

# 酶法提取麒麟菜膳食纤维工艺的研究

李来好<sup>1</sup>, 杨少玲<sup>1,2</sup>, 戚勃<sup>1</sup>

(1. 中国水产科学研究院南海水产研究所, 广东 广州 510300;

2. 广东海洋大学食品科技学院, 广东 湛江 524025)

**摘要:** 分别采用正交和均匀设计法, 优选出麒麟菜(*Eucheuma*)膳食纤维的最佳漂白和提取工艺条件, 并对提取的膳食纤维进行了分析。结果表明: 最佳漂白条件——漂白液浓度 2g/L、pH7.0、漂白时间 40min; 最佳提取条件——加水量 4%(L/g)、煮沸时间 60min、在 60~65℃ 下分别加入 0.15% 的蛋白酶和 0.1% 的  $\alpha$ -淀粉酶、分别酶解 60 和 30min。在此条件下, 提取率为 39.06%, 膨胀力为 38.6ml/g、持水力为 2045.8%, 膳食纤维含有较低的蛋白质、脂肪且无淀粉检出, 具有较高含量的 Ca、P、K 等矿物元素, 其功能指标优于化学法提取的麒麟菜膳食纤维和小麦麸皮标准膳食纤维, 有望在人体中发挥重要的生理功效。

**关键词:** 均匀设计; 麒麟菜; 膳食纤维; 提取

## Studies of Optimization of Extraction Process of Dietary Fibre from *Eucheuma* with Biologic Enzyme by Using Uniform Design

LI Lai-hao<sup>1</sup>, YANG Shao-ling<sup>1,2</sup>, QI Bo<sup>1</sup>

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

**Abstract:** The optimal conditions of bleaching and extracting of dietary fibre (DF) from *Eucheuma* were adopted by using

收稿日期: 2006-06-30

基金项目: 广东省科技计划资助项目(2002C20323)

作者简介: 李来好(1963-), 男, 研究员, 博士, 主要从事水产品加工和质量安全研究。

PGA 的产量。

参考文献:

- [1] Konno A, Taguchi T, Yamaguchi T. Bakery products and noodles containing poly( $\gamma$ -glutamic acid)[P]. US Patent, 4888193, 1989-12-19.
- [2] Mitsui kzi M, Mizuno A, Tanimoto H, et al. Relationship between the anti-freezeantivites and the chemical structures of oligo- $\gamma$ -poly(glutamic acid)s [J]. J Agric Food Chem, 1998, 46: 891-895.
- [3] 施庆珊, 许虹, 林小平, 等.  $\gamma$ -多聚谷氨酸的微生物合成[J]. 生物技术, 2004, 14: 65-67.
- [4] 游庆红, 张新民, 陈国广, 等.  $\gamma$ -聚谷氨酸的生物合成及应用[J]. 现代化工, 2002, 12: 56-59.
- [5] 何小兵. 生物合成聚 $\gamma$ -谷氨酸(钠盐型)的溶液性质研究[D]. 南京: 南京工业大学, 2003.
- [6] Tanimoto H, Sato H, Kuraiishi C, et al. High absorption mineral-containing composition and foods[J]. US patent, US5447732, 1995.
- [7] Tanimoto H, Mori M, Motoli M, et al. Natto mucilage containing poly- $\gamma$ -glutamic acid increases soluble calcium in the rat small intestine[J]. Biosci Biotechnol Biochem, 2001, 65: 516-521.
- [8] 胡荣章, 叶海峰, 金丽, 等.  $\gamma$ -聚谷氨酸高产菌株筛选及发酵条件优化[J]. 中国生物工程杂志, 2005, 25(12): 62-65.
- [9] 赵杰文, 刘木华, 潘胤飞, 等. 遗传算法优化BP及RBF神经网络用于苹果气味分类[J]. 食品科学, 2004, 25(2): 39-42.
- [10] 蔡宇杰, 诸葛斌, 张锡红, 等. 遗传算法与神经网络耦联法优化生淀粉酶发酵培养基[J]. 无锡轻工大学学报, 2001, 20(4): 421-423.
- [11] 李冰, 郭祀远, 李琳, 等. 人工神经网络在食品工业中的应用[J]. 食品科学, 2003, 24(6): 161-164.
- [12] Holland JH. Adoption in natural and artificial systems[M]. Ann Arbor Univ of Michigan Press, 1975.
- [13] Qin HM, Zhao YY, Liang SZ. Application of genetic algorithms in the optimization of fermentation process[J]. Food and Fermentation Industries, 2002, 28(3): 51.
- [14] Min XL, Liu GH. The combination of artificial neural network and genetic algorithm applied to modeling and optimization[J]. Application Research of Computers, 2002, (1): 79.
- [15] Seydi VU, Metin D. Optimal tuning of PI speed controller coefficients for electric drives using neural network and genetic algorithms[J]. Electrical Engineering, 2005, 87: 77.
- [16] 方柏山, 陈宏文, 谢晓兰, 等. 基于神经网络和遗传算法的木糖醇发酵培养基优化研究[J]. 生物工程学报, 2000, 16(5): 648-650.

