

Instrument: Pegasus® BT 4D

GCxGC-TOFMS を用いたトマト中残留農薬の決定

Tomas Kovalczuk, Sebastiano Panto, Nick Jones, Juergen Wendt; LECO European Application & Technology Center, Berlin (Germany)

Key Words: 農薬, 食品, GCxGC, TOFMS, 定性分析, 定量分析

Introduction

トマトは、ジャガイモに次いで 2 番目に重要な野菜作物です。世界のトマト生産量は現在約 1 億 3,000 万トンに達しています。上位 5 大生産地域・国は中国、EU、インド、米国、トルコであり、世界生産量の 70% を占めています。生鮮トマトの大部分は、ジュース、ピューレおよびペースト、ケチャップ/ソース、あるいはホール缶詰などの製品へ速やかに加工されます。これらの製品中に農薬残留物が存在すると、さまざまな健康への悪影響を引き起こす可能性があります。したがって、農薬の同定および定量は、食品管理機関にとって重要な課題です。



本アプリケーションノートでは、皮むきトマト中の対象農薬を検出および定量するための GCxGC-TOFMS ワークフローについて述べます。従来の QuEChERS 抽出に続くクリーンアップを行った後であっても、試料中には多量のマトリックス干渉が認められたため、包括的二次元クロマトグラフィー法が必要となりました。実際、GCxGC 技術は分離効率を大幅に向上させ、最終的に対象分析種および非対象分析種をマトリックス干渉からより良好に分離することを可能にします。これに LECO の Pegasus® BT 4D に特徴的な高感度、高速取り込み、およびデコンボリューションの利点を組み合わせることで、検討したすべての農薬について必要な検出限界を容易に達成できました。

Experimental

皮むきトマト抽出液は、顧客から提供された 10 g 試料について、European EN 15662 (Restek #25849) に準拠した QuEChERS 抽出を行い、その後 dSPE クリーンアップ (Restek #26223) を実施して得ました。ブランク抽出液は、まず農薬汚染がないことを確認するために分析し、その後、マトリックスマッチド定量標準液の調製に用いました。164 種類の農薬残留物を含む濃縮標準混合液は同じ顧客から提供されました。この標準液を皮むきトマトのブランクマトリックスに添加し、異なる濃度レベル (2.5、5、10、25、50 ng/g) の検量線用標準液を調製しました。

マトリックスマッチド標準液のデータは、Table 1 に示す条件で取得し、ChromaTOF® brand software により、NonTarget Deconvolution® (NTD) をピーク検出アルゴリズムおよび Target Analyte Finding® (TAF) 戦略と併用して処理し、混入農薬および非対象物質の同定と定量を行いました。

ピーク検出、同定、および検量線の直線性は、LECO の App Note 203-821-560 で既述のとおり、unit mass resolution TOFMS 向けの SANTE/11813/2017 ガイドライン (<http://www.eurl-pesticides.eu/docs/public/tmpl/article.asp?CntID=727>) に従いました。

Table 1. PegasusBT4D GCxGC Conditions

GC	LECO GCxGC QuadJet™ Thermal Modulator
Injection	1 µL, in cold Splitless mode (Gerstel CIS4 Inlet) 40 °C (hold 6s), 10 °/s to 275 °C Splitless time: 2 min
Columns	1D: HP-5MS UI, 30 m x 0.25 mm i.d. x 0.25 µm coating (Agilent) 2D: Rxi-17Silms, 1.5 m x 0.15 mm ID x 0.15 µm coating (Restek)
Oven Program	75 °C (hold 2.05 min), ramp 5 °C/min to 320 °C (hold 15 min)
Secondary Oven	+5 °C (relative to the main oven temperature)
Modulator	+15 °C (relative to the secondary oven temperature)
Modulation Period	4 sec (0-862 s), 5s (862-end of run)
Transfer line	340 °C

MS	LECO Pegasus BT 4D
Ion Source Temp	250 °C
Mass Range	40-600
Acquisition Rate	200 spectra/s

Results and Discussion

Figure 1 に、50 ng/g の農薬混合液を添加した皮むきトマト抽出液の二次元等高線図を示します。添加した 164 種類の農薬に加えて、スペクトル類似度スコアが 800/1000（すなわち 80%）を超える非対象ピークが 2100 以上同定されました。これは、Pegasus BT 4D が微量レベルの定量目的に使用可能なデータを取得しながら、非対象スクリーニングを実行できる能力を示しています。さらに、これらのデータは、新たに規制対象となる農薬物質が発生した場合の後ろ向き解析、ならびにトマトの風味および香りに関与する Volatile Organic Compounds (VOCs) の測定など、さまざまな評価に後日利用できます。

