

风险评估

竹叶粉的食用安全性评价

王东霞^{1,2}, 谢静华^{1,3}, 袁亚^{1,4}, 李蕊瑞¹, 刘科亮⁵, 吴德举⁶, 陈锦瑶^{1,2}, 张立实^{1,2}

(1. 四川大学华西公共卫生学院, 四川大学华西第四医院, 四川 成都 610041; 2. 四川省食品安全监测与风险评估重点实验室, 四川 成都 610041; 3. 绵阳市第三人民医院·四川省精神卫生中心, 四川 绵阳 621000; 4. 成都医学院检验医学院, 四川 成都 610500; 5. 四川省疾病预防控制中心毒理检验所, 四川 成都 610041; 6. 四川省食品安全学会, 四川 成都 610041)

摘要:目的 评价竹叶粉的食用安全性。方法 通过文献检索、营养成分及活性成分检测、卫生学指标(重金属、农药残留和微生物污染)检测、毒理学安全性评价(急性经口毒性试验、三项遗传毒性试验和90 d经口毒性试验)等多方面综合评估竹叶粉食用安全性。结果 竹叶在国内外有悠久的食用和使用历史,未见有中毒和不良反应记载。竹叶样品含有蛋白质等营养成分,总酚含量较高,各项卫生学指标均未超出类似食品限量要求。毒理学安全性评价试验中,竹叶粉未表现出毒性作用,未观察到有害作用剂量为4.0 g/kg·BW。结论 竹叶粉摄入量低于6 g/d时,对一般成人可能造成的不良健康作用极小。

关键词: 竹叶粉; 竹叶; 成分分析; 污染物; 食品安全; 毒理学试验; 安全性评估

中图分类号: R155 文献标识码: A 文章编号: 1004-8456(2023)05-0717-06

DOI: 10.13590/j.cjfh.2023.05.013

Food safety assessment of bamboo leaf powder

WANG Dongxia^{1,2}, XIE Jinghua^{1,3}, YUAN Ya^{1,4}, LI Ruirui¹, LIU Keliang⁵,
WU Deju⁶, CHEN Jinyao^{1,2}, ZHANG Lishi^{1,2}

(1. West China School of Public Health, West China Fourth Hospital of Sichuan University, Sichuan Chengdu 610041, China; 2. Sichuan Key Laboratory of Food Safety Monitoring and Risk Assessment, Sichuan Chengdu 610041, China; 3. The Third Hospital of Mianyang, Sichuan Mental Health Center, Sichuan Mianyang 621000, China; 4. School of Laboratory Medicine of Chengdu Medical College, Sichuan Chengdu 610500, China; 5. Institute of Toxicology, Sichuan Center for Disease Control and Prevention, Sichuan Chengdu 610041, China; 6. Sichuan Institute of Food Safety, Sichuan Chengdu 610041, China)

Abstract: Objective To evaluate the food safety of bamboo leaf powder. **Methods** The edible safety of bamboo leaf powder was evaluated through a literature review and the following aspects were considered: nutritional composition and active ingredient detection, hygiene indexes (heavy metals, pesticide residues, and microbial contamination) detection, toxicological safety evaluation (acute oral toxicity, three genotoxicity, and 90-day oral toxicity tests). **Results** Bamboo leaves presented a long history of consumption and use at home and abroad, and no record of poisoning or adverse reactions was found. Bamboo leaf powder contained protein and other nutrients, and a relatively high phenol content. All the sanitary indicators did not exceed the limit requirements of similar foods. The toxicological safety evaluation test showed that bamboo leaf powder had no harmful effects and that its NOAEL was 4.0 g/kg·BW. **Conclusion** When the dosage of leaf powder is greater than 6 g/d, little adverse health effects may occur in the general adult population.

Key words: Bamboo leaf powder; bamboo leaves; component analysis; pollutants; food safety; toxicology experiment; safety evaluation

收稿日期: 2022-08-23

作者简介: 王东霞 女 在读研究生 研究方向为公共卫生

E-mail: 2268557871@qq.com

通信作者: 张立实 男 教授 研究方向为食品安全

E-mail: lishizhang_56@163.com

我国竹子资源丰富,素有“竹子王国”的称号,而竹叶资源一直以来都未得到充分的开发和利用。竹叶在我国具有悠久的食用和药用历史,《神农本草经》把竹叶列为中品药,多本古代本草著作也都认为竹叶安全无毒,且具有清热、解毒、止渴等作

