محاسبه شاخص کواتس ترکیبهای شیمیایی موجود در اسانس گیاهان معطر و دارویی با ستون *DB-5*

مهدی میرزا و لطیفه احمدی[1]

چکیده:

شناسایی ترکیبهای متشکله اسانسها به منظور کاربرد صحیح در صنایع مختلف از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. در این تحقیق شاخص کواتس به عنوان یک عامل مهم در شناسایی این ترکیبها محاسبه شده است. با استفاده از برنامه‌ریزی کامپیوتری Statgraph معادله درجه سوم براساس زمان بازداری هیدروکربنها به دست آمد با قرار دادن زمان بازداری ۵۶۵ ترکیب مجهول در معادله درجه سوم، شاخص ثابت کواتس (Kovats index) به‌دست می‌آید. این شاخص در تأیید شناسایی ترکیبهایی که با دستگاه GC & GC/MS مورد آنالیز قرار می‌گیرد از کارآیی بالایی برخوردار است و در بسیاری موارد بدون استفاده از این شاخص نمی‌توان به شناسایی دقیق ترکیب شیمیایی دست یافت.

۱- اعضای هیأت علمی موسسه تحقیقات جنگلها و مراتع

مقدمه:

نیاز و توجه بشر به گیاهان و شناخت تأثیر آنها قدمتی دیرینه دارد. گیاهان را می‌توان شالوده طب سنتی، اساس فیتوشیمی و داروسازی، پایه طعم‌دهنده‌های کم‌نظیر در صنایع غذایی و عامل منحصر بفرد خوشبوکنندگی در صنایع بهداشتی دانست. استفاده روزافزون مردم جهان از ترکیبها و فرآورده‌های گیاهی را می‌توان به دلایلی مانند:

- عدم امکان سنتز برخی ترکیبهای موثر موجود در گیاهان به دلیل ساختمان شیمیایی ناشناخته و یا بسیار پیچیده.
- تأثیر مطلوب گیاهان دارویی به دلیل وجود مواد مکمل در کنار ترکیبهای اصلی روی متابولیسم بدن.
- کاربرد گسترده ترکیبهای طبیعی در صنایع بهداشتی به دلیل عدم امکان سنتز برخی از آنها به طریق شیمیایی.
- و استفاده قابل توجه ترکیبهای موثر گیاهان در صنایع غذایی مثل صنایع کنسروسازی، سس‌ها و چاشنی‌ها، شیرینی‌سازی، نوشابه سازی و ... به منظور ایجاد طعم، رنگ و بو دانست.

از آنجا که انتشار جغرافیایی گونه‌های گیاهی اعم از دارویی و غیر دارویی تابع شرایط خاص اکولوژیک سرزمینهای مختلف است بنابراین توزیع کمی و کیفی ترکیبهای موجود در گیاهان در مکانهای مختلف، متفاوت خواهد بود و استفاده صحیح از آنها مستلزم شناخت و بررسی دقیق ترکیبهای شیمیایی موجود در آنهاست. این امر سبب فزونی انواع ابزارها و روشهای تحقیقاتی متفاوت شده است.

روش تحقیق:

امروزه استفاده از گاز کروماتوگراف کوپل شده با طیف سنج جرمی GC/MS به عنوان یک روش مطمئن برای جداسازی و شناسایی ترکیبهای شیمیایی اسانسهای فرار

با منشاء طبیعی و سنتزی مطرح می‌باشد. آنالیز اکثر اسانسها برروی ستونهای مویینه با درصدهای متفاوت متیل پلی سیلکوکسان انجام می‌شود. تجربه نشان داده‌است که ستون DB-5 با فاز ساکن Methylpolysiloxane (5%-Phenyl) به دلیل دارا بودن خاصیت نیمه‌قطبی از کارایی بالایی برای جداسازی ترکیبهای موجود در اسانس برخوردار است.

از آنجا که استفاده از کروماتوگرافی کوپل شده با طیف سنج جرمی به دلیل مشابهت طیفهای جرمی برخی از ترکیبها به تنهایی روش کاملی برای شناسایی نیست، از این رو شاخص کواتس یا بازداری نیز می‌تواند به عنوان تکمیل کننده مسیر شناسایی مورد استفاده قرار گیرد.

در روش استفاده از شاخص کواتس، که بر اساس رابطه تقریباً خطی بین لگاریتم حجم بازداری و عدد کربن در سریهای هم رده است. آلکانهای نرمال به عنوان اجسام شاهد به کار می‌روند و بازداری نسبی جسم مورد آزمایش به صورت به اصطلاح ضریب بازداری آن بیان می‌شود (Retention indices). این ضریب مبتنی بر ضریبهای بازداری دو آلکان نرمال متوالی می‌باشد که پیکهای آنها در دو طرف پیک جسم در کروماتوگرام قرار دارد. ضریب بازداری که به هر الکان نسبت داده می‌شود ۱۰۰ برابر عدد کربن آن می‌باشد. شاخص کواتس عددی ثابت و مستقل از طول ستون، ضخامت فاز ساکن ستون، سرعت جریان گاز، برنامه حرارتی و ... است از این رو فاکتوری قابل اعتماد برای تأیید شناسایی ترکیبهایی است که طیف جرمی آنها مشخص شده است.

