

白木通籽油的精炼工艺优化及脂肪酸组成分析

赵士强, 朱雪梅, 熊 华*, 白春清

(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: 以压榨法得到的白木通籽毛油为原料, 通过水化脱胶、碱炼脱酸、吸附脱色和气提脱臭实验, 确定精炼工艺操作参数, 制备得到精炼白木通籽油。其最佳精炼工艺为: 水化脱胶时加水量为油质量的3%, 在60℃条件下脱胶35min, 搅拌速度要先快后慢; 脱酸时最佳碱液浓度为16°Bé; 脱色最佳条件是添加3.5%白土, 在70℃条件下脱色40min。对白木通籽毛油及其精炼油进行感官评价, 发现精炼油无苦涩味。对各精炼阶段的白木通籽油进行脂肪酸组成分析, 发现精炼程度对脂肪酸组分影响不显著。白木通籽油富含油酸和亚油酸, 其含量分别为44.07%~45.44%和29.75%~30.86%。

关键词: 白木通籽油; 精炼工艺; 感官评价; 脂肪酸组成

Optimized Refining and Fatty Acid Composition of *Akebia trifoliata* var. *australis* Seed Oil

ZHAO Shi-qiang, ZHU Xue-mei, XIONG Hua*, BAI Chun-qing

(State Key Laboratory of Food Science and Technology, Nanchang University, Nanchang 330047, China)

Abstract: The crude seed oil of *Akebia trifoliata* var. *australis* obtained by mechanical pressing was degummed by hydration, deacidified by alkaline treatment, decolorized with adsorbent and deodorized in this study. After optimization of the process parameters, refined seed oil was obtained. The optimal refining conditions were determined as degumming at 60 °C for 35 min with rapid and then slow stirring after the addition of 3% of water, deacidification at an alkalinity of 16° Bé, and decolorization at 70 °C for 40 min after the addition of 3.5% of white clay (m/m). Sensory evaluation of the crude and refined seed oils indicated no bitter taste in the refined oil. There was no significant difference in fatty acid composition among samples collected from the various procedures in the refining process. The seed oil of *Akebia trifoliata* var. *australis* was rich in oleic and linoleic acid with amounts in the range of 44.07%–45.44% and 29.75%–30.86%, respectively.

Key words: *Akebia trifoliata* var. *australis* seed oil; refining process; sensory quality analysis; fatty acid composition

中图分类号: R284.1

文献标志码: A

文章编号: 1002-6630(2013)22-0054-05

doi:10.7506/spkx1002-6630-201322011

白木通(*Akebia trifoliata* (Thunb.) Koidz. var. *australis* (Diels) Rehd)属于木通科木通属植物, 俗称三叶木通、八月瓜藤, 在中国长江以南有广泛分布。种子矩圆形, 花期在3~4月, 果期在10~11月, 白木通种子成熟后沿腹缝线开裂^[1]。白木通果肉营养丰富, 含有丰富的可溶性多糖和淀粉, 钙、磷、锌、硒等人体必需的微量元素; 至少含有17种氨基酸, 其中7种是必需氨基酸^[2]。白木通的种子、茎、叶和根均可入药, 民间多用来治疗小便赤涩、乳汁不通等疾病, 还具有通经散瘀和抗菌消炎的功效^[3]。

野生白木通果实较小, 经过我国科研人员的多年人工驯化, 现培育出亩产1500~1800kg白木通籽的改良

品种。改良后白木通果肉及果皮约占白木通果实质量的60%, 其果肉具有良好的甜度和口感, 可用来开发出系列水果产品; 果皮可用来提取具有良好凝胶性和乳化性的高甲氧基果胶。改良后白木通籽的粗脂肪含量高达39.33%, 高于野生三叶木通的粗脂肪含量(31.37%), 是能够提供油脂来源的藤本植物。改良后的白木通籽油含油酸和亚油酸量较高, 其中油酸含量为38.03%, 亚油酸含量为33.85%^[4]。由此可见, 白木通籽油是一种营养丰富的植物油。因此, 开发利用白木通籽会带来良好的经济效益和社会效益。初榨后的白木通籽毛油色泽较深、酸价较高, 具有苦涩味, 不能直接食用。本实验研究白木

