

## 检测分析

DOI: 10.19902/j.cnki.zgyz.1003-7969.2021.03.024

## 基于 UPLC/Q - TOF MS/MS 的花生油成分分析

李子祥, 邓敏, 王晨悦, 王铭婷, 姚雪佩, 孟凡玉, 王茂清

(哈尔滨医科大学 公共卫生学院, 哈尔滨 150081)

**摘要:**采用超高效液相色谱-串联四级杆飞行时间质谱(UPLC/Q-TOF MS/MS)联用仪对花生油甲醇提取液分离检测,分析花生油成分,并通过二级质谱图和标准品确定物质。结果表明:正离子模式下检出86种化合物,鉴定30种物质,其中芥酸、棕榈酰胺、硬脂酰胺、油酸酰胺、11Z-二十二碳二烯酸为已知的花生油成分,亚油酰乙醇胺、亚油酰胺、鞘氨醇、N-油酰乙醇胺、十八碳四烯酸、顺-4-癸二酸等26种物质均为首次被检出;在负离子模式下,共检出27种化合物,鉴定15种物质,其中包括花生油中常见的7种脂肪酸,首次检出(Z)-13-氧-9-十八烯酸、蓖麻油酸、烯油酸、13-羟基十八酸和2(R)-羟基海藻酸5种脂肪酸和其他3种物质。

**关键词:**花生油;超高效液相色谱-串联四级杆飞行时间质谱(UPLC/Q-TOF MS/MS);成分分析  
中图分类号:TS221;TS225 文献标识码:A 文章编号:1003-7969(2021)03-0122-06

## Component analysis of peanut oil based on UPLC/Q - TOF MS/MS

LI Zixiang, DENG Min, WANG Chenyue, WANG Mingting,

YAO Xuepei, MENG Fanyu, WANG Maoqing

(School of Public Health, Harbin Medical University, Harbin 150081, China)

**Abstract:** The methanol extract of peanut oil was detected by ultra performance liquid chromatography - tandem quadrupole time - of - flight mass spectrometry (UPLC/Q - TOF MS/MS) to analyze the component in peanut oil, and using the secondary mass spectrometry and standard products were used to determine the component. The results showed that in positive ion mode, 86 compounds were detected, and 30 compounds were identified. Among them, erucic acid, palmitamide, stearamide, oleamide and 11Z - docosadienoic acid were the known components in peanut oil, and other 26 substances including linoleylethanolamine, linoleamide, sphingosine, N - oleylethanolamine, octacosatetraenoic acid, and cis - 4 - sebacic acid were detected for the first time. In negative ion mode, 27 compounds were detected and 15 compounds were identified in peanut oil, including 7 common fatty acids. Five fatty acids including (Z) - 13 - oxy - 9 - octadecenoic acid, ricinoleic acid, limonenic acid, 13 - hydroxyoctadecanoic acid and 2 (R) - hydroxyalginic acid and 3 other substances were first detected in peanuts oil.

**Key words:** peanut oil; ultra performance liquid chromatography - tandem quadrupole time - of - flight mass spectrometry (UPLC/Q - TOF MS/MS); component analysis

花生油可降低血浆中胆固醇的含量,保护血管壁,有助于预防肥胖、心血管疾病<sup>[1-3]</sup>和糖尿病<sup>[4]</sup>。

因此,研究花生油的成分对于了解其营养价值和健康作用具有重要意义。

现有对花生油成分分析的研究多集中在采用气相色谱-质谱联用法(GC-MS)<sup>[5-6]</sup>检测花生油中的脂肪酸组成及挥发性成分<sup>[7-12]</sup>;采用液相色谱-质谱法(LC-MS)检测花生或花生油中甘油三酯<sup>[13]</sup>、植物化学物(白藜芦醇)<sup>[14-15]</sup>、生物活性物质(金雀异黄素、黄豆苷元、芦丁、槲皮素等)<sup>[16]</sup>、黄曲霉毒素和农药等污染物<sup>[17-18]</sup>。但是,花生油中是否

收稿日期:2020-03-01;修回日期:2020-10-14

基金项目:国家自然科学基金(81973036)

