

酶解法制备低相对分子质量胡芦巴半乳甘露聚糖及其产物的表征



WANG Ling-ling

王玲玲¹, 张黎明^{1*}, 王兆博², 谷守娜¹

(1. 天津科技大学生物工程学院 天津市工业微生物重点实验室, 天津 300222;

2. 天津市津康制药有限公司, 天津 300270)

摘要: 以纤维素酶水解胡芦巴半乳甘露聚糖所得产物 1 为原料;用普鲁兰酶水解产物 1 侧链的 α -1,6 糖苷键,以还原糖得率为指标,通过 $L_9(3^4)$ 正交试验优化了制备低相对分子质量胡芦巴半乳甘露聚糖(产物 2)的工艺,并对产物进行了表征。试验结果表明,普鲁兰酶的最佳工艺条件为:酶用量为 2 000 ASPU/g,酶解时间 2 h,pH 值 5.2,酶解温度 60 °C,此时还原糖得率为 43.8%。用黏度法测得水解产物 2 的黏均相对分子质量(M_v)为 5.10×10^4 。红外光谱结果表明,1595 cm^{-1} 的—OH 吸收峰和 1402 cm^{-1} 处 C—H 的变角振动吸收峰变强,由此说明胡芦巴半乳甘露聚糖的糖苷键断裂,羟基的数量增加。X 射线衍射图谱结果表明,胡芦巴半乳甘露聚糖的结晶区只受轻微破坏,由此说明酶解反应主要发生在胡芦巴半乳甘露聚糖的非结晶区。

关键词: 胡芦巴半乳甘露聚糖;普鲁兰酶;酶法水解

中图分类号:TQ351.0;Q814

文献标识码:A

文章编号:0253-2417(2009)02-0075-06

Preparation of Low-relative-molecular-mass Galactomannan from Fenugreek Seed by Enzymatic Hydrolysis and Its Characterization

WANG Ling-ling¹, ZHANG Li-ming¹, WANG Zhao-bo², GU Shou-na¹

(1. Tianjin Key Laboratory of Industrial Microbiology, College of Bioengineering, Tianjin University of Science and Technology, Tianjin 300222, China; 2. Tianjin Gencom Pharmaceutical Company Limited, Tianjin 300270, China)

Abstract: The degradation technology of fenugreek galatomannan by enzymatic hydrolysis was studied to prepare low-molecular-mass fenugreek galactomannan. Fenugreek galactomannan and hydrolysis product were further characterized by Fourier transform infrared spectroscopy (FT-IR) and X-ray diffraction (XRD). Fenugreek galactomannan was pretreated using cellulase and then hydrolyzed by pullulanase. Optimization of the reaction parameters was carried out using $L_9(3^4)$ orthogonal tests, using the yield of reducing sugar as index. The optimal reaction conditions were obtained as follows: enzyme dosage 2 000 ASPU/g, treatment time 2 h with pH value 5.2 at 60 °C. The yield of reducing sugar was 43.8% with the average viscosimetric molecular weight (M_v) of 5.10×10^4 . The results of FT-IR indicated the breakage of glycosidic linkage and the increase of hydroxyl groups. In the crystallized area of the fenugreek gum, only slight degradation was observed by XRD results, which indicated that degradation reaction mainly occurs in the non-crystalline region of fenugreek galactomannan.

Key words: fenugreek galatomannan;pullulanase;enzymatic hydrolysis

胡芦巴 (*Trigonella foenum-graecum* L.) 是一种传统的常用中药,胡芦巴半乳甘露聚糖为胡芦巴种子的内胚乳,它是一种半乳甘露聚糖类植物胶,在低浓度下能形成高黏度的稳定水溶液^[1]。半乳甘露聚糖是由 β -D-甘露糖通过 β -D-1,4 糖苷键连接形成主链,在某些 β -D-甘露糖基的 1 \rightarrow 6 位上, α -D-吡喃半乳糖通过 α -1,6 半乳糖苷键形成侧链而构成多分枝的聚糖,半乳糖与甘露糖之比为 1:1.2^[2]。

