



VII Congresso Interinstitucional de Iniciação Científica – CIIC 2013
13 a 15 de agosto de 2013 – Campinas, São Paulo

**ESTUDO DO TRATAMENTO TÉRMICO DO VINAGRE DE FRUTAS DESTINADO AO
MERCADO ORGÂNICO**

Leonardo Yun Ho **Lee**¹; Jorge Minoru **Hashimoto**²; Wilma Aparecida **Spinosa**³; Valquíria **Ros-Polski**², Ricardo Fiorino **Llorca**⁴

¹ Faculdade de Engenharia de Alimentos – Unicamp; ² Instituto de Tecnologia de Alimentos, Grupo de Engenharia e Pós Colheita; ³ Universidade Estadual de Londrina; ⁴ Faculdades Adamantinenses Integradas

Nº 13257

RESUMO – O presente trabalho consistiu em desenvolver um método eficaz de pasteurização de vinagre contaminado pelo fitonematóide *Turbatrix aceti* sem a adição de conservantes químicos. Para isso, estudou-se a possibilidade de utilizar processos puramente térmicos e equipamentos de pasteurização contínuos em escala piloto. Neste trabalho também foi pesquisada a viabilidade de utilizar uma técnica ainda não muito explorada de pasteurização, o aquecimento ôhmico, e uma comparação com um método tradicional realizado em trocadores de calor contínuo. Foram realizados testes de desempenho de aquecimento em diferentes binômios tempo e temperatura, para pasteurização de vinagre. As etapas do projeto incluíram o desenvolvimento do equipamento de pasteurização em escala piloto (aquecedor ôhmico e trocador tradicional), e a determinação das condições de operação do equipamento. Um pasteurizador convencional contínuo e um ôhmico em batelada foram construídos em laboratório e foram eficazes para destruir o nematoide na temperatura de 54 °C.

Palavras-chaves: Pasteurização, vinagre, *Turbatrix aceti*, aquecimento ôhmico.

^a Bolsista CNPq: Graduação em Engenharia de Alimentos, leonardolee16@gmail.com

^b Orientador, ^c Colaborador



VII Congresso Interinstitucional de Iniciação Científica – CIIC 2013
13 a 15 de agosto de 2013 – Campinas, São Paulo

ABSTRACT- ABSTRACT- This paper developed an effective method of pasteurizing vinegar contaminated by phytonematode *Turbatrix aceti* without adding of chemical conservatives. It was studied the possibility of using purely thermal processes and continuous pasteurization equipment in pilot scale. Also, it was studied the viability to use a pasteurization technique yet not very explored, the ohmic heating, and it's comparison with the traditional method using continuous flow heat exchangers. Performance test were made by heating the product in different binomials of time and temperature, to pasteurize the vinegar. The steps of the project included development of the pasteurization equipment in pilot scale (ohmic heater and traditional heat exchanger) and determination of the conditions to operate it. One conventional and one ohmic pasteurizer, built in laboratory, were effective to destroy the nematode at 54 °C.

Key-words: Pasteurization, vinegar, *Turbatrix aceti*, ohmic heating.

1 INTRODUÇÃO

Originalmente, o vinagre era um produto indesejável da fermentação tanto do vinho quanto da cerveja. Mais comumente relacionado ao vinho, seu nome provém do francês *vinaigre*, ou vinho azedo. O vinagre é um líquido de sabor azedo composto por uma solução entre 4-6% de ácido acético (CH_3COOH) em água, muito utilizado na culinária, sendo amplamente utilizada no preparo de saladas e conservas. Trata-se de uma solução de caráter ácido, obtida por fermentação alcoólica de matérias primas açucaradas, seguida de fermentação acética (MORETTO et al., 1988). Trata-se de uma opção na agregação de valor à matéria-prima agrícola.

