

Identificação de Metabólitos Secundários em Folhas de Cafeeiro por GC/MS¹

V. Peres*, J. S. de Oliveira*, R. S. Romeiro**

ABSTRACT

The main objective of this work was the study of secondary metabolites in coffee tree leaves and the relationship between them and the natural and differentiated resistance against phytopathogens, using the GC/MS system. The extract of young leaves showed the presence of twenty-eight active compounds against the fungi *Thielaviopsis paradoxa*. Five of these compounds are similar to flavonoids as shown by mass spectra analysis. In extracts from old leaves, twenty-one different compounds were detected; two of them have mass spectra fragmentation patterns similar to flavonoid compounds. The comparative analysis between the total ion currents in both extracts showed that only the old leaves have two intense peaks, which are not present in the young leaf extracts. The mass spectra of these two peaks have features of aldehydes, esters and terpenes. A comparative study with spectra in the literature showed that the peak with a retention time at 37.21 min should be a terpenoid limonene epoxide or a hydrocarbon octadecatriene, and that at 37.51 min it was a hydrocarbon octadecadiene or an aldehyde (E)-2-undecenal. Studies are being conducted to show which parts of these compounds have activity against phytopathogens in both young and old leaves.

RESUMO

Procurou-se identificar metabólitos secundários em folhas de cafeeiro, utilizando-se do sistema de acoplamento GC/MS. Encontraram-se nos extratos de folhas novas 28 compostos ativos contra o fungo *Thielaviopsis paradoxa*, dos quais cinco mostraram-se semelhantes a compostos flavonóides, em decorrência do padrão de fragmentação apresentado. Em extratos de folhas velhas foram detectados 21 compostos, dos quais dois apresentaram padrão de fragmentação de flavonóides. A análise comparativa dos TIC dos extratos permitiu a conclusão de que, em folhas velhas, existem dois picos de grande intensidade que não encontram correspondentes em folhas novas. A análise espectrométrica desses dois picos permitiu deduzir uma semelhança com aldeídos, ésteres, terpenos e compostos terpenóides. A comparação deles com espectros existentes na literatura permitiu concluir que o pico de 37.21 min tem probabilidade de ser o terpenóide epóxido de limoneno ou o hidrocarboneto octadecatrieno. Já o pico 37.51 min, com o mesmo procedimento comparativo, mostrou-se como o hidrocarboneto octadecadieno ou o (E)-2-undecenal. Estão sendo promovidos estudos para demonstrar quais desses compostos possuem atividade nas folhas contra fitopatógenos.

INTRODUÇÃO

Pouco se sabe a respeito das substâncias presentes em folhas de cafeeiro. Os trabalhos existentes restringem-se a citar compostos fenólicos, isolados por Cromatografia de Camada Fina (TLC), usando apenas reveladores químicos ou, então, luz ultravioleta. Isolaram-se assim 41 compostos, dos quais 32 se mostraram comuns a folhas jovens e adultas do cafeeiro (1). No entanto, essas análises relacionaram-se basicamente com uma possível associação entre compostos fenólicos e a resistência da planta a fitopatógenos.

Na análise da cutina de folhas jovens e adultas do cafeeiro, foram encontrados, como componentes predominantes, ácidos dihidroxidecanóicos em várias estruturas isômeras (6). No entanto, não foram detectadas diferenças qualitativas na composição das duas idades de folhas.

Postula-se que compostos terpenícos e terpenóides são comuns a todos os órgãos de plantas, especialmente em seus óleos essenciais e "flavors" (5). Discute-se também a função do mircenol como precursor na formação desses compostos (4), e, diante dessas evidências, é provável que também em folhas de cafeeiro estejam presentes tais substâncias.

O presente trabalho objetivou a identificação dos compostos orgânicos presentes nos extratos metanólicos de folhas novas e velhas de cafeeiro (*Coffea arabica* L.), usando dados cromatográficos e espectrométricos.

