

非洲山毛豆种子的物理特征、成分分析与油脂组成的研究*

于新¹, 严卓勤¹, 李小华², 黄雪莲¹, 朱晓燕¹

(1. 仲恺农业工程学院轻工食品学院, 广东 广州 510225;

2. 甘肃农业大学食品科学与工程学院, 甘肃 兰州 730070)

摘要: 以非洲山毛豆 *Tephrosia vogelii* Hook f. 种子为材料, 分析其部分物理特征和常量化学成分, 并通过气相色谱-质谱(GC-MS)和液相色谱-电喷雾离子源-离子阱质谱技术(LC-MSD-Trap-XCT)测定其油脂的脂肪酸与甘油酯组成, 并对油脂进行营养评价。实验结果: 种子的长、宽、厚分别为4.63、4.01、1.92 mm, 千粒质量为21.52 g, 密度为659.8 g/L, 自流角为25.89°, 静止角为23.15°。各组成的质量分数为: 水分及挥发物9.89%, 粗脂肪13.33%, 粗蛋白38.73%, 碳水化合物33.21% (可溶性糖10.54%, 淀粉10.76%, 粗纤维11.91%), 灰分4.84%。山毛豆种子油脂的酸价为2.7 mg/g, 过氧化值为1.17 mmol/kg, 皂化价为188 mg/g, 碘价为每100 g样品吸收I₂量为118 g, 密度为859.9 g/L, 折光系数为1.4648。油脂各组成的体积分数为: 十四酸0.15%, 十五酸0.031%, 十六酸(棕榈酸)18.68%, 十六碳一烯酸0.023%, 十七酸0.12%, 十八酸(硬脂酸)6.46%, 油酸19.26%, 亚油酸38.76%, 亚麻酸8.38%, 二十酸1.90%, 二十碳一烯酸0.52%, 二十一酸0.12%, 二十二酸4.09%, 二十三酸0.16%, 二十四酸1.35%。不饱和脂肪酸含量66.94%。干燥后的油脂含有各组成的质量分数为: 脂肪酸单甘油酯0.132%, 脂肪酸双甘油酯0.180%, 脂肪酸三甘油酯99.687%。山毛豆种子的脂肪和蛋白质的质量分数较高, 其油脂的各项指标均符合中国和其他国家食用大豆油标准(GB/T1535-2003; Codex-Stan 210), 且富含人体必需的亚油酸和亚麻酸。

关键词: 非洲山毛豆 *Tephrosia vogelii* Hook f. 种子; 物理特征; 成分分析; 油脂; 脂肪酸组成; 甘油酯组成; 营养评价

中图分类号: Q94-334 文献标识码: A 文章编号: 0529-6579(2009)01-0037-05

Analysis of Physical Characteristics, Composition of *Tephrosia vogelii* Hook f. Seeds and its Oil Component

YU Xin¹, YAN Zhuoqin¹, LI Xiaohua², HUANG Xuelian¹, ZENG Xiaofang¹

(1. College of Light Industry and Food Science, Zhongkai University of Agriculture and Engineering, Guangzhou 510225, China;

2 College of Food Science and Engineering, Gansu Agricultural University, Lanzhou 730070, China)

Abstract: The physical characteristics and chemical macro components of *Tephrosia vogelii* Hook f. seeds were analyzed. The constituents of fatty acid and glyceride in oil were determined by gas chromatography-mass spectroscopy (GC-MS) and the technology of liquid chromatography-mass equipped with selective detector of electrospray ionization anionic trap (LC-MSD-Trap-XCT). The nutritional evaluation about oil was evaluated. The result showed that the size of seeds was 4.63 mm × 4.01 mm × 1.92 mm, 1 000-grain weight 1.52 g, soil bulk density was 659.8 g/L, the angle of automatic flow was 25.89°, the angle of repose was 23.15°, mass fraction of water and volatile matter was 9.89%, crude fat was 13.47%, crude protein was 38.73%, carbohydrate was 33.21% (soluble sugar 10.54%, starch 10.76%, crude fiber 11.91%), ash 4.84%. Acid value, peroxide value, saponification value, iodine

* 收稿日期: 2008-10-13

基金项目: 广东省科技计划资助项目(2008B030302001)

