

复羽叶栲树种仁的脂肪酸及氨基酸组成分析

曹丽敏^{1,2}, 骆金艳¹, 贺金¹, 滕涛¹, 曹明³

(1. 衡阳师范学院 生命科学与环境学院, 湖南 衡阳 421008; 2. 南岳山区生物资源保护与利用湖南省重点实验室, 湖南 衡阳 421008; 3. 广西壮族自治区中国科学院广西植物研究所, 广西 桂林 541006)

摘要:采用国标方法对复羽叶栲树种仁的脂肪酸以及氨基酸组成进行分析测定。结果表明:复羽叶栲树种仁的粗脂肪含量为 11.4%, 种仁油中含有 15 种脂肪酸, 主要为花生一烯酸 (45.4%)、油酸 (23.7%)、亚油酸 (9.2%)、棕榈酸 (6.1%)、芥酸 (5.6%), 不饱和脂肪酸含量达 87.20%, 单不饱和脂肪酸含量为 74.95%; 种仁粗蛋白质含量为 26.2%, 种仁蛋白中氨基酸含量为 19.29%; 在种仁蛋白中至少有 16 种氨基酸, 其中必需氨基酸含量占氨基酸总量的 33.59%, 药效氨基酸占 70%。研究表明, 复羽叶栲树种仁既可作为生产生物柴油、药物和化妆品的原料, 也是良好的蛋白质和食用油资源, 具有广阔的开发前景。

关键词:复羽叶栲树; 种仁; 脂肪酸; 氨基酸; 组成

中图分类号: TS222; TQ646

文献标识码: A

文章编号: 1003-7969(2020)04-0134-04

Compositions of fatty acids and amino acids of *Koelreuteria bipinnata* seed kernel

CAO Limin^{1,2}, LUO Jinyan¹, HE Jin¹, TENG Tao¹, CAO Ming³

(1. College of Life Science and Environment, Hengyang Normal University, Hengyang 421008, Hunan, China; 2. Hunan Key Laboratory for Conservation and Utilization of Biological Resources in the Nanyue Mountainous Region, Hengyang 421008, Hunan, China; 3. Guangxi Institute of Botany, Guangxi Zhuang Autonomous Region and Chinese Academy of Sciences, Guilin 541006, Guangxi, China)

Abstract: The compositions of fatty acid and amino acid of *Koelreuteria bipinnata* seed kernel were analyzed according to the national standard methods. The results showed that the content of crude fat in *K. bipinnata* seed kernel was 11.4%. Fifteen kinds of fatty acids were identified in *K. bipinnata* seed kernel oil, mainly including eicosenoic acid (45.4%), oleic acid (23.7%), linoleic acid (9.2%), palmitic acid (6.1%) and erucic acid (5.6%). Unsaturated fatty acids were up to 87.20%, and monounsaturated fatty acids accounted for 74.95%. The contents of crude protein and amino acid of *K. bipinnata* seed kernel were 26.2% and 19.29% respectively. At least sixteen kinds of amino acids were identified in the seed kernel protein of *K. bipinnata*, in which the content of essential amino acids accounted for 33.59% and medicinal amino acids accounted for 70% of the total amino acids. The research showed that *K. bipinnata* seed kernel had broad prospects for utilization, because it could not only be used as raw material of biodiesel, medical supplies and cosmetic, but also be used as good resources of nutritional protein and edible oil.

Key words: *Koelreuteria bipinnata*; seed kernel; fatty acid; amino acid; composition

复羽叶栲树 (*Koelreuteria bipinnata* Franch.) 是无患子科 (Sapindaceae) 栲树属 (*Koelreuteria*) 植

收稿日期: 2019-08-10; 修回日期: 2019-09-20

基金项目: 国家自然科学基金 (31470008, 31560090)

作者简介: 曹丽敏 (1970), 女, 教授, 博士, 研究方向为植物学及植物资源学 (E-mail) limincaohn@126.com。

通信作者: 曹明, 研究员, 博士 (E-mail) caoming135@126.com。

物, 产于湖南、湖北、云南、贵州、四川、广西、广东等省区^[1]。复羽叶栲树具有重要的经济价值, 是常见的庭园观赏植物, 木材可制家具; 根可入药, 可以消肿、止痛、活血、驱蛔、治风热咳嗽; 花可以清热止咳等, 也可作黄色染料; 种子油可供工业用, 是一种重要的油脂植物^[1-2]。

