

ガスクロマトグラフ-高分解能質量分析による 尿中有機酸の定性分析と定量分析

関連製品: 質量分析計(MS)

はじめに

尿中の有機酸測定は、先天性代謝異常症などの遺伝性代謝疾患の研究において重要な要素である。正常代謝や異常代謝など多様な原因から発生する多くの有機酸が尿には含まれており、薬物や薬物代謝、またはゼノバイオティクスや栄養補助食品からも発生することが知られている。ガスクロマトグラフ-質量分析(GC-MS)は尿中有機物質の測定方法として一般的に利用されており、多くの場合、GC-四重極MS(GC-QMS)が使用されている。ただし、尿は非常に多くの化合物が混ざった複雑なサンプルであるため、特に新しい測定方法を確立する場合に必要となる。有機酸の正確な識別に対してGC-QMSでは不十分となり得る。そのためGC-QMSの代わりに、GC-高分解能MS(GC-HRMS)がこの目的に適したシステムとなる。

GC-HRMSであるJMS-T2000GCは、ソフトイオン化の一つである電界イオン化(FI)法および電子イオン化(EI)法を使用できるだけでなく、真空を破ることなくEIとFIの切り替えが可能な共用イオン源を有している。この2つのイオン化法による測定結果をmsFineAnalysis AIで解析すると、化学組成以外に化学構造を予測できるため、有機酸を含む化合物の特定に役立つ。本MSTipsでは、JMS-T2000GCとmsFineAnalysis AIを使用して尿中の有機化合物の化学組成と化学構造を決定し、対象とした有機酸の定量分析を行った例を示す。

実験

サンプル溶液中の有機酸は酸性尿から酢酸エチル液相法で抽出し、揮発性を高めるためにトリメチルシリル(TMS)誘導体化を行った。サンプル溶液はオートサンプラーで1μLをJMS-T2000GCに注入・測定した。定性分析にはmsFineAnalysis AIを、定量分析にはEscrime™ソフトウェアをそれぞれ使用した。Table 1にGC-HRMS測定条件を示す。



JMS-T2000GC "AccuTOF™ GC Alpha"

Table 1. Measurement conditions

GC-HRMS	JMS-T2000GC (JEOL Ltd.)
GC inlet mode	Splitless
GC inlet temperature	280 °C
GC Column	DB-5MS, 30m x 0.25mm, 0.25μm
GC Oven	60°C (1min) →10°C/min →300°C (3min)
Carrier gas	He, 1.0mL/min
MS Ionization	EI+: 70eV, 300μA FI+: -10 kV with JEOL 5μm emitter (10mA, 6msec)
MS Monitor ion range	m/z 45-800
Analysis software	Qualitative: msFineAnalysis AI (JEOL Ltd.) Quantitative: Escrime™ (JEOL Ltd.)

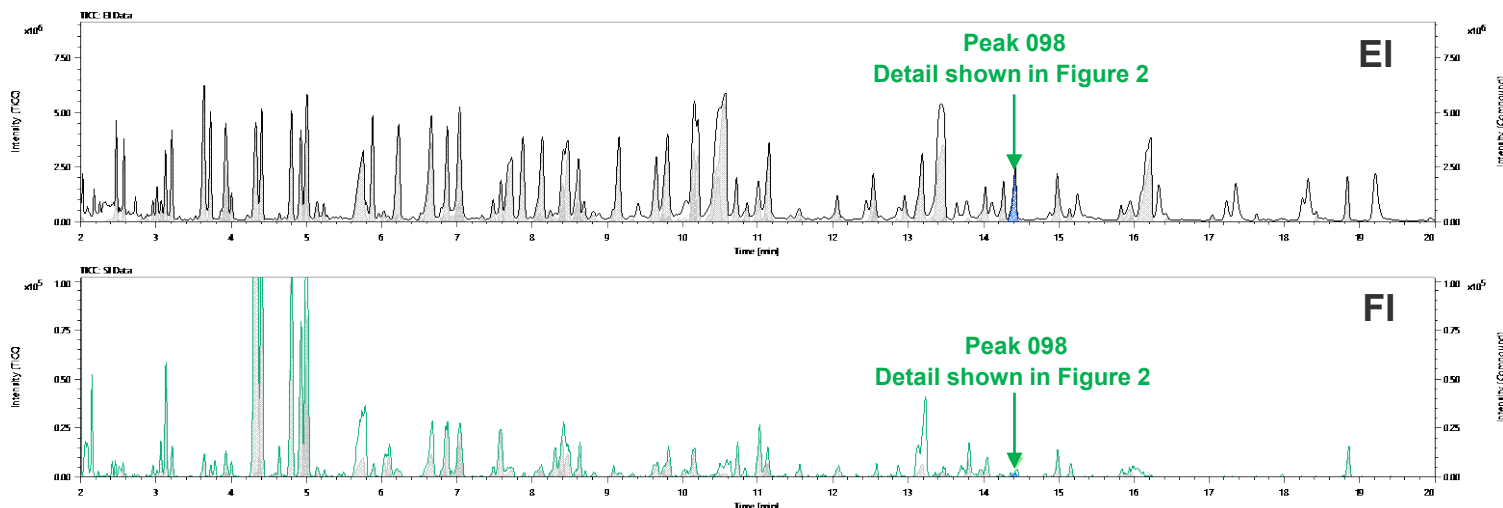


Figure 1. TICs of a urine organic acid from sample (top: EI, bottom: FI)

