

# 番茄种子脂肪酸含量及组成比较分析

殷荷兰<sup>1</sup>,秦公伟<sup>1</sup>,徐皓<sup>1</sup>,王富<sup>2</sup>,曹小勇<sup>1</sup>

(1. 陕西理工学院 生物科学与工程学院/陕西省资源生物重点实验室, 陕西 汉中 723001; 2. 青岛农业大学 园艺学院, 山东 青岛 266109)

**摘要:**为了解不同番茄样品内种子脂肪酸的组成含量差异,采用索氏提取法提取6个番茄种子样品中的粗脂肪,用KOH-甲醇溶液对脂肪酸进行甲酯化,以37种脂肪酸组分标品为对照,采用气相色谱分析法测定其脂肪酸含量及组成。结果表明:番茄种子干物质平均含量为52.48%,粗脂肪平均含量为32.82%;番茄种子样品间脂肪酸总量有一定差异;番茄种子脂肪酸组分相对百分含量有一定差异,其主要脂肪酸组成及含量为棕榈酸11.16%~12.54%、硬脂酸3.82%~5.12%、油酸17.32%~29.85%、亚油酸52.63%~64.12%、 $\alpha$ -亚麻酸1.45%~2.17%。

**关键词:**番茄;脂肪酸;气相色谱

**中图分类号:**S641.2 **文献标识码:**A **文章编号:**1002-2767(2012)08-0068-04

脂肪酸(Fatty acid)是人体主要能量来源之一,而且具有多种生理功能,同时脂肪酸的组成及含量是油料作物品质的重要指标<sup>[1-3]</sup>。

番茄是人们日常生活主要食品之一;2005年,我国的番茄酱出口已占世界市场的30%,成为继美国、意大利之后的世界第三大番茄制品生产国。番茄籽是番茄酱等食品加工副产品,资源丰富,含有18%~28%的油脂<sup>[4-6]</sup>,对番茄籽进行制油加工,不仅可以提高企业效益,还可为人们提供保健性油脂。

关于番茄籽脂肪酸的组成含量,已有研究中油脂组分含量不统一<sup>[4-5,7-9]</sup>,且选用的试验材料可能存在偏差<sup>[10]</sup>。该研究中采用气相色谱仪,对6个番茄种子样品(品种)中37种脂肪酸进行分析,以了解番茄样品间脂肪酸组成和含量差异,对番茄栽培、育种工作开展和资源综合利用,具有一定的指导意义。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料与仪器

2011年7月自汉中市汉台区小关子街集市、

民生家乐超市莲湖路店、民生家乐超市天汉大道店、华润万家超市天汉大道店采购番茄果实,分别取种子备用(样品编号XGZ、MSL、MST、HR);莱红一号、仙客六号种植于南郑县蔬菜大棚,采收成熟果实取种子作为对照样品(样品编号C1、C2);Supelco<sup>TM</sup> 37种脂肪酸混合标准品;供试药品主要有无水乙醚、无水硫酸钠、异辛烷、正己烷、氢氧化钾、无水甲醇、硫酸氢钠和蒸馏水。

主要仪器有GC-2010型气相色谱仪(日本岛津公司,GC Real Time Analysis 色谱工作站,配备FID检测器);SIGMA-ALDRICH SP<sup>TM</sup>-2560毛细管色谱柱(100 m×0.25 mm×0.2  $\mu$ m);还有分析天平、索氏提取仪、粉碎机、水浴锅和烘箱。

### 1.2 方法

1.2.1 种子干物质含量测定 将取自番茄果实的种子于烘箱中(50℃)烘干,测定干物质含量。种子干物质含量=种子干重/种子鲜重。

1.2.2 样品处理 干种子粉碎,装入编号自封袋用于油脂提取和脂肪酸组成、含量测定。

1.2.3 种子油脂提取 准确称取50℃干燥恒重的种子样品1g(精确至0.001g),置于滤纸筒内,依据GB/T 5512-2008《粮油检验 粮食中粗脂肪含量测定》<sup>[11]</sup>索氏提取法提取油脂;采用滤纸包恒重计算油脂含量。

