

# 白木通籽油的理化特性及热氧化稳定性

蒋 岩, 杜研学, 熊 华\*, 白春清, 张 忠, 李 捷  
(南昌大学 食品科学与技术国家重点实验室, 江西 南昌 330047)

**摘 要:** 采用正己烷浸提法提取白木通籽油, 对白木通籽的基本成分、白木通籽油的理化特性和热氧化稳定性进行分析研究。结果表明: 白木通籽粗脂肪含量为 39.33%, 粗蛋白含量为 17.97%; 提取的白木通籽油酸价 1.28mg KOH /g, 过氧化值 0.57mmol/kg, *p*-茴香胺值 4.15, 碘值 74.12g/100g, 皂化值 198.6mg KOH /g; 白木通籽油富含棕榈酸、油酸和亚油酸, 总量高达 93.73%; 白木通籽油的紫外最大吸收波长为 212nm, 在 220℃ 以下时热氧化稳定性较好。

**关键词:** 白木通籽油; 理化指标; 紫外光谱; 红外光谱; 脂肪酸; 热氧化稳定性

## Physico-chemical Properties and Thermal Oxidation Stability of *Akebia trifoliata* var. *australis* Seed Oil

JIANG Yan, DU Yan-xue, XIONG Hua\*, BAI Chun-qing, ZHANG Zhong, LI Jie  
(State Key Laboratory of Food Science and Technology, Nanchang University, Nanchang 330047, China)

**Abstract:** The physico-chemical properties and thermal oxidation stability of *Akebia trifoliata* var. *australis* seed oil extracted by hexane was evaluated in this paper. The results showed that the contents of crude fat and protein in the seeds of *Akebia trifoliata* var. *australis* were 39.33% and 17.97%, respectively. The acid value, peroxide value, *p*-anisidine value, iodine value and saponification value of the extracted oil were 1.28 mgKOH/g, 0.57 mmol/kg, 4.15, 74.12 gI<sub>2</sub>/100 g and 198.6 mg KOH/g, respectively. Gas chromatographic analysis indicated that the seed oil was rich in palmitinic acid, oleinic acid and linoleic acid, which altogether accounted for 93.73% of total fatty acids. In addition, the extracted oil revealed an absorption maximum at 212 nm and excellent thermal oxidation stability below 220 °C.

**Key words:** *Akebia trifoliata* var. *australis* seed oil; physicochemical index; UV spectrum; infrared spectrum; fatty acid; thermal oxidation stability

中图分类号: TQ646

文献标识码: A

文章编号: 1002-6630(2011)15-0034-05

白木通 [*Akebia trifoliata* (Thunb.) Koidz. var. *australis* (Diels) Rehd] 属木通科木通属植物, 为三叶木通 [*Akebia trifoliata* (Thunb.) Koidz.] 的变种, 俗称八月瓜藤、地海参, 主要分布于江苏、浙江、江西、广西、湖南、湖北、山西、四川等地。野生白木通果肉含粗脂肪 4.03%、粗蛋白 2.45%、粗纤维 3.86%、灰分 6.38%、总糖 50.32%, 并含有丰富的 VC 和 Na、Mg、Fe、K、Cu、Zn、Co 等矿质元素, 同时至少含有 17 种氨基酸, 其中 7 种为必需氨基酸<sup>[1]</sup>。白木通味苦, 性微寒, 入心、小肠、膀胱经, 具有清心泻火、疏肝益肾、通经散瘀、除烦利尿之功效<sup>[2]</sup>。民间多用来治疗胸中烦热、喉

