

过氧化氢脱毒前后小桐子油饼营养成分分析

张 毅, 龚宽俊, 向 诚, 角仕云, 李宝才^①

(昆明理工大学生命科学与技术学院, 云南 昆明 650500)

Analysis of nutritional components in seed cake of *Jatropha curcas* before and after detoxification by hydrogen peroxide ZHANG Mi, GONG Kuanjun, XIANG Cheng, JIAO Shiyun, LI Baocai^① (Faculty of Life Science and Technology, Kunming University of Science and Technology, Kunming 650500, China), *J. Plant Resour. & Environ.* 2014, 23(1): 113-115

Abstract: Contents of nutritional components in seed cake of *Jatropha curcas* Linn. before and after detoxification by hydrogen peroxide were determined and compared. The results show that phorbol esters is not existed in seed cake of *J. curcas* after detoxification. Contents of water, crude protein, crude fiber, reducing sugar and total sugar in seed cake after detoxification all are lower than those before detoxification, contents of different fatty acids and amino acids in seed cake after detoxification increase or decrease, but there is no significant difference ($P>0.05$). It is suggested that detoxified seed cake of *J. curcas* can be further developed for using as plant protein feed.

关键词: 小桐子油饼; 脱毒; 佛波醇酯; 营养成分; 脂肪酸; 氨基酸

Key words: seed cake of *Jatropha curcas* Linn.; detoxification; phorbol esters; nutritional component; fatty acids; amino acids

中图分类号: Q949.9; S565.9 文献标志码: A 文章编号: 1674-7895(2014)01-0113-03

DOI: 10.3969/j.issn.1674-7895.2014.01.19

小桐子 (*Jatropha curcas* Linn.) 又名麻疯树, 属于大戟科 (Euphorbiaceae) 麻疯树属 (*Jatropha* Linn.) 植物, 在中国西南各省均有大规模种植基地。小桐子树皮和叶片具有多种生物活性^[1-2]; 种子含丰富油脂, 可作为生物柴油的原料^[3]。

小桐子油饼是一种在小桐子生物柴油生产过程中大量产生的副产品, 其中的蛋白质含量较高、氨基酸组成合理, 是优质的植物蛋白资源之一^[4]。但小桐子油饼中存在多种毒性成分, 包括佛波醇酯、植物凝集素和胰蛋白酶抑制剂等抗营养因子, 使其开发利用受到限制^[5-7]。已有的研究表明: 植物凝集素和胰蛋白酶抑制剂等抗营养因子对热较为敏感, 一般热处理即可使其失活^[7-8]。另外, 使用甲醇-氢氧化钠混合溶液浸提小桐子油饼后, 用 121 °C 的水蒸气加热 15 min, 可脱去小桐子油饼中的佛波醇酯, 经过这一处理过程后小桐子油饼可代替豆粕用作饲料^[9], 有效提高了小桐子资源的生物利用度。

作者所在课题组首次采用过氧化氢氧化降解佛波醇酯的方法, 快速对小桐子油饼进行脱毒, 并经动物试验确认了脱毒效果^[10]。以此为基础, 作者拟测定和比较过氧化氢脱毒前后小桐子油饼中营养成分、脂肪酸和氨基酸的组成和含量变化,

以为过氧化氢脱毒后小桐子油饼饲用价值的科学评价提供基础数据。

1 材料和方法

1.1 材料

小桐子油饼购于云南神宇新能源有限公司。样品粉碎后过 40 目筛, 备用。

使用的仪器有: 美国安捷伦公司生产的 6820 型气相色谱系统、1200 型高效液相色谱系统、ZORBAX Eclipse 氨基酸分析 (AAA) 柱和 DB-Wax 毛细管柱 (30 m×0.32 mm×0.25 μm); L-8900 型全自动氨基酸分析仪 (日本日立公司); KDF-C 型自动凯氏定氮仪 (上海纤检仪器公司); UV-2550PC 型紫外可见分光光度计 (日本岛津公司); T2000Y 型电子天平 (万分之一) [美国双杰兄弟 (集团) 有限公司]; C₁₈ 高效液相色谱分析柱 (Dubhe, 5 μm, 4.6 mm×250 mm, 江苏汉邦科技有限公司)。