收稿日期: 2013-06-24

基金项目: 江西省科技计划项目(2012BBF60061); 江西省重大招标项目(赣科发[2010] 217号);

江西省自然科学基金项目(20122BAB214001; 20132BAB204001); 江西省博士后择优资助计划项目;

教育部留学归国人员科研启动基金项目(教外司留[20130693]号)

作者简介: 赵士强(1986—), 男, 硕士研究生, 研究方向粮食、油脂与植物蛋白工程。E-mail: nanchangzsq2011@163.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@126.com

通籽油的精炼方法,旨在制备得到符合国家食用油二级标准的白木通籽精炼油,同时对各精炼过程中所得到的白木通籽油进行脂肪酸组成分析,研究其脂肪酸组成的变化。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

改良后的白木通籽毛油 九江回归生物科技有限公司;活性白土 南昌市精诚油脂有限公司。

氢氧化钠、氢氧化钾、碘化钾、硫代硫酸钠、淀粉、无水乙醇、石油醚、冰乙酸、三氯甲烷、丙酮、草酸、氯化钠、蔗糖、柠檬酸、乙酸甲酯、甲醇钠 天津市风船化学试剂有限公司;奎宁 江苏海森化工科技有限公司;以上试剂均为分析纯;甲醇、正己烷(色谱纯)美国天地试剂公司;GLC-461脂肪酸甲酯标准品 美国NuChekprep公司。

1.2 仪器与设备

DHG-9240型电热恒温鼓风干燥箱 江西鼎技科学仪器有限公司;HH-S4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;721型分光光度计 上海棱普仪器仪表有限公司;WSL-2型比较测色仪 上海申光仪器仪表有限公司;RW20顶置式搅拌器、RV10旋转蒸发仪 德国IKA集团;电子万用炉 北京永光明医疗仪器厂;脱臭器 实验室自制;6890N型气相色谱仪(配有火焰离子化检测器、CP-Sil188熔融石英毛细管柱(100mm×0.25mm)) 美国Agilent公司。

1.3 方法

1.3.1 油脂主要指标分析

磷脂含量按GB/T 5537—2008《粮油检验磷脂含量的测定第二部分:重量法》测定;酸价(AV)按GB/T 5009.36—2003《粮食卫生标准的分析方法》测定;过氧化值(POV)按GB/T 5538—2005《动植物油脂过氧化值测定》测定;色泽按GB/T 22460—2008《动植物油脂罗维朋色泽的测定》测定;气、滋味按GB/T 5525—2008《植物油脂透明度、气味、滋味鉴定法》测定。

1.3.2 脂肪酸甲基化^[5]

取约2mg油脂于具盖试管中,加入1.5mL正己烷和40μL乙酸甲酯,再加入100μL甲醇钠-甲醇溶液,室温条件下反应20min,然后置于-18℃的条件下冷冻10min,取出后快速加入60μL草酸溶液,静置后取上层清液,将上层清液过无水硫酸钠柱子除去水分,收集通过无水硫酸钠柱子的上层清液进行气相色谱分析。

1.3.3 气相色谱分析条件^[6]

分析柱使用CP-Sil88石英毛细管柱;载气为H₂;柱

头压力为24.52psi;进样口温度为250℃;程序升温:在45℃的条件下保持4min,再以13℃/min的速度升温至175℃,保持27min,然后以4℃/min的速度升温至215℃,保持35min,检测时间86min。利用面积归一法得到各个脂肪酸的相对百分含量。

1.3.4 感官鉴评^[7]

挑选21名具有食品学科基础的在读硕士研究生作为感官鉴评候选人。对感官鉴评候选人首先进行味觉识别测试和浓度敏感测试,从中筛选出合格的感官鉴评人员。在味觉识别测试中,要求感官鉴评候选人分别鉴定含量为0.05%柠檬酸溶液、1.6%蔗糖溶液、0.3%氯化钠溶液和0.005%奎宁溶液。样品按随机编码编号依次提供给感官鉴评候选人,要求候选人能迅速指出酸、甜、咸和苦涩4个基本味,完全正确者方可参加浓度敏感测试。在浓度敏感测试中,按照含量递增幅度为0.001%的要求,配制含量为0.001%~0.010%的奎宁溶液,根据含量从低到高的次序将奎宁溶液依次提供给感官鉴评候选人,要求每一位候选人仔细品尝,直至鉴定出苦涩味为止,将此含量的奎宁溶液作为该感官评价员用于鉴定白木通籽毛油及其精炼油是否具有苦涩味的参比。