痹咽痛、水肿、周身挛痛、肝胃气痛、疝气、腰痛、妇女血瘀经闭、风寒湿痹等症。

野生白木通果实小且结果率低, 我国科研人员经过多年研究, 通过人工驯化, 亩产平均可达 750kg, 最高达 2000kg, 使野生白木通藤本植物成为高产油料植物。目前白木通果仅有少量作为水果食用, 在食品加工方面的研究甚少。本实验选用经人工改良白木通(以下均简称白木通)为原料, 采用正己烷浸提法提取白木通籽油, 对白木通籽的基本成分、白木通籽油的理化指标、紫外光谱、红外光谱、脂肪酸组成和氧化稳定性进行测定和分析, 并与野生白木通籽油作比较, 为白木通籽油的开发应用提供依据。

收稿日期: 2011-04-26

基金项目: 南昌大学食品科学与技术国家重点实验室目标导向项目(SKLF-MB-201005);

江西省高新技术产业化重大项目(赣财教[2008]212号); 国家发展与改革委员会项目(发改投资[2009]2825号)

作者简介: 蒋岩(1986—), 女, 硕士研究生, 研究方向为功能性食品。E-mail: 525146607@qq.com

\* 通信作者: 熊华(1957—), 男, 教授, 硕士, 研究方向蛋白质、微胶囊与功能性食品。

E-mail: huaxiong100@yahoo.com.cn

## 1 材料与方法

### 1.1 材料与试剂

人工改良后的白木通果采集于江西庐山东林村果园, 野生白木通果采集于江西庐山山区。

*p*-茴香胺 北京恒业中远化工有限公司; 一氯化碘 浙江海川化学品有限公司; 甲醇钠 山东正坤工贸有限公司; 正己烷、乙酸甲酯、无水甲醇、草酸 天津市永大化学试剂开发中心; 以上试剂均为分析纯。

### 1.2 仪器与设备

FW100 型高速万能粉碎机 北京科伟永兴仪器有限公司; RE-52AA 型旋转蒸发器 上海申生科技仪器厂; DHG-9240 型电热恒温鼓风干燥箱 江西鼎技科学仪器有限公司; HHS 型电热恒温水浴锅 上海博迅实业有限公司医疗设备厂; BS 224S 型电子天平 赛多利斯科学仪器(北京)有限公司; WAY 型阿贝折光仪 上海越凰仪器设备有限公司; TU-1900 紫外-可见分光光度计 上海棱普仪器仪表有限公司; GC2010 型气相色谱仪 美国 Agilent 公司; Nicolet Nexus 470 傅里叶红外光谱仪 美国 Nicolet 公司; TG/DTA PYRIS DIAMOND 同步热分析仪 美国 TA 仪器公司。

### 1.3 方法

#### 1.3.1 原料的预处理

新鲜白木通去皮后, 将果肉和籽进行分离。白木通籽经过清理后, 装袋密封, 放入冰箱中保存, 备用。

#### 1.3.2 白木通籽基本成分分析

按照国家标准方法, 分别测定白木通籽的成分含量。水分含量测定按照 GB 5009.3—2010《食品中水分的测定》; 灰分, GB 5009.4—2010《食品中灰分的测定》; 粗蛋白, GB 5009.5—2010《食品中蛋白质的测定》; 粗脂肪, GB/T 14772—2008《食品中粗脂肪的测定》; 粗纤维, GB/T 5009.10—2003《植物类食品中粗纤维的测定》; 淀粉, GB/T 5009.9—2008《食品中淀粉的测定》。

#### 1.3.3 白木通籽油的提取

白木通籽在 50℃ 烘干后, 粉碎过筛, 放入浸提器中, 以正己烷为浸提剂, 料液比 1:3(*m/V*), 常温下搅拌浸提 2 h, 过滤后收集滤液, 滤渣继续浸提两次(2h+1h), 混合 3 次所得的滤液, 旋转蒸发(40℃) 除去溶剂得到白木通籽油, 用氮气吹干后放入冰箱中保存。野生白木通籽油的提取方法同上。

#### 1.3.4 白木通籽油的理化指标测定

酸价: 按 GB/T 5009.37—2003《食用植物油卫生标准的分析方法》测定; 过氧化值(POV): 按 GB/T 5009.37—2003《食用植物油卫生标准的分析方法》比