Atualmente existem três principais processos de conversão microbiológica de uma solução diluída de etanol em vinagre: Processo Lento, Orleans ou Francês; Processo rápido ou alemão e Processo submerso. A mais plausível de execução para pequenos produtores é a que utiliza o processo rápido ou alemão. Este processo além de oferecer um vinagre de boa qualidade, desde que a matéria-prima, os microrganismos e as condições de fermentação sejam adequados, apresenta um custo de implantação de uma unidade produtora relativamente baixa se comparado com o processo submerso. O equipamento consiste de um cilindro vertical contendo bactérias acéticas aderidas a substratos sólidos, a solução alcoólica é adicionada pela parte superior do cilindro, percolando através do substrato e transformando-se em solução de ácido acético. Em uma área de 30 metros quadrados é possível produzir até 1.000 L/dia de vinagre pelo processo rápido contra apenas 50 litros/dia pelo lento.



VII Congresso Interinstitucional de Iniciação Científica – CIIC 2013 13 a 15 de agosto de 2013 – Campinas, São Paulo

Porém o processo alemão tem inconvenientes, um deles é que o processo está sujeito a gravíssimas infestações por insetos e moscas, como a *Drosophyla melanogaster* que é atraída pelo odor de vinagre. Essa mosca é o agente que transporta involuntariamente (vetor) o nematóide *Turbatrix acetii* (MOURA et al., 2004a). Isso acaba forçando a desativação total do recipiente, obrigando o produtor a esterilizar todo o meio de enchimento por vapor ou assepsia com etanol. Nos vinagres destinados ao mercado orgânico não é permitido o uso de conservador indicado para aqueles produzidos com o status de convencional.

O *Turbatrix acetii* pertencente ao filo *Nematoda*, está classificado entre os fitonematóides, possui um corpo cilíndrico não segmentado e revestido por uma resistente cutícula quitinosa (MOURA et al., 2004a). É de vida livre, visível a olho nu, possuindo em torno de 1-2 mm de comprimento. Vive em pH baixo, como o do vinagre (entre 2,69 - 2,83) e se alimenta da cultura bacteriana essencial para a produção do mesmo (MOURA et al., 2004a). Sua temperatura ótima está na faixa entre 15-30 °C, sendo que nas faixas 5-10 °C e 30-40 °C apresenta atividades metabólicas reduzidas. Em temperaturas acima de 52 °C ocorre a morte instantânea do organismo devido à desnaturação de suas proteínas (MOURA et al., 2004b).

A pasteurização de vinagre pode ser interessante para o segmento de alimentos orgânicos. Substituindo o uso de conservador pelo processamento térmico e também impedindo o desenvolvimento de nematóides que podem ser um perigo à qualidade do produto. A pasteurização de vinagre impede a oxidação total de ácido acético, destruindo ou inativando parte da população microbiana, e melhora a qualidade organoléptica do produto. O melhor período para pasteurizar a matéria-prima é logo depois da extração de suco da uva (AQUARONE et al., 2001).

Este trabalho teve como objetivo desenvolver um procedimento eficaz para pasteurizar vinagre orgânico contaminado pelo fitonematóide *Turbatrix acetii* sem a adição de conservantes químicos. Para isso, foi desenvolvido neste trabalho equipamentos em escala piloto para pasteurização em batelada e contínuo.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Aquecedor ôhmico em batelada

Foram utilizados 2 eletrodos de titânio no formato de placa (53 mm x 53 mm x 1 mm), com furos de 1mm de diâmetro com centros dos furos distanciados em 0,5 mm, os eletrodos ficaram dispostos verticalmente e paralelamente, com faces distanciadas em 100 mm, dentro de uma cuba de vidro de dimensões 66mm x 109mm x 61mm. Os eletrodos estavam ligados a um variador de



