

版纳印奇果毒理学安全性研究

李 彬, 覃光球, 赵 鹏, 覃辉艳, 姚思宇
(广西壮族自治区疾病预防控制中心, 广西南宁 530028)

[摘要] **目的** 评价版纳印奇果的毒理学安全性. **方法** 采用小鼠急性经口毒性试验、遗传毒性试验和大鼠 30 d 喂养试验对版纳印奇果的毒理学安全性进行评价. **结果** 试验得知该样品对雌、雄性小鼠的急性经口毒性 LD₅₀ 分别为 7 940 和 9 260 mg/kg. Ames 试验、小鼠骨髓细胞微核试验以及小鼠精子畸形三项遗传毒性试验结果均为阴性. 大鼠 30 d 喂养试验结果表明版纳印奇果可以导致大鼠的体重增长缓慢, 并降低大鼠的食物利用率; 导致大鼠肝、肾的绝对重量减小, 并增大大鼠的肝体比、肾体比. 对大鼠的各项血常规指标以及血清生化指标无显著影响; 对大鼠的肝脏功能有一定的不良影响; 病理组织检查结果显示, 该样品对大鼠的肝脏具有明显的损害作用. **结论** 该版纳印奇果样品在当前试验条件下具有一定的毒副作用.

[关键词] 版纳印奇果; 毒理学安全性; 30 d 喂养试验

[中图分类号] R155.5 [文献标识码] A [文章编号] 2095 - 610X (2014) 07 - 0017 - 06

Toxicological Evaluation of the Safety of Sacha Inchi (Plukenetia volubilis linneo)

LI Bin, QIN Guang - qiu, ZHAO Peng, QIN Hui - yan, YAO Si - yu
(Guangxi Autonomous Regional Center for Disease Control and Prevention, Nanning Guangxi 530028, China)

[Abstract] **Objective** To evaluate the safety of sacha inchi (*Plukenetia volubilis linneo*) as a health food. **Method** Acute oral toxicity test, genetic toxicity tests, and rats 30 days feeding test were conducted to evaluate the safety of sacha inchi. **Results** LD₅₀ of sacha inchi were 7940 mg/kg BW for female mice and 9260 mg/kg BW for male mice. Results of the genetic tests, including the Ames test, bone marrow cells micronucleus assay, and the sperm abnormality test, were negative. Results of the 30 days feeding test showed that sacha inchi had negative effects on the weight gain, food utilization rate, blood count, and serum chemistries. Significant pathological injury in the liver of rats was observed. **Conclusion** Sacha inchi is toxic under the current experimental conditions.

[Key words] Sacha inchi; Toxicological safety; 30 days feeding test

版纳印奇果为大戟科多年生藤本植物, 学名 *Plukenetia volubilis linneo*, 英文名 Sacha inchi. 原产南美洲安第斯山脉地区热带雨林, 最初由印加人变野生为家种, 在南美洲印加地区当地居民食用此果的历史已有上千年. 版纳印奇果于 2006 年引种至西双版纳, 中文名称暂定为“版纳印奇果”. 版纳印奇果是一种极具营养价值的植物, 果仁的脂肪和蛋白含量均较高, 其含油量为可达 35%~60%, 而蛋白含量为 30%左右^[1,2], 与杏仁、

花生仁、核桃仁、菜籽、大豆等多数油料作物媲美. 其中, 果仁中的 ω -脂肪酸含量相当高, 例如 ω -3 脂肪酸可达油脂含量的 45%, ω -6 脂肪酸可达 35%^[2]. 由于上述特点, 版纳印奇果的营养和保健效果日益受到关注^[1]. 目前对于产于南美的版纳印奇果的成分、理化性质、以及毒理学和功能学的研究已有不少, 对引种到我国西双版纳地区的这一植物果仁的研究也已陆续开展. 本文旨在通过小鼠急性经口毒性试验、遗传毒性试验和大鼠 30 d

[基金项目] 广西科技基础条件平台建设项目 (12-97-18)

[作者简介] 李彬 (1965~), 男, 广西北海市人, 医学学士, 副主任技师, 主要从事卫生毒理学工作.