复羽叶栲树的生命力较强, 据笔者的野外初步

调查,在贵州、湖南、湖北、广西等省区生存条件比较恶劣的石灰岩山地,其他经济植物比较少,但复羽叶栲树生长较好。对复羽叶栲树进行研究,不但可以充分发掘复羽叶栲树的经济价值,还可以发掘该植物对石漠化地区进行生态恢复的生态价值,促进地方经济发展。植物学工作者从种子繁殖^[3]、生态修复^[4]、光合特性^[5]、花器官发生^[6]、干旱胁迫^[7-8]等方面对复羽叶栲树开展了研究。Hopkins等^[9]分析了复羽叶栲树种仁油的脂肪酸组成,由于实验条件的限制,仅鉴定出5种脂肪酸。迄今为止,尚未见对复羽叶栲树种仁脂肪酸和氨基酸的系统研究报道。因此,本研究对复羽叶栲树种仁的粗脂肪含量、蛋白质含量、种仁油的脂肪酸组成及种仁蛋白氨基酸的组成进行分析测定,旨在为复羽叶栲树的开发利用提供理论依据。

1 材料与方 法

1.1 实验材料

复羽叶栲树的种子,采自湖南省衡阳市衡阳师范学院东校区,皆为有生活力的饱满种子。

Agilent GC 7820A 气相色谱仪, Sykam S-433D 全自动氨基酸分析仪, FossKjeltec 8400 全自动凯氏定氮仪, FA2204B 电子天平, DZF-6050 真空干燥箱。

1.2 实验方法

1.2.1 复羽叶栲树种仁出仁率以及种仁粗脂肪含量测定

手工去除复羽叶栲树种皮,分别称量种皮和种仁,计算出仁率。根据 NY/T 4-1982 测定种仁的粗脂肪含量。

1.2.2 复羽叶栲树种仁油脂肪酸组成测定

按照 GB 5009.168-2016 测定脂肪酸的组成。在室温下采用氢氧化钾甲醇法甲酯化复羽叶种仁油,再用 Agilent GC7820A 气相色谱仪分析其脂肪酸组成。

气相色谱条件:进样量 1 μL ; HP-88 色谱柱 (60 m \times 0.25 mm, 0.33 μm); 载气为氮气;程序升温条件为 100 $^{\circ}\text{C}$ 保持 2 min, 然后 20 $^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 升温至 150 $^{\circ}\text{C}$, 再以 2 $^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 升温至 220 $^{\circ}\text{C}$, 保持 2.5 min, 10 $^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 升温至 230 $^{\circ}\text{C}$, 保持 2.5 min。

1.2.3 复羽叶栲树种仁粗蛋白质含量测定

按照 GB 5009.5-2016 用凯氏定氮法测定复羽叶栲树种仁粗蛋白质含量。

1.2.4 复羽叶栲树种仁蛋白氨基酸组成测定

按照 GB/T 5009.124-2003, 用 Sykam S-433D 全自动氨基酸分析仪测定复羽叶栲树种仁蛋

白的氨基酸组成。采用酸水解法对实验样品进行前处理,没有检测色氨酸和胱氨酸的含量^[10-12]。

2 结果与分析

2.1 复羽叶栲树种子的出仁率及种仁的粗脂肪含量

复羽叶栲树种子的出仁率为 67.6%。复羽叶栲树种仁的粗脂肪含量为 11.4%, 低于油茶籽仁 (含油率为 13.7% ~ 42.8%)^[13] 和竹柏种仁 (46.83% ~ 53.81%)^[2] 等油料, 高于近缘植物龙眼种仁 (含油率 3.9%)^[2]、滇南山茶籽仁 (含油率 8.5%)^[2] 等油料, 复羽叶栲树是有一定开发潜力的木本油料植物。

2.2 复羽叶栲树种仁油的脂肪酸组成

复羽叶栲树种仁油的脂肪酸组成测定结果见表 1。

表 1 复羽叶栲树种仁油的脂肪酸组成及相对含量 %

脂肪酸	相对含量	脂肪酸	相对含量
棕榈酸	6.10	花生二烯酸	0.95
棕榈一烯酸	0.18	山萘酸	1.40
硬脂酸	0.75	芥酸	5.60
油酸	23.70	二十二碳二烯酸	0.06
亚油酸	9.20	EPA	0.14
亚麻酸	1.90	木焦油酸	0.40
花生酸	3.00	二十四碳一烯酸	0.07
花生一烯酸	45.40	其他	1.15