1 Recebido para publicação em 3 de outubro de 1990

* Departamento de Química da Universidade Federal de Viçosa, 36570, Viçosa, Minas Gerais, Bra

** Departamento de Fitopatologia da Universidade Federal de Viçosa, 36570, Viçosa, Minas Gerais, Bra

MATERIAIS E METODOS

Análises por GC/MS

As análises dos extratos metanólicos de folhas novas e velhas do cafeeiro, foram feitas em cromatógrafo de fase gasosa, acoplado a um espectrômetro de massa (GC/MS), quadrupolar Hewlett-Packard, modelo 5996A, equipado com um sistema de processamento de dados RTE-VI VM e um minicomputador Hewlett-Packard 1000 E. A fragmentação dos espectros de massa foi obtida por impacto de elétrons (IE), a 70 eV.

Usaram-se colunas capilares, A e B, nas seguintes condições operacionais:

Coluna A: BP-20, espessura do filme 0.25 μ , "bonded phase" tipo WCOT (*Wall Coated Open Tubular*) de 25 m x 0.32 mm (d.i.), de sílica fundida. Gás de arraste He, 1 ml . min⁻¹ "splitter", na razão de 1:30. Temperaturas do injetor, fonte iônica, analisador e linha de transferência de 280°C. Coluna: 170°C, isotérmica por um minuto e então programada na razão de 4°C . min⁻¹ até 210°C, permanecendo isotérmica por 10 minutos. As injeções foram feitas com seringas cromatográficas marca Hamilton Co. (USA), de 10 μ l. O volume injetado foi padronizado em 1 μ l.

Coluna B: BP-1, espessura do filme 0.5 μ , "bonded phase" tipo WCOT, de 25 m x 0.33 mm (d.i.), de sílica fundida. Gás de arraste e "splitter", nas mesmas condições anteriores. Temperatura do injetor: 300°C, fonte iônica, analisador e linha de transferência de 280°C. Coluna: 150°C, isotérmica por um minuto e então programada na razão de 2°C . min⁻¹ até 300°C, permanecendo isotérmica por um minuto. Volumes injetados de 1 μ l, com seringas cromatográficas Hamilton Co. (USA) de 10 μ l.

Preparação dos extratos de folhas de cafeeiro para análise por GC/MS

O extrato metanólico (80%), de folhas novas e velhas, foi inicialmente cromatografado em placa de TLC, usando-se o sistema de solventes n-hexano-éter etílico-metanol (40:40:20 v/v). Após a corrida cromatográfica, as placas foram reveladas em câmara de luz ultravioleta e as manchas, extraídas com o mesmo sistema de solventes. Evaporaram-se solventes em corrente de nitrogênio seco, e o resíduo foi res-suspendido em metanol bidestilado, para posterior análise em Coluna A. Parte desse resíduo obtido foi derivatizado com 100 μ l de BSA (Sigma), para posterior análise em Coluna B.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Promoveu-se a análise espectrométrica de 28 padrões escolhidos, e, somente 10 deles eluíram para o espectrômetro de massa quando se utilizou a coluna A. Como esta coluna é adequada para análises cromatográficas de substâncias polares e os compostos fenólicos analisados eram dotados de polaridade relativamente grande, pôde-se deduzir que outros fatores, além da polaridade, estavam influenciando nos resultados.

A derivatização com BSA é uma técnica que permite transformar as substâncias não-voláteis e as termicamente instáveis em éteres trimetilsilanizados, os quais apresentam polaridade e pontos de ebulição mais baixos que os respectivos compostos originais (3). Com a derivatização, os padrões puderam ser analisados no sistema de acoplamento GC/MS, inclusive compostos flavonóides, usando-se a coluna B.

