

EFEITO DO CAMPO MAGNÉTICO MODERADO NO AMADURECIMENTO DE FRUTOS DE TOMATE 'MICRO-TOM'

ÁDRYA VANESSA LIRA COSTA¹; GABRIELA NIEMEYER REISSIG²; THIAGO FRANCISCO DE CARVALHO OLIVEIRA³; GUSTAVO MAIA SOUZA⁴

¹Universidade Federal de Pelotas – adryalira@hotmail.com

²Universidade Federal de Pelotas – gabriela.niemeyer.reissig@gmail.com

³Universidade Federal de Pelotas – fthicar@gmail.com

⁴Universidade Federal de Pelotas – gumaia.gms@gmail.com

1. INTRODUÇÃO

O tomate enquadra-se entre as culturas hortícolas mais importantes na alimentação humana, podendo ser consumido tanto na forma fresca quanto na forma processada, sendo a principal fonte alimentícia de licopeno (BOURGET et al., 2012). Diversos fatores de origem biótica e abiótica podem influenciar a fisiologia do fruto pré e pós colheita, como por exemplo: herbivoria, altas temperaturas, baixas concentrações de oxigênio, danos mecânicos, alta luminosidade, e até mesmo a exposição a diferentes intensidades de campo magnético.

O campo magnético tem sido alvo de constantes investigações, tendo em vista seus efeitos nos organismos vivos (HINRIKUS et al., 2018). Sua capacidade de atuar como um estímulo físico capaz de alterar algumas propriedades da membrana plasmática, refletindo no funcionamento dos canais iônicos (especialmente os canais de Ca^{2+}), pressupõe que vias metabólicas no nível celular também podem ser influenciadas pelo campo (PALL, 2013). Investigações utilizando inibidores de canais de cálcio como lantânio (La^{3+}) ou gadolínio (GD_3) (NAKAGAWA et al., 2007) sugerem que a membrana plasmática seja um alvo primário do efeito do campo.

A exposição de sementes e plantas em germinação a campos magnéticos mostram efeitos como estímulo ou inibição no crescimento de mudas e germinação de sementes (DE SOUZA et al., 2008; VASHISTH; NAGARAJAN, 2008; MAFFEI, 2014), mas estudos relacionados aos efeitos e mecanismos do campo magnético em frutos ainda são escassos. É possível que o campo afete o processo de amadurecimento dos frutos tendo em vista sua influência na sinalização de cálcio, que por sua vez influencia na ativação de enzimas da via do etileno (como a ácido aminociclopropano carboxílico sintase - ACS) (ROUX et al., 2007). Portanto, este trabalho teve como objetivo identificar, de forma preliminar, os efeitos da exposição a campos magnéticos estáticos de intensidade moderada no processo de maturação de frutos de tomate 'Micro-Tom', considerando a influência do campo na sinalização de cálcio.

2. METODOLOGIA

Sementes de tomate 'Micro-Tom' (*Solanum lycopersicum* L.) foram germinadas em câmara de germinação (25 °C / fotoperíodo de 12 horas) por um período de sete dias, até as plântulas estarem estabelecidas. As mesmas foram transplantadas para potes plásticos (700 mL) com substrato composto orgânico e cultivadas até o estágio reprodutivo com frutos. A irrigação e a aplicação de solução nutritiva (HOAGLAND e ARNON, 1938) foram realizadas em dias alternados (100 mL de água e 15 mL de solução nutritiva). Para o experimento

foram colhidos frutos verdes totalmente estabelecidos, antes de entrar no estágio *breaker*.

Os tratamentos consistiram em: Controle (C) - imersão em água destilada por 12 horas; Cloreto de lantânio (La) - imersão em solução de cloreto de lantânio 10 mM (0,1% Tween + 0,2% DMSO) por 12 horas; Campo magnético (CM) - imersão em água destilada por 12 horas e exposição ao campo magnético moderado (200 mT) durante todo o período de armazenamento; Campo magnético + cloreto de lantânio (CM+La) - imersão em solução de cloreto de lantânio 10 mM (0,1% Tween 20 + 0,2% DMSO) por 12 horas e exposição ao campo magnético moderado (200 mT) durante todo o período de armazenamento. Os frutos foram dispostos em bandejas brancas, separados por tratamento. O experimento foi conduzido em casa de vegetação com temperatura média de $20^{\circ}\text{C} \pm 5$.