مواد و روشها

به منظور محاسبه شاخص کواتس از معادله درجه سوم $Y=a+bx+cx^2+dx^3$ استفاده می‌شود برای به دست آوردن ضرایب معادله بدین ترتیب عمل می‌کنیم:

۰/۲ میکرولیتر از الکان‌های C_8-C_{15} رقیق شده با حلال دی‌کلرومتان Uvasol را به

با منشاء طبیعی و سنتزی مطرح می‌باشد. آنالیز اکثر اسانسها برروی ستونهای موبینه با درصدهای متفاوت متیل پلی سیلکوکسان انجام می‌شود. تجربه نشان داده‌است که ستون DB-5 با فاز ساکن Methylpolysiloxane (5%-Phenyl) به دلیل دارا بودن خاصیت نیمه‌قطبی از کارایی بالایی برای جداسازی ترکیبهای موجود در اسانس برخوردار است.

از آنجا که استفاده از کروماتوگرافی کوپل شده با طیف سنج جرمی به دلیل مشابهت طیفهای جرمی برخی از ترکیبها به تنهایی روش کاملی برای شناسایی نیست، از این رو شاخص کواتس یا بازداری نیز می‌تواند به عنوان تکمیل کننده مسیر شناسایی مورد استفاده قرار گیرد.

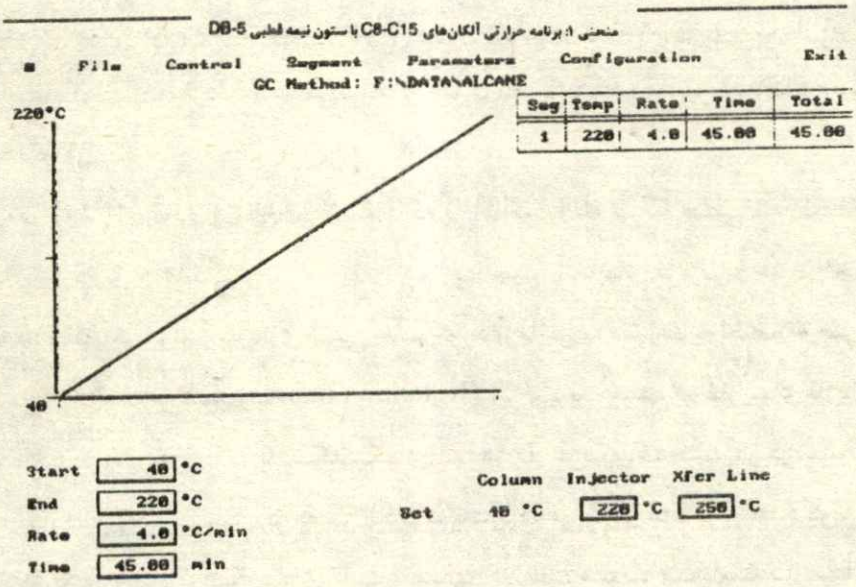
در روش استفاده از شاخص کواتس، که بر اساس رابطه تقریباً خطی بین لگاریتم حجم بازداری و عدد کربن در سریهای هم رده است. آلکانهای نرمال به عنوان اجسام شاهد به کار می‌روند و بازداری نسبی جسم مورد آزمایش به صورت به اصطلاح ضریب بازداری آن بیان می‌شود (Retention indices). این ضریب مبتنی بر ضریبهای بازداری دو آلکان نرمال متوالی می‌باشد که پیکهای آنها در دو طرف پیک جسم در کروماتوگرام قرار دارد. ضریب بازداری که به هر الکان نسبت داده می‌شود ۱۰۰ برابر عدد کربن آن می‌باشد. شاخص کواتس عددی ثابت و مستقل از طول ستون، ضخامت فاز ساکن ستون، سرعت جریان گاز، برنامه حرارتی و ... است از این رو فاکتوری قابل اعتماد برای تأیید شناسایی ترکیبهایی است که طیف جرمی آنها مشخص شده است.

مواد و روشها

به منظور محاسبه شاخص کواتس از معادله درجه سوم $Y=a+bx+cx^2+dx^3$ استفاده می‌شود برای به دست آوردن ضرایب معادله بدین ترتیب عمل می‌کنیم:

۰/۲ میکرولیتر از الکان‌های C_8-C_{15} رقیق شده با حلال دی‌کلرومتان Uvasol را به

عنوان ترکیبهای شاهد طبق برنامه‌ریزی حرارتی مشخص به دستگاه گاز کروماتوگراف کوپل شده با طیف سنج جرمی مدل ۳۴۰۰ Varian تزریق می‌کنیم (منحنی شماره ۱). ستون دستگاه از نوع نیمه قطبی (DB-5) به طول ۳۰ متر، قطر ۲۵۰ میکرومتر و ضخامت لایه ساکن ۰/۲۵ میکرومتر است، همچنین از گاز حامل هلیوم با خلوص ۹۹/۹۹۹ به عنوان گاز حامل استفاده می‌شود.



