

ARTIGO TÉCNICO

COMPARAÇÃO ENTRE DOIS MÉTODOS PARA AVALIAR A EFICÁCIA DE LIMPEZA DURANTE O BENEFICIAMENTO DE TOMATES¹

ANA M. MAGALHÃES², MARCOS D. FERREIRA³, CELSO L. MORETTI⁴

RESUMO: A etapa de limpeza em uma linha de beneficiamento para tomate de mesa é muito importante, pois retira as impurezas externas dos frutos, todavia poucos são os métodos utilizados para avaliar a eficácia desse processo. Assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar duas metodologias com relação à eficácia do processo de limpeza. As metodologias estudadas foram: análise com o colorímetro e análise com o turbidímetro. Os ensaios foram realizados em laboratório, na etapa de limpeza do protótipo UNIMAC (Unidade Móvel de Auxílio à Colheita), utilizando-se de esferas de borracha, com peso similar ao tomate, que foram sujas artificialmente e passaram pela limpeza no protótipo com cerdas de náilon e rotação de 100 rpm. Observou-se que o método de análise com o colorímetro mostrou-se de baixa precisão e com algumas limitações, sendo que a análise de eficácia realizada com esse método não representou a quantidade de sujeira que ainda restava nas esferas e, conseqüentemente, a eficácia do processo. Por sua vez, a análise realizada com o método do turbidímetro avaliou mais precisamente o processo de limpeza das esferas, assim, concluiu-se que o método de análise com o turbidímetro é o mais eficaz.

PALAVRAS-CHAVE: *Lycopersicon esculentum*, colorímetro, turbidímetro.

COMPARISON BETWEEN TWO METHODS USED FOR EVALUATING CLEANING EFFECTIVENESS DURING FRESH MARKET TOMATO PROCESSING

ABSTRACT: The cleaning step of a packing line for fresh tomatoes is very important, because it removes surface residues of fruits; however, there are few methods used for evaluating the effectiveness of the cleaning process. The main goal of this work was to evaluate two new methodologies for evaluating the effectiveness of the cleaning process. The methodologies applied were the ones that used colorimeter and turbidimeter. The assays were carried out at the laboratory, in a cleaning step on a prototype developed and named UNIMAC (Harvesting aid equipment for tomatoes). Rubber spheres, with similar tomato weight, were artificially dirtied and submitted to the cleaning step on the prototype, with brushes of nylon bristles and rotation of 100 rpm. The results observed from the colorimeter method showed low accuracy and some limitations. This methodology did not give a representation of the dirt that remained on the spheres and, consequently, the process effectiveness. The turbidimeter method most precisely evaluated the spheres cleaning process, being this method the most effective.

KEYWORDS: *Lycopersicon esculentum*, colorimeter, turbidimeter.

INTRODUÇÃO

Um produto pronto para o consumo deve apresentar condições higiênico-sanitárias satisfatórias, ou seja, deve estar limpo: ausente de terra, resíduos de alimentos, sujidades e/ ou outras substâncias indesejáveis, e desinfetados: com número reduzido de microrganismos que não comprometam a segurança do alimento (BRASIL, 2003). Assim, o processo de limpeza de produtos agrícolas é utilizado por razões sanitárias, pois muitos produtos recebem aplicação de defensivos agrícolas antes da colheita e muitos desses são de alta toxicidade para o homem, mesmo em baixas

¹ Extraído da Dissertação de Mestrado do primeiro autor.

² Eng^a Agrícola, Mestre, Faculdade de Engenharia Agrícola, UNICAMP, Campinas - SP.

³ Pesquisador A, Embrapa Instrumentação Agropecuária, Caixa Postal 741, São Carlos - SP, Fone: (0xx16-2107-2804), Pesquisador Colaborador, Faculdade de Engenharia Agrícola, Unicamp, Campinas - SP, marcosferreira@cnpdia.embrapa.br

⁴ Pesquisador A, Laboratório de Pós-Colheita, Embrapa Hortaliças, Brasília - DF.

Recebido pelo Conselho Editorial em: 11-2-2007

Aprovado pelo Conselho editorial em: 8-10-2009

concentrações. Por isso, faz-se necessária a remoção desses antes do embalamento (PELEG, 1985; ARTÉS & ARTÉS-HERNÁNDEZ, 2004).

