

FUNÇÃO DO CÁLCIO NA DEGRADAÇÃO DA PAREDE CELULAR VEGETAL DE FRUTOS

Euriann Lopes Marques Yamamoto

Eng^a Agrônoma pela Universidade do Estado de Mato Grosso – UNEMAT. Tangará da Serra-MT. E-mail:euriann@hotmail.com

Rafaella Martins de Araújo Ferreira

Mestranda em Fitotecnia da Universidade Federal Rural do Semi-Árido - UFERSA. Mossoró – RN. E-mail:rafaellamarafe@hotmail.com

Paula Lidiane de Oliveira Fernandes

Mestranda em Fitotecnia da Universidade Federal Rural do Semi-Árido UFERSA. Mossoró – RN. E-mail:paula_esam@hotmail.com

Leidiane Bezerra Albuquerque

Eng^a Agrônoma pela Universidade Federal Rural do Semi-Árido – UFERSA. Mossoró - RN. E-mail:leidy_albuquerque@hotmail.com

Emanuela Oliveira Alves

Graduanda em Biotecnologia Vegetal, bolsista de Pibic – UFERSA. Mossoró – RN. E-mail:emanuela_oliveiraalves@hotmail.com

RESUMO - O cálcio é um dos elementos mais importantes no sistema intracelular de plantas, pois permanece na forma iônica quando dentro da célula, atuando no metabolismo secundário de todas as células. É um elemento que desempenha diferentes funções nos tecidos vegetais, notadamente na proteção das membranas e paredes celulares e na sinalização de resposta às condições de estresse biótico ou abióticos. O amaciamento de frutos durante o seu amadurecimento implica em modificações de polissacarídeos da parede celular. As pontes de cálcio entre os ácidos pectínicos ou entre esses e outros polissacarídeos dificultam o acesso e a ação de enzimas pectolíticas produzidas pelo fruto e que causam amaciamento, e daquelas produzidas pelos fungos e bactérias que causam deterioração. O cálcio na parede celular vegetal, ao ligar-se covalentemente às pectinas, dá origem ao pectato de cálcio, restringindo a ação da pectinametilesterase e poligalacturonase, e, conseqüentemente, retardando o amaciamento de frutos. A aplicação de cálcio tanto em pulverização nos frutos quanto em cova resulta em: preservação da firmeza do fruto, redução da respiração da taxa respiratória, redução da produção de etileno, menor atividade da β -galactosidase, aumento de hemicelulose, pectinas e cálcio na polpa. Em frutos, o efeito do cálcio tem recebido muita atenção, visto que as aplicações deste cátion promovem o retardamento da maturação e da senescência, prolongando o período de vida útil e o tempo de prateleira.

Palavras-chave: fruto; parede primária; respiração.

CALCIUM'S FUNCTION ON THE DEGRADATION OF CELL WALL

ABSTRACT – Calcium is one of the most important intracellular system of plants, it remains in ionic form while inside the cell, acting on the secondary metabolism of all cells. It is an element that plays different roles in plant tissues, especially in protecting the cell walls and membranes and signaling in response to changing biotic and abiotic stress. The softening of the fruit during its ripening involves changes in cell wall polysaccharides. Calcium bridges between pectic acids, or between these and other polysaccharides hinder access and the action of pectinolytic enzymes produced by the fruit and cause softening, and those produced by fungi and bacteria that cause decay. Calcium in plant cell wall, to covalently bind to pectins, gives rise to calcium pectate, restricting the action of polygalacturonase and pectin, and thus slowing the softening of fruits. The application of calcium both in spray and in the fruit results in grave: the preservation of fruit firmness, reduction of respiration rate of respiration, reduced ethylene production, the lower activity of β -galactosidase, an increase of hemicellulose, pectins and calcium in the pulp . In fruits, the effect of calcium has received much attention, since the applications of this cation promotes the retardation of ripening and senescence, prolonging the life and shelf life.

Key words: fruit, primary wall, breath.