作者简介:李子祥(1994),男,硕士研究生,研究方向为植物油成分及含量(E-mail)lizixiangd1994@163.com。

通信作者:王茂清,教授,博士(E-mail)wang\_maoqing@126.com。

含有其他新的成分,目前还不清楚。

考虑到GC-MS适于检测极性小、易挥发、热稳定的物质,LC-MS可检测热稳定性差、极性高的物质。本文采用UPLC/Q-TOF MS/MS技术对花生油进行成分分析,以期发现花生油中更多的新成分,充分了解花生油的营养价值和健康作用。

## 1 材料与方法

### 1.1 实验材料

花生油(鲁花,5 L装),购于当地超市。

乙腈、甲醇(色谱纯, Fisher),亮氨酸-脑啡肽(Waters公司),超纯水(Milli-Q超纯水系统制备, Millipore公司),脂肪酸标准品和其他标准品(Sigma和Angene International Limited,美国)。

Waters超高效液相色谱-串联四级杆飞行时间质谱(UPLC/Q-TOF MS/MS)联用仪(USA),低温高速离心机,氮吹仪,涡旋混合器。

### 1.2 实验方法

#### 1.2.1 样品前处理

取0.8 mL花生油于15 mL塑料离心管中,加入2倍体积的100%甲醇,涡旋3 min后离心,提取400  $\mu$ L的上清液加入进样瓶中,进行UPLC/Q-TOF MS/MS分离检测。

#### 1.2.2 UPLC/Q-TOF MS/MS条件

色谱条件:ACQUITY UPLC BEH C18色谱柱(150 mm  $\times$  2.1 mm, 1.7  $\mu$ m, Waters, USA),自动进样室温度4  $^{\circ}$ C,柱温35  $^{\circ}$ C;进样量4  $\mu$ L;流动相流速350  $\mu$ L/min, A相为0.1%甲酸水溶液, B相为乙腈;采用梯度洗脱,正、负离子模式的梯度洗脱程序为0~0.5 min 98%甲酸水溶液, 0.5~3 min 98%~30%甲酸水溶液, 3~10.5 min 30%~2%甲酸水溶

液, 10.5~12 min 2%甲酸水溶液, 12~14 min 2%~98%甲酸水溶液, 14~16 min 98%甲酸水溶液。

质谱条件:正、负离子模式采集数据。电喷雾离子源,毛细管电压正离子模式3.0 kV,毛细管电压负离子模式2.8 kV,锥孔电压35 V,温度110  $^{\circ}$ C,锥孔气流速12 L/h,脱溶剂气温度320  $^{\circ}$ C,脱溶剂气流速720 L/h。采用亮氨酸-脑啡肽((M+H<sup>+</sup>)/*m/z* 556.277 1, (M-H<sup>-</sup>)/*m/z* 554.261 5)为质量校正溶液。正、负离子模式质谱数据采集范围(*m/z*)均为50~1 000,数据收集采用中心模式,频率为0.48 s,数据每10 s校正1次,数据采集时间为0~16 min。

#### 1.2.3 定性分析

我们认为信噪比大于20、峰强度高于500的分子离子峰,可能是花生油中的潜在物质成分。通过获得的精确相对分子质量检索LIPIDMAPS、HMDB、FOODB等数据库,将数据库中的MOL文件导入Masslynx软件,通过Mass Fragment进行碎片匹配和筛选,最终通过数据库标准图谱或标准品验证来确定物质的化学结构。

