

食用海藻对肠道菌群及肠道微环境影响的研究

吕 琴, 姜乃澄

(浙江大学 生命科学学院, 浙江 杭州 310012)

摘 要: 综述了食用海藻对大鼠盲肠肠道菌群及肠道微环境的影响。大鼠喂食添加紫菜等9种食用海藻的饲料后, 均能对其盲肠微生物区系及代谢产物和血清脂质水平产生不同的影响: 使肠道中的双歧杆菌数量增加, pH值降低; 抑制血清甘油三酯及血清游离脂肪酸含量。从而改善肠内的生态环境。

关键词: 食用海藻; 肠道菌群; 肠道微环境

中图分类号: Q178.53; Q938.1

文献标识码: A

0 引言

紫菜、海带、裙带菜、羊栖菜等是一类食用海藻, 近年来对其有效成分的研究颇引人注目。研究学者利用动物实验来评价其营养效果和药理效果, 证明食用海藻具有抗放射、抗肿瘤、降血压等作用^[1,2], 例如山本等人将质量分数为1.5%~2.0%的食用海藻粉末添加到饲料中, 让大鼠自由摄取, 然后在大鼠皮下注射致癌剂DMH(1,2-二甲基胍), 观察其肠癌的发生率。结果表明, 与对照组相比, 紫菜对致癌的抑制率为20%, 海带可达30%^[3]。

另外, 食用海藻对肠内菌群影响等方面的研究也较多^[4~6]。一般认为, 双歧杆菌作为优势菌有助于保持宿主肠内的生态平衡, 进而有利于宿主健康。本文主要就紫菜等食用海藻对肠道菌群影响及改善肠道微环境等方面的研究进展作一综述。

1 食用海藻的生理活性

紫菜是一种营养丰富的经济食用海藻, 常见的有甘紫菜 *Porphyra tenera*、条斑紫菜 *P. yezoensis*、圆紫菜 *P. suborbiculata*、坛紫菜 *P. haitanensis* 等近10种。紫菜属 *Porphyra* 在分类上归属于藻类植物红藻门红毛菜亚纲 (Bangioideae) 中红毛菜目 (Bangiales) 的红毛菜科 (Bangiaceae)^[7]。

收稿日期: 2001-03-23

基金项目: 浙江省教委资助项目 (981005)

作者简介: 吕琴 (1972-), 女, 上海市人, 讲师, 硕士, 主要从事微生物生态及废弃物资源化研究。

紫菜具有多种生理活性，紫菜中所含的多糖有促进核酸和蛋白质生物合成，增强免疫功能及抗衰老等作用^[8]。

小鼠喂食质量比为 150 mg/kg 的紫菜多糖 (Porphyra Polysaccharide, 简称 PP)，能促进小鼠血清蛋白质的生物合成，并有明显增强细胞免疫和体液免疫功能^[9]。同样量的紫菜多糖小鼠食后，抗⁶⁰Co γ 射线辐射的能力明显增强，存活率为对照组的 1.8 倍^[10]。

周慧萍等^[11]将紫菜经过一系列处理后得到紫菜多糖结晶，采用硫酸-蒽酮比色法测定，紫菜多糖结晶的糖含量为 68.40%，采用硫酸-咔唑法测定，紫菜多糖结晶的葡萄糖醛酸含量为 16.40%。

将紫菜多糖结晶酸水解，进行气相色谱分析，结果表明：PP 可能由 L-岩藻糖、D-木糖、D-甘露糖、D-半乳糖和 D-葡萄糖组成，PP 可能是一种含糖醛酸的酸性异多糖。

海带、裙带菜和羊栖菜也是食用海藻，含有较多的海藻酸、黑角藻多糖和海带多糖等水溶性多糖类，不能被人体内的消化酶分解，一般被称为食物纤维。据近年来的报道，这些水溶性多糖具有抗癌、抗肿瘤、抗血液凝固等生理活性^[8]。