INTRODUÇÃO

O cálcio é o nutriente mais abundante na maioria dos solos, com exceção de alguns solos orgânicos. Entretanto, apesar de abundante nos solos não é sinônimo de abundante em frutos. Problemas como absorção e transporte no interior da planta condicionam a tal situação. As partes perenes são onde se encontra maior quantidade de cálcio nas fruteiras (FERRI, 1999).

Cerca de 60% do cálcio celular encontra-se localizado na parede celular (lamela média), onde exerce a função estabilizante, o que pode influir na textura, na firmeza e na maturação dos frutos (HANSON et al., 1993). O cálcio age na célula atuando como constituinte da lamela média das paredes celulares, possuindo outras funções (TAIZ; ZEIGER, 2004).

Em frutos, o efeito do cálcio tem recebido muita atenção, visto que as aplicações deste cátion promovem o retardamento da maturação e da senescência (KLAUS, 2007), mediante a diminuição da respiração e da produção de etileno no complexo membrana-parede celular, assim como no controle de distúrbios fisiológicos e na manutenção da qualidade do produto final e na sua capacidade de armazenamento depois da colheita (TAIZ; ZEIGER, 2004). Esta revisão de literatura tem como objetivo identificar qual a função do Cálcio na degradação da parede celular.

A Parede Celular Vegetal

A presença da parede celular é uma característica intrínseca as células vegetais. A célula vegetal apresenta parede primária e secundária, e uma lamela média, rica em pectato de cálcio, presente na junção das paredes das paredes de células vivas. A parede celular primária é formada na fase de crescimento. Já a parede celular secundária forma-se após cessar o crescimento celular, e pode se tornar uma estrutura altamente especializada dependendo de sua localização (PAIVA et al., 2009).

Quanto a sua função ela age na maioria dos processos de crescimento, desenvolvimento, manutenção e reprodução, sendo responsável pela: resistência mecânica das estruturas vegetais; promoção da junção das células, exoesqueleto, permitindo a for e controlando altas pressões de turgência; e proteção contra agressões físicas e químicas (RAVEN, 2001 e KARP, 2005).

Durante a formação da parede celular, na região equatorial da célula, do centro para periferia da célula em formação, uma lâmina de pectato de cálcio e magnésio vai sendo formada. De ambos os lados da lamela vai sendo depositada a celulose. Tal deposição não se faz de maneira contínua, ficando na parede celular de celulose zonas perfuradas, que são pontoações simples que frequentemente

correspondem-se aos dois lados da lamela média (FERRI, 1999).

Os constituintes da parede celular primária e da lamela média podem ser classificados em vários tipos de moléculas poliméricas: polissacarídeos péclicos, celulose, hemicelulose e proteínas, os quais variam em conteúdo e estrutura química dependendo da espécie de fruto e do estágio de desenvolvimento (RAVEN, 2001 e PAIVA et al., 2009).

O amaciamento de frutos durante o seu amadurecimento implica em modificações de polissacarídeos da parede celular. Os reflexos econômicos desse amaciamento têm estimulado o desenvolvimento de uma série de pesquisas envolvendo bases bioquímicas do metabolismo da parede celular durante o amadurecimento de frutos. A diminuição da firmeza (textura da polpa) durante o amadurecimento tem sido atribuída a modificações e à degradação dos componentes da parede celular, tais como celulose, hemiceluloses e pectinas (HOPKINS; HUNER, 2004).

As substâncias péclicas constituem-se na classe de polissacarídeos da parede celular que sofrem a mais marcante modificação durante o amadurecimento de alguns frutos, com o aumento, solubilização e despolimerização associadas ao amolecimento dos frutos (OLIVEIRA et al., 2006).

Cálcio

É o nutriente mais freqüentemente associado com a qualidade dos frutos em geral e constitui a parede celular e lamela média dos vegetais. Os seus íons ligam as pectinas, que são formadas por cadeias de ácido poligalacturônico com inserções de ramnose, à parede celular. As pontes de cálcio entre os ácidos péclicos ou entre esses e outros polissacarídeos dificultam o acesso e a ação de enzimas pectolíticas produzidas pelo fruto e que causam amaciamento, e daquelas produzidas pelos fungos e bactérias que causam deterioração (MOTA et al., 2002).

