

# 半干法酶解制备的魔芋葡甘低聚糖性质

邓利玲<sup>1</sup>, 钟耕<sup>1,2,3,\*</sup>, 刘倍毓<sup>1</sup>, 何新春<sup>4</sup>

(1.西南大学食品科学学院, 重庆 400716; 2.西南大学 食品科学与工程国家级本科实验教学示范中心, 重庆 400716;  
3.重庆市高校魔芋资源利用工程研究中心, 重庆 400715; 4.四川绵阳魔力科技有限公司, 四川 绵阳 621000)

**摘 要:**以魔芋粉为原料,用半干法酶解制备魔芋葡甘低聚糖(KOS),并研究其结构特征、组成成分及理化性质。结果表明:半干法酶解制备的KOS呈白色粉状,白度可达90%以上,无味无臭,易溶于水,不溶于乙醇、乙醚等有机溶剂,比旋光度为左旋8.240°,比重为0.658g/mL,pH值在6.2左右,呈弱酸性。样品的干燥失重率较小,为0.705%。半干法酶解制备的KOS是一种吡喃型葡甘低聚糖,经液相色谱和飞行质谱联用(LC-TOF-TOF)分析,为甘露二糖到甘露十糖的混合物。

**关键词:**半干法酶解;魔芋葡甘低聚寡糖;结构特征;理化性质

## Properties of Konjac Oligosaccharides Prepared by Semi-dry Enzymatic Hydrolysis

DENG Li-ling<sup>1</sup>, ZHONG Geng<sup>1,2,3,\*</sup>, LIU Bei-yu<sup>1</sup>, HE Xin-chun<sup>4</sup>

(1. College of Food Science, Southwest University, Chongqing 400716, China; 2. National Undergraduate Experimental Teaching Demonstration Center of Food Science and Engineering, Southwest University, Chongqing 400716, China; 3. Konjac Resources Utilization Engineering Center of Chongqing Universities, Chongqing 400715, China; 4. The Magic Technology Co. Ltd., in Mianyang, Mianyang 621000, China)

**Abstract:** Konjac flour was used as the raw material to prepare konjac oligosaccharides (KOS) by semi-dry enzymatic hydrolysis, and then the structural characteristics, compositions and physicochemical properties of KOS were investigated. The results showed that KOS was white, odorless and tasteless powder with whiteness up to 90%. It was highly soluble in water, but insoluble in ethanol, ether and other organic solvents. The specific rotation of KOS was 8.240° degrees in a left-handed direction, and the specific gravity was 0.658 g/mL, pH 6.2. The loss-weight rate was 0.705%. The KOS consisted of pyranose glucomannan oligosaccharides as a mixture of mannan oligosaccharides (dimer through decamer) as analyzed by LC-TOF-TOF.

**Key words:** semi-dry enzymatic hydrolysis; konjac glucomannan oligosaccharides; structural characteristics; physicochemical properties

中图分类号: S567.2

文献标志码: A

文章编号: 1002-6630(2013)15-0115-05

doi:10.7506/spkx1002-6630-201315024

低聚糖(oligosaccharide)又称寡糖,是指2~10个单糖以糖苷键连接,形成直链或支链的低聚合度的糖类总称<sup>[1]</sup>。由于单糖分子结合的位置和结合的类型不同,低聚糖种类繁多,目前已知种类已达到1000以上。其最常见分类方式是根据低聚糖是否具有生理学功能而将其划分为普通低聚糖和功能性低聚糖两大类。功能性低聚糖是指不被人体消化且具有促双歧杆菌生长或其他生理调节作用的低聚糖,如低聚果糖、异麦芽低聚糖、低聚半乳糖等<sup>[2]</sup>。功能性低聚糖具备良好的生理学功能,同时具有与蔗糖相似的物理化学特性,因而已作为一类新型保健食品逐渐受到越来越多的重视。

