

Análise da eficiência do sistema Pot-in-Pot na refrigeração com o uso de álcool etílico hidratado 46% e água, assim como sua eficiência na conservação de pimentões

Pedro Kleinschmitt Krause, Marcos Henrique Queiroz Kohatsu Araújo, José Leôncio Eusébio filho

Escola GAPPE – Campo Grande-MS

pedrokkrause@yahoo.com.br, kohatsu1602@hotmail.com, jlef@terra.com.br

Resumo

Tendo em vista os diversos locais em que muitos são afetados pelas altas temperaturas, assim como pela falta de energia elétrica, o sistema *Pot-in-Pot* surgiu a partir da ideia de criar um método de refrigeração sem o uso de eletricidade. Tal sistema funciona através da evaporação dos líquidos nele usados, sendo a água a normalmente usada; porém, tendo em mente a ideia de outros líquidos que pudessem se sobressair, comparou-se ela com álcool etílico, um líquido mais volátil e de mais fácil evaporação, de forma ver a eficiência de cada um. Também foi realizada uma análise qualitativa quanto à eficiência do *Pot-in-Pot* na conservação de pimentões, com outros dois ambientes, ao ar livre, e em uma geladeira doméstica, levando em conta suas condições.

Palavras-chave: Zeer pot, preservação, hortaliças.

Introdução

Apesar de estarmos em uma época em que contamos com grandes avanços tecnológicos e revolucionários, existem ainda milhões de pessoas no mundo que não utilizam a energia elétrica, muitas vezes por falta da disponibilidade de redes de distribuição, o que geralmente ocorre em regiões de difícil acesso ou de regiões mais empobrecidas.

Alternativas, paliativas ou não, devem ser utilizadas de forma urgente para não termos que lidar com um caos social e na saúde, assim como amenizar os impactos nocivos à qualidade de vida dessas pessoas.

O sistema *Pot-in-Pot*, criado pelo professor e nigeriano Mohammed Bah Abba, é um sistema alternativo de refrigeração, que funciona através de princípios da termodinâmica em que a redução de temperatura é feita pela evaporação da água que nele é utilizada. O sistema é constituído por dois potes de cerâmica, sendo um deles relativamente maior que o outro. O menor é introduzido na parte interna do maior e o espaço entre eles é preenchido com areia. Água é então adicionada nesse espaço, umedecendo-a. Devido à estrutura porosa dos vasos e da areia, a água se infiltra através deles, chegando às superfícies dos vasos e, por meio da evaporação, reduz-se a temperatura do interior do vaso interno. Para que a temperatura interna seja mantida, é colocado, também, um tecido ou pano úmido em cima da área onde o *Pot-in-Pot* é aberto.

Metodologia

O estudo do *Pot-in-Pot*, em seus detalhes, envolve conhecimentos avançados em termodinâmica e que está além do alcance e dos objetivos deste trabalho, mostrando que o sistema como um todo pode ser entendido, ajustado e aperfeiçoado com base também em uma teoria sólida já existente e consagrada.

Elielzer de Souza Nuayed, em sua monografia (2017, pag. 23), mostra a modelagem matemática necessária para a determinação da temperatura interna do *Pot-in-Pot* (T_i), citando as variáveis físicas envolvidas.

Por meio das equações envolvendo tais variáveis, percebe-se que a temperatura interna depende das condições do ambiente externo, das dimensões do Pot in Pot, das qualidades dos materiais (como da argila e da areia) e de como se dão as trocas de calor por esses materiais assim como se comporta o fluxo de água através deles durante o processo de evaporação, obedecendo o princípio da conservação da energia e da massa.

