

文章编号 :1009 - 038X(2002)03 - 0233 - 06

羊栖菜中褐藻糖胶的提取工艺

尤瑜敏, 许时婴

(江南大学 食品学院, 江苏 无锡 214036)

摘要:研究了从羊栖菜中提取褐藻糖胶的工艺. 采用高浓度醇溶液处理羊栖菜粉、稀酸提取、减压浓缩、乙醇分级沉淀和冷冻干燥等单元操作, 可以获得褐藻糖胶产品. 通过正交试验, 摸索在不同提取温度、提取时间和 pH 值条件下粗褐藻糖胶产品的得率及岩藻糖的提取率.

关键词:羊栖菜; 褐藻糖胶; 提取

中图分类号: S 985.4

文献标识码: A

The Extraction Procedure of Fucoidan from *Sargassum fusiforme*

YOU Yu-min, XU Shi-ying

(School of Food Science and Technology, Southern Yangtze University, Wuxi 214036, China)

Abstract: The extraction procedure of fucoidan from *Sargassum fusiforme* was studied. The fucoidan product was obtained by pretreatment of algae powder with high-concentration ethanol, diluted acid extraction, concentration under vacuum, ethanol precipitation and lyophilization. Orthogonal experiment was designed determine the yield and the recovery(%) of fucose of crude fucoidan product under different extraction conditions, such as extraction temperature, extraction time and pH.

Key words: *Sargassum fusiforme*; fucoidan; extraction

羊栖菜(*Sargassum fusiforme*)属褐藻门马尾藻科, 主要生长在北太平洋西部的暖温带水域.

羊栖菜在民间早已入药, 与马尾藻科植物海蒿子一起被中国药典收录. 海藻具有“软坚散结、消痰、清凉解毒、破血祛瘀、利水消肿”之功能, 用于治疗瘰疬、瘰疬、睾丸肿痛、痰饮水肿等症^[1, 2]. 随着开发利用海藻资源热的兴起, 羊栖菜逐渐引起了人们的研究兴趣.

羊栖菜含有丰富的多糖、膳食纤维、维生素和矿物质, 含有人体所需的 14 种重要的微量元素, 铅含量远远低于其它海藻; 蛋白质质量分数为 9.63% ~ 15.09%, 含 17 种重要氨基酸, 包括 8 种必需氨基

酸), 质量分数为 0.19% ~ 1.81%^[3~5]. 据报道, 羊栖菜具有抗菌、抗病毒、防癌抗癌、抗氧化、抗诱变、抗凝血、降血压、降血脂、免疫调节等生物活性功能, 还能保持头发光泽和皮肤湿润^[3, 6]. 羊栖菜具有生物活性与其含有的多糖密切相关.

褐藻中的主要多糖有褐藻酸、褐藻糖胶和褐藻淀粉^[7]. 褐藻糖胶(fucoidan)又称褐藻多糖硫酸酯, 是褐藻细胞产生的粘性物质, 为褐藻利用光合作用所必需, 是一系列组成相似的杂多糖混合物. 除了由 $\alpha(1\rightarrow2)$ 和 $\alpha(1\rightarrow3)$ 糖苷键连接的 L-岩藻糖(fucose)聚合物主链以外, 还有可能存在半乳糖、甘露糖、木糖等其它糖基. 尽管已有大量的有关褐藻糖

收稿日期 2001 - 12 - 30; 修订日期 2002 - 01 - 23.

作者简介: 尤瑜敏(1971 -), 女, 江苏江阴人, 食品科学与工程博士研究生, 讲师.

万方数据

胶的研究报导,但它们的确切结构仍不清楚.该多糖具有多种药理活性,如抗菌、抗病毒(包括抗HIV)、抗肿瘤、免疫抑制活性、抗凝血和降血脂等^[8~19].

国外学者对不同种属不同地区的褐藻糖胶已进行过较多的研究,国内在这方面的研究还不多,有关羊栖菜褐藻糖胶性质和提取工艺的文献就更少了.

羊栖菜在我国的分布很广,北起辽东半岛,南至福建、广东,所在海域及滩头均有生长,其中又以浙江沿海为最多.浙江省洞头县附近海域已养殖面积达一万余亩,年产量逾4 000 t.羊栖菜是一种重要的海洋生物资源,对它进行系统的研究将为羊栖菜的广泛应用提供可靠的理论依据.