2 食用海藻对肠道菌群的影响

由于食物纤维不能被小肠分解吸收，而直接到达大肠作为肠道菌的主要碳源被利用，从而对肠内菌群的平衡及其代谢产物产生影响，与人类的健康关系密切。

在肠内菌群的研究中发现，每克肠内容物含 1×10^{11} 个微生物，种类达 100 种以上^[4]，其中双歧杆菌具有免疫活性，若能成为肠道菌群的优势菌，将有助于改善肠道微环境，保持肠道微生态平衡。

2.1 添加紫菜的饲料对盲肠菌群的影响

日本学者河津大辅等^[4]在大鼠的饲料中添加一些紫菜，研究紫菜对大鼠盲肠菌群的影响。3 只大鼠在喂食前、喂食期间以及停食后，每克盲肠内容物中的总菌数、各菌群的菌数及各菌群所占的比例见表 1。

表 1 可以看出，大鼠喂食添加紫菜的饲料后对其盲肠菌群的影响较大，使总菌数减少 ($P < 0.01$)。共生有益菌双歧杆菌、消化球菌和拟杆菌的数量虽无显著变化，但它们占总菌数的比例大大增加，分别为 51.6%、11.5% 和 28.1%，成为优势菌；而中间性无益菌肠杆菌、真杆菌的细胞数显著减少 ($P < 0.05$)，不再占优势；致病菌金黄色葡萄球菌数在大鼠喂食添加紫菜饲料期间其数量急剧减少，停止喂食后，致病菌金黄色葡萄球菌数显著增加 ($P < 0.01$)，恢复至喂食前的水平，甚至更多；肠杆菌细胞数也继续显著减少 ($P < 0.05$)。

因此大鼠喂食添加紫菜的饲料后共生有益菌所占的比例大大增加，成为优势菌，这对于维持大鼠肠道微生态平衡和改善微环境有很大益处。

表 1 添加质量分数为 2% 的紫菜饲料对大鼠每克盲肠内容物中盲肠菌群
(菌数的对数平均值±标准差) 的影响

菌群	喂食前	喂食期间	停食后
肠杆菌 <i>Enterobacteriaceae</i>	9.2±0.3 (3.9)	8.5±0.2 ^{a)} (1.8)	8.1±0.2 ^{d)} (0.4)
链球菌 <i>Streptococcus</i>	7.1±0.1 (<0.1)	6.8±0.4 (<0.1)	6.8±0.2 (<0.1)
葡萄球菌 <i>Staphylococcus</i>	6.0±0.4 (<0.1)	4.4±1.5 (<0.1)	6.0±0.2 ^{c)} (<0.1)[2/3]
乳酸杆菌 <i>Lactobacillus</i>	9.1±0.0 (2.3)	9.2±0.4 (10.0)	9.2±0.6 (8.8)
双歧杆菌 <i>Bifidobacterium</i>	10.1±0.4 (37.6)	9.9±0.4 (51.6)	10.1±0.3 (48.9)
真杆菌 <i>Eubacterium</i>	10.1±0.2 (26.2)	8.7±0.1 ^{a)} (2.6)	8.4±0.3 (1.1)[2/3]
拟杆菌 <i>Bacteroidaceae</i>	10.1±0.1 (24.2)	9.5±0.2 ^{b)} (17.8)	9.9±0.2 ^{d)} (28.1)
消化球菌 <i>Peptococcaceae</i>	9.4±0.3 (5.6)	9.4±0.2 (13.9)[2/3]	9.6±0.0 (11.5)[2/3]
梭菌 <i>Clostridium</i>	6.9±0.2 (<0.1)[2/3]	7.7±0.1 ^{a)} (0.2)[2/3]	7.8±1.5 (2.9)[2/3]
总菌群	10.7±0.2	10.3±0.1 ^{a)}	10.4±0.3

注: a) 表示与喂食前的显著性差异 ($P<0.01$); b) 表示与喂食前的显著性差异 ($P<0.05$); c) 表示与喂食期间的显著性差异 ($P<0.01$); d) 表示与喂食期间的显著性差异 ($P<0.05$); () 表示该细菌与总菌数的百分比; [] 表示已测数目与样品数目之比。

