

APLICAÇÃO DE CAMPO ELÉTRICO COM DESCARGA CORONA PARA REDUZIR A DETERIORAÇÃO DE TOMATES-CEREJA

M. F. HERMETO e M. C. FERREIRA

Universidade Federal de São Carlos, Departamento de Engenharia Química
E-mail para contato: marcella.engquimica@gmail.com

RESUMO – Algumas técnicas, como o uso de campos elétricos de alta tensão aplicadas no período pós-colheita, produzem uma atmosfera modificada que contribui para reduzir a taxa respiratória dos frutos e retardar sua deterioração. O objetivo do presente estudo, foi avaliar as características físicas e químicas de tomates-cereja após a aplicação de campos elétricos, comparando com os frutos não tratados. As variáveis avaliadas foram: peso do fruto, firmeza, teor de sólidos solúveis, variação da cor da epiderme, e acidez total titulável. A partir dos resultados encontrados, ainda não foi possível confirmar uma influência positiva da aplicação do campo.

1. INTRODUÇÃO

O tomate cereja é uma das variedades mais populares em todo o mundo. O fruto é cultivado praticamente em todo o Brasil, sob diferentes sistemas de manejo e épocas do ano. Em sua composição possui 93% a 95% de água, e nos 5 a 7% restantes encontram-se compostos inorgânicos, ácidos orgânicos, açúcares, sólidos insolúveis em álcool e outros compostos (Embrapa Hortaliças, 2006). As frutas e hortaliças contêm um elevado teor de umidade, sendo este um dos fatores que faz com que suas atividades metabólicas não cessem após a colheita, tornando-as alimentos altamente perecíveis. Embora existam alternativas para preservar e agregar valor a esses alimentos, tais como comercializá-los desidratados ou em forma de polpa, a demanda por produtos frescos é muito grande devido ao seu alto valor nutricional. Nos últimos anos, diversas tecnologias têm sido estudadas e empregadas com a finalidade de retardar o processo de amadurecimento e aumentar a vida de prateleira de frutas e hortaliças, como o uso de campos elétricos de alta tensão, estudado nesse projeto.

No período pós colheita a respiração passa a ter uma dependência das reservas de substratos acumuladas durante o crescimento do fruto. A respiração consiste na decomposição oxidativa de substâncias complexas presentes nas células, com a finalidade de obter energia. Caso o oxigênio disponível não seja suficiente, a fermentação ou a respiração anaeróbica são desencadeadas, conferindo odores e sabores indesejados aos frutos. Por isso, é importante a presença do ozônio, uma forma alotrópica instável do oxigênio, que também realça o sabor, e contém um alto poder germicida. O etileno é necessário para coordenar e completar o amadurecimento, é um hormônio vegetal que afeta as diversas fases do desenvolvimento. Ele é capaz de desencadear os processos bioquímicos e fisiológicos do fruto, sendo que a sensibilidade a ele é maior durante o amadurecimento (Koike, 2007). Sendo assim, um

método alternativo ideal, seria feito com a finalidade de obter-se uma atmosfera em que a atividade respiratória seja reduzida, que destrua o etileno e outros compostos voláteis, e que sintetize ozônio a baixo custo.

O uso de campos elétricos de alta tensão obtidos a partir de descargas corona, um tratamento não-térmico aplicado no período pós-colheita, cria uma atmosfera modificada que reduz a deterioração pela ação de diversos mecanismos, como a redução de esporos fúngicos, destruição de etileno e outros compostos voláteis que contribuem para o amadurecimento dos frutos, ionização negativa do ar e liberação de ozônio (Atungulu *et al.*, 2003; Rosanova, 2013). A descarga elétrica ocorre devido à ionização de um material isolante, neste caso o ar, após um potencial elétrico ter sido aplicado entre dois eletrodos, sendo um altamente curvo, como uma ponta, e um plano, como uma placa. O ar próximo ao eletrodo de descarga (ponta) se torna ionizado, desencadeando processos físicos que tendem a descarregar o eletrodo de ponta, e resultando na descarga corona (Nussenzveig, 1997).