É certo que sérias perdas econômicas ocorrem anualmente em órgãos como frutos e hortaliças, devido a desordens fisiológicas e podridões causadas pelo teor inadequado de cálcio em seus tecidos. Frequentemente, os problemas ligados a uma má suplementação de cálcio na planta surgem nos frutos após a colheita e durante o armazenamento (RICARDO, 1983).

A pectina e o cálcio

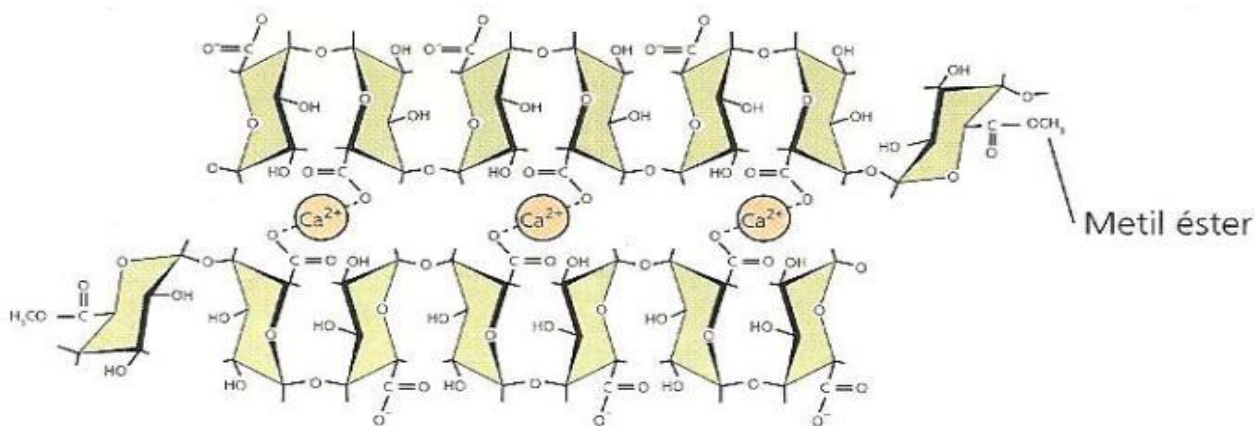
As pectinas são geralmente consideradas polissacarídeos ricos em ácido galacturônico que ocorre na lamela média e em outras membranas da parede celular. De maneira geral, as pectinas são constituídas por polímeros

lineares de ligações α -(1→4) de ácido galacturônico e resíduos de ramnogalacturonanas I e II, que consistem de unidades de ácido galacturônico alternadas com unidades específicas de ramnose (BROWNLEADRES, et al., 1999 e PAIVA et al., 2009).

As pectinas que participam da constituição da parede celular primária diferem das presentes na lamela média. Na primeira, as cadeias de ramnogalacturonana encontram-se altamente ramificada, com cadeias longos de arabinose e galactose ou arabinogalactose. Já na segunda, as cadeias de ramnogalacturonana apresentam-se ligeiramente ramificadas, Figura 1. Estrutura da pectina.

com cadeias curtas de arabinose e galactose, contudo os ácidos galacturônicos da cadeia linear encontram-se altamente esterificados apresentando complexos de ligações com o cálcio (MANRIQUE; LAJOLO, 2004).

São as pectinas que formam os géis que dão origem as geléias dos frutos. Nestes géis pécnicos, os grupos carboxila (COO-) carregados de cadeias de pectina vizinhas são ligados via Ca^{2+} , que acaba por forma um complexo firme com a pectina. Assim, pode formar-se uma ampla rede de pontes de cálcio, conforme ilustra a Figura 1 (TAIZ; ZEIGER, 2004).



Fonte: TAIZ; ZEIGER, 2004

A formação de uma rede de pectina envolve pontes iônicas, por meio de íons de cálcio, dos grupos carboxila (COO^-) não esterificados. Quando bloqueados por grupos metil-esterificados, os grupos carboxila não podem participar desse tipo de formação de rede intercadeia.

