

AValiação DA SECAGEM DE MORANGOS EM ESTUFA E EM SECADOR HÍBRIDO SOLAR-ELÉTRICO

Emiliana Pereira Basílio^{1,4}, Andrea Lúcia Teixeira Charbel², André Guimarães Ferreira³

¹ Departamento de Farmácia, Faculdade de Filosofia Ciências e Letras do Alto São Francisco. Avenida Laerton Paulinelli 153, CEP 35595-000, Monsenhor Parreiras, Luz, Minas Gerais, Brasil.

² Departamento de Ciências Térmicas e dos Fluidos, Universidade Federal de São João del-Rei. Praça Frei Orlando 170, CEP 36307-352, Centro, São Joao del-Rei, Minas Gerais, Brasil.

³ Departamento de Engenharia de Materiais, Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais. Avenida Amazonas, 5253, Nova Suíça, Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil.

⁴ Autor correspondente. E-mail: epbasilio@fasf.edu.br

RESUMO

No Brasil, as perdas na produção de morangos são grandes, o que acarreta prejuízos significativos aos produtores rurais. A desidratação é uma alternativa viável para minimizar os desperdícios. Este trabalho teve como objetivo avaliar o desempenho do secador híbrido solar-elétrico para a secagem de morangos, comparando-o com a secagem em estufa. O branqueamento e a desidratação osmótica foram pré-tratamentos testados para melhorar a qualidade do produto final. Determinaram-se os teores de cinzas, umidade residual, proteína, carboidrato total e redutor das amostras. Ao final do processo, obteve-se o morango desidratado com cor, aroma e textura satisfatórios. O produto foi aplicado no iogurte com pedaços de frutas e a análise sensorial mostrou a aceitação dos provadores.

Palavras-chave: Morango, secagem, solar, estufa, branqueamento.

ABSTRACT

In Brazil, the losses in the production of strawberries are large, which causes significant losses to farmers. Dehydration is a viable alternative to minimize waste. This study aimed to evaluate the performance of solar-electric hybrid dryer for drying strawberries, comparing it to the oven drying. Bleaching and osmotic dehydration pretreatments were tested to improve the quality of the final product. The ash content, residual moisture, protein, total and reducing carbohydrate was determined. At the end of the process, obtained dehydrated strawberry with color, flavor and texture satisfactory. The product was applied in yogurt with fruit pieces and the sensory analysis showed the acceptance of tasters.

Keywords: Strawberry, drying, solar, oven, bleaching.

INTRODUÇÃO

O morango é produzido comercialmente em vários estados brasileiros. Em Minas Gerais, o cultivo tem apresentado aumento significativo nos últimos anos e a produção se concentra no sul do estado, com perspectiva de desenvolvimento no norte de Minas (CARVALHO et al., 2005).

O Brasil desperdiça cerca de 35% de todas as frutas e verduras que produz. Para o morango, produto altamente perecível, as perdas chegam a 40% da produção (DIAS, 2003).

O processo de secagem de alimentos consiste na remoção de água, na forma de vapor, de um material sólido, para uma fase gasosa insaturada, através de um mecanismo de vaporização térmica, numa temperatura inferior à de ebulição da água (AGUIRRE e GASPARINO, 1999).

O objetivo principal da secagem é prolongar a vida útil dos alimentos por redução da atividade de água, inibindo o crescimento microbiano e a atividade enzimática. Além disso, a redução do peso e do volume tem como vantagens minimizar gastos com transporte e armazenamento e possibilitar o consumo durante todo o ano de uma maior variedade de alimentos de forma prática, reduzindo, assim, as perdas ocasionadas pelo desperdício de produtos perecíveis, como as frutas (FELLOWS, 1994).

Ainda de acordo com Fellows (1994), na secagem, o ar quente em contato com o alimento úmido provoca o aquecimento de sua superfície e o calor transmitido age como calor latente de evaporação, fazendo com que a água do alimento passe para o estado de vapor. O vapor de água, após atravessar o interior do produto, atravessa a camada de ar em contato com a superfície do alimento e é arrastado pelo ar em movimento, criando um gradiente de pressão, que é o fator responsável pela eliminação de água.

A velocidade de secagem é definida como a velocidade de transferência de umidade do material sólido para a corrente de ar de secagem, por área de material a ser secado. Assim, são fatores importantes o modo como o calor se propaga até o sólido e no seu interior, além de como o vapor se difunde na fase gasosa e como a umidade se desloca no material sólido (AGUIRRE e GASPARINO, 1999).

