

Comunicação

Influência do processo de secagem sobre os principais componentes químicos do óleo essencial de tomilho¹

Ronicely Pereira da Rocha², Evandro de Castro Melo³, Luiz Cláudio de Almeida Barbosa⁴,
José Bon Corbín⁵, Pedro Amorim Berber⁶

RESUMO

Objetivou-se, com este trabalho, avaliar o efeito da temperatura do ar de secagem sobre a qualidade do óleo essencial de folhas de tomilho. Foram empregadas diferentes temperaturas de secagem (30, 40, 50, 60, 70 °C), em um secador com resistências elétricas. Os componentes químicos do óleo essencial, depois de realizada a secagem, foram comparados com os valores obtidos na planta *in natura* (testemunha). Para a extração do óleo essencial, foi empregado o método de extração com CO₂ supercrítico. A identificação dos componentes químicos do óleo essencial foi realizada por cromatografia gasosa, acoplada ao espectrofotômetro de massas (CG-EM) e, para a quantificação desses componentes, empregou-se o cromatógrafo a gás, acoplado ao detector por ionização de chamas (CG-DIC). Em função dos resultados obtidos, recomenda-se ar, à temperatura de 60 °C, para a secagem das folhas de tomilho.

Palavras-chave: plantas medicinais, temperatura do ar de secagem, *Thymus vulgaris*.

ABSTRACT

Influence of the drying process on the quality of thyme essential oil

The study aimed to evaluate the effect of drying air temperature on the quality of the essential oil from thyme leaves. Different drying temperatures (30, 40, 50, 60, 70 °C) were applied in a dryer with electrical resistance heater. After drying, the chemical components of the essential oil were compared with those obtained from fresh samples (control). The extraction of the essential oil was performed using the supercritical CO₂ method. The identification of the essential oil components was carried out by gas chromatography coupled to mass spectrometry (GC-MS) and the quantification by gas chromatography coupled to a flame ionization detector (GC-FID). According to the results, it is recommended the drying air temperature of 60 °C for drying thyme leaves .

Key words: medicinal plants, drying air temperature, *Thymus vulgaris*.

Recebido para publicação em 01/12/2011 e aceito em 16/07/2012.

¹ Financiado pelo CNPq, FAPEMIG e CAPES. Parte da dissertação de doutorado do primeiro autor.

² Engenheiro-Agrônomo, Doutor. Pós-doutorando do Departamento de Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa, *Campus* Viçosa, Avenida Peter Henry Rolfs, s/n, 36570-000, Viçosa, Minas Gerais, Brasil. ronicely.rocha@ufv.br (autor para correspondência).

³ Engenheiro Agrícola, Doutor. Departamento de Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa, *Campus* Viçosa, Avenida Peter Henry Rolfs, s/n, 36570-000, Viçosa, Minas Gerais, Brasil. evandro@ufv.br

⁴ Químico, PhD. Departamento de Química, Universidade Federal de Viçosa, *Campus* Viçosa, Avenida Peter Henry Rolfs, s/n, 36570-000, Viçosa, Minas Gerais, Brasil. lcaab@uffv.br

⁵ Engenheiro-Agrônomo, Doutor. Departamento de Tecnologia de Alimentos, Universidade Politécnica de Valência, *Campus* Vera, Camino de Vera, s/n, 46022, Valencia, Espanha. jbon@tal.upv.es

⁶ Engenheiro Agrícola, PhD. Departamento de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual Norte Fluminense, Avenida Alberto Lamego, 2000, Parque Califórnia, 28013-602, Campos dos Goytacazes, Rio de Janeiro, Brasil. pbebert@uenf.br

INTRODUÇÃO

O tomilho (*Thymus vulgaris* L.) é uma planta medicinal, aromática e condimentar, pertencente à família Lamiaceae, originária da Europa e cultivada no sul e sudeste do Brasil. A família Lamiaceae possui 150 gêneros, com aproximadamente 2800 espécies, distribuídas no mundo inteiro, das quais destacam as espécies utilizadas como condimentos, como a sálvia (*Salvia officinalis*), o manjeriço (*Ocimum basilicum*), o orégano (*Origanum vulgare* L.), a manjerona (*Origanum majorana* L.), entre outras (Porte & Godoy, 2001; Mewes *et al.*, 2008).