[通讯作者] 覃光球. E-mail: qinguangqiu@sina.com

喂养试验, 评估版纳印奇果的毒理学安全性, 为以版纳印奇果为主要原料的保健食品的开发提供试验依据。

1 材料与方法

1.1 样品

本试验受试物为云南省某公司送检的版纳印奇果产品, 产品为版纳印奇果新鲜果仁, 生产日期为 2010 年 11 月 23 日, 人体推荐剂量为 600 mg/kg BW. 使用前, 加入适当比例的纯水后用高速磨浆机把果仁磨成粘稠匀浆, 实验时根据试验项目不同用纯水配制成所需浓度混悬液或按需要的比例掺入饲料烤制后喂饲动物。

1.2 实验动物及实验环境

SPF 级健康昆明种小鼠由广西医科大学实验动物中心提供, 实验动物质量合格证号为 0001873。

$$\text{实际摄入样品的剂量} = \frac{30 \text{ d 动物进食饲料量之和} \times \text{饲料中样品的含量比例}}{30 \text{ d 动物体重之和}}$$

急性毒性试验、遗传毒性试验的样品按照相应的剂量用纯水配制成混悬液以供实验用。其中, 小鼠急性经口毒性试验采用 Horn 氏法, 设 21 500、10 000、4 640、2 150 mg/kg BW 4 个剂量组 (以样品干重记, 下同), 每组 10 只小鼠, 雌、雄性各半。Ames 试验设置 5 000、1 000、200、40、8 $\mu\text{g}/\text{皿}$ 5 个剂量组, 阳性对照物使用迭氮钠 (NaN)、2-氨基苄 (2-AF)、丝裂霉素 (MMC) 和柔红霉素 (DNR), 以 S9 混合液作为体外代谢活化系统。小鼠骨髓细胞微核试验和小鼠精子畸形试验设置 5 000、2 500、1 250 mg/kg BW 3 个剂量组、一个纯水阴性对照组和一个剂量为 40 mg/kg BW 的环磷酰胺阳性对照组。小鼠灌胃量为 0.2 mL/10 g BW。

大鼠 30 d 喂养试验设置 30 000、45 000、60 000 mg/kg 3 个剂量组和一个纯水阴性对照组, 分别相当于人体推荐剂量的 50、75、100 倍。大鼠 30 d 喂养试验采用掺入饲料法给样, 以本实验室的历史参考值为依据, 按大鼠每天摄食量为自身体重的 13% 计算大鼠每日理论进食量, 按比例将样品掺入饲料。因样品本身含有约 30% 蛋白质含量, 超过基础饲料含量的蛋白质, 故不再在饲料另外补充蛋白质。分别给相应剂量组大鼠喂饲掺入样品的饲料, 对照组给予基础饲料。大鼠单笼饲养, 自由摄食饮水, 每天喂给饲料 1 次, 连续 30 d。最后的实际摄入量按照实际摄入饲料总量计算。

SPF 级 SD 种大鼠由广东省医学实验动物中心提供, 实验动物质量合格证号为 0097171。动物实验室为屏障系统, 动物室温度: 22 $^{\circ}\text{C}$ ~ 25 $^{\circ}\text{C}$, 相对湿度: 55% ~ 70%。

1.3 菌株

鼠伤寒沙门氏菌组氨酸缺陷型 TA97、TA98、TA100、TA102 4 种菌株, 由北京市疾病预防控制中心提供。

1.4 试验仪器

日立 KY2000 半自动生化仪, 西森美康 XT1800i 全自动血球计数仪, 西德莱兹 EHF 照相显微镜。

1.5 试验方法

急性毒性试验、遗传毒性试验及大鼠 30 d 喂养试验主要参照 GB15193-2003 的相关试验方法进行^[3]。

1.6 统计学处理

应用统计软件 SPSS 对试验数据进行单因素方差分析和组间比较。小鼠骨髓细胞微核试验数据采用泊松分布均数比较法分析。小鼠精子畸形试验数据采用 χ^2 检验统计处理。