## 2 结果与讨论

### 2.1 UPLC/Q-TOF MS/MS分离检测结果

利用UPLC/Q-TOF MS/MS技术在正、负离子模式下对花生油进行分离检测分析。结果表明,采用该方法,在正、负离子模式下,各种物质得到了良好分离。

### 2.2 花生油在正离子模式下检测结果

采用UPLC/Q-TOF MS/MS在正离子模式下检测的花生油成分,已鉴定物质见表1,未知物质见表2。

表1 花生油在正离子模式下检出的已鉴定物质

序号	保留时间/ min	分子离子 ( <i>m/z</i> )	碎片离子( <i>m/z</i> )	分子式	化合物	lipid ID
1	4.81	277.21	217.172 9, 135.106 2, 93.073 9	C <sub>18</sub> H <sub>28</sub> O <sub>2</sub>	十八碳四烯酸	LMFA01030357
2	5.56	324.287 9	306.281 9, 245.227 8, 109.099 0	C <sub>20</sub> H <sub>37</sub> NO <sub>2</sub>	亚油酰乙醇胺	LMFA08040004
3	5.96	280.266 5	245.229 3, 109.104 4, 95.090 9	C <sub>18</sub> H <sub>33</sub> NO	亚油酰胺	LMFA08010008
4	6.23	300.29	283.260 7, 109.108 2, 62.063 8	C <sub>18</sub> H <sub>38</sub> NO <sub>2</sub>	鞘氨醇	LMFA08040013
5	6.53	326.301 8	308.293 8, 247.246 4, 97.109 3	C <sub>20</sub> H <sub>39</sub> NO <sub>2</sub>	N-油酰乙醇胺	LMFA08040015
6	6.80	256.262 9	171.082 8, 102.092 0, 88.078 1	C <sub>16</sub> H <sub>33</sub> NO	棕榈酰胺	LMFA08010009
7	7.04	282.276 1	247.248 6, 191.172 7, 135.117 3	C <sub>18</sub> H <sub>35</sub> NO	油酸酰胺	LMFA08010004
8	8.52	284.301 0	214.214 3, 172.169 6, 88.075 9	C <sub>18</sub> H <sub>37</sub> NO	硬脂酰胺	LMFA08010003
9	2.60	201.113 6	173.108 3, 107.062 7, 80.053 0	C <sub>10</sub> H <sub>16</sub> O <sub>4</sub>	顺-4-癸二酸	LMFA01170045
10	3.38	269.08	254.059 0, 237.050 3, 181.073 8	C <sub>16</sub> H <sub>12</sub> O <sub>4</sub>	7-羟基-3-(4-甲氧基苯基)-4-苯并吡喃酮	HMDB0005808
11	3.72	213.138	197.101 2, 135.096 8, 122.084 2	C <sub>15</sub> H <sub>16</sub> O	3-(3-苯基丙基)苯酚	HMDB0135579
12	4.41	367.110 5	321.195 6, 294.278 3, 81.035 6	C <sub>20</sub> H <sub>18</sub> N <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	N-咖啡酰色氨酸	HMDB0029830

续表 1

序号	保留时间/ min	分子离子 ( <i>m/z</i> )	碎片离子( <i>m/z</i> )	分子式	化合物	lipid ID
13	4.81	317.204	237.104 8,195.055 9,95.082 2	C <sub>20</sub> H <sub>28</sub> O <sub>3</sub>	7-氧代-8,15-异二甲基-18-甲酸酯	HMDB0036812
14	6.80	350.303 6	264.236 3,245.216 1,198.124	C <sub>22</sub> H <sub>39</sub> NO <sub>2</sub>	二高-γ-亚麻酰基乙醇酰胺	HMDB0013625
15	7.01	442.384 9	321.216 0,180.149 1,163.124 3	C <sub>26</sub> H <sub>50</sub> O <sub>5</sub>	甘油二酯(23:0)	HMDB0093430
16	7.04	373.32	316.254 1,217.196 5,109.081 3	C <sub>25</sub> H <sub>40</sub> O <sub>2</sub>	1-苯基-1,3-十九烷二酮	HMDB0035584
17	7.17	270.277	252.253 7,116.107 7,102.090 4	C <sub>17</sub> H <sub>35</sub> NO	N-(13-甲基十四烷基)乙酰胺	HMDB0040940
18	7.53	338.312 5	265.256 9,135.116 8,83.085 4	C <sub>22</sub> H <sub>42</sub> O <sub>2</sub>	芥酸	LMFA01030089
19	7.55	296.302 1	254.268 5,170.152 9,71.083 2	C <sub>19</sub> H <sub>36</sub> O <sub>2</sub>	4,6-癸二酮	HMDB0035575
20	8.04	352.328 9	310.310 7,247.242 5,121.104 3	C <sub>22</sub> H <sub>43</sub> NO <sub>3</sub>	N-硬脂酰氨基丁酸	LMFA08020106
21	8.23	444.400 5	180.150 7,163.125 1,120.092 2	C <sub>25</sub> H <sub>49</sub> NO <sub>5</sub>	12-羟基-12-十八烷基肉碱	HMDB0013154
22	8.44	294.289 2	265.239 6,196.203 1,109.099 2	C <sub>19</sub> H <sub>39</sub> NO <sub>3</sub>	酰基苯丙胺	HMDB0006752
23	8.49	362.312 1	294.228 7,196.158 2,98.059 3	C <sub>24</sub> H <sub>43</sub> NO	2,4,8-二十碳三烯酸异丁酰胺	HMDB0030385
24	8.64	458.413 5	396.383 5,194.164 9,83.087 6	C <sub>27</sub> H <sub>52</sub> O <sub>4</sub>	2-神经酰基甘油	HMDB0011559
25	8.83	312.335 5	256.240 2,143.115 9,72.045 8	C <sub>20</sub> H <sub>40</sub> O <sub>2</sub>	4-羟基-6-二十碳酮	HMDB0035673
26	8.86	310.319 6	256.261 5,184.171 7,114.090 1	C <sub>20</sub> H <sub>39</sub> NO	N-棕榈酰吡咯烷	HMDB0032740
27	9.03	348.334 5	210.192 1,182.152 0,86.096 4	C <sub>23</sub> H <sub>38</sub> O	3-(10-庚烯基)苯酚	HMDB0038525
28	9.05	338.342 3	282.279 7,170.152 6,83.087 3	C <sub>22</sub> H <sub>42</sub> O <sub>2</sub>	11Z-二十二碳二烯酸	LMFA01030088
29	9.37	326.348 9	256.264 5,172.172 3,71.086 3	C <sub>21</sub> H <sub>42</sub> O <sub>2</sub>	4-羟基-6-烯二十碳酮	HMDB0035670
30	9.55	352.355 6	282.281 1,184.171 0,71.085 4	C <sub>23</sub> H <sub>44</sub> O <sub>2</sub>	4,6-二十三烷二酮	HMDB0035565

