

麒麟菜膳食纤维对SD大鼠30天喂养实验和致畸作用

李来好, 戚 勃, 杨贤庆

(中国水产科学研究院南海水产研究所, 广东广州 510300)

摘要:为评价麒麟菜(*Eucheuma*)膳食纤维的食用安全性,按照中国食品安全性毒理学评价方法对SD大鼠进行了30d喂养和传统致畸实验。30d喂养实验,分对照组和低、中、高剂量组,分别将麒麟菜膳食纤维用0%、1%、5%、10%的剂量添加于饲料中通过30d混饲方式给予受试物,实验期间观察其一般状况、体重、摄食量、食物利用率。第30天处死各组大鼠,对血液学指标、血清生化指标、器官以及组织病理学检查。传统致畸实验,分阴性对照组和10%饲料添加量的剂量组,另设阳性对照组,以浓缩鱼肝油25 mL/kg BW灌胃,实验期间按时检查孕鼠体重,实验末期取胎检查其外置、记录死、活胎数及骨骼和内脏的异常情况。结果表明,30d喂养实验中,动物生长正常,无一死亡或中毒症状,各项观察指标不随剂量的增大和受试时间的延长出现剂量反应关系;致畸实验中,孕鼠生长良好,胚胎发育正常,胎鼠异常率均在自然发生率范围内。因此,可认为麒麟菜膳食纤维无毒、无致畸作用,食用安全可靠。[中国水产科学,2006,13(1):65-72]

关键词:麒麟菜;膳食纤维;大鼠;30d喂养实验;致畸

中图分类号:R994.4 **文献标识码:**A **文章编号:**1005-8737-(2006)01-0065-08

膳食纤维(dietary fibre, DF)是当前国际上公认的一种功能性食品基料,被称为除蛋白质、脂类、水、糖类、维生素和矿物质等六大营养素之外的第七营养素,并被誉为21世纪食品工业中最受关注、具有特殊保健功能和食品改性作用的一种食品添加剂^[1]。目前,对膳食纤维的研究主要集中在利用陆生植物加工的废弃物进行制备、改性和应用的研究。但在制备膳食纤维过程中,原料必然受到化学或物理因素的影响,因此制备的膳食纤维结构或性质可能会发生改变,从而对人体造成不良影响。为此,开展水生膳食纤维的安全性研究将具有重要的意义。

麒麟菜(*Eucheuma*)膳食纤维是利用红藻类麒麟菜开发的一种新型海藻膳食纤维。由于麒麟菜的加工特性和口感因素,长期以来难以直接食用,而是作为提取卡拉胶的工业原料,因此,由其提取的麒麟菜膳食纤维也缺少必要的安全性资料。国外学者对大麦膳食纤维和大豆膳食纤维的安全性做过研究^[2-3],国内唯有李来好等^[4]曾开展过藻类膳食纤维的急性毒性和致突变实验的研究,其他有关膳食纤维安全性的研究尚未见报道。为进一步保证其食用安全性,在前人研究的基础上,根据中国食品安全性毒理学评价方法,本研究对大鼠进行30d喂养实

验和传统致畸实验,以了解长期食用麒麟菜膳食纤维是否会对人体引起远期不良效应。

1 材料与方法

1.1 材料

1.1.1 受试物 麒麟菜样品取自海南省陵水县。麒麟菜膳食纤维,按照参考文献[5]制备。

1.1.2 实验动物 SD大鼠,由中山大学医学部动物实验中心提供(粤检证字:2003A070)。

1.1.3 浓缩鱼肝油 由厦门鱼肝油厂出品(含 V_A 50 000 IU/mL, V_D 5 000 IU/mL)。

1.1.4 主要仪器 血细胞分析仪 F820;紫外分光光度计 GENESYS 5。

1.2 实验设计

1.2.1 30d喂养实验^[6] 选用清洁级幼年SD大鼠80只,雌、雄各半,雄鼠体重(126.3 ± 5.1)g,雌鼠体重(121.1 ± 3.1)g,在动物实验室用对照组饲料饲养7d,适应自制饲料和环境后作为实验0天,对所有动物进行编号和称重,按体重和性别随机分为4组。设阴性对照组和低、中、高剂量组,分别为0%、1%、5%和10%的麒麟菜膳食纤维添加量配制饲料,每组大鼠雌、雄各10只(饲料配方及分组见