用^[1]。然而目前还缺乏竹叶作为原料食用的安全性证据及相关标准,使其作为食品原料的开发和利用受到很大限制。

雅安市是四川省主要竹林种植区,有竹林 200 多万亩,所产竹子有“雅竹”之称。雅安市芦山县地方志中也有记载:“芦山盛产竹,民间自古以来素有抽取竹芯、竹叶鲜嫩部分泡茶和煮粥食用的习俗,此习俗具有 200 多年历史”。慈竹和箭竹均为雅安市主要竹种,《中国保健食用野生植物大典》^[2]提到“慈竹为药食兼用植物之一,其根、笋、叶、皮、箨等均可入药保健,笋和花可食用和食疗”。箭竹是大熊猫最喜爱竹叶来源。本研究所用的竹叶粉是慈竹和箭竹的竹叶粉末混合物。竹叶粉的原材料慈竹和箭竹的选择及二者比例的确定均在综合考虑当地竹种历史食用情况、竹叶资源分布和经济效益等因素后确定的。

近代对竹叶的使用和开发主要是提取竹叶抗氧化物和竹叶黄酮。竹叶抗氧化物是以刚竹属的嫩叶为原料制成的天然食品抗氧化剂,在 2004 年 4 月已被列为食品添加剂,现行标准为《食品安全国家标准 食品添加剂 竹叶抗氧化物》(GB 30615—2014)。《食品添加剂使用标准》(GB 2760—2014)提到竹叶抗氧化物的使用范围包括食用油脂、即食谷物、焙烤食品、肉制品、水产品、饮料和膨化食品等,最大使用量为 0.5 g/kg。竹叶黄酮也在 2014 年底被原国家卫生和计划生育委员会批准为“新食品原料”^[3]。

本研究所用的竹叶粉是梁山慈竹和箭竹以 4:1 比例制成超微粉末,本研究通过对竹叶的文献检索,对梁山慈竹和箭竹成分分析、卫生学指标检测,以及对竹叶粉(梁山慈竹和箭竹 4:1 混合)的毒理学安全性评价,初步评估竹叶粉的食用安全性,以期将其申报为地方特色食品,可直接利用其作为食品原料应用于烘焙食品、发酵食品和糖果生产中,为相关产业发展提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 材料

成分分析及卫生学检测所用的 8 份竹叶样品中 6 份是牡竹属(*Dendrocalamus* Nees)的梁山慈竹(*Dendrocalamus farinosus*)(编号为 1~6,分别采自雅安市的碧峰峡镇、周公山镇、栗子平乡、五宪乡和宜宾市竹海镇的双凤村和楠木村),2 份是箭竹属(*Fargesia* Franch. emend. Yi)的箭竹(*Fargesia*)(编号 7~8,分别采自雅安市荥经县与宝兴县)。毒理学评价所用的竹叶粉样品是以梁山慈竹和箭竹叶片(二

者比例 4:1)为原料。竹叶原材料经过清洗、烫漂、护色、干燥、杀菌、超微粉碎等工艺加工制成的粉状产品。样品由森隆生物科技有限公司加工制作并提供。

1.2 文献检索

在中国期刊数据库、维普、万方数据库、PubMed 数据库、中国方志库以及中华经典古籍库等以“食用”或“食品”AND“竹叶”或“bamboo leaf”为关键词进行检索,将以竹叶的食用、使用、药用、不良反应等为主要研究目的的文献纳入分析。

1.3 成分分析

对 8 份竹叶样品的营养成分包括蛋白质、膳食纤维、水分、灰分、矿物质(钠、钾、钙、铁、镁、锰、硒、磷)进行检测分析。蛋白质的测定采用《食品安全国家标准 食品中蛋白质的测定》(GB 5009.5—2016);膳食纤维的测定采用《食品安全国家标准 食品中膳食纤维的测定》(GB 5009.88—2014);水分测定采用《食品安全国家标准 食品中水分的测定》(GB 5009.3—2016);灰分测定采用《食品安全国家标准 食品中灰分的测定》(GB 5009.4—2016);钠、钾、钙、铁、镁、锰测定采用《食品安全国家标准 食品中多元素的测定》(GB 5009.268—2016);硒的测定采用《食品安全国家标准 食品中硒的测定》(GB 5009.93—2017);磷的测定采用《食品安全国家标准 食品中磷的测定》(GB 5009.87—2016)。