Quando foi promovida a análise espectrométrica dos extratos metanólicos de folhas novas e velhas, no sistema de acoplamento GC/MS em Coluna A, não se obteve um cromatograma total de íons (TIC) possível de ser analisado. Isto sugere uma provável incompatibilidade entre os compostos presentes nos extratos, com a fase polar da coluna, ou uma não-otimização do sistema com os extratos. Esse resultado também está em desacordo com os dados obtidos anteriormente (1), que prevêem a existência de uma série de compostos polares, entre eles fenóis e flavonóides, nos extratos de folhas de cafeeiro.

Uma outra dedução que pode ser tirada do comportamento da amostra perante a Coluna A é que os componentes do extrato são dotados de elevados pontos de ebulição. Desse modo, são difíceis de serem volatilizados na temperatura alcançada pelo injetor do instrumento.

Quando se utilizou a coluna B, os extratos de folhas novas e velhas do cafeeiro foram derivatizados, obtendo-se assim os respectivos cromatogramas totais de íons (Figuras 1 e 2).

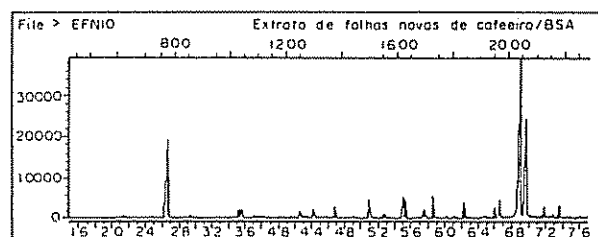


Fig. 1. Cromatograma total de íons do extrato derivatizado de folhas novas de cafeeiro

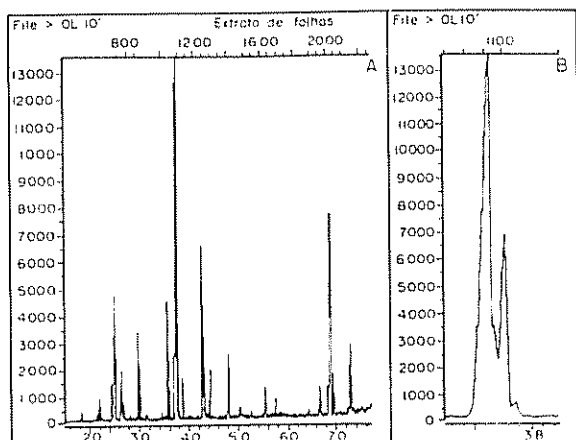


Fig. 2. a) Cromatograma total de íons do extrato derivatizado de folhas velhas de café e b) "zoom" do pico a 37.21 min.

Os espectros de massa, obtidos dos compostos presentes nos TIC dos extratos de folhas novas e velhas, são apresentados nos Quadros 1 e 2, com os picos mais intensos em ordem decrescente de abundância relativa.

Os espectros de massa, obtidos dos compostos presentes nos TIC dos extratos de folhas novas e velhas, são apresentados nos Quadros 1 e 2, com os picos mais intensos em ordem decrescente de abundância relativa.

A análise do Quadro 1 permite inferir que apenas 12 componentes do extrato de folhas novas de café podem corresponder a compostos hidroxilados (álcoois ou fenóis), uma vez que em somente 12 espectros aparece o pico m/z 73 característico do fragmento $[\text{Si}(\text{CH}_3)_3]^+(8)$. Já o extrato de folhas velhas mostra a presença de 10 compostos com o fragmento m/z 73.

A comparação dos Quadros 1 e 2 com os espectros de padrões sugere a existência de flavonóides e,

Quadro 1. Espectros de massa do extrato derivatizado de folhas novas de café.