我国魔芋的栽培和食用历史悠久,魔芋资源相当丰

富。魔芋葡甘聚糖(konjac glucomannan, KGM)是魔芋块茎特有的主要成分<sup>[3]</sup>,在魔芋中含量约为44%~64%(其中白魔芋、花魔芋品种含量可达到50%~65%)<sup>[4]</sup>。魔芋葡甘聚糖是 $\beta$ -D-葡萄糖与 $\beta$ -D-甘露糖以1:1.6的比例,通过 $\beta$ -1,4糖苷键连接形成的杂多糖<sup>[5-6]</sup>,控制魔芋葡甘聚糖非彻底降解可获得不同聚合度的魔芋葡甘低聚糖(konjac oligosaccharide, KOS),KOS除具有功能性低聚糖的共同生理作用外,由于自身性质的不同,还兼具多种特殊生理功能,突出表现在双歧杆菌的促生长作用<sup>[7]</sup>、提高机体抗氧化能力、防治高脂血症、降血脂、护肝作用、排毒与增强免疫功能作用<sup>[8]</sup>等。

收稿日期: 2013-05-12

作者简介: 邓利玲(1987—),女,硕士研究生,研究方向为现代食品加工技术。E-mail: 782969369@qq.com

\*通信作者: 钟耕(1964—),男,教授,博士后,研究方向为粮食、油脂与植物蛋白。E-mail: zhongdg@126.com

显著的生理功能、巨大的市场潜力和可预见的经济效益使得越来越多的企业、科研单位和高等院校开始投入对功能性低聚糖的研究中。目前,酶法制备魔芋葡甘低聚糖普遍采用以魔芋胶为原料,应用 $\beta$ -甘露聚糖酶进行降解<sup>[9]</sup>。而魔芋胶溶于水后分子链伸展,黏度非常大,40g/L的魔芋胶溶液已呈凝胶状态,再增加浓度则形成“包胶块”,将阻止酶对它的水解作用<sup>[10]</sup>,因此,KOS的常规酶法制备效率较低。针对传统魔芋葡甘低聚糖制备技术瓶颈<sup>[11]</sup>,发明了一种新型半干法制备方式<sup>[12]</sup>,大大提高了生产效率。本实验将对半干法制备的魔芋葡甘低聚糖的结构与理化性质进行研究,旨在为魔芋葡甘低聚糖的应用提供参考。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料与试剂

魔芋粉由四川绵阳魔力科技有限公司提供,符合NY/T 494—2010《普通魔芋微粉标准》。魔芋葡甘低聚糖以上述魔芋粉经酶解、醇提、干燥、粉碎、过筛制备而成<sup>[12]</sup>。 $\beta$ -甘露聚糖酶(食品级,酶活力>25000U/g) 云南昆明爱科特生物科技有限公司;角豆胶(食品级) 无锡市百瑞多化工产品有限公司。

酒石酸钾 成都市科龙化工试剂厂;氢氧化钠 重庆市吉元化学有限公司;柠檬酸钠 成都市科龙化工试剂厂;溴化钾 成都市科龙化工试剂厂;2,5-二羟基苯甲酸(DHB) 美国Sigma公司;无水乙醇 重庆市吉元化学有限公司;无水乙醚 扬州三和化工有限公司;碳酸钾 成都市科龙化工试剂厂;硫酸钾 成都市科龙化工试剂厂;以上化学试剂除注明外,均为分析纯。

### 1.2 仪器与设备

Spectrum 100型红外光谱分析仪 美国Perkin Elmer公司;5800型液相色谱和飞行质谱联用仪(LC-TOF-TOF) 美国AB Sciex公司;HR-6702DW微波炉 青岛海尔微波制品有限公司;HL-2021型粉碎机 上海海林电器有限公司;DZF-6020型真空干燥箱 上海精宏实验设备有限公司;Hanna 211型酸度计 上海雷磁仪器厂;RE-52型旋转蒸发器 上海亚荣生化仪器厂;FA1004型电子天平 上海精科天平厂;5810型台式高速离心机 德国Eppendorf公司;UltraScan Pro型色差仪 美国HunterLab公司;Z-5000型原子吸收分光光度计 日本日立有限公司;WZZ-2S/2SS型自动旋光仪 上海电光仪器仪表有限公司。