A radiação térmica é o processo pelo qual o calor é transferido quando os corpos estão separados no espaço. A energia radiante não precisa de qualquer meio para se propagar, embora seja mais eficiente no vácuo (PEREIRA, 2001).

De acordo com Ferreira (2004), o potencial de utilização da energia solar para secagem de produtos agrícolas depende do nível de desenvolvimento econômico do país. Nos países desenvolvidos, o grande volume de produção exige que as etapas de secagem e armazenamento ocorram rapidamente após a colheita. Dessa forma, os secadores convencionais são os mais utilizados, embora o consumo de energia seja consideravelmente alto. Para atender à demanda de produção, considerando a tecnologia atual, a secagem solar requer a utilização de secadores caros para suprir as oscilações climáticas, o que inviabiliza o processo. A secagem solar nesses países somente será interessante quando se conseguir uma redução dos custos de operação, mantendo a eficiência e a confiabilidade.

Nos países em desenvolvimento, a falta de sistemas apropriados de conservação e armazenamento acarreta grandes prejuízos na agricultura. A secagem ao sol é o método mais utilizado, embora seja lento e provoque perdas na qualidade causadas pela infestação de insetos, roedores e pássaros, por reações enzimáticas e reabsorção de umidade em períodos chuvosos. Os secadores solares são uma alternativa relevante para superar esses problemas. Podem ser construídos a um baixo custo, utilizam uma fonte energética gratuita, os produtos desidratados são de qualidade superior, comparando-se com a secagem diretamente ao sol e são

economicamente viáveis para os pequenos produtores, o que, conseqüentemente, torna a secagem uma atividade lucrativa para esses produtores (FERREIRA, 2004).

Na escolha de um secador, deve-se considerar fatores como: as propriedades do alimento a ser desidratado; as características de secagem, como tipo de umidade, conteúdo de umidade inicial e final, temperatura e tempo; o fluxo de material; as qualidades do produto desidratado e a disponibilidade de recursos (AGUIRRE e GASPARINO, 1999).

Segundo Ferreira (2004), os secadores solares são aqueles onde o ar é aquecido através da energia solar. Na classificação desses equipamentos podem ser utilizados vários critérios. De acordo com o fluxo de ar, os secadores solares podem ser passivos, quando o escoamento de secagem ocorre por convecção natural, ou ativos, quando o escoamento de ar é gerado por convecção forçada. Quanto à exposição do produto à radiação solar, os secadores integrados são constituídos por uma câmara de secagem localizada na mesma estrutura da superfície absorvedora, de forma que o produto receba insolação direta. Nos secadores distribuídos, a câmara de secagem é uma estrutura independente e o produto não recebe incidência da radiação solar. Os secadores mistos são aqueles onde a câmara de secagem é uma estrutura independente da superfície absorvedora, mas possui uma cobertura translúcida que permite que o produto receba aquecimento solar.

Nesse contexto, o objetivo desse trabalho foi realizar a avaliação comparativa do processo de secagem no secador híbrido solar-elétrico e em estufa para a desidratação de morangos e estudar a viabilidade da aplicação do morango desidratado em iogurtes, chás, entre outros.

MATERIAIS E MÉTODOS

Equipamentos

A secagem de morangos foi realizada em dois tipos de equipamentos: estufa (secador de bandejas) e secador híbrido solar-elétrico.

O secador híbrido solar-elétrico utilizado é do tipo ativo ou passivo distribuído, dependendo se o exaustor estiver ou não ligado. Construído a partir de materiais reciclados, é formado por um coletor solar de ar e uma câmara de secagem, conforme mostrado na Figura 1.



Figura 1 – Secador Híbrido Solar-Elétrico.

O coletor solar é feito de chapa galvanizada, com a parte interna de cor preta, isolamento térmico de lã de vidro e apresenta cobertura de vidro. A câmara de secagem também é feita de chapa galvanizada isolada com lã de vidro e possui telhado de zinco.

No coletor, o ar à temperatura ambiente sofre elevação da temperatura, que pode variar de 5° C a 40° C. Ao entrar na câmara de secagem, ocorre a complementação do aquecimento pelo sistema elétrico, devidamente controlado por um termostato, para se manter a temperatura constante. Após passar pelo produto e retirar umidade, o ar sai do secador por convecção natural ou através do exaustor instalado no topo. A inclinação do coletor é 30° para o norte, de forma que a energia captada pela superfície seja máxima durante o ano.

O secador de bandejas utilizado é uma estufa de secagem com renovação de ar da marca Tecnal, modelo TE-39414. Consiste em uma câmara com isolamento térmico apropriado, com circulação forçada de ar.