对 8 份竹叶样品中的主要活性成分总酚进行检测,采用《食品安全国家标准 食品添加剂 竹叶抗氧化物》(GB 30615—2014)。

1.4 卫生学指标检测

对 8 份竹叶样品的重金属、农药残留、微生物指标进行检测。重金属检测指标包括铅、镉、总汞、总砷。铅含量测定采用《食品安全国家标准 食品中铅的测定》(GB 5009.12—2017);镉含量测定采用《食品安全国家标准 食品中镉的测定》(GB 5009.15—2014);总汞含量测定采用《食品安全国家标准 食品中总汞及有机汞的测定》(GB 5009.17—2014);总砷含量测定采用《食品安全国家标准 食品中总砷及无机砷的测定》(GB 5009.11—2014)。

农药残留检测项目包括六六六和滴滴涕,检测采用《食品中有机氯农药多组分残留量的测定》(GB/T 5009.19—2008)。

微生物指标包括菌落总数、大肠菌群、霉菌、酵母菌、两种致病菌(沙门氏菌、金黄色葡萄球菌)。菌落总数的测定采用《食品安全国家标准 食品微生物学检验 菌落总数测定》(GB 4789.2—2016);大肠菌群的测定采用《食品安全国家标准 食品微生物学检

验 大肠菌群计数》(GB 4789. 3—2016);霉菌和酵母菌的测定采用《食品安全国家标准 食品微生物学检验 霉菌和酵母计数》(GB 4789. 15—2016);金黄色葡萄球菌的测定采用《食品安全国家标准 食品微生物学检验 金黄色葡萄球菌检验》(GB 4789. 10—2016);沙门氏菌的测定采用《食品安全国家标准 食品微生物学检验 沙门氏菌检验》(GB 4789. 4—2016)。

1.5 毒理学安全性评估

参照新食品原料的毒理学实验要求,使用急性经口毒性试验、三项遗传毒性试验和 90 d 经口毒性试验对竹叶粉进行食用安全性评估。该部分试验由浙江省医学科学院、南京医科大学卫生测试分析

中心按照《食品安全国家标准 食品安全性毒理学评价程序和方法》(GB 15193—2014/2015)进行。毒理学试验方法详见表 1。

1.6 统计学分析

采用 SPSS 21.0 软件对原始数据进行统计分析。对成分分析结果进行统计描述。毒理学试验中的各组微核细胞率的差异分析采用 U 检验;各组染色体畸变率的差异分析采用 χ^2 检验;对 90 d 试验的各指标原始数据进行方差齐性检验,若方差齐则用单因素方差分析,当 $P < 0.05$,用 Dunnett- t 法进行两两比较;若方差不齐则采用秩和检验;尿液指标原始数据采用等级秩和检验进行统计处理。

表 1 竹叶粉的毒理学试验方法

Table 1 Toxicological test method for bamboo leaf powder

试验项目	方法依据	试验对象	给药方式	剂量设计	频次/时长
急性经口毒性试验	GB 15193.3—2014	20 只 ICR 小鼠,雌雄各半	限量法灌胃	20.0 g/(kg·BW),以 1% 羧甲基纤维素钠(CMC-Na)为溶剂,灌胃体积是 20 mL/kg·BW,剂量设计依据:限量法规定 首次试验设置剂量为 50、150、500、1 500、5 000 $\mu\text{g}/\text{mL}$,证实试验调整剂量为 8、40、200、1 000、5 000 $\mu\text{g}/\text{mL}$,同时设蒸馏水对照组、二甲基亚砜(DMSO)对照组、未处理对照组和阳性对照组,以 DMSO 为溶剂,剂量设计依据:根据细菌毒性和竹叶粉溶解情况	灌胃 2 次,间隔 4 h
细菌回复突变试验	GB 15193.4—2014	TA97a、TA98、TA100、TA102 和 TA1535	平板掺入法	2 500、5 000 和 10 000 mg/kg·BW,溶剂对照组和环磷酰胺阳性对照组(40 mg/kg·BW CP),以 1%CMCC-Na 为溶剂,给样体积为 20 mL/kg(阳性组为 10 mL/kg),剂量设计依据:根据给药体积	细菌染毒后培养 48 h
小鼠骨髓细胞微核试验	GB 15193.5—2014	50 只 ICR 小鼠,雌雄各半	灌胃	312.5、625 和 1 250 $\mu\text{g}/\text{mL}$,DMSO 溶剂对照组和阳性对照组,以 DMSO 为溶剂,剂量设计依据:根据细胞毒性和竹叶粉溶解情况	30 h 两次给受试物法,给药间隔 24 h
体外中国仓鼠肺细胞染色体畸变试验	GB 15193.23—2014	中国仓鼠肺细胞株	体外细胞染毒	1.0、2.0、4.0 g/kg·BW/d 剂量组和基础饲料,剂量设计依据:已知 LD_{50} 大于 20.0 g/kg·BW,按 GB 15193.13—2015 中的要求“受试物掺入饲料比例一般小于质量分数 5%”设计剂量,因此最高剂量组竹叶粉样品掺入饲料占比 5%	细胞染毒 3 h
大鼠 90 d 经口毒性试验	GB 15193.13—2015	80 只 SD 大鼠,雌雄各半	拌饲法		90 d