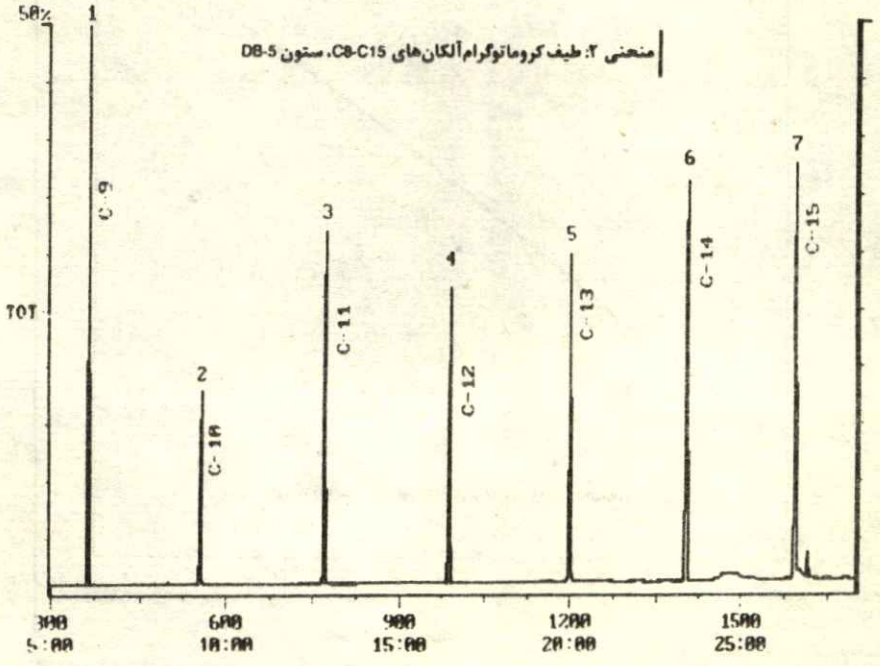
نتایج :

طیف کروماتوگرام حاصل از تزریق آلکان‌های C8-C15 در منحنی شماره ۲ دیده می‌شود.

با استفاده از یک برنامه کامپیوتری ضرایب a,b,c,d را براساس زمان بازداری ثبت شده برای هیدروکربنها محاسبه می‌کنیم (جدول شماره ۱).

جدول شماره ۱ـ ضرایب محاسبه شده a,b,c,d با استفاده از برنامه کامپیوتری Sratgraph

متغیر مستقل	ضریب	خطای استاندارد	مقدار t	سطح sig
Constant a	۶۹۵/۸۵۹۰۳۲	۸/۴۴۲۸۹۴	۸۲/۴۰۹۷	۰/۰۰۰
ROSE.Salx b	۳۶/۷۱۷۵۳۶	۱/۷۵۸۰۱۲	۲۰/۸۸۵۸	۰/۰۰۰
ROSE. Salx1c	-۰/۵۵۸۱۷	۰/۱۰۷۲۵۹	-۵/۲۰۴۰	۰/۰۰۶۵
ROSE.SaLIx2d	۰/۰۱۱۸۲۱	۰/۰۰۱۹۶	۵/۹۵۲۵	۰/۰۰۴۰



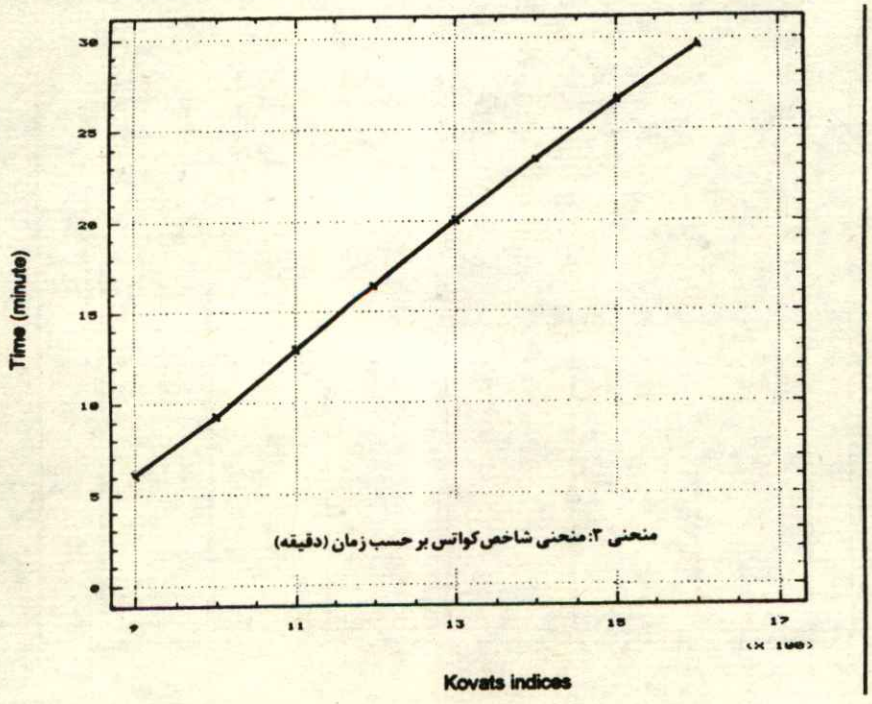
از رسم منحنی حاصل از تلاقی زمان بازداری و تعداد کربن هیدروکربنها (ضربدر ۱۰۰)، خط صافی به دست می‌آید که می‌توان عدد کواتس ترکیب مورد نظر را برروی منحنی مشخص نمود (منحنی شماره ۳).

معادله درجه سوم با در نظر گرفتن ضرایب محاسبه شده به صورت زیر می‌باشد:

$$Y=695.859032+36.717536x-0.55817x^2+ 0.011821x^3$$

حال اگر زمان‌بازداری (x) هر ترکیب را در فرمول فوق قرار دهیم، شاخص کواتس (Y) به دست می‌آید که در جدول شماره ۲ برای ۵۶۵ ترکیب متداول و موجود در اسانس گیاهان معطر و دارویی محاسبه شده است.

مجموعه حاضر می‌تواند به عنوان یک راهنمای مفید برای آنالیز و شناسایی ترکیبهای اسانس گیاهان معطر به وسیله دستگاه گاز کروماتوگراف و به خصوص گاز کروماتوگراف کوپل شده با طیف سنج جرمی مورد استفاده قرار گیرد.