A atividade biológica do óleo essencial de tomilho está relacionada com o timol e o carvacrol, seus principais constituintes. O timol tem demonstrado efeitos antibacterianos, antifúngicos e anti-helmínticos, enquanto o carvacrol tem sido estudado por seus efeitos bactericidas. As atividades antifúngicas, pesticidas e antibacterianas do óleo essencial de tomilho foram demonstradas por diversos estudiosos, como Daferera *et al.* (2000), Bagamboula *et al.* (2004), Novacosk & Torres (2006), Sokoviã *et al.* (2009) e Centeno *et al.* (2010). O timol é o composto majoritário, seguido pelo carvacrol (Ozcan & Chalchat, 2004; Porte & Godoy, 2008; Hajimehdipoor *et al.*, 2010; Lisi *et al.*, 2011).

Diversos fatores influenciam na qualidade do óleo essencial das plantas medicinais aromáticas e condimentares, tais como variações climáticas, solo, época de colheita, características genéticas da planta, condições de secagem e armazenamento (Castro & Ferreira, 2001; Barbosa *et al.*, 2008; Martinazzo *et al.*, 2009; Rocha *et al.*, 2011). A etapa de secagem merece atenção especial, porque o seu manejo afetará a preservação do produto e, conseqüentemente, a sua qualidade comercial.

Baydar & Erbağ (2009) estudaram a influência da temperatura do ar de secagem (30, 40, 50 e 60 °C) sobre o teor e a composição química do óleo essencial das flores de lavanda (*Lavandula × intermedia* Emeric). Constataram que 75,7% do óleo essencial foi perdido durante a secagem a 60 °C, em comparação com a perda na secagem a 30 °C. Houve diminuição na concentração de linalol, de 42,91 para 34,13%, e aumento nas concentrações de acetato de linalila, de 26,11 para 32,55%, na composição do óleo essencial, do tratamento de secagem a 30 para 60 °C.

Radünz *et al.* (2010) avaliaram a influência da temperatura do ar de secagem sobre o teor e composição do óleo essencial extraído de guaco. Seis tratamentos de secagem foram usados: ar ambiente e ar aquecido a 40, 50, 60, 70 e 80 °C. Os maiores teores de óleo essencial de guaco foram obtidos com o ar de secagem a 50 °C.

Dado que o processo de secagem influencia diretamente a qualidade e a quantidade dos princípios ativos do óleo essencial das plantas medicinais, aromáticas e

condimentares, este trabalho teve como objetivo avaliar a influência de diferentes temperaturas do ar de secagem sobre a qualidade do óleo essencial das folhas de tomilho, visando a encontrar condições ótimas de processamento dessa importante planta utilizada como condimento.

MATERIAL E MÉTODOS

Material vegetal

Foram adquiridas plantas de tomilho, provenientes de plantações do viveiro comercial Alborgaden S.I., localizada na cidade de Valência, Espanha. As plantas eram cultivadas, individualmente, em vasos e, antes da secagem, os ramos foram cortados, as folhas retiradas manualmente, acondicionadas em embalagens de polietileno (40 µm) e armazenadas em B.O.D a 4 ± 2 °C, até o momento da secagem.

Determinação do teor de água

Foram selecionadas aleatoriamente três amostras para avaliar o teor inicial de água e realizar análises químicas das folhas *in natura*. O teor de água foi determinado de acordo com a metodologia descrita pela AOAC (1997), utilizando-se 5 g de amostra, três repetições, em estufa a vácuo e com temperatura de 70 ± 2 °C, durante 24h.

Secagem

Os ensaios de secagem das folhas de tomilho foram realizados no Laboratório do Grupo de Análise e Simulação de Processos Agroalimentares (GASPA), do Departamento de Tecnologia de Alimentos, da Universidade Politécnica de Valência, Espanha.

Utilizaram-se cinco temperaturas do ar de secagem (30, 40, 50, 60, 70 °C), em um secador de leito fixo com fluxo de ar ascendente (Figura 1). O secador dispunha de sistema de pesagem automático, que registrava em um microcomputador, a cada 5 min, a massa do produto, a umidade relativa, a temperatura do ar ambiente e do ar secagem e velocidade do ar de secagem, fixada em 1 m s^{-1} em todos os ensaios de secagem. A secagem foi finalizada quando o produto atingiu o teor de água de 10% b.u.

Extração

Para a obtenção do óleo essencial das folhas de tomilho, foi empregado o método de extração com fluidos supercríticos, realizado no laboratório do GASPA. Esse equipamento é constituído, basicamente, por um extrator de 200 mL e um separador de 500 mL de capacidade, ambos mantidos na mesma temperatura graças ao banho termostático. O equipamento dispõe de um cilindro de CO₂ e outro de N₂ que permitem alcançar, no menor tempo possível, a pressão desejada no processo, utilizando-se

uma bomba, com pressão máxima de operação de $7,0 \times 10^4$ kPa. Além disso, o equipamento também dispõe de dispositivos de controle de pressão e temperatura.

