

紫苏属植物种子含油率及其脂肪酸组成

胡彦^{1,2}, 丁友芳¹, 温春秀³, 谢晓亮³, 周巧梅³, 刘玉军^{1,*}

(1.北京林业大学生物科学与技术学院, 北京 100083; 2.文山学院生化系, 云南 文山 663000;

3.河北省农林科学院药用植物研究中心, 河北 石家庄 050051)

摘要: 采用化学法萃取和GC-MS法, 对从国内5个省、市、自治区收集的紫苏属植物5个变种的10份试材种子的含油率及其脂肪酸组分进行研究。结果表明, 紫苏属植物10份试材间种子的含油率介于33.49%~42.58%之间; 应用SPSS 11.0软件对其种子含油率进行单因素方差分析, 表明紫苏属植物5个变种10份试材间种子含油率存在极显著性差异。GC-MS分析结果表明, 紫苏属植物种子油中脂肪酸的组成简单, 10份试材种子油中共检测出6种脂肪酸组分——棕榈酸、亚油酸、 α -亚麻酸、硬脂酸、10-十八碳烯酸和油酸, 其中前4种为10种试材的共有成分, 1、2、3、5号试材含油酸, 但不含10-十八碳烯酸, 4、6~10号试材含有10-十八碳烯酸, 但不含油酸。10份试材种子油中 α -亚麻酸含量介于71.75%~80.06%之间, 不饱和脂肪酸的含量介于88.80%~92.82%之间。
关键词: 紫苏属植物; 种子油; 脂肪酸; 气相色谱-质谱法(GC-MS)

Oil Contents and Fatty Acid Composition of the Seeds of the Genus *Perilla* from Different Geographical Origins

HU Yan^{1,2}, DING You-fang¹, WEN Chun-xiu³, XIE Xiao-liang³, ZHOU Qiao-mei³, LIU Yu-jun^{1,*}

(1. College of Biological Sciences and Biotechnology, Beijing Forestry University, Beijing 100083, China;

2. Department of Biochemistry, Wenshan University, Wenshan 663000, China;

3. Medicinal Herbs Research Center, Hebei Academy of Agriculture and Forestry Sciences, Shijiazhuang 050051, China)

Abstract: Soxhlet extraction was used to extract seed oils from 10 plant samples (from different areas of China) belonging to 5 varieties of the genus *Perilla*, followed by the fatty acid composition analysis using GC-MS. The oil contents of these 10 *Perilla* seed samples ranged from 33.49% to 42.58%. The one-way analysis of variance achieved using software package SPSS 11.0 showed that there was a significant difference in oil content among these 10 *Perilla* seed samples. The GC-MS analysis indicated that these 10 *Perilla* seed samples exhibited simple fatty acid composition. Palmitic acid, linoleic acid, α -linolenic acid and stearic acid were found in all of these 10 *Perilla* seed samples. Oleic acid was found only in *Perilla* seed samples No. 1, 2, 3 and 5 and 10-octadecenoic acid only in *Perilla* seed samples No. 4 and 6 - 10. The relative contents of α -linolenic acid of these 10 *Perilla* seed samples ranged from 71.75% to 80.06% and the content of unsaturated fatty acids from 88.80% to 92.82%.

Key words: the genus *Perilla*; seeds oil; fatty acids; gas chromatography-mass spectrometry (GC-MS)

中图分类号: Q946.8

文献标识码: A

文章编号: 1002-6630(2010)14-0165-05

紫苏(*Perilla frutescens* (L.) Britt.)是唇形科(Labiatae)紫苏属(*Perilla*)的一年生自花受粉草本植物。紫苏的种子称为苏籽, 其叶称为苏叶, 是中国卫生部首批公布的既是食品又属药品的60种中药之一^[1]。紫苏是迄今发现的种子油中 α -亚麻酸含量最高的植物物种^[2]。通过对 α -亚麻酸的医疗保健功能的深入研究, 人们发现紫苏种子油中所富含的 α -亚麻酸是 ω -3长链多不饱和脂肪酸的前体物质, 在人体内可以转化生成对人体有重要生理作用的物质——二十碳五烯酸(eicosapentaenoic acid, EPA)和二十二碳六烯酸(docosahexaenoic acid, DHA)。