收稿日期:2005-01-21;修订日期:2005-05-15。

基金项目:广东省自然科学基金项目(011256);广东省科技计划项目(2005C20323)。

作者简介:李来好(1963-),男,研究员,硕士生导师,从事水产品加工和质量安全研究。E-mail: Laihao@163.com

表1)。实验期间,各组动物自由摄食自制饲料和饮水,每天观察和记录动物一般表现、行为、中毒情况和死亡情况。每天记录各组动物的摄食量,每周称1次体重和计算1周的总摄食量,并计算食物利用率。在实验末期第30天用巴比妥钠麻醉,心脏取血,用血细胞分析仪检验血液学指标,按照参考文献

[7]检验血清生化指标。同时对处死的所有动物尸体先作外观总体检查,再进行剖检,摘取动物的心、肝、脾、肾、胃、十二指肠,先用肉眼观察脏器的病理变化,再对心、肝、脾、肾称重,计算脏/体比,最后按照参考文献[8]对高剂量组动物的心、肝、脾、肾主要脏器进行组织病理学检查。

表1 30 d 喂养实验饲料配方

Tab.1 Composition of feeds for 30 days feeding test

组别 Group	鱼粉 Fish meal	麒麟菜膳食纤维 DF from <i>Eucheuma</i>	豆油 Bean oil	磷酸二氢钙 $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$	矿物质 Mineral	维生素 Vitamin	谷物淀粉 Corn starch
对照组 Control	20	0	7.5	3	0.25	0.25	69
I	20	1	7.5	3	0.25	0.25	68
II	20	5	7.5	3	0.25	0.25	64
III	20	10	7.5	3	0.25	0.25	59

注:对照组、I、II、III组雌、雄数量均为10只。

Note: There were ten individuals of both male and female in each group of control, I, II and III.

1.2.2 致畸实验^[6] 实验选用清洁级未交配过的SD大鼠60只(♀40, ♂20),雌鼠体重(203.1 ± 8.4) g,雄鼠体重(250.1 ± 7.2) g。在动物实验室用对照组饲料饲养7 d,适应自制饲料和环境后,每晚雌、雄按2:1合笼,每天早晨观察阴栓和经阴道涂片镜检,查出阴栓和精子的当日作为受孕0天。将检出的32只孕鼠称重和编号,按体重随机分为3组。设阴性和阳性对照组,以10%麒麟菜膳食纤维添加量为剂量组(饲料配方同表1,孕鼠分组见表2)。在受孕的第7~16天,实验组自由摄食10%的麒麟菜膳食纤维饲料,阴性对照组自由摄食空白饲料,阳性对照组用浓鱼肝油以25 mL/kg BW剂量灌胃^[9],并

自由摄食空白饲料,各组动物均自由饮水。在实验的第7天、第12天、第16天和第20天分别对孕鼠称重,在第20天脱臼处死各组大鼠,剖腹取出胚胎,记录胎鼠总数,死、活胎数和吸收胎数,计算总致畸率。再逐一记录胎鼠体重、身长和尾长。再按照参考文献[6]将每窝1/2的活胎进行骨骼检查,另1/2的胎鼠进行内脏检查。

1.3 统计学处理

实验数据用平均值±标准差($\bar{X} \pm \text{SD}$)表示,各平均值用方差分析邓尼特t检验(Dunnett's t-test),致畸率、骨骼异常率和内脏异常率用 χ^2 检验,用SAS V8.0统计软件进行处理。

表2 致畸实验孕鼠分组

Tab.2 Group of pregnant rat for teratogenic test

组别 Group	I'	II'	III'
设置 Design	阴性对照(0% DF) Negative control	阳性对照(鱼肝油) Positive control (Fish liver oil)	剂量组(10% DF) Dose-group
孕鼠数/只 Number of pregnant rat	12	8	12

2 结果与讨论

2.1 30 d 喂养实验

2.1.1 大鼠生长状况、体重、摄食及食物利用率

30 d喂养中,3个剂量组的动物生长、活动正常,被

毛浓密有光泽,无死亡或异常现象。由表3可见,大鼠的体重持续增长,在同一周期(7 d或9 d)内各剂量组分别与其对照组比较,高剂量组(III组)体重增长量略低于对照组,中(II组)、低剂量组(I组)增量相当,但在统计学上各组间并无显著性差异($P > 0.05$)。