この資料に掲載した商品は、外国為替及び外国貿易法の安全輸出管理の規制品に該当する場合がありますので、輸出するとき、または日本国外に持ち出すときは当社までお問い合わせください。

定性分析結果

尿サンプルの全イオン電流クロマトグラム (TICC)をFigure 1に示す。29成分のターゲット有機酸を含む108成分が検出された。msFineAnlaysis AIの定性解析結果をTable 2に示す。ターゲット有機酸はTable 2 中に赤色帯で示す。ピーク[33]は、Succinylacetone oximationのTMS誘導体化合物である5-Methyl-3-isoxazolepropanoic acid trimethylsilyl esterに割り当てられた。ピーク[023]や[024]など、一部の成分はクロマトグラム分離が不十分のために共溶出したが、msFineAnalysis AIのデコンボリューション機能によってそれぞれの成分を個別に解析できた。msFineAnalysis AIの統合分析とAI構造解析の例としてピーク[098]の結果を、それぞれFigure 2とFigure 3に示す。Figure 2に示すEIマスペクトルでは分子イオンは検出されず、FIマスペクトルでは[M+H]⁺イオンが検出された。このマスペクトルから、ソフトイオン化を併用することの重要性が示唆される。検出された[M+H]⁺イオンの精密質量から、化学式はC₁₆H₃₄NO₅Si₂と推定された。この化合物は、分子イオンから推定された化学式とNISTデータベース検索結果からの候補化合物が一致しなかった。しかしながら、msFineAnalysis AIは、NISTデータベースに登録されていない化合物のEIマスペクトルを多く収納したAIライブラリーを有しており、分子イオンから推定された化学式と一致し、かつEIフラグメントイオンパターン的一致した化合物がAIライブラリーによって候補として表示された (Figure 3参照)。