1.2.4 油脂的脂肪酸甲酯制备 将样品提取油脂用异辛烷定容,移取异辛烷定容油脂1 mL和异辛烷3 mL,装于10 mL容量瓶中按GB/T

收稿日期:2012-04-16

基金项目:陕西省油脂深加工工程技术研究中心资助项目(2009ZDGC-03-06);陕西理工学院2011~2012学年大学生创新实验资助项目(UIRP1141)

第一作者简介:殷荷兰(1988-),女,陕西省南郑县人,在读学士,从事食品质量与安全研究。

通讯作者:曹小勇(1964-),男,陕西省泾阳县人,硕士,教授,从事植物资源保护与开发利用研究。E-mail:qgwei2008@yahoo.com.cn。

17376-2008《动植物油脂 脂肪酸甲酯制备》中 5 酯交换法操作<sup>[12-13]</sup>。每个样品各做 3 个平行样。

1.2.5 气相色谱条件 检测器, FID(氢火焰离子化检测器); 柱温, 140℃ 保持 5 min, 然后以 4℃·min<sup>-1</sup> 升至 210℃, 保持 15 min, 再以 4℃·min<sup>-1</sup> 升至 240℃, 保持 15 min。检测器温度: 260℃; 载气(N<sub>2</sub>), 20 mL·min<sup>-1</sup>; 辅助气(H<sub>2</sub>), 40 mL·min<sup>-1</sup>; 空气, 500 mL·min<sup>-1</sup>; 进样量, 5 μL; 分流比 99:1。

根据脂肪酸标准品出峰顺序和保留时间确定种子中脂肪酸的种类; 采用面积归一化法, 校正因子优化, 计算样品中所含脂肪酸的相对百分含量<sup>[14-17]</sup>。

## 2 结果与分析

### 2.1 番茄种子粗脂肪含量测定

由表 1 可知, 不同番茄种子样品间干物质、粗脂肪含量差异不明显; 番茄种子干物质含量约为 52.48%, 干物质粗脂肪含量约为 32.82%。

表 1 番茄种子干物质含量和干物质粗脂肪含量比较

Table 1 Comparison on the weight of dry matter in tomato seeds and the content of crude fat in the dry matter

| 样品<br>Sample                     | XGZ   | MSL   | MST   | HR    | C1    | C2    | 平均值<br>Average |
|----------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|----------------|
| 干物质含量/%<br>Content of dry matter | 51.37 | 48.62 | 53.61 | 51.47 | 53.52 | 51.30 | 52.48          |
| 粗脂肪含量/%<br>Content of crude fat  | 33.17 | 28.69 | 33.02 | 32.16 | 31.70 | 34.19 | 32.82          |