Processamento

O processamento foi realizado conforme o fluxograma de secagem de morangos mostrado na Figura 2.

Na recepção, realizou-se uma análise visual do lote recebido. Os morangos foram então selecionados de acordo com a qualidade, descartando-se os produtos injuriados e deteriorados.

As frutas foram lavadas em água corrente para remoção das sujidades.

A etapa de corte foi realizada manualmente utilizando faca de aço inox. Retirou-se as folhas e em seguida, os morangos maiores foram cortados em oito partes e os menores, em quatro partes, de forma a se obter pedaços de aproximadamente 1,2g e acelerar o processo de secagem.

Todas as etapas foram realizadas de forma a se aproximar o máximo possível da realidade do pequeno produtor.

Para o procedimento de secagem em estufa, realizou-se dois tipos de pré-tratamento: desidratação osmótica e branqueamento. Para a desidratação osmótica, as frutas foram colocadas em solução de sacarose com concentração 61,5° Brix por 20,5 h, com o objetivo principal de melhorar o sabor do produto. No branqueamento, os morangos foram tratados com vapor a 100°C por 3 minutos e em seguida, resfriados através da aplicação de ar frio por 3 minutos. O branqueamento inativa as enzimas que provocam o escurecimento e contribui para minimizar as perdas de sabor e aroma.

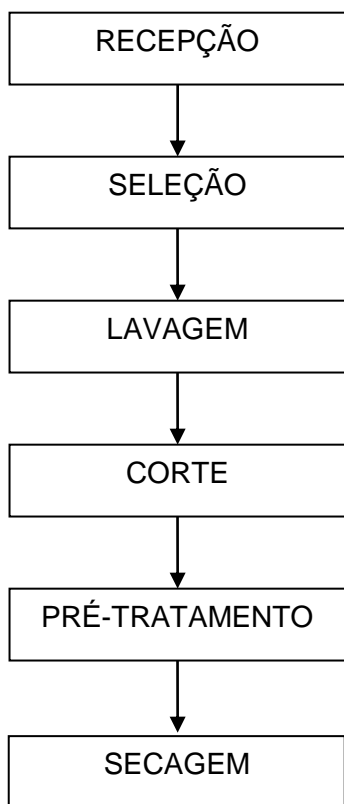


Figura 2 – Fluxograma Secagem de Morangos.

Três tipos de amostras (desidratadas osmoticamente, branqueadas e sem pré-tratamento) foram colocadas em peneiras devidamente identificadas, foram pesadas e, em seguida, levadas à estufa com circulação de ar. A temperatura oscilou entre 80-86°C. Durante o processo, realizou-se rodízio entre as peneiras para se obter uma secagem mais homogênea.

Para a desidratação no secador híbrido solar-elétrico, o branqueamento foi o único pré-tratamento utilizado uma vez que na secagem em estufa, essas amostras secaram mais rapidamente do que as amostras submetidas à desidratação osmótica. As amostras receberam vapor a 100°C por 3 minutos e foram resfriadas com ar frio por 5 minutos. Amostras branqueadas e amostras sem pré-tratamento foram colocadas em peneiras devidamente identificadas, pesadas e levadas para o secador híbrido. A temperatura foi programada para 80°C através do termostato. Devido à presença de uma placa de metal entre as lâmpadas e as bandejas com produto, o termostato media uma temperatura maior do que a temperatura real de secagem.

A secagem solar foi realizada nos dias 22 e 23 de março de 2006. O céu apresentou-se nublado a maior parte do tempo. No primeiro dia, iniciou-se a secagem às 11 h e, após se perceber que algumas amostras estavam mais secas que outras, iniciou-se o rodízio das peneiras. A parte direita do secador estava com 7 lâmpadas ligadas e a parte esquerda, com 8 lâmpadas. Mesmo assim, a parte direita aquecia mais que a parte esquerda, provavelmente devido ao fluxo de ar no interior do secador. Às 16h a secagem foi interrompida devido à chuva. Embora a câmara de secagem seja totalmente protegida, decidiu-se pela interrupção porque não seria aconselhável deixar as amostras no secador, uma vez que este se localiza na parte externa da planta piloto. No dia seguinte, continuou-se a secagem das 10 h às 12h. Os produtos foram retirados das peneiras e embalados em sacos de polietileno de alta densidade.

