Secagem da camomila [*Chamomilla recutita* (L.) Raeuchert] com cinco temperaturas do ar

Borsato A.V.[1]; Doni-Filho L.[1]; Ahrens D.C.[2]
[1]Universidade Federal do Paraná (UFPR) - Produção Vegetal, R. dos Funcionários, 1540, Curitiba - PR, 80.035-050, borsatoav@yahoo.com.br; [2]Instituto Agronômico do Paraná (IAPAR), Ponta Grossa - PR.

RESUMO: A camomila é a espécie medicinal mais cultivada e comercializada no Brasil. No Estado do Paraná é produzida desde do início do Século XX, trazida pelos imigrantes europeus. É colhida com cerca de 80% de teor de água e seca até próximo de 10% em secadores de poucos recursos, de camada fixa. Na secagem há um paradoxo: enquanto considera-se que a temperatura de secagem não deve ser superior a 38°C, os produtores utilizam temperaturas muito mais elevadas. E isso tem servido de elemento de controvérsia e para influir nos preços. Com o objetivo de verificar o efeito da temperatura sobre a secagem da camomila, verificou-se a perda de água e o teor de óleo essencial durante o processo, com temperaturas do ar de 35, 50, 65, 80 e 95º C. Utilizou-se delineamento experimental inteiramente casualizado com quatro repetições. Por meio de regressões polinomiais (P£0,01) foram elaboradas curvas de secagem em cada experimento executado. Dessa forma foi possível concluir que: a) maiores taxas de secagem são obtidas com o aumento da temperatura do ar; b) a remoção de água é progressivamente maior ao longo do processo de secagem da camomila; c) a remoção do teor de óleo essencial da camomila é inevitável e o aumento da temperatura do ar de secagem antecipa essa perda; d) a taxa de perda do óleo essencial da camomila é acentuada no início do processo, seguida de um "platô" e novamente acentuada no final da secagem; e) durante o processo de secagem, a diminuição do teor de água difere da redução do teor de óleo essencial; f) as temperaturas de 35, e 50º C são insuficientes na secagem da camomila, bem como não impedem a perda de óleo essencial; g) as temperaturas de 80 e 95º C proporcionam maior taxa de secagem, porém a última conferiu cor caramelo (indesejável) na camomila; h) o teor de óleo essencial é reduzido durante as condições estudadas, porém mais atenuada com 80º C.

Palavras-Chave: *Chamomilla recutita* (L.) Raeuchert, óleos essenciais, teor de água.

ABSTRACT: Drying of chamomile [*Chamomilla recutita* (L.) Raeuchert] under five air temperatures. Chamomile is the medicinal species more cultivated and marketed in Brazil. The production of the chamomile in Parana State started on the XX Century, brought by the European immigrants. It is harvested with about 80% of moisture content and it evaporates until 10% in dryers of layers. A paradox in the drying process is observed: the drying temperature should not go over 38º C, but the producers use higher temperatures. The paradox generates a controversy and influences the prices. The objective of this study was to verify the effect of the temperature (35, 50, 65, 80, and 95º C) on chamomile drying, monitoring the loss of moisture and essential oil content during the process. A randomized experimental design was used with four repetitions. Through polynomials regressions (P£0,01) drying curves were elaborated for each experiment. We concluded that: a) larger drying rates are obtained increasing the air temperature; b) the removal of moisture is progressively larger along the drying process of the chamomile; c) the removal of the essential oil content of the chamomile is inevitable and it increases with the air temperature; d) the rate of loss of the essential oil content of chamomile is accentuated in the beginning of the process, followed by a "plateau", and again it is accentuated at end of the drying; e) during the drying process, the decrease of the moisture content is not correlated with reduction of the essential oil content; f) the temperatures of 35 and 50º C are insufficient for chamomile drying and they do not prevent the essential oil loss; g) the temperatures of 80 and 95º C provide larger drying rate, however, the last resulted on caramel color (undesirable) of chamomile; h) the essential oil content is reduced at the studied conditions, however more attenuated under 80º C; i) it is recommended to verify the effect of the drying at air temperatures between 65 and 80º C.

Key words: *Chamomilla recutita* (L.) Raeuchert, *Matricaria chamomilla*, essential oils, moisture content.

Recebido para publicação em 15/07/2003
Aceito para publicação em 17/11/2004

https://doi.org/10.70151/t9vwyn85

INTRODUÇÃO

A camomila (*Chamomilla recutita* (L.) Rauschert L.), é a espécie medicinal mais cultivada no mundo (Corrêa Junior, 1994). Há mais de um século, imigrantes europeus trouxeram para o Brasil o hábito de consumo desta planta, as primeiras sementes e técnicas de cultivo. O Estado do Paraná é o maior produtor nacional. Esta produção concentra-se no Município de Mandirituba (Pesch, 2000; Costa, 2001).

Na camomila foram identificados mais de 120 constituintes químicos como metabólitos secundários, sendo 28 terpenóides, 36 flavonóides e 52 outros compostos com potencialidade farmacológica (Salamón, 1992; Alonso, 1998) denominados genericamente de óleo essencial. Destacam-se o bisabolol e o camazuleno como as substâncias com propriedades mais bio-ativas. O óleo essencial da camomila está localizado nas estruturas florais, em tricomas glandulares periféricos e em canais secretores na porção interna das estruturas florais (Farmacopéia Brasileira, 1996; Simões & Spitzer, 1999). Estas estruturas internas são constituídas de paredes mais espessas e resistentes, o que pode dificultar seu rompimento e, em conseqüência, a perda de algumas substâncias que constituem o óleo essencial da camomila.