Composto	Tempo de retenção	Padrão de fragmentação					
		m/z (Abundância relativa) (%)					
01	18.15	32 (100)	73 (33)	43 (20)	40 (20)	207 (17)	57 (16)
02	21.40	32 (100)	41 (32)	57 (31)	43 (30)	97 (21)	55 (15)
03	24.55	32 (100)	67 (29)	55 (25)	40 (16)	42 (16)	82 (14)
04	24.81	32 (100)	43 (44)	41 (39)	57 (30)	71 (18)	55 (16)
05	26.42	149 (100)	57 (72)	41 (67)	56 (21)	76 (20)	39 (19)
06	29.34	58 (100)	32 (57)	43 (19)	41 (16)	57 (12)	55 (9)
07	35.20	43 (100)	149 (45)	71 (44)	41 (42)	32 (38)	55 (27)
08	35.50	73 (100)	43 (86)	75 (75)	41 (61)	32 (53)	55 (43)
09	41.49	32 (100)	41 (53)	57 (43)	43 (41)	149 (29)	55 (27)
10	42.50	43 (100)	57 (77)	41 (56)	32 (47)	55 (35)	71 (30)
11	42.83	32 (100)	41 (63)	73 (51)	55 (51)	43 (50)	75 (46)
12	44.11	73 (100)	43 (97)	75 (75)	32 (73)	41 (67)	55 (50)
13	46.72	43 (100)	57 (75)	41 (50)	71 (36)	55 (28)	32 (26)
14	50.81	43 (100)	57 (79)	41 (47)	71 (36)	55 (26)	32 (23)
15	52.62	32 (100)	43 (76)	73 (58)	146 (48)	41 (49)	57 (34)
16	54.83	43 (100)	57 (82)	41 (41)	71 (37)	55 (28)	85 (19)
17	55.30	41 (100)	43 (98)	57 (97)	149 (84)	55 (45)	71 (44)
18	57.44	73 (100)	57 (32)	32 (23)	41 (12)	45 (12)	75 (9)
19	58.65	43 (100)	57 (79)	41 (42)	71 (37)	55 (25)	85 (20)
20	60.15	32 (100)	43 (36)	44 (28)	73 (24)	41 (24)	146 (17)
21	62.36	43 (100)	57 (77)	71 (35)	41 (35)	55 (25)	32 (19)
22	65.95	43 (100)	57 (82)	41 (40)	71 (35)	32 (34)	55 (29)
23	66.52	69 (100)	41 (59)	81 (35)	32 (17)	1x (15)	67 (12)
24	68.80	73 (100)	368 (18)	355 (8)	179 (8)	74 (8)	45 (8)
25	69.54	73 (100)	368 (22)	43 (8)	74 (8)	355 (8)	45 (8)
26	71.71	73 (100)	283 (13)	45 (13)	32 (12)	74 (8)	75 (8)
27	72.79	43 (100)	57 (76)	32 (70)	41 (49)	44 (43)	73 (41)
28	73.59	73 (100)	45 (13)	283 (11)	32 (11)	74 (9)	44 (8)

Quadro 2. Espectros de massa do extrato derivatizado de folhas novas de cafeeiro.

Composto	Tempo de retenção	Padrão de fragmentação					
		m/z (Abundancia relativa) (%)					
01	18.18	32 (100)	73 (45)	41 (38)	75 (35)	43 (28)	57 (17)
02	21.40	32 (100)	41 (42)	57 (35)	43 (31)	97 (25)	55 (25)
03	21.80	32 (100)	43 (82)	41 (77)	55 (60)	56 (59)	57 (49)
04	24.58	67 (100)	55 (77)	42 (55)	109 (53)	82 (46)	40 (31)
05	26.32	43 (100)	32 (92)	41 (75)	57 (60)	149 (49)	58 (35)
06	26.69	32 (100)	73 (80)	43 (69)	75 (61)	41 (52)	55 (29)
07	29.77	74 (100)	43 (87)	41 (69)	87 (50)	55 (46)	32 (26)
08	35.57	73 (100)	43 (83)	75 (81)	41 (69)	117 (46)	55 (43)
09	37.21	41 (100)	67 (81)	55 (76)	81 (47)	54 (41)	43 (26)
10	37.51	41 (100)	55 (87)	43 (69)	69 (39)	74 (37)	54 (26)
11	38.65	74 (100)	43 (98)	32 (87)	41 (85)	55 (57)	87 (56)
12	42.67	75 (100)	73 (97)	41 (88)	67 (72)	55 (66)	32 (40)
13	42.93	73 (100)	41 (98)	75 (95)	55 (86)	43 (73)	32 (56)
14	44.11	73 (100)	43 (94)	75 (72)	41 (63)	32 (62)	55 (42)
15	47.82	43 (100)	99 (58)	41 (49)	55 (44)	32 (36)	57 (36)
16	55.23	57 (100)	43 (96)	41 (88)	32 (77)	149 (59)	55 (44)
17	57.44	73 (100)	32 (54)	57 (31)	45 (17)	41 (17)	44 (15)
18	66.45	69 (100)	41 (58)	32 (45)	81 (30)	68 (16)	44 (15)
19	68.56	73 (100)	368 (9)	45 (9)	74 (8)	75 (6)	179 (5)
20	69.40	73 (100)	32 (19)	368 (16)	44 (12)	45 (11)	74 (9)
21	72.91	43 (100)	73 (93)	57 (41)	41 (38)	55 (31)	223 (15)