2 结果

2.1 竹叶基本情况

竹叶在国内有悠久的食用和使用历史,多本著作记载竹叶用作药物时,不会对人体产生有害作用,是治病之良药(竹叶部分文献古籍记录详见表 2)。竹叶有多种食用方式,包括竹叶汤、竹叶粥、竹叶泡茶、竹叶酒等,部分食用记载还注有食用频率和食用量等信息,未发现竹叶有食用禁忌^[4]。除中国外,日本、韩国、印度、马来西亚等国家^[5]也对竹

叶进行了相关研究。文献和古籍调研表明,竹叶在按传统方法食用时未发现不良反应或不良事件的记载。

2.2 成分分析

8 份竹叶样品的成分分析结果及其他竹叶(茶)类成分对比见表 3。结果显示,蛋白含量最小值为编号为 4 的竹叶样品(6.5 g/100 g),最大值为编号为 5 的样品(18.3 g/100 g),竹叶样品的蛋白含量与箬竹叶和苦竹叶相当,但比淡竹叶低。膳食纤维是梁山

表2 竹叶部分文献古籍记录表

Table 2 Records of ancient books on bamboo leaves

医药著作	年代作者	关于竹叶记载
《神农本草经》	不详	中品药;竹叶,味苦,平,主欬逆上气溢,筋急恶痒,杀小虫,根作汤,益气止渴,补虚下气,汁主风痲,实通神明,轻身益气
《名医别录》	南朝 陶弘景	竹叶汤去烦热;味辛平,大寒
《千金月令》	唐 孙思邈	七月竹叶粥,中暑者宜用,并提到了竹叶粥(竹叶10g)的做法
《食医心鉴》	唐 昝殷	竹叶粥(鲜竹叶用量30g)的制作、详载用量、服法
《证类本草》	宋 唐慎微	味苦,平、大寒,无毒
《伤寒论》	汉 张仲景	记载有竹叶石膏汤,竹叶(6g),石膏(50g),半夏(9g),麦门冬(20g),人参(6g),粳米(10g),甘草(6g);温服一升,日三服;可清热生津,益气和胃
《本草求真》	清 黄宫绣	竹叶清心以涤烦
《四川中药志》	现 协作编写组	竹叶芯,清心,利尿,用于热病心烦,小便短赤,口舌生疮,附有方剂清宫汤:竹叶芯6g,玄参9g,莲子心1.5g,麦冬9g,连翘芯6g,煎水,后犀角3g磨汁冲服,治疗热病心烦,神昏谵语
《芦山县志》	现 编纂委员会	芦山盛产竹,民间自古以来素有抽取竹芯、竹叶鲜嫩部分泡茶和煮粥食用的习俗,亦常用竹编制器物使用
《千金方》	现 司宁宁	记载了食疗药方竹叶粥的做法(含鲜竹叶30g或干品15g),其有清热泻火、治疗心胃火盛型口疮的功效;还提到竹叶麦冬茶(含竹叶30g)的做法,其对慢性扁桃体炎尤为适宜
《会说话的食疗书》	现 柴瑞震	麦冬竹叶粥的做法,其有清热利尿,润肠通便的健康功效
《给“三高”人群的健康吃法》	现 吴玉梅	提到竹酒(嫩竹叶60g)、菊花竹叶茶(竹叶15g)的做法
《实用食疗养生》	现 陈长红	竹叶酒(竹叶用量500g)的做法以及儿科食疗“竹叶煎”(竹叶15~20片或竹芯20支,开水冲泡)的做法,其有治疗小儿夜啼的功效。