O teor de óleo varia com a idade da planta, hora do dia e geneticamente; além das operações de pós-colheita (Martins *et al.*, 1995). O mínimo da droga vegetal é 0,4% (Farmacopéia Brasileira, 1996). A composição do óleo e o rendimento da cultura são influenciados pelas práticas agronômicas. Estas visam à produção abundante e homogênea de matéria-prima, preservando a espécie e a biodiversidade (Ikuta, 1993). Costa (2001) relaciona alguns pontos de estrangulamento do seu processo produtivo para a obtenção de matéria-prima de qualidade. Grande destaque foi dado à secagem, uma vez que este processo está sendo feito sem monitoramento adequado, seja pela inexistência de estudos seja pela inacessibilidade a eles.

Sendo a colheita da camomila realizada com teor de água entre 80-90%, requer a secagem artificial imediata até níveis próximos de 10%, de modo a conservar as suas propriedades originais, evitando a proliferação de microrganismos (fungos, bactérias e leveduras) e reduzir a ação enzimática (Arata, 1998; Saraiva & Horn, 1998). Assistidos pelo órgão oficial de assistência técnica rural, os agricultores têm sido instruídos a secar a camomila em temperaturas que variam entre 35-38º C, de modo a evitar a volatilização das substâncias constituintes do seu óleo essencial (Corrêa Junior, 1994; Costa, 2001), embora seja desconhecida qualquer fundamentação teórica de tais recomendações. Entretanto, o valor comercial da camomila jamais foi determinado pela quantidade de óleo essencial, o que leva os agricultores a ignorar a complexidade do processo de secagem, ocasionando, via de regra, perdas de substâncias voláteis arrastadas pelo vapor de água dos capítulos florais. Soma-se a isso a utilização de modelos de secadores com poucos recursos, originalmente usados na secagem de grãos e sementes de espécies não medicinais.

Neste sentido, o paradoxo vem sendo observado em relação à utilização de temperaturas do ar de secagem. Embora aceitando teoricamente os valores de 35-38º C, os agricultores constataram empiricamente que as recomendações são impraticáveis, devido ao volume de produção e a infra-estrutura disponível da maioria dos produtores de camomila, e usam temperaturas entre 60-110º C. Mas não há monitoramento adequado da temperatura do ar de secagem nem dos teores de água ou do óleo essencial da camomila. A diminuição quantitativa do óleo essencial é superior a 50% (Costa 2001).

Autores argentinos relatam que a temperatura do ar de secagem estacionária de camomila varia entre 30 a 70º C, sendo considerada como temperatura ideal a de 67º C, porque permite a pasteurização do material desidratado, evitando a proliferação de microrganismos (Ginieis, 1992; Curioni & Alfonso, 1996). De maneira geral, Page & Stearn (1992) recomendam secagem rápida, com calor moderado, livre circulação de ar e ausência de luz solar para evitar a alteração da cor.

Em relação a outras espécies produtoras de substâncias voláteis, estudos realizados com menta (*Menta piperita* L.) mostram que a secagem com temperaturas superiores a 40º C é altamente prejudicial ao teor e composição química do seu óleo essencial (Blanco *et al.*, 2000a). Os mesmos autores num estudo com alecrim (*Rosmarinus officinalis* L.) afirmam que a secagem com temperaturas de até 60º C não influencia na composição química do seu óleo essencial, mas o rendimento foi reduzido em temperaturas superiores à 40º C. Quanto ao estudo da secagem de capim-limão [*Cymbopogon citratus* (DC.) Stapf], Martins *et al.* (2000) observaram efeito negativo no rendimento e positivo na composição química do óleo essencial com o aumento da temperatura até 60º C. Esta temperatura também foi considerada como limite ótimo durante a secagem de citronela (*Cymbopogon winterianus* Jowitt) em relação ao rendimento e composição química do seu óleo essencial (Rocha *et al.*, 2000).

Entretanto, esta faixa de temperaturas (40-60º C) recomendada pode favorecer as atividades enzimáticas como o pardeamento (Horn *et al.*, 1998), havendo a necessidade de maior corrente de ar forçado ou secar por alguns minutos em temperaturas entre 100-120º C para promover a estabilização e interromper os processos enzimáticos (Muñoz, 1993).

Em geral, uma vez realizada a colheita da camomila, a secagem deve iniciar-se imediatamente,

colocando-se em camadas pouco espessas e não compactadas para permitir a livre passagem do ar e, conseqüentemente obter maior taxa de secagem. O processo de secagem pode evoluir de maneira adiabática, quando o material perde água para o ar, as temperaturas do material e do ar decrescem até chegar ao equilíbrio, com umidade relativa de 100%. No decorrer do processo, os gradientes de potencial químicos da água na massa e no ar tendem a diminuir até anular-se. Com o aporte energético ao sistema, aumenta a pressão de vapor da massa, facilitando a secagem devido ao aumento do gradiente de potencial entre a massa e o ar circundante (Doria & Andrés, 1998).

Os diferentes graus em que a água está ligada determina sua atividade de água a qual é função dos efeitos coligativos, efeito de capilaridade e interação superficial (Curioni, 1998). Em relação à inflorescência de camomila Ginieis (1992) menciona três tipos de água. A primeira água é a do orvalho, quando a colheita é realizada desde o entardecer até a manhã seguinte, para a qual recomenda-se expor a altas temperaturas para uma rápida extração. A segunda água é a que ocupa os espaços intersticiais, que se deve extrair com temperaturas moderadas deixando a massa semi-úmida. A terceira água constitui as células e sua extração deve ser a baixas temperaturas, pois do contrário poderá favorecer a evaporação dos óleos essenciais. Já o teor de água adequado para a comercialização da camomila, o mesmo autor relata variação da umidade segundo a qualidade dos produtos obtidos, recomendando teores de 12% nas inflorescências de consumo *in natura* e para fins industriais de 10 a 13%.