O extrator é composto de uma coluna de extração, de aço inoxidável, de diâmetro interno de 0,0545 m e altura de 0,1286 m. No interior dessa coluna, foi colocado um pequeno cilindro que continha 10 g do material vegetal, proveniente dos ensaios de secagem e, também, *in natura* (testemunha), juntamente com 20 mL de etanol. Após atingir o equilíbrio térmico, a coluna foi pressurizada com CO_2 até atingir a pressão requerida. Uma vez atingido esse valor, a válvula micrométrica na saída da coluna foi aberta, para admissão de CO_2 na vazão desejada. O tempo de extração foi de 2 h, determinado por testes preliminares. Os extratos foram coletados em provetas, sendo transferidos, 2 mL, para frascos de 5 mL de capacidade, que foram vedados e armazenados a 0°C , para evitar a perda dos compostos voláteis até o momento da cromatografia. A extração supercrítica do tomilho foi realizada a uma pressão de $3,5 \times 10^4$ kPa e a temperatura de 35°C . A pressão do separador manteve-se constante em $6,0 \times 10^3$ kPa e o fluxo de CO_2 foi de $6,5 \text{ mL min}^{-1}$. A pressão de extração foi regulada manualmente, por meio de abertura e fechamento da válvula micrométrica.

Cromatografia

A cromatografia foi realizada no Laboratório de Síntese de Agroquímicos (LASA), localizado no Departamento de Química da Universidade Federal de Viçosa, Brasil. Essas análises foram constituídas de identificação e quantificação dos princípios ativos do óleo essencial e seguiram metodologia descrita em Adams (1995).

A identificação dos componentes do óleo essencial foi realizada em cromatógrafo a gás, acoplado ao espectrômetro de massas (CG-EM), modelo QP 5000, da Shimadzu. A coluna cromatográfica empregada foi a DB-5, de 30 m de comprimento, 0,25 mm de diâmetro e 0,25 μm de espessura. Foi utilizado gás hélio, como carreador, a um fluxo de $1,8 \text{ mL min}^{-1}$; razão de *split* de 1:5; tempo de corte do solvente de 5 min; temperatura no injetor de 220°C e temperatura do detector de 240°C . A temperatura inicial do forno foi de 40°C por 2 min, sendo programada para incrementos de 3°C por minuto, até atingir 178°C , permanecendo nessa temperatura por 2 min, totalizando o tempo de análise de 50 min. Foram detectados no espectrômetro de massas somente íons com a razão carga massa m/z entre 30 e 700. O volume da amostra injetado foi de $1 \mu\text{L}$, na concentração de 10.000 ppm em hexano.

Para a identificação dos compostos, foi realizada a comparação dos espectros obtidos experimentalmente com os disponíveis na base de dados do equipamento e o índice de Retenção de Kovatz (Lanças, 1993; Adams, 1995). Os padrões de hidrocarbonetos utilizados na coinjeção para o cálculo do Índice de Kovatz foram os alcanos lineares C9 a C26.

Na quantificação dos componentes dos óleos voláteis, empregou-se o cromatógrafo a gás, acoplado ao detector por ionização de chamas (CG-DIC), fabricado pela Shimadzu, modelo GC 17A. Foi utilizada uma coluna capilar modelo SPB-5, com filme de $0,25 \mu\text{m}$ de espessura, 30 m de comprimento e 0,25 mm de diâmetro interno. Utilizou-se o nitrogênio como gás carreador, a um fluxo de $1,8 \text{ mL min}^{-1}$; razão de *split* de 1:30, sendo as demais condições idênticas às descritas acima para a identificação dos componentes.