表 2 含质量分数为 1% 的海带、裙带菜或裙带菜孢子叶的饲料对大鼠每克
盲肠内容物中盲肠微生物群落 (菌数的对数平均值±标准差) 的影响

微生物	对照	海带	裙带菜	裙带菜孢子叶
拟杆菌 <i>Bacteroidaceae</i>	10.9±0.2	10.8±0.2	10.6±0.3	10.7±0.3
真杆菌 <i>Eubacteria</i>	9.7±1.0	8.2±0.5	9.3±0.6	7.9±1.0
消化球菌 <i>Peptococcaceae</i>	6.7±2.4	7.7±0.7	6.6±0.5	7.1±1.0
双歧杆菌 <i>Bifidobacteria</i>	9.5±0.2	9.6±0.9	9.8±0.7	10.4±0.5 ^{a)}
乳酸杆菌 <i>Lactobacilli</i>	10.2±0.8	10.0±0.2	10.5±0.4	9.8±1.1
链球菌 <i>Streptococci</i>	7.8±0.2	7.3±0.9	7.2±0.8	7.1±0.1
葡萄球菌 <i>Staphylococci</i>	3.7±0.5	3.8±0.2	3.8±0.2	3.8±0.3
肠杆菌 <i>Enterobacteriaceae</i>	8.8±0.1	7.9±0.4 ^{b)}	8.2±0.6	8.4±0.9
总菌群	11.1±0.2	10.9±0.2	11.2±0.1	11.0±0.4
双歧杆菌数与总菌数的比率 (%)	2.8±0.7	12.2±14.7	9.9±6.9	24.7±4.9 ^{b)}

注: 各测定值在大鼠喂食含有不同藻类的饲料 7 d 后测定。

a) 表示与对照差异显著 ($P<0.05$); b) 表示与对照差异显著 ($P<0.01$); 以下表 3~5 的表注与表 2 相同。

2.2 食用海藻对盲肠微生物群落的影响

久田孝^[5]用含质量分数分别为1%和5%的6种可食用海藻的饲料喂食雄性大鼠1星期,结果见表2至表5。结果表明:含有不同藻类的饲料对盲肠微生物区系有不同的作用。

从表2和表3可以看出,大鼠分别喂食添加质量分数为1%的海带、裙带菜、裙带菜孢子叶、海蕴和石莼的饲料后,双歧杆菌与总菌数的比率均明显提高,含裙带菜孢子叶的饲料,使双歧杆菌数量显著增加($P<0.05$),从而使双歧杆菌与总菌数的比率显著增加($P<0.01$);而含海带的饲料也可以使肠杆菌数量显著减少($P<0.01$)。

表3 含质量分数为1%的褐色海带、海蕴或石莼的饲料对大鼠每克盲肠内容物中盲肠微生物群落(菌数的对数平均值±标准差)的影响

微生物	对照	褐色海带	海蕴	石莼
拟杆菌 <i>Bacteroidaceae</i>	10.9±0.2	11.0±0.1	10.7±0.2	10.7±0.3
真杆菌 <i>Eubacteria</i>	8.7±1.8	8.3±0.8	7.9±1.2	8.5±1.3
消化球菌 <i>Peptococcaceae</i>	8.4±1.8	8.1±1.2	7.2±1.2	9.5±0.9
双歧杆菌 <i>Bifidobacteria</i>	8.4±0.5	8.8±0.5	8.6±1.0	8.8±1.2
乳酸杆菌 <i>Lactobacilli</i>	8.6±2.2	8.1±1.2	9.1±1.3	7.6±2.7
链球菌 <i>Streptococci</i>	7.8±0.3	7.7±0.3	7.5±0.5	8.1±0.4
葡萄球菌 <i>Staphylococci</i>	5.9±0.4	5.0±0.6	4.5±0.6 ^{a)}	5.4±0.7
肠杆菌 <i>Enterobacteriaceae</i>	9.2±0.2	8.8±0.6	8.9±1.1	9.0±0.9
总菌群	11.1±0.2	11.1±0.1	10.8±0.1	10.9±0.2
双歧杆菌数与总菌数的比率(%)	0.4±0.5	0.6±0.4	3.0±5.4	2.0±2.1