Durante o processo de limpeza em uma linha de beneficiamento, os frutos passam por uma série de escovas rotativas que transportam e friccionam os mesmos, sendo posteriormente submetidos a jatos de água constantes (MILLER et al., 2001; ARTÉS & ARTÉS-HERNÁNDEZ, 2004).

PAO & BROWN (1998) avaliaram a redução de microrganismos nas superfícies de citros durante o beneficiamento e observaram, após a etapa de limpeza, redução na quantidade de microrganismos aeróbios e fungos de 4 e 3,3 log UFC cm⁻² para 2,1 e 1,3 UFC cm⁻², respectivamente.

MICHAELS et al. (2003) verificaram a eficácia do processo de limpeza com relação à remoção de ceras e de resíduos químicos de maçã, limão e pepino. O método tinha por princípio para a retirada de sujeira, a aplicação de acetona. Outro método utilizado por esses mesmos autores para avaliar a eficácia de limpeza de maçãs, foi verificar, após a limpeza, a presença de pesticidas organofosfóricos e organoclorados por meio de análises em cromatógrafos a gás com detectores seletivos de nitrogênio fosfórico e com detectores de captação de elétron, respectivamente.

FRANCO et al. (2004) utilizaram colorímetro para avaliar a eficácia do processo de limpeza realizado por equipamento de beneficiamento de tomate de mesa. Para isso, amostras de tecidos que foram friccionadas na superfície externa dos frutos, anterior e posteriormente ao processo de limpeza, foram analisadas com colorímetro, avaliando-se os parâmetros luminosidade (L^*) e croma $(a^{*2}+b^{*2})^{1/2}$, que é a intensidade ou saturação de cor.

Por sua vez, na análise da qualidade de água para o consumo ou a irrigação, avaliou-se a presença de impurezas por meio de um turbidímetro, equipamento utilizado para determinar o valor da turbidez de soluções aquosas. Por definição, turbidez é a interferência à passagem da luz através da água, causada por partículas insolúveis de solo, matéria orgânica, microrganismos e outros materiais, que desviam e/ou absorvem os raios luminosos que penetram na água (MACEDO, 2001; BATALHA, 1977). Essa metodologia é somente aplicada para a análise de água direcionada ao consumo; neste trabalho, essa foi adaptada à aplicação na tecnologia pós-colheita para a avaliação da eficiência de limpeza.

Assim, o objetivo deste trabalho foi comparar duas metodologias para avaliar o processo de limpeza. A primeira é semelhante à proposta por FRANCO et al. (2004), em que o processo de limpeza é analisado com o auxílio de colorímetro e, na segunda, o processo é avaliado por meio de turbidímetro de bancada.

MATERIAL E MÉTODOS

Os ensaios foram realizados em laboratório na Faculdade de Engenharia Agrícola - FEAGRI, UNICAMP, utilizando-se do protótipo (Figura 1A) desenvolvido para testes na etapa de limpeza para o projeto UNIMAC - Unidade Móvel de Auxílio à Colheita. O equipamento é composto por dois módulos, sendo cada um com 0,75 m de comprimento, 0,50 m de largura e cinco escovas transversais de 110 mm de diâmetro. No primeiro módulo, há um sistema de aspersão de água, que é formado por um bico aspersor com jato do tipo cone cheio (Spray Systems S.A., modelo Quick Full Jet-ProMax - QPHA-1.5, Figura 1B). A vazão de água utilizada no processo de limpeza foi de $13,3 \times 10^{-6} \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ (SILVA et al., 2006). As cerdas utilizadas nas escovas transversais eram de náilon (0,15 mm) e a rotação de funcionamento foi de 100 rpm ($0,58 \text{ m s}^{-1}$).

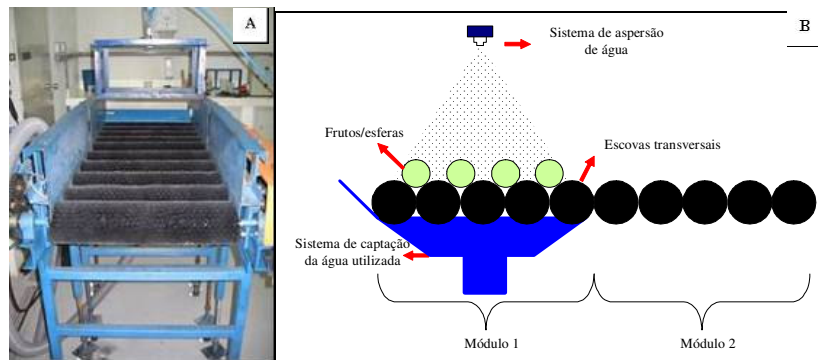


FIGURA 1. A - Protótipo desenvolvido para a etapa de limpeza; B - Detalhe do protótipo visto em perspectiva. **A - Prototype developed for the cleaning step; B - Prototype seen in perspective.**