常用试剂均为分析纯, 17 种氨基酸混合对照品、十七烷酸内标物和葡萄糖对照品 (纯度 98%) 均为美国 Sigma 公司产品。

收稿日期: 2013-07-16

基金项目: 国家“十一五”科技支撑计划资助项目 (2007BAD32B04); 云南省人才培养资助项目 (KKS201326042); 云南省科技计划资助项目 (2013FZ013)

作者简介: 张 毅 (1983—), 女, 云南昆明人, 博士, 讲师, 主要从事植物资源开发和利用方面的研究工作。

^①通信作者 E-mail: baocaili@hotmail.com

1.2 方法

1.2.1 脱毒产品的制备和检测 参照文献[10]的方法使用过氧化氢对小桐子油饼粉末样品进行脱毒,用HPLC法检测脱毒后样品中佛波醇酯的含量。佛波醇酯的出峰时间为27.0~30.5 min^[11],经过过氧化氢脱毒的小桐子油饼在该时间段未出现佛波醇酯波谱峰,表明佛波醇酯未检出。

1.2.2 测定方法 参照GB/T 5009.3—2010、GB/T 5009.7—2008、GB/T 15672—2009、GB/T 5009.10—2003、GB/T 6432—1994、GB/T 21514—2008和GB/T 18246—2000的方法分别测定脱毒前后小桐子油饼中水分、还原糖、总糖、粗纤维、粗蛋白质、脂肪酸和氨基酸的含量。

1.3 数据处理

采用SPSS 18.0统计分析软件、应用 t 检验法对实验数据进行显著性检验。

2 结果和分析

2.1 营养成分的比较

过氧化氢脱毒前后小桐子油饼中营养成分含量的测定结果见表1。脱毒后小桐子油饼中水分、粗蛋白质、粗纤维、还原糖和总糖的含量均较脱毒前有所降低,其中粗纤维、还原糖和

总糖含量的降低幅度相对较大,粗蛋白质含量的降低幅度相对较小,但均无显著性差异($P>0.05$)。

表1 过氧化氢脱毒前后小桐子油饼中营养成分含量的比较
Table 1 Comparison of nutritional component content in seed cake of *Jatropha curcas* Linn. before and after detoxification by hydrogen peroxide

样品 ¹⁾ Sample ¹⁾	含量/ $\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$ Content				
	水分 Water	粗蛋白质 Crude protein	粗纤维 Crude fiber	还原糖 Reducing sugar	总糖 Total sugar
JSC	64.2	352.0	282.7	15.9	73.9
DJC	46.1	333.2	204.1	9.7	53.0

¹⁾JSC: 未脱毒的小桐子油饼 Undetoxified seed cake of *J. curcas*; DJC: 脱毒的小桐子油饼 Detoxified seed cake of *J. curcas*.

2.2 脂肪酸组成的比较

过氧化氢脱毒前后小桐子油饼中的脂肪酸组成和含量见表2。由表2可见:脱毒前后小桐子油饼中不饱和脂肪酸含量分别为787.6和753.8 $\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$,差异不明显。从未脱毒的小桐子油饼中共检出8种脂肪酸,从脱毒后的小桐子油饼中检出7种脂肪酸;脱毒后的小桐子油饼中含有辛酸,但十四酸和亚麻酸未检出。

表2 过氧化氢脱毒前后小桐子油饼中脂肪酸含量的比较¹⁾

Table 2 Comparison of fatty acid content in seed cake of *Jatropha curcas* Linn. before and after detoxification by hydrogen peroxide¹⁾