表4 含质量分数为5%的海带、裙带菜或裙带菜孢子叶的饲料对大鼠每克盲肠内容物中盲肠微生物群落(菌数的对数平均值±标准差)的影响

微生物	对照	海带	裙带菜	裙带菜孢子叶
拟杆菌 <i>Bacteroidaceae</i>	11.1±0.2	10.7±0.1 ^{a)}	10.1±0.3 ^{b)}	10.2±0.3 ^{b)}
真杆菌 <i>Eubacteria</i>	9.5±1.0	8.5±1.7	7.4±1.5	8.5±1.3
消化球菌 <i>Peptococcaceae</i>	9.0±1.6	8.7±0.6	7.2±0.7	8.2±1.6
双歧杆菌 <i>Bifidobacteria</i>	9.9±0.5	9.4±1.8	7.6±1.0 ^{a)}	9.9±0.3
乳酸杆菌 <i>Lactobacilli</i>	10.0±0.4	8.1±1.3	7.2±0.5 ^{b)}	9.0±0.3 ^{a)}
链球菌 <i>Streptococci</i>	7.3±0.4	7.6±0.3	7.2±0.2	7.1±0.9
葡萄球菌 <i>Staphylococci</i>	4.3±0.4	4.5±0.1	3.5±0.3	4.9±0.7
肠杆菌 <i>Enterobacteriaceae</i>	7.2±0.6	7.6±0.1	6.3±0.4	6.2±0.1
总菌群	11.2±0.2	10.9±0.3	10.3±0.1 ^{b)}	10.5±0.2 ^{b)}
双歧杆菌数与总菌数的比率(%)	8.0±5.8	18.5±12.8	1.2±2.0	23.6±6.0 ^{a)}

从表4和表5可以看出,大鼠喂食添加质量分数为5%的裙带菜的饲料时却使双歧杆菌和乳酸杆菌的数量显著减少(前者 $P<0.05$,后者 $P<0.01$);大鼠分别喂食添加质量分数为5%的海带、石莼、裙带菜、裙带菜孢子叶的饲料后,拟杆菌数量显著减少(前两者 $P<0.05$,后两者 $P<0.01$);大鼠喂食添加质量分数为5%的海蕴的饲料后,消化球菌数量

显著增加 ($P < 0.05$)。

表 5 含质量分数为 5% 的褐色海带、海藻或石莼的饲料对大鼠每克盲肠内容物中盲肠微生物群落 (菌数的对数平均值 ± 标准差) 的影响

微生物	对照	褐色海带	海藻	石莼
拟杆菌 <i>Bacteroidaceae</i>	10.4 ± 0.1	10.7 ± 0.5	10.3 ± 0.3	9.9 ± 0.3 ^{a)}
真杆菌 <i>Eubacteria</i>	8.4 ± 1.0	8.8 ± 0.7	8.5 ± 1.0	7.8 ± 1.1
消化球菌 <i>Peptococcaceae</i>	7.2 ± 0.7	8.8 ± 1.3	9.2 ± 0.9 ^{a)}	8.6 ± 0.8
双歧杆菌 <i>Bifidobacteria</i>	9.5 ± 1.5	8.8 ± 1.2	9.2 ± 0.8	9.0 ± 0.4
乳酸杆菌 <i>Lactobacilli</i>	9.8 ± 0.9	8.4 ± 1.4	8.3 ± 0.7	8.3 ± 0.6
链球菌 <i>Streptococci</i>	7.3 ± 0.7	7.2 ± 0.3	7.8 ± 0.9	6.8 ± 0.8
葡萄球菌 <i>Staphylococci</i>	4.8 ± 0.5	4.9 ± 0.4	4.9 ± 0.6	4.5 ± 0.6
肠杆菌 <i>Enterobacteriaceae</i>	7.8 ± 0.7	7.2 ± 0.5	8.7 ± 0.7	6.0 ± 0.4 ^{b)}
总菌群	10.7 ± 0.3	10.9 ± 0.3	10.5 ± 0.3	10.0 ± 0.3 ^{a)}
双歧杆菌数与总菌数的比率 (%)	14.7 ± 15.2	9.9 ± 19.2	17.5 ± 17.1	16.7 ± 15.3