### 1.3 方法

#### 1.3.1 魔芋葡甘低聚糖的制备与醇提

称取20g魔芋粉,加入32.6mL pH6.0柠檬酸-柠檬酸钠

缓冲液,加入 $\beta$ -甘露聚糖酶1500U/g,高速搅拌均匀,于55℃条件下反应4.2h。采用微波炉加热,使反应体系中酶的活性丧失(物料中心温度可达到95℃)。将酶解灭酶产物置于45℃的真空干燥箱中干燥。

将一定量的上述样品溶于10倍( $m/V$ )的蒸馏水中,充分搅拌后,6000r/min离心20min,去除不溶物。收集上清液,经旋转蒸发将上清液浓缩至原体积的1/8~1/12,得到的浓缩液,逐步加入9倍体积的无水乙醇,使乙醇体积比达到90%,醇沉处理1h,10000r/min离心20min,得醇沉物<sup>[13]</sup>。低温(40℃)烘干,粉碎,过筛(100目),密封,4℃低温保存。

#### 1.3.2 魔芋葡甘低聚糖的红外光谱分析

取1mg左右的葡甘聚糖样品,与100~200mg干燥后的KBr粉末在玛瑙研钵中轻轻研磨均匀,再经压片机压成薄片,上机测定,红外光谱扫描范围为4000~450 $\text{cm}^{-1}$ <sup>[14-15]</sup>。

#### 1.3.3 魔芋葡甘低聚糖的组成成分

将基质DHB用50%的甲醇溶解,使其充分饱和,静置,待用。将制备的魔芋葡甘聚糖酶解样品溶于蒸馏水中,并配制质量浓度10mg/mL的样品。取1 $\mu\text{L}$ 配制好的DHB饱和溶液的上清液与1 $\mu\text{L}$ 的样液,混合均匀后,点靶,上LC-TOF-TOF进行分析。

LC-TOF-TOF上机条件为:氮激光器波长337nm,采用延时引出和反射的工作方式,加速电压19.5kV,反射电压20kV,延时引出电压14.5~16.5kV,延时时间50~200ns,正离子检测<sup>[16]</sup>,扫描范围为300~3000。

#### 1.3.4 魔芋葡甘低聚糖的理化性质测定

##### 1.3.4.1 基本性状测定

1)对制备得到的样品外观、颜色、气味等外在指标进行判定。2)根据溶解度的大小(溶解度在10%以上的物质为易溶;溶解度在1%~10%为可溶,0.01%~1%为微溶;溶解度小于0.01%为不溶)对其水溶性、乙醇溶解性、乙醚溶解性进行测定。

##### 1.3.4.2 白度的测定

参考GB/T 22427.6—2008《淀粉白度测定方法》<sup>[17]</sup>,采用色差仪进行测定。

##### 1.3.4.3 比旋光度的测定

称取10.0g样品,以100mL蒸馏水配制成溶液质量浓度为0.1g/mL。将配制好的样品液参照GB/T 613—2007《化学试剂比旋光本领(比旋光度)测定通用方法》<sup>[18]</sup>和《中华人民共和国药典》<sup>[19]</sup>规定的方法,测定旋光度 $\alpha$ ,测定条件:室温(20 $\pm$ 2)℃,长度20cm;按照式(1)计算比旋光度。平行测定5次,结果取平均值。

$$[\alpha]_D = \frac{100\alpha}{L \times m} \quad (1)$$

式中: $L$ 为旋光管长度(20cm); $m$ 为100mL溶液中含有被测物质的质量/g。

#### 1.3.4.4 比重的测定

参照GB/T 5518—2008《粮食检验 粮食、油料相对密度的测定》<sup>[20]</sup>。平行测定3次,结果取平均值。

#### 1.3.4.5 pH值的测定

参照GB/T 16016—1993《农药pH值的测定方法》<sup>[21]</sup>和GB 10468—1989《水果和蔬菜产品pH值的测定方法》<sup>[22]</sup>。平行测定5次,结果取平均值。