慈竹和箭竹的主要组成成分(其含量占总成分近50%),高于其他竹叶(茶)类,呈现出高膳食纤维的特点,而高膳食纤维饮食能很好的预防超重,肥胖、便秘等^[6]。竹叶样品含有钠、钾、钙、镁、磷、铁、锰等多种矿物质,其中钠含量较低(74.1~90.0 mg/kg),

钾含量较高(9 730.0~15 687.2 mg/kg),有低钠高钾的特征。现今高钠低钾饮食已成为患高血压的主要危险因素^[7],因此竹叶粉的摄入有利于平衡高钠低钾饮食,对高血压等慢性疾病有较好的防治作用。

表3 竹叶样品的成分分析结果及其他竹叶(茶)类成分对比表

Table 3 Table of nutritional composition test results of bamboo leaf powder samples and comparison of other leaf tea components

检测项目	样品编号								淡竹叶茶 ^[10]	箬竹叶 ^[11]	苦竹叶 ^[12]
	1	2	3	4	5	6	7	8			
蛋白质/(g/100g)	15.3	12.5	15.1	6.5	18.3	13.8	17.6	14.3	36.1(粗)	6.37(粗)	17.06(粗)
膳食纤维/(g/100g)	49.8	49.7	49.9	50.0	49.2	50.1	49.4	49.4	17.9(粗)	—	28.74(粗)
水分/(g/100g)	5.11	5.00	4.98	4.96	4.91	5.01	4.94	4.92	13.3	—	—
灰分/(g/100g)	12.0	12.1	12.1	12.0	12.0	12.0	12.1	12.1	10.5	4.5	7.1
钠/(mg/kg)	88.3	88.2	80.8	74.3	74.1	81.8	74.5	90.0	—	1 660.41	—
钾/(mg/kg)	10 221.3	10 230.3	9 972.2	15 687.2	14 321.4	9 730.0	15 131.3	10 238.6	1 287	15 148.5	—
钙/(mg/kg)	4 719.2	5 279.5	6 403.3	3 301.0	3 669.8	4 685.4	3 518.7	4 556.6	1 105	1 989.73	3 635.0
镁/(mg/kg)	2 679.6	2 743.6	2 359.3	2 111.9	2 125.8	2 565.0	2 186.6	4 555.6	40 287	—	—
磷/(mg/kg)	182	174	144	147	109	141	138	249	—	1 137.69	1 350.6
铁/(mg/kg)	381.1	512.5	463.3	359.9	257.3	344.3	237.1	451.8	10 664	92.73	199.9
锰/(mg/kg)	199.0	192.1	68.0	51.9	43.2	184.2	35.2	209.7	11 887	25.24	—
硒/(mg/kg)	--	--	--	--	--	--	--	--	—	—	—
总酚/%	1.8	1.8	0.94	0.59	1.3	1.2	0.9	2.2	—	—	—

注:--表示未检出,—表示缺乏数据

竹叶样品中总酚含量最低的是编号为4的慈竹竹叶样品(0.59%),含量最高的是编号8的箭竹样品(2.2%),梁山慈竹样品的总酚含量均值为1.27%。有研究发现多年生竹叶的总酚含量高于当年生新竹叶^[8],本文各样品总酚含量差异较大,这可能和本研究未严格控制竹叶采集年限有关。邓娇等^[9]研究了慈竹叶、苦竹叶、四季竹叶用超声波提取时总酚含量依次为0.978%、1.035%、0.882%,索氏提取时总酚含量依次为1.327%、1.308%、1.191%,本次测定的两种竹叶总酚含量与其他研究结果接近。

此次研究各竹叶样品的营养素及总酚含量间差异较大,这可能是由于检测样品份数较小,未严格控制竹叶样品生长时限等因素造成的,还需要更大样本量和更严格的采样要求(控制生长时限、采集季节、产地等因素)来进一步研究。

2.3 卫生学指标检测

竹叶粉卫生学指标检测结果及限量值评价见表4。检测结果表明,8份竹叶样品中铅的检出率是62.5%,最大值为0.23 mg/kg,与《食品安全国家标准 食品中污染物限量》(GB 2762—2022)中干制蔬菜的限量值0.8 mg/kg进行比较,全部未超出该限量

表4 竹叶样品的卫生学指标检测结果及限量值评价

Table 4 Test results of hygiene index and evaluation of limit value of bamboo leaf powder samples

