

目的

トウキは、代表的な婦人薬として、また、漢方薬の原料としても用いられており、日本薬局方においてトウキの基原はトウキ (*Angelica acutiloba* Kitagawa) 又はホツカイトウキ (*Angelica acutiloba* Kitagawa var. *sugiyamae* Hikino (*Umbelliferae*)) とされている。

なかでも、奈良、和歌山両県境で生産されるトウキは、大和当帰(大深当帰)として流通しており、他と比較し、高価で品質がよいといわれている。奈良県では、漢方のメッカ推進プロジェクトにおいて、大和当帰のブランド認証を検討しているが、認証には、科学的な評価指標及び評価基準の設定が求められている。従来、トウキの判別や等級分けについては、熟練した技術をもつ職人が生薬の形状や匂い及び味等、五感による判定を行っている。生薬の形状は植物種等によって異なり、匂い及び味等は、植物種だけではなく修治加工(湯揉みの有無)によって大きな影響があると考えられている。修治加工によるピラジン類の含有割合の変化に関する報告¹⁾、トウキの等級とピラジン類の含有割合との相関性に関する報告²⁾、産地及び植物種の水溶性成分を用いた評価方法に関する報告³⁾があるが、実際に流通しているトウキ(植物種、産地、修治加工の有無)すべてを判別する評価指標については、網羅されていない。そこで、今回はGC-MSを用いて水溶性成分を測定し、多変量解析を行うことにより植物種間、産地間及び、修治加工の有無の比較に有用な成分を探索した。

試験検体

表1のとおりトウキを入手し、それぞれ6個体ずつを試験対象とした。6個体入手できなかったものは入手した個体すべてを試験対象とした。なお、中国産は「刻み」であり、複数個体が混合されているが、1包装を1個体として試験対象とした。

大深当帰（6産地、47個体）、北海当帰（2産地、12個体）、修治加工の行われていない大深当帰（1産地、12個体）を個体別に粉砕し試料として用いた。



サンプル名称	植物種	産地	湯揉みの有無	採取年月日	入手先 ^{※1}	規格 ^{※2}	入手数	試験数
YTU2013NS	大深当帰	奈良県宇陀市	有	2013 年秋	農研	小	3 個体	3 個体
YTH2013HB		富貴地方 (奈良、和歌山 両県境)		2013 年秋	福田商店	大	10 個体	6 個体
YTH2013HS				2013 年秋	福田商店	小	10 個体	6 個体
YTH2013HBN			無	2013 年秋	福田商店	大	10 個体	6 個体
YTH2013HSN				2013 年秋	福田商店	小	10 個体	6 個体
YTH2013MB			有	2013 年秋	前忠	大	10 個体	6 個体
YTT2013MS		奈良県十津川村		2013 年秋	前忠	小	10 個体	6 個体
YTG2013MS		奈良県五條市		2013 年秋	前忠	小	10 個体	6 個体
YTI2013MB		茨城県		2013 年秋	前忠	大	10 個体	6 個体
YTI2013MS				2013 年秋	前忠	小	10 個体	6 個体
YTC2013A		中国・四川省		2013 年秋	前忠	刻み	1 個体	1 個体
YTC2013B				2013 年秋	前忠	刻み	1 個体	1 個体
HTT2013MMN		北海当帰		北海道十勝芽室	無	2013 年秋	前忠	中
HTM2013MSN	北海道女満別		2013 年秋	前忠		小	10 個体	6 個体

表 1 検体リスト

※1 農研：奈良県農業研究開発センター 福田商店：（奈良県桜井市、生薬卸） 前忠（奈良県吉野郡下市町、生薬卸）

※2 入手先が、見た目の大きさのみで判定したもの。概ねの重量は、小：30g前後、中：50g前後、大：100g前後。大きいものが等級が高いと判定される。

試験方法

試料は、図1前処理方法により、前処理（TMS誘導体化）を行い、図2試験条件により、GC-MSを用いて測定した。GC-MSから得られたデータについて、試験条件1では、ピークアライメントを「metAlign」により、化合物同定を「AIoutput2」により行った。試験条件2では、ピークアライメント及び化合物同定を「GCMSsolution」及び「GC/MS代謝成分データベースVer.2」により行った。