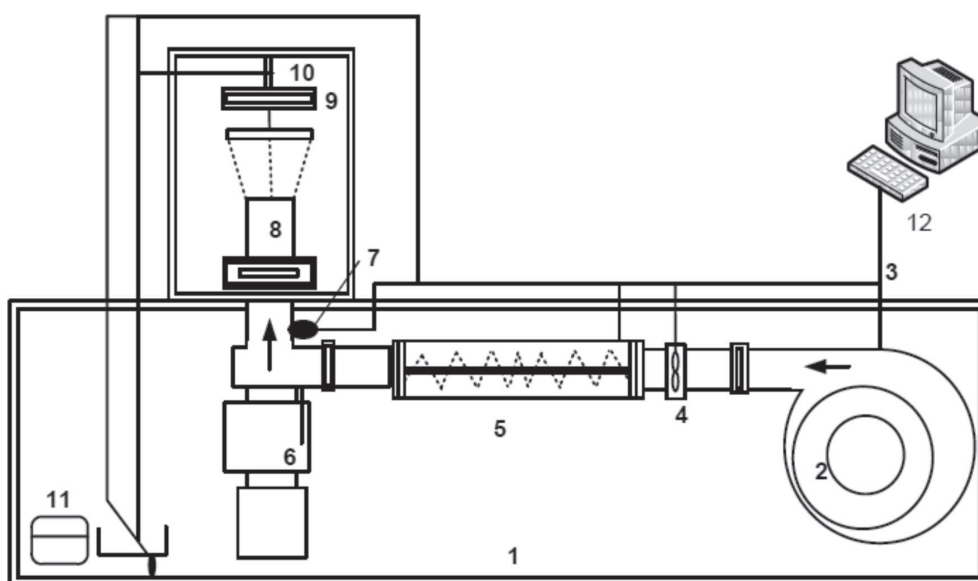


Figura 1. Esquema do secador. 1. Suporte; 2. Ventilador; 3. Controle do fluxo de ar; 4. Anemômetro; 5. Resistências elétricas; 6. Válvula pneumática; 7. Sensor de temperatura; 8. Câmara de secagem; 9. Balança; 10. Elevador; 11. Compressor; 12. Computador de aquisição de dados e controle.

O volume de amostra injetado foi 1 µL, na concentração de 10.000 ppm, utilizando-se como solvente o hexano. Os constituintes químicos presentes nos óleos essenciais foram quantificados, baseando-se no método da normalização, em que as integrações de todas as áreas geradas pelos picos cromatográficos são consideradas 100% e o percentual de cada pico é proporcional à sua área. Os cálculos foram feitos pelo programa presente no próprio computador conectado ao GC-FID.

Delineamento experimental e análise estatística

Foi utilizado o delineamento experimental inteiramente casualizado, com três repetições para cada temperatura do ar de secagem. Os resultados da avaliação dos principais constituintes químicos do óleo essencial foram submetidos à análise de variância ($P \leq 0,05$). As médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste Dunnett, a 5% de probabilidade. O software estatístico utilizado foi o Sistema para Análises Estatísticas e Genéticas (SAEG, 2007).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

São apresentados na Tabela 1 a concentração e o índice de Kovats (IK), calculado, dos componentes químicos do óleo essencial das folhas, *in natura* e secas, de tomilho.

Os componentes químicos, bem como suas concentrações, presentes no óleo essencial das folhas de tomilho, coletados na Espanha, apresentaram pequenas diferenças em relação aos constituintes encontrados por outros autores (Porte & Godoy, 2008; Sokoviã *et al.* 2009; Jakiemiu *et al.*, 2010).

Dos 20 compostos quantificados, apenas oito foram utilizados na análise estatística (Tabela 2), isto é, só foram considerados compostos cuja concentração fosse superior a 1% em todos os tratamentos.

Os componentes com maior concentração no óleo essencial do tomilho estudado foram o timol (60%) e o *p*-cimeno (9,3%), resultados esses de acordo com os de outros autores (Venskutonis, 1997; Ozcan & Chalchat, 2004; Porte & Godoy, 2008; Sokoviã *et al.* 2009; Hajimehdipoor *et al.*, 2010; Jakiemiu *et al.*, 2010; Lisi *et al.*, 2011; Usai *et al.*, 2011), no que se refere ao timol. Porém, nos mesmos artigos, o carvacrol foi o segundo princípio ativo em concentração.

Esta diferença entre os resultados pode ser atribuída ao método de extração. Glisic *et al.* (2010) empregaram diferentes métodos de extração (CO_2 supercrítico, solvente e hidrodestilação) do óleo essencial de *Salvia officinalis* e concluíram que a extração supercrítica permitiu o isolamento de amplo espectro de fitoquímicos, enquanto outros métodos aplicados foram limitados a compostos mais

Tabela 1. Concentração dos componentes químicos, expressos em percentual proporcional da área¹, presentes nos óleos essenciais extraídos das folhas de tomilho *in natura* e secas a 30, 40, 50, 60 e 70 °C