2 结果

2.1 急性经口毒性

给受试物后半小时内, 可见剂量组部分受试动物出现呆滞、对外反应迟钝等中毒症状, 中毒严重者衰竭、死亡。死亡时间为给受试物后 4 ~ 72 h 内, 解剖死亡动物观察, 发现有消化性梗阻现象, 其他主要脏器未见异常。试验结束解剖存活的动物, 大体观察未见异常。根据剂量组小鼠死亡情况计算, 该样品对雌、雄性小鼠的急性经口毒性 LD50 分别为 7 940 和 9 260 mg/kg BW。根据食品的急性毒性评价规定, 该样品的急性经口毒性属实际无毒级。

2.2 遗传毒性

Ames 试验中, TA97a、TA98、TA100 和 TA102 四种菌株的回复突变菌落数均未超过自发回复突变菌落数的 2 倍, 亦无剂量—反应关系。样品剂量组与阴性对照组的小鼠骨髓细胞微核率范围为 0.8‰ ~ 1.2‰, 阳性对照组的小鼠骨髓细胞微核率为 24.4‰ ~ 24.8‰, 各剂量组骨髓细胞微核率与阴性对照组相比均差异无统计学意义 ($P > 0.05$), 而

各剂量组与环磷酰胺阳性对照组比较差异有统计学意义 ($P < 0.01$)。样品剂量组与阴性对照组的小鼠精子畸形率范围为 1.33% ~ 1.51%，阳性对照组的小鼠精子畸形率为 4.01%，各剂量组精子畸形率与阴性对照组相比差异无统计学意义 ($P > 0.05$)，而与环磷酰胺阳性对照组比较差异有统计学意义 ($P < 0.01$)。

2.3 大鼠 30 d 饲养试验

实验期间，各剂量组动物生长发育缓慢，活动量明显少于对照组，各组动物均无死亡。根据各组动物的进食量计算得的实际摄入样品的剂量计算公式来计算。

与实验设计的剂量基本一致，最低为推荐量的 41.8 倍，最高为推荐量的 100.2 倍。虽然设计剂量较高 (达到 60 000 mg/kg BW)，但未见动物死亡，可能是因为使用的是掺入饲料方式给样品，和急性毒性试验中的一次性灌胃引起消化性梗阻不同，同时掺入饲料后经过了一定温度的烤制 (80℃ 烘烤 3 h)，对样品的生物活性可能有一定的影响，但如果需要取得这方面证据都有待进一步的试验。

以 60 000、45 000、30 000 mg/kg BW 剂量的版纳印奇果饲喂大鼠 30 d，从第 2 周开始，样品各剂量组雌雄大鼠每周的体重、增重量均低于对照组，每周食物利用率及总食物利用率也低于对照组，其差异有统计学意义 ($P < 0.05$)，且有明显的剂量反应关系 (表 1、2)；大鼠各剂量组每周进食量及总进食量普遍略少于对照组，除了第 2 周雌性高中剂量组与对照组比较差异有统计学意义 ($P < 0.05$)，其它差异无显著性 ($P > 0.05$ ，表 3)。表明该样品可以导致大鼠的体重增长缓慢，并降低大鼠的食物利用率。

样品各剂量组雌、雄性大鼠的血红蛋白、红细胞计数、白细胞计数等各项血常规指标，均在正常值范围内，且与对照组值相比差异无统计学意义 ($P > 0.05$)，表 4、表 5。

血液生化指标的检测结果见表 6、7。以 60 000、45 000、30 000 mg/kg BW 剂量的版纳印奇果掺入饲料中连续给大鼠喂养 30 d，样品各剂量组雌、雄性大鼠的血清谷草转氨酶和谷丙转氨酶活性高于对照组，其中雄性高剂量组，雌性高、中剂量组的谷草转氨酶与对照组比较的差异有统计学意义 ($P < 0.05$)，且有明显的剂量反应关系；雄