### 2.2 脂肪酸甲酯混合标准品色谱分析

按照 1.2.5 中的色谱条件对混合标准品进行

分析, 37 种脂肪酸甲酯混合标准品色谱图见图 1。

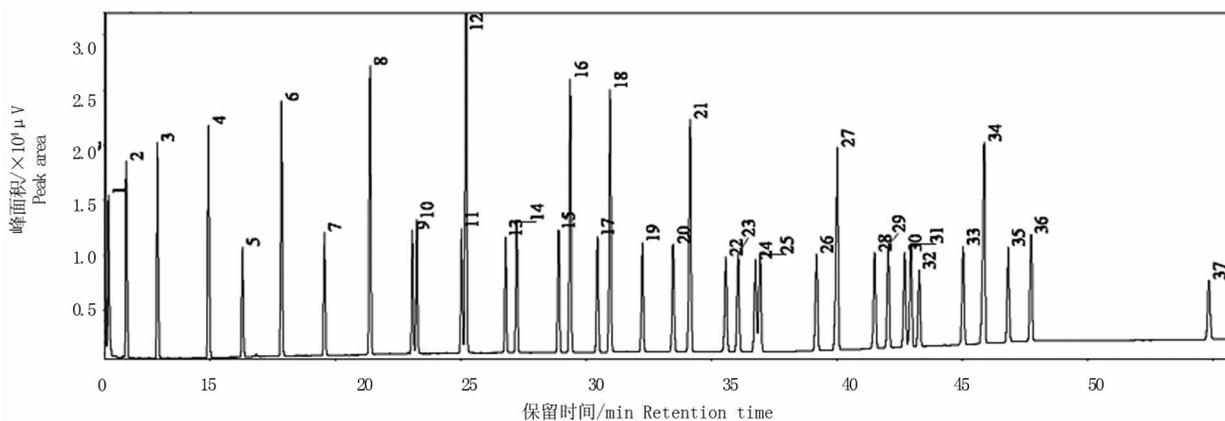


图 1 37 种脂肪酸甲酯混合标准品在 SPTM-2560 色谱柱上的色谱图

Fig. 1 37 FAME standard mixture chromatogram on SPTM-2560 column

1. 丁酸; 2. 己酸; 3. 辛酸; 4. 癸烷; 5. 十一烷酸; 6. 月桂酸; 7. 十三烷酸; 8. 肉豆蔻酸; 9. 肉豆蔻脑酸; 10. 十五烷酸; 11. 顺-10-十五碳烯酸; 12. 棕榈酸; 13. 棕榈烯酸; 14. 十七烷酸; 15. 顺-10-十七碳烯酸; 16. 硬脂酸; 17. 反油酸; 18. 油酸; 19. 反亚油酸; 20. 亚油酸; 21. 花生酸; 22.  $\gamma$ -亚麻酸; 23. 顺-11-二十碳烯酸; 24.  $\alpha$ -亚麻酸; 25. 二十一烷酸; 26. 顺-11, 14-二十碳二烯酸; 27. 榆树酸; 28. 顺-8, 11, 14-二十碳三烯酸; 29. 顺芥子酸; 30. 顺-11, 14, 17-二十碳三烯酸; 31. 花生四烯酸; 32. 二十三烷酸; 33. 顺-13, 16-二十二碳二烯酸; 34. 木蜡酸; 35. 顺-5, 8, 11, 14, 17-二十碳五烯酸; 36. 神经酸; 37. 顺-4, 7, 10, 13, 16, 19-二十二碳六烯酸。下同。

1. Butyric acid; 2. Caproic acid; 3. Caprylic acid; 4. Decanoic acid; 5. Undecanoic acid; 6. Lauric acid; 7. Tridecanoic acid; 8. Myristic acid; 9. Myristoleic acid; 10. Pentadecanoic acid; 11. Cis-10-Pentadecenoic acid; 12. Palmitic acid; 13. Palmitoleic acid; 14. Heptadecanoic acid; 15. Cis-10-Heptadecenoic acid; 16. Stearic acid; 17. Elaidic acid; 18. Oleic acid; 19. Linoleic acid; 20. Linoleic acid; 21. Arachidic acid; 22.  $\gamma$ -Linolenic acid; 23. Cis-11-Eicosenoic acid; 24. Linolenic acid; 25. Heneicosanoic acid; 26. Cis-11, 14-Eicosadienoic acid; 27. Behenic acid; 28. Cis-8, 11, 14-Eicosatrienoic acid; 29. Erucic acid; 30. Cis-11, 14, 17-Eicosatrienoic acid; 31. Arachidonic acid; 32. Tricosanoic acid; 33. Cis-13, 16-Docosadienoic acid; 34. Lignoceric acid; 35. Cis-5, 8, 11, 14, 17-Eicosapentaenoic acid; 36. Nervonic acid; 37. Cis-4, 7, 10, 13, 16, 19-Docosahexaenoic acid. The same below.