作者简介: 于新(1959年生), 男, 教授; E-mail: yuxin1959@yahoo.com.cn

value, density and refraction coefficient of oil of *Tephrosia vogelii* Hook f. seeds were 2.7 mg/g, 1.17 mmol/kg, 188 mg/g, 1.18 g/g, 0.859 9 g/mL, 1.464 8, respectively. Fatty acid ingredients were as following (w/%): Tetradecanoic acid was 0.15%, pentadecanoic acid 0.031%, hexadecanoic acid (palmitic acid) 18.68%, hexadecenoic acid 0.023%, heptanoic acid 0.12%, stearic acid 6.46%, oleic acid 19.26%, linoleic acid 38.76%, linolenic acid 8.38%, eicosanoic acid 1.90%, eicosenoic acid 0.52%, heneicosanoic acid 0.12%, docosanoic acid 4.09%, tricosanoic acid 0.16%, tetracosanoic acid 1.35%, furthermore, amount of unsaturated fatty acid was 66.94%. Monoglyceride esters of fatty acid content were 0.11%. diglyceride of fatty acid 0.180%, triglyceride of fatty acid 99.687% in dried oil. *Tephrosia vogelii* Hook f. seeds whose indexes were all accorded with Chinese and other countries' edible soybean oil standard (GB/T1535-2003, Codex-Stan 210) contained high amount of fat and protein and were rich with human essential linoleic acid and linolenic acid.

Key words: *Tephrosia vogelii* Hook f. seeds; physical properties; chemical analysis; oils and fats; fatty acids; glyceride component; nutrition

非洲山毛豆 *Tephrosia vogelii* Hook f. 为豆科,蝶形花亚科,灰叶属多年生灌木,又称福氏灰毛豆、窝氏灰叶,原产非洲,主要分布于北纬15°至南纬20°的广大地区^[1]。亚洲和美洲的热带和亚热带地区也有自然分布和人工栽培。国内外关于非洲山毛豆叶、茎中鱼藤酮类物质的杀虫作用已有研究与应用^[2-4]。上世纪80年代以来,作为水土保持、护坡绿化和绿肥植物,我国广东、广西、海南、云南、福建等省区在裸露山坡、高速公路边坡、果园周边大量种植非洲山毛豆。它可在贫瘠或裸露的山坡正常生长,并提高土壤肥力^[2]。

我国人口众多,人均耕地资源少,粮油供给日趋紧张,价格持续上涨,并将长期保持上涨态势。丰富的不可耕地资源为开发木本粮油产品提供了广阔的发展前景^[5],国内外学者也对木本油料进行了大量的研究^[6-7],但非洲山毛豆作为新的野生木本粮油资源尚未研究与开发利用。本试验测定了山毛豆种子的特征物理常数、常量化学成分、油脂指标和脂肪酸组成,并对其油脂进行营养评价,以为非洲山毛豆作为新的木本粮油资源开发利用提供依据。查阅国内外文献,未见相关研究报道。

1 材料与方 法

1.1 材 料

成熟非洲山毛豆种子,2008年1月20日采自广州市花都区北兴镇山坡(北纬23°27',东经113°26')。仪器为MJ-176NR型多功能粉碎机(日本松下电器产业株式会社)、DZF-1型真空干燥箱(上海医用恒温设备厂)、电子天平(德国Sartorial公司)、2WAJ阿贝折光仪(上海光学仪器厂)、SLQ-6型粗纤维测定仪(上海纤维检测仪器有限公司)、

LWY84B型控温式远红外消煮炉(四平电子技术研究 所)、旋光仪(WXG-4,上海欧亿检测仪器有限公司)、索氏提取器(北京玻璃仪器厂)、HP5988A GC/MS联用仪(美国HP公司)、HP1100 LC/MSD联用仪(美国HP公司)。试验所用药品均为分析纯。

1.2 方 法

1.2.1 样品的制备

非洲山毛豆种子除去豆子中的杂质,如石子、沙子、杂草、磁性物质及不合格的种子后,干燥,粉碎过40目筛,其粉末一部分用于种子化学成分的测定,另一部分以无水乙醚溶剂,在50℃索氏抽提8~10h,虹吸回流7~8次/h,至提取器内溶液为无色,回收并蒸干溶剂,即得山毛豆粗油样品。

1.2.2 特征物理常数测定

三维尺寸测定:随机取山毛豆种子100粒,用游标卡尺测定其长、宽、厚,并作统计学分析。千粒质量测定:参照GB5519-88粮食和油料千粒质量的测定法。种子的密度测定:参照GB/T5498-85粮食、油料检验、容重测定法。