收稿日期:2008-03-10

基金项目:天津市应用基础及前沿技术计划(08JCZDJC15300)

作者简介:王玲玲(1981-),女,吉林洮南人,硕士,研究方向为天然产物的研究与开发

* 通讯作者:张黎明,硕士生导师,研究领域:中药有效成分的分离提取及其副产物的综合利用;E-mail:zhanglmd@yahoo.com.cn。

从种子中分离提取半乳甘露聚糖的方法有水浸提法^[3]和物理分离法^[4]等。已经有文献报道^[5],胡芦巴半乳甘露聚糖具有降胆固醇和治疗糖尿病及减肥的功效;但由于其相对分子质量(M_r)大,不易溶解,而影响其应用;通过化学或酶法改性可降低其 M_r ,提高生物利用度。水解后的半乳甘露聚糖具有低 M_r 而易于溶解,可作为膳食纤维用于保健食品和功能性食品的研发^[6-7],还能促进肠道内有益菌群的生长,起到改善肠内菌群平衡,保障人体健康的重要作用^[8-9]。半乳甘露聚糖的水解方法有化学水解法和酶水解法。例如,缪月秋等^[10]采用化学水解法对半乳甘露聚糖温和酸水解工艺进行了研究,但酸解法的水解过程及水解产物的 M_r 分布均较难控制,而且酸解后产生的废液会造成严重的环境污染。Bagiyan等^[11-12]利用 β -甘露聚糖酶及 α -半乳糖苷酶对半乳甘露聚糖进行水解,该法所需要的 β -甘露聚糖酶及 α -半乳糖苷酶价格偏高,不适合工业化生产。目前,利用纤维素酶和普鲁兰酶水解半乳甘露聚糖的研究国内外未见相关文献报道。作者以纤维素酶水解胡芦巴半乳甘露聚糖所得产物1为原料,探讨了用普鲁兰酶进一步水解制备低 M_r 胡芦巴半乳甘露聚糖的工艺,并用红外光谱和X射线衍射光谱对其产物进行表征。

1 材料与方法

1.1 材料和仪器

胡芦巴半乳甘露聚糖,购自泗县金达植物胶公司,经脱色脱蛋白处理^[13]得胡芦巴半乳甘露聚糖;纤维素酶 XWS-G-1(酶活为 10 000 U/g);普鲁兰酶 PLL-Y-NA(酶活为 1 000 ASPU/mL),天津市诺奥科技发展有限公司;其他试剂均为分析纯。

VECTOR 22 傅立叶变换红外光谱仪,德国布鲁克仪器公司;Rigaku D/max 2500 型 X 射线衍射仪,日本理学公司;Pyris/Diamond TG/DTA 型热重-差热分析仪,美国 Perkin-Elmer 公司;WFJ-2000 型紫外可见光光度计,PHSJ-A 精密 pH 计,平型乌式黏度计。

1.2 胡芦巴半乳甘露聚糖酶水解工艺

胡芦巴半乳甘露聚糖 → 水溶 → 调 pH 值 → 纤维素酶水解 → 灭酶 → 醇沉 → 产物 1 → 水溶 → 调 pH 值 → 普鲁兰酶 → 水解 → 灭酶 → 醇沉 → 产物 2。

1.3 纤维素酶水解胡芦巴半乳甘露聚糖

纤维素酶的最适 pH 值一般在 4.5~5.5 范围内,最适温度范围一般是 40~60 ℃。纤维素酶水解胡芦巴半乳甘露聚糖选取了相应的最适 pH 值和最适温度,通过单因素试验,确定酶用量和水解时间。在预试验的基础上,将 10.0 g 原胡芦巴半乳甘露聚糖溶于 1 000 mL 0.2 mol/L 乙酸-乙酸钠缓冲溶液,采用酶用量为 1 500 U/g,酶解时间 2.5 h,pH 值 5.0,酶解温度 50 ℃ 的工艺条件水解胡芦巴半乳甘露聚糖,制得产物 1。