为确保鉴评的准确性,要求鉴评人员在鉴评过程中避免讨论;鉴评人员在鉴评之前应避免接触有强烈气味的食品,抽烟以及使用有气味的洗涤剂和化妆品等。

1.3.5 水化脱胶

白木通籽毛油在脱胶之前先进行过滤处理,以除去其中的杂质。取一定量的毛油置于不锈钢料缸中,移料缸至恒温水浴锅中,温度设定为65℃。使用顶置式搅拌器搅拌,起始搅拌速率设置为80r/min。待油温恒定后,量取与毛油质量成一定比例的蒸馏水,水温稍高于油温,均匀的洒在毛油中。当毛油中产生絮状物或颗粒时,搅拌器转速调至40r/min再搅拌40min,停止搅拌^[8]。升温至75℃,4500r/min条件下离心10min,小心分出上层油,得到脱胶油。

1.3.6 化学脱酸

称取一定量的脱胶油置于不锈钢料缸中,搅拌加热至70℃左右。将预先配制好的一定浓度的碱液均匀地淋洒到脱胶油中,碱液温度要稍高于脱胶油的油温。当油中产生颗粒物时,降低搅拌速度再搅拌3min,停止搅拌,保温沉降,待皂角完全沉淀,分出上层油,水洗两遍脱水后得到脱酸油。根据公式(1)确定加碱量:

$$\text{加碱量/g} = 0.714 \times (1 + \text{超碱量}/\%) \times \text{油质量/g} \times \text{酸价}/(\text{mg KOH/g}) \times \text{碱液浓度}/(\text{mol/L}) \times 1000 \quad (1)$$

1.3.7 吸附脱色

将活性白土置于坩埚中放在105℃的恒温干燥箱中活化6~8h,活化后的白土放在干燥器中待用^[9]。准确称取一定量的脱酸油置于不锈钢料缸中,搅拌加热至100℃左

右。待油表面不产生水雾时,加入一定量的活性白土,油温保持在65~70℃,搅拌脱色15min。然后通过抽滤得到脱色油。

1.3.8 气提脱臭

称取一定量的脱色油置于自制的脱臭器中,装置连接完毕后抽真空加热,待油温升至70~80℃后,间隔性地通少许水蒸汽使得脱臭器中油能产生振动,达到受热均匀的目的。油温升至150℃时,开始不间断地通水蒸汽,维持此操作和温度3h,停止加热和通水蒸汽,通冷凝水冷却,当油温降至70℃以下,破真空,得到精炼油^[10]。

1.3.9 脱色率的测定^[11]

采用分光光度计测定毛油及脱色油在某一特定检测光波长的吸光度,通过对比得到脱色率。检测波长为650nm,使用1cm比色皿,蒸馏水为参比。根据公式(2)计算脱色率:

$$\text{脱色率}/\%=(A_0-A_1)/A_0\times 100 \quad (2)$$

式中: A_0 为白木通籽毛油的吸光度; A_1 为白木通籽脱色油的吸光度。

2 结果与分析

2.1 水化脱胶过程中各因素对脱胶油得率的影响

2.1.1 水化温度对脱胶油得率的影响

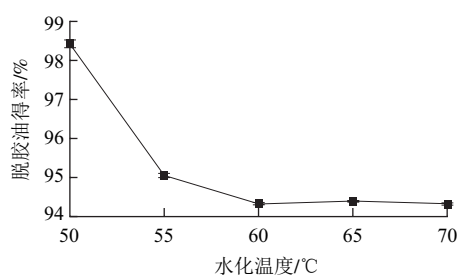


图1 水化温度对脱胶油得率的影响

Fig.1 Effect of hydration temperature on the yield of degummed oil

由图1可知,脱胶油的得率随反应温度的升高而下降。当温度达到60℃以上时,其脱胶油得率的曲线趋于平缓。这是由于脱胶过程中,胶质的形成需要一定的反应温度。较低温度时,磷脂小颗粒间的撞击不能聚集形成较大的颗粒,脱胶会不完全^[12]。而在60℃之后,脱胶已接近极限,过高的温度反而会破坏油脂的质量,使得脱胶油的色泽加深。所以,本实验选用的脱胶温度为60℃。