3 食用海藻对肠道内微环境的影响

3.1 对盲肠内容物 pH 值的影响

大鼠在喂食添加质量分数为 2% 的紫菜的饲料期间, 其肠内容物 pH 值显著降低, 由 7.48 ± 0.09 降至 7.09 ± 0.05 ($P < 0.01$), 停止喂食后, pH 值又显著上升至 7.64 ± 0.19 ($P < 0.01$)^[4]。而用质量分数为 5% 的石莼的饲料喂食大鼠后, 其盲肠内容物 pH 值要比对照组高^[5]。

3.2 对盲肠内容物中氨含量的影响

大鼠喂食含质量分数为 2% 的紫菜的饲料后, 每克盲肠内容物中氨含量发生变化。在喂食期间, 氨含量由喂食前的 (2.38 ± 0.67) mg/g 减少为 (0.81 ± 0.22) mg/g, 差异显著 ($P < 0.01$), 停止喂食后, 氨含量增加至 (1.27 ± 0.45) mg/g。用含质量分数为 1% 的海藻, 质量分数为 5% 的裙带菜、裙带菜孢子叶、褐色海带及石莼的饲料喂大鼠后, 其盲肠内容物氨含量也显著减小^[5]。

3.3 对血清脂质水平的影响

用添加食用海藻的饲料喂大鼠后, 其盲肠微生物群落和血清脂质水平均受到影响^[5]。大鼠分别喂食添加质量分数为 1% 的海藻, 质量分数为 5% 的褐色海带及石莼的饲料, 血清脂质水平得到了显著的抑制, 喂食其它饲料, 其也有被抑制的趋势; 分别喂食添加质量分数为 1% 的海带, 质量分数为 5% 的海带、褐色海带及海藻的饲料的大鼠, 其血清游离脂肪酸得到了有效的抑制; 除了添加质量分数为 1% 的裙带菜孢子叶和褐色海带的饲料外, 喂其它饲料时, 大鼠的血清游离脂肪酸也有被抑制的趋势。另一方面血清胆固醇含量在喂食添加

各种海藻的饲料时差别不大（见表 6）。

表 6 添加各种海藻的饲料对大鼠盲肠微生物群落和血清脂质水平的影响

饲料	盲肠微生物		双歧杆菌 比率	盲肠		血清	
	促进	抑制		pH 值变 化趋势	NH ₃ 含量 变化趋势	甘油三酯 变化趋势	游离脂肪酸 变化趋势
添加 1% 海带		肠杆菌					▼
添加 5% 海带		拟杆菌					▼
添加 1% 裙带菜							
添加 5% 裙带菜		拟杆菌 乳酸杆菌 双歧杆菌					▼
添加 1% 裙带菜孢子叶	双歧杆菌		▲				
添加 5% 裙带菜孢子叶		拟杆菌 肠杆菌 乳酸杆菌	▲				▼
添加 1% 褐色海带							
添加 5% 褐色海带						▼	▼
添加 1% 海蕴		葡萄球菌				▼	▼
添加 5% 海蕴	消化球菌						▼
添加 1% 羊栖菜							
添加 5% 羊栖菜						▼	▼
添加 1% 石莼							
添加 5% 石莼		肠杆菌 拟杆菌		▲		▼	▼
添加 1% 绿紫菜						▼	▼
添加 5% 绿紫菜		肠杆菌 乳酸杆菌		▲		▼	▼
添加 1% 紫菜						▼	▼
添加 5% 紫菜	双歧杆菌					▼	▼