1.4 普鲁兰酶水解的正交试验设计

以产物 1 为原料进行正交试验设计,因产物 1 溶解后溶液很黏稠,所以选定料液比为 1:100。因为随着水解的进行,大分子糖链断裂,对还原糖得率产生一定影响,所以在单因素试验的基础上,以还原糖得率为指标,进一步考察了普鲁兰酶用量、酶解温度、pH 值和酶解时间对水解效果的影响。

1.5 还原糖得率的测定^[14]

采用分光光度法测定水解液中的还原糖含量。即以葡萄糖为标准品绘制标准曲线,用最小二乘法得回归方程为: $A = 0.2064C - 0.0141$, $R^2 = 0.9993$ 。将不同水解方法的水解液定容到一定体积,精密吸取 1.0 mL,按照标准曲线的方法测定水解液中还原糖质量。

还原糖得率 = 降解后水解液中还原糖质量/降解前胡芦巴半乳甘露聚糖质量 × 100 %

1.6 水解产物黏均相对分子质量(M_v)的测定

以上每种水解产物均于 60 ℃ 下真空干燥,精密称取一定量用不同水解方法制备的水解产物,以

0.2 mol/L NaCl 水溶液为溶剂配置溶液,为了得到可靠的外推值,溶液质量浓度需限制在 1.1~1.5 g/mL 的范围内^[15]。取 10 mL 溶液于乌氏黏度计中,在 30 ℃ 水浴恒温的条件下,用秒表测定溶剂以及不同浓度的葫芦巴半乳甘露聚糖溶液在乌氏黏度计中下落的时间,根据 Mark 经验式 $[\eta] = KM\eta^a$ 计算 M_v ^[16],其中 $K=0.072$, $a=0.662$ ^[17]。

1.7 红外光谱分析

精密称取 1.5 mg 样品粉末与 150.0 mg KBr 混合研磨均匀,压片后在德国 VECTOR 22 型傅立叶变换红外光谱仪进行红外光谱测试,扫描波数范围在 400~4000 cm^{-1} 之间。

1.8 X 射线衍射分析

以日本理学 Rigaku D/max 2500 型 X 射线衍射仪进行 XRD 测定,Cu 靶 ($\lambda=0.154\ 056\ \text{nm}$), $K\alpha$ 射线,工作电压 40 kV,电流 200 mA,扫描速度 8.00 $^\circ/\text{min}$,步长为 0.02 $^\circ$,扫描范围 $2\theta=5.00\sim60.00\ ^\circ$,根据计算机分峰法^[18]计算各产物的结晶度。

2 结果与讨论

2.1 普鲁兰酶水解的单因素试验

2.1.1 普鲁兰酶用量的影响 由图 1(a)可知,在底物浓度一定的条件下,提高酶用量能够有效地增加反应程度。当酶用量为 2 000 及 2 500 ASPU/g,反应一段时间后还原糖的得率基本相同,此时酶促水解反应程度不再与酶用量相关,这是由于底物对酶促反应表现出特殊的饱和现象。当酶用量为 1 000 ASPU/g 时还原糖得率较低,水解不充分。

2.1.2 普鲁兰酶水解时间的影响 由图 1(b)可知,反应在 0~1 h 内,随着反应时间的延长,还原糖得率基本呈现迅速上升的趋势,这是因为在反应初始阶段,底物与酶相结合的位点比较多,因此反应比较迅速,单位时间内生成的还原糖较多。在 1~4 h 之间,还原糖生成的速度逐渐减慢,得率稳定,因为随着反应的进行,酶的结合位点的数量逐渐减少,同时由于产物的抑制、酶的变性失活等因素的影响,酶解反应速度逐渐降低,还原糖的生成量也随之减少。在 5~7 h 之间,还原糖得率基本无变化,含量变化曲线形成稳定的平台。

2.1.3 pH 值对水解效果的影响 由图 1(c)可知,当 pH 值为 5.2 时,生成的还原糖得率最高,说明此时水解效果最好,即普鲁兰酶水解葫芦巴半乳甘露聚糖的最佳 pH 值为 5.2。pH 值对酶活性的影响比较复杂,最适 pH 值还随底物浓度、温度和其他条件变化而变化,因此测定出的最适 pH 值 5.2 只是在此水解条件下而言,没有普遍意义。