2.1.2 加水量对脱胶油得率的影响

加水量对整个脱胶过程至关重要,加水量少不能脱去全部的胶质,加水量多则会在搅拌的条件下与油脂乳化,造成最后分离困难和脱胶油得率损失较大。由图2可

知,起始阶段脱胶油得率随着加水量的增加而减少,这是由于水与磷脂发生了水化作用,使得胶质絮凝。不足量的水不足以使得磷脂全部水化,胶质絮凝不完全,脱胶不彻底,得油率自然会偏高。当加水量为油质量的3%左右时,脱胶油得率趋于平稳,说明此时加水量与油脂中的可水化磷脂基本达到平衡。过量的水则会使得水化后的胶质胀破,发生乳化现象,导致脱胶油得率下降^[13]。故加水量应保持在3%较为适宜。

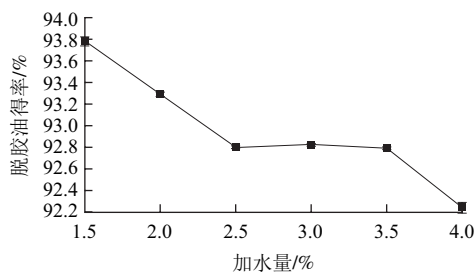


图2 加水量对脱胶油得率的影响

Fig.2 Effect of water amount on the yield of degummed oil

2.1.3 水化时间对脱胶油得率的影响

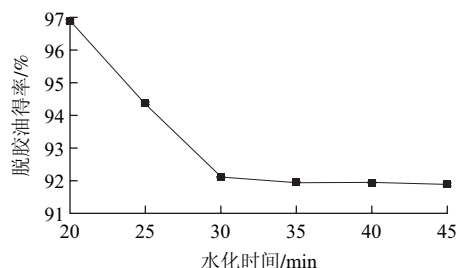


图3 水化时间对脱胶油得率的影响

Fig.3 Effect of hydration time on the yield of degummed oil

由图3可知,脱胶油的得率随着水化时间的延长而减少(20~30min),水化脱胶从磷脂与水的润湿到完全水化需要一定的反应时间,较充分的接触时间使得磷脂能絮凝良好,且较易与油脂分离^[14]。当水化时间过长时,有可能会形成乳化,造成脱胶油得率的下降,故水化时间选择35min。

2.2 碱液浓度对脱酸油得率的影响

化学碱炼过程中形成的皂角有很强的吸附作用,相当数量的杂质(如色素、胶质等)被絮状皂角夹带沉降下来,碱炼是一个综合的精炼过程^[15]。碱液浓度是影响碱炼工艺的主要因素,若碱液浓度过低,则形成的皂角较为疏松,不利于后来的分离;同时会夹裹脱酸油,吸附中性油,造成得油率的损失。而碱液浓度过高会造成局部皂化,形成大量皂角,还不能达到脱酸的目的。故本实验探讨碱液浓度对脱酸油得率的影响。

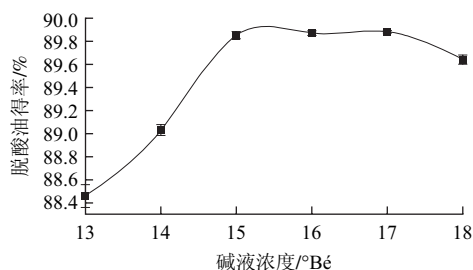


图4 碱液浓度对脱酸油得率的影响

Fig.4 Effect of lye concentration on the yield of deacidified oil

由图4可知,碱液浓度对脱酸油得率的影响是先增加后达到平衡最后减少。在碱液浓度16°Bé时,得油率达到一定平衡。高于17°Bé时,由于中性油参与了皂化作用,导致得油率下降。所以,碱液的最佳浓度为16°Bé。