VII Congresso Interinstitucional de Iniciação Científica – CIIC 2013 13 a 15 de agosto de 2013 – Campinas, São Paulo

tensão (Powerstat® Variable Autotransfer, The Superior Electric Co. USA) e dois multímetros, um em serie (Engro® MD930) para medição de corrente elétrica e outro em paralelo (Minipa® ET-2700), para medição de tensão. Para avaliação inicial neste equipamento de aquecimento ôhmico foram utilizadas 250 mL de soluções salinas de 0,1%, 0,5%, 1%, 1,5% e 2% como matéria para aquecimento. Um termômetro de mercúrio de bancada (0-100°C) foi utilizado para medição de temperatura no centro geométrico da cuba. Os valores de temperatura foram registrados em tensões de 40, 70 e 140V, respectivamente. Sucos de frutas comerciais de acerola Pindorama® e suco de goiaba Da Fruta® também foram submetidos ao aquecimento ôhmico, com objetivo de obter parâmetros caso se opte por eliminar nematoides no suco antes da fermentação alcoólica. Estes sucos foram caracterizados quanto ao teor de sólidos (Brix (RF Sensor® SR400, análise em triplicata); pH (Gehaka® PG2000) com agitador magnético; e condutividade elétrica. Em seguida foi pasteurizado vinagre orgânico naturalmente contaminado com nematoides.

2.2 Trocador de calor tubular contínuo convencional

O pasteurizador de vinagre convencional constituiu em um condensador de vidro Pirex® com serpentina no interior (Diâmetro externo de 45 mm), isolado termicamente com tubo cilíndrico de poliuretano (45mm de diâmetro), que foi conectado a uma bomba peristáltica (Masterflex® L/S Digital Economy Drive, Cole Parmer Instrument Company) e tubos de silicone (\varnothing interno de 0,8mm e \varnothing externo de 1,0mm). 3 termopares tipo T foram conectados a estrutura por meio de conectores de poliacetal, que monitoravam a temperatura de entrada e saída do vinagre, e temperatura da água do banho termostático MLW® UH. O equipamento utilizado para monitoramento térmico foi o E-val Flex.

2.3 Aquecedor contínuo ôhmico

Na Figura 1 está apresentado um esquema do trocador tubular ôhmico construído ao durante a execução do projeto. O aquecedor é composto por um tubo externo de aço (\varnothing interno 12mm x 670mm x 1mm espessura) e um tubo de aço interno maciço (\varnothing interno 8mm x 670mm), ambos atuando como eletrodos. Termopares tipo T foram conectados ao equipamento na entrada e saída do aquecedor. O equipamento utilizado para monitoramento térmico foi o E-val Flex. Se utilizado para pasteurizar suco, as fermentações alcoólica e acética deverão ocorrer obrigatoriamente em salas limpas para evitar recontaminação. Na produção de vinagre orgânico observou-se uma tendência dos produtores de pasteurizar o produto já fermentado antes do envase.