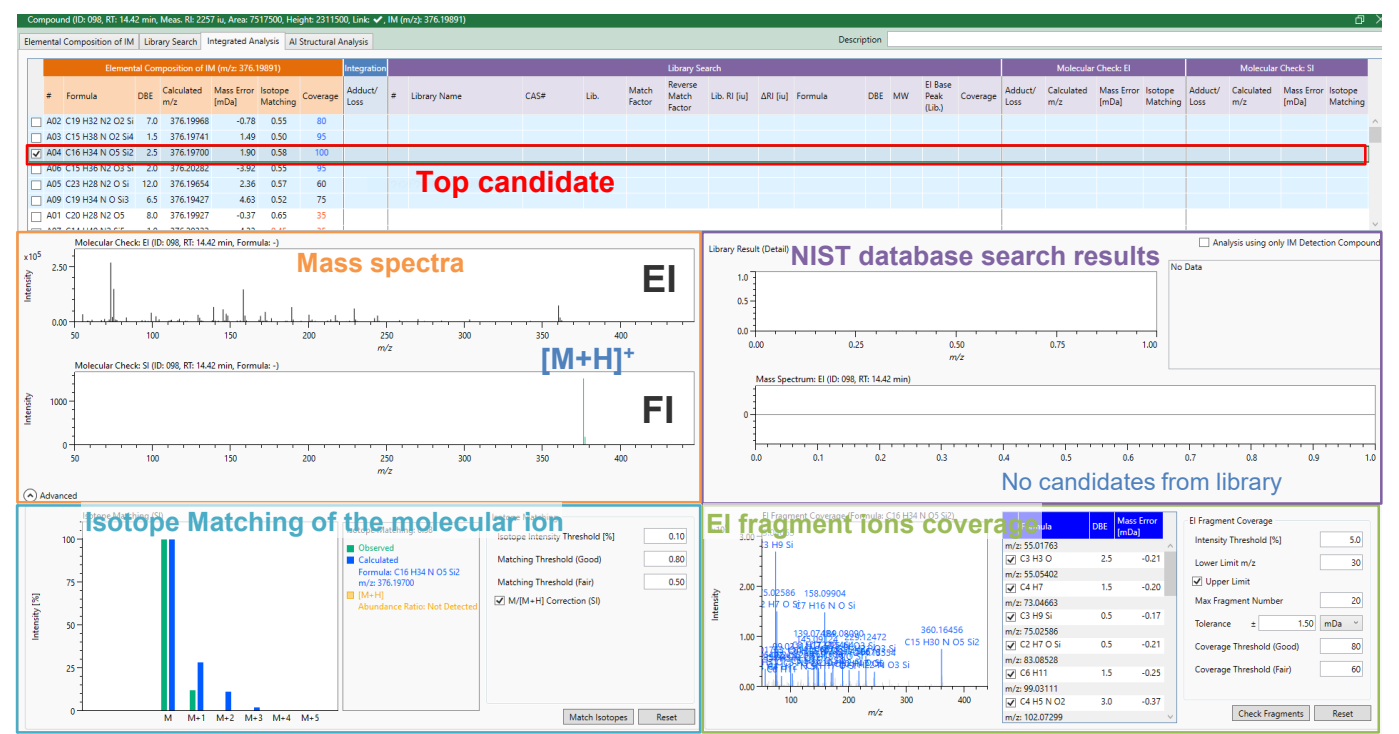


Figure 2. Integrated Analysis results of peak 098

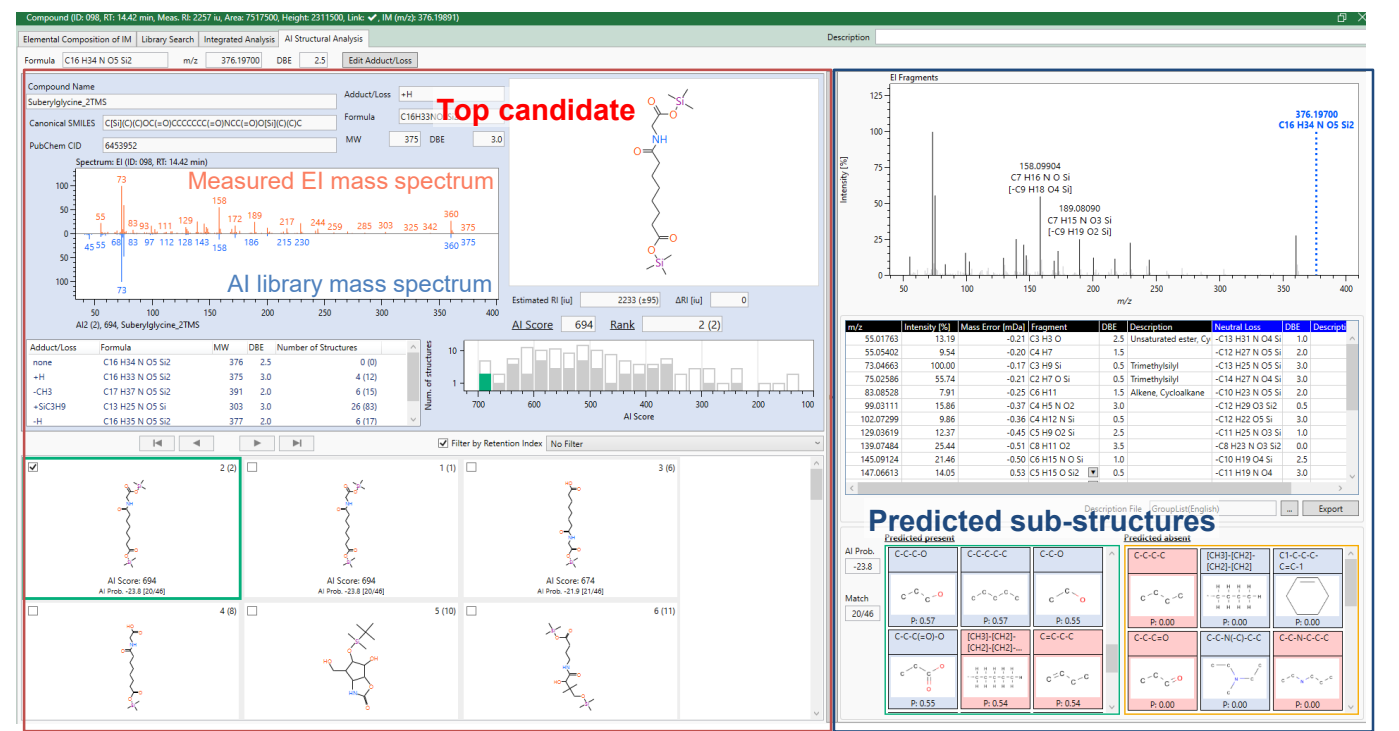


Figure 3. AI Structural Analysis results of peak 098

この資料に掲載した商品は、外国為替及び外国貿易法の安全輸出管理の規制品に該当する場合がありますので、輸出するとき、または日本国外に持ち出すときは当社までお問い合わせください。