No processo de secagem solar, o exaustor do sistema não foi ligado. As temperaturas na parte inferior e no centro da câmara, na saída da placa coletora, e a temperatura ambiente foram medidas em intervalos regulares de tempo utilizando um termômetro. A velocidade do ar na entrada do coletor também foi determinada regularmente utilizando um anemômetro.

O produto final obtido na secagem solar sem pré-tratamento foi aplicado na fabricação de iogurte com pedaços de morango desidratado e testado para a fabricação de chá.

Determinação da umidade inicial

Para a determinação da umidade inicial, pesou-se aproximadamente 5 g de amostra, em triplicata, e colocou-se em uma estufa a 105°C por 5 h, quando se obteve peso constante. A umidade inicial obtida foi 93,3%.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Curvas de secagem

Secagem em estufa

Foram obtidas curvas de secagem para cada pré-tratamento realizado.

O teor de umidade de cada amostra diminui com o tempo, conforme mostrado na Figura 3. O decréscimo ocorreu mais rapidamente nas amostras submetidas ao branqueamento. Após 195 min de secagem em estufa, os morangos branqueados e sem tratamento atingiram a umidade desejada. O mesmo não aconteceu com os morangos submetidos à desidratação osmótica. Entretanto, estes apresentaram sabor agradável, levemente adocicado. Dessa forma, para que o processo ocorra mais rapidamente, somente amostras sem tratamento e branqueadas foram processadas no secador solar.

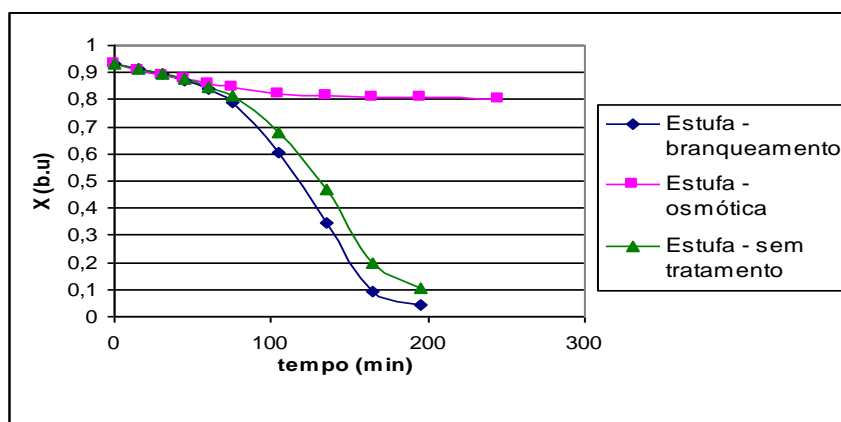


Figura 3 – Variação da umidade com o tempo para secagem em estufa.

A Figura 4 mostra que, para todos os pré-tratamentos, a taxa de secagem é alta no início e decresce ao longo do tempo. O pico ocorrido aproximadamente em 100 min coincide com o período em que houve maior intervalo entre as pesagens e, portanto, a estufa permaneceu fechada por mais tempo.

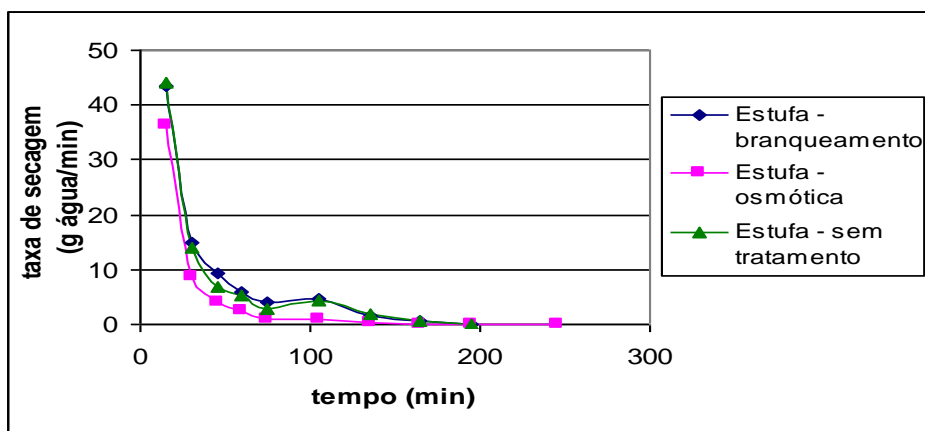


Figura 4 – Variação da taxa de secagem com o tempo para secagem em estufa.

De acordo com a Figura 5, o gráfico não indica a presença do período de taxa constante. Desta forma, apenas a umidade ligada está presente no morango e o movimento do líquido é controlado por difusão.