試験条件1で得た、化合物の内標準物質に対するピーク面積比について「SIMCA13」により多変量解析を行った。また試験条件2では、標準物質を用いて定量を行った。

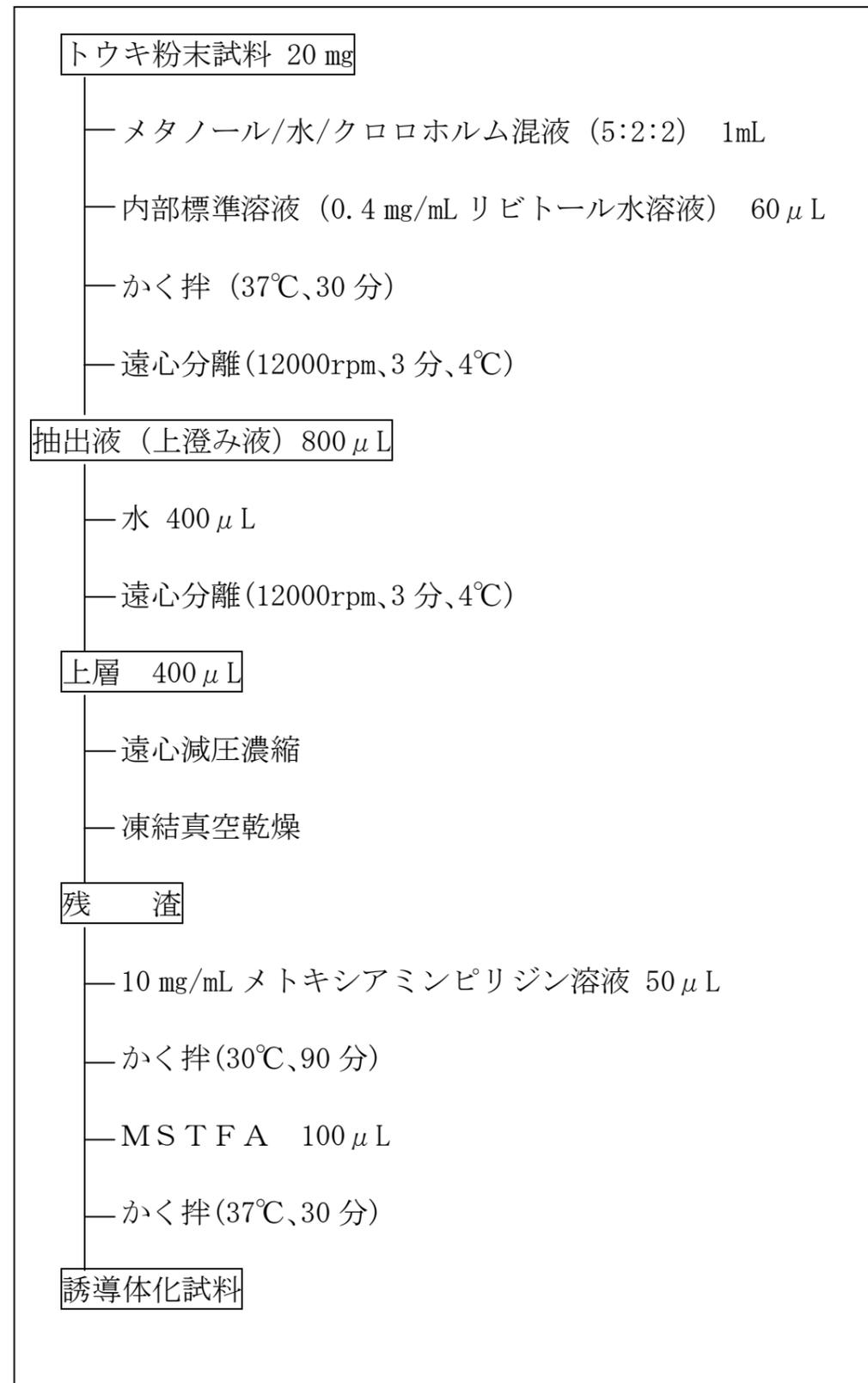


図1 前処理方法

GC-MS GCMS-QP2010 Ultra (島津製作所)	
試験条件1	試験条件2
カラム : CP-SIL 8 CB low bleed (30m×0.25mmI. D. df=0.25 μ m)	カラム : DB-5 (30m×0.25mmI. D. df=1.0 μ m)
インジェクション温度 : 230°C	インジェクション温度 : 280°C
カラム温度 : 80°C (2min) - (15°C/min) - 330°C (6min)	カラム温度 : 100°C (4min) - (10°C/min) - 320°C (11min)
インジェクションモード : Split	インジェクションモード : Split
スプリット比 : 25:1	スプリット比 : 10:1
キャリアーガス : He	キャリアーガス : He
カラム流量 : 1.12mL/min	カラム流量 : 39.0cm/sec (線速度一定)
パージ流量 : 5mL/min	パージ流量 : 5mL/min
インジェクション量 : 1 μ L	インジェクション量 : 1 μ L
イオン源 : 200°C	イオン源 : 200°C
インターフェース温度 : 250°C	インターフェース温度 : 280°C
イオン化電圧 : 70ev	イオン化電圧 : 70ev
検出器電圧 : Auto (約 1.0 kV)	検出器電圧 : Auto (約 1.0 kV)
スキャンレンジ : m/z85~500	スキャンレンジ : m/z45~600

図2 試験条件

試験結果

分析結果

それぞれの条件で分析したトータルイオンクロマトグラムを図3、図4に示す。

試験条件1で分析し、データが得られた成分を表2に、試験条件2で分析し、データが得られた成分を表3に示す。

試験条件1では、糖類、アミノ酸類及び有機酸類等について、141成分、試験条件2では、227成分のデータを得た^{※1}。

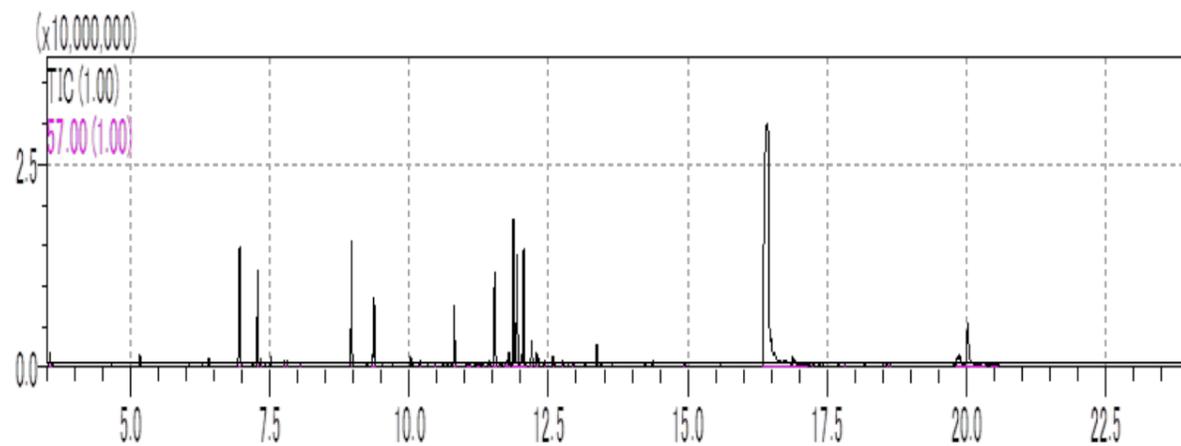


図3 トータルイオンクロマトグラム
(試験条件1)