Diante destas informações generalizadas, insuficientes e, muitas vezes equivocadas, torna-se evidente que o processo de secagem da camomila ainda é precário, carente de estudos mais específicos, a fim de gerar informações mais consistentes, atuais e adequadas à realidade do processo produtivo.

A temperatura utilizada na secagem influi na remoção da água e esta carrega consigo, ao ser retirada, óleo essencial. A temperatura é também um determinante na vaporização dos compostos voláteis que fazem parte do conjunto denominado "óleo essencial". A temperatura influi também na pressão de vapor do ar de secagem, consequentemente, no processo da secagem. Assim é de se esperar que determinada faixa de temperatura seja mais adequada no sentido de menores perdas de óleo e tecnicamente viável.

Desta forma, este estudo teve como objetivo verificar o processo de secagem estacionária da camomila com cinco temperaturas do ar, monitorando os teores de água e de óleo essencial ao longo do processo.

MATERIAL E MÉTODO

No Município de Mandirituba a colheita da camomila foi feita entre os meses de outubro e dezembro ano de 2000, com carrinho de tração animal, e com teor de água entre 77-82%. Depois de transportada, foi classificada por meio de peneiras com furos circulares de 0,02 m de diâmetro, separando os capítulos florais soltos (denominada comercialmente "primeira") daqueles presos nos ramos (denomina "mista"). Cerca de 20 kg de camomila de primeira, foram colocados em sacos de ráfia e transportados para o Laboratório de Análise e Tecnologia de Sementes da Universidade Federal do Paraná, Curitiba – PR.

Os capítulos florais foram homogeneizados e separados em cinco partes iguais. As bandejas com dimensões 0,6 x 0,6 x 0,1 m, fundo constituído de chapa com furos com 0,025 m de diâmetro, revestido com tela de *nylon,* área vazada maior que 30%. Cada bandeja comportou 4 kg de camomila úmida com a altura de camada de 0,1 m. A seguir foram colocadas em suas respectivas câmaras de secagem.

A secagem do tipo estacionária, com ar aquecido forçado, foi efetuada por meio do protótipo constituído de cinco câmaras de secagem cujas dimensões internas individuais são 0,6 x 0,6 x 0,7 m. Utilizando-se uma fonte única de calor que era obtido pela queima de gás liqüefeito de petróleo, conduzido para cada câmara mediante tubulação individual de 0,01 m de diâmetro, em chapa galvanizada. Cada câmara era dotada do sistema de aquecimento complementar com resistência elétrica, localizada logo após o ventilador, controladas por um termostato digital (Prowâ CT-300R). Os respectivos sensores localizados no interior da câmara de secagem, suspensos abaixo de cada bandeja. O controle fino da temperatura fez-se por meio de registros de ar não aquecido, do tipo guilhotina, localizados próximo ao ventilador.

A secagem foi iniciada com a execução simultânea dos cinco experimentos, que foram distribuídos dentre as câmaras de secagem. As quatro repetições foram executadas sempre na mesma câmara e em diferentes datas durante o período desta safra da camomila. A amostragem foi feita a partir do tempo zero - considerado testemunha - e em intervalos de duas horas; retirando-se cinco amostras simples de tal maneira que representasse todo o perfil da massa de secagem. A seguir os locais de onde eram sacadas as amostras simples eram reuniformizados. O número de amostragens variou com os experimentos, que eram interrompidos ao percebe-la seca.

No primeiro experimento, a camomila foi submetida a 35°C por 26 horas. O segundo experimento foi conduzido a 50° C por 16 horas. No terceiro experimento, a 65°C por 14 horas. No quarto e no quinto experimentos, a 80 e 95° C, respectivamente, por dez horas.

Os ventiladores responsáveis pelo movimento ascendente do ar que atravessa a massa de camomila

são individuais, permitindo ajuste da vazão específica do ar para cada câmara de secagem. São do tipo centrífugo, com 30 pás curvas para frente medindo 0,015 m de largura e 0,1 m de comprimento, dispostas em círculo, com diâmetro de 0,15 m, movidos por motor elétrico de 1/3 cv com 1745 rotações por minuto, localizados na parte lateral esquerda inferior de cada câmara de secagem. A vazão específica do ar de secagem foi padronizada em 242 $m^3.min^{-1}.t^{-1}$ nos cinco experimentos, adotando-se a fórmula da vazão de fluídos proposta por Halliday *et al.* (1996), a partir da velocidade do ar obtida com anemômetro digital (Kestrelâ-1000), colocado perpendicularmente numa tubulação retilínea de 1 m de comprimento e 0,05 m de diâmetro, acoplada na extremidade de saída do ar de secagem.

As amostras compostas tinham aproximadamente 0,24 kg e logo após a coleta eram homogeneizadas, fracionadas e destinadas à determinação dos teores de água e de óleo essencial. Imediatamente antes de abrir as portas das câmaras para a amostragem, eram registradas as respectivas temperaturas do ar de entrada. Na seqüência, ao abrir as portas das câmaras de secagem, media-se as temperaturas da massa de camomila usando-se um termômetro de bulbo inserido na massa.

O teor de água foi determinado pelo método da estufa a 105 ± 3°C por 24 horas (Brasil, 1992), utilizou-se 0,02 kg de camomila por repetição. O teor de água, expresso em porcentagem de base úmida, foi calculado pela fórmula *% Umidade (U) = 100 (P-p)/(P-t)*, onde: "*P*" é a massa inicial da amostra; "*p*" é sua massa bruta final e "*t*" é a massa do recipiente com sua respectiva tampa (tara).