2.3 番茄种子中脂肪酸种类及其含量

按照 1.2.5 中的色谱条件对样品进行分析,番茄种子脂肪酸组分色谱图见图 2,脂肪酸种类和相对含量见表 2、表 3。

由表 2 可知,37 种已知脂肪酸在所有番茄种子样品中均检测出 5 种,分别为棕榈酸、硬脂酸、油酸、亚油酸和  $\alpha$ -亚麻酸。同时比较各样品脂肪酸总面积,得出种子脂肪酸总量有一定差异,最大可达 1.6 倍。

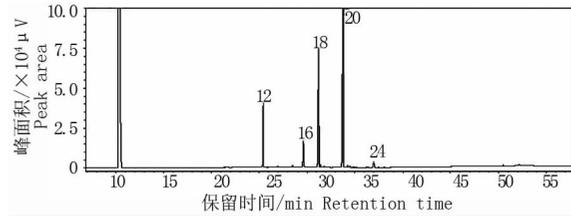


图 2 番茄种子样品 C1 脂肪酸甲酯色谱图  
Fig. 2 FAME chromatogram of tomato seeds C1

表 2 番茄种子中脂肪酸种类及其峰面积

Table 2 Peak area and composition of fatty acids in tomato seeds

| 编号<br>No. | 保留时间/min<br>Retention time | 脂肪酸<br>Fatty acid | 峰面积/ $\times 10^4 \mu V$ Peak area |        |        |        |        |        |
|-----------|----------------------------|-------------------|------------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|
|           |                            |                   | XGZ                                | MSL    | MST    | HR     | C1     | C2     |
| 1         | 25.420                     | 棕榈酸               | 30.46                              | 21.72  | 31.72  | 20.47  | 17.41  | 19.08  |
| 2         | 29.636                     | 硬脂酸               | 12.80                              | 7.77   | 9.65   | 8.39   | 7.98   | 7.24   |
| 3         | 31.247                     | 油酸                | 65.91                              | 31.17  | 70.53  | 45.84  | 36.81  | 48.92  |
| 4         | 33.799                     | 亚油酸               | 148.77                             | 115.35 | 137.26 | 104.83 | 91.45  | 86.26  |
| 5         | 36.993                     | $\alpha$ -亚麻酸     | 5.26                               | 3.90   | 3.78   | 3.89   | 2.26   | 2.40   |
|           |                            | 总脂肪酸              | 263.20                             | 179.90 | 252.94 | 183.43 | 155.93 | 163.88 |

由表 3 可知,番茄种子样品(品种)中脂肪酸相对百分含量分别为棕榈酸 11.16%~12.54%、硬脂酸 3.82%~5.12%、油酸 17.33%~29.85%、亚油酸 52.63%~64.12%、 $\alpha$ -亚麻酸 1.45%~2.17%。

番茄种子样品(品种)中饱和脂肪酸、不饱和

脂肪酸相对百分含量稳定,饱和脂肪酸 15.74%~16.43%,不饱和脂肪酸 83.57%~84.26%;然而饱和脂肪酸的 2 种组分、不饱和脂肪酸的 3 种组分相对百分含量却有相对量的变化,尤其是不饱和脂肪酸的 3 种组分含量变化较大。