表3 麒麟菜膳食纤维30 d喂养实验中大鼠体重的变化
Tab.3 Changes of body weight in rats consuming DF from *Eucheuma* for 30 d $\bar{X} \pm SD$; g·ind⁻¹

喂养时间 Feeding time	n	分组 Group			
		对照组 Control	I	II	III
雄性 Males					
Day 0	10	164.7±5.2	165.9±5.7	163.3±18.4	164.5±11.1
Day 7	10	207.4±9.5	208.2±8.2	205.1±10.5	205.5±11.9
Day 14	10	252.6±5.4	254.0±7.7	252.5±7.4	248.4±13.3
Day 21	10	301.3±6.8	302.1±9.2	300.8±6.6	299.8±9.9
Day 30	10	362.9±10.3	362.4±11.5	362.0±6.3	359.1±8.7
雌性 Females					
Day 0	10	145.7±3.5	144.9±3.0	144.3±4.5	146.7±3.9
Day 7	10	162.1±3.3	160.3±4.0	160.8±5.8	162.5±4.2
Day 14	10	179.9±4.2	178.5±3.7	178.0±5.7	179.4±3.9
Day 21	10	195.7±4.6	193.4±4.2	194.0±5.8	195.3±3.8
Day 30	10	211.8±4.3	210.0±4.6	210.0±6.2	211.7±4.2

注: 各剂量组与对照组比较, 无统计学差异, $P>0.05$ 。各组设置见表1。

Note: No significant difference between test groups and control, $P>0.05$. For the design of each group, see Tab. 1.

各组大鼠在实验期间的摄食情况见表4。由表4可见, 雄鼠高剂量组、中剂量组分别在第1周和第3周内饲料平均摄入量显著高于同期对照组($P<0.05$), 其他各组间雌、雄动物饲料平均摄入量均无统计学差异($P>0.05$)。

各组大鼠食物利用率见表5。由表5可见食物

利用率各剂量组与其对照组相比, 低剂量组雄鼠在第3周内、雌鼠在第3、4周内, 中剂量组雄鼠在第2周内, 中、高剂量组雌鼠在第2周内均显著低于对照组($P<0.05$), 其他各组间无统计学差异($P>0.05$)。

表4 麒麟菜膳食纤维30 d喂养实验中大鼠摄食量的变化
Tab.4 Changes of intake by rats consuming DF from *Eucheuma* for 30 d $\bar{X} \pm SD$; g·ind⁻¹·d⁻¹

喂养时间 Feeding time	n	分组 Group			
		对照组 Control	I	II	III
雄性 Males					
Day 7	10	17.0±1.1	17.7±0.8	17.7±1.1	18.4±1.3'
Day 14	10	19.6±1.3	19.6±0.5	18.9±0.6	19.8±1.1
Day 21	10	19.5±1.9	20.9±0.9	21.3±0.5*	21.8±1.3'
Day 30	10	21.7±1.3	21.8±1.4	21.4±1.5	21.6±1.4
雌性 Females					
Day 7	10	13.6±1.2	13.5±0.8	13.8±0.6	13.8±0.5
Day 14	10	13.7±1.7	14.0±0.5	14.1±0.5	14.2±0.5
Day 21	10	13.8±1.2	14.3±0.8	14.1±0.8	14.5±0.6
Day 30	10	13.8±1.8	14.2±0.4	14.4±0.6	14.3±0.7

* 各剂量组与对照组相比, $P<0.05$ 。各组设置见表1。

* Compared with control, $P<0.05$. For the design of each group, see Tab. 1.