种子自流角测定:取100粒山毛豆种子,放在玻璃板上,将玻璃一端慢慢抬起,使之与水平面之间的夹角逐渐增大,直到山毛豆种子开始沿玻璃下滑,测定玻璃与底平面所形成的夹角。

种子静止角测定:称取100g山毛豆种子,让其在50mm处缓缓倒下落至实验台面形成一圆锥体,测定圆锥斜面与底面形成的夹角。

1.2.3 常量化学成分测定

水分及挥发物含量测定:参照文献[8];粗脂肪含量测定:参照GB2906-82谷类、油料作物种子粗脂肪测定方法;粗蛋白含量测定:参照文献

[9]; 可溶性糖含量测定: 参考文献 [10]。

淀粉含量测定: 准确称取 100 目山毛豆粉 5 份, 每份 3 g, 置于 250 mL 烧杯中, 参照 GB/T 20194-2006 饲料中淀粉含量的测定。计算公式:

$$w(\text{淀粉}) = \frac{\text{修正后样品旋光度平均值}}{1 \times 2.03 \times \text{试样质量}} \times 100\%$$

粗纤维含量测定: 在已经干燥、编号的坩埚内准确地称取烘干的脱脂样品 5 份, 每份 2 g, 准确至 0.000 1 g。操作过程按文献 [11]。计算公式:

$$w(\text{粗纤维}) = \frac{m_1 - m_2}{m(\text{试样})} \times 100\%$$

式中, m_1 为坩埚质量 + 粗纤维质量 + 残渣及灰分质量, m_2 为坩埚质量 + 残渣及灰分质量。

灰分含量测定: 参考文献 [12]。

1.2.4 油脂指标测定

酸价参照文献 [13] 测定; 过氧化值参照文献 [14] 测定; 皂化价参照 GB/T 5534-1995 动植物油脂皂化值的测定; 碘价参照文献 [15] 测定; 油脂折光系数参照文献 [16] 测定。

油脂密度测定: 取一定体积油脂, 测定其质量。计算公式:

$$\text{密度}(\text{g/mL}) = \frac{\text{试样质量}(\text{g})}{\text{移取的试样体积}(\text{mL})}$$

1.2.5 脂肪酸组成分析

参照 GB/T 17376-1998 对山毛豆油进行甲酯化。称取 0.1 g 油脂, 置于 10 mL 锥形瓶中, 加入 1 mL 正己烷, 再加入 2 mol/L 的 KOH-甲醇溶液 0.05 mL, 摇匀至溶液变澄清。从上层反应液中取样 100 μL , 10 000 r/min 高速离心 10 min, 取上清液, 进行气相色谱分析。

气相色谱条件:

色谱柱: HP-88 (100 m \times 0.25 mm \times 0.25 μm); FID 检测器, 程序升温, 初始柱温为 170 $^{\circ}\text{C}$, 保持 1 min, 然后以 3 $^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 的升温速率升至 220 $^{\circ}\text{C}$, 恒温 5 min; 柱前压为 266 kPa; 进样口温

度为 250 $^{\circ}\text{C}$; 载气为 He, 流速为 3.0 mL/min; 进样量为 1.0 μL 。

质谱条件: 离子源温度 230 $^{\circ}\text{C}$; 轰击电压为 70 eV; 扫描方式检测为 29 ~ 550 amu。

1.2.6 甘油酯组成分析

取油脂样品 1.000 g, 用乙醇-正己烷定容至 10 mL, 摇匀后经 0.45 μm 滤膜过滤, 作为待测样品。HP 1100 液相色谱-电喷雾离子源-离子阱质谱系统 (LC-MSD-Trap-XCT) 测定。

色谱条件: 色谱柱: ZORBAX SB-C18 柱 (2.1 mm \times 150 mm \times 3.5 μm); 流动相为 Me-OH; 流速为 0.5 mL/min; 进样量为 5 μL 。

质谱条件: 电喷雾电离离子源 (ESI); 正离子质量范围模式为紫外扫描; 干燥温度为 350 $^{\circ}\text{C}$; 喷雾器为 35.00 psi; 离子阱驱动为 62.1; 八极射频振幅为 200.0 vpp; 毛细管出口为 140.5 volt; 锥孔分离器为 40.0 volt; 扫描开始 m/z 为 300; 扫描结束 m/z 为 900; 最大累积时间 200 000 μs 。