检测项目	检出限	样品编号								限量标准	参考食物	限量值
		1	2	3	4	5	6	7	8			
铅/(mg/kg)	0.05	0.22	0.16	0.23	--	--	0.14	--	0.20	GB 2762—2022	干制蔬菜	0.8
镉/(mg/kg)	0.005	--	0.012	--	--	--	0.005	--	--	GB 2762—2022	叶类蔬菜	0.2
总汞/(mg/kg)	0.02	--	--	--	--	--	--	--	--	GB 2762—2022	蔬菜及其制品	0.01
总砷/(mg/kg)	0.1	--	--	--	--	--	--	--	--	GB 2762—2022	蔬菜及其制品	0.5
六六六/($\mu\text{g}/\text{kg}$)	0.16	--	--	--	--	--	--	--	--	GB2763—2019	各类食品	0.02 mg/kg
滴滴涕/($\mu\text{g}/\text{kg}$)	2.3	--	--	--	--	--	--	--	--	GB2763—2019	各类食品	0.02 mg/kg
菌落总数/(CFU/g)	—	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	GB 7101—2015	固体饮料	$m=10^3$ *
大肠菌群/(MNP/g)	—	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	GB 7101—2015	固体饮料	$m=10$ *
霉菌/(CFU/g)	—	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	GB 7101—2015	固体饮料	50
酵母菌/(CFU/g)	—	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	GB 7101—2015	固体饮料	20
沙门氏菌/(/25 g)	—	--	--	--	--	--	--	--	--	GB 29921—2021	除特殊膳食用食品以外的所有食品种类	不得检出
金黄色葡萄球菌/(/25 g)	—	--	--	--	--	--	--	--	--	GB 29921—2021	除特殊膳食用食品以外的所有食品种类	≤ 100 CFU/g

注:--表示低于检出限;—表示缺乏数据;*表示n为5、c为2时的微生物限量值m

值;镉的检出率是25%,最大值为0.012 mg/kg,与《食品安全国家标准 食品中污染物限量》(GB 2762—2022)中叶类蔬菜的限量值0.2 mg/kg相比,均未超出该限量值。总汞、总砷、六六六和滴滴涕含量低于检出限。

8份竹叶样品中菌落总数含量均小于10 CFU/g;大肠菌群数量均小于0.3 MPN/g,霉菌数量均小于10 CFU/g,酵母菌数量均小于10 CFU/g,均符合《食品安全国家标准 饮料》(GB 7101—2015)中固体饮料对微生物的限量标准;沙门氏菌和金黄色葡萄球菌均未检出,符合《食品安全国家标准 食品中致病细菌限量》(GB 29921—2013)中除特殊膳食用食品以外的所有食品种类对该两种致病菌的要求。结果表明竹叶样品在种植、生产、保存等过程中受污染的可能性较小。

2.4 毒理学安全性评估

竹叶粉的急性经口毒性试验结果表明,试验期间,ICR雌雄小鼠均无中毒、死亡等异常反应情况发生,竹叶粉样品对ICR小鼠经口半数致死剂量(LD_{50})均大于20 g/kg·BW,根据急性毒性分级标准,属实际无毒级。对竹叶提取物、竹康宁胶囊(竹叶黄酮粉)和竹叶抗氧化物进行的急性毒性试验^[13-14]也表明受试物的经口 LD_{50} 大于10 g/kg·BW。本文研究结果与文献结果相符合且说明在更高的剂量(20 g/kg·BW)下竹叶粉对试验动物依然无毒。

竹叶粉的三项遗传毒性试验结果均显示为阴性,表明竹叶粉无遗传毒性。Ames试验结果显示,有无S9情况下,各剂量组均未观察到受试物对测试菌株产生明显毒性。该结果与南京铁道医学院^[14]、浙江省医学科学院^[13]和傅剑云等^[15]对竹叶提取物或竹叶抗氧化物进行的试验结果相同。小

鼠骨髓细胞微核试验结果显示,竹叶粉样品在设定剂量下对小鼠PCE微核细胞率和PCE/NCE比值无明显影响。该结果与浙江省医学科学院^[13]对竹康宁胶囊(竹叶黄酮粉)和傅剑云等^[15]对竹叶抗氧化物所进行的小鼠骨髓噬多染红细胞微核试验的结果一致。体外中国仓鼠肺细胞染色体畸变试验结果显示,各组均未见细胞毒性, $\pm S9$ 时竹叶粉各剂量组细胞染色体畸变率均低于5%,与DMSO组相比,各剂量组染色体畸变率未显著增加($P>0.05$),阳性对照畸变率显著增加($P<0.05$)。说明竹叶粉体外哺乳类细胞染色体畸变试验结果为阴性。