منحنی ۳: منحنی شاخص کواتس بر حسب زمان (دقیقه)

جدول ۲: شاخص کواتس مونوترپنها و سزکویی ترپنها با ستون DB-5

NO.	COMPOUND	RETENTION INDICES
1	ABIETAL(CIS)	3217
2	ABIETAL(TRANS)	3259
3	ABIETATRIENE	2498
4	ABIETOL	3577
5	ACETOPHENONE	1060
6	ACETOXYELEMOL <8 ALFA>	1914
7	ACORADIENE(ALFA)	1459
8	ALASKENE<ALFA>	1514
9	ALASKENE<BETA>	1495
10	ALLYL BUTYRATE	890
11	ALLYL TIGLATE	1017
12	ANDRO ENCECALINOL	1725
13	ANETHOLE(CIS)	1251
14	ANETHOLE(TRANS)	1283
15	ANIS ALDEHYDE	1252
16	ANISOLE(PARA-METHYL-)	1013
17	ANISOLE	916
18	ANISYL ACETATE<P>	1411
19	ANTHRANILATE<ETHYL->	1407
20	APIOLE (PARSLEY APIOLE)	1732
21	AROMADENDERENE	1434
22	ROMADENDERENE(ALLO)	1457
23	ARTEMISIA KETONE	1057
24	ARTEMISIA ALCOHOL	1081
25	ARTEMISIA ACETATE	1175
26	ARTHOLE	970
27	ASARONE<BETA>	1731
28	AZULENE	1300

29	BENZALDEHYDE	955
30	BENZEACETIC ACID ETHYL ESTER	1244
31	BENZENE<PENTYL>	1158
32	BENZENE ACETALDEHYDE	1037
33	BENZENE ACETIC ACID<METHYL ESTER>	1178
34	BENZYL ACETATE	1163
35	BENZYL ALCOHL	1027
36	BENZYL BENZOATE	1863
37	BENZYL BUTYRATE	1341
38	BENZYL FORMATE	1072
39	BENZYL TIGLATE	1496
40	BERGAMATOL ACETATE<TRANS-ALFA->	1931
41	BERGAMOTENE<(Z)-CIS-ALFA->	1411
42	BERGAMOTENE<(Z)-TRANS-ALFA>	1431
43	BERGAMOTOL<TRANS-ALFA>	1754
44	BEYERENE	2185
45	BISABOLENE<BETA>	1511
46	BISABOLENE<CIS-GAMMA>	1517
47	BISABOLENE<TRANS-GAMMA>	1536
48	BISABOLOL<ALFA>	1737
49	BISABOLOL<BETA>	1719
50	BISABOLOL<EPI-ALFA>	1742
51	BORNEOL	1166
52	BORNYL ACETATE	1285
53	BORNYL ANGELATE	1573
54	BOURBONENE(BETA)	1380
55	BR 13	1691
56	BR 15	1738
57	BUTYL ACETATE	845
58	BUTYL N-HEXANOATE(N)	1190
59	BUTYL PHTHALIDE(3-N-)	1685
60	BUTYLATED HYDROXY TOLUENE(=IONOL)	1514
61	CADALENE	1722
62	CADINENE<ALFA->	1446
63	CADINENE<BETA->	1470
64	CADINENE<DELTA->	1526

65	CADINENE<GAMMA->	1515
66	CADINOL<ALFA->	1692
67	CADINOL<ALFA->ISOMER=1	1602
68	CADINOL<TAU->	1673
69	CALACORENE<ALFA->(T)	1548
70	CALACORENE<BETA->(T)	1572
71	CALAMENENE<1R,CIS->	1554
72	CALAMENENE<1R,TRANS->	1569
73	CALAMENENE<1S,CIS->	1524
74	CALAMENENE<1S,TRANS->	1535
75	CAMPHENE	947
76	CAMPHENE HYDRATE	1148
77	CAMPHENILONE	1081
78	CAMPHENOLE<6->	1110
79	CAMPHENONE<6->	1092
80	CAMPHONELAL	1125
81	CAMPHOR	1143
82	CARENE<2->	996
83	CARENE<3->	1006
84	CAROTOL	1614
85	CARVACROL	1299
86	CARVACROL<METHYL ETHER->	1244
87	CARVENONE	1252
88	CARVEOL<CIS->	1231
89	CARVEOL<TRANS->	1219
90	CARVONE	1242
91	CARVONE OXIDE	1276
92	CARVYL ACETATE<CIS->	1358
93	CARVYL ACETATE<TRANS->	1334
94	CARYOPHYLLENE<BETA->	1414
95	CARYOPHYLLENE OXIDE	596
96	CEDRANE-13-AL<8->	1781
97	CEDRANE-13-OL<8->	1746
98	CEDRANE-13-OL<8->ACETATE	1925
99	CEDRANE-DIOL<8S,13->	2121
100	CEDRANE-DIOL<8S,14->	2101