表5 麒麟菜膳食纤维30 d喂养实验中食物利用率的变化

Tab.5 Changes of feed conversion efficiency of rats consuming DF from *Eucheuma* for 30 d

喂养时间 Feeding time	n	$\bar{X} \pm SD$; g(weight gain)·g ⁻¹ (feed consumed)			
		分组 Group			
		对照组 Control	I	II	III
雄性 Males					
Day 7	10	0.36 ± 0.02	0.34 ± 0.02	0.34 ± 0.02	0.34 ± 0.06
Day 14	10	0.33 ± 0.02	0.33 ± 0.01	0.39 ± 0.07*	0.31 ± 0.02
Day 21	10	0.36 ± 0.04	0.33 ± 0.01*	0.33 ± 0.04	0.34 ± 0.04
Day 30	10	0.41 ± 0.02	0.40 ± 0.03	0.40 ± 0.05	0.39 ± .003
雌性 Females					
Day 7	10	0.17 ± 0.02	0.16 ± 0.01	0.17 ± 0.02	0.16 ± 0.02
Day 14	10	0.19 ± 0.02	0.19 ± 0.02	0.17 ± 0.02*	0.17 ± 0.02*
Day 21	10	0.16 ± 0.01	0.15 ± 0.03*	0.16 ± 0.03	0.16 ± 0.02
Day 30	10	0.17 ± 0.01	0.18 ± 0.02*	0.16 ± 0.02	0.17 ± 0.02

* 各剂量组与对照组比较, $P < 0.05$, 各组设置见表1。* Compared with control, $P < 0.05$. For the design of each group, see Tab. 1.

30 d喂养实验中,大鼠体重变化和食物利用率可以综合评价麒麟菜膳食纤维对大鼠的毒性。膳食纤维具有整肠通便、加快肠道蠕动的功能,因此摄食较多的膳食纤维会使动物消化和代谢功能增强,表现出中、高剂量组对饲料的消耗量显著高于对照组。膳食纤维不能被动物所消化吸收,因此也不能提供能量,饲料中膳食纤维含量越高,能量就越低,若大鼠消耗等量的饲料,则剂量组大鼠体重增重量就会低于对照组,所以剂量组食物利用率会明显低于对照组。从大鼠体重增重和饲料消耗情况来看,可认为这种差异是由膳食纤维生理作用和饲料的营养差异所引起的,而不是麒麟菜膳食纤维的毒副作用所造成的。

2.1.2 血液学检验 由表6可见,各实验组与对照组相比,除中剂量组雌鼠血小板数极显著低于对照组外($P < 0.01$),雌、雄大鼠红细胞等血液学值都比较接近,且在生理学或统计学上均无显著性差异($P > 0.05$),中剂量组雄鼠血小板数虽偏小,却在正常

值范围内,且高剂量组雌、雄大鼠均无显著性差异,可认为属于正常变化。白细胞及其分类计数,剂量组与其对照组相比,均无统计学差异($P > 0.05$)(表7)。各种血细胞有其不同的生理功能,在不同病理情况下,可引起不同类型的血细胞数量或质量的变化。本研究中各种血细胞间无显著性差异或在正常值范围内变化,表明麒麟菜膳食纤维对血液学无毒副作用。

2.1.3 血清生化检验 剂量组各生化值分别与其对照组比较,只有雌性动物的中剂量组碱性磷酸酶(ALP)显著低于对照组($P < 0.05$),但在同龄雌鼠的正常值范围内,其他生化值雌、雄动物均无生理学或统计学差异($P > 0.05$)(表8)。ALP、ALT、AST、GGT、TP和Cr的变化可以反映肝胆、心、肾、骨骼、心血管受损程度及生物合成情况。实验结果显示,各生化值均在正常值范围内,表明麒麟菜膳食纤维未对动物心、肝、脾、肾和骨骼产生有意义的病理作用。

表 6 麒麟菜膳食纤维 30 d 喂养实验血液学值(红细胞及凝血参数)

Tab.6 Hematology (RBC and coagulation parameters) from rats consuming DF from *Eucheum* for 30 d