竹叶粉的大鼠90 d经口毒性试验结果表明,试验期间,动物的一般表现和行为均无异常,未发生中毒和死亡情况,生长发育良好。试验前后,高剂量组和对照组动物的眼科检查均未见异常。其他生长发育、尿常规、血液学、血生化、脏器比及病理学检查均未发现有受试物相关的改变。傅剑云等^[14]选用SD大鼠对竹叶抗氧化物设1.43、2.87、4.30 g/kg·BW三个剂量组进行了90 d经口毒性试验,郝福星等^[16]选用Wistar大鼠对竹叶提取物饲料添加剂设10、50、100 g/kg·BW三个剂量组进行90 d经口毒性试验,这两项亚慢性毒性研究试验结果均表明各项指标无明显毒性作用。

关于竹叶本身的毒理学实验研究和评价还十分缺乏,目前仅查见竹叶提取物^[13, 16]和竹叶抗氧化物^[14-15, 17]的相关毒理学研究与安全性评价报告。本文的研究结果与竹叶抗氧化物和竹叶提取物的急性毒性、遗传毒性和90 d经口毒性试验均显示受试物无显著毒性作用。

3 结论

竹叶粉含有一定的营养成分和活性成分(总酚),各项卫生学指标均未超出类似食品限量值,毒理学试验均为阴性。对竹叶粉人群摄入量进行初步估计,利用本研究中90 d经口毒性试验所得NOAEL(4.0 g/kg·BW),以种属间差异(10倍)和一般人群个体差异(4倍)确定的不确定系数为40计,则成人(以60 kg计)每日竹叶粉的安全摄入量为6 g/d。一般人群个体差异(4倍)是在充分考虑了竹叶的文献论证中已证实有人群食用基础;竹叶抗氧化物作为食品添加剂其安全性得到论证;竹叶黄酮作为新食品原料其安全性得到论证;竹叶粉适用人群已排除婴幼儿、孕妇和乳母等特殊人群等因素后确定的。因此可认为竹叶粉摄入量低于6 g/d时,对一般成人可能造成的不良健康作用极小。

参考文献

- [1] 张英. 竹叶黄酮的生理与药理活性[J]. 世界竹藤通讯, 2004(2): 1-11.
ZHANG Y. Bamboo leave flavone physiology and pharmacological activity[J]. World Bamboo and Rattan, 2004(2): 1-11.
- [2] 杜福祥. 中国保健食用野生植物大典[M]. 北京: 中国学术期刊(光盘版)电子杂志社, 2013.
DU F X. Chinese healthy edible wild plant grand ceremony [M]. Beijing: Chinese Academic Journals (CD-ROM) Electronic magazine, 2013.
- [3] 梁仁龙, 章敏. 竹叶抗氧化物对酱鸭保鲜效果的影响[J]. 食品工业科技, 2017, 38(22): 231-234, 252.
LIANG R L, ZHANG M. Effect of antioxidant of bamboo leaves on fresh-keeping of sauce duck [J]. Science and Technology of Food Industry, 2017, 38(22): 231-234, 252.
- [4] 阳艳, 黄艳明, 张敦兰, 等. 竹叶用于退乳的临床观察[J]. 医药导报, 2012, 31(9): 1169-1170.
YANG Y, HUANG Y M, ZHANG G L, et al. Clinical Observation of Bamboo Leaves Used for Lactation [J]. Herald of Medicine, 2012, 31(9): 1169-1170.
- [5] 毛娴璇, 陶文亮, 陈馨. 多功能活性物质—竹叶黄酮的国内外研究及应用[J]. 广州化工, 2015, 43(5): 12-14.
MAO X X, TAO W L, CHEN X. Multifunctional active substances-domestic and foreign research and industrial application of bamboo leaves flavonoids [J]. Guangzhou Chemical Industry, 2015, 43(5): 12-14.
- [6] 杨海燕, 葛声. 膳食纤维对肥胖相关的肠道微生态的影响[J]. 中国食物与营养, 2020, 26(9): 12-16.
YANG H Y, GE S. Effects of dietary fiber on intestinal microecology related to obesity [J]. Food and Nutrition in China, 2020, 26(9): 12-16.
- [7] 尤洪帅, 魏万林, 张灵, 等. 膳食中钠钾含量对血压及靶器官的影响[J]. 中国老年学杂志, 2013, 33(22): 5764-5766.
YOU H S, WEI W L, ZHANG L, et al. Effects of Dietary Sodium and Potassium on Blood Pressure and Target Organs [J]. Chinese