101	CEDRANONE<5->	1644
102	CEDRANOXIDE<8,14->	1545
103	CEDRENE<ALFA->	1406
104	CEDRENE<BETA->	1414
105	CEDROL	1617
106	CEDRYL ACETATE	1864
107	CHAMIGRENE<BETA->	1472
108	CHRYSANTHENYL ACETATE<TRANS->	1236
109	CINEOL<1,4->	1010
110	CINEOL<1,8->	1027
111	CINNAMALDEHYDE<CIS->	1217
112	CINNAMALDEHYDE<TRANS->	1266
113	CINNAMIC ACID<TRANS->	1433
114	CINNAMYL ACETATE<CIS->	1382
115	CINNAMYL ACETATE<TRANS->	1438
116	CINNAMYL ALCOHOL<CIS->	1259
117	CINNAMYL ALCOHOL<TRANS->	1301
118	CITRONELLAL	1153
119	CITRONELLENE<BETA->	941
120	CITRONELLOL	1229
121	CITRONELLYL ACETATE	1350
122	CITRONELLYL BUTYRATE(T)	1532
123	CITRONELLYL FORMATE	1275
124	CITRONELLYL N-BUTYRATE	1532
125	CITRONELLYL N-PROPINATE(T)	1440
126	CONIFERYIL ALCOHOL<E->(TRANS-)	1809
127	CONIFERYIL ALCOHOL<Z->(CIS-)	1708
128	COPAENE<ALFA->	1372
129	CRESOL<META->	1072
130	CRESOL<ORTHO->	1048
131	CRESOL<P->	1068
132	CRESYL ACETATE<PARA->	1154
133	CUBEBENE<ALFA->	1347
134	CUBEBENE<BETA->	1386
135	CUBENOL	1656
136	CUMENE	923

137	CUMINE ALCOHOL	1303
138	CUMINYL ACETATE(T3)	1467
139	CUMINYL ALDEHYDE	1240
140	CUPARENE	1504
141	CURCUMENE<AR->	1481
142	CURCUMENE<GAMMA->	1478
143	CYMENE-8-OL<PARA->	1185
144	CYMENE-9-OL<PARA->	1209
145	CYMENE<ORTHO->	1017
146	CYMENE<P->	1020
147	CYMENENE<PARA->	1088
148	CYPERENE	1395
149	DECAHYDRONAPHTHALENE<CIS->	1097
150	DECAHYDRONAPHTHALENE<TRANS->	1052
151	DECALACTONE<DELTA->(T)	1488
152	DECALACTONE<GAMMA>	1459
153	DECANAL<N->	1208
154	DECANE(C10)	995
155	DECANOL<N->	1272
156	DECENE<1->	986
157	DECYNE<4->	1075
158	DEHYDRO-ELSHOLTZIA KETONE	1298
159	DEHYDROABIETAL	939
160	DEHYDROABIETOL	3454
161	DENDROLASTIN	1587
162	DESMETHOXYENCECALIN	1682
163	DIHYDRO CITRONELLOL	1199
164	DIHYDRO LINALOOL	1134
165	DIHYDRO TERPINEOL<CIS-ALFA->	1145
166	DIHYDRO TERPINEOL<CIS-BETA->	1136
167	DIHYDRO TERPINEOL<TRANS-ALFA->	1163
168	DIHYDRO TERPINEOL<TRANS-BETA->	1158
169	DIHYDROCARVEOL<ISO->	1215
170	DIHYDROCARVEOL<NEO-ISO->	1228
171	DIHYDROCARVEOL	1196
172	DIHYDROCARVONE<CIS->	1197

173	DIHYDROCARVONE<TRANS->	1205
174	DIHYDROEUGENOL(T)	1369
175	DIHYDROTAGETONE	1049
176	DIHYDROXY-P-CYMENE<2,4->	1559
177	DILL APIOLE	1650
178	DIMETHOXYBENZENE	1163
179	DIMETHYL STYRENE<2,5->	1096
180	DIMETHYL STYRENE ISOMER1	1100
181	DIMETHYL-4-ISOPROPYL-BICYCLO...-DECA...	1536
182	DIMETHYL-BICYCLO(3,1)HEPTA...DIENE...	952
183	DIMETHYL-NORBORNAN-EXO-2-OL...	1095
184	DOCOSANE<N->(C22)	2922
185	DOCOSENE<1->	2905
186	DODECANE(C12)	1203
187	DODECANOL<N->	1470
188	DODECENE<1->	1195
189	EICOSANE(C20)	2740
190	EICOSENE<1->	2349
191	ELEMENE<BETA->	1388
192	ELEMENE<DELTA->	1335
193	ELEMENE<GAMMA->	1564
194	ELEMENONE<BETA->	1622
195	ELEMICINE	1562
196	ELEMOL	1555
197	ELSHOLTZIA KETONE	1204
198	ELSHOLTZIONE<ALFA-DEHYDRO->	1218
199	ENCECALIN	2059
200	ESTRAGOLE	1198
201	ETHYL ACETATE	843
202	ETHYL BENZOATE	1171
203	ETHYL BUTYRATE	840
204	ETHYL CINAMMATE	1458
205	ETHYL HEPTANOATE	1096
206	ETHYL HEXANOATE	991
207	ETHYL HYDROQUINONE	1408
208	ETHYL N-DECANOATE	1389

209	ETHYL OCTANOATE	1198
210	ETHYL PENTANOATE	902
211	ETHYL PROPIONATE	807
212	EUCARVONE	1085
213	EUDESMOL<ALFA->	1690
214	EUDESMOL<BETA->	1686
215	EUDESMOL<GAMMA->	1660
216	EUGENOL	1351
217	EUGENYL ACETATE	1527
218	EUPATORIO CHROMENE	1860
219	EXODONE	1335
220	FARNESENE<ALFA->	1506
221	FARNESENE<CIS-BETA->	1453
222	FARNESENE<TRANS-BETA->	1527
223	FARNESOL<CIS,CIS->	1785
224	FARNESOL<CIS,TRANS->	1760
225	FARNESOL<TRANS,CIS->	1829
226	FARNESOL<TRANS,TRANS->	1798
227	FARNESYL ACETATE<CIS,TRANS->	1967
228	FARNESYL ACETATE<TRANS,TRANS->	2014
229	FENCHENE<ALFA->	945
230	FENCHOL<ENDO->	1113
231	FENCHOL<EXO->	1117
232	FENCHONE	1086
233	FENCHYL ACETATE<ENDO->	1222
234	FENCHYL ACETATE<EXO->	1228
235	FURFURYL BUTYRATE	1172
236	FURFURYL HEPTANOATE	1463
237	FURFURYL HEXANOATE	1363
238	FURFURYL OCTANOATE	1578
239	FURFURYL PENTANOATE	1269
240	FURFURYL PROPIONATE	1082
241	GERANIAL	1269
242	GERANIOL	1255
243	GERANYL 2-METHYLBUTYRATE (T)	1628
244	GERANYL ACETATE	1379