2.1.4 温度对水解效果的影响 由图 1(d)可知,生成还原糖的量先是随着温度的升高而升高,在 60 ℃ 附近出现峰值,随后随着温度的增加,还原糖得率反而降低,说明当超过最适温度时,酶逐渐失活,水解效果也相应下降。温度对酶活性的影响也比较复杂,最适温度与普鲁兰酶的种类、金属离子的激活作用及底物溶液黏度等其他因素密切相关,因此本试验测定出的最适温度为 60 ℃ 只是对此水解条件下而言,没有普遍意义。

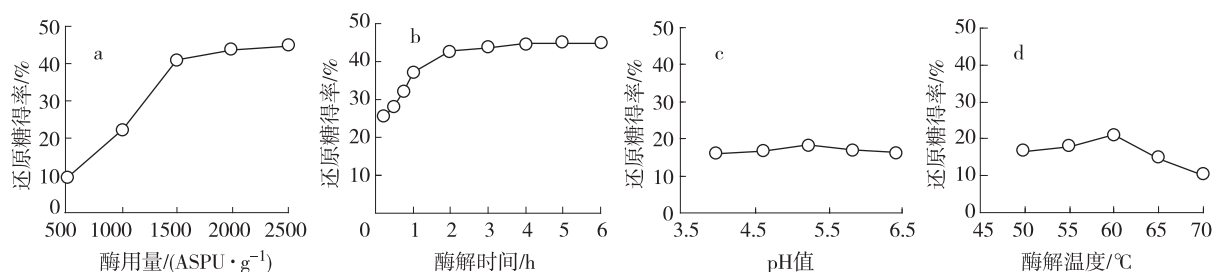


图 1 各因素对还原糖得率的影响

Fig. 1 Effects of various factors on the yield of reducing sugar

2.2 正交试验及方差分析结果

经上述单因素试验分析,确定了 $L_9(3^4)$ 正交试验的因素和水平,正交试验结果见表 1。

表 1 普鲁兰酶水解工艺条件的正交试验结果

Table 1 Orthogonal test and experimental results for hydrolysis

试验号 No.	A 酶用量/(ASPU·g ⁻¹) enzyme dosage	B 酶解时间/h time	C pH 值 pH value	D 酶解温度/°C temp.	还原糖得率/% yield of reducing sugar
1	1500	2	4.6	55	37.8
2	1500	3	5.2	60	40.6
3	1500	4	5.8	65	35.3
4	2000	2	5.2	65	42.1
5	2000	3	5.8	55	43.2
6	2000	4	4.6	60	44.8
7	2500	2	5.8	60	41.9
8	2500	3	4.6	65	40.3
9	2500	4	5.2	55	44.1
k_1	37.900	40.600	40.467	41.700	
k_2	43.367	41.367	42.267	42.433	
k_3	42.100	41.000	40.133	39.233	
R	5.467	0.800	2.134	3.200	

通过因素极差分析可以得出普鲁兰酶水解胡芦巴半乳甘露聚糖的最佳工艺条件为 $A_2B_1C_2D_2$, 即酶用量为 2 000 ASPU/g, 酶解时间 2 h, pH 值 5.2, 酶解温度 60 °C。正交试验的方差分析结果见表 2, 酶用量的影响显著, 酸解温度的影响较显著, 即影响普鲁兰酶水解胡芦巴半乳甘露聚糖效果诸因素的主次关系依次是酶用量(A) > 酶解温度(D) > pH 值(C) > 酶解时间(B)。

表 2 方差分析表

Table 2 Variance analysis

因素 factors	离差平方和 sum of squares of deviations	自由度 degree of freedom	均方离差 mean square deviation	F 值 F value	显著性 significance
A	49.129	2	24.565	39.975	**
C	6.963	2	3.482	5.644	
D	16.862	2	8.431	13.720	*
误差 error	1.23	2			