Para avaliar a eficácia de limpeza, foram utilizadas 30 esferas de borracha com 70 mm de diâmetro e 235 g de massa, que simulavam frutos de tomate, nas quais foi aplicada sujeira artificial sintética. A sujeira artificial foi preparada a cada dia de ensaio por meio da homogeneização de 20 mL de polietileno de alta densidade com concentração 22,7% (Meghax EPE 350N - Megh), 20 mL de têmpera guache preta (Acrilex) e 6 g de carvão vegetal moído e peneirado, Tyler Mesh 48 (FRANCO et al., 2005). A aplicação foi de apenas uma demão e com o auxílio de pincel. Para mensurar a quantidade de sujeira aplicada em cada ensaio, a massa das esferas foi aferida antes e após a aplicação da sujeira, por meio de balança digital (Marte Balanças e Aparelhos de Precisão Ltda., modelo AL500C), com capacidade máxima de 500 g e precisão de 0,01 g.

O tempo total de permanência das esferas no protótipo foi de 1 min, e as mesmas permaneciam 30 s no primeiro módulo e, ao término desse tempo, eram deslocadas para o segundo módulo, onde permaneciam até completar o tempo de 1 min (SILVA et al., 2006).

Para avaliar a eficácia do processo de limpeza por meio do colorímetro, utilizou-se de equipamento desenvolvido na FEAGRI-UNICAMP, que é dotado de um anel deslizante e uma ponta arredondada feita de espuma de 30 mm de diâmetro. A ponta de espuma foi forrada com tecido branco (OXFORD), que foi friccionado por toda a superfície da esfera após o processo de limpeza. A área do tecido friccionada na esfera foi analisada no colorímetro (Minolta Hunter Lab, modelo 45/0-L), realizando a leitura do parâmetro luminosidade (L^*), que varia de 0 a 100, em que 0 indica o preto e 100 o branco (FRANCO et al., 2004). Para criar um padrão de limpeza, realizou-se a leitura do parâmetro luminosidade das amostras de tecidos limpos, ou seja, antes de serem friccionados nas esferas.

Os resultados foram relatados em função do índice de limpeza, descrito na eq.(1), que varia de 0% (sujo) a 100% (limpo):

$$IL_c = \left(\frac{L^*_{amostra}}{L^*_{padrão}} \right) 100 \tag{1}$$

em que,

IL_c - índice de limpeza obtido com o colorímetro, %;

$L^*_{amostra}$ - valor do parâmetro luminosidade para cada amostra (esferas que passaram pelo processo de limpeza), e

$L^*_{padrão}$ - valor do parâmetro luminosidade para cada tecido antes de ser friccionado na esfera.

Para avaliar a eficácia da etapa de limpeza por meio do turbidímetro, após passarem pela etapa de limpeza do protótipo, as esferas foram lavadas individualmente com 500 mL de água destilada, da qual se retiraram amostras para a análise de turbidez. O índice de sujeira foi

determinado por meio da análise de turbidez de dez esferas totalmente sujas, ou seja, que não passaram pelo protótipo.

Todas as análises de turbidez foram realizadas no turbidímetro de bancada microprocessado (MS Tecnopon Instrumentação Científica, modelo TB 1000), com leitura de 0 a 100 UNT e precisão de 2%.

Os resultados foram dados em função do índice de limpeza, descrito na eq.(2), que varia de 0% (sujo) a 100% (limpo):

$$IL_t = \left(\frac{UNT_{\text{padrão}} - UNT_{\text{amostra}}}{UNT_{\text{padrão}}} \right) 100 \quad (2)$$

em que,

IL_t - índice de limpeza obtido com o turbidímetro, %;

$UNT_{\text{padrão}}$ - valor médio da turbidez (UNT) para esferas 100% sujas, e

UNT_{amostra} - valor de turbidez de cada amostra (esferas que passaram pelo processo de limpeza).

Para cada metodologia, foram utilizadas 30 esferas que foram divididas em três repetições (n=10). Os dados foram analisados por análise de variância, e as médias, comparadas pelo teste de Tukey (p<0,05), com o auxílio do programa Statgraphics Plus 4.1.