表 2 花生油在正离子模式下检出的未知物质

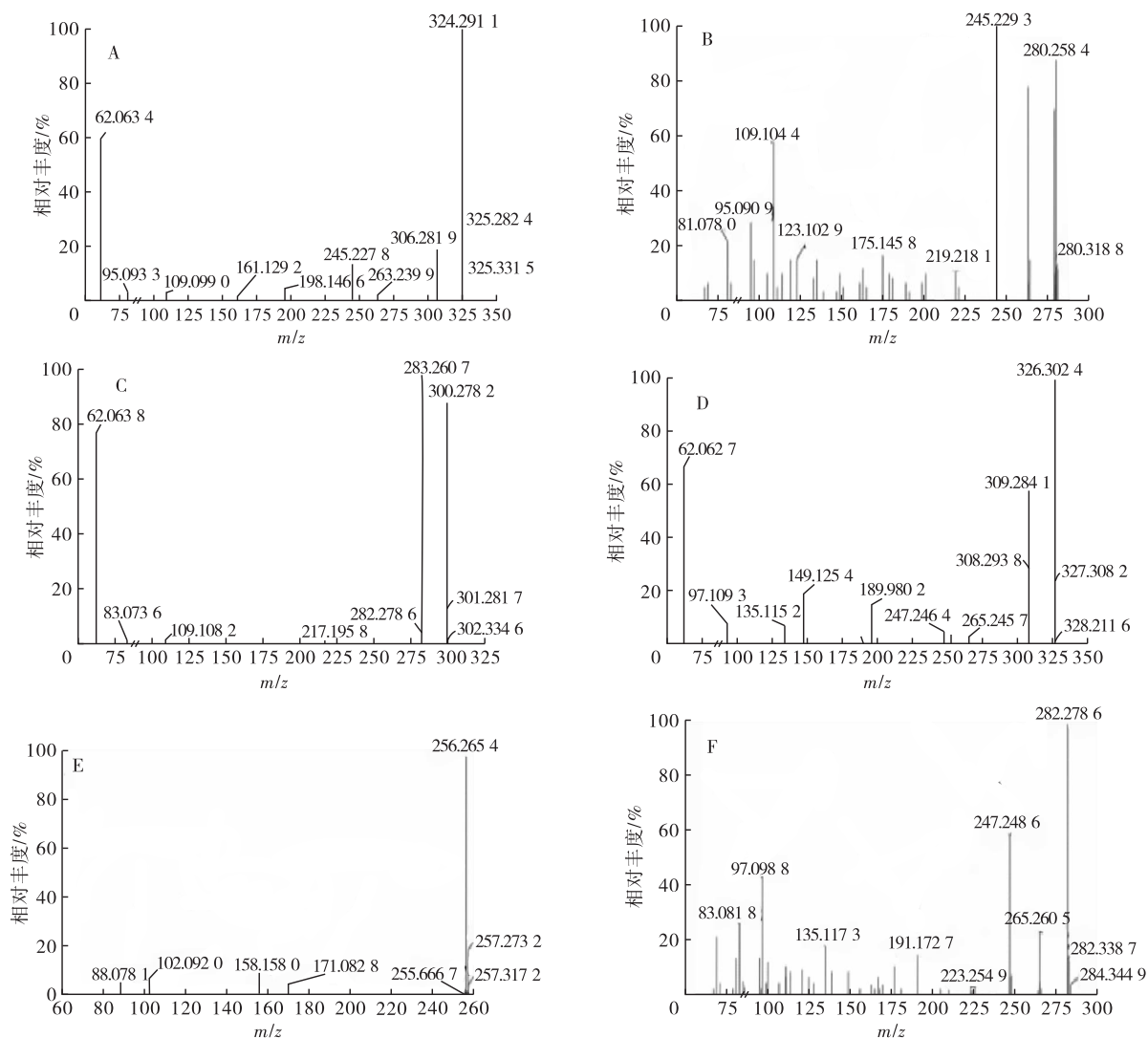
序号	保留时间/min	分子离子( <i>m/z</i> )	序号	保留时间/min	分子离子( <i>m/z</i> )
31	9.20	310.312 4	54	6.97	335.266
32	9.34	406.287 6	55	7.12	247.252 6
33	10.11	321.311 5	56	7.12	265.262 9
34	1.89	144.057 6	57	7.29	245.237 3
35	2.41	122.068 8	58	7.29	263.245 2
36	2.68	162.101 9	59	7.41	456.397 7
37	2.92	292.240 4	60	7.45	313.280 6
38	3.53	274.283 3	61	7.56	577.513 9
39	3.55	318.307 6	62	7.67	339.293
40	4.11	227.228 9	63	7.77	336.32
41	4.48	566.418 7	64	7.97	310.307 8
42	4.54	352.328 9	65	8.08	334.300 3
43	5.15	149.032 6	66	8.13	384.316 4
44	5.16	354.33	67	8.32	350.333 3
45	5.30	279.242 4	68	8.43	265.266 3
46	6.06	245.235 8	69	8.52	399.37
47	6.06	280.273 7	70	8.58	613.468 6
48	6.33	263.248 3	71	8.71	562.526 8
49	6.52	263.341 7	72	8.88	603.532 2
50	6.52	337.277 9	73	8.98	360.316 6
51	6.85	308.297 1	74	9.07	338.351 1
52	6.87	265.270 7	75	9.10	306.292 1
53	6.87	219.222	76	9.11	386.33