A determinação de cor foi realizada através da utilização de colorímetro Minolta CR-300, com os parâmetros L^* (luminosidade), a^* e b^* . A tonalidade de cor (ângulo Hue) foi obtida através da equação $h^{\circ} = [\arctan(b^*/a^*)]$. A quantificação de β -caroteno e licopeno foi realizada por espectrofotometria através de metodologia proposta por NAGATA; YAMASHITA (1992). Foram utilizados quatro frutos por tratamento, colhidos aleatoriamente de 16 plantas, e todas as análises realizadas em triplicata. Os dados foram analisados pela análise de variância (ANOVA) e quando F foi significativo as médias de cada tratamento foram comparadas através do teste de Tukey ($p \leq 0.05$), utilizando o programa Sigmaplot® 10.0 (Systat Software Inc.).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Ao longo do período analisado, observou-se uma diferenciação no padrão de amadurecimento dos frutos de tomate nos diferentes tratamentos (Fig. 1). A partir do vigésimo sexto dia de armazenamento começou a ocorrer uma diferenciação na tonalidade de cor entre os tratamentos. Quanto mais próximo de 0° , maior a tendência à cor vermelha. Desta forma, o tratamento com cloreto de lantânio foi o que apresentou tonalidade de cor mais avermelhada ao final do experimento, já o tratamento controle foi o que apresentou a tonalidade menos avermelhada. No trigésimo segundo dia observou-se que o tratamento com campo magnético + cloreto de lantânio se equiparou ao tratamento que foi somente exposto ao campo magnético.

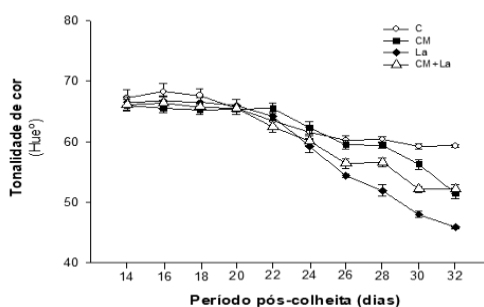


Figura 1. Acompanhamento da tonalidade de cor (Hue°) de frutos de tomate submetidos a diferentes tratamentos pós-colheita. Valores representam média + DP (n=4). C: controle; CM: campo magnético; La: cloreto de lantânio; CM+La: campo magnético + cloreto de lantânio.

Com relação as concentrações de licopeno (Tab. 1), o tratamento controle foi o que apresentou o menor valor e o tratamento com cloreto de lantânio foi o que apresentou o maior. Observando as concentrações de β -caroteno (Tab. 1), os tratamentos com campo magnético e lantânio foram os que apresentaram os maiores valores comparados ao controle.

Tabela 1. Concentrações de licopeno e β -caroteno no último dia de armazenamento em frutos de tomate submetidos a diferentes tratamentos.

Tratamentos	Licopeno	β -caroteno
C	1,13 \pm 0,15 _d	0,26 \pm 0,02 _{cd}
CM	4,57 \pm 0,39 _c	0,37 \pm 0,03 _{ac}
La	12,57 \pm 0,39 _a	0,33 \pm 0,03 _{bc}
CM+La	8,57 \pm 0,39 _b	0,32 \pm 0,07 _c

Valores representam média + DP (n=4). Letras iguais na mesma coluna não diferiram pelo teste de Tukey ($p \leq 0.05$). C: controle; CM: campo magnético; La: cloreto de lantânio; CM+La: campo magnético + cloreto de lantânio.