As pectinas estão sujeitas as modificações que podem alterar a sua conformação e a ligação na parede. Muitos dos resíduos ácidos são esterificados com metil, acetil e outros grupos não-identificados durante a síntese no complexo de Golgi. Tal esterificação mascara as cargas de grupos carboxila e impede as ligações de cálcio entre pectinas, reduzindo, portanto, o caráter gel da pectina (SANTOS, 2003).

Uma vez que a pectina é secretada para a parede, os grupos éster podem ser removidos por pectinas esterases encontradas na parede, revelando, assim, as cargas dos grupos carboxilas e aumentando a capacidade da pectina formar um gel rígido. Pela criação de grupos carboxilas livres, a desesterificação também aumenta a densidade de carga elétrica na parede, que, por sua vez, pode influenciar a concentração de íons na parede e as atividades de enzimas de parede. Além de serem conectadas por pontes de cálcio (Figura 2), as pectinas podem estar unidas entre si por diferentes ligações covalentes (TAIZ; ZEIGER, 2004; SANTOS, 2003).

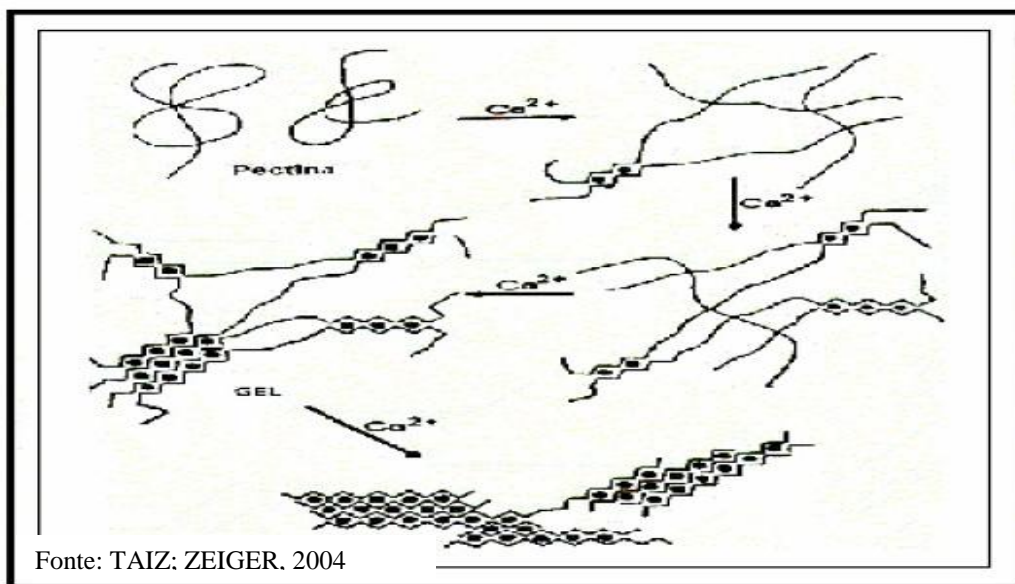


Figura 2. Estrutura da rede tridimensional que o Ca^{2+} forma com a pectina.

Em frutos, o cálcio mantém a estrutura da célula pela interação de ácidos pécnicos na parede celular com pectato de cálcio. O cálcio forma ainda ligações covalentes carregadas com homogalacturonas, fortalecendo assim a parede celular (LARA et al., 2004).

As enzimas e o cálcio

O amaciamento dos frutos durante o amadurecimento e senescência é frequentemente atribuído à degradação enzimática da parede celular. Sabe-se que para a manutenção da firmeza de frutos de morango, por exemplo, os íons cálcio tornam-se essenciais, devido às ligações cruzadas entre grupos carboxílicos (CAMARGO et al., 2000).

As substâncias pécnicas são ligadas inter e intramolecularmente pelo cálcio e são largamente responsáveis pela rigidez dos tecidos, aumentando a estabilidade do complexo e limitando sua vulnerabilidade pelo ataque por enzimas pectolíticas (CAMARGO et al., 2000).