							$\bar{X} \pm SD$
组别 Group	红细胞 RBC $/(\times 10^{12} \cdot L^{-1})$	血红蛋白 HB $/(\text{g} \cdot L^{-1})$	红细胞比容 PCV $/(\text{L} \cdot L^{-1})$	平均红 细胞体积 MCV /fL	平均血红 蛋白含量 MCH /pg	平均血红 蛋白浓度 MCHC $/(\text{g} \cdot L^{-1})$	血小板 Thrombocytes $/(\times 10^9 \cdot L^{-1})$
雄性 Males							
Control	7.63 ± 0.46	151.6 ± 7.3	0.454 ± 0.006	59.61 ± 0.01	19.9 ± 1.7	334.2 ± 13.8	1022 ± 13
I	7.59 ± 0.66	151.4 ± 7.6	0.444 ± 0.019	58.84 ± 0.02	20.0 ± 1.2	341.4 ± 20.6	1021 ± 11
II	7.61 ± 0.45	151.2 ± 5.5	0.449 ± 0.012	59.17 ± 0.02	19.9 ± 0.7	337.0 ± 14.1	$1011 \pm 15^*$
III	7.66 ± 0.42	151.5 ± 7.8	0.453 ± 0.018	59.29 ± 0.03	19.8 ± 1.0	335.2 ± 25.5	1021 ± 11
雌性 Females							
Control	7.25 ± 0.05	150.5 ± 5.6	0.425 ± 0.013	58.67 ± 1.52	20.8 ± 0.7	344.3 ± 15.9	927 ± 47
I	7.26 ± 0.06	150.6 ± 5.3	0.420 ± 0.010	57.79 ± 1.55	20.7 ± 0.7	349.0 ± 13.7	900 ± 26
II	7.25 ± 0.05	149.9 ± 5.5	0.426 ± 0.011	58.74 ± 1.51	20.7 ± 0.8	342.6 ± 14.1	905 ± 30
III	7.26 ± 0.05	151.0 ± 3.9	0.423 ± 0.018	58.25 ± 2.63	20.8 ± 0.5	347.9 ± 20.4	915 ± 46

* 各剂量组与对照组比较, $P < 0.01$. 各组设置见表 1.
* Compared with control, $P < 0.01$. For the design of each group, see Tab. 1.

表 7 麒麟菜膳食纤维 30 d 喂养实验血液学值(白细胞总数及其分类计数)

Tab.7 Hematology (total and differential white blood cell) from rats consuming DF from *Eucheum* for 30 d

组别 Group	$\bar{X} \pm SD$							
	白细胞 WBC ($\times 10^9 \cdot L^{-1}$)	淋巴细胞 Lymphocytes ($\times 10^9 \cdot L^{-1}$)	%	中性粒细胞 Neutrophils ($\times 10^9 \cdot L^{-1}$)	%	单核细胞 Monocytes ($\times 10^9 \cdot L^{-1}$)	%	
雄性 Males								
Control	11.67 $\pm$ 1.8	49.94 $\pm$ 1.57	85.1 $\pm$ 0.5	1.41 $\pm$ 0.22	12.1 $\pm$ 0.7	0.14 $\pm$ 0.02	1.2 $\pm$ 0.2	
I	11.79 $\pm$ 1.85	10.02 $\pm$ 1.57	85.0 $\pm$ 1.7	1.45 $\pm$ 0.23	12.3 $\pm$ 1.6	0.15 $\pm$ 0.00	21.3 $\pm$ 0.7	
II	11.78 $\pm$ 1.58	10.03 $\pm$ 1.35	85.1 $\pm$ 1.8	1.41 $\pm$ 0.19	12.0 $\pm$ 1.7	0.14 $\pm$ 0.00	21.2 $\pm$ 0.2	
III	11.57 $\pm$ 1.30	99.95 $\pm$ 1.20	86.0 $\pm$ 1.9	1.38 $\pm$ 0.17	11.9 $\pm$ 1.9	0.13 $\pm$ 0.02	1.1 $\pm$ 0.2	
雌性 Females								
Control	10.34 $\pm$ 0.95	9.09 $\pm$ 0.79	87.9 $\pm$ 0.7	1.11 $\pm$ 0.10	10.7 $\pm$ 0.6	0.10 $\pm$ 0.00	1.0 $\pm$ 0.6	
I	10.27 $\pm$ 1.45	9.01 $\pm$ 1.25	87.7 $\pm$ 1.1	1.07 $\pm$ 0.15	10.4 $\pm$ 0.9	0.09 $\pm$ 0.01	0.9 $\pm$ 0.3	
II	10.38 $\pm$ 1.24	9.09 $\pm$ 1.03	87.6 $\pm$ 1.4	1.09 $\pm$ 0.13	10.5 $\pm$ 1.0	0.10 $\pm$ 0.01	1.0 $\pm$ 0.4	
III	9.65 $\pm$ 0.65	8.45 $\pm$ 0.79	87.6 $\pm$ 1.2	1.06 $\pm$ 0.06	11.0 $\pm$ 0.4	0.09 $\pm$ 0.01	0.9 $\pm$ 0.4	

注:各剂量组与对照组比较, $P > 0.05$. 各组设置见表 1.
Note: Unsignificant difference between test group and control, $P > 0.05$. For the design of each group, see Tab. 1.