2.3 吸附脱色过程中各因素对脱色油得率和脱色率的影响

2.3.1 活性白土添加量对脱色得率和脱色率的影响

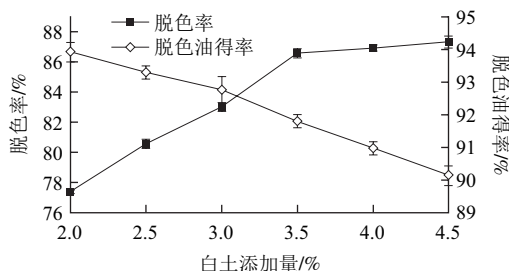


图5 白土添加量对脱色率和脱色油得率的影响

Fig.5 Effect of white clay dosage on decolorization efficiency and the yield of decolorized oil

活性白土对油脂具有明显的脱色效果,由于较为低廉的价格,所以广泛应用于工业化生产中^[16]。由图5可知,脱色率随着活性白土添加量的增加而增加。活性白土主要对天然色素有良好的脱除效果,而脱色油中的天然色素含量一定,当添加量达到油质量的3.5%时,已基本脱除了天然色素,其后再增加白土量则对脱色率没有太大影响。在热滤的过程中,活性白土不可避免地吸附脱色油。综合考虑,确定在脱色过程中活性白土的添加量为3.5%。

2.3.2 脱色温度对脱色油得率和脱色率的影响

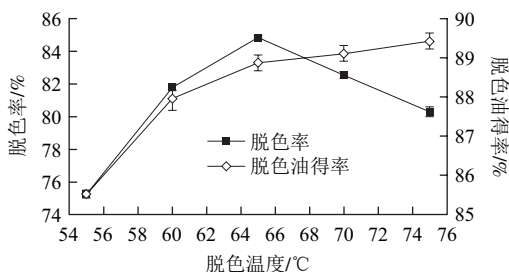


图6 脱色温度对脱色率和脱色油得率的影响

Fig.6 Effect of temperature on decolorization efficiency and the yield of decolorized oil

由图6可知,脱色油的得率和脱色率在温度为55℃时都急剧增加,当温度达到70℃时,脱色率达到82.54%,脱色油得率达到89.11%。当温度再升高时,脱色油得率有一定程度的提升,但脱色率下降较快。原因在于温度较高时,导致油脂发生氧化,造成了回色现象^[17]。因此,在脱色过程中将温度设定为70℃。

2.3.3 脱色时间对脱色油得率和脱色率的影响

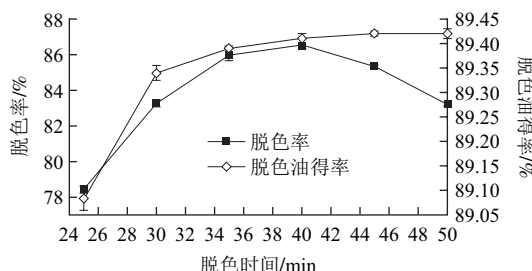


图7 脱色时间对脱色率和脱色油得率的影响

Fig.7 Effect of time on decolorization efficiency and the yield of decolorized oil

脱色时间对脱色率和脱色油的得率也有很大影响,脱色时间过长会使得油脂中的显色物质的结构发生变化,从而造成油脂的颜色加深^[18]。一旦造成这种现象,再脱色将非常困难。由图7可知,脱色时间超过40min后,脱色油的得率没有太大变化,而脱色率受到了很大的影响。所以在脱色过程中,脱色时间定为40min较为适宜。

2.4 白木通籽油精炼过程中脂肪酸(FA)组成的变化

表1 不同精炼程度白木通籽油的脂肪酸组成(n=3)

Table 1 Fatty acid composition *Akebia trifoliata* var. *australis* seed oil samples collected from different stages of refining (n=3)