色法测定; *p*-茴香胺值(AV): 按 GB/T 24304—2009/ISO 6885—2006《动植物油脂茴香胺值的测定》测定; 碘值: 按 GB/T 5532—2008《动植物油脂碘值的测定》测定; 皂化值: 按 GB/T 5534—2008《动植物油脂皂化值的测定》测定; 不皂化物: 按 GB/T 5535.2—2008《动植物油脂不皂化物测定 第 2 部分: 己烷提取法》测定; 折光指数: 按 GB/T 5527—1985《植物油检验折光指数测定法》测定。

#### 1.3.5 白木通籽油的紫外光谱分析

用正己烷溶解白木通籽油和野生白木通籽油, 并配制成质量浓度为 0.1mg/mL 的溶液, 在紫外-可见分光光度计 200~800nm 范围内全波长扫描。

#### 1.3.6 白木通籽油的红外光谱分析

采用傅里叶变换红外光谱仪上测定白木通籽油和野生白木通籽油的红外光谱, 扫描范围: 4000~400cm<sup>-1</sup>, 分辨率: 4cm<sup>-1</sup>, 扫描次数: 32 次。

#### 1.3.7 白木通籽油脂脂肪酸组成的测定

##### 1.3.7.1 脂肪酸甲酯化<sup>[3]</sup>

称取 2mg 左右的油样, 溶解于 1.5mL 正己烷中, 加入 40μL 乙酸甲酯振荡, 再加入 100μL 溶于甲醇中的甲醇钠, 剧烈振荡, 室温静置 20min, -20℃ 冷冻 10min, 再加入 60μL 草酸, 离心弃去沉淀, 上清液用于气相分析。

##### 1.3.7.2 色谱条件

色谱柱: HP-5 弹性石英毛细管柱(30m × 0.25mm, 0.25μm); 升温程序: 130℃ 保留 1min, 以 10℃/min 升温至 20℃, 以 2℃/min 升温至 230℃, 保留 5min, 进样口温度: 250℃; 检测器温度: 250℃; 进样量: 1μL; 溶剂延迟: 3min; 载气: 高纯氦气; 流量: 20mL/min; 分流比: 20:1<sup>[4]</sup>。

#### 1.3.8 白木通籽油的热氧化稳定性分析

应用同步热分析仪, 称取 5mg 左右的油样于铝制坩埚中, 使油样平铺于坩埚底层。坩埚密封后放入量热池内, 升温前通氮气 5min, 设置升温速率为 10℃/min, 空气流量 100mL/min。

## 2 结果与分析

### 2.1 白木通籽的基本成分

表 1 白木通籽的基本成分

Table 1 Basic components of *Akebia trifoliata* var. *australis* seeds

成分	水分	灰分	粗蛋白	粗脂肪	粗纤维	淀粉
含量/%	6.07	3.70	17.97	39.33	8.00	6.99

由表 1 可知, 白木通籽富含油脂和蛋白, 其中粗

脂肪含量高达 39.33%，粗蛋白含量为 17.97%。与马传国等<sup>[5]</sup>报道的三叶木通籽(粗脂肪 31.37%，粗蛋白 34.39%)相比，白木通籽的粗脂肪含量略高于三叶木通籽，而粗蛋白含量相差较大；与本研究测得的野生白木通籽粗脂肪含量(30.28%)相比，白木通籽的粗脂肪含量较高。由此可知，改良后的白木通是一种能够提供丰富油脂和蛋白的优质植物来源。

## 2.2 白木通籽油的理化指标

表 2 白木通籽油的理化指标

Table 2 Physico-chemical indices of *Akebia trifoliata* var. *australis* seed oil

理化指标	酸价/(mg KOH/g)	过氧化值/(mmol/kg)	p-茴香胺值/(g/100g)	碘值/(g/100g)	皂化值/(mg KOH/g)	不皂化物/%	折光指数
数值	1.28	0.57	4.15	74.12	198.6	0.35	1.4674

