



\* B R 1 0 2 0 2 4 0 0 9 6 6 A 2 \*

República Federativa do Brasil

Ministério do Desenvolvimento, Indústria,  
Comércio e Serviços

Instituto Nacional da Propriedade Industrial

(21) BR 102024000966-5 A2

(22) Data do Depósito: 17/01/2024

(43) Data da Publicação Nacional:  
30/04/2024

(54) **Título:** SECADOR CONVECTIVO DE FRUTAS E VEGETAIS ASSISTIDO POR LUZ ULTRAVIOLETA DO TIPO C (UV-C)

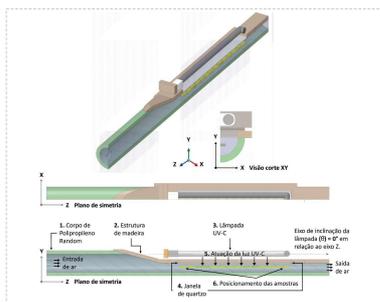
(51) **Int. Cl.:** A23L 3/40; A23L 3/54; H05B 6/00.

(52) **CPC:** A23L 3/40; A23L 3/54; H05B 6/00.

(71) **Depositante(es):** UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO.

(72) **Inventor(es):** JOÃO HENRIQUE FERNANDES DA SILVA; PATRÍCIA MOREIRA AZOUBEL; MOHAND BENACHOUR; FERNANDA ARAÚJO HONORATO.

(57) **Resumo:** SECADOR CONVECTIVO DE FRUTAS E VEGETAIS ASSISTIDO POR LUZ ULTRAVIOLETA DO TIPO C (UV-C). A presente invenção refere-se ao desenvolvimento de um secador convectivo com aplicação de luz ultravioleta do tipo C (luz UV-C) integrada ao processo de secagem para uso na produção de vegetais secos. O objetivo é melhorar a taxa de remoção de água durante o processo de secagem, especialmente para alimentos ricos em substâncias vegetais específicas, como compostos lignocelulósicos (celulose, hemicelulose e lignina). Para fazer isso, a invenção utiliza luz UV-C de forma a ajudar na quebra dessas substâncias durante o processo de secagem, facilitando a saída da água. O problema que esta invenção resolve é como aplicar de forma eficaz a luz UV-C em secadores, considerando que as condições de secagem podem limitar a utilização dessa tecnologia. O dispositivo criado para isso inclui uma lâmpada UV-C que fica do lado de fora do secador, separada por uma janela de vidro de quartzo. Essa janela permite que a luz UV-C passe do lado de fora para o interior do secador com o mínimo de perda de energia. A lâmpada é posicionada de modo a atingir diretamente a maior superfície possível (...).



## **SECADOR CONVECTIVO DE FRUTAS E VEGETAIS ASSISTIDO POR LUZ ULTRAVIOLETA DO TIPO C (UV-C)**

### **Campo da invenção**

[001] A presente invenção refere-se genericamente a secadores de frutas e vegetais, mais particularmente, a um secador convectivo que utiliza luz ultravioleta do tipo C (luz UV-C) integrada ao processo de secagem para auxiliar na remoção de água tornando o processo rápido e eficiente.

### **Fundamentos da invenção**

[002] Uma pesquisa anterior do estado da arte da técnica não revelou quaisquer patentes que se relacionem diretamente com as reivindicações oriundas da presente invenção. Contudo, algumas referências que podem ser consideradas relacionadas de alguma maneira são citadas a seguir.

[003] O estado da técnica descreve algumas tecnologias similares, porém com aplicações diferentes para os componentes nestes pedidos de patente. As patentes KR101742689B1, KR101825086B1 e KR101921200B1 (pertencentes ao mesmo inventor) evidenciam essa similaridade encontrada em várias patentes e pedidos de patente no mundo. Aqui, a proposta refere-se à invenção de secadores de alimentos inteligentes híbridos compreendendo uma secagem por radiação infravermelha LED (fonte de calor) para secagem e aplicação de luz ultravioleta (UV-A, UV-B e UV-C) para esterilização do ar, variando a forma através de que o ar circula dentro do equipamento, mas em essência, partem do mesmo princípio.