245	GERANYL ACETONE	1448
246	GERANYL FORMATE (T)	1301
247	GERANYL ISOBUTYRATE (T)	1516
248	GERANYL N-BUTYRATE	1571
249	GERANYL N-PROPIONATE	1472
250	GERANYL TIGLATE	1765
251	GERMACRENE B	1495
252	GERMACRENE D	1478
253	GERMACRENE D ISOMER=1	1459
254	GERMACRENE D ISOMER=3	1473
255	GERMACRONE	1754
256	GLOBULOL	1598
257	GOSSONOROL	1671
258	GUAIAZULENE	1881
259	GUAIENE<ALFA->	1434
260	GUAIENE<ALFA->OXIDE(T)	1474
261	GUAIOL	1615
262	GURJUNENE<ALFA->	1406
263	GURJUNENE<BETA->	1427
264	GURJUNENE<GAMMA->	1469
265	GERANYL VALERATE(T)	1635
266	HA-16	912
267	HA-15	903
268	HENEICOSANE<N-> (C21)	2627
269	HEPTADECANE (C17)	1765
270	HEPTANOL <N->	962
271	HEPTANONE <2->	895
272	HEPTANONE <2-METHYL-4->	921
273	HEPTANONE <3-METHYL-4->	925
274	HEPTANONE <5-METHYL-3->	938
275	HEXADECANE (C16)	1622
276	HEXADECANOL	2087
277	HEXADECENE <1->	1613
278	HEXADECYL ACETATE	2387
279	HEXANE <N->	786
280	HEXANOL <N->	878

281	HEXENAL <2->	868
282	HEXENOL <3->	870
283	HEXENYL BENZOATE <CIS-3-> (T)	1581
284	HEXYL 2-METHYL BUTYRATE	1235
285	HEXYL ACETATE <N->	1003
286	HEXYL BUTYRATE	1195
287	HEXYL HEXANOATE	1379
288	HEXYL TIGLATE	1328
289	HIMACHALENE <BETA-> (T)	1518
290	HIMACHALENE <ALFA-> (T)	1443
291	HUMULENE <ALFA->	1449
292	HUMULENE <BETA->	1435
293	HYDROXYCITRONELLAL	1285
294	HYDROXYCITRONELLOL	1357
295	HYDROXYGERMACRA-1 (10)5-DIENE...	1587
296	HYDROXYISOPIMARENE <3-BETA->	2689
297	INDOLE	1288
298	IONONE <6-METHYL-ALFA->	1521
299	IONONE <ALFA->	1421
300	IONONE <BETA->	1483
301	IONONE <METHYL-GAMMA->	1477
302	IPSENOL	1147
302	IPSENOL	1097
303	ISOBORNEOL	1156
304	ISOBORNYL ACETATE	1285
305	ISOBUTYL SALICYLATE	1418
306	ISOCEDRANOL <5->	1715
307	ISOCEDROL <6->	1635
308	ISOELEMICIN <CIS->	1586
309	ISOELEMICINE <TRANS->	1686
310	ISOEUGENOL <CIS->	1446
311	ISOITALICENE	1394
312	ISOMENTHOL	1185
313	ISOMENTHONE	1165
314	ISOMENTHYL ACETATE	1306
315	ISOPENTHYL ACETATE (=ISOAMYL ACETATE)	884

316	ISOPENTHYL ALCOHOL (=ISOAMYL ALCOHOL)	813
317	ISOPENTHYL N-BUTYRATE	1055
318	ISOPENTHYL-ISOVALERATE	1104
319	ISOPHYLLOCLADENE	2273
320	ISOPROPYL BUTYRATE	862
321	ISOPROPYL TIGLATE	967
322	ISOPULEGOL	1146
323	ISOPULEGYL ACETATE <CIS->	1273
324	ISOPULEGYL ACETATE <TRANS->	1281
325	ISOSAFROL <CIS->	1333
326	ISOSAFROL <TRANS->	1369
327	ITALICENE	1399
328	JASMONE <CIS->	1392
329	JASMONE <TRANS->	1385
330	KAURENE	2448
331	LANCEOL <CIS->	1866
332	LANCEOL ACETATE <CIS->	2049
333	LAURENENE	2072
334	LAVENDULOL	1167
335	LEDOL	1575
336	LIMONENE	1025
337	LIMONENE OXIDE <CIS->	1134
338	LIMONENE OXIDE <TRANS->	1139
339	LINALOOL	1099
340	LINALOOL OXIDE <CIS->	1071
341	LINALOOL OXIDE <TRANS->	1087
342	LINALYL ACETATE	1257
343	LONGIFOLENE	1399
344	LONGIPINENE <ALFA->	1498
345	MANOOL	2504
346	MANOOL <EPI-13->	2268
347	MANOYL OXIDE	2337
348	MENTH-2-EN-1-OL <CIS-P->	1121
349	MENTH-2-EN-1-OL <TRANS-P->	1140
350	MENTHA-1,3-DIEN-7-AL <P-> (T)	1281
351	MENTHATRIENE <1,3,8-PARA->	1112