Diante disso, para minimizar perdas é importante avaliar a longevidade e qualidade pós-colheita do tomate-cereja, que é sensível a distúrbios fisiológicos e à deterioração. O objetivo deste trabalho foi avaliar o uso de campos elétricos para retardar a deterioração durante o armazenamento do tomate-cereja. Foram avaliadas algumas características físicas e químicas dos frutos tratados e não-tratados, como: peso do fruto, firmeza, variação da cor da epiderme, teor de sólidos solúveis (SST), acidez total titulável (ATT) e comparados os resultados entre os tomates-cereja que receberam a aplicação do campo elétrico e os frutos não tratados.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1. Materiais

Para gerar o campo elétrico, foi utilizado um sistema experimental (Rosanova, 2013) semelhante ao utilizado por Atungulu *et al.* (2004), o qual é constituído por duas câmaras separadas. Na primeira foram inseridos dois eletrodos metálicos e um suporte para os tomates-cereja que receberam a aplicação do campo, na segunda foi inserido apenas o suporte para armazenar os frutos do grupo de controle. O campo elétrico era gerado por uma fonte de alta tensão (Exactus, módulo EAT 22 6053-M) conectado a 2 eletrodos no formato de discos. Para a geração da descarga corona, em um dos eletrodos foram soldadas hastes com geometria de ponta, uma vez que o campo elétrico se torna mais intenso na vizinhança de uma ponta, onde o raio de curvatura do condutor é menor, gerando a descarga. Não foi possível a instalação de um sensor de gás que pudesse monitorar a atmosfera modificada, pois, devido à disposição do equipamento, este poderia sofrer danos pela descarga gerada.

Os tomates-cereja foram adquiridos em um estabelecimento comercial da cidade de São Carlos. Para as medidas de massa, utilizou-se uma balança semi-analítica (Ohaus Adventure™, modelo AR3130), para a firmeza um aplanador horizontal desenvolvido para o trabalho, para a cor da epiderme um colorímetro (Konica Minolta, modelo CM-5), para o SST um refratômetro digital (Reichert, modelo R2i300), e para a ATT foi extraído o suco usando uma centrífuga doméstica (Walita, modelo Tutti-frutti) e o teor de ácidos foi obtido por titulação.

2.2. Procedimento Experimental

Foram realizados 2 ensaios com 10 frutos e aplicação do campo durante 5 h/dia, apresentado neste trabalho como condição 1, e mais 2 ensaios com 20 frutos e a aplicação 8 h/dia, apresentado como condição 2, ambos de segunda a sexta-feira. O campo foi aplicado a uma tensão nominal de -18kV/cm, com uma distância de 10 cm entre os dois eletrodos. Ao chegarem no laboratório, os frutos eram lavados, divididos pela metade e o suco extraído para análise do SST e ATT. Durante 3 semanas os frutos foram destinados ao tratamento com campo elétrico negativo, ou ao grupo de controle; e 1 vez por semana, além das análises anteriores, foram feitas análise da massa, cor da epiderme, e firmeza. Excetuando o dia em que as análises eram realizadas, os frutos permaneciam na câmara. Para efetuar a análise do SST e ATT, que são destrutivas, além dos frutos utilizados para os ensaios, foram necessários aproximadamente mais 12 frutos para cada grupo, os quais eram escolhidos aleatoriamente garantindo a representatividade da amostra.

Perda de massa: A massa dos frutos foi medida antes, durante e depois do período de estocagem, sendo que a perda corresponde à diferença entre a massa inicial e final (em g) de cada fruto.