- Journal of Gerontology, 2013, 33(22): 5764-5766.
- [8] 李腾飞, 李俊清. 四川王朗自然保护区缺苞箭竹(*Fargesia denudate* yi.)总酚含量及变化规律[J]. 生态学报, 2009, 29(8): 4512-4516.
LI T F, LI J Q. Analysis of the concentration of total phenolics in *Fargesia denudate* Yi [J]. Acta Ecologica Sinica, 2009, 29(8): 4512-4516.
- [9] 邓娇, 王延云, 王燕, 等. 三种竹叶总黄酮和总酚含量及提取方法比较研究[J]. 乐山师范学院学报, 2019, 34(8): 25-30.
DENG J, WANG Y Y, WANG Y, et al. Comparative analysis of total flavonoids and total phenols in three kinds of ethanol extracts from bamboo leaves [J]. Journal of Leshan Normal University, 2019, 34(8): 25-30.
- [10] 尹爱武, 田润, 李探芳. 淡竹叶茶营养成分分析[J]. 食品工业科技, 2013, 34(5): 344-346.
YIN A W, TIAN R, LI T F. Analysis of nutritional components from *Lophatherum gracile* Brongn [J]. Science and Technology of Food Industry, 2013, 34(5): 344-346.
- [11] 李冬林, 金雅琴, 王文君, 等. 箬竹叶片营养成分分析[J]. 江苏林业科技, 2021, 48(1): 41-45.
LI D L, JIN Y Q, WANG W J, et al. Analysis of nutrient components of *Indocalamus tessellatus* leaves [J]. Journal of Jiangsu Forestry Science & Technology, 2021, 48(1): 41-45.
- [12] 刘力, 林新春, 孙培金, 等. 苦竹笋、叶营养成分分析[J]. 竹子研究汇刊, 2005(2): 15-18.
LIU L, LIN X C, SUN P J, et al. An analysis of nutrient components of *Pleioblastus amarus* leaves and shoots [J]. Journal of Bamboo Research, 2005(2): 15-18.
- [13] 张英. 天然功能性竹叶提取物——竹叶黄酮[J]. 中国食品添加剂, 2002(3): 54-58, 66.
ZHANG Y. Natural functional extract of bamboo leaves—bamboo leaf anthoxanthin [J]. China Food Additives, 2002(3): 54-58, 66.
- [14] 傅剑云, 郑云燕, 夏勇, 等. 竹叶抗氧化物急性和亚慢性毒性研究[J]. 浙江预防医学, 2004(7): 5-7.
FU J Y, ZHENG Y Y, XIA Y, et al. A study on acute and subchronic toxicity of antioxidant extracted from bamboo leave [J]. Zhejiang Journal of Preventive Medicine, 2004(7): 5-7.
- [15] 傅剑云, 夏勇, 郑云燕, 等. 竹叶抗氧化物的致畸和致突变性研究[J]. 浙江预防医学, 2004(3): 15-18.
FU J Y, XIA Y, ZHENG Y Y, et al. A teratogenic and mutagenic study on the antioxidant of bamboo leaves [J]. Zhejiang Journal of Preventive Medicine, 2004(3): 15-18.
- [16] 郝福星, 刘成功, 崔家彬, 等. 竹叶提取物饲料添加剂大鼠90天亚慢性毒性试验[J]. 黑龙江畜牧兽医, 2017(11): 172-175.
HAO F X, LIU C G, CUI J B, et al. 90-day subchronic toxicity test of bamboo leaf extract feed additive in rats [J]. Heilongjiang Animal Science and Veterinary, 2017(11): 172-175.
- [17] 傅剑云, 郑云燕, 夏勇, 等. 竹叶抗氧化物大鼠生殖毒性研究[J]. 浙江预防医学, 2004(8): 20-23.
FU J Y, ZHENG Y Y, XIA Y, et al. A study on the reproductive toxicity of antioxidant extract from bamboo leaf in rats [J]. Zhejiang Journal of Preventive Medicine, 2004(8): 20-23.