1 材料与方法

1.1 原料的采集与处理

原料1:2000年5月,购自浙江洞头县汇源海生物开发有限公司,原料已晒干.

原料2:2001年5月,购自浙江省洞头县近海养殖场,原料已晒干、粉碎过40目筛,在4℃条件下贮存.

原料3:2001年6月采自洞头岛海域.

新鲜羊栖菜经洗涤,立即在-20℃冻结保藏.实验前,将冻结的羊栖菜先解冻,再用蒸馏水漂洗3次,沥干.从中取少量羊栖菜测定水分含量,剩余的立即在-20℃冻结,再冷冻干燥48 h.粉碎后4℃条件下贮存.

1.2 测定方法

1.2.1 常规成分测定方法

水分含量:参照GB5009.3-85进行.

灰分含量:550~600℃灼烧4 h,参照GB5009.4-85进行.

蛋白质含量:凯氏定氮法,参照GB5009.5-85进行.

粗脂肪含量:索氏抽提法,参照GB5009.6-85进行.

粗纤维含量:用酸性洗涤纤维代替粗纤维指标进行.

总碳水化合物含量:采用减法计算得出.

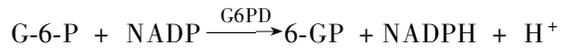
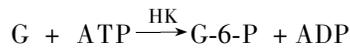
1.2.2 特殊成分测定方法

甲基潘糖(岩藻糖)含量:参照文献^[20]进行;褐藻酸含量:参照文献^[21]进行;褐藻淀粉含量:测定参照文献^[22]进行.

褐藻淀粉含量的测定方法,主要是将样品用稀

酸水解后,测出其葡萄糖含量,而后推算出褐藻淀粉的含量.在此用己糖激酶法测葡萄糖的含量.

在己糖激酶(HK)的催化下,葡萄糖(G)和ATP发生磷酸化反应,生成葡萄糖-6-磷酸(G-6-P)与ADP,前者在葡萄糖-6-磷酸脱氢酶(G6PD)催化下脱氢,生成6-磷酸葡萄糖酸(6-GP),同时使NADP还原成NAPDPH.



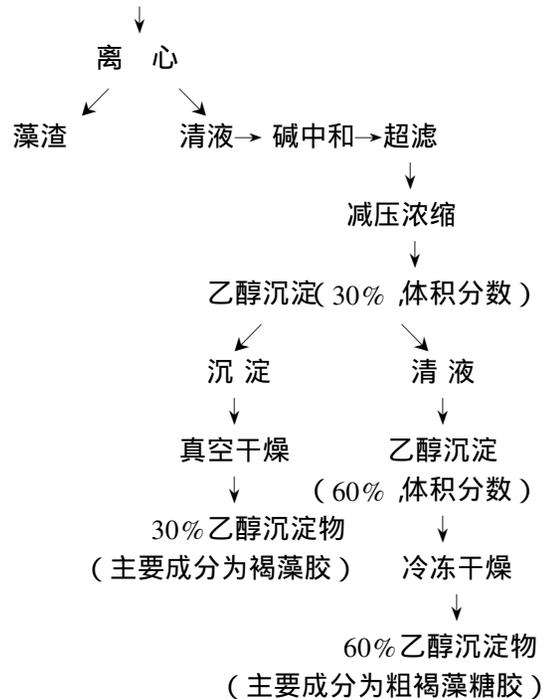
根据反应方程式,NADPH的生成速率与葡萄糖的浓度呈正比,在波长340 nm下测吸光度,根据升高速率计算葡萄糖的浓度.

准确称取2 g样品,加入1 mol/L的HCL溶液,在沸水浴中水解6~8 h.水解液过滤后用NaOH溶液调至中性,定容后用全自动生物化学分析仪进行测定.