$F_{0.10}(2,2) = 9.000, F_{0.05}(2,2) = 19.000$

2.3 各水解产物的黏均相对分子质量(M_v)及还原糖得率

胡芦巴半乳甘露聚糖和不同酶解方法所得水解产物的 M_v 及还原糖得率见表 3。从表中可以看出, 酶解法使胡芦巴半乳甘露聚糖的 M_v 明显下降, 说明纤维素酶及普鲁兰酶均可使胡芦巴半乳甘露聚糖发生一定程度的水解。这是由于胡芦巴半乳甘露聚糖是由 β -D-甘露糖通过 β -D-1,4 糖苷键连接形成主链, 在某些 β -D-甘露糖基的 1→6 位上 α -D-吡喃半乳糖

通过 α -1,6 糖苷键形成侧链而构成多分枝的聚糖。纤维素酶水解位点为 β -1,4 糖苷键^[19], 普鲁兰酶水解位点为 α -1,6 糖苷键。在纤维素酶水解过程中, 主链被切断, 整个分子被切割为不同长度的片断, 导致 M_v 下降; 只有未连接侧链的甘露糖被切割下来作为还原糖, 因此还原糖得率较低。在随后普鲁兰酶继续水解的过程中, 侧链被切断, 溶液中形成许多半乳糖小分子, 还原糖得率较高, 此时主链和侧链均被

表 3 不同产物的 M_v 及还原糖得率

Table 3 M_v and yield of reducing sugar of different samples

产物 products	M_v	还原糖得率/% yield of reducing sugar
原胡芦巴半乳甘露聚糖 fenugreek galactomannan	5.47×10^5	—
1	1.16×10^5	5.1
2	5.10×10^4	43.8

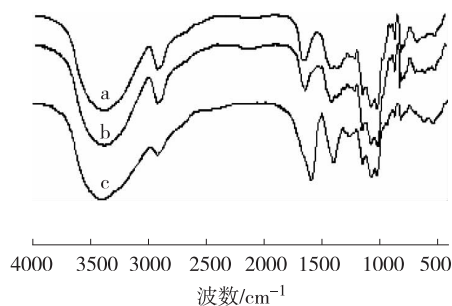
切割,因此产物的 M_v 较小,且还原糖得率较高。而用 β -甘露聚糖酶改性后还原糖得率仅为 18.1%^[8]。由此可见,联合使用纤维素酶和普鲁兰酶能够明显提高改性的效率。

2.4 红外光谱分析

原胡芦巴半乳甘露聚糖及其各水解产物的红外光谱图见图2。由图可见3种样品均在 3415、2928、1595、1402、1077、1028、870 和 818 cm^{-1} 处有较强的吸收峰。3415 cm^{-1} 附近有宽展、圆滑强吸收峰,为分子中的一OH 伸缩振动峰,2928 cm^{-1} 附近为 C—H 伸缩振动吸收峰,1595 cm^{-1} 处为糖类—OH 吸收峰,1402 cm^{-1} 处为 C—H 的变角振动吸收峰,1077 和 1028 cm^{-1} 处为 C—O 键的伸缩振动峰^[20]。各水解产物的红外谱图与原胡芦巴半乳甘露聚糖的极为相似,只是 1595 和 1402 cm^{-1} 处的特征吸收峰变强,说明水解后胡芦巴半乳甘露聚糖单元基本结构没有发生明显变化,只是糖苷键断裂,—OH 增多。在指纹区,870 和 818 cm^{-1} 处为吡喃环吸收峰,与原胡芦巴半乳甘露聚糖(图2(a))相比较普鲁兰酶水解产物(图2(c))在 870 和 818 cm^{-1} 处的吸收峰强度都有所减弱。