Nº	Componentes do óleo essencial	IK ²	Tratamentos de secagem					
			In natura	30 °C	40 °C	50 °C	60 °C	70 °C
01	α-Thujene	932	0,63±0,36	0,99±0,14	1,03±0,30	1,17±0,07	0,83±0,42	1,03±0,23
02	α-Pineno	940	0,39±0,21	0,56±0,08	0,59±0,17	0,63±0,04	0,48±0,24	0,60±0,11
03	Oct-1-en-3-ol	982	0,59±0,49	0,95±0,01	1,46±0,06	1,31±0,11	1,21±0,22	1,15±0,33
04	β-Mirceno	990	1,04±0,28	1,65±0,16	1,64±0,37	1,87±0,08	1,37±0,59	1,71±0,20
05	α-Terpineno	1017	0,76±0,83	0,60±0,07	0,69±0,11	0,79±0,04	0,58±0,22	0,62±0,15
06	<i>p</i> -Cimeno	1027	10,1±5,17	9,41±1,30	10,01±0,70	8,95±0,64	9,31±2,16	8,10±1,07
07	Limoneno	1030	0,34±0,11	0,37±0,04	0,39±0,06	0,43±0,02	0,35±0,11	0,41±0,04
08	1,8-Cineole	1035	0,99±0,17	0,98±0,10	1,04±0,08	0,83±0,03	0,82±0,11	1,03±0,05
09	γ-Terpineno	1060	3,06±1,15	5,84±0,48	6,35±1,73	8,58±0,23	2,99±4,27	7,12±1,31
10	<i>cis</i> -Sabineno	1069	1,46±0,11	1,42±0,04	1,49±0,10	1,45±0,03	1,33±0,14	1,43±0,05
11	Linalol	1096	2,41±0,37	2,51±0,08	2,64±0,04	2,21±0,08	2,34±0,04	2,33±0,31
12	Borneol	1170	0,20±0,01	0,19±0,05	0,18±0,06	0,18±0,07	0,15±0,40	0,22±0,32
13	α-Terpineol	1185	0,18±0,04	0,18±0,01	0,21±0,21	0,22±0,05	0,47±0,03	0,15±0,01
14	Timol	1291	59,75±6,32	60,85±2,85	58,24±1,30	59,41±2,32	61,18±7,29	60,38±3,52
15	Carvacrol	1299	5,31±0,67	3,60±0,09	3,56±0,26	3,62±0,39	4,03±0,87	3,97±0,42
16	<i>trans</i> -Cariofileno	1421	2,29±0,45	1,94±0,15	2,19±2,11	2,19±0,11	2,22±0,23	2,03±0,15
17	Geranil propionato	1465	0,28±0,08	0,20±0,06	0,17±0,07	0,28±0,07	0,17±0,06	0,17±0,03
18	Germacreno D	1483	0,44±0,11	0,19±0,04	0,13±0,09	0,08±0,01	0,15±0,06	0,21±0,04
19	γ-Cadineno	1514	0,23±0,09	0,18±0,02	0,15±0,09	0,23±0,16	0,20±0,15	0,16±0,05
20	δ-Cadinol	1642	0,28±0,14	0,26±0,01	0,31±0,08	0,28±0,01	0,28±0,22	0,26±0,03
Total identificado			90,73±1,04	92,29±0,56	92,47±1,79	94,71±1,76	90,47±1,60	93,07±1,58

¹ Médias de três extrações independentes, seguidas dos desvios padrão

² Índices de Kovats calculados.

Tabela 2. Quantidade dos principais constituintes químicos do óleo essencial extraído de folhas de tomilho submetidas a diferentes temperaturas de secagem e comparado com a planta in natura (testemunha)

Tratamento	Componentes do óleo essencial (%)							
	β -mirceno	p-cimeno	γ -terpineno	cis-sabineno	linalol	timol	carvacrol	trans-cariofileno
in natura	1,04 a	10,10 a	3,06 a	1,46 a	2,41 a	59,75 a	5,31 a	2,29 a
30	1,65 a	9,41 a	5,84 a	1,42 a	2,51 a	60,85 a	3,60 b	1,94 a
40	1,64 a	10,01 a	6,35 a	1,49 a	2,64 a	58,24 a	3,56 b	2,19 a
50	1,87 b	8,95 a	8,58 b	1,45 a	2,21 a	59,41 a	3,62 b	2,19 a
60	1,37 a	9,31 a	2,99 a	1,33 a	2,34 a	61,18 a	4,03 b	2,22 a
70	1,71 a	8,10 a	7,12 a	1,43 a	2,33 a	60,38 a	3,97 b	2,03 a

Médias seguidas de letras minúsculas distintas, na mesma coluna, diferem significativamente entre si pelo teste de Dunnett a 5 % de probabilidade.

voláteis (hidrodestilação), ou compostos com alto peso molecular (solvente). Babovic *et al.* (2010) verificaram ótima eficiência na extração do óleo essencial de tomilho e de outras espécies medicinais da família Lamiaceae, utilizando CO₂ supercrítico.

Conforme dados apresentados na Tabela 2, pode-se inferir que o processo de secagem influenciou significativamente apenas nas concentrações relativas dos constituintes químicos β -mirceno, γ -terpineno e carvacrol, em comparação com as da planta *in natura*. Os teores dos compostos β -mirceno e γ -terpineno foram significativamente diferentes dos da planta *in natura*, apenas para o tratamento de secagem a 50 °C, apresentando concentrações superiores aos da planta *in natura*. O componente carvacrol diferiu estatisticamente do da planta *in natura* para todos os tratamentos de secagem, havendo redução em todas as temperaturas do ar de secagem.