性高、中剂量组，雌性高剂量组的谷丙转氨酶与对照组比较的差异有显著性 ($P < 0.05$)，且有明显的剂量反应关系；样品各剂量组雌雄大鼠的血清白蛋白低于对照组，其中雄性高剂量组和雌性高、中剂量组与对照组的差异有显著性 ($P < 0.05$)，且有明显的剂量反应关系；雌性高剂量组大鼠的血清胆固醇显著高于对照组 ($P < 0.05$)，雄性各剂量组大鼠的血清胆固醇、雌雄各剂量组大鼠的血清甘油三酯和总蛋白也都有一定改变趋势，但总体方差分析结果无显著性 ($P > 0.05$)。各剂量组大鼠的血清尿素氮、肌酐、血糖与对照组相比较无显著差别 ($P > 0.05$)。综合以上血液生化指标检测结果，表明该样品对大鼠的肝脏功能有一定的不良影响。

样品对大鼠脏器重量的影响见表 8、9。以 60 000、45 000、30 000 mg/kg BW 剂量的版纳印奇果饲喂大鼠 30 d，样品各剂量组大鼠的肝、肾、脾、雄鼠睾丸重量均小于对照组，除睾丸重外，其余各脏器重均有 1 到 2 个剂量组与对照组的差异有统计学意义 ($P < 0.05$)。与对照组比较，剂量组的肝 / 体、肾 / 体比有增大趋势，其中雄性高剂量肝 / 体比值与对照组的差异有统计学意义 ($P < 0.05$)，肾 / 体比值统计分析结果差异无统计学意义 ($P > 0.05$)，雄性各个剂量组辜 / 体比值显著大于对照组 ($P < 0.05$)。试验结果表明该样品可以导致大鼠肝、肾的绝对重量减小 (体重也相应小)，并增大大鼠的肝体比、辜体比。

实验结束处死大鼠，解剖观察，发现各剂量组动物肝脏颜色发黄。取主要脏器进行组织病理切片检查，结果显示：高、中剂量组全部大鼠的肝小叶均可见不同程度的脂肪变性，多只大鼠的肝小叶可见肝细胞肿胀以及气球样变，严重者肝小叶结构杂乱不清，肝细胞索排列零乱。上述病变以肝小叶周边部为主，且高剂量组病变程度较中剂量组重，而对照组未见上述病变。高剂量组 1 只雄性、对照组雌雄性各 1 只大鼠的肝小叶可见肝细胞点状坏死，对照组雌雄性各 1 只大鼠的肝脏汇管区可见少量炎细胞浸润。高剂量有 2 只雄性和 1 只雌性、对照组有 1 只雄性和 1 只雌性大鼠的肾皮质部间质可见少量炎细胞浸润。以上高剂量组和对照组的肝细胞点状坏死、肝汇管区炎细胞浸润及肾皮质部间质炎细胞浸润属动物的自发轻型病变，且两组动物的组织病变程度相似，其他脏器组织未见病理组织学改变。从病理结果来看，该样品对大鼠的肝脏有明显的损害作用。

表 1 版纳印奇果 30 d 喂养试验各组大鼠体重情况 ($\bar{x} \pm s$)Tab. 1 The body weight of rats after 30 days Sacha inchi feeding test ($\bar{x} \pm s$)

性别	剂量组	n	初重 (g)	第 1 周 (g)	第 2 周 (g)	第 3 周 (g)	终末重 (g)
雄	高剂量	10	79.2 ± 5.8	126.7 ± 9.1	173.4 ± 13.5**	211.4 ± 17.3**	243.6 ± 19.2**
	中剂量	10	78.5 ± 6.2	128.8 ± 9.4	178.0 ± 14.6*	217.6 ± 19.5**	251.5 ± 23.4**
	低剂量	10	78.3 ± 6.3	132.0 ± 10.8	185.2 ± 15.4	229.4 ± 20.0*	267.0 ± 20.0**
	对照组	10	78.3 ± 5.6	134.8 ± 7.5	195.2 ± 13.3	250.9 ± 19.6	301.9 ± 26.2
雌	高剂量	10	72.5 ± 3.8	110.3 ± 6.6	136.1 ± 8.8**	148.5 ± 10.8**	161.0 ± 11.8**
	中剂量	10	72.5 ± 3.3	114.7 ± 5.6	143.4 ± 8.8	158.2 ± 11.3**	172.9 ± 13.3**
	低剂量	10	73.5 ± 3.1	117.2 ± 6.8	147.2 ± 10.3	163.0 ± 13.0	178.8 ± 15.3*
	对照组	10	73.0 ± 4.4	117.9 ± 7.4	150.2 ± 11.2	175.8 ± 13.8	198.1 ± 16.4

与对照组比较, * $P < 0.05$, ** $P < 0.01$.