O óleo da camomila foi extraído pelo método da hidrodestilação utilizando o aparelho do tipo Clevenger (Wasicky, 1963), com quatro horas de extração. O teor de óleo essencial foi expresso em porcentagem em base seca, foi calculado pela fórmula *% Óleo essencial = V / (m-U)x100*, onde: "*V*" é o volume de óleo essencial extraído; "*m*" é a massa da amostra e "*U*" é o teor de água da amostra.

Foi utilizado o delineamento experimental inteiramente casualizado com quatro repetições e tratamentos variando de acordo com cada experimento. Após calcular a análise de variância dos dados, por meio de regressões polinomiais ($P \leq 0,01$) foram elaboradas curvas de secagem por experimento, relacionando o tempo de secagem com os teores de água e de óleo essencial.

RESULTADO E DISCUSSÃO

Os dados obtidos no processo de secagem referentes à temperatura da camomila, temperatura do ar e os teores de água e de óleo essencial da camomila, estão na Tabela 1.

TABELA 1 - Médias dos dados obtidos no processo de secagem da camomila com cinco temperaturas do ar e vazão específica de 242 $m^3.min^{-1}.t^{-1}$. Curitiba, PR. 2000

Experimentos (°C)		Tempo de secagem (h)	Temperatura da camomila (°C)	Temperatura do ar de secagem (°C)	Teor de água na camomila		Teor de óleo essencial	
					(%b.u.)[1]	Perda (p.p.h^{-1})[2]	(%b.s.)[3]	Perda (p.p.h^{-1})[2]
1° experimento		0	25,6	25,6	79,9	-	1,99	-
		2	31,8	35,7	80,1	0,0	1,44	0,28
		4	30,0	34,9	79,3	0,4	0,83	0,31
		6	28,6	35,7	78,8	0,3	0,89	0,00
		8	28,5	35,8	78,4	0,2	1,11	0,00
		10	28,8	35,9	78,4	0,0	0,98	0,07
	35	12	26,1	33,8	76,1	1,2	1,01	0,00
		14	24,5	35,2	75,3	0,4	0,85	0,08
		16	26,5	35,7	74,1	0,6	1,12	0,00
		18	28,0	36,2	71,9	1,1	0,86	0,13
		20	29,0	37,2	68,6	1,7	0,84	0,01
		22	31,3	36,4	65,1	1,8	0,64	0,10
		24	30,7	36,0	58,0	3,6	0,48	0,08
		26	33,7	35,4	50,3	3,9	0,61	0,00
2° experimento		0	24,9	24,9	79,9	-	1,56	-
		2	31,5	49,9	79,5	0,2	1,13	0,22
		4	31,3	50,5	75,8	1,9	0,95	0,09
		6	31,0	50,7	75,3	0,3	1,01	0,00
	50	8	32,4	49,5	72,5	1,4	1,08	0,00
		10	35,3	50,5	69,2	1,7	0,92	0,08
		12	40,0	50,0	57,3	6,0	0,91	0,01
		14	43,8	50,7	41,6	7,9	0,80	0,06
		16	42,8	50,1	22,0	9,8	0,62	0,09

TABELA 1 - Continuação

3º experimento		0	29,6	26,0	79,9	-	1,99	-
		2	37,0	63,9	78,6	0,7	1,02	0,49
		4	36,8	63,4	77,8	0,4	0,78	0,12
	65	6	37,4	65,0	74,4	1,7	1,22	0,00
		8	38,3	65,8	69,3	2,6	0,78	0,22
		10	46,4	65,6	58,5	5,4	0,76	0,01
		12	57,0	64,3	29,8	14,4	0,64	0,06
		14	48,9	65,3	21,1	4,4	0,65	0,00
4º experimento		0	27,7	24,3	79,9	-	1,99	-
		2	39,5	80,6	77,0	1,5	1,11	0,44
	80	4	44,2	80,4	67,5	4,8	0,78	0,17
		6	66,0	79,8	40,9	13,3	0,66	0,06
		8	76,0	81,7	7,7	16,6	0,48	0,09
		10	65,2	80,3	4,4	1,7	0,40	0,04
5º experimento		0	29,8	24,7	79,9	-	1,99	-
		2	48,5	95,3	76,1	1,9	0,96	0,52
	95	4	57,8	94,3	65,5	5,3	0,72	0,12
		6	84,0	97,5	29,1	18,2	0,65	0,04
		8	96,6	96,7	3,6	12,8	0,41	0,12
		10	96,3	96,5	3,5	0,1	0,43	0,00

[1] - Porcentagem em base úmida;
[2] - Pontos percentuais por hora de secagem;
[3] - Porcentagem em base seca.

Ao longo da secagem constatou-se o aumento da temperatura do ar em contato íntimo com a massa de camomila (ou temperatura da camomila) decorrente da temperatura do ar de secagem nos cinco experimentos. No primeiro experimento, embora a temperatura do ar tenha sido constante durante a secagem, a temperatura da camomila oscilou bastante chegando até a diminuir a temperatura no período compreendido entre 4 e 12 horas (Tabela 1). Provavelmente, este fato se deve ao período de acúmulo de energia (calor latente) que moléculas de água necessitam para alterar seu estado físico de líquido ao de vapor, conforme relatos de Kneule (1966).

Nos experimentos utilizando temperaturas de 50 e 65º C, grande oscilação da temperatura da camomila também foi verificada até oito horas de secagem. Após este período a camomila aqueceu rapidamente, porém permanecendo em níveis inferiores à temperatura do ar de secagem. Isto pode estar relacionado à dificuldade de perda de água da camomila em baixas temperaturas do ar, uma vez que nos experimentos a 80 e 95º C, o aquecimento da camomila foi logo nas primeiras horas de secagem, embora apenas no quinto experimento as temperaturas do ar e da camomila foram equivalentes no término da secagem. Daí a importância de um monitoramento concomitante destas temperaturas para que a cinética de secagem da camomila seja compreendida e, inclusive servir como indicativo do momento final do processo.