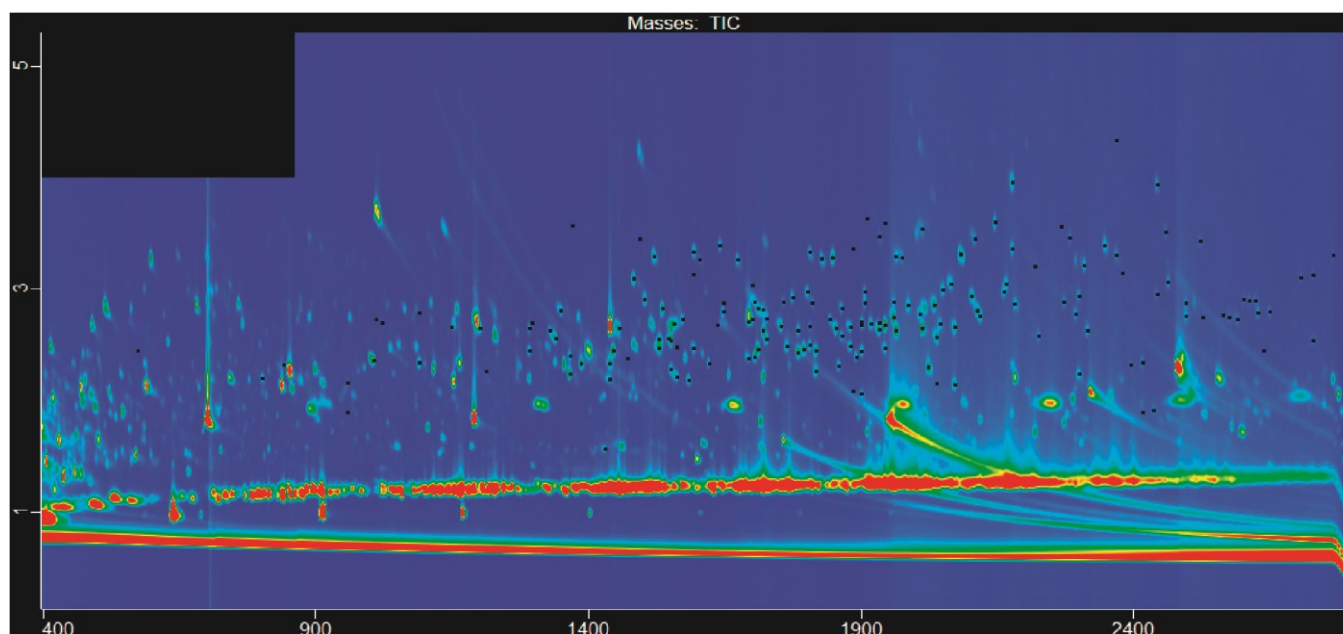


Figure 1 . 50 ng/g の農薬混合液を添加した皮むきトマト抽出液の等高線図。

Figure 1 の 2D 等高線図は、早期に溶出する対象ピークの 1D クロマトグラフィー分離能を保持するため、分析開始時に可変モジュレーション周期を適用したことも示しています。具体的には、0～約 860 sec の間はモジュレーション周期を 4 sec に設定し、その後、分析終了まで 5 sec に延長することで、後半に溶出する化合物のラップアラウンドを回避しながら、本法の分離能力を向上させました。

GCxGC 技術による分離能向上の例を Figure 1a に示します。この図では、等高線図の「y」軸方向におけるクロマトグラフィー分離が強調されています。一次元分離では、3 種類の農薬である δ -Lindane、Paraoxon methyl、および Disulfoton は共溶出しますが、第 2 次元カラム分離により完全に分離されています。また同じ図中には、Pirimicarb と Pentachloroaniline の間で行われた自動デコンボリューションの例も示されています。