表 3 番茄种子中脂肪酸种类及其含量比较

Table 3 Comparison on the content and composition of fatty acids in tomato seeds

| 编号<br>No. | 保留时间/min<br>Retention time | 脂肪酸<br>Fatty acid | 峰面积/ $\times 10^4 \mu V$ Peak area |       |       |       |       |       |
|-----------|----------------------------|-------------------|------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
|           |                            |                   | XGZ                                | MSL   | MST   | HR    | C1    | C2    |
| 1         | 25.420                     | 棕榈酸               | 11.57                              | 12.08 | 12.54 | 11.16 | 11.17 | 11.64 |
| 2         | 29.636                     | 硬脂酸               | 4.86                               | 4.32  | 3.82  | 4.58  | 5.12  | 4.42  |
| 3         | 31.247                     | 油酸                | 25.04                              | 17.33 | 27.88 | 24.99 | 23.61 | 29.85 |
| 4         | 33.799                     | 亚油酸               | 56.52                              | 64.12 | 54.26 | 57.15 | 58.65 | 52.63 |
| 5         | 36.993                     | $\alpha$ -亚麻酸     | 2.00                               | 2.17  | 1.49  | 2.12  | 1.45  | 1.46  |
|           |                            | 总脂肪酸              | 100.0                              | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 |

3 结论与讨论

3.1 番茄种子干物质含量和油脂含量

不同番茄种子样品间干物质、粗脂肪含量无明显差异;干物质含量约为 52.48%;干物质粗脂肪含量约为 32.82%,相比已报道番茄种子油脂含量 18%~28%稍高<sup>[4-6]</sup>,分析原因可能是研究中番茄种子为现取,无种子贮藏中呼吸消耗。

3.2 不同番茄种子样品脂肪酸种类及含量差异

番茄种子样品间脂肪酸总量有一定差异,最大可达 1.6 倍。由表 1、表 2 可知,粗脂肪含量无

明显差异,但脂肪酸总量存在差异,分析原因是依国标方法提取的粗脂肪是全部脂质物质,而甘油酯只是其一种组分。

番茄种子样品(品种)中饱和脂肪酸、不饱和脂肪酸相对百分含量稳定,各脂肪酸组分相对百分含量有一定差异,主要是油酸、亚油酸和  $\alpha$ -亚麻酸。研究结果与肖刚等的“番茄籽品种不同,番茄籽油脂脂肪酸组成也不同”观点相符<sup>[10]</sup>。

该研究中番茄种子油脂 5 种脂肪酸相对百分含量为棕榈酸 11.16%~12.54%、硬脂酸

3.82%~5.12%、油酸 17.32%~29.85%、亚油酸 52.63%~64.12%、 $\alpha$ -亚麻酸 1.45%~2.17%，与肖刚<sup>[4]</sup>和王爱霞<sup>[5]</sup>的研究相近(相同)，与董海洲<sup>[8]</sup>仅存在一组分差异，与解成喜<sup>[7]</sup>和宋玉民<sup>[9]</sup>的研究存在较大差异。分析发现差异主要是对脂肪酸组分不同程度的误判(例如董海洲很可能是将 $\alpha$ -亚麻酸误判为花生酸)，这种误判在色谱分析中由于技术原因时有发生；然而与宋玉民等的分析差异，可能是由于其研究中色谱峰未分开而少识别一色谱峰或其它不可知原因造成<sup>[9]</sup>。

肖刚等<sup>[10]</sup>对多份种子脂肪酸组成含量进行了分析，其试验材料除新疆 87-1 外都很可能为杂交一代(因其注明来自种子公司)，而食用的番茄籽油却来自 F<sub>1</sub> 果实内的种子，即 F<sub>2</sub> 种子。因此，认为在未知 F<sub>1</sub> 种子和 F<sub>2</sub> 种子之间脂肪酸含量、组成关系前，不宜选用 F<sub>1</sub> 种子作为试验材料进行研究。

### 3.3 研究意义

番茄籽油亚油酸 50% 以上，是一种优质食用油<sup>[10]</sup>；研究中种子样品间粗脂肪、干物质含量无明显差异，脂肪酸总量有一定差异，饱和脂肪酸、不饱和脂肪酸相对百分含量稳定等研究结果可为番茄育种、栽培和资源综合利用提供参考。