provavelmente, cumarinas fenólicas nos extratos de folhas novas, em virtude da fragmentação dos picos nos tempos de retenção de 57.44, 68.80, 69.54, 71.71 e 73.59 min, e nos de folhas velhas, nos tempos de 68.56 e 72.91 min. No extrato de folhas novas, aparecem mais compostos flavonóides e cumarinas fenólicas, o que sugere uma alteração na composição química das folhas, à medida que elas envelhecem.

A comparação dos cromatogramas totais de íons do extrato de folhas velhas e novas mostra que o pico no tempo de retenção de 37.21 min não tem correspondente em folhas novas (Figuras 1 e 2). Quando promove o "zoom" do Cromatograma da Figura 2 (a), verifica-se que o pico a 37.21 min corresponde a dois componentes, eluindo o segundo a 37.51 min, como se observa na Figura 2 (b). Os espectros obtidos dos dois picos (Figura 3) mostram que os compostos correspondentes a eles não são fenóis, nem álcoois, uma vez que não se encontra o pico m/z 73, característico da derivatização com BSA (8).

A comparação do pico de 37.21 min com dados da literatura sugere a presença de um terpeno, em decorrência da existência do pico-base m/z 41, característico de um rearranjo de McLafferty, com a formação da espécie $[C_3H_5]$ (Quadro 3). Outros fatores

que sugerem a presença de um terpeno são: presença dos picos m/z 55 e 67, abundância de picos com intervalos de 14 unidades de massa e íon molecular pouco distinto (9).

A semelhança do pico de 37.21 min com o espectro do epóxido de limoneno indica, também, a possibilidade de esse composto estar presente em folhas velhas, muito embora o padrão de fragmentação apresentado não coincida totalmente com o proposto na literatura (2).

Comparando os dados espectrais do pico de 37.51 min com os da literatura, pode-se inferir a possível

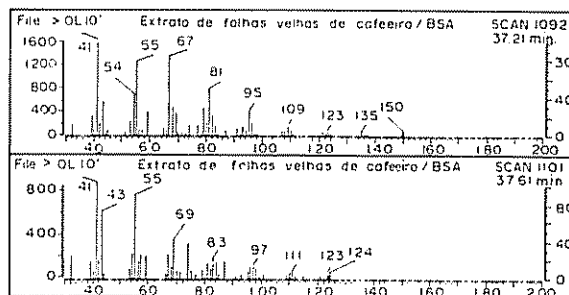


Fig. 3. Espectros de massa dos compostos referentes aos tempos de retenção de 37.21 e 37.51 min.

Quadro 3. Comparação do pico de 37.21 min com dados da literatura.