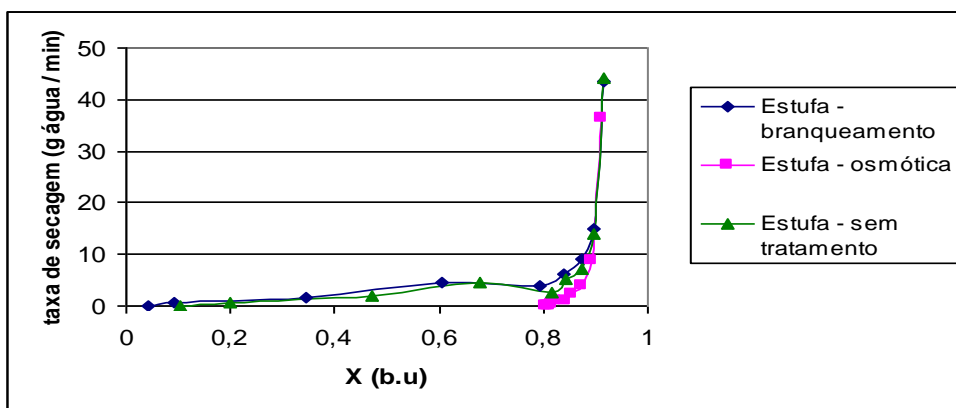


Figura 5 – Taxa de secagem em função do teor de umidade para secagem em estufa.

Karathanos e Belessiotis (1997), ao realizarem a secagem de uvas, figos, ameixas e damascos em um secador de bandejas, também observaram que a maioria dos produtos secou no período de taxa decrescente.

As amostras sem tratamento e branqueadas apresentaram aparência semelhante, textura crocante, cor vermelho vivo, sem escurecimento, conforme mostrado na Figura 6. Apresentaram também, aroma característico acentuado.



Figura 6 – Morangos sem tratamento após secagem em estufa.

Secagem solar

As curvas de secagem para morango no secador híbrido solar-elétrico estão apresentadas nas Figuras 7, 8 e 9.

A umidade decresce em função do tempo, conforme mostrado na Figura 7. Para amostras sem tratamento, a diminuição ocorreu mais rapidamente.

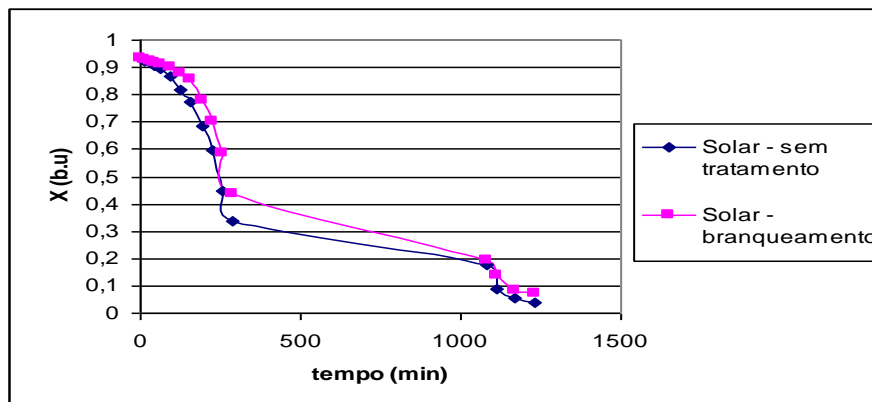


Figura 7– Variação da umidade com o tempo para secagem solar.

A taxa de secagem é alta no início do processo e diminui ao longo do tempo, conforme mostrado na Figura 8. O decréscimo ocorre porque a água eliminada vem do interior do alimento e não mais da superfície. Pode-se observar que não houve diferenças significativas entre as amostras sem tratamento e branqueadas.

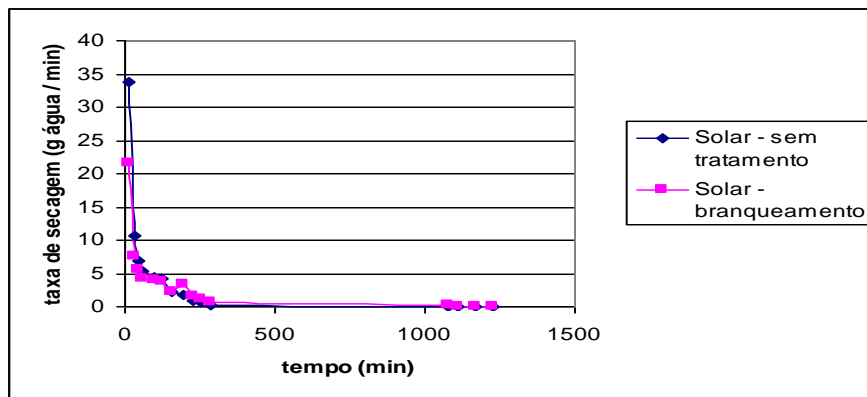


Figura 8 – Variação da taxa de secagem com o tempo para secagem solar.