1.3 提取工艺流程

褐藻糖胶的提取工艺主要参考Black的酸提取法^[23],工艺流程如下:

羊栖菜粉→95%乙醇回流处理→乙醇、乙醚洗涤→干燥→稀酸(pH 2.0)提取



1.4 正交试验

采用3因素3水平作正交试验.提取温度分别为60、70、80℃,提取时间分别为1、2、3 h,提取液的pH值分别控制在2.0、3.0、4.0,提取1次.将糖液减压浓缩后,加入乙醇使溶液最终体积分数为20%,离心,沉淀经真空干燥得到20%乙醇沉淀物;上清液中再加入乙醇,使溶液最终体积分数为

60% ,离心后沉淀,经冷冻干燥得到粗褐藻糖胶。

2 结果与讨论

2.1 成分分析

新鲜羊栖菜的水分含量为(86.81 ± 0.26)%。羊栖菜粉成分及特殊成分的含量见表 1 和表 2。

由于购买的羊栖菜干品是从海中采集后直接晒干的,含有较多的盐分,因而测得的灰分含量较高,与蒸馏水处理过的羊栖菜样品相比,灰分含量

为两倍左右。如果用购买的原料提取多糖,需对提取液做脱盐处理。

新鲜羊栖菜粉的粗纤维和总碳水化合物的含量明显高于其它两个样品,说明羊栖菜的纤维和总碳水化合物在干燥和贮藏过程中可能发生了降解,尤其是干燥方式对它的影响很大。

羊栖菜的成分与其生长海域、采集季节、藻体部位等有很大关系,因此在工业化生产羊栖菜相关产品时要注意原料品质的一致性。

表 1 羊栖菜粉主要成分质量分数

Tab.1 Components of *S. fusiforme* powder

原料序号	水分	灰分 (以干基计)	粗蛋白 (以干基计)	粗脂肪 (以干基计)	粗纤维 (以干基计)	总碳水化合物 (以干基计)
1	9.24 ± 0.06	32.72 ± 0.20	11.61 ± 0.20	1.12 ± 0.01	34.84 ± 0.54	19.71
2	8.44 ± 0.07	33.16 ± 0.26	10.75 ± 0.24	0.96 ± 0.01	33.17 ± 0.29	21.96
3	12.18 ± 0.10	15.44 ± 0.12	12.32 ± 0.36	1.55 ± 0.04	40.42 ± 0.11	30.27

表 2 羊栖菜粉中特殊成分质量分数(以干基计)

Tab.2 Special components of *S. fusiforme* powder(dry base)

样品	褐藻糖胶*/%	褐藻酸/%	褐藻淀粉**/%
羊栖菜粉	2.58 ± 0.11	28.44 ± 0.25	0.53

注:*褐藻糖胶以岩藻糖计;**褐藻淀粉以葡萄糖计

2.2 工艺条件的确定

2.2.1 预处理 原料经 95%乙醇回流预处理后,去除了一些极性较小的物质。8 次试验的平均得率为 87.8%。

2.2.2 提取 将预处理过的羊栖菜粉在 70 °C 时用稀盐酸(pH 2.0)提取 3 次,每次 1 h。离心(3 000 r/min,15 min)后得到藻渣和提取液。提取液立即用碱中和,藻渣在 50 °C 下热风干燥,得率为 55.8%。

2.2.3 超滤

超滤条件:操作压力 ≤ 0.1 MPa,温度 < 45 °C, pH 范围 4 ~ 13。

超滤前料液的氯离子质量浓度为 4.19 × 10⁻³ g/mL。用去离子水洗涤,超滤后料液的氯离子质量浓度为 5.79 × 10⁻⁶ g/mL,脱盐率在 99% 以上。超滤的过程中,料液的颜色变浅,说明超滤可以去除一部分色素,使料液中杂质减少。

$$\text{脱盐率} = 1 - \frac{\text{浓缩液盐含量}}{\text{原料液盐含量}}$$

2.2.4 减压浓缩 减压浓缩温度控制在 50 °C 以下,料液浓缩至原体积的 1/10 ~ 1/15。

2.2.5 乙醇沉淀 乙醇分级沉淀后得到两个产物,分别为 30%乙醇沉淀物和 60%乙醇沉淀物。30%乙醇沉淀物采用真空干燥(0.1 MPa,30 ~ 40 °C),60%乙醇沉淀物则采用冷冻干燥(0.1 MPa, -20 °C)。

2.3 产品成分分析

对照羊栖菜原料与藻渣成分(见表 3)可以看出,乙醇处理除去了脂类等极性较小的成分,包括甘露醇这类相对分子质量较低的组分。因此,藻渣的粗脂肪含量明显降低。脂肪的去除将有利于糖的提取,这表明在提糖工艺中用乙醇预处理原料是合理的。