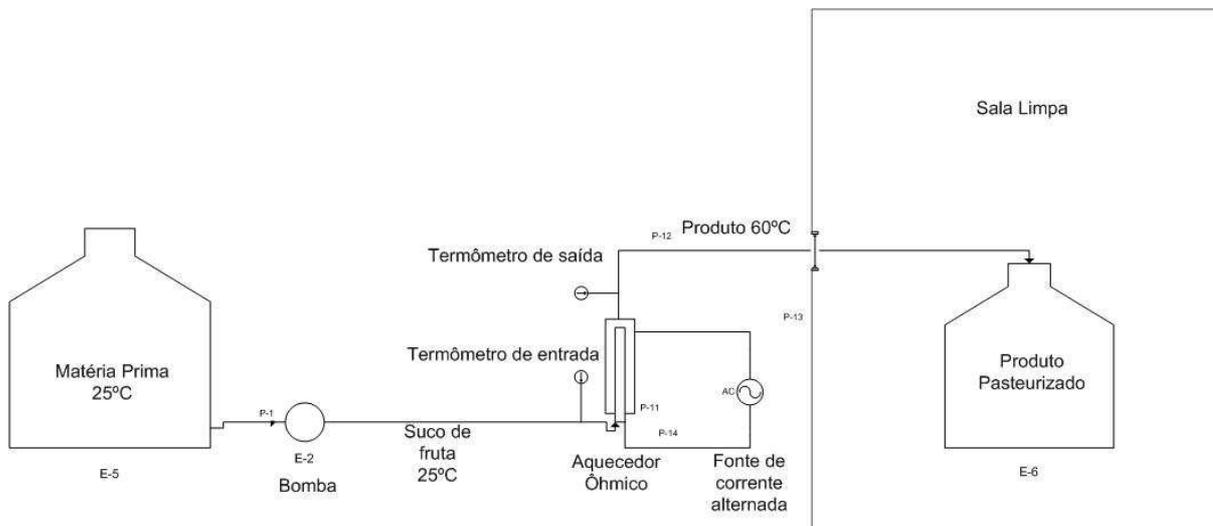


Figura 1. Esquema do aquecedor ôhmico contínuo que pode ser aplicado à matéria prima da produção de vinagre (suco) ou ao vinagre antes do envase.

3 RESULTADOS

3.1 Aquecedor ôhmico em batelada

Observa-se nas Figuras 2, 3(A, B, C e D) e 4 (A e B) que o aumento da temperatura com o tempo é linear e que, quanto maior a tensão empregada, maior é a taxa de aquecimento. A 140 V nas soluções salinas mais concentradas o teste teve que ser interrompido em menor tempo, pois havia sido atingida a corrente máxima suportada pelo multímetro.

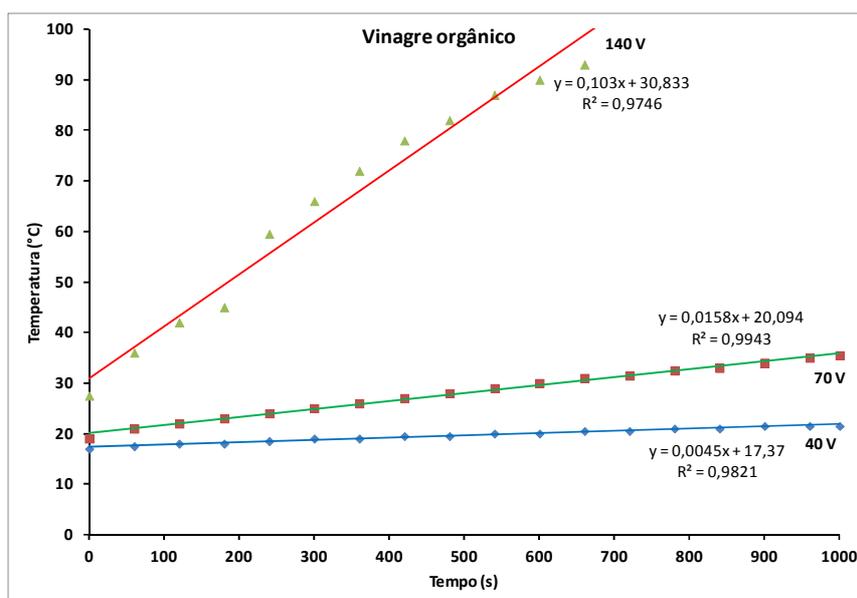


Figura 2. Aquecimento ôhmico de vinagre orgânico (pH = 2,18) em diferentes tensões elétricas (40; 70 e 140 V).



VII Congresso Interinstitucional de Iniciação Científica – CIIC 2013
13 a 15 de agosto de 2013 – Campinas, São Paulo