A poligalacturonase (PG), que é encontrada na maioria dos frutos, catalisa a hidrólise das ligações β - 1,4 entre os resíduos de ácido galacturônico no interior da cadeia de pectina. Essa enzima é classificada em dois grupos, com base na sua ação sobre o substrato, uma com típico rompimento aleatório das ligações glicosídicas, chamada endo-PG, e outra, com rompimento terminal, exo-PG. Em manga ocorre predominantemente como exo-enzima e em baixa quantidade, quando comparada com o tomate (EVANGELISTA et al., 2000).

A pectinametilesterase (PME) catalisa a desesterificação dos resíduos de galacturonosil presentes no polímero homogalacturonano de ácido galacturônico, no qual o grupo carboxílico encontra-se metil esterificado, atuando nos finais redutores e no interior das cadeias pécnicas com alto grau de esterificação, reduzindo seu peso (EVANGELISTA et al., 2000; KIEGLE et al., 2000).

Em síntese, a enzima PME é conhecida por desesterificar compostos pécnicos constituintes da parede celular das plantas. A hidrólise de grupos metil-éster, catalisada por essa enzima, produz uma pectina com menor grau de metilação, que sofre clivagem pela PG. Assim, o efeito dessas duas enzimas tem um importante papel no processo de amolecimento do fruto durante o estágio de amadurecimento. A desmetilação da pectina resulta em um maior número de grupos carboxílicos, o que pode facilitar a ação da poligalacturonase, que degrada substâncias pécnicas, preferivelmente desesterificadas (SANTANA et al., 2008)

O cálcio na parede celular, ao ligar-se covalentemente às pectinas, dá origem ao pectato de cálcio, restringindo a ação da PME e PG, e, conseqüentemente, retardando o amaciamento de frutos. Segundo Evangelista (2002), a ação da PME em promover sítios de ligação para o Ca^{2+} é sem dúvida importante para a concentração deste íon na parede celular e lamela média, e a ação de outras enzimas que degradam a parede celular e a lamela média, tais como a poligalacturonase (PG), também são importantes. Assim, outras enzimas têm sido estudadas como, por exemplo, a β -galactosidase, que contribui significativamente para o amaciamento do fruto e modificações na parede celular.

A presença de cátions Ca^{2+} no tecido foliar, respeitando a quantidade ideal de K no conteúdo celular, inibe drasticamente a ação de enzimas pectolíticas produzidas por muitos parasitas de etiologia fúngica, cuja função é dissolver a lamela média da parede celular (PRATELLA, 2003). Além disso, na própria lamela média, na superfície externa da membrana plasmática, no retículo endoplasmático e nos vacúolos são encontradas altas concentrações de Ca, comprovando a sua importância para a integridade dos tecidos vegetais (MARSCHNER, 1995).

A função do cálcio na parede celular

Em tecidos de planta, o cálcio encontra-se na parede celular formando ligações entre resíduos de ácido galacturônico, o que é responsável pela união de cadeias pécticas adjacentes. O complexo cálcio-pectina atua como um cimento fornecendo firmeza ao tecido (MENEZES et al., 1997).

O cálcio ligado ao ácido poligalacturônico na lamela média é essencial para reforçar a parede celular e os tecidos das plantas. A degradação do ácido poligalacturônico pela ação enzimática da poligalacturonase é drasticamente inibida pela alta concentração de cálcio. A proporção do ácido poligalacturônico e cálcio na parede celular é também importante na susceptibilidade do tecido aos fungos e bactérias (MARSCHNER, 1995).

O cálcio é um mineral importante na manutenção da estabilidade da PC em função da sua associação com as substâncias pécticas, ligando-se covalentemente às pectinas, dando origem ao pectato de Ca^{2+} , que restringe a ação da pectinametilesterase (PME) e da poligalacturonase (PG) o que, conseqüentemente, retarda o amaciamento de frutos (SALUNKHE et al., 1991).

Durante o processo normal de maturação dos frutos os cátions de cálcio são translocados para as zonas de crescimento da planta. Isto tem sido associado à solubilização de material péctico da lamela média pela enzima poligalacturonase, causando o amolecimento do fruto pela liberação do cálcio pela acidificação da parede celular, através de enzimas pectolíticas, levando ao enfraquecimento das ligações dos polissacarídeos da parede celular pelo deslocamento dos íons de cálcio das zonas de junção (GALLON, 2010).