A Figura 9 apresenta uma curva de secagem para morangos com e sem branqueamento, no secador híbrido solar-elétrico. Pode ser observado que não há o período de taxa constante, evidenciando que somente a umidade ligada está presente e é removida pelo processo de secagem.

O mesmo foi observado por Doymaz (2005), ao realizar a secagem solar de figos, na qual o processo de secagem ocorreu no período de taxa decrescente.

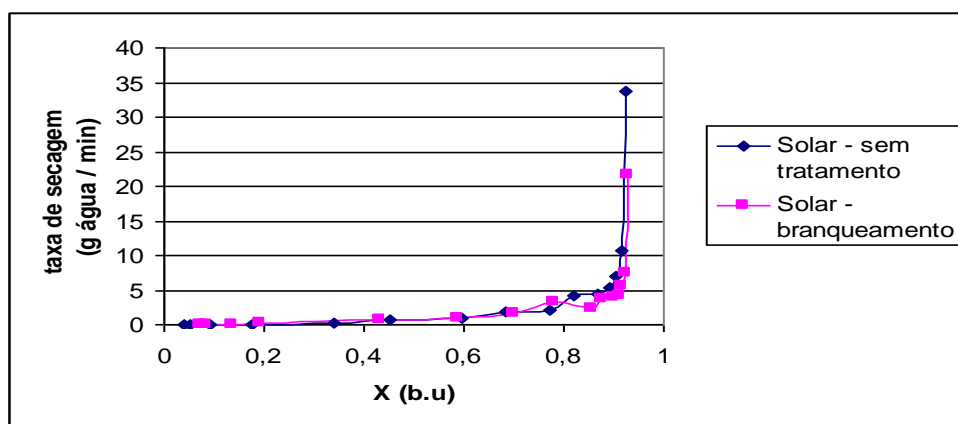


Figura 9 – Taxa de secagem em função do teor de umidade para secagem solar.

O produto final obtido na secagem solar foi semelhante quanto aos tratamentos. De acordo com a Figura 10, o morango apresentou cor vermelho brilhante, sem escurecimento. Além disso, o produto apresentou textura crocante e aroma agradável.



Figura 10 – Morangos sem tratamento após secagem solar.

Comparação da secagem solar e secagem em estufa

Para comparar os dois tipos de secagem foram obtidas as curvas de secagem a partir dos resultados do experimento.

A Figura 11 apresenta a variação da umidade em função do tempo para a secagem solar e em estufa. Pode-se afirmar que para a secagem em estufa, o branqueamento acelerou o processo de secagem e para a secagem solar, as amostras sem tratamento secaram mais rapidamente. Com aproximadamente 285 min, a secagem solar reduziu a umidade para a faixa de 30-40% e assim, a maior parte da água foi eliminada no primeiro dia.

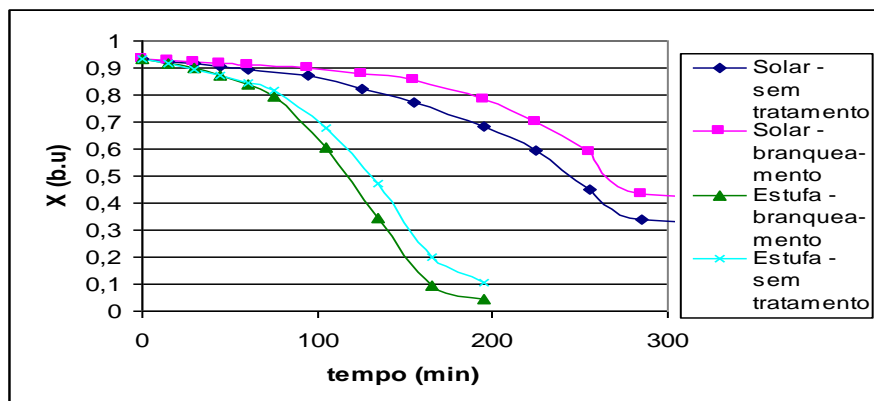


Figura 11 – Variação da umidade com o tempo para secagem solar e em estufa.