Uma das possíveis explicações para o fenômeno observado é a influência do campo magnético na sinalização de cálcio, que por sua vez pode influenciar a síntese do etileno, fitohormônio diretamente envolvido no amadurecimento de frutos climatéricos. O etileno é formado a partir de S-adenosil-L-metionina (SAM) através de duas etapas: a formação do ácido 1-aminociclopropano-1-carboxílico (ACC) pela enzima ACC sintase (ACS) e a oxidação do ACC em etileno pelo ACC oxidase (ACO). A regulação transcricional da ACS é um dos principais pontos reguladores da biossíntese de etileno, pois a ACS é a etapa limitadora do processo. O ACS é codificado por uma família multigênica, com pelo menos 14 membros no genoma do tomate, cuja expressão é regulada diferencialmente nos diferentes tecidos por estímulos de desenvolvimento e ambientais (GAPPER et al., 2013). Pesquisadores como BOE; SALUNKHE (1963) sugerem que o campo magnético pode apresentar efeitos similares aos de alguns reguladores de crescimento vegetais, como a auxina e o etileno

Já o fato de o tratamento com cloreto de lantânio apresentar uma aceleração do amadurecimento significativamente ($p \leq 0.05$) superior aos dos outros tratamentos pode ser explicado por uma alteração na sinalização de cálcio no fruto, o que alterou o padrão de amadurecimento. Outra possível explicação pode ser a promoção de um estresse no fruto, que por sua vez pode ter desencadeado uma aceleração dos processos relacionados ao amadurecimento, como um aumento do acúmulo de licopeno. O aumento do acúmulo de espécies reativas de oxigênio em plantas expostas ao campo magnético já foi reportado (MAFFEI, 2014), o que pode demonstrar que o campo magnético, dependendo da intensidade, pode causar estresse.

4. CONCLUSÕES

O estudo preliminar realizado evidenciou a influência do campo magnético moderado no amadurecimento de frutos de tomate. Além de ter acelerado o amadurecimento em relação ao controle, amenizou o efeito da utilização de cloreto de lantânio, desacelerando o amadurecimento e desta forma demonstrando sua influência nos canais de cálcio. Mais estudos para entender o

mecanismo no qual estes elementos influenciam o amadurecimento são necessários, bem como a análise de outras variáveis associadas ao amadurecimento para verificar como o campo magnético interfere na fisiologia do fruto em geral, não apenas em atributos relacionados com a cor.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BOE, A.A.; SALUNKHE, D.K. Effects of magnetic fields on tomato ripening. **Nature**, v. 199, p.91-92, 1963.

BOURGET, S.; CORCUFF, R.; ANGERS, P.; ARUL, J. Effect of the exposure to static magnetic field on the ripening and senescence of tomato fruits. **Acta Horticulturae**, v.945, n.945, p.129-134, 2012.

DE SOUZA, A., SUEIRO, L. et al. Improvement of the growth and yield of lettuce plants by non-uniform magnetic fields. **Electromagnetic Biology and Medicine**, v.27, n.2, p.173-184, 2008.

GAPPER, N.E.; MCQUINN, R.P.; GIOVANNONI, J.J. Molecular and genetic regulation of fruit ripening. **Plant Molecular Biology**, v.82, p.575–591, 2013.

HINRIKUS, H.; KARPOWICZ, J.; NAARALA, J. A Correction to: Special Issue: Electromagnetic fields in biology and medicine. **International Journal of Radiation Biology**, v.94, p.873-876, 2018.

MAFFEI, M.E. Magnetic field effects on plant growth, development, and evolution. **Frontiers in plant science**, v.5, p.445, 2014.

NAGATA, Y.; YAMASHITA, L. Simple method for simultaneous determination of chlorophyll and carotenoids in tomato fruit. **The Japanese Society for Food Science and Technology**, Ibaraki, v.39, p.925–928, 1992.

NAKAGAWA, Y. et al. *Arabidopsis* plasma membrane protein crucial for Ca²⁺ influx and touch sensing in roots. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, v.104, p.3639–3644, 2007.

PALL, M.L. Electromagnetic Fields Act Similarly in Plants as in Animals: Probable Activation of Calcium Channels via Their Voltage Sensor. **Current Chemical Biology**, v. 10, p.74-82, 2013.

ROUX, D. et al. Electromagnetic fields (900 MHz) evoke consistent molecular responses in tomato plants. **Physiologia plantarum**, v.128, n.2, p.283-288, 2007.

VASHISTH, A.; NAGARAJAN, S. Exposure of seeds to static magnetic field enhances germination and early growth characteristics in chickpea (*Cicer arietinum* L.). **Bioelectromagnetics**, v.29, n.7, p.571-578, 2008.