[004] O pedido de patente KR20190094639A também possui uma proposta similar, um secador para alimentos híbrido com foco na conservação de alimentos através da secagem e de métodos de esterilização, através de um efeito similar ao efeito da luz solar, com a aplicação da luz ultravioleta, focando principalmente na luz UV-B, tendo ainda um apelo nutricional devido a possibilidade de produzir vitamina D no alimento seco, agregando seu valor.

[005] A utilização de luz ultravioleta acoplada ao processo de secagem também pode ser observada no secador de lavagem de roupas, contudo, até mesmo nesse cenário, a aplicação de luz UV se dá através da necessidade de eliminar germes, vírus e bactérias do meio, como pode ser visto na patente US6877248B1 e no pedido de patente BR102020177462A2.

[006] A maioria dos casos aqui citados se aproximam mais de equipamentos de laboratório, estufas, câmaras de secagem, porém, com pouco foco no processo industrial da secagem de frutas e vegetais, limitando a aplicação da luz ultravioleta a esterilização do ar ou dos alimentos. A presente invenção possui a finalidade de permitir a aplicação da luz UV-C durante um processo de secagem convectiva tendo como finalidade a exploração do efeito da luz UV-C e seu potencial na melhoria da remoção de água pela degradação de compostos lignocelulósicos.

[007] A busca por tecnologias que aprimorem cada vez mais os processos de secagem, seja para ganhos nutricionais ou econômicos na produção de frutas e vegetais secos, tem crescido cada vez mais. Uma dessas tecnologias que apresenta grande potencial teórico para melhoria desses processos é a aplicação da luz ultravioleta do tipo C (luz UV-C), compreendida na faixa de comprimento de onda de 200 a 280 nm.

[008] A luz UV-C possui a energia necessária para quebrar ligações fortes de compostos lignocelulósicos (celulose, hemicelulose e lignina), degradando-os e dando assim tal potencial, de forma teórica na área de alimentos e já comprovada na área de papel e celulose, para uma possível aplicação na secagem de frutas e vegetais, que possuem esses compostos na estrutura da célula vegetal, podendo assim acarretar numa melhoria da transferência de massa (remoção de água) durante o processo.

[009] A fotodegradação de compostos lignocelulósicos através da radiação ultravioleta tem sido explorada na degradação de madeira, uma vez que a exposição a esse tipo de luz provoca mudanças na cor e perda de propriedades mecânicas, sendo então relevantes em muitos campos, como ciências de materiais, construção e, agora, alimentos. Esses compostos são capazes de absorver a luz em curtos comprimentos de onda, porém, a fotossensibilidade é diferente para cada componente e depende da matriz em que está sendo aplicada.

[0010] Contudo, há limitações tecnológicas na aplicação desse contexto na secagem de alimentos, que se traduz, principalmente, pela baixa resistência térmica das lâmpadas desse tipo, disponíveis no mercado brasileiro, ao calor oriundo do processo de secagem, reduzindo sua eficiência ou impossibilitando sua operação/aplicação/introdução durante o processo de secagem.

[0011] Nesse contexto, o problema técnico a ser resolvido neste caso é construir um arranjo que permita a aplicação de luz UV-C durante o processo de secagem, permitindo sua atuação enquanto ocorre a desidratação da fruta e/ou vegetal, permitindo que tal conceito já mencionado seja testado, explorado e aprimorado. Esta invenção faz parte de um processo mais complexo de prova de conceito quanto a eficácia da aplicação de luz UV-C como forma de melhorar a remoção de água durante a secagem, sendo esta invenção um passo essencial para realização dos testes.

[0012] Através do conhecimento deste problema técnico, é possível notar que, nas patentes e/ou pedidos de patente similares aos aqui apresentados ou outros que sejam possíveis de encontrar, não se observa ainda no estado técnico as reivindicações acerca da aplicação da luz UV-C com a finalidade da presente invenção e no setor (frutas e vegetais). O que se encontram são pedidos de patente ou patentes de invenções que trabalham em temperaturas relativamente baixas, o que permite o acoplamento de lâmpadas UV LED no seu interior, e uso de luz ultravioleta para fins esterilizantes. O que nas invenções encontradas é objetivo, na presente invenção é apenas consequência.