脂肪酸	白木通毛油	白木通脱胶油	白木通脱色油	白木通脱臭油	白木通脱臭油
C _{12:0}	0.07±0.00 ^a	0.06±0.00 ^b	0 ^c	0 ^c	0 ^c
C _{14:0}	0.09±0.00 ^b	0.09±0.00 ^c	0.08±0.00 ^c	0.10±0.00 ^b	0.13±0.00 ^a
C _{16:0}	20.41±0.39 ^b	20.97±0.14 ^a	20.87±0.10 ^a	21.20±0.05 ^a	21.23±0.09 ^a
C _{18:0}	3.78±0.10 ^c	3.77±0.03 ^c	4.12±0.03 ^b	4.42±0.03 ^a	4.39±0.01 ^a
C _{18:1}	45.44±0.91 ^a	44.62±0.20 ^a	44.07±0.04 ^a	44.54±0.07 ^a	44.29±0.04 ^a
C _{18:2}	30.20±0.61 ^a	30.49±0.09 ^a	30.86±0.09 ^a	29.75±0.14 ^a	29.96±0.11 ^a
ΣSFA	24.36±0.30 ^b	24.89±0.12 ^b	25.07±0.13 ^{ab}	25.72±0.07 ^a	25.75±0.07 ^a
ΣUFA	75.64±0.30 ^a	75.11±0.12 ^a	74.93±0.13 ^{ab}	73.28±0.07 ^b	74.25±0.07 ^c

如表1所示,在白木通籽毛油中含量最多的是油酸(C_{18:1}),其次是亚油酸(C_{18:2})和棕榈酸(C_{16:0}),总饱和脂肪酸含量(ΣSFA)为(24.36±0.30)%,总不饱和脂肪酸含量(ΣUFA)为(75.64±0.30)%。对比精炼过程中脂肪酸的变化可以发现:在毛油中月桂酸(C_{12:0})含量为0.07%,经精炼后其含量甚微不得检出;总饱和脂肪酸含量(ΣSFA)有所增加,从(24.36±0.30)%增加至(25.75±0.07)%,总不饱和脂肪酸含量(ΣUFA)有所减小,从(75.64±0.30)%减

小至(74.25±0.07)%。上述结果与蒋岩等^[4]所测脂肪酸含量基本相似。

2.5 指标测定

经过脱臭处理后,对白木通籽油精炼油和白木通籽毛油的主要指标进行对比,参照GB 2716—2005《食用植物油卫生标准》。通过比对发现,精炼后的白木通籽毛油的酸价、过氧化值均达到了食用植物油卫生标准,色泽符合标准要求,磷脂含量经过脱胶处理后含量由0.48%降至0.042%。

对白木通籽毛油及其精炼油进行感官评价,以确定其精炼油是否具有苦涩味及可食性。通过味觉识别测试从21名感官鉴别候选人中筛选出16名合格的感官评价员,由此16名感官评价员进行下面的浓度敏感测试和鉴定白木通籽毛油及其精炼油是否具有苦涩味。浓度敏感测试中各个感官评价员对奎宁溶液的苦涩味的阈值为:0.004%(1人)、0.005%(14人)、0.006%(1人);对白木通籽毛油是否具有苦涩味的鉴评如下:有苦涩味(15人)、无苦涩味(1人);对白木通籽精炼油是否具有苦涩味的鉴评如下:有苦涩味(1人)、无苦涩味(15人)。分析上述结果:在对白木通籽毛油的鉴评中,判定为无苦涩味的是对奎宁溶液的苦涩味的阈值为0.006%的评价员,这是由于评价员存在个体差异,该评价员对苦涩味不是很敏感引起的;而在对白木通籽精炼油的鉴评中,判定为有苦涩味的是对奎宁溶液的苦涩味的阈值为0.004%的评价员,这是由于该评价员对苦涩味过于敏感引起的。一般说来,奎宁溶液苦涩味的阈值含量为0.005%。综上:白木通籽精炼油已无苦涩味。白木通籽精炼油具有油脂特有的香味,品尝其油脂具有本身滋味、无异味、可食用。

表2 白木通籽精炼油与毛油理化性质的比较
Table 2 Physiochemical characteristics of refined and crude *Akebia trifoliata* var. *australis* seed