由表 1 可知,复羽叶栲树种仁油鉴定出 15 种脂肪酸。不饱和脂肪酸含量占脂肪酸总量的 87.20%, 与油茶籽油相近 (87.15% ~ 92.17%)^[13], 高于橄榄油 (58.8% ~ 88.0%)^[14]。其中含量最高的是花生一烯酸 (45.4%), 远高于近缘植物伞花木 (9.95%) 种仁油^[15]、掌叶木种仁油 (15.42%)^[10] 和文冠果种仁油 (6.9%)^[16]。花生一烯酸是荷荷巴油的主要成分 (70%), 可以药用, 也可用作化妆品的保湿原料^[17]。同时, 花生一烯酸是芥酸的前体, 有望作为面霜、化妆品、润滑油和药物的原材料^[17]。可见, 复羽叶栲树种仁油具有较高的药用价值和工业价值。

在复羽叶栲树种仁油中, 油酸和亚油酸的相对含量比较高, 分别为 23.70% 和 9.20%。油酸具抗癌活性, 亚油酸具有降低血脂等生理作用^[18-19], 表明复羽叶栲树种仁油的营养保健价值较高。

根据美国生物柴油标准, 生物柴油脂肪酸碳链范围应在 C12 ~ C22 之间, 亚麻酸含量小于 12%, 而且十八碳四烯酸含量应小于 1%^[20-21]。复羽叶栲树种仁油中 C16 ~ C22 的脂肪酸为脂肪酸总量的

98.38%, 亚麻酸含量为 1.9%, 且不含十八碳四烯酸, 可见复羽叶栲树种仁油的脂肪酸组成符合美国生物柴油的标准, 比较适合作为生物柴油的原料; 此外, 复羽叶栲树种仁油中单不饱和脂肪酸为脂肪酸总量的 74.95%, 如果以其为原料生产生物柴油, 会具有比较好的低温流动性。

2.3 复羽叶栲树种仁的粗蛋白质含量及其氨基酸组成

复羽叶栲树种仁的粗蛋白质含量为 26.2%, 远高于近缘植物荔枝种仁(4.93%)^[22] 和掌叶木种仁(15.10%)^[10], 略高于文冠果种仁(22.68%)^[11] 和伞花木种仁(25.10%)^[23], 是一种高蛋白植物资源。

复羽叶栲树种仁蛋白的氨基酸组成及含量见表 2。由表 2 可见: 复羽叶栲树种仁蛋白中至少含有 16 种氨基酸, 氨基酸总量为 19.29%, 其中含有 7 种人体必需氨基酸, 为氨基酸总量的 33.59%, 表明复羽叶栲树种仁蛋白品质较优良; 复羽叶栲树种仁中含有 9 种药效氨基酸, 含量为 13.51%, 占氨基酸总量的 70%, 说明复羽叶栲树的种仁蛋白具有较高的药用价值和保健价值; 此外, 复羽叶栲树种仁蛋白中两种鲜味氨基酸——谷氨酸和天冬氨酸的含量分别为 4.08% 和 2.01%, 共占氨基酸总量的 31.57%, 说

明复羽叶栲树种仁蛋白的口感比较好。

表 2 复羽叶栲树种仁蛋白的氨基酸组成及含量 %

氨基酸	含量	氨基酸	含量
天冬氨酸 [#]	2.01	酪氨酸	0.72
苏氨酸 [*]	0.87	苯丙氨酸 ^{**}	1.01
丝氨酸	1.03	组氨酸	0.47
谷氨酸 [#]	4.08	赖氨酸 ^{**}	1.12
甘氨酸 [#]	1.25	精氨酸 [#]	1.58
丙氨酸	0.89	脯氨酸	0.78
缬氨酸 [*]	1.02	氨基酸总量	19.29
蛋氨酸 ^{**}	0.28	必需氨基酸总量	6.48
异亮氨酸 ^{**}	0.78	药效氨基酸总量	13.51
亮氨酸 ^{**}	1.40		

注: * 必需氨基酸; # 药效氨基酸。

在没有检测色氨酸和胱氨酸的情况下, 按照 FAO/WHO 的氨基酸评分标准, 复羽叶栲树种仁蛋白的必需氨基酸评分为 72 (见表 3), 略低于近缘植物文冠果种仁蛋白(评分 75)^[11] 和伞花木种仁蛋白(评分 76)^[15], 高于花生蛋白(评分 64)^[12] 和近缘植物掌叶木种仁蛋白(评分 68)^[10]。因此, 复羽叶栲树种仁蛋白的营养价值比较高, 是一种优质的蛋白质资源。