由表 2 可知，采用正己烷浸提法提取的白木通籽油，酸价为 1.28mgKOH/g 小于 3mgKOH/g，过氧化值为 0.57mmol/kg，低于 6mmol/kg，符合四级食用油国家标准。茴香胺值反应油脂中醛类化合物的含量，数值愈大表明油脂的劣变程度愈严重；白木通籽油的茴香胺值为 4.15，小于 10，说明其劣变程度较低<sup>[6]</sup>。白木通籽油的碘值为 74.12g/100g，低于一般油脂，表明白木通籽油不饱和程度较低。白木通籽油的皂化值为 198.6mgKOH/g，高于一般食用油，说明白木通籽油脂脂肪酸的平均链长较短，相对分子质量较小。

## 2.3 白木通籽油的紫外光谱分析

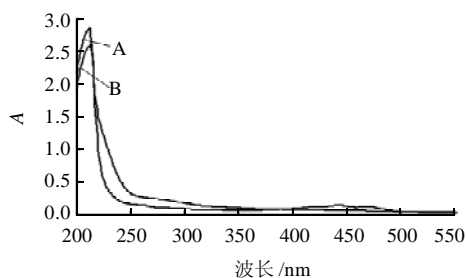


图 1 白木通籽油(A)和野生白木通籽油(B)的紫外扫描光谱

Fig.1 UV absorption spectra of seed oils of cultivated and wild *Akebia trifoliata* var. *australis*

参考 Aguerrebere 等<sup>[7]</sup>对野黑樱籽油的研究方法，对白木通籽油和野生白木通籽油进行紫外光谱扫描。由紫外扫描光谱图可以看出，白木通籽油和野生白木通籽油的峰形相似，表明两种油的成分类似，只是某些成分含量的不同而导致吸光系数有所差异。白木通籽油和野生白木通籽油的最大吸收波长也很接近，分别为 212nm 和 213nm，这一强吸收峰可能是由于分子共轭体系的 K

带吸收而产生的，与段琼芬等<sup>[8]</sup>报道的辣木种子油的最大吸收波长 212nm 相同。此外，野生白木通籽油在 442nm 和 470nm 也有微小的吸收峰，可能是由于野生白木通籽油中存在类胡萝卜素而产生的。

## 2.4 白木通籽油的红外光谱分析

采用红外光谱仪扫描白木通籽油和野生白木通籽油在 4000~500cm<sup>-1</sup> 的红外光谱吸收，其所含不同官能团和结构光谱吸收峰见图 2。

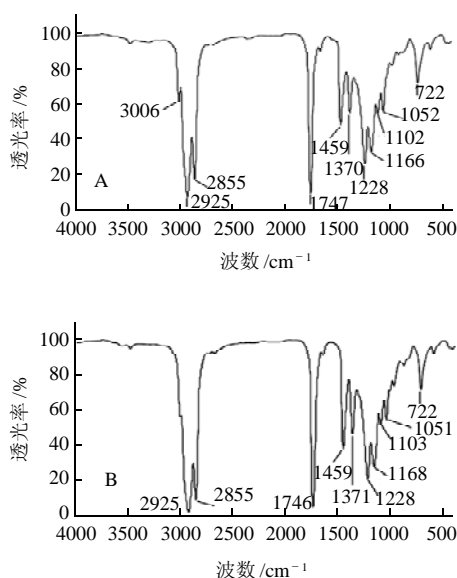


图 2 白木通籽油(A)和野生白木通籽油(B)的红外光谱

Fig.2 FT-IR spectra of seed oils of cultivated and wild *Akebia trifoliata* var. *australis*