No ensaio, que analisou a eficácia de limpeza com o colorímetro, o valor médio da massa de sujeira aplicada nas esferas foi de 0,34 g, que não diferiu estatisticamente (p>0,05) do valor encontrado para o ensaio com o turbidímetro, de 0,32 g. Todavia, os índices de limpeza (IL) encontrados nos dois métodos diferiram estatisticamente (p<0,05) entre si. Na análise com o turbidímetro, o índice de limpeza (IL_t) médio foi de 58,38%, enquanto na análise com o colorímetro, o índice de limpeza médio (IL_c) encontrado foi de 35,27%.

No método de análise com o colorímetro, a quantidade de sujeira que restava nas esferas após a limpeza foi uma limitação para a avaliação da eficácia do processo, pois se observou uma saturação da área do tecido utilizada para friccionar as esferas. Avaliando visualmente uma amostragem com dez esferas que foram submetidas ao processo de limpeza, observou-se que o método de análise com colorímetro somente identificou grandes diferenças (Figura 2). Como é o caso das esferas 1 e 10 que, visualmente, apresentaram maior e menor quantidade de sujeira e, conseqüentemente, menor (14,5%) e maior (52,8%) valores de IL_c , respectivamente. Todavia, no caso da esfera 5, observou-se visualmente que a mesma apresentava quantidade de sujeira muito superior às esferas 2; 3 e 4. No entanto, pela análise com o colorímetro, essa quantidade de sujeira não foi representada, pois a esfera 5 apresentou IL_c de 36,2%, enquanto as esferas 2; 3 e 4 apresentaram IL_c de 28,2; 29,7 e 32,0%, respectivamente.

As quantidades de sujeiras que se observou visualmente nas esferas 6 e 7 são bem diferentes, no entanto o IL_c obtido foi semelhante para as duas esferas (42,0%).

No método de análise com o turbidímetro, a eficácia de limpeza foi mais bem representada, comparada aos resultados obtidos com o colorímetro, pois, avaliando-se visualmente uma amostragem com dez esferas que foram submetidas ao processo de limpeza (Figura 3), observou-se que as esferas que visualmente apresentaram menor quantidade de sujeira demonstraram também maiores valores para IL_t . Por exemplo: as esferas 6; 7; 8; 9 e 10, que visualmente continham menor quantidade de sujeira, apresentaram maiores valores para o IL_t , com valores entre 55,0 e 75,0%. As esferas que visualmente continham maior quantidade de sujeira, como as esferas de 1 a 5, apresentaram também os menores valores para o IL_t , com valores que variaram de 45,0 a 53,0%.

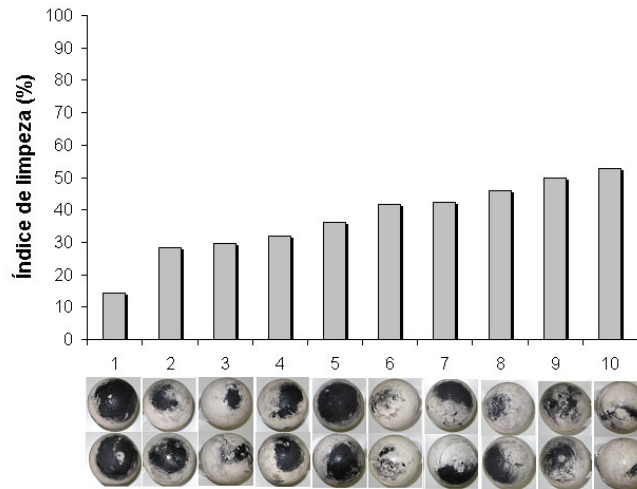


FIGURA 2. Índice de limpeza (%) obtido pela análise com o colorímetro de dez esferas de borracha (hemisférios 1 e 2). **Cleaning index (%) obtained by colorimeter analysis of ten rubber balls (hemispheres 1 and 2).**

