxyvinylglycine (AVG) on preharvest drop, fruit quality, and maturation of ‘McIntosh’ apples: I. Concentration and timing of dilute applications of AVG. **HortScience**, v. 39, p. 1030-1035, 2004.

STEFFENS, C. A. et al. Maturação da maçã ‘Gala’ com a aplicação pré-colheita de aminoetoxivinilglicina e ethephon. **Ciencia rural**, Santa Maria, v. 36, n. 2, p. 434-440, mar. 2006.

VILAS BOAS, E. V. B. 1-MCP: um inibidor da ação do etileno. **SIMPÓSIO DE CONTROLE DE DOENÇAS DE PLANTAS: PATOLOGIA PÓS-COLHEITA DE FRUTOS E HORTALIÇAS**, Lavras-MG, 2002.

WACLAWOVSKY, A. J. **Controle da maturação de maçãs (*Malus domestica* Borkh.) cv. Gala, com aplicação pré-colheita de aminoetoxivinilglicina (AVG)**. Universidade Federal de Santa Maria-Dissertação (Mestrado). Santa Maria, p. 134. 2001.

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

YUAN, R.; CARBAUGH, D. H. Effects of ANA, AVG, and 1-MCP on ethylene biosynthesis, preharvest fruit drop, fruit maturity and quality ‘Golden Delicious’ apples. **HortScience**, v. 42, p. 101-105, 2007.