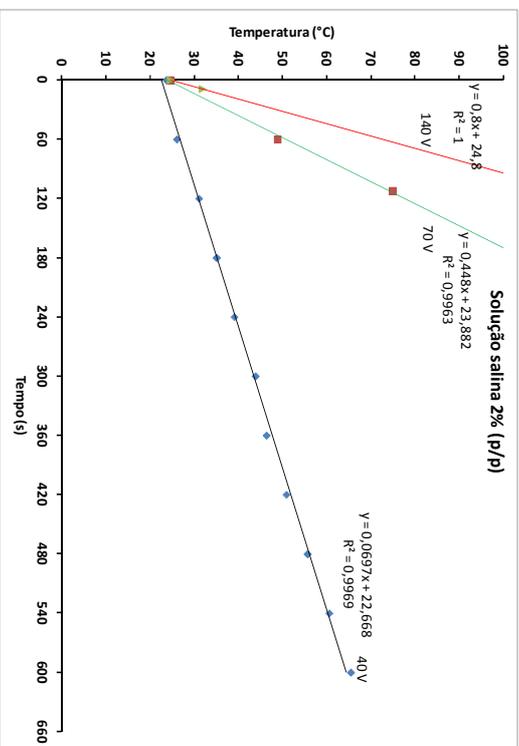
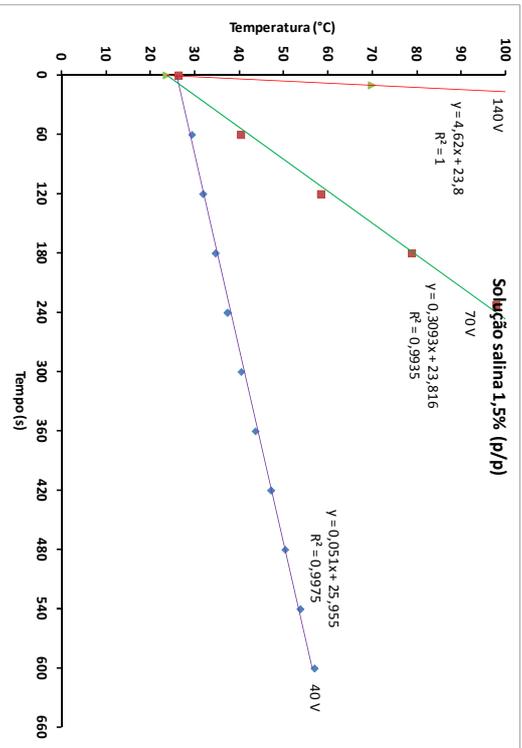
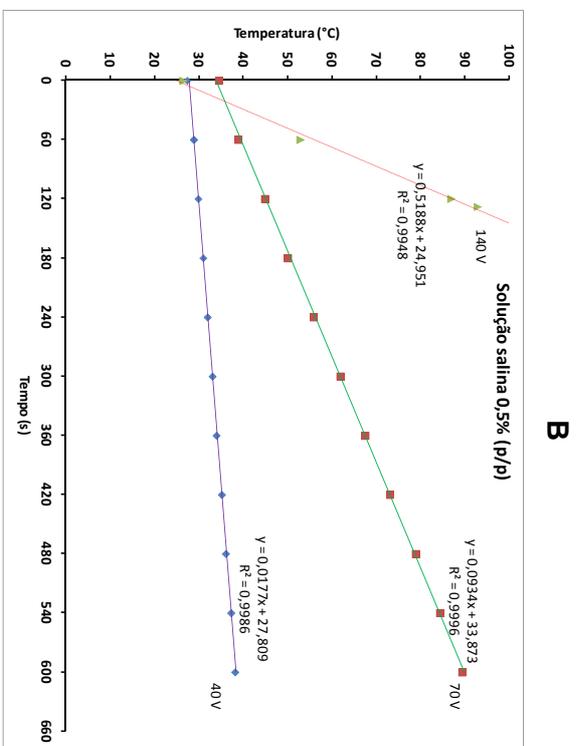
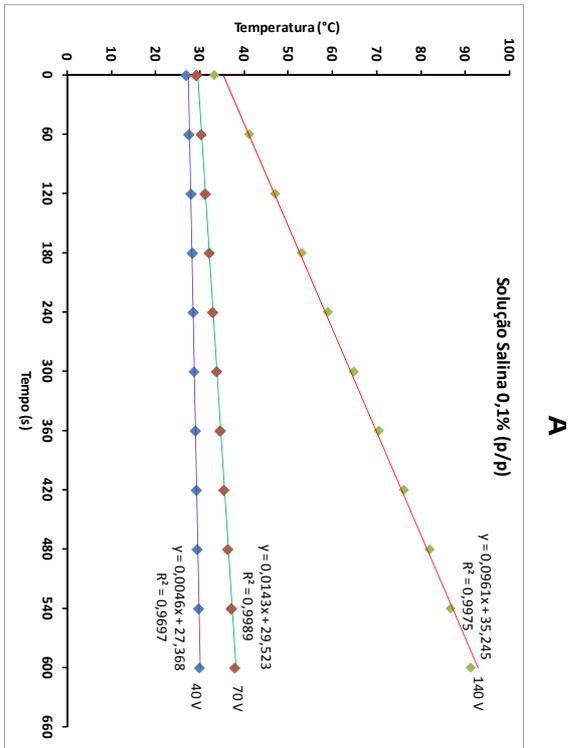