这两种被称为脑黄金的生命活性因子是构成大脑细胞和人体神经细胞的主要成分, 也正是目前国际上流行的保健食品深海鱼油的主要功能成分, 具有降低胆固醇^[3]、降血压、提高记忆力、保护视力、增强免疫力、延缓机体衰老, 预防老年痴呆症等功效, 在治疗癌症^[4]、气喘病^[5-6]、过敏性疾病^[7]、心脑血管疾病^[8-9]等方面均有显著功效, 在营养学界有“植物脑黄金”的美誉^[10]。紫苏种子油被认为是一种优良的保健食用油^[11], 因而它

收稿日期: 2009-10-18

基金项目: 河北省科技攻关项目(07276410D); “十一五”国家科技支撑计划“重大新药创制”专项(2009ZX09308-002)

作者简介: 胡彦(1966—), 男, 副教授, 博士研究生, 主要从事药用植物学研究。E-mail: huyan3220@126.com

* 通信作者: 刘玉军(1962—), 男, 教授, 博士, 主要从事光生物学与药用植物学研究。E-mail: yjliubio@163.com

具有较高的经济价值^[12-13]。

中国为紫苏属植物的起源地之一^[14]，具有种质资源丰富^[15]，栽培历史悠久和栽培区域广泛的特点^[16]。为了充分开发利用紫苏种子油这一引起国内外营养学者关注的食用油源，本实验在广泛收集紫苏试材的基础上，对从国内5个省、市、自治区收集的属于紫苏属植物5个变种的10份紫苏种子试材的含油率及其脂肪酸组分进行分析，以期为我国紫苏属植物资源的开发利用提供参考。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

从云南、重庆、贵州、广西、河北5个省、市、自治区收集紫苏种子10份，分小区种植于河北省农林科学院药用植物研究中心的药用植物种质资源圃。在紫苏的整个生育期进行形态学观察和分类鉴定，鉴定依据为《中国植物志》。紫苏属植物分为4个变种，即野生紫苏变种、耳齿紫苏变种、回回苏变种和紫苏变种，紫苏变种包括了原来的紫苏变种和白苏变种两个变种^[17]。与郭凤根等^[18]、刘月秀等^[16]研究的结果相一致，将紫苏变种与白苏变种分开更为恰当。为此，实验中紫苏属植物被分为5个变种。5个变种10份试材的编号、来源、千粒质量、种子的颜色等见表1。

乙醚、甲醇、正己烷、氢氧化钠等均为国产分析纯，水为超纯水。

1.2 仪器与设备

Trace 2000 Series 气相色谱仪 意大利CE Instruments公司；Voyager 质谱仪 美国FinniganThermo-Quest公司；VF-5 空心石英毛细管柱(30m × 0.32mm, 0.25 μm) 美国瓦里安(Varian)技术公司；ALC210.3型电子天平 德国赛多利斯(Sartorius)集团；FW100 型高速万能粉碎机 天津市泰斯特仪器有限公司；HH-6 型恒温水浴锅 上海比朗仪器有限公司。

1.3 方法

1.3.1 紫苏种子油的提取

紫苏种子油的提取参考郭凤根等^[19]的方法，采用索氏提取器，以分析纯无水乙醚为溶剂提取10h，获得紫苏种子油，计算含油率。

$$\text{含油率}/\% = \frac{m_3 - m_2}{m_1} \times 100$$

式中： m_1 为称取待测粉碎种子样品的质量； m_2 为索氏提取器小烧瓶空瓶质量； m_3 为索氏提取器小烧瓶加紫苏种子油的质量。

1.3.2 GC-MS 分析条件

气相色谱条件：GC 界面温度250℃，色谱柱为VF-5 空心石英毛细管柱，进样口温度280℃。程序升温过程如下：由50℃起，以20℃/min持续升温至180℃，恒温5min，再以5℃/min持续升温至220℃，改10℃/min持续升温至290℃，恒温15min。载气为高纯氦气(99.999%)，不分流，流速1.5mL/min。