O teor de timol presente na folha seca não apresentou variação significativa em sua concentração, quando comparado com o da planta *in natura* (Tabela 2). O mesmo aconteceu com os dados obtidos por Deans & Svoboda (1992), Rocha *et al.* (2000) e Barbosa *et al.* (2006).

As variações nas concentrações dos compostos químicos do óleo essencial de tomilho, encontradas neste trabalho, também são relatadas por outros autores. Venskutonis *et al.* (1996) estudaram o efeito de diferentes métodos de secagem sobre a composição do óleo essencial de tomilho e concluíram que houve diferença na concentração de componentes do óleo essencial para os métodos utilizados principalmente em relação ao componente majoritário, o timol. Venskutonis (1997) também estudou o efeito da secagem sobre os constituintes químicos dessa espécie e verificou uma redução de 43% na quantidade total de princípio ativo do óleo essencial de tomilho, quando submetido à secagem a 60 °C, comparados com a da planta *in natura*. Segundo o autor, a redução dos compostos voláteis, durante a secagem, depende da volatilidade e estrutura química dos constituintes da planta. Já Usai *et al.* (2011) verificaram que diferentes méto-

dos de secagem não influenciaram na composição química do óleo essencial de tomilho, mesmo após um ano de armazenamento.

Diversos trabalhos reportam modificações, em função do processo de secagem, nos componentes químicos presentes nos óleos essenciais de diferentes plantas medicinais, aromáticas e condimentares, como, por exemplo, os de Martins *et al.* (2002), Radünz *et al.* (2002), Braga *et al.* (2005), Carvalho Filho *et al.* (2006), Sefidkon *et al.* (2006), Asekun *et al.* (2007), Soares *et al.* (2007), Khangholil & Rezaeinodehi (2008), Baydar & Erba (2009), Borsato *et al.* (2009), Harbourne *et al.* (2009), Banout *et al.* (2010), Figiel *et al.* (2010), Mejri *et al.* (2010), Radünz *et al.* (2010), Shanjani *et al.* (2010), Szumny *et al.* (2010), Sellami *et al.* (2011), dentre outros.

CONCLUSÕES

Recomenda-se a secagem das folhas de tomilho com o ar a 60 °C, pois sob essa temperatura o constituinte químico majoritário (timol) e o carvacrol, aos quais se atribui a atividade biológica bactericida, têm menor afastamento dos valores encontrados para a planta *in natura* (testemunha).

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o apoio financeiro recebido das agências de fomento FAPEMIG, CNPq e CAPES.

REFERÊNCIAS

- Adams RP (1995) Identification of essential oil components by Gas Chromatography mass spectroscopy. DuPage, Allured Publishing Corporation. 469p.
- AOAC (1997) Official methods of analysis. Association of Official Analytical Chemists: 16^a ed. Washington, Ig W. Horwitz. 850p.
- Asekun OT, Grierson DS & Afolayan AJ (2007) Effects of drying methods on the quality and quantity of the essential oil of *Mentha longifolia* L. subsp. Capensis. Food Chemistry, 101:995-998.