Composto	Padrão de fragmentação				
	m/z (Abundância relativa) (%)				
37 21	41 (100)	67 (81)	55 (76)	81 (47)	54 (41)
Octadecatrieno	41 (100)	55 (68)	43 (63)	67 (61)	81 (44)
Nonadecatetraeno	41 (100)	55 (69)	43 (57)	67 (34)	79 (26)
A-Selineno	41 (100)	55 (68)	93 (63)	81 (61)	67 (44)
Epóxido de limoneno	41 (100)	67 (82)	55 (55)	81 (42)	94 (42)
B-Selineno	41 (100)	93 (52)	55 (38)	67 (38)	79 (36)

existência de um hidrocarboneto ou um composto carbonílico, presumivelmente um aldeído ou uma cetona, em função do padrão de fragmentação apresentado (Quadro 4).

O pico m/z 43, com abundância relativamente grande, é característico da fragmentação de aldeídos, em clivagem, sem transferência de hidrogênio, em que a carga permanece com um fragmento alquílico de fórmula geral C_nH_{2n+i} (2).

Esse pico é também característico da fragmentação do cetonas e metilcetonas, em clivagem, originado do fragmento $[CH_3+C=O]$ (9).

No extrato de folhas novas, bem como no de folhas velhas de cafeeiro, como se pode depreender da análise dos Quadros 1 e 2, os compostos não são, em sua maioria, constituídos de derivatizados, em razão da ausência do pico m/z 73. Apesar disso, inúmeras substâncias são comuns aos dois tipos de folhas. Um desses casos pode ser exemplificado com o composto que eluiu aos 24.85 min em extrato de folhas velhas, e 23.51 min em folhas novas. Nos seus espectros, são coincidentes os picos m/z 194 $[M]^+$ 67 (100), 55 (77), 42 (55), 109 (53), 82 (46) e 40 (31).

Quadro 4. Comparação do pico de 37.51 min com dados da literatura.

Composto	Padrão de fragmentação				
	m/z (Abundância relativa) (%)				
37.51	41 (100)	55 (87)	43 (69)	69 (39)	74 (37)
Octadecadieno	41 (100)	55 (98)	43 (84)	69 (34)	83 (18)
(E)-3-Hexenal	41 (100)	55 (71)	69 (53)	39 (52)	83 (36)
2-Etilciclobutanona	41 (100)	55 (96)	42 (78)	70 (72)	56 (52)
(E)-2-Undecenal	41 (100)	70 (94)	57 (89)	43 (82)	55 (80)
(E)-3-Hexenoato de butíla	41 (100)	57 (43)	69 (28)	68 (24)	55 (21)

A análise comparativa desses espectros com os da biblioteca permite sugerir tratar-se de mesmas substâncias, com grande probabilidade de ser a cafeína, substância descrita no café, até agora, apenas nos grãos.

Quanto aos picos de 37.21 e 37.51 min, a comparação de seus espectros (Quadro 5) permite sugerir a presença de um éster ou aldeído correspondentes ao pico de 37.21 min e de um hidrocarboneto para o pico de 37.51 min.

CONCLUSÕES

O presente estudo, para a identificação de metabólitos secundários em folhas de cafeeiro, foi feito a partir de substâncias com atividade antimicrobiana testadas contra o fungo *T. paradoxa*. Determinou-se que as folhas novas e velhas são ambas providas de compostos de diferentes polaridades, alguns deles possuindo pontos de ebulição muito elevados, volatilizando-se, portanto, com grande dificuldade.

A semelhança de comportamento dos dois extratos foi verificada, utilizando-se as técnicas de cromatografia em fase gasosa, com colunas capilares

Quadro 5. Comparação dos picos de 37.21 e 37.51 min com o sistema de dados do espectrômetro de massa.