注：▲ 表示与对照相比显著增加 ($P < 0.01$)；▼ 表示与对照相比显著降低 ($P < 0.01$)。

大鼠喂食添加质量分数为 5% 的绿紫菜或石莼的饲料后，其盲肠内的 pH 值上升，一般认为，肠内 pH 值上升能促进氨等碱性腐败产物的吸收，因而对宿主有害。而喂食添加褐藻类和红藻类的饲料时却没有观察到 pH 值的上升，这可能是由于绿紫菜和石莼具有独特的生理活性物质。

4 小结

综上所述，大鼠喂食添加 9 种食用海藻的饲料时，均能抑制血清甘油三酯及血清游离脂肪酸含量。不同种类海藻对于盲肠内的微生物区系及肠内环境具有不同的影响。喂食添加紫菜的饲料后，大鼠盲肠中的菌群及代谢产物受到影响，双歧杆菌数量增加，pH 值降低

等使肠内的生态环境得到改善。

大多数食用海藻含有占干重约 40% 的食物纤维, 其中有抗菌物质、抗氧化物质及其它多种生理活性物质和营养成分, 因此有必要研究食用海藻后的各种影响究竟是由哪种成分引起的。另外由于产地和季节的不同, 海藻成分尤其是贮藏多糖类也有差异, 因此食用不同季节和不同产地的海藻对肠道微环境的影响是以后需要研究的课题。同时由于海藻具有多种独特的生理活性物质, 有益于人类健康, 除了普通食用外, 研制新颖的、食用更为方便、附加值更高的海洋藻类保健食品也非常必要。

参考文献:

- [1] 王清印, 于清华. 紫菜的养殖及其用途 [J]. 海洋药物, 1982, (3): 49~51.
- [2] 郝秀兰, 付德华. 十种海洋生物制剂对心血管系统药理作用的初步探讨 [J]. 海洋药物通讯, 1980, (6): 60~63.
- [3] 西泽一俊. 海藻的生活活性物质 [J]. 食品と科学, 1989, 24: 54~59.
- [4] 河津大辅, 藤井建夫, 大岛直子, 等. ササビノリのラット盲腸フローラに及ぼす影响 [J]. Nippon Suisan Gakkaishi, 1994, 60 (1): 111~115.
- [5] 久田孝. 食用海藻类的ラット盲腸内フローラおよび血清脂质レベルに及ぼす影响 [J]. Nippon Suisan Gakkaishi, 1997, 63 (6): 928~933.
- [6] Kuda T, Yokoyama M, Fujii T. Effects of marine algae diets *hijiki*, *akonori*, and *norii* on levels of serum lipid and cecal microflora in rats [J]. Fisheries Sci., 1997, 63: 428~432.
- [7] 侯家龙. 紫菜和它的生活史 [J]. 生物学通报, 1989, (2): 15.
- [8] 周慧萍, 陈琼华. 紫菜多糖抗衰老作用的实验研究 [J]. 中国药科大学学报, 1989, 20 (4): 231~234.
- [9] 周慧萍, 陈琼华. 紫菜多糖对核酸、蛋白质生物合成和免疫功能的影响 [J]. 中国药科大学学报, 1989, 20 (2): 86~88.
- [10] 周慧萍, 陈琼华. 紫菜多糖对机体细胞的保护作用 [J]. 中国药科大学学报, 1989, 20 (6): 340~343.
- [11] 周慧萍, 陈琼华. 紫菜多糖的提取、分离和鉴定 [J]. 中国药科大学学报, 1989, 20 (3): 170~171.

Effect of edible marine algae on intestinal microflora and microenvironment

Lü Qin, JIANG Nai-cheng

(College of Life Sciences, Zhejiang University, Hangzhou 310012, China)

Abstract: The effects of edible marine algae upon intestinal microflora and microenvironment of rats were reviewed. After feeding with nine kinds of laver (*Porphyra* spp), the different effects on microflora, metabolized products and different degree of serum lipid were produced. The number of *bifidobacteria* in the caecum of rats increased, but the pH degree reduced, restrained the contents of free fatty acid and serum lipid. So the intestinal microenvironment of rats was improved.

Key words: edible marine algae; intestinal microflora; intestinal microenvironment