Table 2. msFineAnalysis AI results

ID	RT [min]	General			IM Ionization	Total Result								
		Meas. RI [iu]	Area	IM m/z		Compound Name	Lib.	Match Factor / AI Score	Lib. RI [iu]	ΔRI [iu]	Formula	DBE	Adduct/ Loss	Calculated m/z
001	2.00	1096	840854	159.10743	EI	trimethylsilyl N-methylpropanimidate	AI	793	929 (+95)	72	C7 H17 N O Si	1.0	none	159.10739
002	2.48	1139	6411786	219.08602	SI	Lactic Acid, 2TMS derivative	mainlib	918	1066	73	C8 H19 O3 Si2	1.5	-CH3	219.08672
003	2.50	1140	153422	233.10237	EI	α-Hydroxyisobutyric acid, 2TMS derivative	replib	717	1071	69	C9 H21 O3 Si2	1.5	-CH3	233.10237
004	2.58	1147	6160738	205.07132	SI	Glycolic acid, 2TMS derivative	replib	953	1080	67	C7 H17 O3 Si2	1.5	-CH3	205.07107
005	2.80	1167	257103	187.15102	EI	2-Octanol, TMS derivative	replib	872	1108	59	C10 H23 O Si	0.5	-CH3	187.15127
006	2.88	1174	250064	143.08833	SI	trimethyl-[(E)-2-methylbut-1-enoxyl)silane	AI	738	984 (+95)	95	C7 H15 O Si	1.5	-CH3	143.08867
007	2.96	1181	586136	233.09056	SI	Glyoxylic oxime acid, bis(trimethylsilyl)-	mainlib	785	1135	46	C8 H19 N O3 Si2	2.0	none	233.08980
008	3.02	1186	1871002	307.12302	SI	Oxalic acid, 2TMS derivative	mainlib	767	1134	52	C11 H27 O4 Si3	1.5	+SiC3H9	307.12117
009	3.07	1191	778960	180.09790	SI	p-Cresol, TMS derivative	mainlib	779	1153	38	C10 H16 O Si	4.0	none	180.09649
010	3.13	1196	4614950	247.10678	SI	Pyruvic acid oxime, bis(trimethylsilyl)- deriv.	mainlib	923	1157	39	C9 H21 N O3 Si2	2.0	none	247.10545
011	3.22	1203	6563093	233.10260	SI	3-Hydroxybutyric acid, 2TMS derivative	replib	889	1167	36	C9 H21 O3 Si2	1.5	-CH3	233.10237
012	3.64	1237	13610480	321.13698	SI	Propanedioic acid, 2TMS derivative	replib	931	1216	21	C12 H29 O4 Si3	1.5	+SiC3H9	321.13682
013	3.73	1244	7871900	262.10558	SI	Methylmalonic acid, 2TMS derivative	replib	933	1223	21	C10 H22 O4 Si2	2.0	none	262.10511
014	3.93	1260	6156020	261.13359	SI	2-Hydroxyisocaproic acid, 2TMS derivative	replib	858	1248	12	C11 H25 O3 Si2	1.5	-CH3	261.13367
015	3.95	1262	5469197	233.09926	SI	4-Hydroxybutanoic acid, 2TMS derivative	replib	833	1238	24	C9 H21 O3 Si2	1.5	-CH3	233.10237
016	4.01	1267	1771635	258.09575	SI	2-Propenoic acid, 2-(acetylamino)-_2TMS	AI	700	1302 (+95)	0	C10 H20 N O3 Si2	3.5	-CH3	258.09762
017	4.23	1284	274853	189.08699	EI	Urea, 2TMS derivative	mainlib	771	1246	38	C6 H17 N2 O Si2	1.5	-CH3	189.08739
018	4.33	1292	12007097	315.10364	SI	Silanol, trimethyl-, phosphate (3:1)	mainlib	916	1285	7	C9 H28 O4 P Si3	-0.5	+H	315.10275
019	4.41	1298	9735226	349.16825	SI	Ethylmalonic acid, 2TMS derivative	mainlib	908	1286	12	C14 H33 O4 Si3	1.5	+SiC3H9	349.16812
020	4.64	1317	548152	254.11738	SI	Catechol, 2TMS derivative	mainlib	871	1324	7	C12 H22 O2 Si2	4.0	none	254.11528
021	4.80	1330	11317113	335.15279	SI	Butanedioic acid, 2TMS derivative	mainlib	947	1321	9	C13 H31 O4 Si3	1.5	+SiC3H9	335.15247
022	4.93	1340	7172905	349.16846	SI	Methylsuccinic acid, 2TMS derivative	mainlib	928	1330	10	C14 H33 O4 Si3	1.5	+SiC3H9	349.16812
023	4.99	1345	4213726	329.15392	SI	Uracil, 2TMS derivative	replib	872	1345	0	C13 H29 N2 O2 Si3	3.5	+SiC3H9	329.15313
024	5.02	1347	10038423	395.19272	SI	Glyceric acid, 3TMS derivative	replib	925	1342	5	C15 H39 O4 Si4	0.5	+SiC3H9	395.19199
025	5.12	1355	336850	337.17194	SI	2,3-Dihydroxybutanoic acid tritms	mainlib	714	1362	7	C13 H33 O4 Si3	0.5	+H	337.16812
026	5.14	1357	1678911	337.17750	SI	serine hydroxamate_3TMS	AI	745	1452 (+95)	0	C12 H33 N2 O3 Si3	0.5	+H	337.17935