表 2 版纳印奇果对大鼠食物利用的影响 [% ($\bar{x} \pm s$)]Tab. 2 Effect of Sacha inchi on the food utilization rate of rats [% ($\bar{x} \pm s$)]

性别	剂量组	n	第 1 周	第 2 周	第 3 周	第 4 周	总利用率
雄	高剂量	10	44.4 ± 4.0	33.7 ± 2.6**	22.3 ± 1.9**	13.8 ± 2.6**	25.3 ± 2.1**
	中剂量	10	48.4 ± 3.7	36.6 ± 3.0	24.3 ± 2.2**	15.1 ± 1.4**	27.7 ± 2.0**
	低剂量	10	49.2 ± 3.7	37.5 ± 4.2	25.1 ± 2.5**	15.6 ± 1.9**	28.2 ± 2.5*
	对照组	10	48.0 ± 4.6	39.8 ± 4.0	29.8 ± 2.4	19.9 ± 2.2	31.4 ± 2.9
雌	高剂量	10	38.9 ± 3.6*	25.4 ± 2.4	14.4 ± 1.8**	8.9 ± 1.6**	19.8 ± 1.8**
	中剂量	10	40.3 ± 3.7	25.9 ± 2.3	15.3 ± 1.8**	9.8 ± 1.4**	20.8 ± 2.2**
	低剂量	10	44.9 ± 4.4	29.3 ± 3.0	17.6 ± 2.4**	11.5 ± 1.7**	23.7 ± 2.2
	对照组	10	43.7 ± 4.0	28.9 ± 2.9	21.5 ± 2.1	14.2 ± 1.4	25.5 ± 2.3

与对照组比较, * $P < 0.05$, ** $P < 0.01$.

表 3 版纳印奇果对每周进食量及总进食量的影响 ($\bar{x} \pm s$)Tab. 3 The results of blood routine examination after 30 days Sacha inchi feeding test ($\bar{x} \pm s$)

性别	剂量组	n	第 1 周进食量 (g)	第 2 周进食量 (g)	第 3 周进食量 (g)	第 4 周进食量 (g)	总进食量 (g)
雄	高剂量	10	107.5 ± 11.6	139.0 ± 14.4	171.0 ± 19.4	235.8 ± 25.0	653.3 ± 69.9
	中剂量	10	104.2 ± 11.7	134.6 ± 15.2	163.3 ± 19.5	225.0 ± 29.2	627.1 ± 75.3
	低剂量	10	109.9 ± 12.4	142.8 ± 16.6	177.1 ± 20.7	242.8 ± 27.0	672.6 ± 76.1
	对照组	10	117.7 ± 8.9	151.6 ± 10.2	186.6 ± 14.3	256.2 ± 21.9	712.1 ± 54.7
雌	高剂量	10	97.1 ± 7.1	101.8 ± 7.7*	106.7 ± 8.2	140.6 ± 12.3	446.2 ± 34.8
	中剂量	10	105.1 ± 13.1	111.2 ± 13.8*	116.5 ± 14.5	150.7 ± 18.9	483.5 ± 60.1
	低剂量	10	97.8 ± 10.7	102.8 ± 11.9	107.3 ± 12.9	137.1 ± 16.7	445.0 ± 52.1
	对照组	10	102.8 ± 10.0	111.7 ± 10.3	119.5 ± 12.2	157.2 ± 14.0	491.2 ± 46.2

与对照组比较, * $P < 0.05$.