Firmeza da polpa: A firmeza dos frutos foi determinada antes, durante, e no final do experimento. Foi utilizada tinta de carimbo para proporcionar uma marca da elipse formada ao pressionar o fruto entre duas placas de vidro, e foram medidos os diâmetros maior e menor com um paquímetro digital. A firmeza (Fz) foi calculada dividindo-se o peso da ponta de prova (P) pela área aplanada (A) e expressa em unidade de pressão (Pa).

Cor da epiderme: Foi determinada com a mesma periodicidade das medidas anteriores. Para cada fruto, foram feitas três medidas, sendo uma na região equatorial, e uma em cada região apical. As leituras foram realizadas no sistema Cielab, que expressa a cor em função de valores de luminosidade (L), intensidade da cor verde ou vermelha (a) e intensidade da cor azul ou amarela (b), que se relacionam a partir de eixos coordenados. A coloração da epiderme dos frutos foi analisada pela diferença total de cor (ΔE^*), a qual relaciona a sua cor inicial (ini) com sua cor após um determinado período de estocagem (fin), conforme a Equação 1:

$$\Delta E^* = \sqrt{[(L_{fin} - L_{ini})^2 + (a_{fin} - a_{ini})^2 + (b_{fin} - b_{ini})^2]} \quad (1)$$

Acidez total titulável (ATT): Após a extração e filtração de 5mL do suco dos tomates-cereja, este era diluído em 50mL de água destilada, e essa solução titulada com solução padronizada de hidróxido de sódio 0,1M, utilizando-se três gotas de fenolftaleína. O cálculo da ATT foi expresso em porcentagem de ácido cítrico, uma vez que esse é o principal ácido orgânico presente em tomates-cereja, como apresentado na Equação 2:

$$ATT \left(\frac{g}{50mL} \right) = \frac{n.N.Eq}{10.V} \quad (2)$$

onde N é a normalidade da solução de NaOH; n o volume da solução de NaOH gastos na titulação em mL; V o volume da amostra em mL e Eq o equivalente-grama do ácido = 64,02.

Teor de sólidos solúveis (SST): A partir do mesmo suco extraído para a análise da ATT, algumas gotas eram colocadas no prisma do refratômetro e o teor de sólidos solúveis, em °Brix era obtido.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados apresentados neste tópico referem-se às médias dos ensaios feitos em cada condição, e respectivos desvios-padrão relativos. Para cada característica, valores de aplicação e controle com mesma letra, não diferem entre si pelo teste de t-Student a um nível de 5% de significância.

3.1 Características Físicas

Nos Quadros 1 e 2 são apresentados os valores dos resultados das características físicas analisadas respectivamente nas condições 1 e 2 para o tomate-cereja, sendo elas a firmeza da polpa, a perda de massa, e a variação da cor da epiderme.

Quadro 1 – Resultado das características físicas para a condição 1

| Tempo (dias) | Firmeza da polpa (kPa) | | Perda de massa (g) | | Cor da epiderme | |
|--------------|-------------------------|-------------------------|------------------------|------------------------|----------------------|------------------------|
| | Aplicação | Controle | Aplicação | Controle | Aplicação | Controle |
| Início | 57,25±0,14 ^A | 66,89±0,33 ^A | - | - | - | - |
| 7 | 44,34±0,07 ^B | 43,76±0,09 ^B | 0,63±0,07 ^E | 0,55±0,26 ^E | 3,4±0,8 ^H | 3,02±0,55 ^H |
| 14 | 30,84±0,01 ^C | 29,85±0,11 ^C | 1,68±0,01 ^F | 1,40±0,21 ^F | 4,9±0,7 ^I | 4,68±0,50 ^I |
| 22 | 27,24±0,03 ^D | 24,59±0,01 ^D | 3,06±0,03 ^G | 2,19±0,0 ^G | 5,4±0,7 ^J | 4,84±0,49 ^J |