Estas observações são relevantes quando associadas à perda de água da camomila, sendo que nos mesmos períodos em que a camomila aquece mais rapidamente há uma queda acentuada do teor de água, principalmente no quarto e no quinto experimento onde a taxa de secagem é superior aos demais experimentos. Neste sentido, Cavariani & Baudet (1982) afirmam que a água no estado líquido é constituída de moléculas em constante movimento, o qual é influenciado pela temperatura. O calor estimula a movimentação molecular pela redução das forças de atração, promovendo a formação de vapor d'água. Por analogia, este processo pode ser resultante da troca de energia calórica sensível (ar) e latente (água) até equilíbrio higroscópico, conforme descrito por Borsato *et al.* (1999) e Ahrens *et al.* (2000) para secagem de sementes. Halliday *et al.* (1996) definem calor sensível como a quantidade de calor recebida ou cedida por um corpo com variação de temperatura sem que haja mudança de estado físico. Já o calor latente, os mesmos autores definem como a quantidade de calor recebida ou cedida por um corpo com mudança do seu estado físico sem que haja variação da sua temperatura.

Weber (1995) e Curioni (1998) relatam que os graus em que a água está ligada determina sua atividade de água a qual é função dos efeitos coligativos, efeito de capilaridade e interação superficial. A busca do equilíbrio higroscópico determina a movimentação das moléculas do estado líquido ao de vapor estimulada pela energia calórica vinda do ar. Assim, a movimentação de moléculas de água de dentro para fora da camomila, estimulada pela energia calórica do ar circundante, proporciona a redução do teor de água e, conseqüentemente o aquecimento da mesma.

A taxa de secagem, que é a relação entre o teor de água da camomila e o tempo de secagem pode ser representada por curvas de secagem, calculadas a partir de equações polinomiais, que estimam a tendência do comportamento (cinética) do processo de secagem ao submeter a camomila à diferentes temperaturas do ar. A redução do teor de água é função da massa e das condições do ar ao longo do processo. Em outras palavras, é função da diferença de pressão de vapor entre o ar e a massa, ou ainda de gradientes no potencial da água (Carvalho, 1994; Doria & Andrés, 1998). Normalmente, a secagem é mais eficiente em condições de maior temperatura, maior velocidade e menor umidade relativa do ar (Horn *et al.*, 1998).

Em geral, o processo de redução do teor de água em condições constantes de temperatura, umidade relativa do ar e velocidade do ar, tem período inicial de taxa constante, seguido pelo de taxa decrescente, representado por equações de segundo grau (Hall, 1980; Borsato *et al.*, 1999), o que também foi constatado no estudo com a camomila. Quando foram utilizadas maiores temperaturas no ar de secagem da camomila, mais acentuada foi a redução do teor de água (Figura 1 e Tabela 1), como esperado.

Entretanto, na secagem da camomila a redução do teor de água ocorre somente em taxas progressivas ao longo de todo o processo, conforme Figura 1 e Tabela 1. A perda de água na camomila torna-se mais acentuada à medida que o tempo passa, coincidindo com o aumento da temperatura da massa.

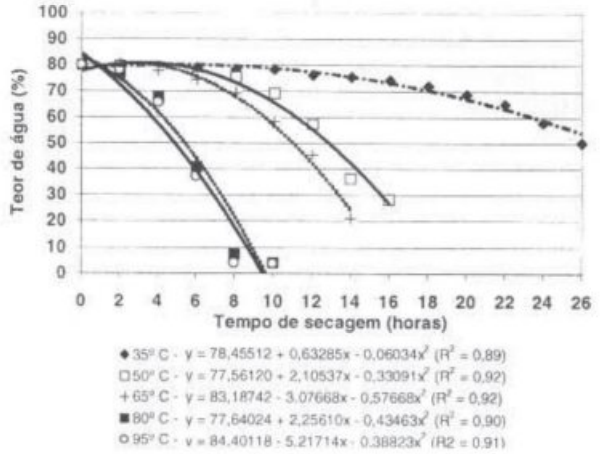


FIGURA 1 – Linhas de tendências relacionando o teor de água e o tempo de secagem, submetendo a camomila com cinco temperaturas do ar. Curitiba, PR. 2000

No primeiro experimento, submetendo a camomila à 35º C no ar de secagem, foi observado pouco acréscimo na taxa de secagem, pois 26 horas após o início da secagem a camomila ainda permanecia com teor de água acima de 50% (Tabela 1). Além disso, nesta temperatura haveria necessidade de maior tempo para secar a camomila até 10% (Ginieis, 1992). Como desvantagem, neste período há grande probabilidade de deterioração da camomila, predisposição ao desenvolvimento de fungos, além de maior consumo de fontes de energia calórica e maior demanda de mão-de-obra. Observa-se na prática, que na camomila mantida em volumes não ventilados internamente, há aquecimento e escurecimento em períodos de tempo muito curto. Dessa forma, este experimento indica que a temperatura de 35º C foi insuficiente no processo de secagem da camomila.

Embora a taxa de secagem tenha superado a do primeiro experimento, os experimentos a 50 e 65º C indicam que estas temperaturas no ar de secagem da camomila também foram insuficientes e, ainda poderiam propiciar atraso na colheita, bem como a predisposição da camomila às condições ótimas ao desenvolvimento de microrganismos, conforme relatos de Muñoz (1993). É prudente que o intervalo entre 65 e 80º C seja estudado.