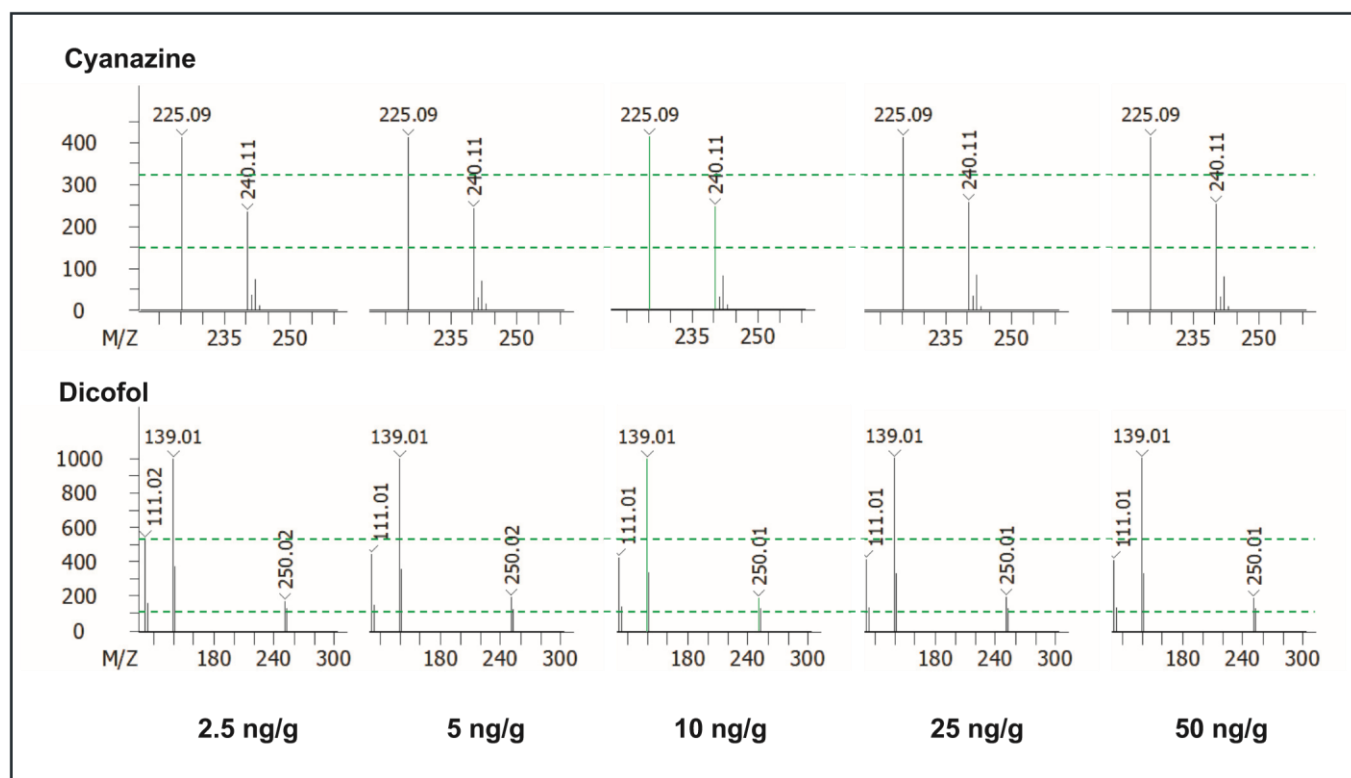


Figure 3. 検量範囲全体におけるイオン比の変動 (<±30%)。

本セクションの冒頭で述べたように、LECO の Pegasus BT 4D は、農薬分析に必要な感度を損なうことなく、非対象スクリーニングと対象スクリーニングを同時に行うことができます。非対象スクリーニングの例として、Figure 4 には、抽出液中に認められた 3 種類の香気活性物質、すなわち 5-Hepten-2-one, 6-methyl-, methyl salicylate, および beta-ionone の同定結果を示します。1 つ目は青葉様の香り、2 つ目はグリーンでミント様の香り、3 つ目は花様・スミレ様の香りに関与します。これらの非対象物質は、それぞれ 1000 点中 932、888、859 という高い Similarity Score で同定され、二次元空間内でマトリックス干渉から良好に分離されました。