Quadro 2 – Resultado das características físicas para a condição 2

| Tempo (dias) | Firmeza da polpa (kPa) | | Perda de massa (g) | | Cor da epiderme | |
|--------------|-------------------------|-------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
| | Aplicação | Controle | Aplicação | Controle | Aplicação | Controle |
| Início | 40,68±0,16 ^A | 39,32±0,09 ^A | - | - | - | - |
| 7 | 37,14±0,12 ^B | 36,47±0,26 ^B | 0,72±0,30 ^E | 0,60±0,54 ^E | 4,04±0,46 ^H | 3,92±0,19 ^H |
| 14 | 30,15±0,02 ^C | 29,96±0,18 ^C | 1,37±0,33 ^F | 1,43±0,90 ^F | 4,89±0,55 ^I | 6,32±0,08 ^I |
| 22 | 27,21±0,05 ^D | 27,35±0,15 ^D | 2,84±0,48 ^G | 3,03±0,84 ^G | 5,81±0,43 ^J | 6,84±0,05 ^J |

Sabe-se que a firmeza da polpa é determinada por três fatores: a pressão de turgor das células, a quebra de amido e alterações na parede celular. Como esperado para essa característica, os valores diminuem ao longo do tempo, porém apenas para a condição 1 os tomates que receberam a aplicação do campo tiveram resultados ligeiramente mais satisfatórios do que o grupo controle, apresentando uma variação menor da firmeza ao final de 22 dias de tratamento.

A perda de água é a maior responsável pela perda de massa dos frutos, e está diretamente relacionada com a pressão de turgor das células, sendo que com o aumento do

período de estocagem, a perda de massa é maior, como pode ser visto para as duas condições acima, onde a variação é maior entre os dois últimos dias de análise (14 e 22). Em contraste com os valores apresentados para a firmeza da polpa, apenas para a condição 2 os tomates que receberam a aplicação do campo tiveram resultados mais satisfatórios do que o grupo controle, apresentando uma variação menor da massa ao longo do tempo. Contudo, quando se leva em conta o desvio-padrão, observa-se que os valores estão dentro da incerteza e não são significativamente diferentes. Para a condição 2, a perda de massa foi analisada somente para uma das duas etapas realizadas, e os desvios relativos foram em média maiores. Além de depender do metabolismo dos frutos, a perda de massa é afetada também pela diferença de pressão de vapor entre a fruta e o ambiente, fator que pode variar com a temperatura ambiente, porém esta variável não foi medida durante os experimentos.

Alterações na coloração da epiderme permitem avaliar o grau de maturação dos frutos, e ocorrem devido a reações de síntese metabólica e degradação de pigmentos. Majoritariamente, essas alterações são resultado da degradação da clorofila, que ocorre devido às alterações no pH, acidez e ação de clorofilases (Rosanova, 2013). Logo, menor variação na cor estaria associada à redução da atividade metabólica e deterioração. É possível perceber que em todos os ensaios os valores aumentaram ao longo do tempo, como esperado, porém, assim como para a perda de massa, apenas a condição 2 apresentou uma maior variação da cor da epiderme para o grupo controle em relação aos frutos tratados após 22 dias de tratamento. A diferença, contudo, é pouco significativa se considerados os desvios-padrão das medidas.

3.2 Características Químicas

Nos Quadros 3 e 4 são apresentados os resultados das características químicas analisadas respectivamente nas condições 1 e 2 para o tomate-cereja, sendo que a ATT foi analisada apenas para a condição 1, e o SST apenas para a condição 2.