027	5.24	1364	1227732	409.20702	SI	(R*,S*)-2,3-Dihydroxybutanoic acid, tris(trimethylsilyl) deriv.	mainlib	910	1234 (+381)	0	C16 H41 O4 Si4	0.5	+SiC3H9	409.20764
028	5.75	1406	16077539	290.16031	SI	Isobutyrylglycine, TMS derivative	mainlib	886	1372	34	C12 H28 N O3 Si2	1.5	+SiC3H9	290.16022
029	5.88	1417	10130214	349.16970	SI	Pentanedioic acid, 2TMS derivative	mainlib	931	1409	8	C14 H33 O4 Si3	1.5	+SiC3H9	349.16812
030	6.03	1429	1001063	362.19038	SI	Glycine, N-(2-methyl-1-oxopropyl)-N-(trimethylsilyl)-, trimethylsilyl ester	mainlib	809	1414	15	C15 H36 N O3 Si3	1.5	+SiC3H9	362.19975
031	6.09	1434	286530	291.14075	SI	bis(trimethylsilyl) 2-methylpentanedioate	AI	718	1406 (+95)	0	C12 H27 O4 Si2	1.5	+H	291.14424
032	6.19	1443	572961	300.14389	SI	trimethylsilyl 3-(3-methyl-1,2-oxazol-5-yl)propanoate	AI	647	1400 (+95)	0	C13 H26 N O3 Si2	3.5	+SiC3H9	300.14457
033	6.23	1446	14930674	227.09678	SI	5-Methyl-3-isoxazolepropanoic acid trimethylsilyl ester	mainlib	789	1344 (+381)	0	C10 H17 N O3 Si	4.0	none	227.09722
034	6.52	1470	431613	365.16214	SI	D-(-)-Citramalic acid, 3TMS derivative	mainlib	729	1487	17	C14 H33 O5 Si3	1.5	+H	365.16303
035	6.66	1482	14654733	232.13616	SI	N-(2-methylbutanoyl)glycine, TMS	AI	725	1492 (+95)	0	C12 H22 N O3 Si	1.5	+H	232.13635
036	6.79	1492	349385	289.13156	SI	bis(trimethylsilyl) 3-methylpent-2-enedioate	AI	662	1474 (+95)	0	C10 H25 O4 Si2	2.5	+H	289.12859
037	6.83	1496	859327	304.17513	SI	N-2-Methylbutyrylglycine, 2TMS derivative	mainlib	737	1491	5	C13 H30 N O3 Si2	1.5	+H	304.17587
038	6.85	1497	242023	355.15705	SI	trimethylsilyl 2-trimethylsilyloxybenzoate	AI	621	1510 (+95)	0	C16 H31 O3 Si3	4.5	+SiC3H9	355.15755
039	6.87	1500	10697228	282.11085	SI	Salicylic acid, 2TMS derivative	replib	940	1522	22	C13 H22 O3 Si2	5.0	none	282.11020
040	6.89	1501	503265	349.16897	SI	trimethyl-[4-trimethylsilyloxy-5-(trimethylsilyloxymethyl)oxolan-2-yl]oxyisilane	AI	633	1495 (+95)	0	C14 H33 O4 Si3	1.5	-H	349.16812
041	6.94	1505	907439	236.03786	SI	6-Methyl-1,2,3-oxathiazin-4(3H)-one 2,2-dioxide, TMS	mainlib	811	1523	18	C7 H14 N O4 S Si	2.5	+H	236.04073
042	7.03	1513	12796141	291.14529	SI	Hexanedioic acid, 2TMS derivative	replib	933	1512	1	C12 H27 O4 Si2	1.5	+H	291.14424
043	7.05	1515	4517844	346.16920	SI	DL-Pyrogutamic acid, 2TMS	mainlib	880	1523	8	C14 H32 N O3 Si3	2.5	+SiC3H9	346.16845
044	7.33	1539	360644	289.12803	EI	3-Methyladipic acid, 2TMS derivative	mainlib	822	1544	5	C12 H25 O4 Si2	2.5	-CH3	289.12859
045	7.48	1552	1776015	286.10543	SI	5-Hydroxymethyl-2-furoic acid, 2TMS derivative	mainlib	897	1547	5	C12 H22 O4 Si2	4.0	none	286.10511
046	7.59	1561	3556196	296.07581	SI	1,2-Dithiane-4,5-diol, (Z)-, 2TMS derivative	replib	889	1601	40	C10 H24 O2 S2 Si2	1.0	none	296.07508
047	7.73	1573	12249784	230.11963	SI	Glycine, N-(2-methyl-1-oxo-2-butenyl)-, trimethylsilyl ester, (E)-	mainlib	915	1579	6	C10 H20 N O3 Si	2.5	+H	230.12070
048	7.88	1587	11201975	365.16051	SI	Pentanedioic acid, 2-[(trimethylsilyloxy)-, bis(trimethylsilyl) ester	replib	920	1583	4	C14 H33 O5 Si3	1.5	+H	365.16303
049	8.05	1602	456369	296.12605	SI	3-Hydroxyphenylacetic acid, 2TMS derivative	mainlib	755	1618	16	C14 H24 O3 Si2	5.0	none	296.12585
050	8.10	1606	1380853	379.17960	SI	Pentanedioic acid, 3-methyl-3-[(trimethylsilyloxy)-, bis(trimethylsilyl) ester	mainlib	739	1614	8	C15 H35 O5 Si3	1.5	+H	379.17868