orthogonal and uniform design, and the dietary fibre were analysed. The results showed that bleaching with a concentration of 2g/L bleacher under pH7.0 for 30min gaved the better results, and the extracting with a 4% (water: *Eucheuma*, L/g) ratio at 100 for 60min, and then added 0.15% protease and 0.1%  $\alpha$ -amylase at 60~65 for 60min and 30min respectively gaved the best results. Under the optimal bleaching and extracting condition, the extracting ratio was 39.06%, the swollen volume was 38.6ml/g, the water holding capacity was 2045.8%, the content of protein and fat were lower with no starch, but contained higher mineral element—Ca, P and K. The functional indexes above were higher than standard dietary fibre—wheat bran and dietary fibre from *Eucheuma* extracted chemically, suggesting that dietary fibre from *Eucheuma* bring into play a larger physiological efficacy on body.

**Key words:** uniform design; *Eucheuma*; dietary fibre; extract

中图分类号: S985.49

文献标识码: A

文章编号: 1002-6630(2006)10-0292-05

膳食纤维(dietary fibre, DF)是一种崭新的食品配料和活性成分,其生理功效,如预防便秘与结肠癌、调节血脂、血糖以及减肥等,已被国内外大量的研究事实和流行病学调查结果所证实<sup>[1,2]</sup>。然而,由于膳食纤维化学成分的高度不专一性,并非所有的膳食纤维都具有这些功效,而与膳食纤维的原料、制备方法和工艺有很大关系。

麒麟菜(*Eucheuma*)主产于我国的海南省和东南亚等国家沿海,是一种大型热带经济藻类,含有丰富的卡拉胶、纤维素、半纤维素、维生素和矿物质等<sup>[3]</sup>,是生产高活性膳食纤维的好原料。李来好等<sup>[4-8]</sup>人对麒麟菜膳食纤维提取工艺、毒理学评价和功能特性等进行了系统的研究,结果表明麒麟菜膳食纤维具有很高的生理功效,具有很好的开发利用价值。但是其化学提取法,不但工艺周期长、得率低,还可能破坏原料成分、造成环境污染、化学残留等隐患。因此,改变提取工艺方法、提高产率,是开发利用这种高活性膳食纤维值得研究的问题。本文采用生物酶法,利用均匀设计优选出提取麒麟菜海藻膳食纤维的工艺条件,大大提高了产率和功能指标,这对膳食纤维生产企业的工艺改进也有重要的指导价值。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料