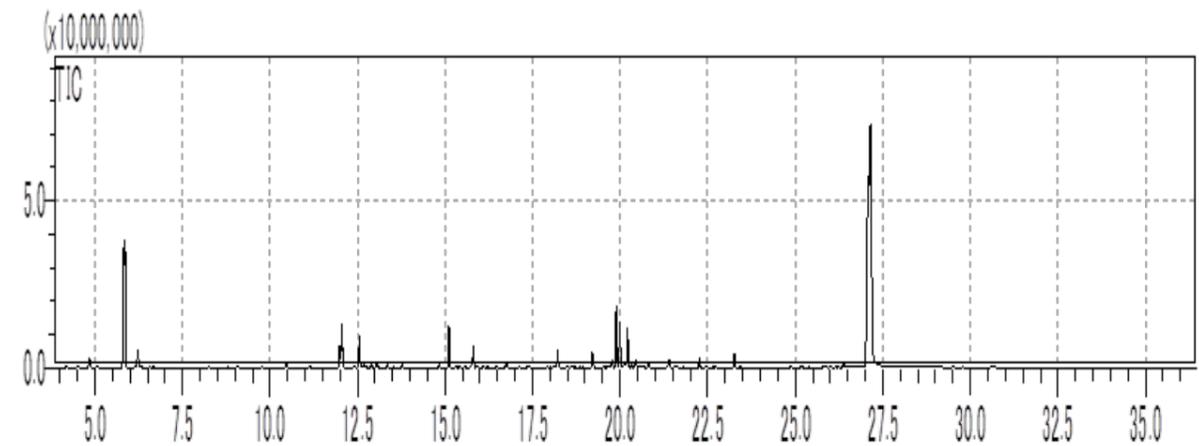


図4 トータルイオンクロマトグラム
(試験条件2)

※1 試験条件1、試験条件2とも、ライブラリー (MS スペクトルと保持指標) との比較による成分の同定であり、標準物質との比較による同定は行っていない。
特に面積の小さいピークはノイズ等の影響で誤同定されている可能性があるが、多変量解析の結果から有用な成分についてのみ標準物質との比較による同定を行うこととした。