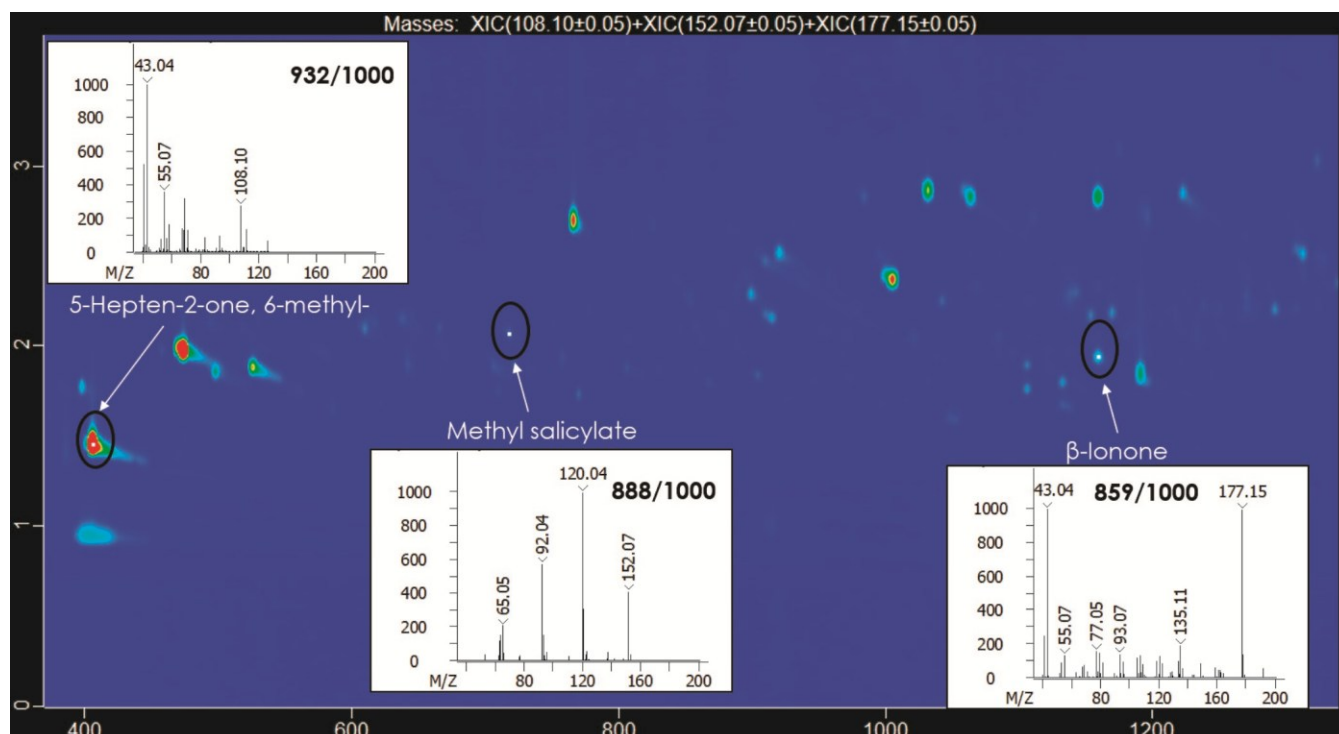


Figure 4. 香気活性物質に対する非対象スクリーニングの結果。

Figure 4a は、beta-Ionone と Apocynin の 2D 分離を示しています。これらは同じ 1D R.T.を持ち、NIST ライブラリ情報によれば Retention Indices (RI) も非常に近い値です（それぞれ 1491 および 1489）。この点を考慮すると、従来の 1D 分離では両成分は分離されず、そのため正確な同定に影響が生じた可能性があります。また、香気活性成分の評価を目的とした実験（例：GC-Olfactometry）では、beta-Ionone の官能知覚にも影響が及んだ可能性があります。