经稀酸提取后,藻渣中灰分含量大大减少,这说明原料中的无机盐类已进入糖提取液中,因此,在后面的分离步骤中进一步脱盐是必要的。

由表 4 可知,藻粉中主要的碳水化合物成分是褐藻酸。它以可溶性的褐藻酸盐和不溶性的褐藻酸的混合形式存在于藻体中。当用水或稀酸提取褐藻糖胶时,少量的褐藻酸盐被一起提取出来,而大量

表 3 羊栖菜粉与藻渣的成分对照

Tab.3 Components of *S. fusiforme* powder and algae residue

样品	水分	灰分 (以干基计)	粗蛋白 (以干基计)	粗脂肪 (以干基计)	粗纤维 (以干基计)	总碳水化合物 (以干基计)
原料 1	9.24 ± 0.06	32.72 ± 0.20	11.61 ± 0.20	1.12 ± 0.01	34.84 ± 0.54	19.71
藻渣	9.66 ± 0.04	4.16 ± 0.04	13.11 ± 0.07	0.084 ± 0.004	61.33 ± 0.05	21.32

的不溶性褐藻酸残留在藻渣里.用乙醇进行分级沉淀,大部分褐藻酸被 30%乙醇溶液沉淀下来,粗褐藻糖胶则含有少量的褐藻酸.因此,用乙醇分级沉淀可以达到初步分离的效果.

表 4 各样品中特殊成分质量分数(以干基计)

Tab.4 Special components of various samples (dry base)

样品	褐藻糖胶*/%	褐藻酸/%
藻粉	2.58 ± 0.11	28.44 ± 0.25
预处理藻粉	3.52 ± 0.01	33.73 ± 0.11
藻渣	1.94 ± 0.16	50.64 ± 0.005
脱盐粗糖胶	21.28 ± 1.02	0.62 ± 0.04
30%乙醇沉淀物	5.80 ± 0.02	20.38 ± 0.77

注:*褐藻糖胶以岩藻糖计

2.4 正交试验结果

$$\text{岩藻糖的提取率} = \frac{\text{产物中岩藻糖/褐藻酸含量}}{\text{预处理原料中岩藻糖/褐藻酸含量}}$$

2.4.1 藻渣的得率及成分

正交试验中藻渣的得率与组成见表 5,正交分

表 5 正交试验中藻渣的得率与组成及岩藻糖的提取率

Tab.5 Yield and components of algae residue

序号	温度/°C A	时间/h B	pH 值 C	得率/%	藻渣组成及其质量分数/%			提取率*/%
					灰分	褐藻酸	岩藻糖	
1	1(60)	1(1)	1(2)	60.81	9.03 ± 0.07	55.51 ± 0.94	4.27 ± 0.03	6.23%
2	1(60)	2(2)	2(3)	59.56	13.22 ± 0.20	43.57 ± 0.47	4.21 ± 0.05	8.76%
3	1(60)	3(3)	3(4)	58.44	15.38 ± 0.13	43.31 ± 0.29	4.40 ± 0.12	6.95%
4	2(70)	1(1)	2(3)	57.06	12.86 ± 0.10	43.41 ± 0.05	4.35 ± 0.08	9.48%
5	2(70)	2(2)	3(4)	54.81	14.78 ± 0.18	42.36 ± 1.16	4.50 ± 0.02	9.93%
6	2(70)	3(3)	1(2)	57.19	7.98 ± 0.06	54.00 ± 2.45	3.25 ± 0.04	7.20%
7	3(80)	1(1)	3(4)	54.88	15.06 ± 0.06	40.46 ± 2.68	3.95 ± 0.02	8.42%
8	3(80)	2(2)	1(2)	53.12	7.90 ± 0.10	49.72 ± 1.32	2.43 ± 0.02	3.32%
9	3(80)	3(3)	2(3)	47.06	12.97 ± 0.11	41.65 ± 0.21	2.98 ± 0.02	0.16%

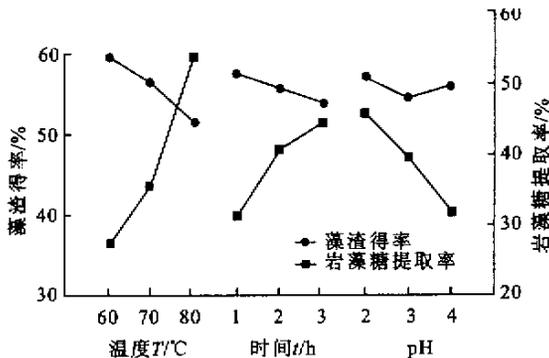


图 1 藻渣得率及岩藻糖提取率的正交分析图

Fig.1 Orthogonal Analysis of yield and fucose extracting rate of algae residue

析图见图 1.