2.5 X 射线衍射分析

采用 X 射线衍射法对胡芦巴半乳甘露聚糖及其各种水解产物的晶态结构进行了分析,结果如图3所示。由图3可知,胡芦巴半乳甘露聚糖(图3(a))在 2θ 为 14.38、16.74 及 20.08° 处都出现明显的衍射峰,在 2θ 为 5.38 和 10.90° 出现较弱的衍射峰,在 2θ 为 40.48° 处出现较宽的弥散峰。纤维素酶水解产物1(图3(b))在 2θ 为 14.38、16.74 及 20.08° 处都出现明显的衍射峰,在 2θ 为 5.38 和 10.90° 出现较弱的衍射峰,但 2θ 为 40.48° 处出现的弥散峰及 2θ 为 16.74° 处的衍射峰强度减弱。普鲁兰酶水解的产物2(图3(c))在 2θ 为 20.08° 处出现明显的衍射峰,但在 2θ 为 14.38° 及 16.74° 处衍射峰强度均减弱,而 2θ 为 5.38 和 10.90° 处的衍射峰及 2θ 为 40.48° 处出的弥散峰均消失,这可能是由于晶面间隔增大所致^[21],说明其结构形态确实发生了较大的变化。利用计算机分峰计算得到3种样品的结晶度分别为 26.23%、25.78%、18.87%,说明酶解反应主要发生在胡芦巴半乳甘露聚糖的非结晶区,结晶区的结构只受到轻微破坏,并且随着 M_v 的降低,结晶度呈下降趋势。



a. 原胡芦巴半乳甘露聚糖 fenugreek galactomannan; b. 产物1 product 1; c. 产物2 product 2

图2 不同样品红外光谱图

Fig.2 FT-IR spectra of different samples

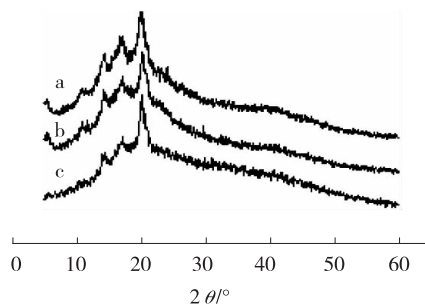


图3 不同样品 X 射线衍射图

Fig.3 XRD patterns of different samples

3 结论

3.1 研究出了一条以纤维素酶处理过的胡芦巴半乳甘露聚糖为原料,用普鲁兰酶水解制备低黏均相对分子质量 (M_v) 胡芦巴半乳甘露聚糖的工艺路线;通过正交试验得到优化工艺条件为:酶用量 2 000 ASPU/g,酶解时间 2 h,pH 值 5.2,酶解温度 60 °C。用黏度法测得水解产物的 M_v 为 5.10×10^4 ,小于原胡芦巴半乳甘露聚糖的 M_v 。

3.2 FT-IR 和 XRD 对低 M_v 的胡芦巴半乳甘露聚糖进行表征。红外光谱结果表明,胡芦巴半乳甘露聚糖在酶解的过程中糖苷键断裂,羟基的数量增加。X 射线衍射图谱结果表明胡芦巴半乳甘露聚糖的结晶区只受轻微破坏,由此说明酶解反应主要发生在胡芦巴半乳甘露聚糖的非结晶区。

3.3 由于普鲁兰酶是专一性水解 α -1,6 糖苷键的酶,所以在制备低相对分子质量 (M_r) 半乳甘露聚糖

中产生的还原糖主要是半乳糖,普鲁兰酶水解法可以作为一种制备半乳糖的新方法,有关此方面的内容还需要作进一步的研究工作。

参考文献:

- [1] JIANG J X, ZHANG W M, ZHU I W. Development of study on vegetable gums of galactomannan[J]. Chin Wild Plant Resour, 2001, 20(4): 1-10.
- [2] SMIRNOVA N I, SHCHERBUKHIN V D. Galactomannan from caspia seeds[J]. Prikl Biokhim Mikrobiol, 1998, 24(5): 653-659.
- [3] BRUMMER Y, CUI W, WANG Q. Extraction, purification and physicochemical characterization of fenugreek gum[J]. Food Hydrocolloids, 2003, 17(3): 229-236.
- [4] 蒋建新, 朱莉伟, 张卫明, 等. 半湿法分离提取半乳甘露聚糖型植物胶[J]. 中国野生植物资源, 2002, 21(4): 10-11.
- [5] 蒋建新, 安鑫南. 食品级胡芦巴半乳甘露聚糖及其降血糖功效的研究[J]. 食品科学, 2002, 23(12): 123-125.
- [6] SHOBHA M S, VISHU KUMAR A B, THARANTHAN R N, et al. Modification of guar alactomannan with the aid of *Aspergillus niger* pectinase[J]. Carbohydrate Polymers, 2005(62): 267-273.
- [7] 吴婷, 闫茂华, 张娅. 胡芦巴多糖酸解和酶解产物抗氧化及抗菌活性的比较研究[J]. 食品科学, 2007, 28(11): 509-512.
- [8] 钟卫鸿, 汪钊, 裘娟萍, 等. 酶法制备低聚糖浆的双歧杆菌促生作用研究[J]. 食品科学, 1998, 19(7): 5-9.
- [9] 缪月秋, 梅秋红, 顾龚平, 等. 胡芦巴中性杂多糖酶解工艺优化及其产物对青春双歧杆菌增殖作用的研究[J]. 安徽农业大学学报, 2006, 33(2): 238-242.
- [10] 缪月秋, 梅秋红, 顾龚平, 等. 胡芦巴中性多糖酸水解工艺优化的研究[J]. 食品科学, 2006, 27(5): 134-137.
- [11] BAGIYAN F G, ENEYSKAYA E V, KULMINSKAYA A A, et al. The action of alpha-mannosidase from *Oerskovia* sp. On the mannose-rich O-linked sugar chains of glycoproteins[J]. European Journal of Biochemistry, 1997, 249: 286-292.
- [12] RAMALINGAM G, MULIMANI V H. Purification and characterization of gar galactomannan degrading alpha-galactosidase from *Aspergillus oryzae* DR-5[J]. Journal of Microbiology and Biotechnology, 2004, 14(4): 863-867.
- [13] 张黎明, 孙茜, 赵朝. 胡芦巴种子中搬入甘露聚糖脱色、脱蛋白工艺研究[J]. 食品研究与开发, 2008, 29(1): 55-59.
- [14] 朱海霞, 石瑛, 张庆娜, 等. 3,5-二硝基水杨酸(DNS)比色法测定马铃薯还原糖含量的研究[J]. 中国马铃薯, 2005, 19(5): 266-269.
- [15] 赵振河. 高分子化学和物理[M]. 北京: 中国纺织出版社, 2003: 296-230.
- [16] 韩哲文. 高分子科学试验[M]. 上海: 华东理工大学出版社, 2005: 55-61.
- [17] 王丽伟, 卢拥军, 单文文, 等. 瓜尔胶低分子量水解条件研究[J]. 油田化学, 2006, 23(1): 32-35.
- [18] YUAN Yi, ZHANG Li-ming, DAI Yu-jie, et al. Physicochemical properties of starch obtained from *Dioscorea nipponica* Makino comparison with other tuber starches[J]. Journal of Food Engineering, 2007, 82: 436-442.
- [19] 周建, 罗学刚, 苏林. 纤维素酶法水解的研究现状及展望[J]. 化工科技, 2006, 14(2): 51-56.
- [20] 肖桂武, 曾和平. 龙葵多糖的分离、纯化和鉴定[J]. 药物生物技术, 1998, 5(3): 157-160.
- [21] 李谨, 杜子民, 姚评佳, 等. 壳聚糖超声可控水解及水解动力学研究[J]. 高分子学报, 2007, 5(5): 402-406.

学会园地

★全国林学会秘书长会议于2009年3月6~7日在广西桂林市举行。中国林学会赵良平秘书长,李岩泉、尹发权副秘书长及广西林业局廖培来副局长和广西桂林市蒋炳穗副市长参加了会议。会上赵良平秘书长作了2008年工作总结,并对2009年学会工作作了重点安排。会议讨论了第二届中国林业学术大会筹备工作方案的和中国林学会林业科普“六进”活动安排。全国各省林学会的秘书长和各专业分支机构的秘书长70余人参加了会议。

★中国林学会第三届梁希林业科学技术奖评选工作的申报推荐工作已开始。各地林化分会的理事、会员、林化科技工作人员愿申报者请从中国林学会网站(www.csf.org.cn)下载详细文件、推荐书和申报要求。