RT	RI	QuantMS	Compound Name	RT	RI	QuantMS	Compound Name
268.00	1036.006	152	2-Hydroxypyridine	571.35	1542.433	147	Threonine acid
273.65	1044.124	174	Pyruvate+Oxalacetic acid	581.40	1562.712	247	Acetoacetic acid
279.30	1052.241	117	Lactic acid	582.75	1565.436	147	2-Isopropylmalic acid
291.25	1069.411	147	Glycolic acid	584.75	1569.471	179	4-Hydroxyphenethyl alcohol
293.90	1073.218	116	N-Methylethanolamine	603.75	1608.238	246	Glutamic acid
303.80	1087.443	174	Isobutylamine	611.55	1624.840	218	Phenylalanine
309.80	1096.063	116	Alanine 2TMS Major::C00041	616.70	1635.802	103	Xylose
323.45	1116.426	102	Glycine 2TMS Minor::C00037	620.15	1643.146	103	Arabinose
325.10	1118.910	131	2-Hydroxybutyrate	627.05	1657.833	103	Ribose
329.60	1125.685	147	Oxalate	628.15	1660.175	116	Asparagine
348.95	1154.818	147	3-Hydroxybutyrate	636.20	1677.309	217	Xylitol::C00379
356.20	1165.733	130	2-Aminobutyric acid	639.75	1684.866	217	Xylitol::C00379
359.85	1171.229	89	Ketoisoleucine	641.80	1689.229	147	Phthalic acid
377.15	1197.275	147	Malonic acid	646.00	1698.169	217	Arabitol
384.10	1208.382	144	Valine	648.60	1703.903	217	Ribitol
397.30	1229.909	147	Urea:C00086	650.45	1708.053	117	Fucose
398.85	1232.436	144	Norvaline	660.80	1731.270	174	Putrescine
403.60	1240.183	147	Urea:C00086	662.60	1735.307	147	Quinolinic acid
410.60	1251.598	105	Benzoic acid	674.20	1761.328	267	4-HydroxyMandelate
411.15	1252.495	116	Serine 2TMS Minor::C00065	675.35	1763.908	156	Glutamine
412.15	1254.126	147	Oxamic acid	676.15	1765.702	355	Gentisic acid
416.00	1260.404	174	2-Aminoethanol	686.70	1789.367	204	Shikimic acid
417.30	1262.524	147	Glycerol	692.05	1801.446	273	Citric acid + Isocitric acid
417.60	1263.014	299	Phosphate:C00009	693.35	1804.528	174	Ornithine
418.45	1264.400	158	Leucine	696.35	1811.641	193	3,4-dihydroxybenzoate
419.55	1266.194	299	Phosphate:C00009	697.05	1813.300	157	Citrulline
420.60	1267.906	299	Phosphate:C00009	707.55	1838.193	345	Quinic acid
421.50	1269.374	299	Phosphate:C00009	710.20	1844.476	217	Psicose 2(or Tagatose 2)
422.75	1271.412	299	Phosphate:C00009	712.25	1849.336	217	Tagatose(or Psicose)
423.55	1272.717	299	Phosphate:C00009	712.35	1849.573	103	Sorbose(or Fructose)
429.50	1282.420	158	Isoleucine 2TMS:C00407	716.15	1858.582	103	Fructose
431.70	1286.008	158	Isoleucine 2TMS:C00407	720.80	1869.606	205	Galactose
431.75	1286.089	142	Proline:C00148	721.95	1872.333	264	Adenine
433.25	1288.536	147	Maleic acid:C01384	723.30	1875.533	205	Glucose
433.30	1288.617	117	Threonine	729.30	1889.758	203	Glucosamine 1 Middle::C00329
436.70	1294.162	142	Proline:C00148	732.30	1896.871	203	Glucosamine 1 Middle::C00329
436.75	1294.243	147	Maleic acid:C01384	737.15	1908.794	174	Tyramine
439.05	1297.994	147	Maleic acid:C01384	737.20	1908.919	156	Lysine
440.10	1299.706	147	Maleic acid:C01384	738.65	1912.531	154	Histidine
440.15	1299.788	174	Glycine 3TMS Major::C00037	741.55	1919.756	217	Galactitol
444.70	1307.754	147	Succinic acid(or aldehyde)	741.75	1920.254	159	Galactosamine
449.20	1315.649	158	Norleucine	742.85	1922.995	333	Galacturonic acid 1 Major::C00333
450.85	1318.544	147	Methylsuccinic acid	744.30	1926.607	203	Glucosamine 3 Minor::C00329
459.20	1333.193	99	Uracil	745.85	1930.468	218	Tyrosine::C00082
465.45	1344.158	245	Fumaric acid	750.00	1940.807	218	Tyrosine::C00082
468.40	1349.333	204	Serine 3TMS Major::C00065	752.30	1946.537	333	Galacturonic acid 2 Minor::C00333
471.35	1354.509	100	Alanine 3TMS Minor::C00041	765.35	1979.048	147	Gluconic acid
472.90	1357.228	117	Nonanoic acid(C9)	770.80	1992.626	333	Glucarate
475.80	1362.316	156	Pipecolic acid	792.65	2049.116	174	N-a-Acetyl-L-Lysine 1 Minor::C12989
477.90	1366.000	141	b-Cyano-L-Alanine	809.25	2092.278	338	Ferulic acid
485.80	1379.860	219	Allothreonine	812.35	2100.354	280	Pyridoxamine
496.85	1399.246	147	Glutaric acid	814.40	2105.937	174	N-a-Acetyl-L-Lysine 2 Major::C12989
504.35	1413.330	104	Hydrocinnamate	820.10	2121.460	352	Guanine
508.60	1421.342	147	3-Methylglutarate	823.65	2131.127	219	Caffeic acid
517.80	1438.688	218	homoserine	849.50	2201.595	218	Cystathionine
530.25	1462.161	147	Citramalic acid	853.80	2213.846	290	5-Hydroxyindoleacetate
537.90	1476.584	147	Malic acid:C00149	854.00	2214.416	202	Tryptophan
540.55	1481.580	147	Malic acid:C00149	854.35	2215.413	174	Cystamine
540.75	1481.957	217	Threitol	857.00	2222.963	174	Tryptamine
543.30	1486.765	179	Nicotinamide	862.50	2238.632	117	Octadecanoate::C01530
552.00	1503.390	232	Aspartic acid:C00049	865.50	2247.179	117	Octadecanoate::C01530
554.05	1507.526	267	Acetylsalicylic acid	933.85	2449.567	217	Uridine 2 Minor::C00299
554.65	1508.737	232	Aspartic acid:C00049	936.35	2457.297	217	Uridine 2 Minor::C00299
557.50	1514.487	176	Methionine	991.80	2634.669	117	Behenic acid
557.75	1514.992	178	a-Phenylglycine	1002.35	2669.906	204	b-Lactose 2 Minor::C01970
558.35	1516.203	230	trans-4-Hydroxy-L-proline::C01157	1003.25	2672.912	204	b-Lactose 2 Minor::C01970
560.35	1520.238	230	trans-4-Hydroxy-L-proline::C01157	1015.90	2715.569	361	Trehalose
560.40	1520.339	156	Pyroglutamic acid:C01879	1021.65	2735.288	204	Lactitol
562.15	1523.870	174	4-Aminobutyric acid	1194.10	3346.387	217	1-Kestose::PubChem:440080
565.00	1529.621	156	Pyroglutamic acid:C01879	1199.10	3361.566	217	1-Kestose::PubChem:440080
565.90	1531.437	156	Pyroglutamic acid:C01879				