由图 2 可知，野生白木通籽油与改良后的白木通籽油的红外光谱具有很高的相似度，进一步说明两种油成分相似，且两种白木通籽油与李桂华等<sup>[9]</sup>报道的葡萄籽油的红外光谱图类似。两种油均在 3006cm<sup>-1</sup> 附近有吸收峰，是由于—C=C—H 伸缩振动产生；而白木通籽油在此处的吸收峰略大于野生白木通籽油的吸收峰，表明其碳碳双键的含量略大于野生白木通籽油，证明白木通籽油的不饱和程度要高于野生白木通籽油，与脂肪酸分析结果吻合；同时，两种油在此处的吸收峰强度低于葡萄籽油，说明白木通籽油的不饱和程度低于葡萄籽油。此外，两种白木通籽油的分子结构特征是含有酯基，其红外光谱在 1747cm<sup>-1</sup> 处有羰基 C=O 强吸收峰，C—O—C 伸缩振动在 1166cm<sup>-1</sup> 处有吸收峰，C—O 在 1228cm<sup>-1</sup> 有较强吸收峰；而两种白木通籽油的酯基吸收峰强度明显高于葡萄籽油，表明白木通籽油的酯基含量高于葡萄籽油。2925cm<sup>-1</sup> 是一 CH<sub>2</sub> 不对称伸缩振动，2855cm<sup>-1</sup> 是一 CH<sub>2</sub> 对称伸缩振动；1459cm<sup>-1</sup> 和 1375cm<sup>-1</sup> 分别是一 CH<sub>3</sub> 的面内和面外弯曲振动，且白木通籽油在这

两处的吸收峰强度大大高于葡萄籽油；723 $\text{cm}^{-1}$ 处中强吸收带是长链 $-(\text{CH}_2)_n-$  ( $n \geq 4$ )的特征吸收峰。根据以上吸收峰可以初步鉴别白木通籽油和野生白木通籽油，并分析它们的结构特征。

### 2.5 白木通籽油的脂肪酸组成分析

采用气相色谱法分析，计算机系统对各峰面积进行积分并采用面积归一化法计算各成分的含量，结果见表3。

表3 白木通籽油的主要脂肪酸含量

Table 3 Major fatty acids and their contents in <i>Akebia trifoliata</i> var. <i>australis</i> seed oil						
项目	棕榈酸	棕榈油酸	硬脂酸	油酸	亚油酸	亚麻酸
白木通籽油	21.85	0.21	3.49	38.03	33.85	0.61
野生白木通籽油	26.62	0.09	2.27	36.73	31.71	0.48

由表3可知，白木通籽油富含油酸和亚油酸，其中油酸含量为38.03%，亚油酸含量为33.85%，不饱和脂肪酸含量达70%，棕榈酸、油酸和亚油酸占总脂肪酸的93.73%。与马传国等<sup>[5]</sup>测定的三叶木通(棕榈酸26.43%、油酸44.39%、亚油酸25.79%、亚麻酸0.40%)相比，白木通籽油的棕榈酸含量略低，油酸含量较低，亚油酸含量较高，总不饱和脂肪酸的含量略高；与欧阳玉祝等<sup>[10]</sup>采用乙醇提取的八月瓜(又名木通)籽油(棕榈酸11.94%、油酸40.20%、亚油酸28.45%)相比，白木通籽油的棕榈酸含量较高，油酸含量略低，亚油酸含量略高，总不饱和脂肪酸的含量较高。野生白木通籽油的脂肪酸组成与白木通籽油相似，但棕榈酸含量较高(26.62%)，总不饱和脂肪酸的含量低于白木通籽油，与红外的结果相一致。白木通籽油的油酸和亚油酸的比例为1:1左右，与米糠油类似(油酸42%，亚油酸38%)，符合国际卫生组织推荐的油酸和亚油酸比例为1:1的最佳比例<sup>[11]</sup>。由此可见，白木通籽油是一种营养丰富的植物油，值得开发与研究。