1.1.1 麒麟菜(干品) 江门丰正食品有限公司。

1.1.2 主要试剂:  $\alpha$ -淀粉酶(2000U/g)、木瓜蛋白酶(100万U/g)、酒精(75%)。

### 1.2 检测方法

1.2.1 蛋白质测定 半微量凯氏定氮法<sup>[9]</sup>。

1.2.2 脂肪测定 索氏抽提法<sup>[9]</sup>。

1.2.3 水分测定 105 烘箱干燥法<sup>[9]</sup>。

1.2.4 灰分测定 550 干法灰化法<sup>[9]</sup>。

1.2.5 钾、钙、磷测定 原子吸收分光光度法和钼蓝比色法<sup>[9]</sup>。

1.2.6 淀粉定性检测<sup>[10]</sup>。

1.2.7 有效氯浓度测定<sup>[11]</sup>。

1.2.8 产率测定<sup>[12]</sup>。

$$Y(\%) = \frac{W_1(1-r_1)}{W_2(1-r_2)} \times 100$$

式中  $W_1$ : 纤维重(g);  $r_1$ : 纤维的水分含量(%);  $W_2$ : 麒麟菜重(g);  $r_2$ : 麒麟菜的水分含量(%)。

1.2.9 膨胀力测定 按照参考文献[13]方法测定。

1.2.10 持水力测定<sup>[14]</sup> 称取2g膳食纤维粉放入烧杯中,然后加入150ml的蒸馏水,搅拌均匀,静置2h后,将纤维用快速滤纸滤去多余水分,把保留在滤纸上的湿样品转移到表面皿中称重( $W_1$ ),再将表面皿放入110 的烘箱中,烘烤至恒重( $\pm 0.05$ mg),在干燥器中冷却后称重( $W_2$ ),根据下式计算持水力:

$$WHC(\%) = \frac{W_1 - W_2}{W_2} \times 100$$

式中  $W_1$ : 湿纤维重(g);  $W_2$ : 干纤维重(g)。

## 1.3 提取方法

### 1.3.1 工艺流程

麒麟菜预处理 浸泡 漂白水洗 水煮 降温至 60~65 蛋白酶解 灭酶 淀粉酶解 灭酶 过滤 滤渣 烘干 粉碎 不溶性膳食纤维(IDF)

滤液 凝胶 过滤 滤渣 烘干 粉碎 可溶性膳食纤维(SDF)

### 1.3.2 工艺流程简述

预处理: 实验前除去原料中的泥沙和其它杂物,并测定其水分,以便计算膳食纤维的产率。

浸泡：采用常温浸泡，加水量以浸没藻体为宜，浸泡时间一般5~8h，藻体充分吸水后以便漂白和提胶。

漂白：以一定浓度的次氯酸钠溶液对浸泡过的麒麟菜进行漂白处理，漂白液用量为原料重的10倍，漂白一定时间后，排去漂白液，并将藻体充分水洗至无味。

水煮：将漂白过的麒麟菜加水煮沸，一般加水量为原料重的30~40倍，保持微沸状态一定时间后，停止加热，使其自然降温。

酶解：待水煮液降温到60~65℃时，加入一定量的蛋白酶，在此温度下恒温搅拌一定时间后，煮沸灭酶，然后自然降温至60~65℃时加入一定量的淀粉酶，同样在此温度下恒温搅拌一定时间后煮沸灭酶。

过滤：将灭酶后的混合液冷却至70℃左右时，用200目的尼龙丝滤布过滤，分别收集滤渣和滤液。

凝胶：待滤液冷却至室温后，在搅动条件下往滤液中加入一定量的酒精，酒精加入量一般为滤液体积的3倍，搅拌均匀后，静置使胶体充分沉淀。

过滤：待胶体充分沉淀后，用滤布过滤，挤干水分，收集滤渣。

烘干和粉碎：分别将两次收集到的滤渣，在55~60℃的恒温鼓风烘箱中烘干，再经超微粉碎机粉碎至80~100目的粉状，即得麒麟菜SDF和IDF。

#### 1.4 数据处理

实验数据采用逐步回归分析，用SAS软件处理。

## 2 结果与分析

### 2.1 漂白工艺条件的确定

根据参考文献[4]和预实验结果，以有效氯浓度A、漂白时间T和pH为考察因素，以漂白后的得率和颜色为主要考察指标。因素水平如表1，选用 $L_9(3^4)$ 正交表<sup>[15]</sup>安排试验，试验方案和结果如表2。