样品 Sample	脂肪酸含量/ $\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$ Content of fatty acids								
	辛酸 Octanoic acid	十四酸 Tetradecanoic acid	棕榈酸 Palmitic acid	棕榈油酸 Palmitoleic acid	硬脂酸 Stearic acid	油酸 Oleic acid	亚油酸 Linoleic acid	亚麻酸 Linolenic acid	花生酸 Arachidic acid
JSC	-	0.7	144.0	9.1	64.9	387.9	382.5	8.1	2.0
DJC	78.0	-	167.8	8.8	78.0	408.3	336.7	-	2.5

¹⁾JSC: 未脱毒的小桐子油饼 Undetoxified seed cake of *J. curcas*; DJC: 脱毒的小桐子油饼 Detoxified seed cake of *J. curcas*. -: 未检出 Undetected.

2.3 氨基酸组成的比较

禽畜类动物共有10种必需氨基酸,分别为赖氨酸、蛋氨酸、苏氨酸、色氨酸、异亮氨酸、亮氨酸、组氨酸、精氨酸、苯丙氨酸和缬氨酸^[12-13]。过氧化氢脱毒前后小桐子油饼中检出除色氨酸外的9种动物必需氨基酸(表3),总量分别为528.9和

512.0 $\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$ 。过氧化氢脱毒后小桐子油饼中9种动物必需氨基酸的总量低于脱毒前,但无显著差异($P>0.05$)。脱毒后小桐子油饼中的半胱氨酸、甲硫氨酸、缬氨酸、亮氨酸、苯丙氨酸和苏氨酸的含量均低于脱毒前,其中,含硫氨基酸(半胱氨酸和甲硫氨酸)含量的降低幅度最大。

表3 过氧化氢脱毒前后小桐子油饼中氨基酸含量的比较¹⁾

Table 3 Comparison of amino acid content in seed cake of *Jatropha curcas* Linn. before and after detoxification by hydrogen peroxide¹⁾

样品 Sample	氨基酸含量/ $\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$ Content of amino acids											
	Cys	Met	Val	Iso	Leu	Tyr	Phe	His	Lys	Thr	Arg	合计 Total
JSC	27.7	59.9	48.6	31.0	132.8	41.0	55.3	14.3	45.3	83.3	58.4	597.6
DJC	6.9	13.2	46.5	49.7	86.8	54.1	35.2	44.7	51.6	57.2	127.1	573.0

¹⁾JSC: 未脱毒的小桐子油饼 Undetoxified seed cake of *J. curcas*; DJC: 脱毒的小桐子油饼 Detoxified seed cake of *J. curcas*. Cys: 半胱氨酸 Cysteine; Met: 甲硫氨酸 Methionine; Val: 缬氨酸 Valine; Iso: 异亮氨酸 Isoleucine; Leu: 亮氨酸 Leucine; Tyr: 酪氨酸 Tyrosine; Phe: 苯丙氨酸 Phenylalanine; His: 组氨酸 Histidine; Lys: 赖氨酸 Lysine; Thr: 苏氨酸 Threonine; Arg: 精氨酸 Arginine.

3 讨论和结论

上述研究结果表明:与未经过氧化氢脱毒处理的小桐子油饼相比,过氧化氢脱毒后小桐子油饼中水分、粗蛋白质、粗纤维、还原糖和总糖的含量都有所降低;其中,脱毒处理对粗蛋白质含量的影响相对较小,对粗纤维、还原糖和总糖含量的影响相对较大。主要原因在于过氧化氢在氧化降解毒性成分佛波醇酯的同时,可能也使木质素和还原糖在一定程度上发生了氧化降解^[14]。

过氧化氢脱毒后小桐子油饼中不饱和脂肪酸含量低于未经脱毒处理的小桐子油饼,推测原因可能由于过氧化氢易与不饱和脂肪酸发生反应,生成过氧化物^[15],过氧化物进一步分解形成短链有机物(如辛酸),从而降低油脂的不饱和度。