A Figura 12 apresenta a variação da taxa de secagem com o tempo para a secagem solar e em estufa. Pode ser observado que para todos os processos, a taxa de secagem diminui em função do tempo. O aumento na taxa de secagem em certos pontos deve-se ao período em que a estufa permaneceu fechada por mais tempo, ou seja, maior intervalo de pesagem. A velocidade de secagem no início é semelhante para os dois processos (solar e estufa), indicando que a temperatura de 60°C alcançada no secador solar foi suficiente para remover a umidade superficial do produto da mesma forma como ocorreu na estufa a 80°C. Com o decorrer do processo, a temperatura de 80°C favoreceu a retirada de umidade do interior do produto por difusão, o que resultou em taxas de secagem maiores. Além disso, a estufa apresenta condições mais controladas comparando-se com o secador híbrido, que depende fortemente das condições climáticas e do tempo de resposta do termostato às variações de temperatura.

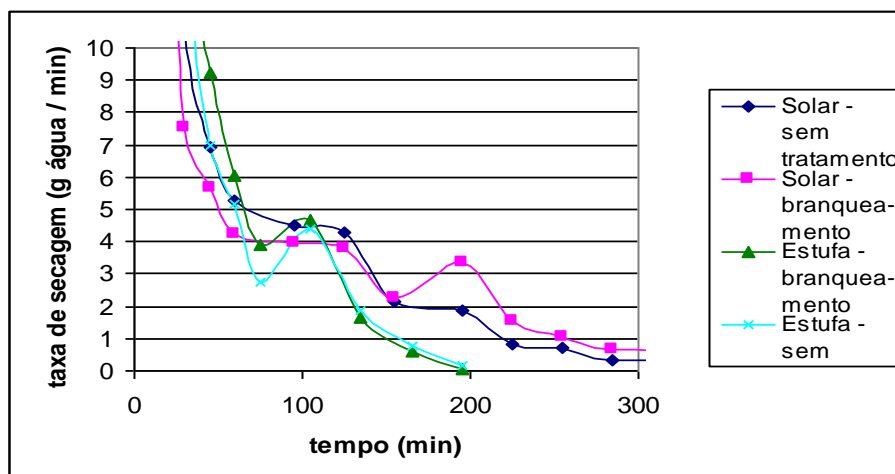


Figura 12 – Variação da taxa de secagem com o tempo para secagem solar e em estufa.

A Figura 13 apresenta a taxa de secagem em função do teor de umidade para a secagem solar e em estufa. Pode ser observado que os processos não apresentam período de taxa constante. O processo em estufa apresenta maior taxa de secagem do que o processo no secador solar, mas a secagem solar também é satisfatória.

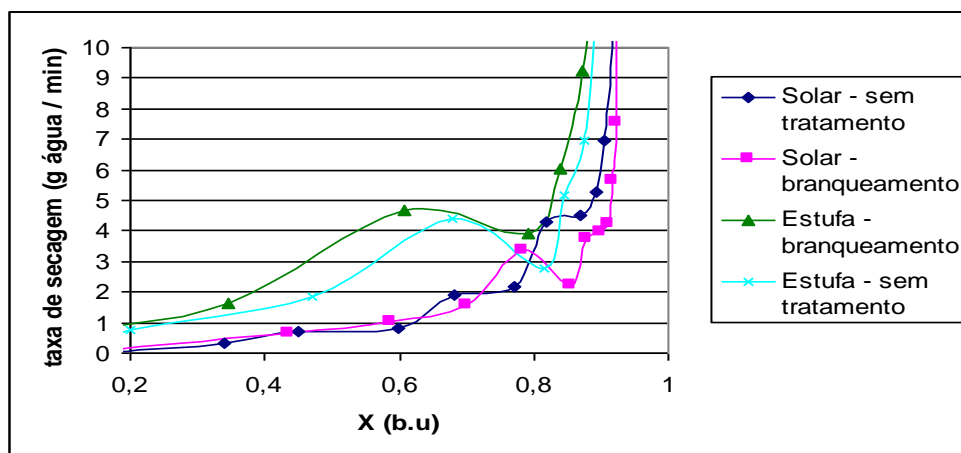


Figura 13 – Taxa de secagem x teor de umidade para secagem solar e em estufa.