### 2.6 白木通籽油的热氧化稳定性

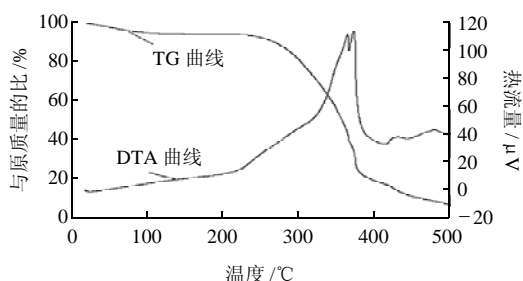


图3 白木通籽油的TG/DTA曲线

Fig.3 TG-DTA curve of cultivated *Akebia trifoliata* var. *australis* seed oil

由图3可知，白木通籽油在16~50℃有微小的吸热峰，质量略微损失，失重率为2.61%，这是由样品所

含的水分随温度升高排出而引起的。50~220℃样品质量发生微小波动，失重率为3.81%，这可能是由于油脂缓慢氧化分解而引起的。220~380℃时，样品失重幅度急剧加大，失重率为70.67%，在DTA曲线上可以看到有两个相当的大放热峰，其对应的TG曲线上也有两个波动，这可能是由于温度继续升高后，白木通籽油中的油酸和亚油酸剧烈氧化分解而产生的。380℃以后，白木通籽油失重速率减慢，氧化反应趋于终止。

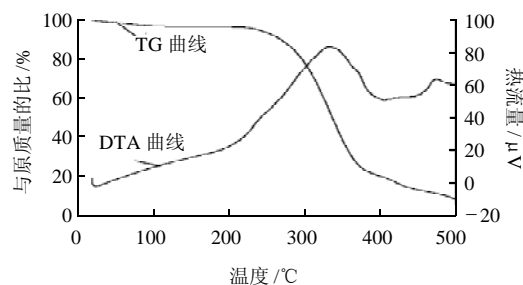


图4 野生白木通籽油的TG/DTA曲线

Fig.4 TG-DTA curve of wild *Akebia trifoliata* var. *australis* seed oil

由图4可知，野生白木通籽油在20~40℃有微小的吸热峰，失重率为0.77%；40~235℃样品质量缓慢下降，失重率为3.89%；235~370℃时，样品质量急剧减少，失重率为69.18%；370℃以后，野生白木通籽油失重速率减慢。比较两图可知，在100 $\text{mL}/\text{min}$ 空气流量的条件下，两种白木通籽油在220℃以下时热氧化稳定性较好，超过220℃时热氧化稳定性较差。

## 3 结 论

3.1 白木通籽含粗脂肪39.33%，粗蛋白17.97%，其脂肪酸组成主要以不饱和脂肪酸为主，含量为70%以上，棕榈酸、油酸、亚油酸的含量高达93.73%，其中油酸与亚油酸的比例与米糠油相近。白木通籽油的碘值较低，皂化值较高，表明白木通籽油的不饱和程度较低，饱和程度较高，与气相色谱的测定结果一致。

3.2 白木通籽油在212 $\text{nm}$ 波长处有最大吸收波长。白木通籽油的红外光谱特征为：3007 $\text{cm}^{-1}$ 是 $-\text{C}=\text{C}-\text{H}$ 伸缩振动，2925 $\text{cm}^{-1}$ 是 $-\text{CH}_2$ 不对称伸缩振动，2855 $\text{cm}^{-1}$ 是 $-\text{CH}_2$ 对称伸缩振动，1747 $\text{cm}^{-1}$ 是羰基 $\text{C}=\text{O}$ 的伸缩振动，1459 $\text{cm}^{-1}$ 和1375 $\text{cm}^{-1}$ 分别是 $-\text{CH}_3$ 的面内和面外弯曲振动，1166 $\text{cm}^{-1}$ 是酯基中 $\text{C}-\text{O}-\text{C}$ 伸缩振动，723 $\text{cm}^{-1}$ 是长链 $-(\text{CH}_2)_n-$  ( $n \geq 4$ )的特征吸收峰。