Algumas das variáveis significativas:

- Temperatura ambiente (T)
- Umidade relativa (Φ)
- Raios dos vasos: interno (r_i) e externo (r_o)
- Altura do vaso (h)
- Espessuras dos vasos: externo (b_o) e interno (b_i)
- Condutividades térmicas dos materiais
- Coeficientes de transferências de calor das superfícies dos vasos
- Coeficientes de porosidade da areia e da argila
- Emissividades das superfícies
- Condutividade hidráulica

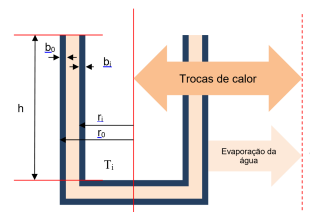


Imagem 1. Esquema do sistema

Apesar das quantidades de variáveis serem significativas, buscou-se neste trabalho utilizar apenas as referentes às temperaturas externa e interna, e também à umidade relativa do ar, uma que vez não se buscou comparar dados teóricos com os da prática e nem comparar um *Pot-*

in-Pot com um outro, mas realizar o que foi proposto nos objetivos.

Desta forma, os testes se sucederam com a criação de um *Pot-in-Pot* com as seguintes medidas, tomadas neste trabalho apenas como referência:

Diâmetro do pote externo: 35,5 cm

Diâmetro do pote interno: 24 cm

Espessura do pote externo: 2 cm

Espessura do pote interno: 1,3 cm

Altura do pote externo: 30 cm

Distância entre o pote externo e interno separado por areia: 4,5 cm

Adicionou-se um fio de cobre, fixo com resina epóxi, na superfície externa do pote interno e na superfície interna do pote externo, de forma evitar o empuxo do pote interno pela água. Além disso, junto com a areia, colocou-se camadas de pequenas pedras, para assim evitar que o referido pote ficasse instável em meio à areia com água. Com esse método, o pote interno ficou totalmente imóvel e centralizado.

Para que se iniciassem os testes com a água, utilizou-se dois sensores, sendo um deles apenas de temperatura, o qual permanecia dentro do pote, e outro de temperatura e umidade, que ficava próximo do pote.

A cada dia, mediu-se as temperaturas internas e externas assim como as umidades relativas.

Os dados com o uso da água foram coletados nos dias 04, 05, 06 e 09/05/2018. Suas médias foram calculadas e postas conforme gráfico abaixo:

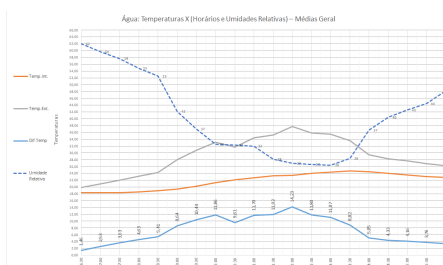


Gráfico 1. Médias com o uso da água

Os dados com o uso do álcool etílico hidratado 46% foram coletados nos dias 28, 29 e 31/05/2018. Suas médias foram calculadas e postas conforme gráfico abaixo:

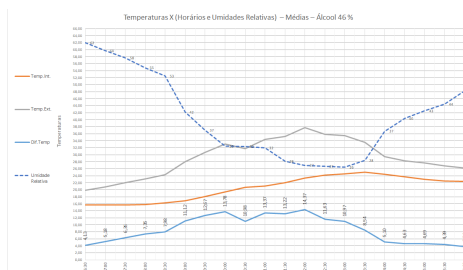


Gráfico 2. Médias com o uso do álcool

As comparações do álcool com a água encontram-se no seguinte gráfico:

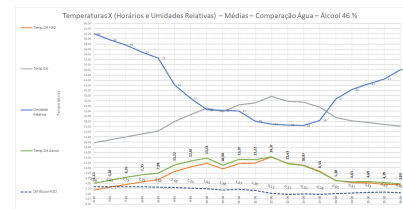


Gráfico 3. Comparação do álcool e da água

As observações com os pimentões prosseguiram com o uso de dois pimentões para cada ambiente testado, ou seja, dentro do *Pot-in-Pot*, em ambiente externo e sombreado e outros quatro foram colocados na geladeira, sendo dois embalados e dois não embalados, cujos resultados e comparações encontram-se no item 6 deste trabalho.