质谱条件：EI⁺源，扫描范围29~540u，扫描速率0.6s/次，离子源温度190℃，灯丝发射电流150μA，检测器电压350V。

1.3.3 甲酯化样品脂肪酸制备

精确称取紫苏种子油0.4g，加0.5mol/L KOH-MeOH 2mL，60℃皂化15min；冷却后加质量分数为14% BF₃-MeOH 2mL，60℃甲酯化5min；冷却后加正己烷与饱和氯化钠各2mL，离心取上清液，获得紫苏种子油甲酯化脂肪酸样品^[20]。

1.3.4 样品分析与成分鉴定

样品分析时分别取甲酯化脂肪酸样品液0.1μL进行GC-MS分析。采用Xcalibur 1.2版本软件及NIST 98谱图库进行脂肪酸成分的检索，结合脂肪酸出峰的保留时间进行鉴定；采用峰面积归一化法，求得各脂肪酸成分的相对含量。

2 结果与分析

2.1 紫苏属植物种子含油率

由表1可见，1号、5号、6号试材分别为野苏、白苏和回回苏变种，它们种子的含油率分别为39.84%，33.58%和39.84%。2~4号试材为耳齿紫苏变种，它们的种子的含油率介于38.66%~40.48%之间；7~10号试材为紫苏变种，其种子的含油率介于33.49%~42.58%之间。10份紫苏试材，种子含油率最高者(7号试材)为42.58%，而最低者(8号试材)仅为33.49%。

为探明上述差异是因为10份试材间的遗传差异所引起，还是由于提取种子油时的误差所导致，应用SPSS 11.0软件对表1的测定结果作单因素方差分析，结果表明紫苏属植物5个变种10份试材间种子含油率存在极显著性差异。

为了明确各平均数之间差异显著或不显著，用SPSS 11.0软件对测定结果又进一步作了最小显著差数法(LSD法)多重比较(表1)。多重比较结果显示：野生紫苏变种(1号试材)的含油率与耳齿紫苏变种(2~4号试材)的含油率相比，无显著性差异；与白苏变种(5号试材)的含油率相比有极显著性差异；与回回苏变种(6号试材)的含油率相比无显著性差异；与紫苏变种中的7、8号试材的含油率相比有显著性差异，与9、10号试材的含油

表 1 紫苏种子含油率及最小显著差数法多重比较结果

Table 1 Oil contents of 10 *Perilla* seed samples and results of least significant difference multiple comparison test

编号	类群	来源	千粒质量/g	种子颜色	含油率/%			
					1	2	3	均值
1	野苏	四川广安市	0.71	黄褐	40.13	39.63	39.75	39.84 ± 0.26 ^{bcBC}
2	耳齿紫苏	云南西畴县	2.27	黄褐	39.92	40.26	40.16	40.11 ± 0.17 ^{bcB}
3	耳齿紫苏	云南耿马县	2.12	灰白	40.63	40.48	40.32	40.48 ± 0.16 ^{bB}
4	耳齿紫苏	云南广南县	1.69	白色	39.44	37.83	38.72	38.66 ± 0.81 ^{cC}
5	白苏	河北安国市	4.71	褐色	33.73	33.76	33.25	33.58 ± 0.29 ^{dD}
6	回回苏	广西梧州市	0.63	黄褐	39.88	39.86	39.77	39.84 ± 0.06 ^{bcBC}
7	紫苏	河北安国市	4.59	黄褐	44.30	41.12	42.32	42.58 ± 1.61 ^{aA}
8	紫苏	河北安国市	0.89	黄褐	33.57	33.61	33.29	33.49 ± 0.17 ^{dD}
9	紫苏	河北安国市	0.95	黄褐	38.73	39.73	39.74	39.40 ± 0.58 ^{cBC}
10	紫苏	贵州遵义市	1.15	黄褐	40.32	40.19	40.15	40.22 ± 0.09 ^{bcB}