由表 5 可知,温度是影响藻渣得率的显著因素,其次分别为时间和 pH 值.随着温度升高,时间延长和 pH 值增加,藻渣的得率降低,即提取物的得率增加.影响岩藻糖提取率的因素的显著性大小依次为温度、pH 值和时间.当温度增加、时间延长、pH 值偏小时,岩藻糖的提取率较高.

当 pH 值依次增大时,藻渣的灰分也依次增加,当 pH 为 2.0 时,藻渣灰分最小.说明这种条件下提取液的盐浓度较高,或提取物中含有较高的无机成分.

随着 pH 值的增加,藻渣中残存的褐藻酸含量减少.由于褐藻酸包括不溶性的褐藻酸和褐藻酸的高价盐,以及可溶性的褐藻酸碱金属盐类,这两种状态通常是共存的.在藻体中,大部分褐藻酸是水不溶性的.当提取液呈酸性时,褐藻酸较难被提取出来,因此藻渣中含较多的褐藻酸.褐藻糖胶是水溶性的,因而 pH 增加,褐藻糖胶的提取量也增加,藻渣中该糖含量相应减少.

2.4.2 20%乙醇沉淀物的得率及成分

20%乙醇沉淀物的得率及成分见表 6,正交分析结果见图 2.

由表 6 可知,影响 20%乙醇沉淀物得率的因素中温度最为显著,其次为 pH 值和时间.20%乙醇沉淀物的主要碳水化合物是褐藻酸,与得率不同的是,影响褐藻酸含量的显著因素是 pH 值,其次才是温度和时间.

pH 值较小时,20%乙醇沉淀物的灰分含量较高.这可能是由两方面原因造成的:一是本身与无机成分相结合;二是提取液中带入了较多的 NaCl.

2.4.3 粗褐藻糖胶的得率及成分

粗褐藻糖胶的得率及成分见表 7,正交分析结

果见图 3.

表 6 正交试验中 20%乙醇沉淀物的得率与成分
Tab.6 Yield and components of 20% ethanol precipitate

序号	温度 A/°C	时间 B/h	pH 值 C	得率/%	20%乙醇沉淀物组成及其质量分数/%			占岩藻糖 总量/%	褐藻酸提 取率/%
					灰分	褐藻酸	岩藻糖		
1	1(60)	1(1)	1(2)	5.50	58.00 ± 0.43	8.25 ± 0.63	1.49 ± 0.03	2.53	1.35
2	1(60)	2(2)	2(3)	13.00	42.76 ± 0.18	22.36 ± 3.38	2.36 ± 0.07	8.72	8.62
3	1(60)	3(3)	3(4)	14.06	37.48 ± 1.75	32.20 ± 2.37	2.33 ± 0.02	9.31	13.42
4	2(70)	1(1)	2(3)	15.62	43.02 ± 0.19	28.36 ± 0.35	2.32 ± 0.12	10.30	13.14
5	2(70)	2(2)	3(4)	14.56	34.18 ± 0.52	35.45 ± 2.97	2.36 ± 0.08	10.59	15.31
6	2(70)	3(3)	1(2)	8.94	59.90 ± 0.44	4.33 ± 0.03	2.67 ± 0.02	6.78	1.15
7	3(80)	1(1)	3(4)	17.69	38.61 ± 0.47	34.84 ± 0.92	2.35 ± 0.09	12.81	18.27
8	3(80)	2(2)	1(2)	14.88	53.46 ± 0.58	4.46 ± 0.22	3.82 ± 0.05	16.14	1.97
9	3(80)	3(3)	2(3)	24.62	37.68 ± 1.06	31.03 ± 0.28	3.18 ± 0.09	22.25	22.65