表 2 試験条件 1 でデータを得た成分

化合物名	保持時間	保持指標	質量	化合物名	保持時間	保持指標	質量
Boric acid-3TMS	6.729	962	263.0	Rhamnose-meto-4TMS(2)	18.343	1793	277.1
2-Aminoethanol-2TMS	7.976	1025	172.1	Glucosaminic acid-3TMS(2)	18.355	1754	246.0
Pyruvic acid-meto-TMS	7.926	1043	174.0	Fucose-meto-4TMS(1)	18.355	1754	277.0
Trichloroacetic acid-TMS	8.159	1055	193.0	Putrescine-4TMS	18.411	1759	174.1
Lactic acid-2TMS	8.198	1057	219.0	Fucose-meto-4TMS(2)	18.513	1768	277.0
Caproic acid-TMS	8.392	1067	173.0	Mannose-5TMS(1)	18.547	1771	217.1
Glycolic acid-2TMS	8.451	1070	205.0	3-Methoxy-4-hydroxybenzoic acid-2TMS	18.593	1775	312.0
Pyruvic acid-2TMS	8.800	1088	217.0	Glycerol 3-phosphate-4TMS	18.627	1778	445.2
Alanine-2TMS	8.887	1103	190.0	Xylose-4TMS(2)	18.695	1784	217.1
3-Hydroxyisobutyric acid-2TMS	8.980	1142	219.0	Glutamine-3TMS	18.760	1785	392.0
3-Hydroxybutyric acid-2TMS	10.082	1159	233.0	Azelic acid-2TMS	18.865	1799	317.0
3-Hydroxyisobutyric acid-2TMS	10.117	1161	233.0	2-Deoxy-glucose-meto-4TMS	19.026	1814	319.1
Malonic acid-2TMS	10.875	1204	233.0	2-Deoxy-glucose-4TMS(2)	19.048	1816	272.1
Glyceraldehyde-meto-2TMS(1)	10.940	1208	160.1	Shikimic acid-4TMS	19.080	1819	372.1
3-Aminoisobutyric acid-2TMS	10.988	1211	218.0	2-Aminopimelic acid-3TMS	19.091	1820	274.2
Methylmalonic acid-2TMS	11.069	1216	247.0	Galactose-5TMS(1)	19.134	1824	217.1
Valine-2TMS	11.133	1220	218.0	Fructose-5TMS(3)	19.209	1831	437.0
Glyceraldehyde-meto-2TMS(2)	11.150	1221	160	Arginine-3TMS	19.282	1836	256.2
Dihydroxyacetone-2TMS	11.166	1222	189.0	Ornithine-4TMS	19.282	1836	174.1
Urea-2TMS	11.408	1237	189.0	Psicose-5TMS(2)	19.273	1837	437.0
4-Hydroxybutyric acid-2TMS	11.424	1238	233.0	Citric acid-4TMS	19.295	1839	363.0
Benzoic acid-TMS	11.634	1251	179.0	Isocitric acid-4TMS	19.295	1839	465.0
Octanoic acid-TMS	11.812	1262	201.0	Fructose-5TMS(2)	19.295	1839	437.2
2-Aminoethanol-3TMS	11.890	1273	174.1	Glucosaminic acid lactone-3TMS(1)	19.316	1841	287.0
Leucine-2TMS	12.054	1277	202.0	Psicose-3TMS	19.316	1841	437.1
Glycerol-3TMS	12.070	1278	218.0	Tagatose-5TMS(1)	19.349	1844	437.1
Acetylglucine-TMS	12.086	1279	174.0	Myristic acid-TMS	19.413	1850	285.0
Phosphoric acid-3TMS	12.086	1279	314.0	Glucuronic acid lactone-3TMS(2)	19.456	1854	230.0
allo-Isoleucine-2TMS	12.426	1300	232.0	Galactose-5TMS(2)	19.606	1868	217.1
Isoleucine-2TMS	12.426	1300	232.0	Mannose-5TMS(2)	19.649	1872	217.1
4-Aminobutyric acid-2TMS	12.455	1302	232.2	Allose-5TMS	19.671	1874	217.1
Valine-2TMS	12.514	1306	218.0	Psicose-5TMS(3)	19.682	1875	437.1
Maleic acid-2TMS	12.514	1306	245.0	1,5-Anhydro-D-glucitol-4TMS	19.692	1876	362.2
2-Octenoic acid-TMS	12.618	1313	199.0	Tagatose-meto-5TMS(1)	19.724	1879	364.1
Succinic acid-2TMS	12.618	1313	247.0	Psicose-meto-5TMS(1)	19.800	1886	307.1
Glycine-3TMS	12.662	1316	248.1	Sorbose-5TMS	19.896	1895	437.1
Catechol-2TMS	12.824	1327	254.1	Sebacic acid-2TMS	19.907	1896	331.0
Methylsuccinic acid-TMS	12.824	1327	261.0	Tagatose-5TMS(3)	19.918	1897	437.1
Glyceric acid-3TMS	13.001	1339	292.0	Psicose-meto-5TMS(2)	19.959	1898	307.1
Fumaric acid-2TMS	13.090	1345	245.0	Tagatose-meto-5TMS(2)	19.959	1898	307.1
Uracil-2TMS	13.105	1346	255.0	Sorbose-meto-5TMS(1)	19.980	1903	307.1
Citraconic acid-2TMS	13.238	1355	259.0	Fructose-meto-5TMS(1)	19.991	1904	307.0
Propionylglycine-TMS	13.297	1359	188.0	Galactosamine-5TMS(1)	20.011	1906	203.1
Serine-3TMS	13.415	1367	306.0	Sorbose-meto-5TMS(2)	20.032	1908	307.1
Isobutyrylglycine-TMS	13.784	1392	202.0	5-Dehydroquinic acid-meto-4TMS	20.042	1909	224.1
Threonine-3TMS	13.843	1396	291.0	Allose-meto-5TMS(1)	20.052	1910	319.1
5-Aminovaleric acid-2TMS	13.892	1400	195.0	Fructose-meto-5TMS(2)	20.052	1910	307.1
3-Aminoisobutyric acid-3TMS	14.384	1436	290.1	Tagatose-5TMS(4)	20.093	1914	437.1
Decanoic acid-TMS	14.682	1457	229.0	4-Hydroxyphenylacetic acid-3TMS	20.134	1918	308.0
Homoserine-3TMS	14.695	1458	292.1	Mannose-meto-5TMS(1)	20.134	1918	319.0
Erythrose-meto-3TMS(1)	14.983	1479	172.1	Tagatose-5TMS(5)	20.144	1919	319.1
Isovalerylglucine-TMS	15.092	1487	216.0	Glucose-5TMS(1)	20.175	1922	217.1
Erythrose-meto-3TMS(2)	15.119	1489	262.1	Psicose-5TMS(4)	20.185	1923	319.1
Malic acid-3TMS	15.215	1496	235.0	Galactose-meto-5TMS(1)	20.205	1925	319.0
Threitol-4TMS	15.423	1512	307.1	Glucose-meto-5TMS(1)	20.237	1930	319.1
N-Acetyls erine-2TMS	15.436	1513	261.1	Allose-meto-5TMS(2)	20.328	1937	319.1
Isovalerylglucine-2TMS	15.500	1518	288.0	Mannose-meto-5TMS(2)	20.328	1937	319.0
meso-Erythritol-4TMS	15.538	1521	307.0	Lysine-4TMS	20.349	1939	317.2
Aspartic acid-3TMS	15.640	1529	334.0	Histidine-3TMS	20.369	1941	371.0
Methionine-2TMS	15.653	1530	293.0	5-Dehydroquinic acid-5TMS	20.420	1946	433.1