注：小写字母不同表示差异达显著水平($P < 0.05$)；大写字母不同表示差异达极显著水平($P < 0.01$)。

率相比无显著性差异。2~4号试材为耳齿紫苏变种下不同的种源，4号试材与3号试材之间种子的含油率存在极显著差异，2、3号试材之间无显著性差异。分析紫苏变种7~10号试材间种子含油率之间的差异，7号试材与8、9、10号试材之间有显著性差异，9号试材与10号试材间无显著性差异。综上所述，紫苏属植物不同变种试材之间以及同一变种下不同种源间种子的含油率差异较大。

2.2 紫苏属植物种子油中脂肪酸的成分及相对含量

经GC-MS分离和分析，分别得到紫苏属植物5个变种10份试材脂肪酸成分的总离子流图(图1)。紫苏属植物5个变种10份试材种子油中脂肪酸的组分及相对含量的GC-MS分析结果见表2。

表 2 紫苏属植物种子油脂肪酸的组分及相对含量

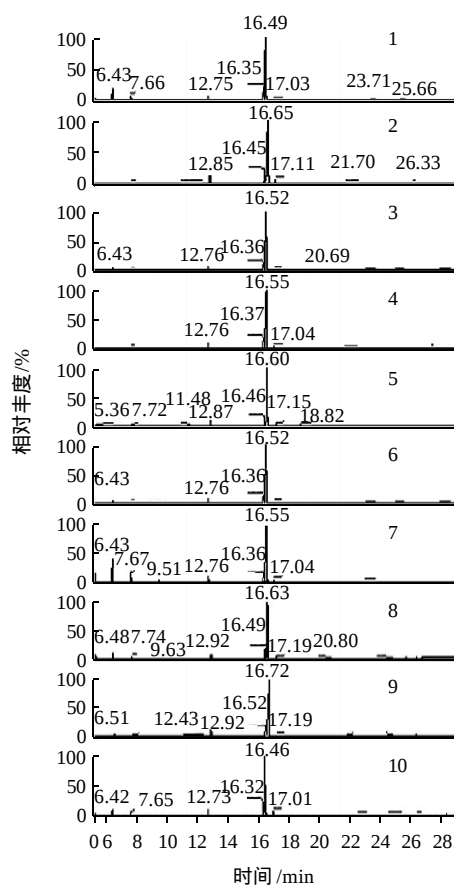
Table 2 Identified fatty acids and their relative contents in seed oils of 10 *Perilla* seed samples

编号	类群	相对含量/%						
		棕榈酸	亚油酸	α -亚麻酸	10-十八碳烯酸	油酸	硬脂酸	UFAs
1	野苏	5.88	15.87	73.68	—	2.44	2.20	91.99
2	耳齿紫苏	5.88	11.07	79.98	—	1.54	1.52	92.59
3	耳齿紫苏	6.09	13.13	77.97	—	0.65	2.17	91.75
4	耳齿紫苏	7.82	11.78	76.88	1.40	—	2.12	90.06
5	白苏	7.23	10.54	77.58	—	2.77	1.89	90.89
6	回回苏	6.31	14.18	75.81	0.93	—	2.77	90.92
7	紫苏	5.95	10.12	80.06	1.78	—	2.10	91.96
8	紫苏	6.08	13.19	77.04	1.54	—	2.15	91.77
9	紫苏	5.37	11.83	80.06	0.93	—	1.81	92.82
10	紫苏	7.22	15.85	71.75	1.20	—	3.99	88.80