- Babovic N, Djilas S, Jadrinin M, Vajs M, Ivanovic J, Petrovic R & Zizovic I (2010) Supercritical carbon dioxide extraction of antioxidant fractions from selected Lamiaceae herbs and their antioxidant capacity. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 11:98-107.
- Bagamboula CF, Uyttendaele M & Debevere J (2004) Inhibitory effect of thyme and basil essential oils, carvacrol, thymol, estragol, linalool and p-cymene towards *Shigella sonnei* and *S. flexneri*. *Food Microbiology*, 21:33-42.
- Banout J, Havlik J, Kulik M, Kloucek P, Lojka, B & Valterova I (2010) Effect of solar drying on the composition of essential oil of sacha culantro (*Eryngium foetidum* L.) grown in the peruvian amazon. *Journal of Food Process Engineering*, 33:83-103.
- Barbosa FF, Barbosa LCA, Melo EC, Botelho FM & Santos RHS (2006) Influência da temperatura do ar de secagem sobre o teor e a composição química do óleo essencial de *Lippia alba* (Mill) N. E. Brown. *Química Nova*, 29:1221-1225.
- Barbosa LCA, Pereira UA, Martinazzo AP, Maltha CR, Teixeira RR & Melo EC (2008) Evaluation of the chemical composition of Brazilian commercial *Cymbopogon citratus* (D.C.) stapf samples. *Molecules*, 13:1864-1874.
- Baydar H & Erba S (2009) Effects of harvest time and drying on essential oil properties in lavandin (*lavandula × intermedia emerici ex loisel.*). *Acta Horticulturae*, 826:377-382.
- Borsato AV, Doni-filho L, Rakocevic M, Côcco LC & Paglia EC (2009) Chamomile essential oils extracted from flower heads and recovered water during drying process. *Journal of Food Processing and Preservation*, 33:500-512.
- Braga NP, Cremasco MA & Valle RCCR (2005) The effects of fixed-bed drying on the yield and composition of essential oil from long pepper (*Piper hispidinervium* c. dc) leaves. *Brazilian Journal of Chemical Engineer*, 22:257-262.
- Carvalho filho JLS, Blank AF, Alves PB, Ehlert PAD, Melo AS, Cavalcanti SCH, Arrigoni-Blank MF & Silva-Mann R (2006) Influence of the harvesting time, temperature and drying period on basil (*Ocimum basilicum* L.) essential oil. *Revista Brasileira de Farmacognosia*, 16:24-30.
- Castro HG & Ferreira FA (2001) Contribuição ao estudo das Plantas Medicinais: carqueja (*Baccharis genistelloides*). Viçosa, Editora UFV. 102p.
- Centeno S, Calvo MA, Adelantado C & Figuero S (2010) Antifungal activity of extracts of *Rosmarinus officinalis* and *Thymus vulgaris* against *Aspergillus flavus* and *A. ochraceus*. *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 13:452-455.
- Daferera DJ, Ziogas BN & Polissiou MG (2000) CG/EAnalysis of essential oils from some Greek aromatic plants and their fungitoxicity on *Penicillium digitatum*. *Journal Agricultural Food Chemistry*, 48:2576-2581.
- Deans SG & Svoboda KP (1992) Effect of drying on volatile oil and microflora of aromatic plants. *Acta Horticulturae*, 306:450-452.
- Figiel A, Szumny A, Gutierrez-Ortiz A & Carbonell-Barrachina AA (2010) Composition of oregano essential oil (*Origanum vulgare*) as affected by drying method. *Journal of Food Engineering*, 98:240-247.
- Glisic S, Ivanovic J, Ristic M & Skala D (2010) Extraction of sage (*Salvia officinalis* L.) by supercritical CO₂: Kinetic data, chemical composition and selectivity of diterpenes. *Journal of Supercritical Fluids*, 52:62-70.
- Hajimehdipoor H, Shekarchi M, Khanavi M, Adib N & Amri M (2010) A validated high performance liquid chromatography method for the analysis of thymol and carvacrol in *Thymus vulgaris* L. volatile oil. *Pharmacognosy Magazine*, 6:154-158.
- Harbourne N, Marete E, Jacquier JC & O'riordan D (2009) Effect of drying methods on the phenolic constituents of meadowsweet (*Filipendula ulmaria*) and willow (*Salix alba*). *Food Science and Technology*, 42:1468-1473.
- Jakiemiu EAR, Scheer AP, Oliveira JS, Côcco LC, Yamamoto CI & Deschamps C (2010) Estudo da composição e do rendimento do óleo essencial de tomilho *Thymus vulgaris* L.). *Semina: Ciências Agrárias*, 31:683-688.
- Khangholil S & Rezaeinodehi A (2008) Effect of drying temperature on essential oil content and composition of sweet wormwood (*Artemisia annua*) growing wild in Iran. *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 11:934-937.
- Lanças FM (1993) *Cromatografia em fase gasosa*. São Carlos, Editora Acta. 254p.
- Lisi A, Tedone L, Montesano V, Sarli G & Negro D (2011) Chemical characterisation of *Thymus* populations belonging from southern Italy. *Food Chemistry*, 125:1284-1286.
- Martinazzo AP, Melo EC, Barbosa LCA, Soares NFF, Rocha RR, Radünz LL & Berbert PA (2009) Quality parameters of *Cymbopogon citratus* leaves during ambient storage. *Applied Engineering in Agriculture*, 25:543-547.
- Martins PM, Melo EC, Almeida LCB, Santos RHS & Machado MC (2002) Influência da temperatura e velocidade do ar de secagem no teor e na composição química do óleo essencial de capim-limão (*Cymbopogon citratus* Stapf). *Acta Horticulturae*, 569:01-10.
- Mejri J, Abderrabba M & Mejri M (2010) Chemical composition of the essential oil of *Ruta chalepensis* L: Influence of drying, hydro-distillation duration and plant parts. *Industrial Crops and Products*, 32:671-673.
- Mewes S, Kruger H & Pank F (2008) Physiological morphological chemical and genomic diversities of different origins of thyme (*Thymus vulgaris* L.). *Genetic Resources Crop Evolution*, 55:1303-1311.
- Novacosk R & Torres RSA (2006) Atividade antimicrobiana sinérgica entre óleos essenciais de lavanda (*Lavandula officinalis*), melaleuca (*Melaleuca alternifolia*), cedro (*Juniperus virginiana*), tomilho (*Thymus vulgaris*) e cravo (*Eugenia caryophyllata*). *Revista Analytica*, 21:36-39.
- Ozcan M & Chalchat JC (2004) Aroma profile of *Thymus vulgaris* L. growing wild in Turkey. *Bulgarian Journal of Plant Physiology*, 30:68-73.
- Porte A & Godoy RLO (2001) Alecrim (*Rosmarinus Officinalis* L.): Propriedades Antimicrobiana e Química do Óleo Essencial. *Boletim CEPPA*, 19:193-210.
- Porte A & Godoy RLO (2008) Chemical composition of *Thymus vulgaris* L. (thyme) essential oil from Rio de Janeiro state (Brazil). *Journal of the Serbian Chemical Society*, 73:307-310.
- Radünz LL, Melo EC, Berbert PA, Barbosa LCA, Rocha PP, Martins PM, Santos RHS & Grandi AM (2002) Efeitos da temperatura do ar de secagem sobre a qualidade do óleo essencial de alecrim-pimenta (*Lippia sidoides* Cham.). *Revista Brasileira de Armazenamento*, 27:09-13.
- Radünz LL, Melo EC, Rocha PP, Berbert PA & Gracia LMN (2010) Study of essential oil from guaco leaves submitted to different drying air temperature. *Engenharia na Agricultura*, 18:241-247.
- Rocha RP, Melo EC, Demuner AJ, Radünz LL & Corbín JB (2011) Influence of drying air velocity on the chemical composition of essential oil from lemon grass. *African Journal of Food Science and Technology*, 2:132-139.
- Rocha SFR, Ming LC & Marques MOM (2000) Influência de cinco temperaturas de secagem no rendimento e composição do óleo essencial de citronela (*Cymbopogon winterianus* Jowitt). *Revista Brasileira de Plantas Medicinai*s, 3:73-78.