051	8.14	1610	12976144	305.15935	SI	Pimelic acid, 2TMS derivative	mainlib	909	1610	0	C13 H29 O4 Si2	1.5	+H	305.15989
052	8.24	1619	827860	282.11082	SI	4-Hydroxybenzoic acid, 2TMS derivative	replib	843	1635	16	C13 H22 O3 Si2	5.0	none	282.11020
053	8.31	1625	970706	295.14316	SI	Paracetamol, 2TMS derivative	replib	818	1625	0	C14 H25 N O2 Si2	5.0	none	295.14183
054	8.41	1634	4823139	296.12605	SI	4-Hydroxybenzeneacetic acid, 2TMS derivative	replib	905	1648	14	C14 H24 O3 Si2	5.0	none	296.12585
055	8.48	1641	12537944	377.14935	SI	4-Ketoglutaric acid oxime_3TMS	AI	702	1656 (+95)	0	C14 H31 N O5 Si3	3.0	none	377.15045
056	8.60	1652	3145782	242.08656	SI	trimethylsilyl 2-(furan-2-carboxylamino)acetate	AI	760	1657 (+95)	0	C10 H16 N O4 Si	4.5	+H	242.08431
057	8.62	1653	5215354	318.19184	SI	Hexanoyl glycine, bis(trimethylsilyl)-	mainlib	911	1663	10	C14 H32 N O3 Si2	1.5	+H	318.19152
058	8.69	1660	1029228	378.15546	SI	2-ketoglutaric acid oxime, tri-TMS	mainlib	718	1645	15	C14 H32 N O5 Si3	2.5	+H	378.15828
059	8.81	1671	1069656	237.08284	SI	2-(Formylamino)benzoic acid, TMS derivative	mainlib	855	1693	22	C11 H15 N O3 Si	6.0	none	237.08157
060	9.07	1694	396168	309.12433	SI	2-(Formylamino)benzoic acid, 2TMS derivative	mainlib	797	1707	13	C14 H23 N O3 Si2	6.0	none	309.12110
061	9.15	1702	12753036	319.17468	SI	Suberic acid, 2TMS derivative	mainlib	911	1707	5	C14 H31 O4 Si2	1.5	+H	319.17554
062	9.33	1718	376454	310.13944	SI	3-(3-Hydroxyphenyl)propanoic acid, 2TMS derivative	mainlib	811	1738	20	C15 H26 O3 Si2	5.0	none	310.14150
063	9.65	1749	9019293	373.14063	SI	Orotic Acid, 3TMS derivative	replib	947	1757	8	C14 H29 N2 O4 Si3	4.5	+H	373.14296
064	9.73	1757	1138142	312.12172	SI	Vanillic Acid, 2TMS derivative	replib	785	1776	19	C14 H24 O4 Si2	5.0	none	312.12076
065	9.80	1763	13581808	391.14231	SI	Aconitic acid, (Z)-, 3TMS derivative	replib	939	1741	22	C15 H31 O6 Si3	3.5	+H	391.14229
066	9.82	1765	970253	326.13607	EI	Homovanillic Acid, 2TMS derivative	replib	806	1785	20	C15 H26 O4 Si2	5.0	none	326.13641
067	9.94	1777	329413	295.08090	SI	Terephthalic acid, 2TMS derivative	replib	805	1799	22	C13 H19 O4 Si2	6.5	-CH3	295.08164
068	10.02	1784	715977	384.15999	SI	4-Hydroxymandellic acid, 3TMS derivative	mainlib	734	1797	13	C17 H32 O4 Si3	5.0	none	384.16029
069	10.15	1797	10465545	324.14308	SI	Hippuric acid, 2TMS derivative	replib	890	1821	24	C15 H26 N O3 Si2	5.5	+H	324.14457
070	10.21	1802	13628193	405.23020	SI	Azelaic acid, 2TMS derivative	mainlib	876	1806	4	C18 H41 O4 Si3	1.5	+SiC3H9	405.23072
071	10.47	1829	8546357	465.15761	SI	Citric acid, 4TMS derivative	replib	895	1845	16	C17 H37 O7 Si4	3.5	-CH3	465.16109
072	10.55	1837	43236313	251.09668	SI	Hippuric acid, TMS derivative	replib	910	1846	9	C12 H17 N O4 Si	6.0	none	251.09722
073	10.71	1853	4694308	398.17648	SI	3-(3-Hydroxyphenyl)-3-hydroxypropionic acid, tris-(O-trimethylsilyl)-	mainlib	934	1839	14	C18 H34 O4 Si3	5.0	none	398.17594
074	10.81	1863	310263	356.14600	EI	trimethylsilyl 3-(2-methoxyphenoxy)-2-trimethylsilyloxypropanoate	AI	515	1858 (+95)	0	C16 H28 O5 Si2	5.0	none	356.14698
075	10.86	1867	1865334	351.17974	EI	2-Hydroxybupropfen, O,O-bis-TMS	mainlib	898	1888	21	C18 H31 O3 Si2	5.5	-CH3	351.18062
076	11.01	1883	3189124	414.17228	SI	Vanillylmalonic acid, 3TMS derivative	replib	852	1900	17	C18 H34 O5 Si3	5.0	none	414.17086
077	11.10	1891	1162987	247.10160	EI	trimethylsilyl 2-indol-1-ylacetate	AI	803						