注：UFAs为不饱和脂肪酸含量之和；—未检测出。

脂肪酸是油脂中的重要组成成分，由表2可知，紫苏属植物5个变种10份试材种子油中共检测出6种脂肪酸组分，即棕榈酸、亚油酸、 α -亚麻酸、10-十八碳烯酸、油酸、硬脂酸。每一种试材均只含有5种脂肪酸成分，其中棕榈酸、亚油酸、 α -亚麻酸、硬脂酸

为10份试材的共有成分；1、2、3、5号试材含油酸，但不含10-十八碳烯酸，4、6~10号试材含有10-十八碳烯酸，但不含油酸。



1~10 分别代表紫苏属植物 1~10 号试材。

图 1 紫苏属植物 10 份试材种子油中脂肪酸 GC-MS 总离子流图
Fig.1 GC-MS total ion current chromatograms of methyl esterified seed oils of 10 *Perilla* seed samples

紫苏属植物 10 份试材种子油中脂肪酸各组分的相对含量有较大的差异： α -亚麻酸含量介于 71.75%~80.08%

之间,亚油酸含量介于10.12%~15.85%之间,油酸含量介于0.65%~2.77%之间,棕榈酸含量介于5.37%~7.82%之间,硬脂酸含量介于1.52%~3.99%之间,10-十八碳烯酸含量介于0.93%~1.78%之间。10份试材脂肪酸中各组分相对含量的大小基本表现出如下规律: α -亚麻酸>亚油酸>棕榈酸>硬脂酸>油酸和10-十八碳烯酸。10份试材种子油中不饱和脂肪酸含量范围为88.80%~92.82%,除10号试材不饱和脂肪酸含量为88.80%外,其余9种试材的不饱和脂肪酸的含量都超过90%,表明紫苏种子油中不饱和脂肪酸含量极高。

野生紫苏变种(1号试材)、白苏变种(5号试材)和回回苏变种(6号试材)脂肪酸中 α -亚麻酸含量分别为73.68%、77.58%和75.81%;耳齿紫苏变种(2~4号试材),其脂肪酸中 α -亚麻酸含量介于76.88%~79.98%之间;紫苏变种(7~10号试材)脂肪酸中 α -亚麻酸含量介于71.75%~80.06%之间。

以上数据说明,紫苏属植物5个变种之间及同一变种下的不同试材(如7~10号试材)间脂肪酸中 α -亚麻酸含量存在较大的差异。进一步研究还发现,紫苏变种(10号试材除外)、耳齿紫苏变种和白苏变种脂肪酸中 α -亚麻酸含量相近且较高,野生紫苏变种和回回苏变种脂肪酸中 α -亚麻酸含量较低。

3 讨论

关于紫苏种子的含油率,郭凤根等^[19]研究了云南境内紫苏属植物白苏、紫苏、回回苏变种种子的含油率。20份试材种子的含油率范围为20.453%~48.450%,不同变种间种子含油率有显著或极显著差异。崔凯等^[21]对紫苏属植物3个变种(紫苏、白苏、野苏)种子的含油量进行了测定,18份试材种子的含油率介于24.75%~39.52%之间。Siriamornpun等^[20]对泰国境内3个不同地理来源紫苏种子的含油率进行了研究,发现不同地点紫苏种子的含油率存在显著差异。本研究中,紫苏属植物不同变种试材间种子的含油率以及同一变种下不同种源间种子的含油率也都存在有显著性差异的结论,与郭凤根等^[19]、崔凯等^[21]、Siriamornpun等^[20]的研究结果相一致。