- SAEG (2007) Sistema para Análises Estatísticas e Genéticas, versão 9.1. Viçosa, Fundação Arthur Bernardes, UFV. Disponível em: < <http://www.ufv.br/saeg/>>. Acessado em: 10 de janeiro de 2011.
- Sefidkon F, Abbasi K & Khaniki GB (2006) Influence of drying and extraction methods on yield and chemical composition of the essential oil of *Satureja hortensis*. Food Chemistry, 99:19-23.
- Sellami IH, Wannas WA, Bettaieb I, Berrima S, Chahed, T, Marzouk B & Limam F (2011) Qualitative and quantitative changes in the essential oil of *Laurus nobilis* L. leaves as affected by different drying methods. Food Chemistry, 126:691-697.
- Shanjani PS, Mirza M, Calagari M & Adams RP (2010) Effects drying and harvest season on the essential oil composition from foliage and berries of *Juniperus excelsa*. Industrial Crops and Products, 32:283-87.
- Soares RD, Chaves MA, Silva AAL, Silva MV & Souza BS (2007) Influência da temperatura e velocidade do ar na secagem de manjeriçã (*Ocimum basilicum* L.) com relação aos teores de óleos essenciais e de linalol. Ciência e Agrotecnologia, 31:1108-1113.
- Sokovic MD, Vukojeviã J, Marin PD, Brkiã D, Vajs V & Van Griensven LJLD (2009) Chemical composition of essential oils of thymus and mentha species and their antifungal activities. Molecules, 14:238-249.
- Szumny A, Figiel A, Gutierrez-Ortiz A & Carbonell-Barrachina AA (2010) Composition of rosemary essential oil (*Rosmarinus officinalis*) as affected by drying method. Journal of Food Engineering, 97:253-260.
- Usai M, Marchetti M, Foddai M, Del Caro A, Desogus R, Sanna I & Piga A (2011) Influence of different stabilizing operations and storage time on the composition of essential oil of thyme (*Thymus officinalis* L.) and rosemary (*Rosmarinus officinalis* L.). Food Science and Technology, 44:244-249.
- Venskutonis PR (1997) Effect of drying on the volatile constituents of thyme (*Thymus vulgaris* L.) and sage (*Salvia officinalis* L.). Food Chemistry, 59:219-227.
- Venskutonis R, Poll L & Larsen M (1996) Influence of Drying and Irradiation on the Composition of Volatile Compounds of Thyme (*Thymus vulgaris* L.). Flavour and Fragrance Journal, 11:123-128.