Compostos	*		Padrão de fragmentação				
	Probabilidade (%)		m/z	(Abundancia relativa)			
				(%)			
37.21		41 (100)	67 (81)	55 (76)	81 (47)	54 (41)	43 (36)
Z,Z-9, 12-Octadecadienoato de metila	83	41 (100)	67 (100)	81 (73)	79 (41)	54 (40)	95 (38)
9,12-Octadecadienal	76	41 (100)	67 (70)	81 (38)	54 (37)	68 (23)	79 (22)
E,E-912-Octadecadienoato de metila	66	41 (100)	67 (82)	79 (35)	54 (27)	59 (27)	95 (27)
37.51		41 (100)	55 (87)	43 (69)	69 (39)	74 (37)	54 (26)
5-Metil-1-hexeno	60	56 (100)	41 (69)	55 (50)	57 (41)	43 (30)	70 (22)
7-Metil-3-4-octadieno	48	67 (100)	81 (57)	39 (45)	53 (36)	82 (34)	68 (77)
3,4-Dimetil-1-penteno	37	56 (100)	55 (75)	70 (62)	43 (61)	41 (52)	83 (15)

* Biblioteca Wiley do Sistema HP - 1000E RTE - 6 VM.

BP-20 (Coluna A) e BP-1 (Coluna B) acopladas ao espectrômetro de massa (GC/MS), que permitem a detecção de compostos com atividade antimicrobiana, extraídas de placas de cromatografia em camada fina.

Encontraram-se nos extratos de folhas novas de cafeeiro, analisados em coluna B, 28 compostos ativos contra *T. paradoxa*, dos quais apenas 12 apresentaram o pico m/z 73, característico de substâncias derivatizadas. Destes últimos, cinco mostraram-se semelhantes a compostos flavonóides, em decorrência do padrão de fragmentação apresentado.

Em extratos de folhas velhas foram detectados 21 compostos, usando-se a mesma técnica. Destes, 10 assemelharam-se a substâncias derivatizadas, das quais duas apresentaram um padrão de fragmentação de flavonóides.

A análise comparativa dos TIC dos extratos permitiu a conclusão de que, em folhas velhas, existem dois picos de grande intensidade que não encontram correspondentes em folhas novas. Isto pode estar associado à resistência de folhas velhas a determinados fitopatógenos, normalmente compatíveis com folhas novas, como acontece com *Pseudomonas syringae* pv. *garcae*. A análise espectrométrica destes dois picos permitiu deduzir uma semelhança com aldeídos, ésteres, hidrocarbonetos, terpenos e compostos

terpenóides. A comparação deles com dados da literatura permitiu concluir que o pico de 37.21 min tem grande probabilidade de ser o terpenóide epóxido de limoneno ou o hidrocarboneto octadecatrieno. Já o pico 37.51, com o mesmo procedimento comparativo, apresenta probabilidades de ser o hidrocarboneto octadecadieno ou o aldeído (E)-2-undecenal.

A comparação do espectro correspondente ao pico de 37.21 min com o sistema de dados do espectrômetro de massa permite deduzir uma semelhança com o éster metílico do ácido Z,Z-9,12-octadecadienóico e com o aldeído 9,12-octadecadienal. Quanto ao pico de 37.51 min, há probabilidade de ser o hidrocarboneto 5-metil-1-hexeno.

Estão sendo conduzidos estudos para demonstrar quais desses compostos possuem realmente atividade nas folhas contra fitopatógenos.

LITERATURA CITADA

- 1 AMORIM, H V., ALVAREZ, M L M., LOPES, C R, CARVALHO, A., MONACO, L C. 1978. Análise de compostos fenólicos em folhas de cafeeiros resistentes e susceptíveis a *Hemileia vastatrix*. Turrialba 28(1):57-60.
- 2 BUDZIKIEWICZ, H., DJERASSI, C., WILLIAMS, D.H. 1967. Mass spectrometry of organic compounds. Holden-day, San Francisco. 690 p.