关于紫苏种子中脂肪酸的成分,崔凯等^[21]的研究表明,18份试材具有相同的脂肪酸成分,即: α -亚麻酸、亚油酸、油酸、棕榈酸、硬脂酸;种子油中 α -亚麻酸的含量介于56.14%~64.82%之间;不饱和的 α -亚麻酸、亚油酸、油酸为其主要成分,约占脂肪酸总含量的90%。除了上述报道的5种脂肪酸成分,张卫明等^[22]在紫苏油中还检测出花生酸;王映强等^[23]在紫苏油中没有检测出上述5种脂肪酸中的油酸,但检测出了二十碳一烯酸和二十碳烷酸。本实验测定结果表明脂肪酸中相对含量较高的主要组分为棕榈酸、亚油酸、 α -亚

麻酸和硬脂酸,紫苏种子油脂脂肪酸具有不饱和脂肪酸含量高(90%左右)、 α -亚麻酸含量在不同试材间差异较大(71.75%~80.06%)的特点,与文献[20-23]报道的结果相类似;本研究在脂肪酸中检测出油酸和10-十八碳烯酸,但没有检测出花生酸^[22]、二十碳一烯酸和二十碳烷酸^[23],而这些组分在脂肪酸中的相对含量较低。

我国南方种植耳齿紫苏较为广泛,而北方种植白苏较多,紫苏的这2个变种因其种子较大、干粒质量数值大(表1)、单位面积产量高而通常作为油用紫苏来栽培。本研究表明,耳齿紫苏变种(2~4号试材)种子的含油率(38.66%~40.11%), α -亚麻酸的含量(76.88%~79.98%)与白苏变种(5号试材)的含油率(33.58%)及 α -亚麻酸的含量(77.58%)相比较,耳齿紫苏变种的含油率比白苏的高, α -亚麻酸的含量与白苏的含量相近。这说明耳齿紫苏与白苏同样具有较高的营养价值。紫苏变种与回回苏变种常作为药用紫苏来栽培,这2个紫苏变种的含油率及 α -亚麻酸的含量也较高(表1、2),它们是否可以选作为油用紫苏来栽培,主要由它们的单位面积种子的产量来决定。野生紫苏的含油率(39.84%)及 α -亚麻酸的含量(73.68%)也较高,但因其种子小、单位面积产量低,一般不作为油用紫苏来栽培。

本研究中紫苏的脂肪酸组分与具有“食用植物油皇后”美称的橄榄油中的脂肪酸组分相比较时发现,10份紫苏试材种子油中不饱和脂肪酸的含量(88.80%~92.82%)与橄榄油中的不饱和脂肪酸的含量(71.5%~91.7%)^[24]相近,而紫苏油中 α -亚麻酸的含量(71.75%~80.06%)比橄榄油中 α -亚麻酸含量(1.5%)^[24]要高出49.12~53.37倍,这表明紫苏属植物5个变种10份试材的种子油都具有丰富的营养价值和开发的潜力。由于紫苏不同变种或者同一变种下不同种源之间种子含油率及 α -亚麻酸的含量存在显著差异,因此,加快我国油用紫苏优良品种的选育和推广应用工作,大力开发利用紫苏油,这对于满足市场的需要,改变因我国食用油中普遍缺乏不饱和脂肪酸而导致心血管的发病率显著增高^[25]的现状和增强人民体质都具有重要的现实意义。

参考文献:

- [1] 国家药典委员会. 中华人民共和国药典:一部[M]. 北京:人民卫生出版社,1990:39.
- [2] 中国油脂编写委员会. 中国油脂植物[M]. 北京:科学出版社,1987:480-482.
- [3] 林华,沈家琴,信东,等. 亚麻籽对血脂的调节作用[J]. 首都医科大学学报,2001,22(2):104-106.
- [4] CHEN J, STAVRO P M, THOMPSON L U. Dietary flaxseed inhibits human breast cancer growth and metastasis and downregulates expression of insulin-like growth factor and epidermal growth factor receptor[J]. Nutrition and Cancer, 2002, 43(2):187-192.
- [5] OKAMOTO M, MITSUNOBU F, ASHIDA K, et al. Effects of dietary