Segundo Evangelista et al. (2002), a ação da pectinametilesterase (PME) em promover sítios de ligação para o cálcio é, sem dúvida, importante para a concentração deste íon na parede celular e na lamela média. Em experimento realizado com frutos de pequi constatou-se que mesmo na ausência da atividade da PME, a aplicação de cálcio não alterou os teores de Ca^{2+} ligado com o estágio de maturação de pequi. Já em frutos de morango, Scalon (1996) observou um aumento no teor de cálcio ligado na parede

celular associado à maior atividade da PME. Pode-se inferir que neste caso para o pequi não houve uma resposta positiva quanto ao objetivo de melhorar a consistência da polpa quando em adição com o tratamento com o cálcio. Assim, vale ressaltar que o cálcio atua em diferentes maneiras e em diferentes concentrações dependendo do tecido característico e do estágio de maturação (OLIVEIRA et al., 2006).

Resultados de aplicação de cálcio

Os efeitos do cálcio nos frutos têm sido reportados; aplicações deste cátion produzem efeitos positivos na preservação da integridade e funcionalidade da parede celular mantendo a consistência firme do fruto (LINHARES et al., 2007). A aplicação de cálcio tanto em pulverização nos frutos quanto em cova resulta em: preservação da firmeza do fruto, redução da respiração da taxa respiratória, redução da produção de etileno, menor atividade da β -galactosidase, aumento de hemicelulose, pectinas e cálcio na polpa.

Vários estudos comprovam a eficiência da aplicação de cálcio em frutos. Segundo Rolle; Chism (1987) a presença de sais de cálcio no fruto implica em grandes vantagens como um retardamento da respiração celular e aumento da firmeza. Lamikanra; Watson (2004) desenvolveram um experimento no qual frutos de melão foram mergulhados em uma solução de cálcio à baixa temperatura e obtiveram baixa respiração e menor perda de umidade, contribuindo para melhor tempo de armazenamento.

Natale et al. (2005) objetivou avaliar modificações na parede celular de goiaba, em frutos de plantas submetidas à aplicação de cálcio. Frutos de goiabeira cultivar Paluma foram colhidos em área sem aplicação de calcário e com aplicação de corretivo. Os frutos que receberam aplicação de Ca^{2+} tiveram as paredes celulares e as lamelas médias bem definidas e estruturadas; nos frutos sem aplicação de cálcio, as paredes celulares estavam desestruturadas e com desorganização da lamela média. A aplicação de Ca^{2+} é efetiva na organização subcelular de frutos de goiabeira e aumenta sua vida de prateleira.

Frutos do mamoeiro foram armazenados por 35 dias a $10 \pm 2^\circ\text{C}$ e $85 \pm 5\%$ de umidade relativa e avaliados quanto ao efeito da aplicação pós-colheita de cálcio (CaCl_2 a 2%) e armazenamento em embalagem de filme PVC sobre a conservação dos mesmos. Os frutos tratados com CaCl_2 apresentaram, durante todo o período experimental, textura maior que os frutos não tratados. O efeito associado do cálcio e da embalagem reduziu a taxa metabólica dos frutos, com diminuição das atividades das enzimas pectinametilesterase e poligalacturonase, envolvidas na

solubilização de pectinas, propiciando a manutenção dos níveis de firmeza (BICALHO et al., 2000).

A aplicação de Ca^{2+} em pré-colheita de maçãs aumentou o teor de hemicelulose, pectinas e Ca^{2+} na polpa, diminuindo a velocidade da hidrólise da parede celular, causada pelas enzimas β -D-galactosidase, poligalacturonases e pectinametilesterases. Desse modo, por preservar a integridade da parede celular, vários trabalhos demonstram que o Ca^{2+} auxilia na redução da perda de qualidade pós-colheita de frutos (DANNER, 2009; HERNÁNDEZ-MUÑOZ et al., 2006)

Pulverizações e imersões de frutos em soluções de cloreto de cálcio retardam seu amaciamento e senescência em função do aumento do cálcio ligado à parede celular (SCALON, 1996).