[0013] Permitir a atuação da lâmpada de luz UV-C instalada de forma externa ao secador é outro problema técnico não resolvido por invenções anteriores presentes no estado técnico, ainda mais quando se considera a economia como um fator preponderante em aplicações industriais, uma vez que instalar tais lâmpadas dentro do secador necessitaria de aparatos menores (o que geralmente acarreta um preço mais alto na tecnologia) além de ser construído com materiais mais resistentes ao calor (encarecendo o produto) e também impactando na eficiência de operação da lâmpada. O fato de instalar a lâmpada de forma externa ao secador também permite mais opções na hora de escolher as lâmpadas disponíveis no mercado, facilita manutenção e aumenta a vida útil dos materiais internos do equipamento.

[0014] Os arranjos encontrados no estado da técnica, a respeito da aplicação da luz UV, se limitam a termos esterilizantes. Nesse sentido, o ar que entra dentro dos secadores simplesmente passa através das fontes de emissão de luz UV e assim o ar é esterilizado. Não há nesses arranjos uma preocupação em termos de posicionamento das fontes de luz UV em relação as amostras a serem secas pois, para o fim proposto, o posicionamento não impacta de forma significativa. Na presente invenção, que tem a finalidade de degradar compostos lignocelulósicos através da aplicação de luz UV-C, o posicionamento é um problema técnico considerado. Para máxima eficiência, as lâmpadas precisam estar posicionadas paralelas à maior área superficial das amostras, uma vez que uma maior área das amostras exposta a radiação UV-C está relacionada diretamente com uma maior quantidade de compostos degradados. Assim, esta preocupação se torna mais um diferencial em relação as propostas encontradas no estado da técnica.

[0015] O posicionamento e a disposição de lâmpadas impactam diretamente na eficiência do equipamento. Aplicar a radiação UV-C a partir de uma única fonte ou conjunto de radiação de forma paralela e unidirecional permite a redução de efeitos de interferência óptica da radiação UV que, se não for mitigado, acarretaria na redução drástica da eficiência.

[0016] A interferência óptica é um fenômeno que ocorre quando dois feixes de luz ou ondas eletromagnéticas, provenientes da mesma fonte, percorrem diferentes caminhos e, em seguida, convergem para uma mesma região. Quando isso ocorre, dependendo das condições ou do arranjo, são formadas regiões de máxima e mínima intensidade da luz ou radiação aplicada de forma intercalada, resultantes da superposição de duas ou mais ondas eletromagnéticas; neste caso, a luz UV-C.

[0017] Além desses pontos, outros materiais são utilizados para construção do secador, como Polipropileno Copolímero Random e madeira como formas de reduzir o custo de construção onde geralmente se utiliza aço inox.

### **Breve descrição dos desenhos**

Na Figura 1 está apresentado os planos de simetria do equipamento proposto e a descrição dos materiais envolvidos na sua construção.

Na Figura 2 está o Perfil de Temperatura em Kelvin (K) no equilíbrio térmico gerado a partir de Fluidodinâmica Computacional.

### **Descrição da invenção**

[0018] A descrição a seguir é uma forma concretizada da invenção. A estrutura secador é composta por quatro partes principais: (1) corpo principal do secador feito de Polipropileno Copolímero Random, (2) Tampa de madeira, (3) lâmpada ultravioleta do tipo C e (4) janela de quartzo.

[0019] O Polipropileno Copolímero Random (PPR) (1) com 15 mm de espessura de parede foi idealizado como uma alternativa de baixo custo ao aço inox, geralmente utilizado em equipamentos de secagem. Os principais benefícios de utilização do PPR são o fato de ser um material atóxico e reciclável, livre de corrosão e incrustações, isolamento térmico e resistência a impactos. Também não é classificado como material perigoso segundo a Norma NBR-10004 (classificação de resíduos sólidos) e segundo a ONU. E, como já dito, não é considerado tóxico, não sendo, portanto, necessária a rotulagem de risco conforme regulamentação da UE (União Europeia). O PPR é uma resina poliolefínica que tem como componente principal o petróleo. É o resultado de complexos processos químicos que, em seu último estágio de copolimerização, gera o Copolímero Randômico ou Aleatório, ou seja, seu encadeamento de polímeros não segue qualquer sequenciação.