試験結果

多変量解析

試料のグループ分けを以下のとおりとし、それぞれの成分のピーク面積比について O P L S - D A 法により解析し、S - P 1 o t で寄与成分を選抜した。

- ① 植物種の比較：大深当帰 5 9 個体及び北海当帰 1 2 個体。
- ② 修治加工の比較：修治加工あり（国産大深当帰） 4 5 個体及び修治加工なし（国産大深当帰） 1 2 個体。
- ③ 国産と中国産の比較：国産大深当帰（修治加工あり） 4 5 個体及び中国産大深当帰（修治加工あり） 2 個体。

それぞれの結果を図 5 ～ 7 に示す。

定量分析

選抜された寄与成分である 4-AminoButyric acid (G A B A) については、標準物質を用いてマススペクトルを比較し同定の確認を行うとともに既知の濃度の検量線溶液を調製し、試験条件 2 により定量を行った。（図 8）

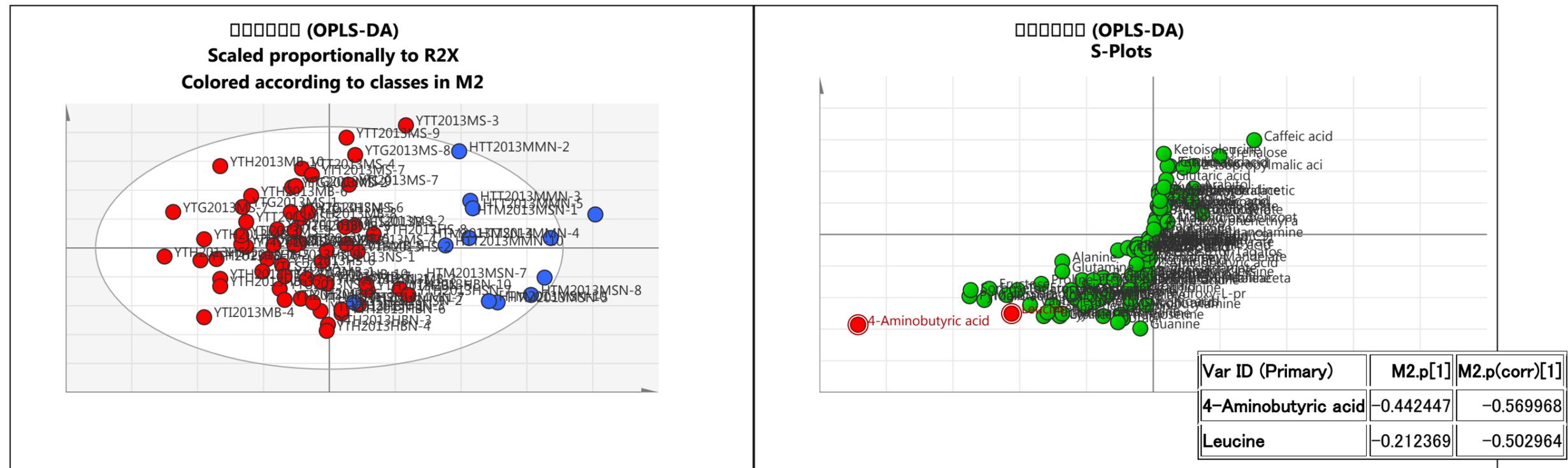


図5 植物種の比較 (OPLS-DA及びS-Plots)