3.3 在100 $\text{mL}/\text{min}$ 空气流量条件下，白木通籽油在220℃以下时具有较好的热氧化稳定性，超过220℃时热氧化稳定性较差。

3.4 改良后的白木通果实大，结果率高，含油率高。

实验室制得的白木通籽油比野生白木通籽油颜色浅, 不饱和程度高, 在室温下储存不易凝固。白木通籽油具有一般食用油的理化性质, 可以作为一种新的食用油来开发利用。

#### 参考文献:

- [1] 王德智, 李昉, 袁瑾, 等. 野生植物白木通营养成分的研究及应用[J]. 氨基酸和生物资源, 2004, 26(2): 16-17.
- [2] 高慧敏, 王智民. 白木通中一个新的三萜皂苷类化合物[J]. 药学报, 2006, 41(9): 835-839.
- [3] 唐丽君, 邓泽元, 范亚苇. 加工鸭蛋蛋黄脂类变化的 GC 分析[J]. 食品科学, 2006, 27(12): 588-590.
- [4] 陈智毅, 刘学铭, 吴娱明, 等. GC-MS 法分析蚕蛾油与蚕蛹油的脂肪酸组成[J]. 食品科学, 2010, 31(12): 182-184.
- [5] 马传国, 董学工, 程亚芳. 三叶木通籽成分及三叶木通籽油的理化指标分析[J]. 中国油脂, 2009, 34(9): 77-79.
- [6] 栾霞, 祖丽亚, 樊铁. 食用油脂中  $p$ -茴香胺值的测定[J]. 中国油脂, 2006, 31(11): 38-40.
- [7] AGUERREBERE I A, MOLINA A R, OOMAH B D, et al. Characteristics of *Prunus serotina* seed oil[J]. Food Chemistry, 2011, 124(3): 983-990.
- [8] 段琼芬, 马李一, 余建兴, 等. 辣木油抗紫外线性能研究[J]. 食品科学, 2008, 29(9): 118-121.
- [9] 李桂华, 谢朝顺, 李珺. 葡萄籽油甘油三酯组成及结构分析研究[J]. 粮食与油脂, 2009(10): 43-45.
- [10] 欧阳玉祝, 李勇, 吴道宏, 等. 八月瓜籽中脂肪酸的超声提取及 GC-MS 分析[J]. 食品科学, 2010, 31(20): 322-324.
- [11] 肖少香. 米糠油的营养价值及加工技术新进展[J]. 中国油脂, 2003, 28(4): 83-84.
- [12] LUTTERODT H, LUTHER M, SLAVIN M, et al. Fatty acid profile, thymoquinone content, oxidative stability, and antioxidant properties of cold-pressed black cumin seed oils[J]. LWT - Food Science and Technology, 2010, 43(9): 1409-1413.
- [13] PEDERSSETTI M M, PALU F, SILVA E A, et al. Extraction of canola seed (*Brassica napus*) oil using compressed propane and supercritical carbon dioxide[J]. Journal of Food Engineering, 2011, 102(2): 189-196.
- [14] 王高林, 马传国, 王德志, 等. 松子油的提取及理化指标分析[J]. 中国油脂, 2010, 35(2): 69-71.
- [15] 傅伟昌, 陈尚卫, 顾小红, 等. 癩葡萄籽油的脂肪酸分布分析及共轭亚麻酸的鉴定[J]. 中国油脂, 2009, 34(5): 75-79.
- [16] 王玲, 李志西, 于修焯, 等. 枳椇籽油理化性质及其脂肪酸分析[J]. 中国油脂, 2010, 35(7): 73-75.
- [17] OOMAH B D, BUSSON M, GODFREY D V, et al. Characteristics of hemp (*Cannabis sativa* L.) seed oil[J]. Food Chemistry, 2002, 76(1): 33-43.
- [18] OOMAH B D, DUMON D, MARTINEZ A C, et al. Characteristics of *Echinacea* seed oil[J]. Food Chemistry, 2006, 96(2): 304-312.