2 结果与分析

2.1 特征物理常数

100 粒山毛豆种子的物理特征常数测定结果见表 1。自然生长的山毛豆种子宽度和厚度的变异幅度大。

2.2 常量化学成分的测定

2.2.1 粗脂肪含量测定 山毛豆种子样品分 3 组, 每组 3 个重复, 测定结果分别为 (13.70 \pm 0.04)%, (13.04 \pm 0.30)%, (13.25 \pm 0.45)%, 及其在显著水平 ($\alpha = 0.05$) 下的差异检验得, $P = 0.34 > 0.05$, $F = 1.30 < F_{0.05} = 5.14$ 。测定结果差异不显著, 粗脂肪的平均质量分数为 (13.33 \pm 0.18)%。

2.2.2 粗蛋白含量测定 山毛豆种子样品分 5 组, 每组 3 个重复, 测定结果分别为 (38.53 \pm 0.20)%,

表 1 山毛豆种子物理特征常数

Table 1 Physical characteristics constants of *T. vogelii* Hook f. seeds

项目	最小值	最大值	$\bar{x} \pm \text{SD}$	变异系数
长/mm	3.94	5.64	4.63 \pm 0.026 9	0.058 1
宽/mm	3.32	4.94	4.01 \pm 0.031 8	0.079 4
厚/mm	1.62	2.22	1.92 \pm 0.011 9	0.062 8
千粒质量/g	20.05	24.05	21.52 \pm 0.36 9	4.057 5
密度/(g \cdot L ⁻¹)	656.00	663.00	659.80 \pm 1.393	0.696 4
自流角/($^{\circ}$)	24.62	26.74	25.89 \pm 0.397	1.983 7
静止角/($^{\circ}$)	21.25	24.64	23.15 \pm 0.545	2.727 1

(39.72 ± 2.84)%, (38.81 ± 0.02)%, (38.47 ± 0.08)%, (38.14 ± 0.02)%, 及其在显著水平 ($\alpha = 0.05$) 下的差异检验得, $P = 0.23 > 0.05$, $F = 1.70 < F_{0.05} = 4.07$, 测定结果差异不显著, 种子的粗蛋白含量 (38.73 ± 0.23)%。山毛豆种子油脂、

粗蛋白的质量分数分别高达 13.33% 和 38.73%, 是一个极有潜质的油脂与蛋白质新资源。

2.2.3 其它成分测定 常量化学成分测定结果表明, 山毛豆种子的粗脂肪、粗蛋白、碳水化合物与重要油料作物大豆最相近 (表 2)^[17]。

表 2 山毛豆种子与几种常见豆类种子的常量成分的质量分数比较

Table 2 Comparison of conventional components between *T. vogelii* Hook f. and common legume seeds %

原料	w (粗脂肪)	w (粗蛋白)	w (碳水化合物) ¹⁾	w (粗纤维)	w (灰分)	w (水分及挥发物)
山毛豆	$13.33 \pm 0.18^{2)}$	38.73 ± 0.23	33.21 ± 0.038	11.91 ± 0.06	4.84 ± 0.04	9.89 ± 0.16
大豆	17.45	36.71	18.70	2.41	5.00	13.46
绿豆	0.80	22.10	59.00	3.10	3.30	12.00
黑豆	13.58	42.85	23.40	2.91	4.70	12.28

1) w (碳水化合物) = w (可溶性糖) + w (淀粉) + w (粗纤维); 2) $\bar{x} \pm SD$

2.3 油脂指标分析

山毛豆油脂指标测定结果与几种常见植物油原油的比较 (表 3)。山毛豆种子油脂的已测理化

指标均符合中国和其它国家植物油质量标准 (GB 1535-2003, GB 19111-2003, GB 1534-2003, GB 1537-2003, Codex-Stan 210)。

表 3 山毛豆油脂与几种常见植物油原油的特征指标比较

Table 3 Comparison of characteristic indexes between *T. vogelii* Hook f. seeds oil and common vegetable oil