表1 漂白工艺条件因素水平表

水平	因素		
	A	B	C
	有效氯浓度(g/L)	pH	漂白时间(mi n)
1	1	5	30
2	2	6	40
3	3	7	50

从表2的极差分析可见，3种因素对得率的影响大小依次为A > B > C。从得率来看，根据极差大小，其最佳组合为 $A_1B_3C_1$ ，但从产品的颜色来看，在低浓度下，产品颜色较差，而漂白时间和pH值对产品颜色影响相对较小。综合得率和颜色两项指标来考虑，选择3种因素的最佳组合为 $A_2B_3C_2$ ，即用有效氯为2g/L的次氯酸钠溶液，在pH7.0条件下漂白40min。采用优化

表2 漂白工艺条件正交试验结果与分析

Table 2 Results and analysis of bleaching technics condition of orthogonal test

序号	A 有效氯浓度(g/L)	B pH	C 时间(mi n)	产率(%)	色泽
1	1(1)	1(5)	1(30)	49.06	淡黄
2	1(1)	2(6)	2(40)	51.11	黄色
3	1(1)	3(7)	3(50)	51.41	黄色
4	2(2)	1(5)	2(40)	48.21	较白
5	2(2)	2(6)	3(50)	50.25	较白
6	2(2)	3(7)	1(30)	48.66	淡黄
7	3(3)	1(5)	3(50)	47.95	较白
8	3(3)	2(6)	1(30)	43.17	较白
9	3(3)	3(7)	2(40)	43.85	较白
$K_1$	50.53	46.96	48.41		
$K_2$	49.04	47.72	48.18		
$K_3$	44.99	49.87	47.97		
R	4.05	0.76	0.43		

的漂白工艺条件 $A_2B_3C_2$ 作验证试验，结果麒麟菜漂白后的产率为48.17%，颜色较白。

### 2.2 膳食纤维提取工艺条件的确定

根据文献资料<sup>[16~19]</sup>和预试验结果，筛选对提取率有影响的7个因素：加水量W(%, L/g)、煮沸时间 $T_w$ (min)、蛋白酶量 $E_p$ (%)、蛋白酶解时间 $T_p$ (min)、淀粉酶量 $E_s$ (%)、淀粉酶解时间 $T_s$ (min)、酒精量V(%, L/g)。因素W设4水平，分别循环4次拟合成16个水平，其余6因素设8水平，循环1次拟合成16水平(表3)。采用均匀设计法<sup>[20]</sup>安排试验，试验方案和结果如表4。

表3 均匀设计因素水平表

Table 3 Factors and levels of uniform design

水平	因素						
	W(%)	$T_w$ (mi n)	$E_p$ (%)	$T_p$ (mi n)	$E_s$ (%)	$T_s$ (mi n)	V(%)
1	2	30	0.05	15	0.1	10	11
2	3	40	0.15	30	0.2	15	10
3	3.5	50	0.25	40	0.3	20	9
4	4	60	0.35	50	0.4	30	8
5	2	70	0.45	60	0.5	40	7
6	3	80	0.55	70	0.6	45	6
7	3.5	90	0.65	80	0.7	50	5
8	4	100	0.75	90	0.8	60	4
9	2	30	0.05	15	0.1	10	11
10	3	40	0.15	30	0.2	15	10
11	3.5	50	0.25	40	0.3	20	9
12	4	60	0.35	50	0.4	30	8
13	2	70	0.45	60	0.5	40	7
14	3	80	0.55	70	0.6	45	6
15	3.5	90	0.65	80	0.7	50	5
16	4	100	0.75	90	0.8	60	4

将表4中可溶性膳食纤维SDF数据用SAS软件进行逐步回归处理，得线性回归方程：

$$SDF = 21.37 + 5.14W - 0.19T_w - 2.29E_p + 0.04T_p - 0.14T_s + 0.33V$$

表4 U<sub>16</sub>(16<sup>7</sup>)均匀设计试验方案与结果  
Table 4 Test projects and results of uniform design with U<sub>16</sub>(16<sup>7</sup>)