续表 2

序号	保留时间/min	分子离子( $m/z$ )	序号	保留时间/min	分子离子( $m/z$ )
77	9.32	387.271 2	82	9.89	493.393 7
78	9.38	336.318	83	9.92	597.480 4
79	9.41	277.23	84	9.93	615.486 1
80	9.59	353.279 2	85	10.13	312.337 2
81	9.64	430.382 8	86	10.48	408.293 5

由表1、表2可知,在正离子模式下花生油中检测到86种物质,其中33种物质有二级质谱图(1~33号),其余53种物质(34~86号)无二级质谱图,仅有准确的质荷比和保留时间,花生油中共鉴定出30种物质,其中棕榈酰胺、硬酯酰胺、油酸酰胺、芥酸、11Z-二十二碳二烯酸在花生油中已被发

现<sup>[19-20]</sup>外,其他物质均第一次在花生油中被检出,如十八碳四烯酸、亚油酰乙醇胺、亚油酰胺、鞘氨醇、N-油酰乙醇胺、二高- $\gamma$ -亚麻酰基乙醇酰胺、N-(13-甲基十四烷基)乙酰胺、2,4,8-二十碳三烯酸异丁酰胺、顺-4-癸二酸等。图1为正离子模式下6种鉴定出的物质的二级质谱图。



注:A. 亚油酰乙醇胺;B. 亚油酰胺;C. 鞘氨醇;D. N-油酰乙醇胺;E. 棕榈酰胺;F. 油酸酰胺。

图1 6种物质的二级质谱图

### 2.3 花生油在负离子模式下检测结果

采用UPLC/Q-TOF MS/MS在负离子模式下对花生油进行检测,表3、表4分别为花生油中已鉴定的物质和未知物质。由表3、表4可看出,在负离

子模式下花生油中检测出27种物质,其中16种物质(1~16号)有二级质谱图,其余11种物质(17~27号)没有二级质谱图,花生油中鉴定出15种物质,其中7种为已知脂肪酸(花生酸、 $\alpha$ -亚麻酸、亚