Quadro 3 – Resultado da ATT para a condição 1

| Tempo (dias) | ATT (g/50mL) | |
|---------------|------------------------|------------------------|
| | <i>Aplicação</i> | <i>Controle</i> |
| <i>Início</i> | 0,45±0,18 ^A | 0,45±0,18 ^A |
| 7 | 0,38±0,11 ^B | 0,44±0,26 ^B |
| 14 | 0,39±0,01 ^C | 0,41±0,23 ^C |
| 22 | 0,36±0,15 ^D | 0,38±0,16 ^D |

A acidez é dada pela presença de ácidos orgânicos, importantes fontes de energia durante o período de amadurecimento. Como pode ser visto no Quadro 3, durante o período de maturação a acidez dos frutos diminui, devido à utilização desses ácidos no processo respiratório, e da sua conversão em açúcares. Quando são comparados os frutos tratados e não tratados, não foi observada variação significativa considerando-se os desvios-padrão das medidas. Os elevados desvios-padrão são justificados pelo fato da composição dos tomates ser muito dependente das condições de cultivo e estágio de maturação, podendo variar bastante entre diferentes frutos. Por serem adquiridos em estabelecimentos comerciais, não é possível padronizar a matéria-prima, o que dificulta as análises comparativas.

Quadro 4 – Resultado do SST para a condição 2

| Tempo (dias) | SST (°Brix) | |
|--------------|----------------------|----------------------|
| | Aplicação | Controle |
| Início | 5,8±0,0 ^A | 5,8±0,0 ^A |
| 7 | 6,3±0,0 ^B | 5,9±0,2 ^B |
| 14 | 5,8±0,2 ^C | 6,0±0,1 ^C |
| 22 | 6,1±0,0 ^D | 5,9±0,1 ^D |

O teor de sólidos solúveis de um fruto representa a quantidade de sólidos solúveis em água presente nele, como açúcares, ácidos, vitaminas, aminoácidos e pectinas. Como pode ser visto no Quadro 4, os valores de SST tendem a aumentar ao longo do tempo, pois a biossíntese, a degradação de polissacarídeos, ou a perda de água, acarretam em uma maior concentração dos sólidos. Ao longo dos ensaios para condição 2, a variação entre os valores encontrados para os frutos que receberam a aplicação e os não tratados foi muito pequena considerando-se os desvios das medidas.

4. CONCLUSÕES

Diante dos resultados obtidos, não foi possível constatar uma influência positiva da aplicação de campos elétricos em tomates-cereja, uma vez que não foi observada variação significativa entre as propriedades avaliadas para os frutos tratados e não-tratados. O fato de se tratar de um material orgânico cujas propriedades físico-químicas e atividades metabólicas dependem fortemente das condições de cultivo e estágio de maturação dificulta a comparação, já que podem existir diferenças significativas nas propriedades para frutos dentro de um mesmo grupo. Para melhorar a confiabilidade das medidas é necessário trabalhar com amostragens maiores do que as usadas e aumentar o número de repetições, de forma a se ter uma amostragem que possa ser considerada significativa. Na continuidade deste trabalho serão feitas repetições adicionais para a condição 2 e será aplicado um tratamento estatístico para avaliar a significância dos resultados.

5. REFERÊNCIAS

- ATUNGULU, G.; NISHIYAMA, Y.; KOIDE, S.; Electrode configuration and polarity effects on physicochemical properties of electric field treated apples post harvest. *Biosystems Engineering*, v.87, n.3, p.313-323, 2004.
- EMBRAPA HORTALIÇAS *Cultivo de tomate para industrialização*. Brasília: versão eletrônica, 2ª ed., 2006.
- KOIKE, C. M. Variação hormonal correlacionada à expressão de enzimas ligadas ao metabolismo do amido durante o desenvolvimento e amadurecimento da manga (*Mangifera indica* cv Keitt). 2007. 83 f. Dissertação (Mestrado em Ciências dos Alimentos), FCF, USP, São Paulo.
- NUSSENZVEIG, H. M. *Curso de física básica*. São Paulo: Edgard Blücher, 1997. v.3, 323 p.
- ROSANOVA, A. H. – Análise comparativa de diferentes tratamentos para reduzir a deterioração de tomates. 2013. Dissertação (PPG-EQ), UFSCar, São Carlos.