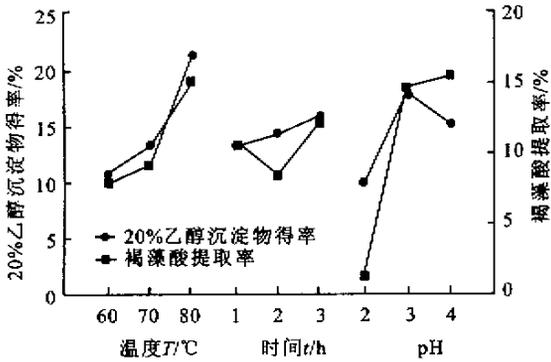


图 2 20%乙醇沉淀物得率和褐藻酸提取率的正交分析图

Fig.2 Orthogonal analysis of yield and alginic acid extracting rate of 20% ethanol precipitate

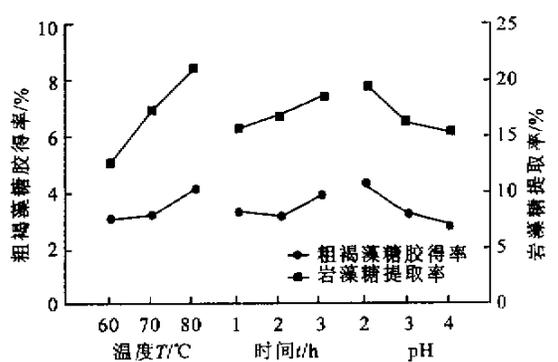


图 3 粗褐藻糖胶得率和岩藻糖提取率的正交分析图

Fig.3 Orthogonal analysis of yield and fucose extracting rate of crude fucoidan

表 7 正交试验中粗褐藻糖胶的得率与成分

Tab.7 Yield and components of crude fucoidan

序号	温度/ A/°C	时间/ B/h	pH 值 C	得率/%	60%乙醇沉淀物组分及其质量分数/%			占岩藻糖 总量/%	褐藻酸 提取率/%
					灰分	褐藻酸	岩藻糖		
1	1(60)	1(1)	1(2)	3.81	50.54 ± 1.73	2.62 ± 0.01	12.36 ± 0.15	13.25	50.51
2	1(60)	2(2)	2(3)	2.29	43.96 ± 0.18	2.95 ± 0.05	16.64 ± 0.26	10.81	37.59
3	1(60)	3(3)	3(4)	2.78	37.39 ± 0.51	6.30 ± 0.11	17.33 ± 0.07	13.54	50.24
4	2(70)	1(1)	2(3)	2.65	44.51 ± 0.82	3.28 ± 0.07	16.50 ± 0.07	16.00	54.27
5	2(70)	2(2)	3(4)	2.56	33.51 ± 1.09	6.52 ± 0.11	20.54 ± 0.04	14.95	49.95
6	2(70)	3(3)	1(2)	4.25	45.81 ± 0.59	2.35 ± 0.50	17.12 ± 0.10	20.67	43.79
7	3(80)	1(1)	3(4)	3.21	34.04 ± 0.73	4.27 ± 0.07	19.24 ± 0.02	17.56	45.71
8	3(80)	2(2)	1(2)	4.52	43.76 ± 0.39	2.19 ± 0.03	19.56 ± 0.07	25.15	39.72
9	3(80)	3(3)	2(3)	4.66	33.50 ± 1.23	2.22 ± 0.05	16.24 ± 0.02	21.51	35.75

60%乙醇沉淀物的主要成分是粗褐藻糖胶.影响粗褐藻糖胶得率和岩藻糖提取率的因素其显著性大小依次为 pH 值、温度、时间和 pH、时间。

pH 偏小时得到的粗褐藻糖胶的灰分含量较高,这既与提取液中引入的 NaCl 有关,又与其自身含有无机成分有关。

参考文献:

- [1] 崔征. 中药海藻及数种同属植物的药理作用[J]. 中国海洋药物, 1997 (3): 5 - 8.
- [2] 李玉山. 7 种马尾藻属海藻碘及微量元素的含量测定[J]. 中国海洋药物, 1996 (4): 35 - 37.
- [3] 陈耀祖. 东海药用海藻化学成分分析研究(I) 羊栖菜中微量元素分析[J]. 浙江大学学报, 1996, 30(4): 471 - 473.
- [4] 范晓. 我国常见食用海藻的营养成分分析[J]. 中国海洋药物, 1993 (4): 32 - 38.
- [5] 陈绍瑗. 海洋药物研究(II) 羊栖菜中蛋白质和氨基酸分析[J]. 浙江大学学报, 1998, 26(1): 45 - 48.
- [6] 徐明芳. 海藻保健功能的研究进展[J]. 食品科学, 1998, 19(12): 19 - 22.
- [7] 纪明侯. 海藻化学[M]. 北京: 科学出版社, 1997.
- [8] 张鹤林. 羊栖菜抗肉毒素中毒、抗肿瘤有效成分的研究[J]. 海洋药物, 1988 (4): 18 - 22.
- [9] 季宇彬. 羊栖菜多糖 P₃₈₈ 小鼠红细胞免疫促进作用的机制研究[J]. 中国海洋药物, 1998 (2): 14 - 18.
- [10] 季宇彬. 羊栖菜对 L₆₁₅ 小鼠 LPO 含量及 GR、GSH-Px、CAT 和 SOD 活性的影响[J]. 中国海洋药物, 1994 (2): 20 - 23.
- [11] 季宇彬. 羊栖菜多糖对荷瘤小鼠红细胞免疫功能的影响[J]. 中国海洋药物, 1995 (2): 10 - 14.
- [12] 季宇彬. 复方海藻多糖合剂抗癌作用的实验研究[J]. 中国海洋药物, 1994 (3): 20 - 23.
- [13] 李八方. 羊栖菜水提取物及其复方食品对机体生长发育的影响[J]. 中国海洋药物, 1999 (4): 35 - 39.
- [14] 王兵等. 羊栖菜多糖降血糖作用的实验研究[J]. 中国海洋药物, 2000 (3): 33 - 35.
- [15] NISHINO TAKASHI, NAGUMO TERUKAZU. Sugar constituents and blood-anticoagulant activity of fucose-containing sulfated polysaccharides in nine brown seaweed species[J]. *Nippon Nogei Kagaku Kaishi*, 1987, 61(3): 361 - 363.
- [16] NISHIDE EIICHI. Studies on sulfated polysaccharides from brown algae-IV. A comparative investigation on the contents of fucose-containing polysaccharides from various Japanese brown algae[J]. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 1987, 53(6): 1083 - 1088.
- [17] YASUJI OKAI. Identification of antimutagenic activities in the extract of an edible brown algae, *Hizikia fusiforme*(Hijiki) by umu gene expression system in *Salmonella typhimurium*(TA1535/psk1002) [J]. *J Sci Food Agric*, 1994, 66(1): 103 - 109.
- [18] REN DALIN. Study on antihypertensive and antihyperlipidemic effects of marine algae[J]. *Fish Sci*, 1994, 60(1): 83 - 88.
- [19] YASUJI OKAI. Possible immunomodulating activities in an extract of edible brown algae, *Hizikia fusiforme*[J]. *J Sci Food Agric*, 1998, 76(1): 56 - 62.
- [20] GIBBONS M N. The determination of methylpentoses[J]. *Analyst*, 1955, 80: 267 - 276.
- [21] 纪明侯, 张燕霞. 褐藻酸 9-氮杂芴比色定量方法的研究[J]. 海洋科学集刊, 1962 (1): 196 - 205.
- [22] PETERSON J I, YOUNG D S. Evaluation of the hexokinase/glucose-6-phosphate dehydrogenase[J]. *Method of Determination of Glucose in Urine*, 1968, 23: 301 - 316.
- [23] BLACK W A P, DEWAR E T, WOODWARD F N. Manufacture of algal chemical(III) Laboratory-scale isolation of fucoidan from brown algae[J]. *J Appl Chem*, 1951(1): 505 - 517.

(责任编辑 杨萌 朱明)

消息 2002 年 5 月 26 日,由中国华源集团、江苏省无锡市和惠山区两级人民政府共同兴建的总投资达 200 亿元的国家级高科技主题开发区——无锡惠山生命科技园举行了隆重的开工奠基典礼。同时中国华源集团围绕生命科学主题举行了大型学术论坛,包括中国科学院、美国哈佛大学、北京大学、清华大学、中国科技大学等著名科研机构 and 高等学府参加了学术研讨。我刊应邀参加了学术论坛,并和华源集团高层领导及与会代表就本刊的发展进行了广泛的研讨。