O tratamento com CaCl_2 em frutos de mamão demonstrou ser bastante efetivo na manutenção da textura, levando a uma menor solubilização de pectinas, e, conseqüentemente, propiciou mais firmeza dos frutos (BICALHO et al., 2000)

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O cálcio é um nutriente muito importante tanto para humanos quanto para frutas. A sua relação com a parede celular permitiu que o tempo de prateleira de frutas aumentasse consideravelmente. Entretanto, ainda existem poucos estudos com relação à atividade de enzimas associadas à degradação da parede celular do endocarpo em frutos. Pesquisas futuras nesta linha poderão contribuir para uma maior compreensão da rápida perda de firmeza e facilitar a adoção de tecnologias, visando aumentar a vida pós-colheita da fruta.

REFERÊNCIAS

- BICALHO, U.O.; CHITARRA, M.I.F.; COELHO, A.H. Modificações texturais em mamões submetidos à aplicação pós-colheita e embalagem de PVC. **Ciência e Agrotecnologia**, v.24, n.1, 2000.
- BROWNLEADER, M.D.; JACKSON, P.; MOBASHERI, A.; PANTELIDES, A.T; SUMAR, S.; TREVAN, M.; DEY, P.M. Molecular aspects of cell wall modifications during fruit ripening. **Food Science Nutrition**, v. 32,p. 149-164, 1999.
- CAMARGO, Y.R.; LIMA, L.C.O.; SCALON, S.P.Q.; SIQUEIRA, A.C. Efeito do cálcio sobre o amadurecimento de morangos (*Fragaria ananassa* duch.) cultivar Campineiro. Lavras, **Ciência e Agrotecnologia**, v.24, n.4, 2000.
- DANNER, M.A.; CITADIN, I.; SASSO, S.A.Z.; ZARTH, N.A.; MAZARO, S.M. Fontes de cálcio aplicadas no solo e sua relação com a qualidade da uva “Vênus”. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.31, n.3, 2009.
- EVANGELISTA, R. M.; CHITARRA, A. B.; CHITARRA, M. I. F. Influência da aplicação pré-colheita de cálcio na Textura e na atividade das enzimas poligalacturonase, pectinametilesterase e b-galactosidase de mangas ‘Tommy Atkins’ armazenadas sob refrigeração. **Ciência e Agrotecnologia**, v.24 (Edição Especial), 2000.
- EVANGELISTA, R. M.; CHITARRA, A. B.; CHITARRA, M. I. F. Mudanças na ultra-estrutura da parede celular de mangas 'Tommy Atkins' Tratadas com cloreto de cálcio na pré-colheita. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.24, n.1, 2002.
- FERRI, M.G. **Botânica: morfologia interna das plantas (anatomia)**. 9.ed. São Paulo: Nobel, 1999.
- HANSON, E.J.; BEGGS, J.L.; BEAUDRY, R.M. Applying calcium chloride postharvest to improve highbush blueberry firmness. **HortScience**, Alexandria, v.28, n.10, 1993.
- LAMIKANRA, O.; WATSON, M.A. Effect of calcium treatment temperature on fresh-cut cantaloupe melon during storage. **Journal of Food Science**, v.69, n. 6, 2004.
- KARP, G. **Biologia celular e molecular: conceitos e experimentos**. 3 ed. São Paulo: Manole, 2005.
- KIEGLE, E.; MOORE, C.; HASELOFF, J.; TESTER, M.; KNIGHT, M. Cell-type specific calcium responses to drought, NaCl, and cold in Arabidopsis root: a role for endodermis and pericycle in stree signal transduction. **The Plant Journal**, v. 23, 2000.
- KLAUS, B. Cálcio nos solos e nas plantas. Reserarch Centre Hanninghof, Yara International, Alemanha. **Informações agronômicas**, n. 117, 2007.
- GALLON, C.Z. **A degradação do ácido poligalacturônico pela ação enzimática da poligalacturonase é drasticamente inibida pela alta concentração de cálcio**. Piracicaba: ESALQ, 2010. Tese Doutorado.
- HERNÁNDEZ-MUÑOZ, P.; ALMENENAR, E.; OCIOIO, M.J.; GAVARA, R. Effect of calcium dips and chitosan coatings on postharvest life of strawberries (*Fragaria x ananassa*). **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v.39, n.3, 2006.