#### 1.3.4.6 干燥失重率的测定

参照GB/T 22428.3—2008《葡萄糖干燥失重测定》<sup>[23]</sup>,平行测定3次,结果取平均值。

#### 1.3.4.7 吸湿性的测定<sup>[24]</sup>

配制饱和硫酸钾及饱和碳酸钾溶液,分别放置在两个小型干燥器底部(2d),使其形成相对湿度分别为43%及97%的环境。在室温下,准确称取1g(精确至0.001g)样品各2份,分别置于直径4.5cm的干燥皿(烘干至恒质量)中,再将干燥皿分别置于两个干燥器内,每隔1d后称量,待样品质量达到或接近恒质量(质量增减小于0.01%),可认为达到平衡。按照式(2)计算吸湿率。

$$\text{吸湿率}/\% = \frac{m_1 - m_0}{m_0} \times 100 \quad (2)$$

式中: $m_0$ 和 $m_1$ 分别为放置前后样品的质量/g。

#### 1.4 数据分析及处理

测定结果以 $\bar{x} \pm s$ 表示,用Microsoft Excel、DPS 7.05等软件进行图表的绘制和相关数据的处理。

## 2 结果与分析

### 2.1 魔芋葡甘低聚糖制备及醇提

结果显示,采用半干法酶解魔芋葡甘聚糖,可提高制备过程中物料的处理量,而采用90%乙醇一次性沉淀所得到的产物较多,得率可达76.34%。

### 2.2 魔芋葡甘低聚糖的红外光谱表征

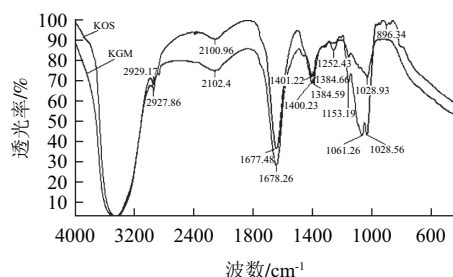


图1 魔芋葡甘低聚糖及魔芋粉的红外光谱图

Fig.1 Infrared spectra of konjac glucomannan oligosaccharides and raw konjac flour

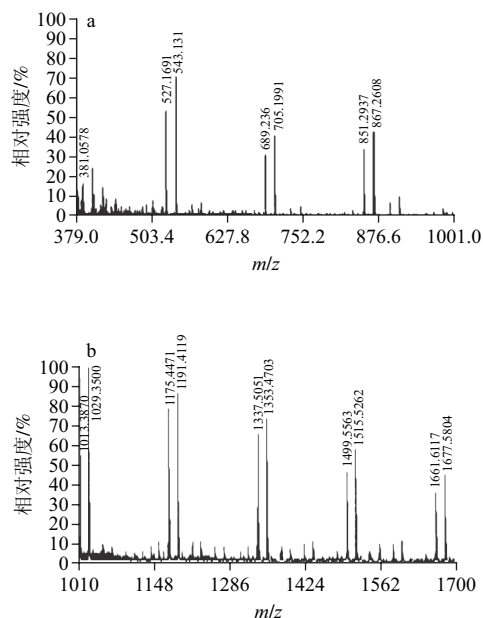
由图1可知,KOS红外光谱曲线与原魔芋粉红外光谱曲线相比,走向大致相同,有共同的吸收峰,但也有不同的吸收峰。两者共同的吸收峰分别为:2929 $\text{cm}^{-1}$ 处

的吸收峰,属于C—H伸缩振动范围(2800~3000 $\text{cm}^{-1}$ ),是糖类的特征峰;2100 $\text{cm}^{-1}$ 和2102 $\text{cm}^{-1}$ 吸收峰,为C≡C的伸缩振动;1677 $\text{cm}^{-1}$ 和1678 $\text{cm}^{-1}$ 吸收峰,是魔芋葡甘聚糖乙酰基团(—COCH<sub>3</sub>)中C=O的非对称伸缩振动(1650~1900 $\text{cm}^{-1}$ )引起的;1401 $\text{cm}^{-1}$ 和1400 $\text{cm}^{-1}$ 吸收峰,为主链糖单元间C—O键的伸缩振动峰;1384 $\text{cm}^{-1}$ 的吸收峰,是由C—H的变角振动产生的;1028 $\text{cm}^{-1}$ 的吸收峰,为魔芋粉糖环上C—O—C的伸缩振动。