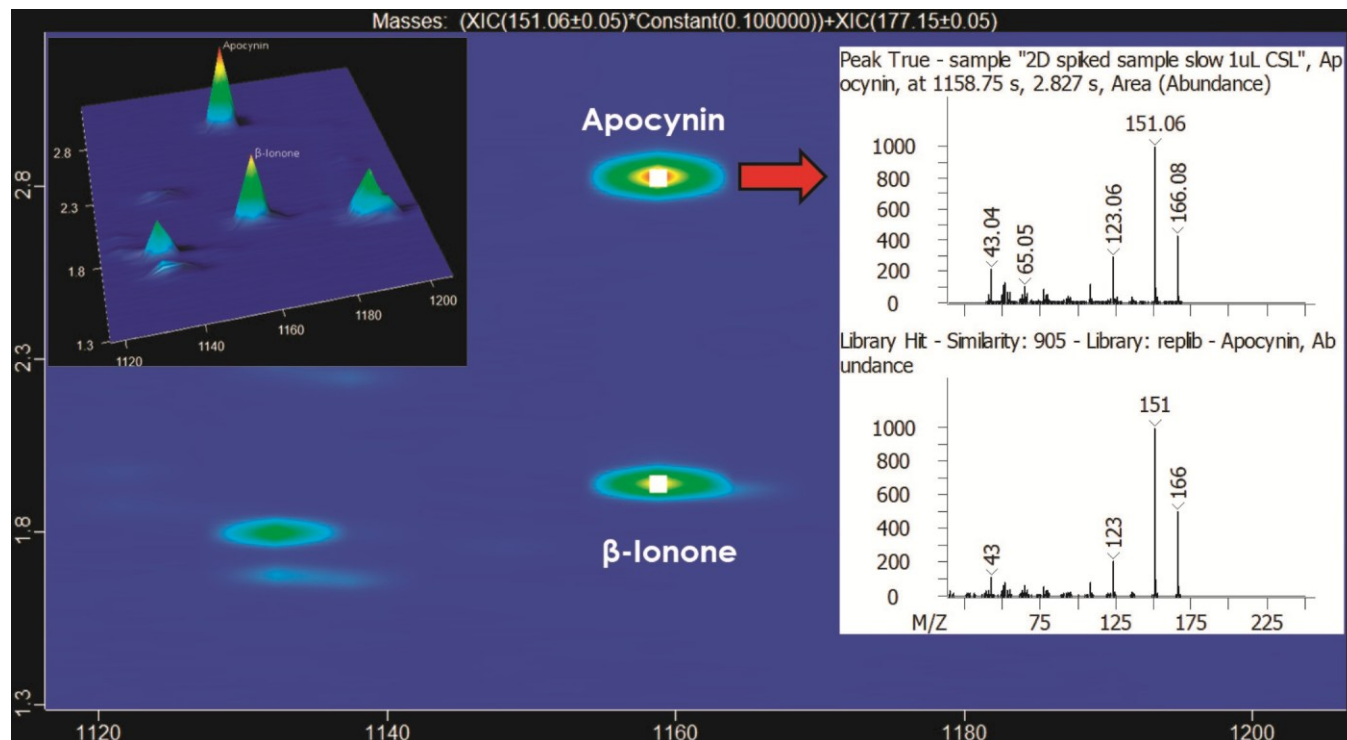


Figure 4a. beta-Ionone と Apocynin の二次元分離の詳細。

Table 2 (6 および 7 ページ参照) には、農薬リストと、それぞれの二次元保持時間、定量に使用したサブノミナル m/z イオン (Quant Masses)、最低検量点 (すなわち 2.5 ng/g) におけるシグナル／ノイズ比 (Quant S/N)、およびトマト中の対応する Maximum Residue Levels (MRLs) を示します。表から分かるように、すべての農薬はトマトに設定された MRLs を十分に下回る範囲で検量されています。さらに、算出された Quant S/N は、多くの対象成分について到達可能な LOD および LOQ に関する有用な情報を提供します。実際、多くの場合、注入量を 2 μ L に変更することで、0.5~1 ng/g、さらにはそれ以下の LOD 値を達成できる可能性があります。ただし、これは本アプリケーションの範囲外でした。

Conclusions

GCxGC-TOF MS: 包括的二次元ガスクロマトグラフィー (GCxGC) により、他の農薬またはマトリックス成分に由来する共溶出から、すべての個別対象農薬の総合的な分離が改善されました。

Quantitation: LECO の Pegasus BT 4D システム (GCxGC-TOFMS) を用いて、皮むきトマト抽出液中の対象農薬リストを測定する定量ワークフローを開発しました。すべての対象農薬は、Matrix-Matched 標準液を用いた外部検量線法により正しく検量され、優れた相関係数 (R^2) を有する直線的な検量線が得られました。

Sensitivity: 感度の観点から、本装置メソッドは 1 μ L のコールドスプリットレス注入により、低 ppb レベル (すなわち 2.5 ppb) まで定量可能であることが確認されました。さらに、最低検量レベルで算出した S/N に基づくと、より低濃度 (0.5~1 ng/g) の対象農薬を検出および定量できる大きな余地がなお残されています。

Non-Target Screening: GCxGC-TOFMS 技術は、主として定量目的に使用される同一データセットを用いて、非対象成分 (すなわち香気活性物質) を同時に検出および同定するために有効に用いられました。これは、このような装置および技術の柔軟性を示すものであり、現代の分析ラボにおいて非常に有用であることが実証されました。

Acknowledgements

著者らは、試料および支援を提供いただいた Experimental Station for the Food Preservation Industry – Research Foundation (SSICA, Italy) の Dr. Sannino、Dr. Savini、および Dr. Bandini に謝意を表する。



LECO Corporation | 3000 Lakeview Avenue | St. Joseph, MI 49085 | Phone: 800-292-6141 | 269-985-5496

info@leco.com • www.leco.com | ISO-9001:2015 Q-994 | LECO is a registered trademark of LECO Corporation.

Pegasus, ChromaTOF are registered trademarks of LECO Corporation.