Resultados e Discussão

De início esperava-se que o álcool traria diferenças de temperatura muito maiores que as da água durante todo o período, abaixando muito mais a temperatura, entretanto, na prática, vimos que essas diferenças não eram tão grandes, sendo que no período da manhã, no qual o álcool teve, em média, a maior diferença de temperatura em relação a água, chegou a 2,73°C, e que, a partir das 12:00h, ela se igualava praticamente as da água, como pode-se ver no Gráfico 3.

O sistema *Pot-in-Pot* demonstrou uma eficiência de até 33,75% com o uso da água e de até 36,26% com o uso de álcool etílico hidratado 46% no período mais quente do dia e menor umidade relativa do ar.

Períodos	Umidades relativas médias (%)	Médias internas (Mi) °C	Médias externas (Me) °C	Mi/Me	$[1 - Mi/Me] \times 100$ %
06:30 às 10:00	50	19,18	25,25	0,7596	24,05
0:00 às 13:00	29	23,04	34,78	0,6624	33,75
13:00 às 16:00	38	23,85	29,66	0,8041	19,59

Tabela 1. Eficiências médias por período com água

Períodos	Umidades relativas médias (%)	Médias internas °C	Médias externas °C	Mi/Me	$[1 - Mi/Me] \times 100$ %
06:30 às 10:00	50	16,68	25,25	0,6606	33,94
10:00 às 13:00	29	22,17	34,78	0,6374	36,26
13:00 às 16:00	38	23,63	29,66	0,7967	20,33

Tabela 2. Eficiências médias por período com álcool

Durante as experiências com os pimentões, no 10º dia, o maior pimentão do *Pot-in-Pot* teve seu pedúnculo deteriorado, ficando com aspecto gosmento. Ele foi cortado até a altura do cálice e o pimentão recolocado no *Pot-in-Pot*, que foi previamente esfregado com pano úmido para retirar os fungos da parede interna. No 15º dia, o referido

pimentão, de uma só vez, não mais resistiu e se rompeu em torno de seu cálice, liberando líquido de forte odor, sendo então retirado do Pot-in-Pot.

O menor pimentão apresentou fungo também na extremidade de seu pedúnculo no 12º dia. Essa extremidade foi cortada e o pimentão recolocado no Pot-in-Pot, resistindo com suas características físicas intactas até o 28º dia. A partir do 29º dia esse último pimentão começou a apresentar sinais de enrugamento e falta de rigidez.

Nos pimentões da geladeira o impacto da temperatura baixa pôde logo ser observado já no segundo dia de exposição, tanto dos não embalados quanto dos embalados, porém muito mais evidentes nos não embalados, com enrugamentos mais pronunciados. Outro fator ocorrido, foi o aparecimento de fungos no 12º dia para um dos pimentões embalados. Um dos não embalados apresentou fungos no 15º dia.

É interessante observar que os pimentões antes do aparecimento dos fungos, criam uma espécie de depressão sobre suas superfícies, sendo ali que os fungos se proliferam.

Os pimentões ao ar livre demonstraram enrugamento e amolecimento a partir do 4º dia, agravando-se de forma extrema até atingirem a deterioração no 20º dia, quando foram descartados.

A prática do Sistema *Pot-in-Pot* mostrou que ele precisa ser constantemente higienizado, de 10 em 10 dias em média, com pano úmido, esfregando o pote interno para a retirada de fungos e outras sujeiras que possam aparecer, assim como os alimentos não devem ficar encostados nas paredes úmidas do pote interno. Deve-se também fazer a retirada dos frutos que estragaram e/ou que tiveram alguma parte apresentando fungos, caso não seja possível uma simples limpeza ou sua extração.