与玉米(*Zea mays* Linn.)和高粱[*Sorghum bicolor* (Linn.) Moench]等常用饲料的氨基酸组成相比,过氧化氢脱毒后小桐子油饼中的11种氨基酸的含量均相近或略高^[16]。11种氨基酸中,含硫氨基酸含量的降低幅度较大,可能由于过氧化氢将蛋白质分子中的巯基氧化成二硫键,进而与二硫键反应生成磺酸盐,使得含硫氨基酸的含量有所减少^[17]。

综合研究结果表明:经过氧化氢脱毒处理后的小桐子油饼的营养价值总体上变化不明显,可作为植物蛋白源饲料进行深入开发和利用。

参考文献:

- [1] 江苏新医学院. 中药大辞典:下册[M]. 上海:上海科学技术出版社,1977:2227.
- [2] 李育川,郭巧生,邵清松,等. 小桐子枝叶提取物对蚜虫的毒杀活性[J]. 植物资源与环境学报,2009,18(2):89-93.
- [3] 袁萍,熊相蓉,袁晓. 麻疯树种油的理化性质及籽粕中元素含量分析及其应用价值初探[J]. 植物资源与环境学报,2009,18(4):88-90.
- [4] RAKSHIT K D, DARUKESHWARA J, RATHINA RAJ K, et al. Toxicity studies of detoxified jatropha meal (*Jatropha curcas*) in rats [J]. Food and Chemical Toxicology, 2008, 46: 3621-3625.
- [5] MARTÍNEZ-HERRERA J, SIDDHURAJU P, FRANCIS G, et al.

Chemical composition, toxic/antimetabolic constituents, and effects of different treatments on their levels, in four provenances of *Jatropha curcas* L. from Mexico [J]. Food Chemistry, 2006, 96: 80-89.

- [6] MAKKAR H P S, BECKER K, SPORER F, et al. Studies on nutritive potential and toxic constituents of different provenances of *Jatropha curcas* [J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 1997, 45: 3152-3157.
- [7] 徐雅莹,李吕木. 饲用麻疯树饼粕研究进展[J]. 粮食与饲料工业,2011(8):46-48,52.
- [8] 刘强,孙海萍,史宣明,等. 小桐籽加工过程中毒性分析及探讨[J]. 中国油脂,2009,34(8):28-31.
- [9] WANG H F, CHEN Y, ZHAO Y N, et al. Effects of replacing soybean meal by detoxified *Jatropha curcas* kernel meal in the diet of growing pigs on their growth, serum biochemical parameters and visceral organs [J]. Animal Feed Science and Technology, 2011, 170: 141-146.
- [10] 李宝才,龚宽俊,张惠芬,等. 生物柴油副产物小桐子油饼脱毒植物蛋白的生产方法:中国,201210369231.0[P]. 2012-09-27.
- [11] ROACH J S, DEVAPPA R K, MAKKAR H P S, et al. Isolation, stability and bioactivity of *Jatropha curcas* phorbol esters [J]. Fitoterapia, 2012, 83: 586-592.
- [12] 范镇基. 鸡的必需氨基酸[J]. 养禽与禽病防治,1983(1):9-10.
- [13] 许振英. 猪的必需氨基酸需要进展[J]. 养猪,1993(2):41-44.
- [14] 武文祥. 天然竹纤维的木质素去除及其细化研究[D]. 北京:北京服装学院服装艺术与工程学院,2007:3-8.
- [15] 王永庆,叶元土,华雪铭,等. 6种油脂和大豆粉、菜籽粉氧化指标及其脂肪酸组成的变化[J]. 安徽农业大学学报,2012,39(3):356-360.
- [16] 中国农业科学院北京畜牧兽医研究所. 中国饲料成分及营养价值表[J]. 中国饲料,2007(21):34-39.
- [17] 张维农,刘大川. 大豆分离蛋白H₂O₂氧化改性研究[J]. 中国油脂,2005,30(5):32-35.

(责任编辑:张明霞)