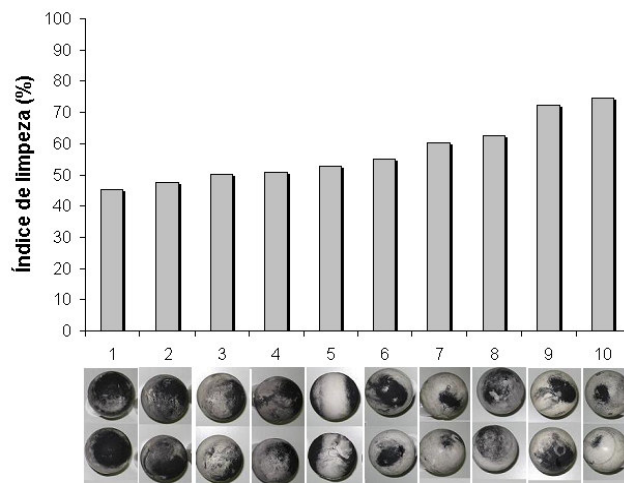


FIGURA 3. Índice de limpeza (%) obtido pela análise com o turbidímetro de dez esferas de borracha (hemisférios 1 e 2). **Cleaning index (%) obtained by turbidimeter analysis of ten rubber balls (hemispheres 1 and 2).**

CONCLUSÕES

A análise de eficácia da limpeza realizada com o método do turbidímetro representou mais precisamente a quantidade de sujeira que ainda restava nas esferas e, conseqüentemente, a eficácia do processo. Já o método do colorímetro apresentou baixa precisão e algumas limitações, não sendo indicado para avaliar a eficácia do processo de limpeza.

AGRADECIMENTOS

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), projeto 02/00645-7; ao sistema PRODETAB/EMBRAPA, projeto 055/02-01, e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de mestrado.

REFERÊNCIAS

- ARTÉS, F.; ARTÉS-HERNÁNDEZ, F. Tratamientos postrecolección del tomate fresco: tendencias e innovaciones. In: NAMESNY, A. *Tomates: producción y comercio*. Reus: Ediciones de Horticultura, 2004. p.109-120.
- BATALHA, B.L. *Controle da qualidade de água para consumo humano: bases conceituais e operacionais*. São Paulo: CETESB, 1977. 198 p.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Resolução RDC nº 275, de 21 de outubro de 2002. *Dispõe sobre o Regulamento Técnico de Procedimentos Operacionais Padronizados Aplicados aos Estabelecimentos Produtores/ Industrializadores de Alimentos e a Lista de Verificação das Boas Práticas de Fabricação em Estabelecimentos Produtores/ Industrializadores de Alimentos*. Diário Oficial da União. Brasília, 23 out. 2003.
- FRANCO, A.T.O.; FERREIRA, M.D.; TAVARES, M. Padrões de funcionamento para equipamento nacional de beneficiamento e classificação para tomate de mesa. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 33., 2004, São Pedro. *Anais...* São Pedro: Associação Brasileira de Engenharia Agrícola, 2004. 1 CD-ROM.
- FRANCO, A.T.O.; FERREIRA, M.D.; FERRAZ, A.C.O. Avaliação do processo de limpeza em protótipo do sistema UNIMAC*. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 34., 2005, Canoas. *Anais...* Jaboticabal: Associação Brasileira de Engenharia Agrícola, 2005. 1 CD-ROM.
- MACEDO, J.A.B de. *Águas e águas*. São Paulo: Varela, 2001. 505 p.
- MICHAELS, B.; GANGAR, V.; SCHATTENBERG, H.; BLEVINS, M.; AYERS, T. Effectiveness of cleaning methodologies used for removal of physical, chemical and microbiological residues from produce. *Food Service Technology*, Oxford, v.3, n.1, p.9-15, 2003.
- MILLER, W.M.; WARDOWSKI, W.F.; GRIERSON, W. *Packingline machinery for Florida citrus packinghouses*. Gainesville: Florida Cooperative Extension Service, Institute of Food and Agricultural Sciences, University of Florida, 2001. 26 p. (Extension Bulletin 239). Disponível em: <http://edis.ifas.ufl.edu/BODY_AE184>. Acesso em: 11 mar. 2005.
- PAO, S.; BROWN, G.E. Reduction of microorganisms on citrus fruit surfaces during packinghouse processing. *Journal of Food Protection*, Des Moines, v.61, n.7, p.903-906, 1998.
- PELEG, K. *Produce handling, packing and distribution*. Westport: AVI Publishing, 1985. 625 p.
- SILVA, M.C.; FERREIRA, M.D.; TESTEZLAF, R.; MAGALHÃES, A.M. Avaliação da eficiência de limpeza em equipamentos de beneficiamento do tomate de mesa utilizando-se sistema hidráulico alternativo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 35., 2006, João Pessoa. *Anais...* Jaboticabal: Associação Brasileira de Engenharia Agrícola, 2006. 1 CD-ROM.