2.1.4 病理解剖与组织病理学检查 对各实验组大鼠心、肝、脾、肾、胃和十二指肠先通过肉眼观察, 均未见明显异常变化; 再对主要脏器作脏/体比统计分析, 唯有雌鼠低剂量组肝脏脏/体比显著高于对照组 ($P < 0.05$), 而肾脏脏/体比显著低于对照组 ($P < 0.05$) (表 9), 但该组动物肝、肾均无水肿或萎缩

等异常现象, 且中、高剂量组雌、雄大鼠均无显著性差异 ($P > 0.05$); 最后对高剂量组动物的心、肝、脾、肾经组织病理学检查, 也未见异常变化。表明各组动物并未因摄食麒麟菜膳食纤维而产生有意义的病理作用。

表 8 麒麟菜膳食纤维 30 d 喂养实验血清生化值
Tab.8 Serum biochemistry values from rats consuming DF from *Eucheuma* for 30 d

组别 Group	碱性磷酸酶 ALP / (U·L ⁻¹)	丙氨酸氨 基转移酶 ALT / (U·L ⁻¹)	门冬氨酸氨 基转移酶 AST / (U·L ⁻¹)	γ-谷氨酰 基转移酶 GGT / (U·L ⁻¹)	总蛋白 TP / (g·L ⁻¹)	肌酐 Crea/(mg·dL ⁻¹)
雄性 Males						
Control	171±9	47±2	53±3	0.01±0.0	64±4	0.4±0.01
I	142±5	44±8	55±2	0.01±0.1	66±3	0.4±0.05
II	165±11	45±4	59±9	0.20±0.0	66±1	0.3±0.04
III	163±6	48±2	58±2	0.01±0.0	64±6	0.4±0.07
雌性 Females						
Control	97±7	38±4	57±6	0.0±0.02	73±3	0.4±0.01
I	97±2	36±7	60±6	0.0±0.03	76±6	0.4±0.04
II	90±7*	38±2	59±3	0.0±0.04	70±3	0.3±0.02
III	99±4	40±6	62±5	0.0±0.00	75±5	0.3±0.00

* 各剂量组与对照组比较, $P<0.05$, 各组设置见表 1。
* Compared with control, $P<0.05$. For the design of each group, see Tab. 1.

表 9 麒麟菜膳食纤维 30 d 喂养实验器官重量(g)和脏/体比(%)
Tab.9 Organ weight (g) and ratio (%) of organ weight to body weight in rats consuming DF from *Eucheuma* for 30 d

组别 Group	心 Heart		肝 Liver		脾 Spleen		肾 Kidney	
	g	%	g	%	g	%	g	%
雄性 Males								
Control	1.61±0.15	0.44±0.03	15.97±1.40	4.40±0.32	0.60±0.06	0.17±0.01	3.40±0.23	0.93±0.04
I	1.58±0.15	0.44±0.03	15.71±2.00	4.34±0.46	0.62±0.07	0.17±0.01	3.42±0.24	0.94±0.04
II	1.65±0.06	0.45±0.01	16.28±0.63	4.49±0.12	0.62±0.05	0.17±0.01	3.43±0.12	0.95±0.05
III	1.53±0.17	0.43±0.04	15.10±1.94	4.20±0.46	0.58±0.05	0.16±0.01	3.38±0.21	0.94±0.04
雌性 Females								
Control	1.02±0.07	0.48±0.02	8.19±0.20	3.86±0.03	0.50±0.02	0.23±0.01	2.22±0.01	1.05±0.00
I	1.01±0.08	0.48±0.03	8.19±0.21	3.90±0.05*	0.48±0.03	0.23±0.01	2.11±0.05*	1.01±0.01
II	1.02±0.04	0.49±0.01	8.17±0.35	3.88±0.08	0.50±0.02	0.24±0.00	2.12±0.06	1.06±0.01
III	1.01±0.03	0.48±0.03	8.14±0.29	3.84±0.06	0.51±0.03	0.24±0.01	2.22±0.06	1.05±0.01

* 各剂量组与对照组比较, $P<0.05$, 各组设置见表 1。
* Compared with control, $P<0.05$. For the design of each group, see Tab. 1.