Considerações Finais

Através de todas as observações realizadas, percebemos que o sistema Pot-in-Pot consegue de forma eficiente obter temperaturas menores que as ambientes em seu interior utilizando a água e que além disso pode ter sua eficiência melhorada utilizando-se o álcool, apesar de o custo-benefício do álcool mostrar-se inviável, ratificando a água realmente como melhor líquido para refrigerar o Pot-in-Pot. Além disso, o fato do álcool passar a comportar-se como a água a partir do período das 12:00h, indica que ele provavelmente se volatilizava muito rapidamente, e ia perdendo eficiência.

Com a experiência dos pimentões, percebemos que dos ambientes testados, ou seja, ao ar livre, dentro do Pot-in-Pot e dentro de uma geladeira convencional, o Pot-in-Pot demonstrou ter melhores resultados, uma vez que em seu interior, ele possui uma faixa de temperatura considerada fresca, entre 19°C a 24°C, propícia para o armazenamento de frutos e um ambiente úmido, preservando, com isto, por mais tempo, as qualidades físicas dos mesmos. Os pimentões deixados no ambiente externo tiveram a

deterioração mais rápida, podendo ser considerados impróprios (comercialmente) a partir do 4º dia e de consumo duvidoso a partir do 7º dia.

Tendo o cuidado de higienização e não permitindo que os alimentos fiquem em contato com a parede do pote interno, os frutos, a exemplo dos pimentões, podem ser conservados com segurança por um período de 22 a 25 dias, considerando os erros de 10% (3 dias) e 20% (6 dias) como margens de segurança sobre a quantidade de dias (28 dias) em que o último pimentão não apresentou quaisquer alterações.

Desta forma, ele pode ser utilizado como meio alternativo de refrigeração para preservar pimentões e hortaliças semelhantes, entretanto a sua viabilidade para outros tipos de alimentos precisa ainda ser testada.

Agradecimentos

Agradecemos a todos aqueles que puderam ajudar ou contribuir com o projeto. Ficamos agradecidos com a participação e incentivo tanto dos familiares quanto dos professores da Escola GAPPE, assim como pelo próprio Mohammed Bah Abbah pela sua grande genialidade.

Referências

OLIVEIRA. Albania Maria Claudino de. UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO, Centro de ciências da saúde. Eficiência do sistema *pot in pot* na conservação de pimentão e tomate, 2006. Dissertação (Pós-graduação).

NUAYED. Elielzer de Souza. UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ, Instituto de ciências exatas e naturais. A termodinâmica do refrigerador *pot-in-pot*, 2017. Monografia (Graduação).

H. G, Harish; GOWDA, Y. T. Krishne. MAHARAJA INSTITUTE OF TECHNOLOGY, Departamento de engenharia mecânica. Thermal analysis of clay pot in pot refrigerator, 2014.

Analysis of the efficiency of the Pot-in-Pot system in the refrigeration with the use of ethyl alcohol hydrated 46% and water, as well as its efficiency in the conservation of sweet peppers

Abstract: *With the existence of more impoverished regions, where the basic systems and resources for people's quality of life are scarce and most of them do not have an available electric grid, there is a need to create some kind of system that can reduce these difficulties. Knowing this, the research focused on the analysis of a system that has this purpose, the Pot-in-Pot or Zeer Pot, created by Mohammed Bah Abba, which works through the principles of thermodynamics, in which the internal temperature of the*

system becomes smaller than the external one because of the evaporation of the water used in it, without needing electricity. The analysis verified how the internal temperature varied in comparison to the external temperature and relative humidity of the air, in a certain period. With the results, the efficiency of Pot-in-Pot was verified, that means, its capacity to develop temperatures lower than those of the environment, with variations up to 33.75% with the usage of water. The analysis also used the ethyl alcohol hydrate 46% as liquid, to compare it with the results obtained using water, due to its greater volatility; and it was verified that it reduced the internal temperature in comparison to the environment up to 36.26%. In addition, a qualitative analysis of the Pot-in-Pot in the conservation of sweet peppers was carried out to serve as a reference for its ability to preserve food in general, comparing it with a domestic refrigerator and an external environment.

Keywords: *Cooling, zeer pot, preservation*