油脂种类	酸价 ($\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$)	过氧化值 ($\text{mmol} \cdot \text{kg}^{-1}$)	皂化价 ($\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$)	碘价 ¹⁾	密度 ($\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$)	折光系数
山毛豆油脂	2.7 ± 0.033	1.17 ± 0.005	188 ± 0.644	118 ± 0.429	0.8599 ± 0.0004	1.4648 ± 0.0003
大豆油脂	≤ 4.0	≤ 7.5	189 ~ 195	124 ~ 139	0.919 ~ 0.925	1.466 ~ 1.470
花生油脂	≤ 4.0	≤ 7.5	187 ~ 196	86 ~ 107	0.914 ~ 0.917	1.460 ~ 1.465
玉米油脂	≤ 4.0	≤ 7.5	187 ~ 195	107 ~ 135	0.917 ~ 0.925	1.456 ~ 1.468
棉籽油脂	≤ 4.0	≤ 7.5	189 ~ 198	100 ~ 115	0.918 ~ 0.926	1.458 ~ 1.466

1) 碘价为每 100 g 样品吸收 I_2 的质量

2.4 脂肪酸组成分析

山毛豆油脂的脂肪酸甲酯气相色谱分析如图 1。采用峰面积归一法计算脂肪酸的质量分数: 十四酸 0.15%, 十五酸 0.031%, 十六酸 (棕榈酸) 18.68%, 十六碳一烯酸 0.023%, 十七酸 0.12%, 十八酸 (硬脂酸) 6.46%, 油酸 19.26%, 亚油酸 38.76%, 亚麻酸 8.38%, 二十酸 1.90%, 二十碳一烯酸 0.52%, 二十一酸 0.12%, 二十二酸 4.09%, 二十三酸 0.16%, 二十四酸 1.35%, 其中不饱和脂肪酸的质量分数高达 66.94%。

2.5 甘油酯组成分析

分析结果显示, 干燥并精制的非洲山毛豆油脂含有脂肪酸单甘油酯 0.132%, 脂肪酸双甘油酯 0.180%, 脂肪酸三甘油酯 99.687%。

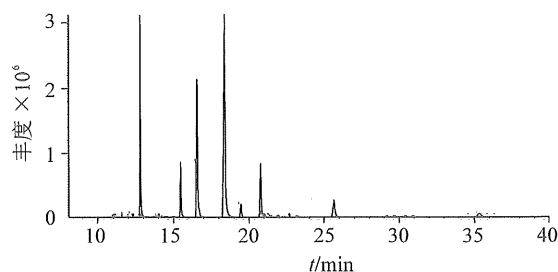


图 1 山毛豆油脂脂肪酸甲酯的气相色谱分析

Fig. 1 GC spectrum of fatty acids in *Tephrosia vogelii* Hook f. seeds oil

3 讨论

非洲山毛豆粗脂肪的质量分数为 13.47%, 粗蛋白的质量分数为 38.73%, 较重要油料作物大豆的脂肪含量稍低, 但高于其蛋白质含量, 属于脂肪和蛋白质含量双高的豆类种子。山毛豆油脂各项指

标均符合 GB 1535-2003, Codex-Stan 210 大豆油标准^[18], 其酸价和过氧化值较低, 分别为 2.7 mg/g, 1.17 mmol/kg, 表明油脂氧化酸败程度低, 营养价值较高。碘价每 100g 油脂吸收 I₂ 的质量为 118 g, 稍低于大豆油脂, 但远高于花生油脂, 说明山毛豆油脂是一种半干性油脂, 不饱和脂肪酸的质量分数达到 66.94%, 不易在血管内积累造成血液脂肪过高。皂化值与大豆油脂、花生油脂相当, 说明这三种油脂的甘油酯含量基本一致。

目前, 对于大众消费的油脂很多国家和组织根据本国或本地区的膳食摄取情况提出了对不同脂肪酸摄取比例的推荐值。联合国粮农组织推荐饱和脂肪酸、单不饱和脂肪酸、多不饱和脂肪酸的质量之比为 1:1:1, 日本 2000 年推荐食用油中 ω -6 和 ω -3 质量比例以 4:1 为佳。中国营养学会在《中国居民膳食营养素参考摄入量》中推荐: 中国居民成人膳食脂肪摄入量应占总能量的 20%~30%, 其中饱和脂肪酸小于 10%, 单不饱和脂肪酸为 10%, 多不饱和脂肪酸为 10%, ω -6 和 ω -3 的质量比为 4~6:1^[19]。由图 1 可知, 非洲山毛豆油脂中饱和脂肪酸、单不饱和脂肪酸、多不饱和脂肪酸的质量比为 1.0:0.9:2.0, ω -6 和 ω -3 的质量比为 4.6:1, 而且人体必需脂肪酸亚油酸的质量分数为 38.76%、亚麻酸的质量分数为 8.38%, 与大豆油脂相当, 说明非洲山毛豆种子油脂是脂肪酸配比比较理想的植物油源。