2.2 致畸实验

2.2.1 对孕鼠体重的影响 剂量组和阴性对照组分别与阳性对照组比较,孕鼠体重在实验的第 7 天、第 12 天、第 16 天和第 20 天极显著高于阳性对照组 ($P<0.01$),剂量组与阴性对照组间并无统计学差异 ($P>0.05$)(表 10)。这说明麒麟菜膳食纤维对孕鼠的妊娠和胚胎发育无负面影响。

2.2.2 对胚胎形成的影响 母体在孕期受到可通

过胎盘屏障的某种有害物质作用,便会影响胚胎的器官分化与发育,导致结构和机能的缺陷,出现畸胎。阴性对照组和剂量组分别与阳性对照组比较,死胎数(率)和总致畸率均极显著低于阳性对照组 ($P<0.01$),剂量组与阴性对照组之间无统计学差异 ($P>0.05$)(表 11)。剂量组和阴性对照组的早期吸收率和总致畸率相近,且无显著性差异,说明麒麟菜膳食纤维对胚胎的形成无毒副作用。

表 10 麒麟菜膳食纤维对孕鼠体重的影响
Tab.10 Influence of body weight on pregnant rat consuming DF from *Eucheuma*

分组 Group	n	喂养时间 Feeding time				
		0 d	7 d	12 d	16 d	20 d
I *	12	216.3±2.72	37.3±2.5 *	257.4±2.5 *	286.5±2.8 *	316.5±2.4 *
II *	8	217.3±2.8	233.3±3.1	236.4±2.8	245.1±2.8	284.2±3.5
III *	12	217.3±2.9	236.9±1.7 *	256.7±1.7 *	286.8±1.6 *	314.8±1.9 *

* 剂量组和阴性对照组分别与阳性对照组比较, $P<0.01$ 。各组设置见表 2。
* Compared with positive control, $P<0.01$. For the design of each group, see Tab. 2.

表 11 麒麟菜膳食纤维对胚胎形成的影响
Tab.11 Influence of fetuses formation of DF from *Eucheuma*

分组 Group	胎鼠数/只 Number of fetuses	活胎数/只 Living fetuses	死胎数/只(%) Dead fetuses(%)	吸收胎/只(%) Resorptions(%)	总致畸率/% Ratio of total teriomy
I *	105	105	0(0.0) *	1(0.95)	0.95 *
II *	66	59	7(10.6)	2(3.0)	13.6
III *	106	106	0(0.0) *	1(0.9)	0.9 *

* 阴性对照组和剂量组与阳性对照组比较, $P<0.01$ 。各组设置见表 2。
* Compared with positive control, $P<0.01$. For the design of each group, see Tab. 2.

2.2.3 对胎鼠发育的影响 由表 12 可见,剂量组胎鼠体重和身长极显著地大于阴性和阳性对照组($P<0.01$);剂量组和阴性对照组胎鼠骨骼和内脏异常率极显著地低于阳性对照组($P<0.01$),剂量

组和阴性对照组动物骨骼异常仅出现在第 V 肋骨发育不良,但其缺失均在自然发生率范围内。可认为麒麟菜膳食纤维对胎鼠的发育无不良影响。

表 12 麒麟菜膳食纤维对胎鼠发育的影响
Tab.12 Influence of fetuses development of DF from *Eucheuma*

分组 Group	胎鼠数/只 Number of fetuses	体重/g Body weight	身长/cm Body length	尾长/cm Tail length	骨骼异常率/% Ratio of abnormal bone	内脏异常率/% Ratio of abnormal harlet
I *	105	3.64±0.09	3.98±0.29	1.26±0.15	0.31 * *	0 * *
II *	66	3.34±0.86	3.36±0.22	1.20±0.12	2.64	19.78
III *	106	4.80±0.43 *	4.30±0.24 *	1.27±0.10	0.39 * *	0 * *

* 与阴性和阳性对照组比较, $P<0.01$ 。* * 与阳性对照组比较, $P<0.01$ 。各组设置见表 2。
* Compared with negative and positive control. * * Compared with positive control, $P<0.01$. For the design of each group, see Tab. 2.