表 4 版纳印奇果 30 天喂养试验结束大鼠血常规指标检查结果 ($\bar{x} \pm s$)Tab. 4 Effects of Sacha Inchi on blood routine index of rats in 30 days feeding test ($\bar{x} \pm s$)

性别	剂量组	n	血红蛋白 (g/L)	红细胞 ($10^{12}/L$)	血小板 ($10^9/L$)
雄	高剂量	10	160.7 ± 7.8	8.24 ± 0.48	1 017.6 ± 188.6
	中剂量	10	162.3 ± 9.1	8.30 ± 0.40	1 041.4 ± 162.5
	低剂量	10	163.8 ± 5.8	8.50 ± 0.50	986.3 ± 135.3
	对照组	10	168.2 ± 7.4	8.38 ± 0.53	1 001.1 ± 196.9
雌	高剂量	10	158.9 ± 7.6	8.06 ± 0.52	1 284.6 ± 189.3
	中剂量	10	160.2 ± 11.5	8.16 ± 0.37	1 187.6 ± 207.4
	低剂量	10	161.9 ± 6.5	8.31 ± 0.31	1 191.5 ± 205.6
	对照组	10	166.2 ± 5.5	8.01 ± 0.21	1 198.1 ± 164.7

表 5 版纳印奇果 30 天喂养试验结束大鼠血常规指标检查结果 ($\bar{x} \pm s$)
Tab. 5 The results of blood routine examination after 30 days Sacha inchi feeding test ($\bar{x} \pm s$)

性 别	剂 量 组	n	白细胞 ($10^9/L$)	白细胞分类 (%)				
				淋巴细胞	中性粒细胞	单核细胞	嗜酸性细胞	嗜碱性细胞
雄	高剂量	10	8.63 ± 2.18	82.1 ± 3.1	12.0 ± 2.4	4.95 ± 0.80	0.86 ± 0.53	0.12 ± 0.13
	中剂量	10	8.12 ± 1.31	84.1 ± 3.2	10.4 ± 2.5	4.51 ± 1.25	0.82 ± 0.35	0.13 ± 0.14
	低剂量	10	8.68 ± 1.73	85.1 ± 2.9	9.4 ± 1.6	4.47 ± 1.46	0.91 ± 0.37	0.06 ± 0.10
	对照组	10	8.44 ± 1.91	82.8 ± 3.6	11.7 ± 3.7	4.32 ± 0.90	1.04 ± 0.77	0.09 ± 0.20
雌	高剂量	10	8.07 ± 1.44	86.2 ± 4.9	8.4 ± 3.9	4.22 ± 1.55	1.20 ± 0.55	0.03 ± 0.09
	中剂量	10	7.94 ± 1.24	83.4 ± 4.7	11.2 ± 3.8	4.46 ± 1.30	0.87 ± 0.44	0.02 ± 0.06
	低剂量	10	8.03 ± 1.95	86.4 ± 4.2	8.5 ± 3.8	4.11 ± 1.37	0.99 ± 0.59	0.02 ± 0.06
	对照组	10	7.93 ± 1.55	85.7 ± 3.3	9.1 ± 3.0	3.81 ± 0.81	1.41 ± 0.81	0.03 ± 0.07

表 6 版纳印奇果 30 d 喂养试验结束大鼠血液生化指标检查结果 ($\bar{x} \pm s$)
Tab. 6 The results of blood biochemical examination after 30 days Sacha inchi feeding test ($\bar{x} \pm s$)

性 别	剂 量 组	n	谷草转氨酶 (U/L)	谷丙转氨酶 (U/L)	尿素氮 (mmol/L)	肌酐 ($\mu\text{mol/L}$)
雄	高剂量	10	126.9 ± 14.4**	62.81 ± 9.41**	6.51 ± 0.63	33.22 ± 3.29
	中剂量	10	120.6 ± 12.9	61.32 ± 9.68*	6.62 ± 0.73	31.10 ± 2.67
	低剂量	10	115.3 ± 11.6	56.97 ± 8.82	6.59 ± 0.72	33.54 ± 3.51
	对照组	10	109.5 ± 8.2	50.71 ± 5.49	6.80 ± 0.44	32.16 ± 2.58
雌	高剂量	10	119.8 ± 11.4*	62.17 ± 8.19**	7.61 ± 0.87	34.71 ± 3.66
	中剂量	10	118.9 ± 10.3*	59.84 ± 7.06	7.42 ± 0.52	36.94 ± 2.71
	低剂量	10	110.9 ± 10.6	56.42 ± 5.52	7.70 ± 0.70	37.24 ± 3.58
	对照组	10	105.8 ± 8.7	52.50 ± 5.95	7.61 ± 0.63	37.58 ± 3.20

与对照组比较, * $P < 0.05$, ** $P < 0.01$.