KOS红外光谱曲线所特有的吸收峰则为:1252 $\text{cm}^{-1}$ ,是C—C键的伸缩振动峰;1153 $\text{cm}^{-1}$ ,证明其中的单糖以吡喃糖苷的形式存在;1061 $\text{cm}^{-1}$ 处的峰,是常见的吡喃糖环内酯和羟基的共振吸收峰(1044~1079 $\text{cm}^{-1}$ ),是由糖环上C—O—C醚键的不对称伸缩振动引起,构成了糖类的特征吸收峰,也是葡聚糖典型的红外光谱信号;896 $\text{cm}^{-1}$ 峰,是典型的吡喃葡聚糖和 $\beta$ -型糖苷键连接特征吸收峰。通过红外光谱分析可知,KOS与原魔芋粉相比,其基本结构并没有改变,只是 $\beta$ -甘露聚糖酶的酶解作用使得原来的大分子链断裂,得到相对分子质量较小的产物,并产生了相应的特征吸收峰。通过对其特征吸收峰的分析,可推知该低聚糖为一种吡喃型葡甘低聚糖。

### 2.3 魔芋葡甘低聚糖组分分析

KOS的组分经LC-TOF-TOF分析,结果如图2所示。为清晰显示该低聚糖品种的相对分子质量分布,将实验数据以相对分子质量0~1000、1000~2000的范围扫描进行分析。



a.相对分子质量范围0~1000; b.相对分子质量范围1000~2000。

图2 魔芋葡甘低聚糖LC-TOF-TOF图

Fig.2 LC-TOF-TOF profile of konjac glucomannan oligosaccharides



由图2可知,通过质谱峰与酶解物的荷质比计算<sup>[24]</sup>可得,在魔芋葡甘聚糖分子中从381.0570开始为甘露二糖,此后每个峰递增1个聚合度,直至最后的质谱峰(1167.6117)为甘露十糖。

## 2.4 魔芋葡甘低聚糖理化性质

### 2.4.1 基本性质分析

表1 魔芋葡甘低聚糖基本性质

Table 1 Basic properties of konjac glucomannan oligosaccharides

性质	特点	颜色	气味	水溶性	乙醇溶解性	乙醚溶解性
外观	粉末	白色	无	易溶	不溶	不溶

半干法酶降解制备的魔芋葡甘低聚糖的色、味、形态及其在水和有机溶剂中的溶解性结果如表1所示。所制备的魔芋葡甘低聚糖外观呈粉状,白色,无味无臭;从溶解性上看,该低聚糖品种水溶性好,易溶于水,但不溶于乙醇、乙醚等有机溶剂。

### 2.4.2 其他性质分析

表2 魔芋葡甘低聚糖其他性质

Table 2 Other properties of konjac glucomannan oligosaccharides

指标	白度	比旋光度	比重/(g/mL)	干燥失重率/%	pH
数值	85.986±0.613	-8.240±0.012	0.658±0.004	0.705±0.001	6.164±0.015

由表2可知,KOS白度为85.986,根据国标要求用标有白度的优级纯氧化镁制成的标准白板进行校正,则样品最后的白度值为90.498,可见KOS的白度值较高。因此,其白色外观可接受性较好。KOS的旋光性为左旋8.240°,pH值在6.2左右;比重约为0.658g/mL,表明KOS的比重较轻,这可能与粉碎后样品粒度有关。在(70±1)℃条件下真空干燥4h,样品的干燥失重率约为0.705%,其损失的部分主要为结晶水及其他挥发性物质。本实验样品的干燥失重率较小,因而样品中易挥发性物质含量较少,样品较为稳定。