Table 2 - Pesticide List

#	Name	Eu MRL in tomato (ng/g)	Quant Masses	1st Dim. R.T.(s)	2nd Dim. R.T. (s)	Quant S/N (2.5 ng/g)
1	Dichlorvos	10	XIC(109.01±0.1)	801.971	2.21	428
2	Biphenyl	10	XIC(154.08±0.1)	1005.06	2.38	2551
3	Mevinphos	10	XIC(127.03±0.1)	1079.25	2.80	150
4	Chlormephos	-	XIC(96.96±0.1)	1089.85	2.35	445
5	Dicrotophos	-	XIC(96.96±0.1)	1089.85	2.35	257
6	Propham	10	XIC(179.09±0.1)	1116.35	2.29	463
7	o-Phenylphenol	10	XIC(170.09±0.1)	1201.15	2.67	467
8	Molinate	10	XIC(126.1±0.1)	1227.64	2.58	407
9	DEET	-	XIC(119.06±0.1)	1291.24	2.47	325
10	Heptenophos	-	XIC(250.02±0.1)	1291.24	2.67	207
11	Tecnazene	10	XIC(260.87±0.1)	1328.34	2.49	391
12	Thionazin	-	XIC(248.04±0.1)	1328.34	2.64	123
13	Propachlor	20	XIC(120.08±0.1)	1338.94	2.58	510
14	Diphenylamine	50	XIC(169.09±0.1)	1349.54	2.82	775
15	Ethoprophos	20	XIC(242.06±0.1)	1365.43	2.43	186
16	Cycloate	-	XIC(83.09±0.1)	1365.43	2.26	536
17	Chlorpropham	10	XIC(213.06±0.1)	1386.63	2.35	639
18	Trifluralin	10	XIC(335.11±0.1)	1429.03	1.58	1075
19	Cadusafos	10	XIC(158.98±0.1)	1439.63	2.22	120
20	Sulfotep	-	XIC(322.02±0.1)	1439.63	2.35	341
21	Phorate	10	XIC(260.01±0.1)	1444.93	2.47	350
22	alpha-Lindane	10	XIC(180.96±0.1)	1455.53	2.67	471
23	Dicloran	10	XIC(205.96±0.1)	1482.03	3.10	200
24	Chlorzoxazone	-	XIC(169.01±0.1)	1492.63	3.47	34
25	Simazine	10	XIC(201.08±0.1)	1503.23	2.93	277
26	Beta-Lindane	10	XIC(180.96±0.1)	1519.13	3.31	436
27	Atrazine	50	XIC(215.09±0.1)	1519.13	2.69	368
28	Propazine	-	XIC(229.11±0.1)	1529.72	2.49	685
29	Terbutometon	-	XIC(225.16±0.1)	1529.72	2.55	344
30	gamma-Lindane	10	XIC(180.96±0.1)	1535.02	2.84	524
31	Quintozene	20	XIC(294.83±0.1)	1545.62	2.58	219
32	Terbufos	10	XIC(230.99±0.1)	1550.92	2.29	173
33	Terbutylazine	50	XIC(229.11±0.1)	1550.92	2.56	730
34	Fonofos	-	XIC(246.03±0.1)	1556.22	2.71	667
35	Propyzamide	10	XIC(255.02±0.1)	1561.52	2.23	695
36	Pyrimethanil	1000	XIC(199.11±0.1)	1572.12	2.75	666
37	Diazinon	10	XIC(137.09±0.1)	1582.72	2.21	220
38	Delta-Lindane	10	XIC(180.96±0.1)	1593.32	3.35	247
39	Disulfoton	10	XIC(186.01±0.1)	1593.32	2.49	116
40	Paraoxon methyl	10a	XIC(230.04±0.1)	1593.32	3.15	32
41	Chlorothalonil	6000	XIC(265.9±0.1)	1603.92	3.28	136
42	Tefluthrine	-	XIC(177.05±0.1)	1609.22	1.62	330
43	Etrimphos	-	XIC(292.06±0.1)	1619.82	2.36	188
44	Endosulfan ether	50	XIC(341.85±0.1)	1635.72	2.70	4
45	Formothion	10	XIC(93.02±0.1)	1641.02	3.41	238
46	Pirimicarb	500	XIC(238.14±0.1)	1646.32	2.83	433
47	Metribuzin	100	XIC(198.09±0.1)	1672.82	3.24	244
48	Vinclozoline	10	XIC(285.02±0.2)	1694.01	2.40	112
49	Chloropyriphosmethyl	1000	XIC(285.95±0.1)	1694.01	2.71	364
50	Malaaxon	20	XIC(127.04±0.1)	1699.31	2.75	410
51	Simetryn	-	XIC(213.12±0.1)	1699.31	3.05	16*
52	Heptachlor	10	XIC(100.02±0.1)	1704.61	2.41	428
53	Tolclofos-methyl	10	XIC(265.01±0.1)	1704.61	2.91	290
54	Parathion methyl	10a	XIC(125±0.1)	1704.61	2.90	174
55	Alachlor	10	XIC(160.13±0.1)	1709.91	2.48	487
56	Ametryn	-	XIC(227.14±0.1)	1709.91	2.84	456
57	Paraoxon-ethyl	-	XIC(275.06±0.1)	1720.51	2.83	64
58	Prometryn	-	XIC(241.14±0.1)	1720.51	2.64	570
59	Fenchlorphos	10	XIC(284.95±0.1)	1725.81	2.56	532
60	Metalaxyl	300	XIC(279.15±0.1)	1725.81	2.76	151
61	Terbutryn	-	XIC(241.14±0.1)	1752.31	2.70	655
62	Fenitrothion	10	XIC(277.02±0.1)	1757.61	2.91	120
63	Pirimiphos methyl	10	XIC(305.1±0.1)	1762.91	2.51	318
64	Dichlofluanid	-	XIC(331.96±0.1)	1773.51	2.94	317