#### 参考文献：

- [1] 王雪青,苗惠,胡萍.膳食中多不饱和脂肪酸营养与生理功能的研究进展[J].食品科学,2004,25(11):337-339.  
[2] 张伟敏,钟耕,王炜.单不饱和脂肪酸营养及其生理功能研

- 究概况[J].粮食与油脂,2005(3):13-15.  
[3] 高瑞萍,彭见林,刘辉,等.脂肪酸分析方法研究进展[J].食品工业科技,2011,32(8):473-477.  
[4] 肖刚,孙庆杰,崔凯.不同萃取方法对番茄籽油理化性质与脂肪酸含量的影响[J].无锡轻工大学学报,1998,17(3):74-77.  
[5] 王爱霞,刘洪海,王忠民,等.番茄籽油的理化特性及脂肪酸组成的 GC/MS 分析[J].粮油加工与食品机械,2006(3):52-53.  
[6] 肖丽娟,曾凡坤.番茄籽油的性质及制取工艺[J].粮油加工与食品机械,2006(1):45-46,50.  
[7] 解成喜,张丽静.番茄籽油中脂肪酸成份分析[J].新疆大学学报:自然科学版,1995,12(2):77-78.  
[8] 董海洲,张绪霞,刘传富,等.番茄籽油的提取研究[J].中国粮油学报,2007,22(6):113-117.  
[9] 宋玉民,宋小利,卢小林.番茄籽油中脂肪酸成分的研究[J].甘肃科技,2009,25(4):143-144.  
[10] 肖刚,孙庆杰,杨利齐.番茄籽油的脂肪酸及甘油酯组成成分分析[J].无锡轻工大学学报,2000,19(2):177-180.  
[11] GB/T 5512-2008.粮油检验 粮食中粗脂肪含量测定[S].  
[12] GB/T 17376-2008.动植物油脂 脂肪酸甲酯制备[S].  
[13] GB/T 22110-2008.食品中反式脂肪酸的测定 气相色谱法[S].  
[14] 李子璇,秦公伟,江海,等.3种干果中脂肪酸的组成及其分析比较[J].食品与发酵工业,2009,35(12):137-140.  
[15] 王博,李垚,秦公伟,等.华山松籽仁脂肪酸组成及其 $\Delta^5$ 型脂肪酸鉴定[J].食品科学,2011(20):164-166.  
[16] GB/T 17377-2008.动植物油脂 脂肪酸甲酯的气相色谱分析[S].  
[17] GB/T 22507-2008.动植物油脂 植物油中反式脂肪酸异构体含量测定 气相色谱法[S].

## Comparison of Fatty Acids Content and Its Composition

YIN He-lan<sup>1</sup>, QIN Gong-wei<sup>1</sup>, XU Hao<sup>1</sup>, WANG Fu<sup>2</sup>, CAO Xiao-yong<sup>1</sup>

(1. Bioscience and Engineering College of Shaanxi University of Technology/Bioresources Key Laboratory of Shaanxi Province, Hanzhong, Shaanxi 723001; 2. Horticultural College of Qingdao Agricultural University, Qingdao, Shandong 266109)

**Abstract:** Whether there are differences of fatty acid composition or content in the different samples of tomato seeds, the fatty acids in crude fat which was extracted by Soxhlet extractor from 6 tomato seed samples were determined by gas chromatography (GC) after modified to methyl esters, with 37 kinds fatty acid methyl ester mixture. The results showed that: the content of dry matter in tomato seed samples was 52.48% on average, and the content of crude fat was 32.82% on average. There were significant differences on total fatty acids among tomato seed samples. The relative content of fatty acids in tomato seed samples also had certain differences. The major fatty acid components in seeds identified were as follows: hexadecanoic acid 11.16%~12.54%, stearic acid 3.82%~5.12%, oleic acid 17.32%~29.85%, linoleic acid 52.63%~64.12%, linolenic acid 1.45%~2.17%.

**Key words:** *Lycopersicon esculentum* Mill.; fatty acid; gas chromatography