### 2.4.3 吸湿性

在25℃条件下,相对湿度(RH)分别为97%与43%的环境条件下,魔芋葡甘低聚糖样品的吸湿率随时间变化如图3所示。

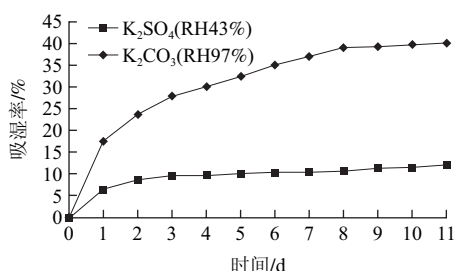


图3 魔芋葡甘低聚糖吸湿曲线

Fig.3 Moisture-absorbing curves of konjac glucomannan oligosaccharides

由图3可知,当RH43%时,样品的吸湿量在前5d内增加较为明显,5~8d内吸湿率增加较为平缓,在第9天时略有上升,此后达到吸湿平衡;而当RH 97%时,吸湿能力显著增加,吸湿率明显增大。此外,样品在前8d内的吸湿率均表现出明显的上升趋势,此后增加减缓,样品质量趋近于稳定。在RH 43%、97%时,样品所表现出来的吸湿能力差异显著,主要是因为不同的湿度环境下,空气中的水蒸气扩散能力不同。RH 97%时,空气中的水蒸气分压与KOS表面水蒸气分压差较大,空气中水分子的外扩散能力较大;而在RH 43%时,两者之间的表面水蒸气分压差相对较小,空气中的水分子扩散能力下降,样品的吸湿能力下降,吸湿率减少。11d时,在RH 43%时,样品的吸湿率为11.98%;而当RH 97%时,样品的吸湿率为39.91%,两者之间差异显著( $P<0.05$ )。

有研究表明<sup>[26]</sup>,吸湿性较好的甘油、透明质酸,在RH 97%时,其吸湿率分别为40%、25%,可见,KOS在RH 97%条件下吸湿率优于透明质酸,且与甘油无太大差异。在RH 43%时,两者的吸湿率都在6%~7%之间,而KOS却达到了12%左右,表明KOS具有较高的吸湿性能,优于传统的保湿剂甘油和透明质酸。同样,对某些硅胶类干燥剂来说,当温度在25℃、RH 90%时,其吸湿率也只有20%~25%。因此,从KOS的吸湿率结果来看,吸湿性较好,且无毒、无腐蚀、无公害,成本低,可用于开发干燥剂等产品。

## 3 结论

3.1 半干法酶降解制备的魔芋葡甘低聚糖外观呈粉状,白色,无味无臭,易溶于水,不溶于乙醇、乙醚等有机溶剂。白度较高,达到了90%以上,可接受性好。比旋光度为左旋8.240°,比重较轻,为0.658g/mL。该样品呈弱酸性,pH值在6.2左右。样品的干燥失重率较小,较为稳定。该低聚糖样品的吸湿效果较好,可用于生产干燥剂等产品。

3.2 半干法酶降解制备的魔芋葡甘低聚糖与原魔芋粉相比,其基本结构没有改变,对其特征吸收峰分析,可推导出该低聚糖是一种吡喃型葡甘露低聚糖。该低聚糖中最小相对分子质量为甘露二糖,最大的为甘露十糖,是甘露二糖到甘露十糖的混合物。

## 参考文献:

- [1] DELZENNE N M. Oligosaccharides: state of the art[J]. Proceedings of the Nutrition Society, 2003, 62(1): 177-182.
- [2] SEO E S, NAMA S H, KANG H K, et al. Synthesis of thermo- and acid-stable novel oligosaccharides by using dextranase with high concentration of sucrose[J]. Enzyme and Microbial Technology, 2007, 40: 1117-1123.