65	Aldrin	10	XIC(66.06±0.1)	1784.11	2.44	290
66	Malathion	20	XIC(127.05±0.1)	1784.11	2.64	245
67	Metolachlor	50	XIC(162.14±0.1)	1794.71	2.48	793
70	Cyanazine	-	XIC(240.09±0.1)	1805.31	3.34	227
71	Parathion ethyl	-	XIC(291.03±0.1)	1805.31	2.68	65
72	Dicofol	20	XIC(139.01±0.1)	1810.61	2.90	234
73	Chlorthalldimethyl	10	XIC(300.9±0.1)	1815.91	2.46	3359
74	Flufenacet	50	XIC(363.07±0.1)	1815.91	2.28	278
75	Fenson	-	XIC(77.05±0.1)	1826.51	3.29	308
76	Bromophosmethyl	-	XIC(330.9±0.1)	1842.4	2.75	275
77	Diphenamid	-	XIC(72.05±0.1)	1847.7	3.30	732
78	Isodrin	-	XIC(192.95±0.1)	1853	2.66	144
79	Pirimiphos ethyl	-	XIC(333.13±0.1)	1858.3	2.33	221
80	Cyprodinil	1500	XIC(224.14±0.1)	1863.6	2.85	302
81	Isofenphosmethyl	-	XIC(199.03±0.1)	1863.6	2.59	240
82	Heptachlor epoxide	10	XIC(387.81±0.1)	1879.5	2.67	428
83	Pendimethalin	50	XIC(252.12±0.1)	1879.5	2.50	332
84	Fipronil sulfide	-	XIC(350.98±0.1)	1884.8	2.09	11
85	Chlozolinate	10	XIC(331.02±0.1)	1890.1	2.41	398
86	Fipronil	5	XIC(366.97±0.1)	1900.7	2.08	261
87	Chlorfenvinphos	10	XIC(323.02±0.1)	1900.7	2.70	73
88	Mecarbam	10	XIC(329.05±0.1)	1900.7	2.73	106
89	Isofenphos	-	XIC(255.1±0.1)	1900.7	2.47	216
90	Quinalphos	10	XIC(298.05±0.1)	1906	2.89	191
91	Phenthoate	-	XIC(274.01±0.1)	1906	2.99	135
92	Folpet	5000	XIC(104.04±0.1)	1911.3	3.64	36*
93	Procymidone	10	XIC(283.02±0.1)	1916.6	2.71	98
94	Methidathion	20	XIC(145.02±0.1)	1932.5	3.47	115
95	Chlordane-trans	-	XIC(372.85±0.1)	1932.5	2.65	1383
96	Bromophos-ethyl	10	XIC(96.96±0.1)	1943.1	2.49	182
97	o,p'-DDE	-	XIC(317.93±0.1)	1943.1	2.70	698
98	Tetrachlorvinphos	-	XIC(328.96±0.1)	1959	2.97	271
99	alpha-Endosulfan	50b	XIC(194.97±0.1)	1959	2.77	252
100	Chlordane-cis	10	XIC(372.85±0.1)	1964.3	2.65	292
101	Mepanipyrim	1500	XIC(223.11±0.1)	1964.3	3.36	404
102	Ditalimfos	-	XIC(299.04±0.1)	1974.9	3.31	98
103	Fenamiphos	40	XIC(303.11±0.1)	1985.5	2.86	203
104	Profenofos	10000	XIC(373.93±0.1)	2006.69	2.81	154
105	Fludioxonil	3000	XIC(248.06±0.1)	2011.99	3.56	208
106	p,p'-DDE	50c	XIC(317.93±0.1)	2011.99	2.66	606
107	Oxadiazon	50	XIC(344.07±0.1)	2022.59	2.31	367
108	o,p'-DDD	-	XIC(235.03±0.1)	2033.19	2.87	792
109	Buprofezin	10	XIC(305.16±0.1)	2038.49	2.58	144
110	Bupirimate	2000	XIC(316.16±0.1)	2043.79	2.69	68
111	Kresoxim-methyl	600	XIC(116.06±0.1)	2049.09	3.01	204
112	Endrin	10	XIC(262.88±0.1)	2064.99	3.05	118
113	Perthane	-	XIC(223.17±0.1)	2070.29	2.68	620
114	Fluazifop-butyl	60d	XIC(383.13±0.1)	2070.29	2.17	232
115	Beta-Endosulfan	50b	XIC(194.97±0.1)	2080.89	3.32	162
116	Aclonifen	10	XIC(264.05±0.1)	2107.39	3.47	319
117	o,p'-DDT	50	XIC(235.03±0.1)	2112.69	2.82	699
118	p,p'-DDD	-	XIC(235.03±0.1)	2112.69	2.82	695
119	Ethion	10	XIC(96.96±0.1)	2117.99	2.78	305
120	Triazophos	10	XIC(313.06±0.1)	2144.49	3.63	160
121	Carbofenotion	-	XIC(341.97±0.1)	2160.38	3.00	128
122	Benalaxyl	500	XIC(148.13±0.1)	2165.68	3.07	255
123	Lenacil	100	XIC(153.08±0.1)	2176.28	3.99	548
124	Endosulfan sulphate	50b	XIC(421.81±0.1)	2176.28	3.38	476
125	p,p'-DDT	50c	XIC(235.03±0.1)	2181.58	2.88	270
126	Methoxychlor I	10	XIC(227.13±0.1)	2218.68	3.22	53
127	Propargite	10	XIC(350.15±0.1)	2223.98	2.60	37
128	Iprodione	10	XIC(329.03±0.1)	2271.68	2.90	114
129	Pyridaphenthion	-	XIC(340.06±0.1)	2282.28	3.48	57
130	Tetramethrin I	-	XIC(164.09±0.1)	2287.58	3.00	29
131	Bromopropylate	10	XIC(340.92±0.1)	2292.88	2.79	275
132	Bifenthrin	300	XIC(181.12±0.1)	2298.18	2.27	274