3 结论

在 30 d 喂养实验中,麒麟菜膳食纤维各剂量组均未对大鼠的生长发育、组织病理学、血液学、肝功能、肾功能产生明显的毒副作用;致畸实验中,也未发现麒麟菜膳食纤维对大鼠妊娠和胎鼠形成、发育、

外观、骨骼及内脏等有致畸作用。因此,可以推断麒麟菜膳食纤维在人体推荐摄入量范围内(25~35 g·ind⁻¹·d⁻¹)对人体不会引起不良影响,食用安全可靠。

参考文献:

- [1] 沈群. 膳食纤维的功能特性及在食品中应用[J]. 贮藏加工, 2000(11):32.
- [2] B Delaney, T Carlson, S Fraser, et al. Evaluation of the toxicity of concentrated barley β -glucan in a 28-days feeding study in Wistar rats[J]. Food Chem Toxicol, 2003, 41:477-487.
- [3] T Takahashi, M Kato, H Maeda, et al. Soluble soybean fiber: a 3-month dietary toxicity study in rats[J]. Food Chem Toxicol, 2003, 41:1111-1121.
- [4] 李来好, 杨赞庆, 陈培基, 等. 3种藻类的功能特性及毒理评价[J]. 中国水产科学, 2001, 7(4):69-71.
- [5] 李来好, 杨赞庆, 陈培基, 等. 三种海藻类膳食纤维的提取及功能比较[J]. 营养学报, 2001, 23(2):184-186.
- [6] 张健全. 中国强制性国家标准汇编医药卫生劳动保护卷4(第三版)[S]. 北京: 中国标准出版社, 2003. 581-584.
- [7] 沈岳奇. 生物化学检验技术[M]. 北京: 人民卫生出版社, 2002. 98-162.
- [8] 上海第一医学院病理解剖教研组编. 病理检验技术(第一版)[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 1978. 194-253.
- [9] 周立国, 向往华, 向富权. 八峰氨基酸口服液对大鼠的致畸作用[J]. 癌变·畸变·突变, 2000, 12(2):108-110.

Thirty days feeding experiment of SD rats with die fary fibre from *Eucheuma* and the teratogenicity

LI Lai-hao¹, QI Bo¹⁻², YANG Xian-qing¹

(1. South China Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Guangzhou 510300, China; 2. College of Food Science and Technology, Zhanjiang Ocean University, Zhanjiang 524025, China)

Abstract: In order to assess the food safety of dietary fibre (DF) from *Eucheuma*, a 30 d feeding experiment and a teratogenicity analysis were conducted in accordance with the methods of China for toxicological assessment on food safety. The thirty-day-feeding experiment was carried out by administering medicated feed with different doses at 0%, 1%, 5% and 10% of DF in diets corresponding with control, low-dose, mid-dose and high-dose groups. During the test, the general condition, body weight, feed consumption and feed conversion efficiency were examined. After thirty days feeding, the rats were killed and hematology parameters, serum biochemistry parameters, organs and histopathology were examined. Teratogenicity test was carried out by administering medicated feed at doses of 0% and 10% corresponding with negative control and dose-group; another positive control was designed by administering fish liver oil at dose of 25 mL/kg BW. During the test, the body weight of pregnant rats was examined on time, and at the end of the test, the pregnant rats were killed and the facies of fetuses, living and dead fetuses, ratio of abnormal bone and abnormal harslet were examined. The results showed that all the rats grew constantly, no death nor toxic symptom. All the observed index showed no relationship between postponing time and increasing doses during 30 d feeding period. And in teratogenicity tests, pregnant rats grew well; fetuses developed naturally, and the ratio of abnormal fetues was in the range of natural abnormal ratio. It is concluded that dietary fibre from *Eucheuma* was edible and safe as food without toxicity and teratogenic effect. [Journal of Fishery Sciences of China, 2006, 13(1):65-72]

Key words: *Eucheuma*; dietary fibre; rat; 30 days feeding test; teratogenicity