表 7 版纳印奇果 30 d 喂养试验结束大鼠血液生化指标检查结果 ($\bar{x} \pm s$)
Tab. 7 The results of blood biochemical examination after 30 days Sacha inchi feeding test ($\bar{x} \pm s$)

性 别	剂 量 组	n	胆固醇 (mmol/L)	甘油三酯 (mmol/L)	总蛋白 (g/L)	白蛋白 (g/L)	血糖 (mmol/L)
雄	高剂量	10	2.04 ± 0.34	1.52 ± 0.24	72.65 ± 5.43	33.75 ± 4.75*	5.62 ± 0.63
	中剂量	10	1.95 ± 0.31	1.36 ± 0.27	75.18 ± 6.14	35.14 ± 3.84	5.77 ± 0.32
	低剂量	10	1.79 ± 0.25	1.38 ± 0.24	75.96 ± 5.29	37.85 ± 3.78	5.82 ± 0.56
	对照组	10	1.81 ± 0.27	1.27 ± 0.24	78.07 ± 5.63	38.82 ± 2.93	5.54 ± 0.42
雌	高剂量	10	2.54 ± 0.22*	1.50 ± 0.23	73.80 ± 7.43	35.52 ± 4.46**	5.41 ± 0.37
	中剂量	10	2.38 ± 0.26	1.39 ± 0.20	75.74 ± 7.27	37.10 ± 4.24*	5.63 ± 0.48
	低剂量	10	2.23 ± 0.34	1.42 ± 0.23	79.74 ± 6.54	38.20 ± 3.75	5.85 ± 0.61
	对照组	10	2.18 ± 0.28	1.34 ± 0.23	79.62 ± 3.60	41.61 ± 2.24	5.78 ± 0.75

与对照组比较, * $P < 0.05$, ** $P < 0.01$.

表 8 版纳印奇果对大鼠脏器重量的影响 ($\bar{x} \pm s$)
Tab. 8 Effect of Sacha inchi on the organ weight of rats ($\bar{x} \pm s$)

性 别	剂 量 组	n	空腹体重 (g)	肝脏 (g)	肾脏 (g)	脾脏 (g)	睾丸 (g)
雄	高剂量	10	237.2 ± 8.8**	8.255 ± 0.858	1.896 ± 0.163*	0.634 ± 0.087*	2.682 ± 0.265
	中剂量	10	245.2 ± 21.9**	8.077 ± 1.134*	1.898 ± 0.186*	0.608 ± 0.063**	2.837 ± 0.205
	低剂量	10	258.5 ± 19.0**	8.565 ± 0.898	1.976 ± 0.217	0.664 ± 0.092	2.812 ± 0.225
	对照组	10	289.6 ± 25.4	9.260 ± 1.080	2.166 ± 0.205	0.724 ± 0.057	2.926 ± 0.251
雌	高剂量	10	157.5 ± 11.2**	5.424 ± 0.643*	1.278 ± 0.147*	0.401 ± 0.044*	0.000 ± 0.000
	中剂量	10	169.6 ± 12.3**	5.975 ± 0.294	1.332 ± 0.139	0.429 ± 0.058	0.000 ± 0.000
	低剂量	10	173.4 ± 14.7**	5.633 ± 0.604	1.353 ± 0.132	0.431 ± 0.046	0.000 ± 0.000
	对照组	10	190.3 ± 15.4	6.180 ± 0.612	1.466 ± 0.154	0.469 ± 0.070	0.000 ± 0.000

与对照组比较, * $P < 0.05$, ** $P < 0.01$.