Análises físico-químicas

O teor de cinzas foi determinado utilizando a mufla a 550° C. Para a determinação proteica, aplicou-se o método de Kjeldahl. Carboidratos totais e redutores foram determinados através de titulação de oxi-redução somente para o morango desidratado por meio da secagem solar. A umidade foi determinada em estufa a 105°C. Os resultados são mostrados no Quadro 1.

Quadro 1 – Composição Físico-Química para o Morango Seco.

	Estufa (sem pré-tratamento)	Estufa (branqueamento)	Solar (sem pré-tratamento)
Cinzas (%)	1,738	1,625	1,395
Umidade (%)	15,794	15,32	17,93
Proteínas (%)	7,672	8,428	7,979
Carboidrato total (%)	-	-	67,77
Carboidrato redutor (%)	-	-	16,68

Comparando os dois tipos de secagem, não há grandes diferenças quanto aos teores de cinzas, umidade e proteínas.

Análise sensorial

Realizou-se análise sensorial do iogurte de fruta com pedaços de morango seco. O teste de aceitação do produto foi feito por 28 julgadores. Para avaliar as características de acidez, aroma e

sabor empregou-se a escala gostou, não gostou nem desgostou e desgostou. A intenção de compra foi avaliada através da escala compraria, não sabe e não compraria.

O painel sensorial mostrou que 64% dos provadores revelaram ter gostado do sabor e do atributo acidez da amostra; 68% dos julgadores gostaram do aroma e 54% das pessoas que degustaram seriam potenciais compradores do produto.

CONCLUSÃO

O secador híbrido solar-elétrico mostrou-se eficaz para a secagem de morangos. Comparando-se com a secagem em estufa, os produtos apresentaram aparência semelhante, cor vermelha intensa, sem escurecimento, textura crocante e aroma característico.

Avaliando o branqueamento, a desidratação osmótica e a secagem sem pré-tratamento, as amostras sem pré-tratamento são mais adequadas para o uso pelo pequeno produtor, considerando que não há nenhum custo adicional ao processo e o produto final não é inferior quanto à qualidade.

A desidratação osmótica conferiu um sabor doce satisfatório ao produto. Para pesquisas posteriores, sugere-se usar uma temperatura maior que 80°C no início do processo para otimizar a secagem.

Sugere-se que sejam realizados estudos sobre um método mais eficiente para cortes, para evitar que alguns pedaços sequem mais rápidos e, conseqüentemente, ocorram interferências no resultado final da umidade.

O termostato para controlar a temperatura na câmara de secagem mede uma temperatura maior que a temperatura real de secagem. Regular o termostato para uma temperatura maior que a desejada é uma possível solução para esse problema. Além disso, retirar a placa de metal situada entre as lâmpadas e a câmara de secagem possibilitará um controle maior da temperatura e aumentará o fluxo de ar no secador.

O morango seco foi aplicado na fabricação de iogurte com pedaços de frutas. A análise sensorial comprovou que a maioria dos julgadores gostou das características de sabor, aroma e acidez e que comprariam o produto.

A secagem de morangos no secador híbrido é uma alternativa viável para os pequenos produtores, o que é justificado pela boa qualidade sensorial do produto desidratado, possibilidade

de aplicação em outros produtos como iogurtes, e redução das perdas devido ao desperdício da fruta *in natura*.

REFERÊNCIAS

AGUIRRE, J.M.; GASPARINO, J. **Desidratação de frutas e hortaliças**. Campinas: [s.n.], 1999. 205p.

CARVALHO, S. P. et al. **Morango**: Cultivo convencional, segurança alimentar, cultivo orgânico. Departamento Técnico EMATER-MG. Belo Horizonte: 2005.

DIAS, M. C. **Desperdício de alimentos**. Brasília, 2003. Disponível em: <www.correiobraziliense.com.br>. Acesso em: 10 dez. 2005.

DOYMAZ, I. Sun drying of figs: an experimental study. **Journal of Food Engineering**, Istanbul, v. 71, p. 403-407, dez. 2005.

FERREIRA, A. G. **Energia solar aplicada à secagem de alimentos**. 1. ed. Belo Horizonte: 2004. 86 p.

FELLOWS, P. **Tecnología del procesado de los alimentos**: Principios y prácticas. Zaragoza: Acribia, 1994. 549 p.

KARATHANOS, V.T.; BELESSIOTIS, V.G. Sun and artificial air drying kinetics of some agricultural products. **Journal of Food Engineering**, Aghia Paraskevi, v.31, p. 35-46, jan. 1997.

PEREIRA, E. M. D. **Energia solar térmica**: instalações solares de pequeno porte. Belo Horizonte: Puc Minas, 2001. 158p.