与人工栽培管理的一年生草本豆科植物大豆、绿豆、黑豆等比较, 山毛豆为自然生长的多年生灌木豆科植物, 无需投入人工管理, 可以多年收获种子。随着相关研究的不断深入, 山毛豆有可能作为大量廉价的食用或饲用油脂、蛋白质的新资源, 满足生活、生产的需要, 缓解粮油供应紧张的局面。山毛豆具有食用及饲用的潜质, 是一个极具开发利用价值的资源, 关于其油脂的抗氧化性、蛋白质组成与性质, 以及食用与饲用安全性研究尚在进行之中, 将另行报道。

参考文献:

- [1] MANSON A. The action of certain assamese plant as larvicides[J]. Journal of the Malaria Institute of India, 1939, 2(1):85-93.
- [2] 邓辅唐, 喻正富, 杨自全, 等. 山毛豆、木豆、猪屎豆在高速公路边坡生态恢复工程中的应用[J]. 中国水土保持, 2006(4):21-24.
- [3] DENG Futang, YU Zhengfu, YANG Ziquan, et al. Application of white tephrosia, cajan and pallid rattle-box to slope ecological rehabilitation project of freeway[J]. Soil and Water Conservation in China, 2006(4):21-24.
- [4] MINTON N A, ADAMAON W C. Response of *Tephrosia vogelii* to four species of root-knot nematodes [J]. Plant Disease Reporter, 1979, 63(6):514.
- [5] GACHENE C K K, WORTMANN C S. Green manure/cover crop technology in eastern and central uganda: development and dissemination[M]. Springer Netherlands, 2004: 219-236.
- [6] 张华新, 庞小慧, 刘涛. 我国木本油料植物资源及其开发利用现状[J]. 生物质化学工程, 2006(S1):291-302.
- [7] ZHANG Huaxin, PANG Xiaohui, LIU Tao. Woody oil plant resources in china and the present situation of exploitation and utilization [J]. Biomass Chemical Engineering, 2006(S1):291-302.
- [8] MA Chao-mei, NORIAO N. Inhibitory effects on HIV-1 protease of constituents from the wood of *Xanthoceras sorbolia*[J]. Journal of Nat Prod, 2000, 63(2):238-242.
- [9] MARTIN-CARRATALA M L. Comparative study on the triglyceride composition of almonds kernel oil. A neo basis for cultivar chemometric characterization [J]. Journal of Agric Food Chem, 2000, (9):3688-3692.
- [10] ISO 665:2000(E). Oilseeds - Determination of moisture and volatile matter content[S]. 2000.
- [11] BS EN ISO 3188:1994. Starches and derived products—Determination of nitrogen content by the Kjeldahl method—titrimetric method[S]. 1994.
- [12] Dalian polytechnic university, Zhengzhou university of Light Industry and South China University of Technology. Food analysis[R]. Beijing:China Light Industry Press, 2006:177-178.
- [13] ISO 5498:1981. Agricultural food products—Determination of crude fibre content — General method[S]. 1981.
- [14] ISO 3593:1981. Starch —Determination of ash[S]. 1981.
- [15] ISO 660:1996(E). Animal and vegetable fats and oils—Determination of acid value and acidity [S]. 1996.
- [16] ISO 3960:2001(E). Animal and vegetable fats and oils —Determination of peroxide value[S]. 2001.
- [17] AOAC Official Method 993.20. Iodine value of fats and oils wijs (cyclohexane-acetic solvent) method[S].
- [18] ISO 6320:2000. Animal and vegetable fats and oils - Determination of refractive index[S]. 2000.
- [19] 赵齐川. 豆制品加工技艺[M]. 北京:金盾出版社, 1994.
- [20] Codex standard for named vegetable oils, Codex-Stan 210 [S] (Amended 2003, 2005).
- [21] 刘凌, 董庆亮, 崔明学. 柠檬籽油营养评价与急性毒性试验[J]. 中国油脂, 2007, 32(12):57-59.
- [22] LIU Ling, DONG Qingliang, CUI Mingxue. Nutritional evaluation and acute toxicity test on lemon seed oil[J]. China Oils and Fats, 2007, 32(12):57-59.