[0020] A madeira de Pinus (2) *elliottii* Engelm., Pinaceae foi utilizada devido ao baixo custo e seu fácil manuseio para construção do equipamento. Aqui, a utilização de um material de fácil moldagem permitiu que peças mais complexas pudessem ser feitas sem a necessidade de processos complexos de soldagem ou usinagem. A madeira também funciona como isolante térmico, que é uma propriedade fundamental num projeto de secador.

[0021] Uma lâmpada Osram HNS L 36W 2G11 foi utilizada para irradiação de luz UV-C (5) sobre as amostras. A lâmpada (3) foi instalada a 10 cm de distância das amostras (6), de forma externa ao secador, permitindo que sua operação se desse em temperaturas em torno da temperatura ambiente. O arranjo da lâmpada se deu de forma paralela à maior superfície exposta das amostras para permitir a máxima eficiência e absorção da

luz UV-C pelas amostras (5), garantido uma maior possibilidade de degradação dos compostos lignocelulósicos.

[0022] Como a potência irradiada recebida pela amostra é inversamente proporcional ao quadrado da distância, 10 cm foi a medida encontrada como inicialmente satisfatória para a aplicação, contados a partir do centro da lâmpada (5) até a superfície superior das posições das amostras (6). Ou seja, a menor distância entre a fonte de radiação e a superfície exposta mais próxima da lâmpada, de maior área superficial.

[0023] A janela feita de vidro de quartzo ( $\text{SiO}_2$ ) (4) com 3 mm de espessura e 99,995% de pureza da marca Actquartzo foi idealizada para permitir a máxima passagem da luz UV-C para dentro do secador, além de evitar que o fluxo interno de ar fosse perturbado, garantido uma melhor eficiência nos efeitos convectivos durante a secagem e reduzindo ainda possíveis perdas de carga. O vidro de quartzo apresenta excelente transmissibilidade à luz UV-C, garantindo assim sua incidência mesmo sendo aplicada de forma externa ao equipamento. O quartzo tem uma condutividade térmica relativamente alta para o tipo de material; o estudo térmico realizado demonstra como o quartzo influencia a remoção de calor do interior ao exterior, contudo, considerada apropriada nos níveis analisados.

[0024] O PPR funciona como estrutura principal do secador, inicialmente um círculo e, após um declive de  $15^\circ$ , um semicírculo (meia circunferência). A madeira serve como parte selante e de fácil moldagem, contém a dilatação do PPR por ser um material mais rígido e evita que as potenciais dilatações do PPR alterem a estrutura e o alinhamento do secador. No caso do quartzo, a madeira serve como moldura para ele e, como o quartzo possui um baixo coeficiente de expansão térmica, a madeira garante o encaixe no secador e o posicionamento fixo da janela de quartzo, servindo de passagem para a luz UV-C e como abertura para adição das amostras dentro do secador.

[0025] O fluxo de ar é horizontal, paralelo ao posicionamento das amostras e da lâmpada UV-C e perpendicular a direção de atuação da radiação UV-C. Esse arranjo entre a atuação da luz UV-C e as amostras permite maior eficiência, uma vez que possibilita a exposição da maior área superficial das amostras, o que seriam dificultados em arranjos verticais ou inclinados.

### **Exemplos de concretizações da invenção**

[0026] Outros materiais podem ser utilizados para construção do corpo principal do equipamento, como o próprio aço inox e os vários tipos de ligas metálicas apropriadas para processos que envolvam ambientes úmidos, demandando assim um encamisamento com um isolante térmico ou criação de uma camada dupla com um vácuo artificial interno intra-camadas, para garantir uma baixa perda de calor para o ambiente externo. Esse arranjo poderia ser idealizado como um tipo de forno, de modo a ter uma janela superior ou inferior de lâmpadas de UV-C (ou lâmpadas UV-C de LEDs) adicionadas de forma externa ao secador sobre ou sob a janela de quartzo, garantido o arranjo das lâmpadas de forma paralela a maior área superficial exposta da amostra a radiação. Também haveria uma saída e entrada de ar forçada por ventiladores/sopradores (térmicos ou com assistência de um conjunto de resistências térmicas) ou por convecção forçada (diferença de temperatura entre o meio interno, aquecido por resistências ou radiação infravermelha, e externo). Para reduzir os efeitos de interferência óptica, um revestimento interno por um material de baixa emissividade ou reflexividade para radiação UV-C pode ser adicionado. Uma proteção acima das lâmpadas de UV-C também pode ser utilizada, desde que tenha baixa transmissibilidade a luz UV e não seja isolante (condutividade térmica relativamente alta).