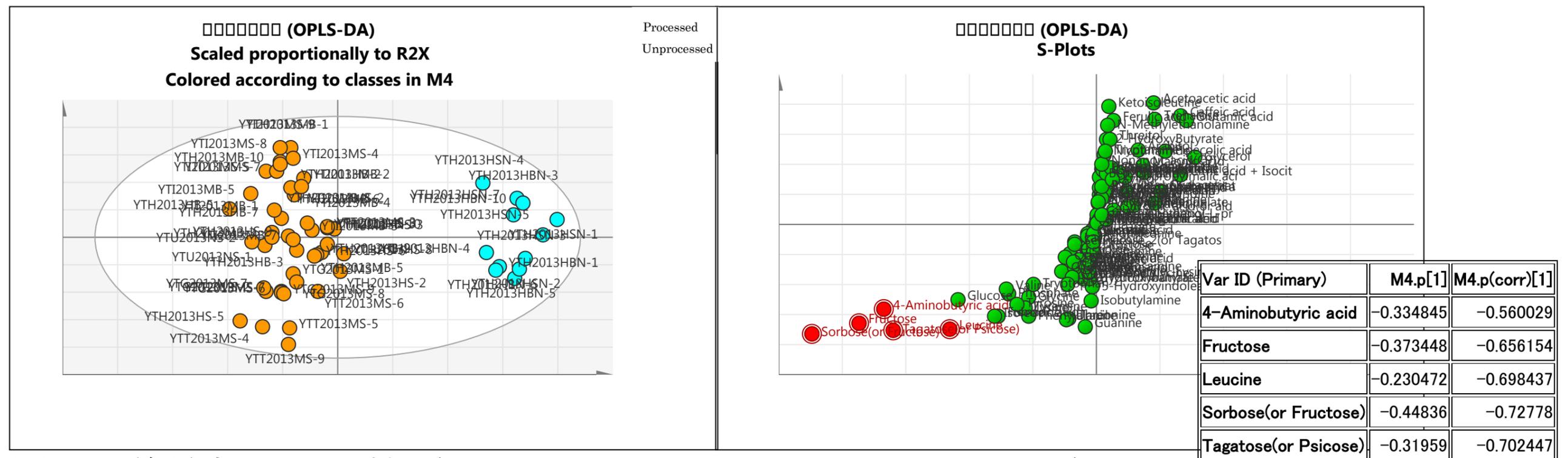


図6 修治加工の比較 (OPLS-DA及びS-Plots)

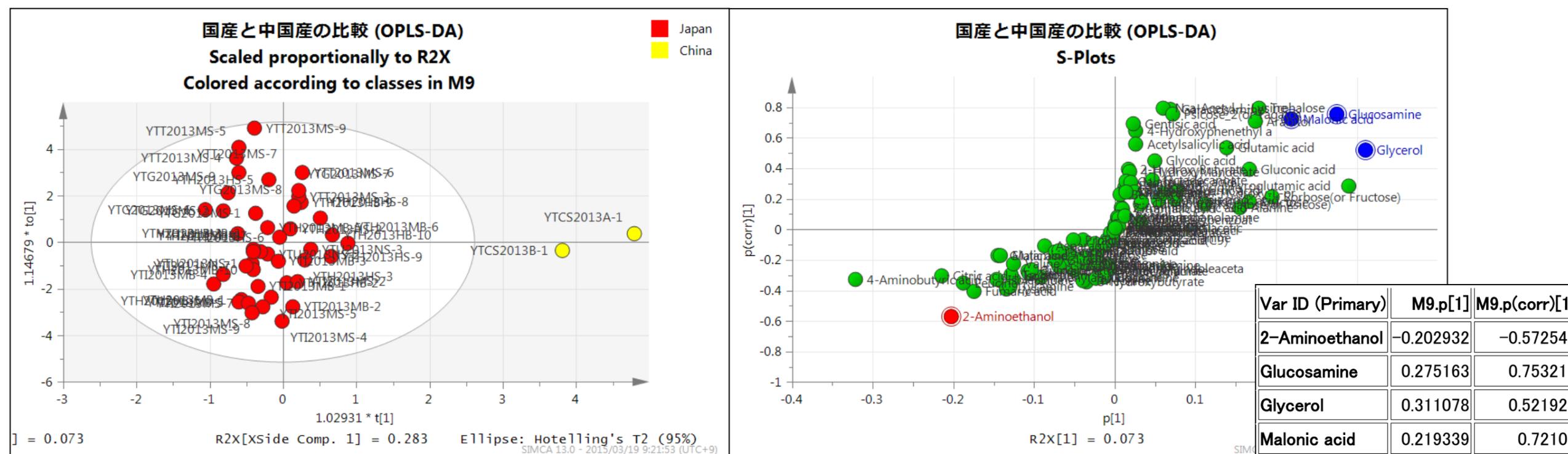
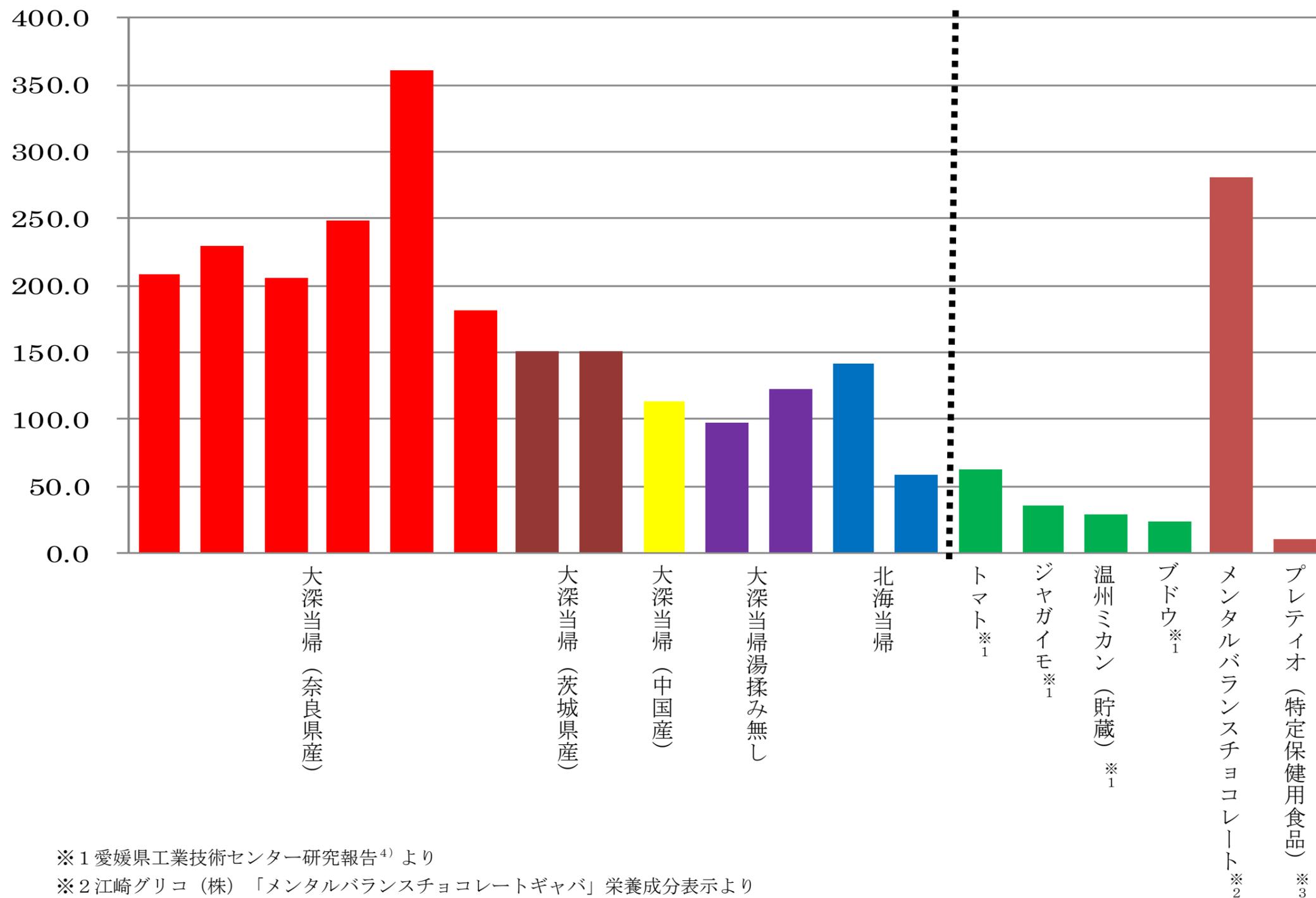