- HOPKINS, W.G.; HUNER, N.P.A. **Introduction to Plant Physiology**. 3ed. 2004.
- LARA, I; GARCIA, P.; VENDRELL, M. Modification in cell wall composition after cold storage of calcium-treated strawberry (*Fragaria x ananassa* Duch.) fruit. **Postharvest Biology and Technology**, v.34, 2004.
- LINHARES, L.A.; SANTOS, C.D.; ABREU, C.M.P; CORRÊA, A.D. Transformações químicas, físicas e enzimáticas de goiabas “Pedro Sato” tratadas na pós-colheita com cloreto de cálcio e 1-metilciclopropeno e armazenadas sob refrigeração. **Ciência e Agrotecnologia**, v.31, n.3, 2007.
- MANRIQUE, G. D.; LAJOLO, F. M. Cell-Wall polysaccharide modification during postharvest ripening of papaya fruit (*Carica papaya* L.). **Postharvest Biology and Technology**, v.33, 2004.
- MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. London: Academic, 1995.
- MOTA, W.F.; SALOMÃO, L.C.C; PEREIRA, M.C.T.P; CECON, P.R. Influência do tratamento pós-colheita com cálcio na conservação de jabuticabas. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.24, n.1, 2002.
- NATALE, W.; PRADO, R.M.; MÔRO, F.V. Alterações anatômicas induzidas pelo cálcio na parede celular de frutos de goiabeira. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.40, n.12, 2005.
- OLIVEIRA, M.N.S.; GUSMAO, E.; LOPES, P.S.N.; SIMÕES, M.O.M.; RIBEIRO, L.M.; DIAS, B.A.S. Estádio de maturação dos frutos e fatores relacionados aos aspectos nutritivos e de textura da polpa de pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.). **Revista Brasileira de Fruticultura** [online], v.28, n.3, 2006.
- PAIVA, E.; LIMA, M.S.; PAIXÃO, J.A. Pectina: propriedade químicas e importância sobre a estrutura da parede celular de frutos durante o processo de maturação. **Revista Iberoamericana de Polímero**, 2009.
- PRATELLA G.C. Note di biopatologia e tecnica di conservazion e trasporto dei frutti: l’effetto del calcio in post-raccolta. **Rivista di Frutticoltura**, v.6, 2003.
- RAVEN, P.H. **Biologia Vegetal**. 6 ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2001.
- RICARDO, C. P. P. Aspectos da fisiologia do cálcio nas plantas. **Garcia de Orta-Série de Estudos Agronômicos**, Lisboa, v.10, n.1/2, 1983.
- ROLLE, R.; CHISM, G.W. Physiological consequences of minimally processed fruits and vegetables. **Journal of Food Quality**, Oxford, v.10, 1987.
- SANTANA, M. T. A.; SIQUEIRA, H.H.; LACERDA, R.J.; LIMA, L.C.O. Caracterização físico-química e enzimática de uva 'Patricia' cultivada na região de Primavera do Leste - MT. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 32, n. 1, 2008. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S141370542008000100027&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 04 Julho 2010.
- SCALON, S. P. Q. **Qualidade do morango: Efeito do CaCl₂ sobre a parede celular e níveis residuais de Benomil**. Lavras: UFV, 1996. 105f. Tese Doutorado.
- SALUNKHE, D.K.; BOLIN, H.R.; REDDY, N.R. **Storage, processing and nutritional quality of fruits and vegetables**. Boca Raton: CRC Press, 1991. 323p.
- SANTOS, R. **Imobilização de lípases em gel de pectina**. Santa Catarina: UFSC. 2003. Dissertação. Disponível em: <<http://www.tede.ufsc.br/teses/PQMC0283.pdf>>. Acesso em: junho de 2010.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 3.ed. Porto Alegre: Artmed, 2004.

Recebido em 23/10/2010

Aceito em 20/04/2011