## REIVINDICAÇÕES

1. ARRANJO DAS LAMPADAS DE LUZ ULTRAVIOLETA DO TIPO C, **caracterizado por** um ângulo ( $\theta$ ) paralelo ( $\theta = 0^\circ$ ) a fim de promover incidência da radiação na maior área superficial das amostras de vegetais a serem secos.
2. ARRANJO DAS LAMPADAS DE LUZ ULTRAVIOLETA DO TIPO C, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizada por** permanecer em um ângulo compreendido na faixa de  $0^\circ < \theta \leq 45^\circ$  em relação ao plano que permita eficiência na maior área superficial das amostras secas.
3. MÉTODO, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado pela** utilização de uma janela feita de vidro quartzo ou outro material qualquer que permita a passagem da luz UV-C com o mínimo de absorção para as amostras a serem secas dentro do secador, permitindo a instalação das lâmpadas de UV-C de forma externa ao secador.

DESENHOS

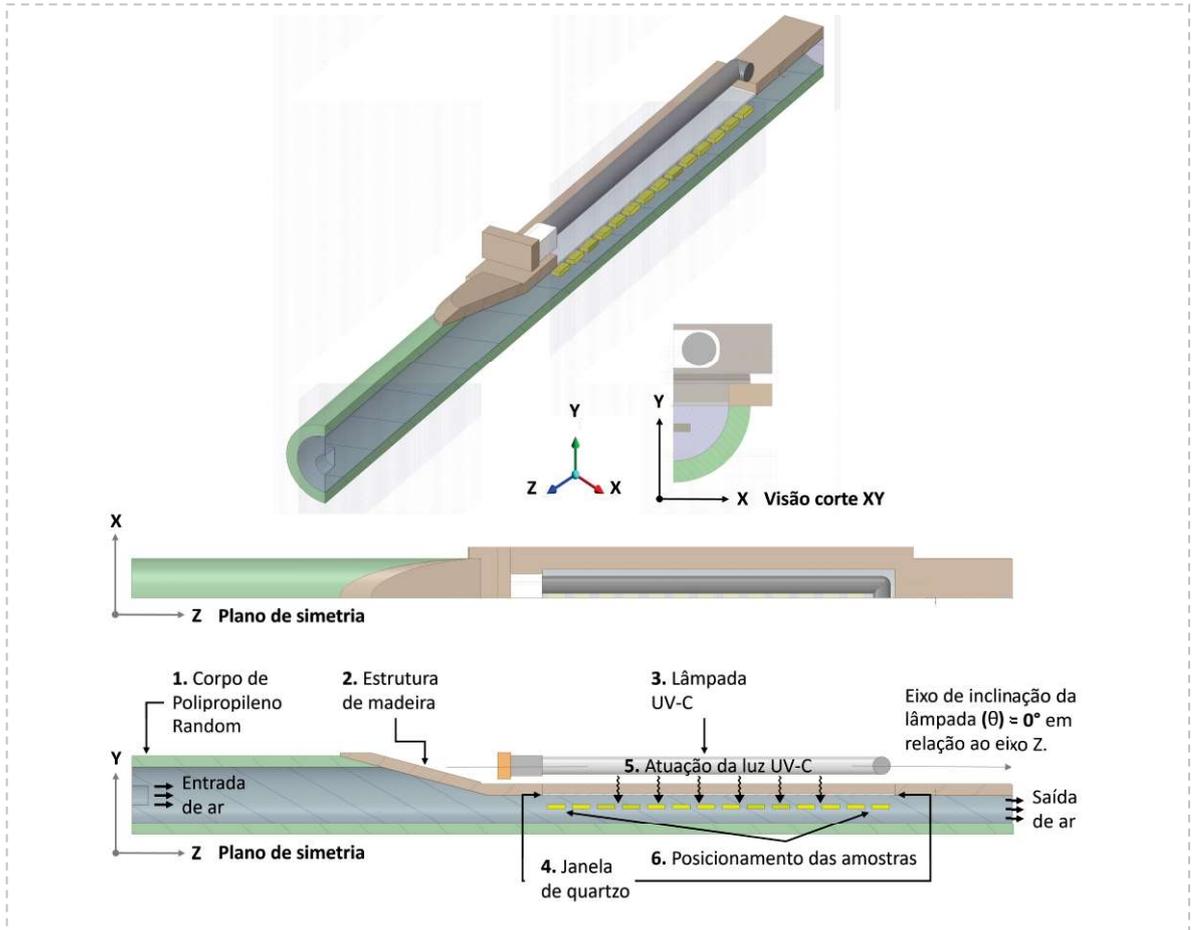


Figura 1

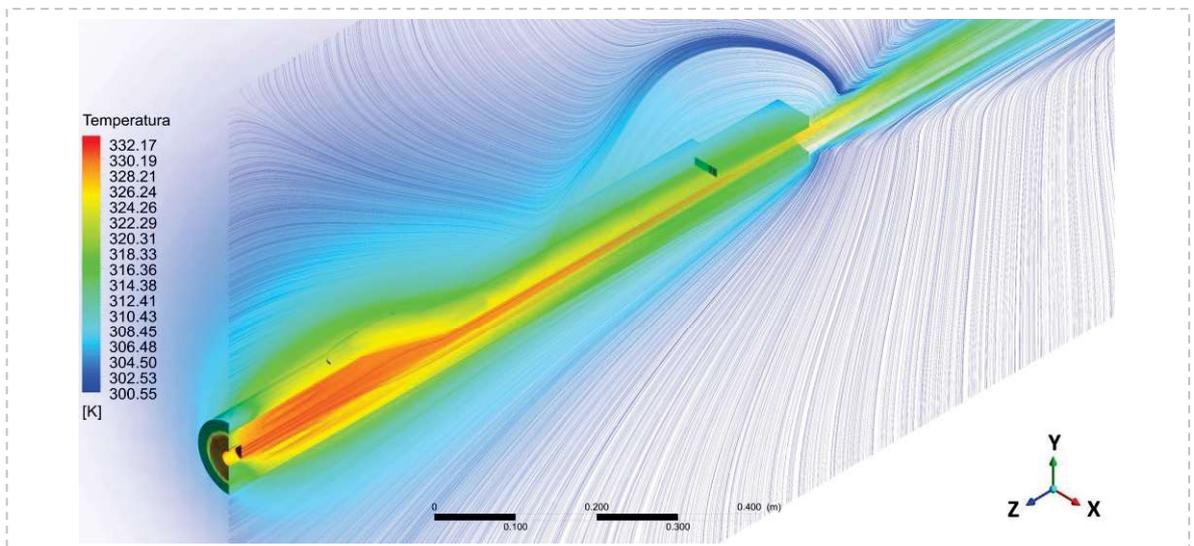


Figura 2

**RESUMO****SECADOR CONVECTIVO DE FRUTAS E VEGETAIS ASSISTIDO POR LUZ  
ULTRAVIOLETA DO TIPO C (UV-C)**