表 3 复羽叶栲树、近缘植物种仁蛋白以及 2 种食物蛋白的必需氨基酸评分

项目	苏氨酸	缬氨酸	蛋氨酸 + 胱氨酸	异亮氨酸	亮氨酸	酪氨酸 + 苯丙氨酸	赖氨酸	色氨酸	总和	评分
鸡蛋	5.0	7.4	5.4	6.6	8.8	10.8	6.6	1.7	52.3	100
花生	2.5	4.5	2.2	4.1	6.7	9.3	3.0	1.0	33.3	64
掌叶木种仁	4.4	5.3	0.8 [*]	4.5	7.9	6.9	5.8	未测	35.6	68
伞花木种仁	5.1	5.8	1.9 [*]	4.2	7.6	8.9	6.2	未测	39.7	76
文冠果种仁	3.9	5.6	4.3	4.3	7.5	9.4	4.4	未测	39.4	75
复羽叶栲树种仁	4.5	5.3	1.5 [*]	4.0	7.3	9.0	5.8	未测	37.4	72

注: * 表示胱氨酸未检测。

3 结论

复羽叶栲树种仁的粗脂肪含量为 11.4%; 种仁油中含有 15 种脂肪酸, 主要为花生一烯酸(45.4%)、油酸(23.7%)、亚油酸(9.2%)、棕榈酸(6.1%)、芥酸(5.6%), 不饱和脂肪酸含量占脂肪酸总量的 87.20%。复羽叶栲树种仁油的脂肪酸主要由 C16 ~ C22 组成, 占脂肪酸总量的 98.38%, 接近于生物柴油脂肪酸碳链(C12 ~ C22), 其中亚麻酸含量为 1.9%, 符合美国生物柴油标准规定的亚麻酸含量(低于 12%), 比较适合作为生物柴油原料; 此外, 复羽叶栲树种仁油中单不饱和脂肪酸占脂肪酸总量的 74.95%, 如果将其作为原料生产生物柴油, 低温流动性可能较好。可见, 复羽叶栲树种仁油具有开发为生物柴油的潜力。复羽叶栲树种仁粗蛋白质含量达 26.2%; 种仁蛋白中含有 16 种氨基酸,

种类比较齐全, 其中必需氨基酸为氨基酸总量的 33.59%, 药效氨基酸占氨基酸总量的 70%, 说明其种仁可以应用于医药保健方面; 此外, 种仁中鲜味氨基酸占氨基酸总量的 31.57%, 说明该种仁不但营养价值较高, 而且口感较好。因此, 复羽叶栲树种仁具有较高的营养价值和保健价值, 具有开发为营养品、保健品或者饲料添加剂的广阔前景, 是一种具有很高开发价值的高蛋白植物资源。

致谢: 衡阳师范学院吴绪立老师协助采集实验材料, 特此致谢。

参考文献:

- [1] 罗献瑞, 陈德昭. 中国植物志第四十七卷第一分册: 无患子科[M]. 北京: 科学出版社, 1985: 4-72.
- [2] 中国油脂植物编委会. 中国油脂植物[M]. 北京: 科学出版社, 1987: 334-335.