- supplementation with *n*-3 fatty acids compared with *n*-6 fatty acids on bronchial asthma[J]. *Internal Medicine*, 2000, 39(2): 107-111.
- [6] DENG Yangmei, XIE Qiangmin, ZHANG Shuijuan, et al. Anti-asthmatic effects of *Perilla* seed oil in the guinea pig *in vitro* and *in vivo*[J]. *Planta Medica*, 2007, 73(1): 53-58.
- [7] MIYUKI M, CHIAKI A, MICHIO N, et al. The effects of *Perilla* seed oil ointment for atopic dermatitis[J]. *Annual Reports of Misasa Medical Branch*, 1998, 69: 76-81.
- [8] EZAKI O, TAKAHASHI M, SHIGEMATSU T, et al. Long-term effects of dietary alpha-linolenic acid from *Perilla* oil on serum fatty acids composition and on the risk factors of coronary heart disease in Japanese elderly subjects[J]. *Journal of Nutritional Science and Vitaminology*, 1999, 45(6): 759-772.
- [9] 胡锐, 李宝莉. 多不饱和脂肪酸对心血管系统的作用及其机制[J]. *西北药学杂志*, 2008, 23(2): 118-120.
- [10] 于长青, 赵煜, 朱刚, 等. 紫苏油的营养和药用价值研究[J]. *中国食物与营养*, 2007(8): 47-48.
- [11] KUROWSKA E M, DRESSER G K, DEUTSCH L, et al. Bioavailability of omega-3 essential fatty acids from *Perilla* seed oil[J]. *Prostaglandins Leukot Essent Fatty Acids*, 2003, 68(3): 207-212.
- [12] 赵德义, 徐爱遐, 张博勇, 等. 紫苏籽油的成分与生理功能的研究[J]. *河南科技大学学报: 农学版*, 2004, 24(2): 47-50.
- [13] 朱建明, 魏艳. 紫苏油的研究现状及应用前景[J]. *中国中医药信息杂志*, 2001, 8(10): 33-34.
- [14] LI H L. The vegetables of ancient China[J]. *Economic Botany*, 1969, 23: 235-260.
- [15] NITTA M, LEE J K, KANG C W, et al. The distribution of *Perilla* species[J]. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 2005, 52: 797-804.
- [16] 刘月秀, 张卫明. 紫苏植物资源的分类及资源分布[J]. *中国野生植物资源*, 1999, 17(3): 1-4.
- [17] 李锡文. 中国植物志: 第66卷[M]. 北京: 科学出版社, 1977: 282-287.
- [18] 郭凤根, 王仕玉. 云南境内紫苏种下变异的研究[J]. *木本植物研究*, 2000, 20(3): 270-274.
- [19] 郭凤根, 王仕玉. 云南紫苏小坚果含油量的比较研究[J]. *云南农业大学学报*, 1994, 9(2): 126-128.
- [20] SIRIAMORNPNUN S, LI D, YANG L, et al. Variation of lipid and fatty acid compositions in Thai *Perilla* seeds grown at different locations[J]. *Songklanakarin Journal of Science and Technology*, 2006, 28(1): 17-21.
- [21] 崔凯, 丁霄霖. 中国紫苏属植物种子含油量及其脂肪酸组成研究[J]. *无锡轻工业大学学报*, 1998, 17(1): 78-81.
- [22] 张卫明, 刘月秀, 王红. 紫苏子的化学成分研究[J]. *中国野生植物资源*, 1998, 17(1): 42-44.
- [23] 王映强, 赖炳森, 颜晓林, 等. GC/MS 分析紫苏子与亚麻子脂肪酸成分[J]. *中国生化药物杂志*, 1999, 20(2): 62-64.
- [24] 于长青. 橄榄油的化学组成及对人体的营养价值[J]. *食品科技*, 2000(2): 59-60.
- [25] 王利华, 霍贵成. ω -3 不饱和脂肪酸的生物学作用[J]. *东北农业大学学报*, 2001, 31(1): 100-104.