试验号	因素										
	W (%)	T <sub>w</sub> (min)	E <sub>p</sub> (%)	T <sub>p</sub> (min)	E <sub>s</sub> (%)	T <sub>s</sub> (min)	V (%)	SDF (%)	IDF (%)	Pr (%)	St
1	1(2)	2(40)	4(0.35)	8(90)	13(0.5)	15(50)	1(4)	21.01	5.21	2.95	-
2	2(3)	4(60)	8(0.75)	16(90)	9(0.1)	13(40)	15(5)	23.78	5.16	2.83	-
3	3(3.5)	6(80)	12(0.35)	7(80)	5(0.5)	11(20)	14(6)	25.66	7.24	3.04	-
4	4(4)	8(100)	16(0.75)	15(80)	1(0.1)	9(10)	13(7)	25.75	6.34	3.91	+
5	5(2)	10(40)	3(0.25)	6(70)	14(0.6)	7(50)	12(8)	22.45	4.91	3.68	-
6	6(3)	12(60)	7(0.65)	14(70)	10(0.2)	5(40)	11(9)	24.04	6.52	3.34	-
7	7(3.5)	14(80)	11(0.25)	5(60)	6(0.6)	3(20)	10(10)	26.15	5.31	4.21	-
8	8(4)	16(100)	15(0.65)	13(60)	2(0.2)	1(10)	9(11)	26.15	5.31	4.21	-
9	9(2)	1(30)	2(0.15)	4(50)	15(0.7)	16(60)	8(4)	20.32	5.13	4.67	-
10	10(3)	3(50)	6(0.55)	12(50)	11(0.3)	14(45)	7(5)	23.21	4.32	3.68	-
11	11(3.5)	5(70)	10(0.15)	3(40)	7(0.7)	12(30)	6(6)	25.12	7.01	4.58	-
12	12(4)	7(90)	14(0.55)	11(40)	3(0.3)	10(15)	5(7)	25.1	5.52	4.13	-
13	13(2)	9(30)	1(0.05)	2(30)	16(0.8)	8(60)	4(8)	20.24	6.36	5.91	-
14	14(3)	11(50)	5(0.45)	10(30)	12(0.4)	6(45)	3(9)	23.76	4.67	4.97	-
15	15(3.5)	13(70)	9(0.05)	1(15)	8(0.8)	4(30)	2(10)	26.72	5.06	6.62	-
16	16(4)	15(90)	13(0.45)	9(15)	4(0.4)	2(15)	1(11)	26.97	4.81	5.88	-
优化号	4	60	0.15	60	0.1	30	11	31.21	7.85	4.34	-

注：“-”表示淀粉定性检测呈阴性，“+”表示淀粉定性检测呈阳性；Pr，代表蛋白质；St，代表淀粉。

表6 麒麟菜膳食纤维分析 (%)  
Table 6 Analysis of dietary fibre from *Eucheuma* (%)

蛋白质	脂肪	水分	灰分	淀粉	钙	磷	钾	产率	持水力	膨胀力(ml/g)	颜色
4.34	0.62	8.57	22.93	—	0.71	0.002	6.37	39.06	2275.8	48.6	较白

注：“—”表示淀粉定性检测呈阴性。

回归方程方差分析结果见表5。

表5 回归方程方差分析结果  
Table 5 Results of analysis variance of regression equation

F	R <sup>2</sup>	p
24.60	0.9724	< 0.0001

由表5结果表明，回归方程具有显著意义(p < 0.0001)。由回归方程可知，方程中各因素对可溶性膳食纤维提取率的贡献大小为：W > E<sub>p</sub> > V > T<sub>w</sub> > T<sub>s</sub> > T<sub>p</sub> > E<sub>s</sub>。根据回归方程中各因素的系数正负情况，在确定优化条件时，W、T<sub>p</sub>和V在考察范围内宜取上限值，T<sub>w</sub>、E<sub>p</sub>、T<sub>s</sub>宜取下限值，但根据蛋白、淀粉残留再结合实际情况确定优化条件为：加水量W为4%、煮沸时间T<sub>w</sub>为60min、蛋白酶量E<sub>p</sub>为0.15%、蛋白酶解时间T<sub>p</sub>为60min、淀粉酶用量E<sub>s</sub>可取最小值0.1%、淀粉酶解时间T<sub>s</sub>为30min、酒精用量为11%，代入回归方程，得优化条件下SDF的预测提取率为32.02%。