- [3] 黄键, 周浩, 樊国盛, 等. 复羽叶栎树种子不同处理的发芽试验[J]. 云南农业科技, 2006(5): 14-16.
- [4] LUO Z H, TIAN D L, NING C, et al. Roles of *Koelreuteria bipinnata* as a suitable accumulator tree species in remediating Mn, Zn, Pb, and Cd pollution on Mn mining wastelands in southern China [J]. Environ Earth Sci, 2015, 74(5): 4549-4559.
- [5] 张习敏, 申刚, 陈玲, 等. 复羽叶栎树光合作用日变化及光响应特征[J]. 广东农业科学, 2015, 42(5): 109-114.
- [6] CAO L M, LIU J H, LIN Q, et al. The floral organogenesis of *Koelreuteria bipinnata* and its variety *K. bipinnata* var. *integrifolia* (Sapindaceae): evidence of floral constraints on the evolution of monosymmetry [J]. Plant Systematics Evolution, 2018, 304(8): 923-935.
- [7] 蔡喜悦, 陈晓德, 刘成, 等. 外源钙对干旱胁迫下复羽叶栎树幼苗水分及光合特性的影响[J]. 北方园艺, 2013(10): 58-62.
- [8] 林艳华, 梁千慧, 刘锦春. 喀斯特地区适生树种复羽叶栎树幼苗对干旱胁迫下异质生境的生长和光合响应[J]. 西南大学学报(自然科学版), 2019(8): 20-26.
- [9] HOPKINS C Y, SWINGLE R. Eicosenoic acid and other fatty acids of Sapindaceae seed oils [J]. Lipids, 1967, 2(3): 258-260.
- [10] 曹丽敏, 夏念和, 熊志斌, 等. 掌叶木种仁油的脂肪酸组成及种仁的营养成分分析[J]. 中国油脂, 2016, 41(6): 96-100.
- [11] 范雪层, 邓红, 李招娣, 等. 文冠果蛋白的功能特性及其氨基酸组成分析[J]. 中国油脂, 2009, 34(6): 26-30.
- [12] 单宇, 周建建, 郑玉红, 等. 繁缕叶蛋白中氨基酸组成研究[J]. 食品研究与开发, 2010, 31(11): 181-183.
- [13] 王湘南, 陈永忠, 伍利奇, 等. 油茶种子含油率和脂肪酸组成研究[J]. 中南林业科技大学学报, 2008, 28(3): 11-17.
- [14] 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, 12(2): 59-60.
- [15] 曹丽敏, 滕涛, 吴胤骁, 等. 伞花木种仁油的理化性质及脂肪酸组成分析[J]. 中国油脂, 2014, 39(8): 95-97.
- [16] 曹阳. 文冠果果仁含油量的测定及其果仁油脂脂肪酸组成分析[J]. 中国油脂, 2017, 42(6): 134-137.
- [17] KIKUKAWA H, SAKURADANI E, NISHIBABA Y, et al. Production of *cis*-11-eicosenoic acid by *Mortierella fungi* [J]. J Appl Microbiol, 2015, 118(3): 641-647.
- [18] 程文明, 杨柏珍, 李俊. 文冠果果壳中脂肪酸成分的研究[J]. 安徽医药, 2002, 6(4): 5-6.
- [19] 段小华, 邓泽元, 朱笃. 杜仲种子脂肪酸及氨基酸分析[J]. 食品科学, 2010, 31(4): 214-217.
- [20] 刘光斌, 赵晓霞, 胡冬南, 等. 无患子油脂的提取、理化性质及其制备生物柴油的研究[J]. 中国粮油学报, 2013, 28(3): 59-64.
- [21] 罗艳, 刘梅. 开发木本油料植物作为生物柴油原料的研究[J]. 中国生物工程杂志, 2007(7): 68-74.
- [22] 高建华, 秦燕, 林伟, 等. 荔枝种仁的营养成分[J]. 华南理工大学学报(自然科学版), 1998, 26(6): 65-67.
- [23] 曹丽敏, 王跃华, 赵成, 等. 伞花木种仁的营养成分分析[J]. 植物资源与环境学报, 2015, 24(4): 11-15.

(上接第127页)

表2 1 000 t/d 精炼和 350 t/d 污水处理的

检测项目	臭味气体监测结果		mg/m ³
	处理前浓度	处理后浓度	
氨	4.69	1.24	-
硫化氢	0.31	0.08	-
二甲苯	0.23	0.1	70
非甲烷总烃	4.83	0.3	120
甲苯	1.56	0.21	40

2.4 其他间歇式、小流量的臭味气体处理措施

对油厂的化验室、厨房、筒仓等产生臭味气体的地方,分别采取如下措施:

(1) 化验室的尾气因流量小,地点太远很难收集,在化验室楼顶立管排放(排放口高度 ≥ 35 m)。

(2) 厨房也是竖管排放(排放口高度 ≥ 25 m)。

(3) 在厂区的立筒仓、粕库和其他仓库做好地面平整和卫生,在下雨天不积水,消除积灰臭味气体散发源。

3 结束语

近年来有很多处理异味气体的技术和工程在油厂投入使用,有些已经得到当地环保部门的验收,有些因种种原因还处在调试阶段,等待环保监测部门的检测运行效果。随着我国政府对环保要求越来越高,各地油厂都在策划投资臭味气体处理工程,为清洁蓝天作出贡献!

致谢:感谢合肥燕庄油脂有限公司毕守林高级工程师、天津中储粮油脂有限公司陈友军工程师、成都中储粮油脂有限公司王文林、中纺日照油脂有限公司刘桂涛工程师、Vaportek 公司周友谊及上海上阳流体科技有限公司王新文先生的支持!

参考文献:

- [1] 左青. 油脂加工厂的环保措施[J]. 中国油脂, 2008, 33(8): 71-75.
- [2] 忻耀年. 油脂工程设计中应考虑的环境因素[J]. 中国油脂, 2001, 26(3): 3-5.
- [3] 左青, 王文林. 油脂加工厂臭味处理讨论[J]. 中国油脂, 2014, 39(7): 79-81.