定量分析結果

3つのターゲット有機酸(2TMS-lactic Acid、2TMS-glycolic acid、2TMS-pyruvic acid oxime)のEI TICCと抽出イオンクロマトグラム(EIC)をFigure 4に示す。尿は非常に複雑なサンプルであるため、TICCには多くのピークが確認された。しかしながら、精密質量によって作成したEICでは、他の化合物の影響を最小限に抑えてターゲット化合物を検出することができた。クロマトグラムピークが重なった有機酸を含むすべてのターゲット有機酸は、定量分析に適したクロマトグラムピーク形状を示した(図中には一部のみ表示)。定量分析の実例としてTable 3に示した、いくつかの尿サンプルのターゲット有機酸の定量値は濃度既知リファレンスとの面積比から算出した。

Table 3. Quantitative values of target organic acids (Unit: μM)

Target Compounds	Reference sample	Negative control	Sample 1	Sample 2	Sample 3
Lactic Acid, 2TMS derivative	110.39	22.125	47.965	21.408	106.486
Glycolic acid, 2TMS derivative	101.82	21.094	296.258	95.486	68.736
Pyruvic acid oxime, bis(trimethylsilyl)- deriv.	69.32	3.29	68.008	17.624	99.834
3-Hydroxybutyric acid, 2TMS derivative	85.26	24.108	189.822	62.896	140.502
Malonic acid (bis-TMS)	597.39	N.D.	52.678	N.D.	N.D.
Methylmalonic acid, 2TMS derivative	16.71	N.D.	2.226	N.D.	4.476
2-Hydroxyisocaproic acid, 2TMS derivative	26.07	N.D.	N.D.	N.D.	0.947
Ethylmalonic acid, 2TMS derivative	34.06	1.178	6.897	1.399	8.493
Succinic acid (2TMS)	58.99	9.027	11.01	3.012	19.784
Methylsuccinic acid, 2TMS derivative	37.46	0.848	4.966	0.578	3.38
Uracil, 2TMS derivative	120.47	0.366	5.711	N.D.	0.446
Glyceric acid, 3TMS derivative	215.37	N.D.	3.335	N.D.	6.28
Isobutyrylglycine, TMS derivative	32.89	0.056	1.301	0.248	0.581
Glutaric acid (2TMS)	31.39	0.679	3.483	1.149	2.107
5-Methyl-3-isoxazolepropanoic acid trimethylsilyl ester	130.87	0.037	N.D.	N.D.	0.016
2-Methylbutyrylglycine, TMS ester	21.03	0.116	0.755	0.023	0.23
DL-Pyroglutamic acid, 2TMS	101.79	15.708	96.916	16.772	47.851
Adipic acid, (2TMS)	31.54	1.259	12.437	1.074	4.637
Tiglyl glycine, 2TMS derivative	117.44	0.258	32.114	0.315	15.06
2-Hydroxyglutaric acid, tri-TMS	72.16	1.863	13.407	1.767	17.665
3-Hydroxy-3-methylglutaric acid, tri-TMS	124.06	N.D.	9.917	43.703	8.687
Pimelic acid, 2TMS derivative	42.46	1.165	4.868	3.24	7.039
Hexanoyl glycine, bis(trimethylsilyl)-	24.07	N.D.	0.061	N.D.	N.D.
Suberic acid, 2TMS derivative	29.27	0.695	2.989	2.026	5.466
Orotic Acid, 3TMS derivative	48.76	0.108	0.621	0.116	0.902
Azelaic acid, 2TMS derivative	27.62	0.983	4.021	2.833	7.592
Sebacic acid, 2TMS derivative	22.87	0.057	0.355	0.153	0.102
N-Acetyltyrosine, 2TMS	25.41	0.068	0.19	0.012	0.372
Suberylglycine-TMS	12.12	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.