### 2.3 优化工艺条件的验证实验及膳食纤维产品分析

以最佳漂白工艺条件A<sub>2</sub>B<sub>3</sub>C<sub>2</sub>对麒麟菜原料进行漂白处理后，再用优选的工艺条件进行3次验证提取实验，实验结果见表4优化号。由表可见，SDF的平均提取率为31.21%，IDF为7.85%，总提取率为39.06%，与最

大预期值很接近，比上述16个试验号的得率都高，比化学法提取率(32.41%)提高了近7个百分点<sup>[4]</sup>。

按优化工艺条件提取的麒麟菜膳食纤维对其进行常规成分、膨胀力、持水力及颜色分析，结果如表6。

表6结果显示，生物法提取的麒麟菜膳食纤维，其持水力(2275.8%)、膨胀力(48.6ml/g)和产率(39.06%)，均比化学法提取的要高<sup>[4]</sup>，也比实验室制备的小麦麸皮膳食纤维的功能性指标(膨胀力8ml/g，持水力689%)高。而且麒麟菜膳食纤维中钙含量较高(0.71%)，不仅可以补充人体对钙的需求，还可以包埋膳食纤维中羟基或羧基等侧链基团，避免这些基团影响人体肠道内矿物质的代谢平衡<sup>[21]</sup>。麒麟菜膳食纤维中含有很高的钾(6.37%)，这可以改善人体Na/K比，因此，麒麟菜膳食纤维有望在预防高血压等方面发挥重要功能。

### 3 结论

3.1 本文采用正交试验对漂白工艺进行了研究，通过极差分析优选出最佳漂白工艺条件为：漂液浓度2g/L，pH7.0、漂白时间40min，在此条件下提取的膳食纤维色泽较白，提取率也较高。

3.2 采用均匀设计法，优选出生物酶提取麒麟菜膳食纤维的工艺条件为：加水量4%(L/g)、煮沸时间60min、

蛋白酶添加量 0.15%、蛋白酶解时间 60min、淀粉酶量 0.1%、淀粉酶解时间 30min、酒精量 11%(L/g),在此条件下麒麟菜膳食纤维提取率为 39.06%,比化学法提取率(32.41%)提高了约 7%。

3.3 对提取的膳食纤维进行了品质分析,其蛋白质、脂肪、水分含量均较低,无淀粉检出,具有较高含量的 Ca、P、K 等矿物元素,其膨胀力为 38.6ml/g、持水力为 2045.8%,其功能指标优于化学法提取的麒麟菜膳食纤维和小麦麸皮标准膳食纤维,有望在人体中发挥重要的生理功效。