表 9 版纳印奇果对大鼠脏器 / 体重比值的影响 ($\bar{x} \pm s$)
 Tab. 9 Effect of Sacha inchi on the organ/body weight of rats ($\bar{x} \pm s$)

性别	剂量组	n	肝脏 (%)	肾脏 (%)	脾脏 (%)	睾丸 (%)
雄	高剂量	10	3.484 ± 0.293*	0.802 ± 0.076	0.267 ± 0.028	1.132 ± 0.080**
	中剂量	10	3.288 ± 0.314	0.775 ± 0.055	0.249 ± 0.021	1.160 ± 0.055**
	低剂量	10	3.311 ± 0.216	0.765 ± 0.062	0.256 ± 0.026	1.090 ± 0.080*
	对照组	10	3.194 ± 0.201	0.748 ± 0.037	0.251 ± 0.025	1.011 ± 0.047
雌	高剂量	10	3.442 ± 0.313	0.810 ± 0.065	0.255 ± 0.025	0.000 ± 0.000
	中剂量	10	3.534 ± 0.241	0.786 ± 0.062	0.252 ± 0.018	0.000 ± 0.000
	低剂量	10	3.257 ± 0.325	0.782 ± 0.069	0.249 ± 0.022	0.000 ± 0.000
	对照组	10	3.251 ± 0.230	0.771 ± 0.052	0.246 ± 0.025	0.000 ± 0.000

与对照组比较, * $P < 0.05$, ** $P < 0.01$.

3 讨论

版纳印奇果已有上千年的食用历史, 果仁提取出的油脂和制成的面粉被用作多种食物原料. 版纳印奇果果仁含有丰富的油脂和蛋白质, 同时含有锰、钙、锌、铁、钾、铜等多种微量元素^[2]. 其油脂中含有的 $\omega-3$ 和 $\omega-6$ 脂肪酸对于冠状动脉心脏病和高血压的预防具有良好的作用^[4], 因此版纳印奇果作为食品或保健品的价值极高.

本试验评价以版纳印奇果果油及果仁脱脂蛋白粉为主要原料的版纳印奇果产品的毒理学安全性. 采用 Horn 氏法进行小鼠急性经口毒性试验, 得知该样品对雌、雄性小鼠的急性经口毒性 LD₅₀ 分别为 7 940 和 9 260 mg/kg BW. 按保健品急性毒性剂量分级标准评价, 该产品属实际无毒级. Ames 试验、小鼠骨髓细胞微核试验以及小鼠精子畸形 3 项遗传毒性试验结果均为阴性, 表明该产品无遗传毒性. 以 60 000、45 000、30 000 mg/kg BW 3 个剂量钙该产品进行大鼠 30 d 喂养试验, 结果表明该产品可以导致大鼠的体重增长缓慢, 并降低大鼠的食物利用率; 导致大鼠肝、肾的绝对重量减小, 并增大大鼠的肝体比、睾体比. 对大鼠的各项血常规指标无显著影响; 血清生化指标方面, 显示该样品

对大鼠的肝脏功能有一定的不良影响, 进一步结合病理组织检查结果表明, 该样品对大鼠的肝脏具有明显的损害作用. 综合各个试验结果, 提示该版纳印奇果新鲜整体果仁在当前试验条件下具有一定的毒副作用. 具体毒性因子以及相关产品的保健食品毒理学安全性和功效有待于进一步深入研究.

[参考文献]

- [1] CAI Z Q. Advance in research on a special woody oilseed crop, *Plukenetia volubilis* [J]. *China Oils Fats*, 2011, 33 (10): 1 - 6.
- [2] GUTIERREZ L, ROSADA L, JIMENEZ A. Chemical composition of sachal inchi (*Plukenetia volubilis* L.) seeds and characteristics of their lipid fraction [J]. *Grasas Aceites*, 2011, 62(1): 76 - 83.
- [3] 中华人民共和国卫生部, 中国国家标准化管理委员会. GB15193-2003. 食品安全性毒理学评价程序和方法 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2003: 1 - 55, 85 - 89.
- [4] FOLLEGATTI-ROMERO L A, PIANINO C R, GRIMA-LDI R, et al. Supercritical CO₂ extraction of omega-3 rich oil from sachal inchi (*Plukenetia volubilis* L.) seeds [J]. *Journal of Supercritical Fluids*, 2009, 49(3): 323 - 329.

(2014-04-12 收稿)