352	MENTHOFURANE	1165
353	MENTHOL <L->	1174
354	MENTHONE <L->	1155
355	MENTHYL ACETATE	1294
356	METHYL ANTHRANILATE	1334
357	METHYL BENZOATE	1091
358	METHYL BUTYRATE	810
359	METHYL CINNAMATE <CIS->	1302
360	METHYL CINNAMATE <TRANS->	1375
361	METHYL CITRONELLATE	1261
362	METHYL EUGENOL	1399
363	METHYL ISOEUGENOL <CIS->	1451
364	METHYL ISOEUGENOL <TRANS->	1496
365	METHYL PALMITATE	2191
366	METHYL TIGLATE	878
367	METHYL-1-BUTHYL ACETATE <2-> (C 238)	884
368	METHYL-4-METHYLEN-BICYCLO...	961
369	METHYL-5-HEPTEN-2-ONE <6->	979
370	MUUROLENE <ALFA->	1500
371	MUUROLENE <GAMMA>	1474
372	MUUROLOL <TAU->	1676
373	MYRCENE	986
374	MYRISTICINE	1522
375	MYRTANOL <CIS->	1252
376	MYRTANOL <TRANS->	1258
377	MYRTENAL	1196
378	MYRTENOL	1198
379	MYRTENYL ACETATE	1236
380	NAPHTHALENE <-METHOXY->	1437
381	NAPHTHALENE	1181
382	NEOABIETOL	3819
383	NEOCEDRANOL	1728
384	NEOMENTHOL	1166
385	NEOMENTHYL ACETATE	1275
386	NERAL	1241
387	NEROL	1229

388	NEROLIDOL <CIS->	1538
389	NEROLIDOL <TRANS->	1574
390	NEROLIYDL ACETATE	2004
391	NERYL ACETATE	1360
392	NERYL ACETONE	1429
393	NOJIGIKU ACETATE(=6-CAMPHENYL ACETATE)	1238
394	NONADECANE (C19)	2133
395	NONANAL <N->	1103
396	NONANE (C9)	903
397	NONANOL <2->	1099
398	NONANOL <N->	1172
399	NONANONE <2->	1090
400	NONYL ACETATE <N->	1311
401	NOPOL	1277
402	NOPYL ACETATE <N->	1311
403	NUCIFEROL <CIS->	1806
404	NUCIFEROL <TRANS->	1857
405	NUCIFEROL ACETATE <CIS->	1998
406	OCIMENE <CIS->	1033
407	OCIMENE <TRANS->	1045
408	OCIMENONE <E->	1240
409	OCIMENONE <Z->	1232
410	OCTADECANE (C18)	1935
411	OCTADECANOL	2576
412	OCTADECENE (1-)	1925
413	OCTANAL <N->	997
414	OCTANE (C8)	840
415	OCTANOL (2-)	993
416	OCTANOL (3-)	988
417	OCTANOL <N->	1067
418	OCTANONE <2->	983
419	OCTANONE <3->	980
420	OCTEN-3-OL <1->	972
421	OCTENE <1->	1836
422	OCTYL ACETATE	1124
423	OPLOPANONE	1816
424	OPLOPANONE <BETA>	1630

425	PALUSTROL	3297
426	PATCHOULENE <ALFA->	1451
427	PATCHOULENE <BETA->	1376
428	PATCHOULI ALCOHOL	1701
429	PENTACOSANE <N-> (C25)	4003
430	PENTADECANE (C15)	1500
431	PENTADECANOL	1829
432	PENTYL ACETATE (N-) (=AMYL ACETATE)	915
433	PENTYL ISO-BUTYRATE <N->	1052
434	PENTYL N-BUTYRATE <N->	1092
435	PERILLA ALCOHOL	1295
436	PERILLALDEHYDE	1271
437	PHELLANDRENE <ALFA->	1000
438	PHELLANDRENE <BETA->	1026
439	PHENOL <2-(2-PROPENYL)-> (T)	1171
440	PHENYL ETHYL ACETATE	1255
441	PHENYL ETHYL ALCOHOL	1111
442	PHENYL ETHYL FORMATE (T)	1176
443	PHENYL ETHYL PROPINATE	1346
444	PHENYL ETHYL TIGLATE (T)	1606
445	PHENYLPROPYL <C- ACETATE)	1364
446	PHYLLOCLADENE	2392
447	PHYTOL	2240
448	PIMARA-8(14,15-DIEN)(T)	2232
449	PINANE <CIS->	977
450	PINANE <TRANS->	966
451	PINANONE <CIS-3-> (=PINOCAMPHONE)	1160
452	PINANONE <TRANS-3->	1205
453	PINENE <ALFA->	935
454	PINENE <BETA->	974
455	PINENE HYDRATE <CIS->	1141
456	PINENE HYDRATE <TRANS>	1121
457	PINENE OXIDE <ALFA->	1096
458	PINENE OXIDE <BETA->	1157
459	PINOCAMPHONE <ISOMER T>	1174
460	PINOCARVEOL <TRANS->	1139