68	Fenthion	10	XIC(278.02±0.1)	1800.01	2.99	252
69	Chlorpyrifos-ethyl	-	XIC(350.92±0.1)	1805.31	2.51	377

133	Tetramethrin II	-	XIC(164.09±0.1)	2298.18	2.97	152
134	Methoxychlor II	10	XIC(227.13±0.1)	2308.77	3.23	328

Table 2 - Pesticide List, continued

#	Name	Eu MRL in tomato (ng/g)	Quant Masses	1st Dim. R.T.(s)	2nd Dim. R.T. (s)	Quant S/N (2.5 ng/g)
135	Fenpropathrin	10	XIC(97.11±0.1)	2314.07	2.65	103
136	Tetradifon	10	XIC(355.88±0.1)	2345.87	3.40	376
137	Phosalone	10	XIC(366.99±0.1)	2367.07	3.32	31*
138	Azinphos-methyl	50	XIC(77.05±0.1)	2367.07	4.34	48
139	.lambda.-Cyhalothrin I	70e	XIC(181.09±0.1)	2393.57	2.34	48
140	Acrinathrin I	20	XIC(181.09±0.1)	2414.77	1.92	31*
141	.lambda.-Cyhalothrin II	70e	XIC(181.09±0.1)	2414.77	2.36	57
142	Acrinathrin II	20	XIC(181.09±0.1)	2435.97	1.93	55
143	Pyrazophos	10	XIC(221.1±0.1)	2441.27	2.98	84
144	Azinphos-ethyl	20	XIC(77.05±0.1)	2441.27	3.96	102
145	Dialiphos	-	XIC(208.04±0.1)	2457.17	3.53	48
146	Fenoxaprop-ethyl	-	XIC(361.07±0.1)	2462.46	3.09	89
147	Spirodiclofen	500	XIC(71.09±0.1)	2494.26	2.76	86
148	Permethrin cis	50f	XIC(183.1±0.1)	2494.26	2.88	87
149	Permethrin trans	50f	XIC(183.1±0.1)	2494.26	2.89	10
150	Coumaphos	-	XIC(96.96±0.1)	2520.76	3.45	51
151	Cyfluthrin I	50f	XIC(163.03±0.1)	2563.16	2.79	27
152	Cyfluthrin II	50f	XIC(163.03±0.1)	2573.76	2.77	55
153	Cyfluthrin III	50f	XIC(163.03±0.1)	2589.66	2.75	76
154	Cypermethrin I	500f	XIC(163.03±0.1)	2600.26	2.93	43
155	Cypermethrin III	500f	XIC(163.03±0.1)	2621.45	2.93	49
156	Flucythrinate I	10f	XIC(199.12±0.1)	2626.75	2.81	154
157	Fluvalinate I	-	XIC(250.08±0.1)	2637.35	2.47	13
158	Cypermethrin II	500f	XIC(163.03±0.1)	2637.35	2.47	58
159	Flucythrinate II	10f	XIC(199.12±0.1)	2647.95	2.82	64
160	Fenvalerate I	-	XIC(419.13±0.1)	2706.25	3.12	84
161	Fenvalerate II	-	XIC(419.13±0.1)	2727.45	3.15	68
162	Fluvalinate II	-	XIC(250.08±0.1)	2727.45	2.56	76
163	Deltamethrin I	70f	XIC(181.09±0.1)	2764.55	3.32	40
164	Deltamethrin II	70f	XIC(181.09±0.1)	2785.74	2.68	39

*5 ng/mL 標準液で算出。a (Parathion-methylおよびparaoxon-methylの合計をParathion-methylとして表す)
b (alphaおよびbeta異性体ならびにendosulfan-sulphateの合計をendosulfanとして表す) c (p,p'-DDT、
o,p'-DDT、p,p'-DDEおよびp,p'-TDE (DDD) の合計をDDTとして表す)
d (fluazifopのすべての構成異性体、そのエステルおよび抱合体の合計をfluazifopとして表す) e (gamma-cyhalothrinを
含む) (R,SおよびS,R異性体の合計) f (異性体の合計)