A presente invenção refere-se ao desenvolvimento de um secador convectivo com aplicação de luz ultravioleta do tipo C (luz UV-C) integrada ao processo de secagem para uso na produção de vegetais secos. O objetivo é melhorar a taxa de remoção de água durante o processo de secagem, especialmente para alimentos ricos em substâncias vegetais específicas, como compostos lignocelulósicos (celulose, hemicelulose e lignina). Para fazer isso, a invenção utiliza luz UV-C de forma a ajudar na quebra dessas substâncias durante o processo de secagem, facilitando a saída da água. O problema que esta invenção resolve é como aplicar de forma eficaz a luz UV-C em secadores, considerando que as condições de secagem podem limitar a utilização dessa tecnologia. O dispositivo criado para isso inclui uma lâmpada UV-C que fica do lado de fora do secador, separada por uma janela de vidro de quartzo. Essa janela permite que a luz UV-C passe do lado de fora para o interior do secador com o mínimo de perda de energia. A lâmpada é posicionada de modo a atingir diretamente a maior superfície possível dos alimentos a serem secos, garantindo a máxima eficiência. Com isto, esta invenção propõe uma solução para melhorar a secagem de alimentos usando luz UV-C, tornando-a mais eficaz e viável, mesmo em condições desafiadoras de operação. Isso pode ser particularmente útil na produção de vegetais secos, ajudando a preservar a qualidade desses produtos.