油酸、棕榈酸、油酸、硬脂酸、花生烯酸)。与文献报道在花生油中检测出 45 种脂肪酸<sup>[21-22]</sup>相比,本研究中除上述 7 种已知的脂肪酸与文献报道一致外,其他 38 种未被检出。但是本研究在花生油中首次

检出 (*Z*)-13-氧-9-十八烯酸、蓖麻油酸、烯油酸、13-羟基十八酸和 2(*R*)-羟基海藻酸 5 种脂肪酸。除了上述脂肪酸外,在负离子模式下还检测到非脂肪酸成分,如七烷酸肉碱。

表 3 花生油在负离子模式下检出的已鉴定物质

序号	保留时间/ min	分子离子 ( <i>m/z</i> )	碎片离子( <i>m/z</i> )	分子式	化合物	lipid ID
1	3.72	311.29	223.163 0,183.132 0,87.040 9	C <sub>20</sub> H <sub>40</sub> O <sub>2</sub>	花生酸	LMFA01010020
2	6.38	277.216 8	259.201 9,233.218 9,59.006 0	C <sub>18</sub> H <sub>30</sub> O <sub>2</sub>	α-亚麻酸	LMFA01030152
3	7.38	279.232 4	261.222 8,209.146 7,59.005 7	C <sub>18</sub> H <sub>32</sub> O <sub>2</sub>	亚油酸	LMFA01030120
4	8.46	255.232 5	237.211 4,116.923 7,74.029 8	C <sub>16</sub> H <sub>32</sub> O <sub>2</sub>	棕榈酸	LMFA01010001
5	8.65	281.248 1	263.206 8,111.067 1,97.083 9	C <sub>18</sub> H <sub>34</sub> O <sub>2</sub>	油酸	LMFA01030002
6	10.12	283.263 7	265.246 2,74.019 2	C <sub>18</sub> H <sub>36</sub> O <sub>2</sub>	硬脂酸	LMFA01010018
7	10.18	309.27	247.228 0,182.993 4,96.968 3	C <sub>20</sub> H <sub>38</sub> O <sub>2</sub>	花生烯酸	LMFA01030085
8	4.54	295.213 5	277.205 7,195.127 0,113.081 3	C <sub>18</sub> H <sub>32</sub> O <sub>3</sub>	( <i>Z</i> )-13-氧-9-十八烯酸	HMDB0029796
9	4.79	297.234 5	279.225 1,183.130 0,97.042 7	C <sub>18</sub> H <sub>34</sub> O <sub>3</sub>	蓖麻油酸	HMDB0034297
10	4.83	293.202 7	277.193 5,197.108 6,113.089 6	C <sub>18</sub> H <sub>30</sub> O <sub>3</sub>	烯油酸	LMFA10000001
11	5.47	299.248 8	281.236 9,253.244 8,141.113 9	C <sub>18</sub> H <sub>36</sub> O <sub>3</sub>	13-羟基十八酸	LMFA02000131
12	7.37	379.150 3	335.158 8,317.148 9,250.167 1	C <sub>18</sub> H <sub>24</sub> N <sub>2</sub> O <sub>7</sub>	N-(1-脱氧-1-果糖基)色氨酸	HMDB0037847
13	8.46	355.147 4	311.156 6,293.150 6,84.935 4	C <sub>17</sub> H <sub>24</sub> O <sub>8</sub>	X-3-羟基-5-苯基戊酸-O-β-D-吡喃葡萄糖苷	HMDB0031695
14	8.46	394.322 8	350.335 2,280.264 6,130.078 3	C <sub>24</sub> H <sub>47</sub> NO <sub>4</sub>	七烷酸肉碱	HMDB0006210
15	9.87	355.311 1	309.305 8,281.277 3,71.045 8	C <sub>22</sub> H <sub>44</sub> O <sub>3</sub>	2( <i>R</i> )-羟基海藻酸	LMFA01050077

表 4 花生油在负离子模式下检出的未知物质

序号	保留时间/min	分子离子( <i>m/z</i> )	序号	保留时间/min	分子离子( <i>m/z</i> )
16	8.66	381.163 7	22	8.46	394.323 3
17	3.36	267.056 6	23	8.47	374.124 2
18	3.95	313.227 5	24	8.49	416.067 1
19	4.50	564.415	25	8.65	349.226 3
20	6.53	419.176 9	26	10.11	383.182 7
21	8.43	428.310 2	27	10.17	309.27