Figura 3. Aquecimento ôhmico de soluções salinas (NaCl) em diferentes concentrações (A: 0,1% p/p; B: 0,5% p/p; C: 1,5% p/p; D: 2% p/p) e tensões elétricas (40, 70 e 140 V).

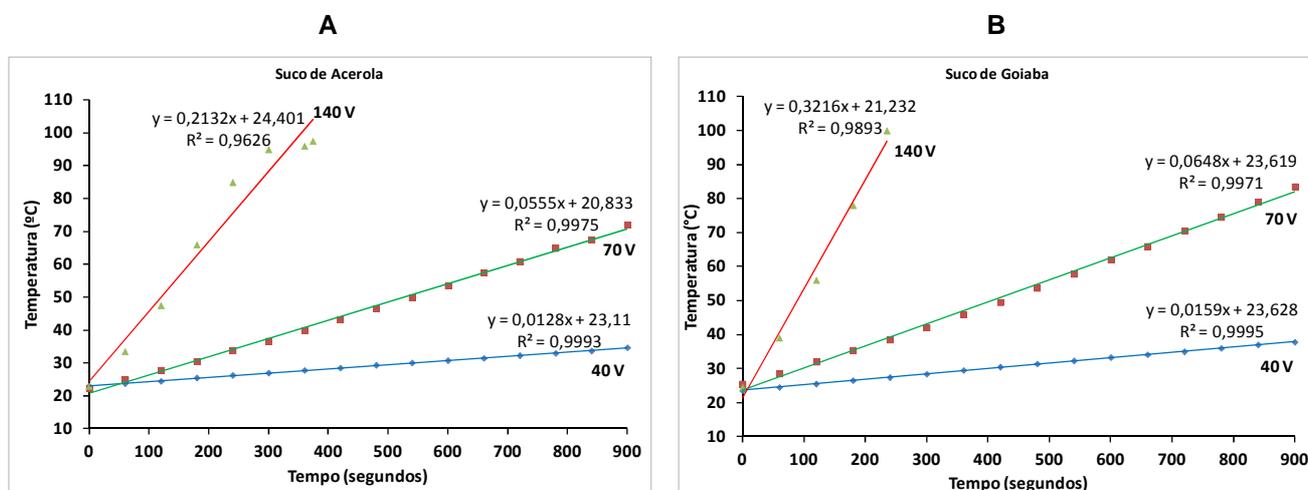


Figura 4. Aquecimento ôhmico de suco de acerola (Brix = 4 e pH = 3,3) e goiaba (Brix = 6 e pH = 3,4) em diferentes tensões elétricas (40; 70 e 140 V).

O vinagre orgânico contaminado com nematoides e aquecido até a temperatura de 54 °C neste sistema e envasado em frascos de 200 mL não apresentaram sobreviventes após 24, 48 e 72 horas.