図7 国産と中国産の比較 (OPLS-DA及びS-Plots)

GABA平均濃度(mg/100g)



※1 愛媛県工業技術センター研究報告⁴⁾ より

※2 江崎グリコ (株) 「メンタルバランスチョコレートギャバ」 栄養成分表示より

※3 (株) ヤクルト本社 「プレティオ」 特定保健用食品 (消費者庁 H16. 9. 27 許可) 栄養成分表示より

図8 4-Aminobutyric acid 定量結果

考察

OPLS-D法により解析した結果、①植物種の比較、②修治加工の比較及び、③国産と中国産の比較において、各グループの判別が可能であった。また、①植物種の比較で大深当帰と判別される寄与成分及び②修治加工の比較で修治加工ありと判別されるに寄与する成分として、4-AminoButyric acid (GABA) が選抜された。また、4-AminoButyric acid (GABA) について定量を行ったところ、奈良県産の大深当帰は、北海当帰や、修治加工なしの大深当帰と比較して、多く含有し解析結果と一致した。今回の結果によりGABAを指標成分として、評価基準を作成することが可能と考えられた。

また、奈良県産の大深当帰は、GABAを多く含有する食品と比較しても含有量が多いことが分かった。GABAは特定保健用食品において、「血圧が高めの方に適する」という表示が認められており、また心理的なストレスを減らす成分⁵⁾ともいわれている。このことから、修治加工された大深当帰が、他の当帰と比較して有用な成分を多く含むことが示唆された。

引用文献

1. 浅尾浩史・小村啓. 2012. 調製過程の違いがヤマトトウキの機能性と品質に及ぼす影響. 奈良県農総セ研報. 43: 65-67
2. 小村啓・浅尾浩史. 2011. 当帰の等級指標となりうる揮発性成分の探索. 奈良県農総セ研報. 42: 28-30
3. 小林志寿・馬場健史・福崎英一郎・山本豊・姜東孝. 2011. 当帰のGC/MSプロファイリングによる種と産地の判別マーカー探索. 日本生薬学会第58年会要旨集. 356
4. 松本恭郎・大野一仁・平岡芳信. 1997. γ-アミノ酪酸を蓄積させた機能性食品素材の利用研究(第1報). 愛媛県工業技術センター研究報告. 35: 97-100
5. 横越英彦・古郡香織・堀江健二・中村研二・中村佳子・金平努. 2007. GABA配合機能性飲料による心身疲労軽減効果. 日本農芸化学2007年度大会講演要旨集. 267