指标	白木通籽毛油	白木通籽精炼油	食用植物油标准
色泽	Y55 R5.7	Y30 R1.0	正常色泽
气味、滋味	涩口、有难闻气味	有白木通籽油特有的香味、无异味	正常气味、滋味
磷脂含量/%	0.48	0.042	—
酸价/(mg KOH/g)	6.75	1.8	≤4
过氧化值/(mmol/kg)	10.3	1.6	≤9.85

3 结 论

本实验对白木通籽油的精炼工艺进行研究,以确定精炼工艺操作参数,制备得到精炼白木通籽油。白木通籽油油酸、亚油酸含量丰富,精炼后其含量之和为(74.25±0.07)%。其最佳精炼工艺为:水化脱胶时加水量为油质量的3%、水化温度60℃、水化时间35min,搅拌速度要先快后慢;脱酸时最佳碱液浓度为16°Bé;脱色时最佳白土添加量为3.5%、温度70℃、时间40min;气提脱臭是在150℃的条件下脱臭3h。对精炼白木通籽油进行了检测,其色泽Y30 R1.0,磷脂含量0.042%,酸价1.8mg KOH/g,过氧化值1.6mmol/kg,气味、滋味正常,符合食用植物油卫生标准。

参考文献:

[1] 刘占朝. 三叶木通研究进展综述[J]. 河南林业科技, 2005, 25(1): 20-22.
[2] 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.
[3] 刘桂艳, 王晔, 马双成, 等. 木通属植物木通化学成分及药理活性研究概况[J]. 中国药学杂志, 2004, 39(5): 330-332.
[4] 蒋岩, 杜研学, 熊华, 等. 白木通籽油的理化性质与热氧化稳定性[J]. 食品科学, 2011, 32(15): 34-38.
[5] 李静, 刘琳, 曹君, 等. 中国烹饪过程大豆油中脂肪酸组成和含量的变化[J]. 南昌大学学报: 理科版, 2013, 37(2): 155-158.
[6] CRUZ-HERNANDEZ C, DENG Zeyuan, ZHOU Jianqiang, et al. Methods for analysis of conjugated linoleic acids and *trans*-18:1 isomers in dairy fats by using a combination of gas chromatography, and silver-ion liquid chromatography[J]. Journal of AOAC International, 2004, 87(2): 545-562.
[7] 陈亚非, 黄健豪. 食品中甘味的感官评价研究[J]. 中国食品学报, 2006, 6(1): 57-62.
[8] 马岩, 赵雪生. 茶籽油精炼工艺开发的实践性探索[J]. 粮油加工与食品机械, 2005, 5(3): 45-47.
[9] 韩抒. 高酸价米糠油酯化脱酸工艺的研究[D]. 合肥: 合肥工业大学, 2009: 19-26.
[10] 陈升荣, 罗家星, 张彬. 茶叶籽油精炼实验研究[J]. 江西食品工业, 2012, 11(1): 34-35.
[11] 梁芳惠, 尹平河, 赵玲, 等. 湄水油脱色工艺的研究[J]. 中国油脂, 2006, 31(2): 15-17.
[12] 何东平. 油脂精炼与加工工艺学[M]. 北京: 化学工业出版社, 2009: 22-34.
[13] HUI Y H. 贝雷: 油脂化学与工艺学: 第4卷[M]. 徐生庚, 裘爱泳, 译. 5版. 北京: 中国轻工业出版社, 2001: 186-204.
[14] 马传国. 油脂脱胶的理论与实践[J]. 中国油脂, 2002, 27(1): 24-26.
[15] 苏望懿. 油脂加工工艺学[M]. 武汉: 湖北科学技术出版社, 1997: 35-83.
[16] 卢国庆. 高性能活性白土的制备工艺及其机理研究[D]. 南宁: 广西大学, 2009: 5-11.
[17] 胡乌云. 蓖麻油的精炼技术[J]. 内蒙古民族大学学报, 2009, 15(2): 9-10.
[18] 刘悦. 油脂脱色过程及其机理的研究[D]. 无锡: 江南大学, 2006: 12-19.