Nas temperaturas de 80 e 95º C constatou-se maior taxa de secagem em relação aos experimentos anteriores, porém no início do processo a redução do teor de água também foi lenta (Figura 1). Entre estes dois experimentos há semelhança em termos de taxa de secagem, com elevação rápida, chegando ao máximo em 8 horas de secagem (Tabela 1). Assim, temperaturas constantes superiores a 80° C não se justificariam na secagem da camomila. Foi observada uma sobre-secagem, pois o processo foi interrompido somente após 10 horas. A secagem excessiva, bem como a secagem insuficiente, foram difíceis de evitar porque ainda não se dispõe de equipamentos com adequada sensibilidade que assegurem a umidade real e instantânea da matéria-prima em processo de secagem. Normalmente, este parâmetro é apenas estimado visualmente e por meio do tato, sem maiores definições.

Quanto ao teor de óleo essencial seu comportamento também foi verificado em relação ao tempo de secagem com importantes diferenças em relação ao fato ocorrido com o teor de água. De um modo geral, em todos os experimentos a perda do óleo essencial foi mais acentuada (de 30 a 65%) nas primeiras quatro horas de secagem, estabilizando logo

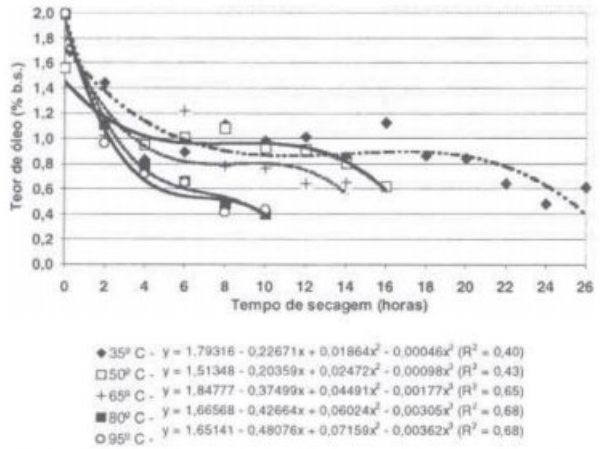


FIGURA 2 – Linhas de tendências relacionando o teor de óleo essencial e o tempo de secagem, submetendo a camomila com cinco temperaturas do ar. Curitiba, PR. 2000

em seguida e aumentando novamente no final da secagem (Figura 2 e Tabela 1). À medida que maiores temperaturas do ar foram utilizadas, mais acentuadas foram as perdas do óleo essencial no início da secagem e, conseqüentemente, menor foi o período de secagem intermediário, caracterizado pelo platô. Além disso, conforme a tendência apresentada pelas curvas, a perda seria maior se continuasse a secagem até 10% de água nos três primeiros experimentos. Entretanto, de um modo geral, os teores finais de óleo essencial foram mantidos ligeiramente acima do mínimo preconizado pela Farmacopéia Brasileira (1996), que é de 0,4%.

Assim, é possível que o teor final de óleo essencial da camomila seja função mais do tempo de secagem do que da temperatura do ar, contrariando relatos de Ginieis (1992) referentes à extração da água constituinte das células da camomila com baixas temperaturas de modo a evitar a evaporação dos óleos essenciais. Desse modo, para as duas maiores temperaturas do ar de secagem, o maior rendimento de óleo foi obtido antes de ocorrer a sobresecagem, provavelmente devido ao menor tempo ou maior taxa de secagem. Este fato é contrário à afirmação de que temperaturas inferiores à 38º C evitariam efeitos drásticos de volatilização do óleo essencial das plantas medicinais, a ponto de não haver mais razão de utilização com fins de cosmético e muito menos medicinal conforme postulado por White (1985) e Corrêa Junior (1994).

No entanto, com 95º C foi detectada alteração na coloração dos capítulos florais da camomila, assumindo coloração caramelo, que é indesejável comercialmente. Isto provavelmente tenha ocorrido em função da elevada temperatura atingida pela camomila já na sexta hora de secagem, quando sua umidade também era elevada (Tabela 1). Estas condições possivelmente propiciaram o rompimento das estruturas celulares constituintes da camomila e, conseqüentemente levando à morte e escurecimento, conforme relatos de Horn *et al.* (1998). Também, o efeito do tratamento térmico na hidrólise e/ou degradação de carboidratos pode ter levado ao escurecimento da camomila (Lasseran, 1982; Bras, 1982). Portanto, a secagem da camomila à 80º C por 8 horas foi considerada a que mais se destacou entre os demais experimentos em relação ao tempo de secagem e, principalmente em relação ao teor final de óleo essencial, além de não ter proporcionado a alteração da coloração da camomila.

Numa análise geral, o rendimento de óleo essencial da camomila é caracterizado por perdas mais acentuadas detectadas logo nas primeiras horas do processo, seguido de um platô e, no final do processo, perdas menos acentuadas, sendo este comportamento representado por equações polinomiais de terceiro grau. Todavia, o coeficiente de determinação não foi satisfatório, para os experimentos com 35 e 50º C. Este fato ocorreu possivelmente devido às limitações do método utilizado para a extração do óleo essencial da camomila, cuja precisão e exatidão, além de não serem características do Clevenger, podem ter sido comprometidas pelo número reduzido de repetições em laboratório. Neste sentido, Povh (2000) relata que embora seja o mais antigo método de destilação, recomendado pela Farmacopéia Brasileira (1996), o mais versátil e, comercialmente, o mais usado no Brasil, proporciona algumas alterações no óleo essencial (hidrodifusão, hidrólise e decomposição pelo calor).