461	PINOCARVONE	1163
462	PIPERITOL <CIS->	1197
463	PIPERITOL <TRANS>	1209
464	PIPERITONE	1252
465	PIPERONAL	1326
466	PIPITISOL <O-METHYL-ALFA->	1993
467	PIPITISOL <O-METHYL-BETA->	2019
468	PROPANOL <N->	789
469	PROPIONALDEHYDE <2-PHENYL->	1100
470	PROPYL BUTYRATE	900
471	PROPYL TIGLATE	1029
472	PULEGOL	1156
473	PULEGONE	1238
474	RIMUENE	2120
475	ROSE OXIDE <CIS->	1111
476	ROSE OXIDE <TRANS->	1126
477	SABINENE	970
478	SABINENE HYDRATE <CIS->	1097
479	SABINENE HYDRATE <TRANS->	1064
480	SABINENE HYDRATE ACETATE <CIS->	1253
481	SABINYL ACETATE <TRANS->	1298
482	SABINYL ACETATE <CIS-> (T)	1292
483	SAFROL	286
484	SALICYLALDEHYDE	1035
485	SALICYLATE , ETHYL	1267
486	SALICYLATE, METHYL	1193
487	SANTALENE <ALFA->	1416
488	SANTALENE <[E],EPI-BETA->	1444
489	SANTALENE <[Z],BETA->	1457
490	SANTALOL <CIS, ALFA->	1730
491	SANTALOL <[E],CIS,EPI-BETA->	1771
492	SANTALOL <[Z],CIS,BETA->	1795
493	SANTALOL <[Z],TRANS,BETA->	1828
494	SANTALOL ACETATE <[E],CIS,EPI-BETA->	1950
495	SANTALOL ACETATE <[Z],TRANS,BETA->	2073

496	SANTALONE	1204
497	SANTALYL ACETATE ,CIS,ALFA->	1902
498	SANTALYL ACETATE <[Z],CIS,BETA->	1976
499	SANTENE	894
500	SANTOLINA TRIENE	909
501	SCLAREOL	2982
502	SELINENE <ALFA->	1494
503	SELINENE <BETA->	1484
504	SESQUIPHELLANDRENE <BETA->	1527
505	SCATOLE	1377
506	SPATHULENOL	1589
507	TAGETONE <CIS->	1153
508	TAGETONE <TRANS->	1146
509	TERPINENE -7-AL <ALFA->	1282
510	TERPINENE -7-AL <GAMMA->	1288
511	TERPINENE <ALFA->	1013
512	TERPINENE <GAMMA->	1057
513	TERPINENYL ACETATE <4->	1096
514	TERPINENYL ACETATE <ALFA->	1346
515	TERPINEOL <1->	1134
516	TERPINEOL <4->	1179
517	TERPINEOL <ALFA->	1192
518	TERPINEOL <CIS,BETA->	1144
519	TERPINEOL <DELTA-> (T)	1330
520	TERPINEOL <TRANS,BETA->	1164
521	TERPINOLENE	1087
522	TETRACOSANE <N-> (C24)	3610
523	TETRADECANE (C14)	1397
524	TETRADECANOL	1727
525	TETRADECENE <1->	1389
526	TETRAHYDROLINALOL	1098
527	THUJENE <ALFA->	928
528	THUJONE <ALFA->	1103
529	THUJONE <BETA->	1114
530	THUJOPSADIENE	1458
531	THUJOPSANONE <3->	1688

532	THUJOPSANONE <3-ISO->	1670
533	THUJOPSENE	1424
534	THYMODIHYDROQUINONE	1561
535	THYMOL	1290
536	THYMOL <METHYL ETHER->	1236
537	THYMOQUINONE	1250
538	THYMYL ACETATE	1351
539	TOLUALDEHYDE	1079
540	TORREYOL (DELTA CADINOL)	1681
541	TATAROL <CIS-> (T)	3175
542	TATAROL <TRANS->	3267
543	TRICOSANE <N-> (C23)	3251
544	TRICYCLENE	924
545	TRIDECANE (C13)	1300
546	TRIDECANOL <N->	1588
547	TRIDECENE	1293
548	UMBELLULONE	1172
549	UNDECANE (C11)	1100
550	UNDECANOL <N->	368
551	VALENCENE	1491
552	VANILLIN	1388
553	VANILLIN <ETHYL->	1447
554	VANILLIN <O->	1299
555	VERBENOL <CIS->	1140
556	VERBENOL <TRANS->	1144
557	VERBENONE	1208
558	VERBENYL ACETATE <CIS->	1282
559	VERBENYL ACETATE <TRANS->	1192
560	VIRIDIFLORENE	1492
561	VIRIDIFLOROL	1608
562	WIDDROL	1618
563	YLANGENE <ALFA->	1368
564	YL 12	2117
565	ZINGIBERENE <ALFA->	1496

سپاسگزاری

بدینوسیله از مسئولین محترم موسسه تحقیقات جنگلها و مراتع که امکانات لازم را برای انجام این تحقیق فراهم نمودند تشکر و قدردانی به عمل می‌آید.

منابع مورد استفاده :

۱ـ استوک،ر،رایس، س.ب.ف. ترجمه حسین، و، منظوری لشکر، ج. ۱۳۷۱، روشهای کروماتوگرافی، انتشارات مرکز نشر دانشگاهی، تهران، ص ۱۸۴-۱۷۸.

2-Sandra, P. and Bicchi, C., 1986, Capillary gas chromatography in essential oil analysis, A.H.B., New york.

3- Saturn GC/MS refernce manual 03-914350-00; 1992, Varian associates, Inc.

4-Gaschromatograph reference manual 03914094; 1992, Varian associates, Inc.

5- Libr-trp. 1992 mass spectral search program.

6- Analysentechnik Beringer, 1993,ATB, s analysentechnischiche Informationen, band 1. Mainz - Kasel.

7- Roedel, W. and Woelm, G., 1982, Grundlagen der Gaschromatographie D. V. B., Berlin.