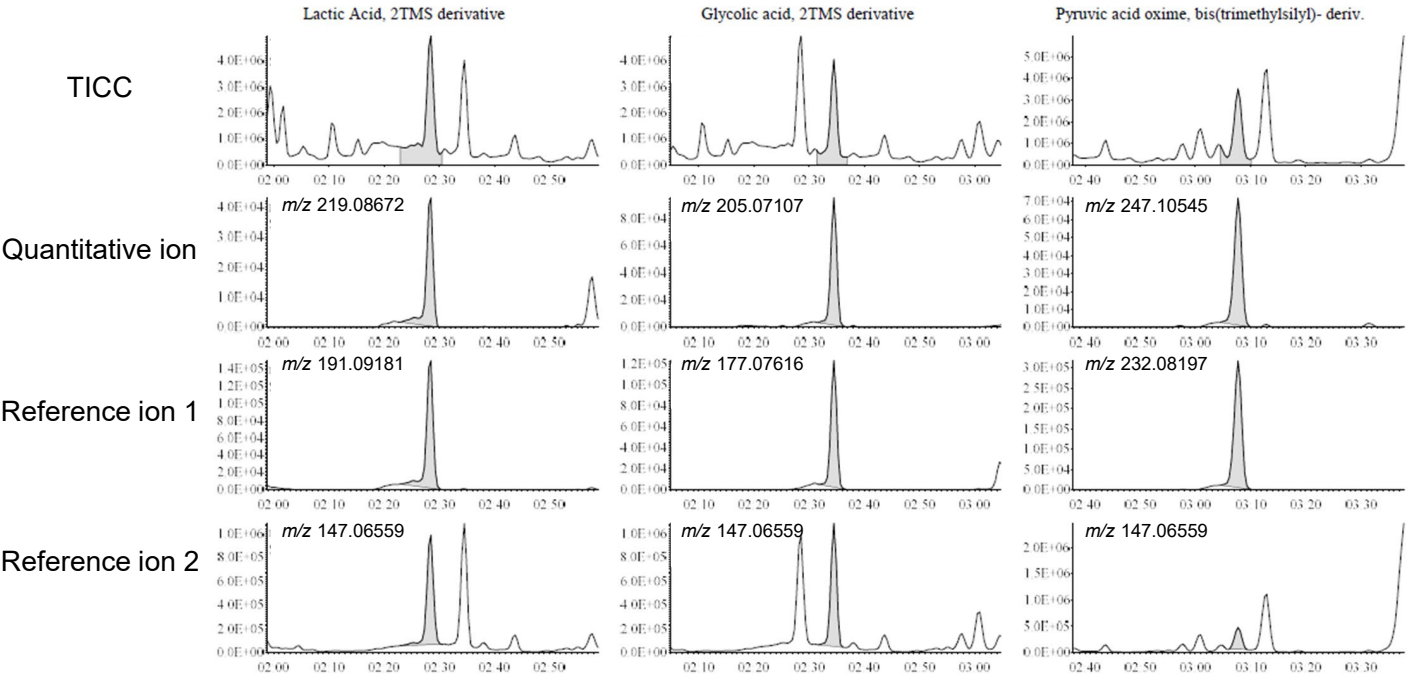


Figure 4. TICC and EICs of extracted urine sample.
(Right: 2TMS-lactic acid, Center: 2TMS-glycolic acid, Left: 2TMS-pyruvic acid oxime)

まとめ

JMS-T2000GCとmsFineAnalysis AIは、尿中の有機酸TMS誘導化物などの化学式や化学構造を同定するための強力なツールであり、定量分析に対しても精密質量で作成したEICが強力なツールとなることを本MSTipsに示した。JMS-T2000GCとmsFineAnalysis AIは、メタボロミクスや臨床分析への幅広い応用が期待される。

この資料に掲載した商品は、外国為替及び外国貿易法の安全輸出管理の規制品に該当する場合がありますので、輸出するとき、または日本国外に持ち出すときは当社までお問い合わせください。