3.2 Trocador de calor tubular convencional

Foram ajustados os parâmetros para pasteurizar o vinagre no trocador de calor tubular convencional. O ajuste da temperatura de saída do produto foi obtido através da variação da vazão e do ajuste de temperatura do banho termostático, conforme apresentado na Tabela 1.

Tabela 1. Dados de rotação da bomba peristáltica, temperatura de entrada e saída do produto e temperatura da água do banho termostático.

RPM	Vazão (L/min.)	Temp. Entrada (°C)	Temp Saída (°C)	Temp Banho (°C)
500	1,4	21	29	63,7
300	0,83	21,5	32,7	63,3
150	0,4	21,5	38,9	63,7
150	0,4	21,49	48,2	78
100	0,27	21,52	54,06	78,2
100	0,27	20,01	52,93	78,4
88	0,24	20,04	55,04	78,9
60	0,17	20,18	61,1	79,7
50	0,14	21,52	63	79,2
50	0,15	21,58	69,85	88,5
40	0,11	21,63	65,25	79,4
30	0,08	21,6	67,05	79,6



VII Congresso Interinstitucional de Iniciação Científica – CIIC 2013 13 a 15 de agosto de 2013 – Campinas, São Paulo

A partir dos dados obtidos, foi realizada a pasteurização no vinagre contendo nematoides, ajustando o pasteurizador para que a temperatura de saída fosse de 54 °C, imediatamente 12 frascos de vidro com capacidade para 200 mL de produto foram envasados (hot fill) e resfriando até a temperatura ambiente (25 °C). O mesmo procedimento foi utilizado para temperatura de 62 °C. Após 24, 48 e 72 horas foram realizadas avaliações visuais do vinagre pasteurizado para as duas condições e não foram observados sobreviventes. Na literatura foram encontradas apenas duas citações sobre a temperatura de morte térmica do nematoide informando que esta ocorria a 52 °C (MORETTO et al., 1988; MOURA et al., 2004b), mas sem detalhes do processo utilizado.

4 CONCLUSÃO

O trabalho é condizente com a literatura no sentido que o fitonematoide não resiste a temperaturas superiores a 52°C no processo hot fill, observados a 24, 48 e 72h após o envase. Entretanto, não é mencionado na literatura que efeitos letais teriam as temperaturas abaixo da mencionada. O pasteurizador convencional apresenta-se como um método eficaz de destruição dos fitonematoides, sendo necessária a remoção dos organismos após o processamento. O aquecimento ôhmico em batelada também foi eficiente. O sistema contínuo de aquecimento ôhmico em escala piloto foi construído no laboratório e é um equipamento promissor que deve ser estudado com maior aprofundamento para determinação de parâmetros ideais de funcionamento.

5 AGRADECIMENTOS

Ao CNPQ – PIBITI, pela bolsa concedida.

Ao GEPC – ITAL, pela oportunidade de estágio e pela colaboração dos técnicos dos laboratórios.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AQUARONE, E.; LIMA, U.A.; BORZANI, W. **Engenharia Bioquímica**. São Paulo: Edgard Blücher, 2001. p. 183-208 (Biotecnologia, v.4).

MORETTO, E.; ALVES, R.F.; CAMPOS, C.M.T.; ARCHER, R.M.B.; PRUDÊNCIO, A.J. **Vinhos & Vinagres (Processamento e Análises)**. Editora da UFSC. 1988.

MOURA, R.M.; MARANHÃO, S.R.V.L.; **Dados Históricos e Projeções Futuras sobre a Fitonematologia**. In: Anais da Academia Pernambucana de Ciência Agronômica. v. 1. p. 47-68 e p.231-218. 2004-b.

MOURA, R.M.; OLIVEIRA, I.S.; TORRES, G.R.C.; **Assinalamento do Nematóide do Vinagre no Nordeste do Brasil**. In: Anais da Academia Pernambucana de Ciência Agronômica. v. 2. p. 213-218. 2004-a.