As perdas mais acentuadas do óleo essencial no início da secagem podem estar relacionadas à sua localização predominante em estruturas periféricas (tricomas glandulares) que compõem o capítulo floral da camomila, bem como as localizações nas estruturas internas (canais secretores) podem estar relacionadas a perdas detectadas menos acentuadas no final da secagem. Portanto, o platô estaria representando o período necessário para que as estruturas mais internas fossem atingidas, e o óleo fosse arrastado juntamente com a água por ocasião do processo de secagem.

Outra possível explicação está relacionada à presença de substâncias que constituem o óleo essencial da camomila, independente da sua localização na planta, os quais podem ser volatilizados em maiores proporções no início da secagem devido seus diferentes pontos de evaporação ou peso molecular, enquanto a menor parte deles é volatilizado somente em temperaturas mais elevadas, coincidindo com o final do processo de secagem. Além disso, alguns componentes do óleo essencial da camomila podem ser perdidos simplesmente por meio da alteração de suas estruturas químicas (hidrólise e/ou oxidação), os quais, muitas vezes, não mais podem

ser detectados por hidrodestilação em Clevenger (Povh, 2000).

Acredita-se que menores períodos de exposição da camomila às condições de secagem, possam ser mais interessantes do ponto de vista operacional e comercial. Algum processo de secagem mais rápido pode assegurar teores finais de óleo essencial dentro do limite estabelecido pela Farmacopéia Brasileira, além de evitar o desenvolvimento de atividades enzimáticas e de microrganismos e, ainda, favorecer o processo de colheita da camomila, junto a produtores que dispõe de poucos secadores do tipo "bandejão". Entretanto, seria interessante que a matéria-prima seca obtida tivesse teor de óleo essencial acima do mínimo estabelecido, sem onerar ainda mais o processo de secagem. Neste sentido, a vazão específica do ar secagem ainda poderia ser estudada, uma vez que esta também pode influenciar a taxa de secagem da camomila assim como a perda do óleo essencial.

Torna-se evidente a necessidade de repensar a afirmação de que temperaturas superiores à 38º C não devem ser utilizadas em função da perda de substâncias voláteis durante o processo, chegando a inviabilizar sua utilização para fins medicinais e de cosméticos. Isto já vem ocorrendo em outras espécies produtoras de substâncias voláteis, conforme estudos realizados com menta (*Menta piperita* L.) por Blanco *et al.* (2000a), com alecrim (*Rosmarinus officinalis* L.) por Blanco *et al.* (2000b), com capim-limão [*Cymbopogon citratus* (DC.) Stapf] por Martins *et al.* (2000) e com citronela (*Cymbopogon winterianus* Jowitt) por Rocha (2000). Portanto, é fundamental estudar a particularidade de cada espécie, principalmente no que se refere às propriedades farmacêuticas dependentes dos fatores de secagem.

Este fato vem aos anseios dos agricultores, assim como o desenvolvimento de equipamentos e metodologia adequados ao monitoramento do processo de secagem, principalmente das condições da camomila referente à sua temperatura e seus teores de água e de óleo essencial. Isto contribuiria para preencher esta lacuna entre as muitas existentes no processo produtivo da camomila, visando à manutenção das propriedades originais da matéria-prima, fundamentais para sua utilização medicinal e cosmético.

CONCLUSÃO

Ao verificar o processo de secagem estacionária da camomila com temperaturas do ar é possível concluir que:

Maiores taxas de secagem são obtidas com o aumento da temperatura do ar;

A remoção de água é progressiva ao longo do processo de secagem da camomila;

A remoção do teor de óleo essencial da camomila é inevitável e o aumento da temperatura do ar de secagem antecipa essa perda;

A taxa de perda do óleo essencial da camomila é acentuada no início do processo, seguida de um "platô" e novamente acentuada no final da secagem;

Durante o processo de secagem, a diminuição do teor de água difere da redução do teor de óleo essencial;

As temperaturas de 35, e 50º C são insuficientes na secagem da camomila, bem como não impedem a perda de óleo essencial;

As temperaturas de 80 e 95º C proporcionam maior taxa de secagem, porém a última conferiu aspecto caramelo na coloração da camomila, que é indesejável comercialmente;

O teor de óleo essencial é reduzido em todas as condições estudadas, porém mais atenuada com 80º C.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

AHRENS, D.C.; VILLELA, F.A.; DONI FILHO, L. Qualidade fisiológica e industrial de aveia-branca (*Avena* sativa L.) na secagem intermitente. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 22, n. 2, p. 12-20, 2000.

ALONSO J.R. Manzanilla. In:_____. **Tratado de fitomedicina:** bases clínicas y farmacológicas. Buenos Aires: ISIS, 1998. p. 660-95.

ARATA, A. Colectores solares aplicados al secado. In: HORN, M.; ROMÁN, R.; SARAIVA, L. **Ingeniería del secado solar**. La Plata: CYTED-D, 1998. Cap. 3. p. 35-44.

BLANCO, M.C.S.G.; MING, L.C.; MARQUES, M.O.M., *et al.* Influência da temperatura de secagem no teor e na composição química do óleo essencial de menta. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 18, p. 901-3, jul. 2000a.

BLANCO, M.C.S.G. Influência da temperatura de secagem no teor e na composição química do óleo essencial de alecrim. **Horticultura Brasileira**, v. 18, p. 903-11, jul. 2000b.

BORSATO, A.V.; AHRENS, D.C.; BARROS, A.S.R., *et al.* Efeito da secagem intermintente lenta na qualidade de sementes de milho. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 21, n. 1, p. 240-7, 1999.

BRAS, A. L. Maize drying conditions and its resulting quality for wet-milling industry. In: INGLETT, G. E (Ed.). **Maize recent progress in chemistry and technology**. New York: Academic press, 1982. p. 95-127.