与正离子模式相比,负离子模式下检出的花生油成分较少。正、负离子模式下,共检出 113 种物质,鉴定出 45 种物质,其中 12 种为花生油中已报道成分,其余均为首次检出,且花生油中还含有大量的未知物质。

#### 2.4 讨论

除了常规的脂肪酸外,花生油中其他化合物同样具有较高的营养价值和健康益处。如油酰乙醇胺(oleoylethanolamide, OEA)是一种内源性脂肪酸乙醇胺,具有抑制食物摄取、促进脂肪水解、降低体重的作用<sup>[23-24]</sup>。油酸酰胺是一种天然存在于动物体内的内源性物质,可能与多种神经递质系统相互作用,有促进睡眠、预防阿尔茨海默病、降低心血管疾病、抗炎等功能<sup>[25-29]</sup>。鞘氨醇属于鞘脂类,为细胞膜的组成成分之一。鞘氨醇在体内可在鞘氨醇激酶

1 和鞘氨醇激酶 2 的催化下被磷酸化产生鞘氨醇-1-磷酸——一种有力的脂类信号分子,参与多种细胞过程。棕榈酰胺存在于大多数哺乳动物的组织中,具有抗炎、镇痛、保护神经和抗癫痫的作用。这些物质均对花生和花生油的营养价值具有重要意义。

#### 3 结论

采用 UPLC/Q-TOF MS/MS 检测花生油成分,在正、负离子模式下共检出 113 种物质,鉴定出 45 种物质,其中 12 种为花生油中已报道成分,其余均为首次报道,如亚油酰乙醇胺、亚油酰胺、鞘氨醇、N-油酰乙醇胺、十八碳四烯酸、蓖麻油酸、烯油酸等,同时证实花生油中还存在大量的未知物质。检出的油酰乙醇胺、油酸酰胺、鞘氨醇、棕榈酰胺等物质解释了花生油预防肥胖和降低心血管疾病、抗炎