- [3] WEN Xian, CAO Xuelian, YIN Zehua, et al. Preparation and characterization of konjac glucomannan-poly (acrylic acid) IPN hydrogels for controlled release[J]. Carbohydrate Polymers, 2009, 78: 193-198.
- [4] 刘佩瑛. 魔芋学[M]. 北京: 中国农业出版社, 2004: 12-27.
- [5] LIU Feng, LUO Xuegang, LIN Xiaoyan. Adsorption of tannin from aqueous solution by deacetylated konjac glucomannan[J]. Journal of Hazardous Materials, 2010, 178: 844-850.
- [6] XIONG Guangquan, CHENG Wei, YE Lixiu, et al. Effects of konjac glucomannan on physicochemical properties of myofibrillar protein and surimi gels from grass carp (*Ctenopharyngodon idella*)[J]. Food Chemistry, 2009, 116: 413-418.
- [7] FAN Jiangyang, WANG Kang, LIU Meimei. *in vitro* evaluations of konjac glucomannan and xanthan gum mixture as the sustained release material of matrix tablet[J]. Carbohydrate Polymers, 2008, 73: 241-247.
- [8] CHEN Hsiaoling, FAN Yinghsin, CHEN Meien, et al. Unhydrolyzed and hydrolyzed konjac glucomannans modulated cecal and fecal microflora in Balb/C mice [J]. Nutrition, 2005, 21(10): 1059-1064.
- [9] SHIMAHARA H, SUZIKI H, SUGIYAMA N, et al. Isolation and characterization of oligosaccharides from an enzymatic hydrolysate of konjac glucomannan[J]. Agricultural and Biological Chemistry, 1975, 39(2): 293-299.
- [10] 杨文博, 佟树敏, 时薇, 等.  $\beta$ -甘露聚糖酶水解植物胶条件的研究[J]. 食品与发酵工业, 1996(1): 14-18.
- [11] CHANG Yuteng, CHEN Yuhshuen, LIN Keting, et al. Characteristics of galactomannanase for degrading konjac gel[J]. Journal of Molecular Catalysis B: Enzymatic, 2006, 43(1/4): 153-157.
- [12] 钟耕. 魔芋葡甘低聚糖生产方法: 中国, 201310000738[P]. 2013-01-04.
- [13] 彭湘莲, 付红军, 李忠海, 等. 乙醇提纯魔芋葡甘聚糖的研究[J]. 食品科技, 2010, 35(5): 248-251.
- [14] 侯占伟. 魔芋葡甘聚糖的化学改性及其性质研究[D]. 武汉: 武汉理工大学, 2008.
- [15] 何晋浙, 邵平, 倪慧东, 等. 灵芝多糖结构及其组成研究[J]. 光谱学与光谱分析, 2010, 30(1): 123-127.
- [16] 赵晓峰, 姚评佳, 魏远安. 瓜尔胶酶解法制备半乳甘露低聚糖及其产物表征[J]. 化学与生物工程, 2009, 26(12): 37-40.
- [17] GB/T 22427.6—2008 淀粉白度测定[S].
- [18] GB/T 613—2007 化学试剂 比旋光本领(比旋光度)测定通用方法[S].
- [19] 中华人民共和国药典编委会. 中华人民共和国药典[M]. 北京: 中国医药科技出版社, 2010.
- [20] GB/T 5518—2008 粮食检验 粮食、油料相对密度的测定[S].
- [21] GB/T 1601—1993 农药pH值的测定方法[S].
- [22] GB 10468—1989 水果和蔬菜产品pH值的测定方法[S].
- [23] GB/T 22428.3—2008 葡萄糖干燥失重测定[S].
- [24] 刘凤, 叶淑红, 王际辉, 等. 海洋假单胞菌pf-6胞外多糖吸湿保湿和抗氧化性研究[J]. 食品工业科技, 2011(11): 68-71.
- [25] KRAUSE J, STOECKLI M, SCHLUNEGGER U P. Studies on the selection of new matrixes for ultraviolet matrix- assisted laser desorption/ ionization time of flight mass spectrometry[J]. Rapid Commun Mass Spectrom, 1996, 10(15): 1927-1933.
- [26] 陈育平. 羧甲基甲壳质的吸湿和保湿性能研究[J]. 广西职业技术学院学报, 2009, 2(5): 5-7.