3. CASTEEL, K V., DE POOTER, H., VAN SUMERE, C F. 1976. Gas chromatographic separation and analysis of trimethylsilyl derivatives of some naturally occurring non-volatile phenolic compounds and related substances. *Journal of Chromatography* 121:49-63.
4. DIECKMANN, R.H., PALAMAND, S R. 1974. Autoxidation of some constituents of hops. I. The monoterpene hydrocarbon, myrcene. *Journal of Agricultural Food Chemistry* 22(3):498-503
5. FRIEDEL, P., KRAMPL, V., RADFORD, T., RENNERT, J.A., SHEPHARD, F.W., GIANTURCO, M.A. 1971. Some constituents of the aroma complex of coffee. *Journal of Agricultural Food Chemistry* 19(3): 530-532
6. HOLLOWAY, P.J., DEAS, A.H.B., KABAARA, A.M. 1972. Composition of cutin from coffee leaves. *Phytochemistry* 11:1443-1447
7. OLIVEIRA, J.R. 1988. Idade da folha e susceptibilidade do cafeeiro a *Pseudomonas cichorii* e a *Pseudomonas syringae* cv. Garcae. Tese, M. Sc., Universidade Federal de Vicosa. 77 p.
8. SHARKEY JR, A.G., FRIEDEL, R.A., LANGER, S.H. 1957. Mass spectra of trimethylsilyl derivatives. *Analytical Chemistry* 29(5):770-776
9. SILVERSTEIN, R.M., BASSLER, G.C., MORRILL, T.C. 1981. *Spectrometric identification of organic compounds*. 4 ed. John Wiley, New York. 442 p.

RESEÑA DE LIBROS

INTERACTIONS AT THE SOIL COLLOID-SOIL SOLUTION INTERFACE. 1991. G.H. Bolt, M.F. De Boodt, M.H.B. Hayer, M.B. McBride (Eds.). Holanda, Kluwer Academic Publishers Dordrecht. 603 p.

Los fenómenos que ocurren en la superficie de la parte coloidal del suelo son de gran importancia, tanto por el uso agrícola como por sustancias extrañas. Los residuos industriales y las sustancias agroquímicas reaccionan con estas superficies en un medio fuertemente influido por las propiedades de la solución del suelo. Un grupo de veintidós distinguidos químicos de suelos, la mitad de ellos europeos y el resto de otros continentes, examinan, en este texto, esos problemas y agregan a los capítulos amplias bibliografías, que permiten al lector profundizar en aspectos específicos. En general, este texto requiere buenos conocimientos de química para ser aprovechado.

La primera parte, casi 120 páginas, se dedica a los aspectos básicos de los procesos de interacción que ocurren en las superficies coloidales. Se examinan al detalle los procesos electroquímicos que determinan la absorción en las superficies bastante heterogéneas, características de los suelos. La segunda analiza una serie de casos específicos de iones unidos a los constituyentes de los suelos. Se enfatiza en la absorción de metales pesados, contaminantes importantes, de origen agroquímico o industrial. Se profundiza también en el complejo proceso de unión fosfato-suelo. La parte tercera del volumen se dedica a los procesos de

interacción que involucran sustancias orgánicas. Evidentemente se consideran tanto los componentes macromoleculares del suelo, capaces de absorber iones inorgánicos, como las sustancias orgánicas de tamaño reducido que reaccionan con coloides inorgánicos y orgánicos y la formación de quelatos con iones metálicos; lo mismo que los procesos de interacción múltiple.

Los mecanismos de las reacciones y sus principios se exponen y se discuten de manera que su comprensión sea posible con moderados conocimientos de química. Es la más larga de las cuatro partes. Los efectos de residuos añadidos al suelo y al agua se discuten en la cuarta parte, la más corta de todas. Se discute el uso de los abonos químicos, de la contaminación de residuos del aire y de la industria. Se consideran, en general, los hechos y los procesos que ocurren, ya que su manejo apropiado es la clave para la agricultura sostenible.

Todos los capítulos tienen amplias bibliografías que presentan la experiencia americana y la de los países industrializados de Europa Occidental. Además, buenos índices de materias e incluso de autores hacen más fácil el manejo de este volumen, que ofrece información útil para los investigadores en este campo y los profesores de posgrado que difunden la información pertinente.

ELEMER BORNEMISZA
UNIVERSIDAD DE COSTA RICA