等作用,证实了花生油具有广泛的营养价值。

#### 参考文献:

- [1] 曹明明. 花生油对血脂水平的影响及心血管疾病危险性的保护作用[D]. 济南:山东大学, 2003.
- [2] 徐贵发, 郭海峰, 朱凤, 等. 花生油对中老年人血脂水平的影响[J]. 营养学报, 2004, 26(4): 249-252.
- [3] ALDERSON L M, HAYES K C, NICOLosi R J. Peanut oil reduces diet - induced atherosclerosis in cynomolgus monkeys[J]. *Arteriosclerosis*, 1986, 6(5): 465-474.
- [4] VASSILIOU E K, GONZALEZ A, GARCIA C, et al. Oleic acid and peanut oil high in oleic acid reverse the inhibitory effect of insulin production of the inflammatory cytokine TNF -  $\alpha$  both in vitro and in vivo systems[J/OL]. *Lipids Health Dis*, 2009, 8(1): 25 [2020-02-15]. <https://doi.org/10.1186/1476-511X-8-25>.
- [5] 刘冰. GC-MS分析测定5种植物油中脂肪酸成分研究[J]. 食品工业, 2014(4): 222-224.
- [6] 郑畅, 杨湄, 周琦, 等. 高油酸花生油与普通油酸花生油的脂肪酸、微量成分含量和氧化稳定性[J]. 中国油脂, 2014, 39(11): 40-43.
- [7] 安骏, 孟祥永, 陈铁柱, 等. SPME-GC-MS结合GC-O对浓香花生油特征风味物质研究[J]. 粮食与食品工业, 2018, 25(4): 34-37.
- [8] 姚磊. 花生油特征香气成分和营养物质组成的研究[D]. 南昌:南昌大学, 2016.
- [9] DUN Q, YAO L, DENG Z, et al. Effects of hot and cold - pressed processes on volatile compounds of peanut oil and corresponding analysis of characteristic flavor components [J/OL]. *LWT - Food Sci Technol*, 2019, 112:107648 [2020-02-15]. <https://www.researchgate.net/publication/329255327>.
- [10] 顾赛麒, 张晶晶. 花生油在不同热处理温度下特征性香气成分鉴别研究[J]. 食品工业科技, 2013, 34(2): 133-138.
- [11] 刘晓君, 金青哲, 刘元法, 等. 花生油挥发性风味成分的鉴定[J]. 中国油脂, 2008, 33(8): 40-42.
- [12] 刘晓君, 金青哲, 王珊珊, 等. HS-SPME-GC/MS分析花生油挥发性成分技术的优化[J]. 食品与生物技术学报, 2010, 29(4): 500-507.
- [13] 何榕, 山晓琳, 董方圆, 等. 反相超效液相色谱-质谱联用分离分析食用油中的甘油三酯[J]. 分析化学, 2015(9): 1377-1382.
- [14] ZHAO X, MA F, LI P, et al. Simultaneous determination of isoflavones and resveratrols for adulteration detection of soybean and peanut oils by mixed - mode SPE LC - MS/MS[J]. *Food Chem*, 2015, 176:465-471.
- [15] CHUKWUMAH Y, WALKER L, VOGLER B, et al. Changes in the phytochemical composition and profile of raw, boiled, and roasted peanuts [J]. *J Agric Food Chem*, 2007, 55(22): 9266-9273.
- [16] CHUKWUMAH Y, WALKER L, VOGLER B, et al. Profiling of bioactive compounds in cultivars of Runner and Valencia peanut market - types using liquid chromatography/APCI mass spectrometry [J]. *Food Chem*, 2012, 132(1): 525-531.
- [17] 鲍会梅. 高效液相色谱-电喷雾串联质谱法测定花生油中黄曲霉毒素 B<sub>1</sub> 的含量[J]. 中国油脂, 2018, 43(4): 139-142.
- [18] 吉文亮, 刘华良, 马永建. 凝胶渗透色谱-高效液相色谱-串联质谱法测定花生油中涕灭威及其代谢产物残留量[J]. 卫生研究, 2010, 39(4): 516-518.
- [19] 梁慧, 卢斌斌, 陆启玉, 等. 同时蒸馏萃取法提取花生油挥发性物质的研究[J]. 现代食品科技, 2013, 29(3): 640-643.
- [20] 姜波, 胡文忠, 刘长建, 等. 九种植物油中脂肪酸成分的比较研究[J]. 食品工业科技, 2015, 36(8): 108-113, 118.
- [21] 邓莉, 何静仁, 何毅, 等. 气相色谱-质谱联用法测定植物油中脂肪酸组成[J]. 中国调味品, 2019(6): 157-159.
- [22] ORSAVOVA J, MISURCOVA L, AMBROZOVA J V, et al. Fatty acids composition of vegetable oils and its contribution to dietary energy intake and dependence of cardiovascular mortality on dietary intake of fatty acids [J]. *Int J Mol Sci*, 2015, 16(6): 12871-12890.
- [23] NIELSEN M J, PETERSEN G, ASTRUP A, et al. Food intake is inhibited by oral oleylethanolamide[J]. *J Lipid Res*, 2004, 45(6): 1027-1029.
- [24] JIN F, GAETANI S, OVEISI F, et al. Oleylethanolamide regulates feeding and body weight through activation of the nuclear receptor PPAR -  $\alpha$  [J]. *Nature*, 2003, 425(6953): 90-93.
- [25] BOGER D L, HENRIKSEN S J, CRAVATT B F. Oleamide: an endogenous sleep - inducing lipid and prototypical member of a new class of biological signaling molecules[J]. *Curr Pharmac Des*, 1998, 4(4): 303-314.
- [26] MENDELSON W B, BASILE A S. The hypnotic actions of the fatty acid amide, oleamide [J]. *Neuropsychopharmacology*: 2001, 255(S1): S36-S39.
- [27] ANO Y, OZAWA M, KUTSUKAKE T, et al. Preventive effects of a fermented dairy product against Alzheimer's disease and identification of a novel oleamide with enhanced microglial phagocytosis and anti - inflammatory activity[J]. *Plos One*, 2015, 10(3): e0118512 [2020-02-15]. <http://www.10.1371/journal.pone.0118512>.
- [28] HILEY C R, HOI P M. Oleamide: a fatty acid amide signaling molecule in the cardiovascular system? [J]. *Cardiov Drug Rev*, 2007, 25(1): 46-60.
- [29] SCHLOSBERG J E, KINSEY S G, LICHTMAN A H. Targeting fatty acid amide hydrolase (FAAH) to treat pain and inflammation[J]. *AAPS J*, 2009, 11(1): 39-44.