BRASIL. Ministério da Agricultura. **Regras para análise de Sementes**. Brasília, 1992. 365 p.

CARVALHO, N.M. **A secagem de sementes**. Jaboticabal: FUNEP, 1994. 165 p.

CAVARIANI, C.; BAUDET, L.M.L. Secagem de sementes. **Informe agropecuário**, v. 8, n. 91, p. 44-69, 1982.

CORRÊA JUNIOR, C. **Influência das adubações orgânica e química na produção de camomila [*Chamomilla recutita* (L.) Rauschert] e do seu óleo essencial**. 1994. 102 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Setor de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal.

COSTA, M.A.D. **Processo de produção agrícola da cultura da camomila no município de Mandirituba, PR**. 2001. 69 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

CURIONI, A.O. Secado de hierbas aromáticas y medicinales. In: BALBUENA, BENEZ, JORAJURIA (ed.). **Ingenieria rural y mecanización agraria en el ámbito latinoamericano**. La Plata: U.N.L.P., 1998.

CURIONI, A.; ALFONSO, W. La manzanilla común [*Chamomilla recutita* (L.) Rauschert] – cosecha y poscosecha. **Revista de Tecnología Agropecuaria**, p. 72-6, mai 1996.

DORIA, J.; ANDRÉS, M.C. Psicrometria aplicada al secado. In: HORN, M.; ROMÁN, R.; SARAIVA, L. **Ingeniería del secado solar**. La Plata: CYTED-D, 1998. Cap. 4. p. 45-55.

FARMACOPÉIA BRASILEIRA. 4. ed. São Paulo: ATHENEU, 1996. v. 2.

GINIEIS, A. **Manzanilla, un cultivo no tradicional**. Luján, 1992. Monografia (Licenciatura en Geografia) - Universidad de Luján.

HALL, C.W. **Drying and storage of agricultural crops**. Westport, Avi Publishing, 1980. 382p.

HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER, J. **Fundamentos de física 2**: gravitação, ondas e termodinâmica. 4. ed. Tradução: Sílvia Teixeira de Matos. Rio de Janeiro: Livros técnicos e científicos, 1996. 163p.

HORN, M.; SINICIO, R.; BELTRÁN, R.; *et al.* El proceso de secado. In: HORN, M.; ROMÁN, R.; SARAIVA, L. **Ingeniería del secado solar**. La Plata: CYTED-D, 1998. Cap. 5. p. 56-68.

IKUTA, A.R.Y. **Estudos sobre a propagação de marcela, *Achyrocline satureioides* (Lam.) D. C., Compositae**. 1993. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

KNEULE, F. **El secado**. Bilbao: Urmo, 1966. 405p.

LASSERAN, J.C. News developments in energy preservation for maize drying. In: INGLETT, G.E. (Ed). **Maize recent progress in chemistry and technology**. New York: Academic Press, 1982. p. 53-76.

MARTINS, E.R.; DE CASTRO, D.M.; CASTELLANI, D.C.; *et al.* **Plantas medicinais**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 1995.

MARTINS, P.M.; MELO, E.C.; CORRÊA, P.C.; *et al.* Influência da temperatura e velocidade do ar de secagem no teor e composição química do óleo essencial de capim-limão. **Horticultura Brasileira**, v. 18, p. 911-3, jul. 2000, Brasília.

MUÑOZ, F. **Plantas medicinales y aromaticas:** estudio, cultivo y procesado. Madrid: Mundi-Prensa 1993. 54p.

PAGE, M.; STEARN, W.T. **Hierbas para cocinar**. Barcelona: Grafos, 1992. p.13-5.

PESCH, O. PR produz 95% da camomila do Brasil. **O Estado do Paraná**, Curitiba, 19 nov. 2000. Caderno economia, p. 5.

POVH, N.P. **Obtenção do óleo essencial da camomila (*Matricaria recutita* [L.] Rauschert) por diferentes métodos: destilação por arraste a vapor, extração com solventes orgânicos e extração com CO_2 supercrítico**. 2000. 217 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Alimentos) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

ROCHA, S.F.R.; MING, L.C.; MARQUES, M.O.M. Influência de cinco temperaturas de secagem no rendimento e composição do óleo essencial de citronela (*Cymbopogon winterianus* Jowitt). **Revista Brasileira de Plantas Medicinais,** v. 3, n. 1, p. 73-8, 2000.

SALAMÓN, I. Production of chamomile [*Chamomilla recutita* (L.) Rauschert] in Slovakia. **Journal of herbs, spices and medicinal plants**, v. 1, n. 1-3, p. 37-45, 1992, Binghamton.

SARAIVA, L.; HORN, M. El secador solar. In: HORN, M.; ROMÁN, R.; SARAIVA, L. **Ingeniería del secado solar**. La Plata: CYTED-D, 1998. Cap. 6. p. 69-80.

SIMÕES, C.M.O.; SPITZER, V. Óleos voláteis. In: SIMÕES, C.M.O.; SCHENKEL, E.P.; GOSMANN, G.; *et al.* **Farmacognosia:** da planta ao medicamento. 2. ed. Porto Alegre: UFRGS, 1999. p. 387-415.

WASICKY, R. Uma modificação do aparelho de Clevenger para extração de óleos essenciais. **Revista Faculdade de Farmácia e Bioquímica**, v. 1, n. 1, p. 77-81, 1963, São Paulo.

WEBER, E.A. **Armazenagem agrícola**. Porto Alegre: Kepler Weber Industrial, 1995. 400 p.

WHITE, A. **Hierbas Del Ecuador**. Ecuador: Libri Mundi Quito, 1985. p. 17-22.