#### 参考文献:

- [1] 郑建仙. 功能性膳食纤维[M]. 北京: 化学工业出版社, 2005.
- [2] 李来好, 杨贤庆, 吴燕燕, 等. 用正交设计法提取马尾藻高活性膳食纤维[J]. 湛江海洋大学学报, 1998, 18(2): 39-43.
- [3] 戚勃, 李来好. 麒麟菜的营养成分分析及评价[J]. 现代食品科技, 2005, 21(1): 115-117, 110.
- [4] 李来好, 杨贤庆, 陈培基, 等. 麒麟菜高活性膳食纤维的提取与功能性试验[J]. 湛江海洋大学学报, 2000, 20(2): 28-33.
- [5] 李来好, 杨贤庆, 戚勃. 麒麟菜膳食纤维对SD大鼠30d喂养实验和致畸作用[J]. 中国水产科学, 2006, 13(1): 65-72.
- [6] 李来好, 李刘冬, 石红, 等. 4种海藻膳食纤维清除自由基的比较研究[J]. 中国水产科学, 2005, 12(4): 471-476.
- [7] 李刘冬, 李来好, 石红, 等. 海藻膳食纤维对雌激素吸附作用的研究[J]. 中国海洋药物, 2005, 24(3): 1-4, 25.
- [8] 李来好, 杨贤庆, 戚勃. 4种海藻膳食纤维对NO<sub>2</sub><sup>-</sup>吸附作用的研究[J]. 中国海洋药物, 2006, 25(1): 28-31.
- [9] 黄伟坤, 赵国君, 赖献桐, 等. 食品化学分析[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 1979. 11-39.
- [10] 黄涛. 有机化学实验(第二版)[M]. 北京: 高等教育出版社, 1998. 142.
- [11] 丁忠柱. 纸浆漂白[M]. 北京: 中国轻工业出版社, 1983. 136.
- [12] 李来好, 陈培基, 王道公, 等. 提取江篱琼指新工艺条件的研究[J]. 青岛海洋大学学报, 1995, 增刊(海洋药物专辑): 227-223.
- [13] 李来好, 杨贤庆, 吴燕燕, 等. 用正交设计法提取马尾藻高活性膳食纤维[J]. 湛江海洋大学学报, 1998, 18(2): 39-43.
- [14] A Sangnark, A Noonhorm. Chemical, physical and baking properties of dietary fiber prepared from rice straw[J]. Food Research International, 2004, 37: 66-74.
- [15] 何为, 陈际达. 优化试验设计法及其在化学中的应用[M]. 成都: 电子科技大学出版社, 1994. 227.
- [16] 王亚伟, 申晓琳, 禹天真. 麦麸制备膳食纤维的工艺研究[J]. 粮油加工与食品机械, 2002, (9): 36-38.
- [17] 缪岳琴, 刘学文, 陈谨. 麦麸活性膳食纤维提取工艺条件的优化研究[J]. 河南工业大学学报(自然科学版), 2005, 26(5): 78-81.
- [18] 冯翠萍, 庞候英, 常明昌, 等. 酶法提取芦笋皮中高活性膳食纤维的研究[J]. 农业工程学报, 2004, 20(3): 188-191.
- [19] 钟海雁, 韩军, 苏勇, 等. 从葛根渣中酶法制备膳食纤维[J]. 作物学报, 2005, 31(12): 1606-1610.
- [20] 曾昭钧. 均匀设计及其应用[M]. 北京: 中国医药科技出版社, 2005. 124-125.
- [21] PotyMS. Carrageenans from tetrasporic and cystocarpic *Eucheuma* species[J]. Aquat Bot, 1987, (4): 143-149.

## 欢迎订阅 2007 年《中国包装》杂志

国内邮局发行代号: 82-527 中国国际书店代号: BM-710

刊号: ISSN 1003-062X(国际标准刊号)

CN11-1168/TB(国内统一刊号)

《中国包装》杂志创办于 1981 年, 是我国包装行业历史悠久、发行量大的刊物。《中国包装》杂志为大 16 开本(210 × 285), 132 页, 双月刊, 每期 20 万字, 通过全国各地邮局和中国国际书店向国内外公开发行。

《中国包装》杂志内容丰富、取材广泛、印刷精美, 开设的主要栏目有包装论坛、行业焦点、绿色浪潮、海外来风、装潢设计、技术前沿、包装印刷、市场纵横、会展传真、资讯快递等。

#### 订阅办法和注意事项:

一、订阅手续: 可到邮局订阅, 也可直接汇款到《中国包装》杂志社发行部订阅。

二、订费: 《中国包装》杂志全年 6 期, 每期定价 10 元, 全年 60 元(含邮费)。

#### 三、汇款方式:

(1) 通过银行汇款:

账户: 《中国包装》杂志社

开户银行: 中国工商银行北京市鼓楼分理处

账号: 0200003209004618274

(2) 通过邮局汇款

《中国包装》杂志社

地址: 北京市东城区东黄城根北街甲 20 号 邮编: 100010

联系电话: 010-84050297 64057024 64036046 84031635

传真: 010-84050297 64036046

http://www.chinapack.org.cn

E-mail: zazhi@cpf.org.cn

权威性 知识性 学术性 可读性