

超声预处理对珊瑚姜淀粉碱提取工艺及特征的影响研究

齐海伶¹, 殷钟意², 顾亚静¹, 郑旭煦^{1,2,*}

(1.重庆工商大学环境与生物工程学院, 重庆 400067;

2.重庆工商大学催化与功能有机分子重庆市重点实验室, 重庆 400067)

摘要:以珊瑚姜残渣为原料, 淀粉提取率为指标, 研究超声预处理对珊瑚姜淀粉的碱提取工艺条件以及所制淀粉的组成、颗粒形貌和晶体结构的影响。结果表明, 普通碱提取的最佳工艺条件为: 碱液pH10、料液比1:9g/mL、浸泡温度35℃、浸泡时间3h, 在该条件下所制淀粉的提取率为45.37%、纯度为85.12%、平均粒径为23.06μm; 超声预处理(超声功率600W、超声时间100s)后的碱提取的最佳工艺条件为: 碱液pH10、料液比1:12g/mL、浸泡温度30℃、浸泡时间2.5h, 在该条件下所制淀粉的提取率为61.54%、纯度为86.51%、平均粒径为20.20μm。即超声预处理改善了碱提取的工艺条件, 提高了淀粉的提取率和纯度, 减小了淀粉的平均粒径, 但未改变珊瑚姜淀粉的颗粒形貌和结晶结构, 仍呈类圆形、长卵形、三角状卵形和B型结晶结构。

关键词:珊瑚姜, 淀粉, 超声预处理, 碱提取, 特征

Effect of ultrasonic pretreatment on alkali extraction process and characteristics of coral ginger starches

QI Hai-ling¹, YIN Zhong-yi², GU Ya-jing¹, ZHENG Xu-xu^{1,2,*}

(1.School of Environmental and Biological Engineering, Chongqing Technology and Business University, Chongqing 400067, China;

2.Chongqing Key Lab of Catalysis & Functional Organic Molecules, Chongqing Technology and Business University, Chongqing 400067, China)

Abstract: The effect of ultrasonic pretreatment on alkali extraction process conditions of coral ginger starches and their components, particle shape and crystal structure were studied with coral ginger residue as the raw material and extraction rate of starches as the selection standard. The results showed that the optimal process conditions of ordinary alkali extraction were that the pH of alkali liquor was 10, the ratio of material to liquid was 1:9g/mL, the immersion temperature was 35℃ and the immersion time was 3h, and under these conditions the extraction rate, purity and average particle size of coral ginger starches were 45.37%, 85.12% and 23.06μm respectively. The optimal process conditions of alkali extraction after using ultrasonic pretreatment (the ultrasonic power was 600W, the ultrasonic time was 100s) were that the pH value of alkali liquor was 10, the ratio of material to liquid was 1:12g/mL, the immersion temperature was 30℃ and the immersion time was 2.5h, and in these conditions the extraction rate, purity and average particle size of coral ginger starches were 61.54%, 86.51% and 20.20μm respectively. Ultrasonic pretreatment had made the process conditions of alkali extraction to be improved, the extraction rate and purity of starches to be increased, the average particle size of starches to be decreased, but the particles morphology and crystal structure of coral ginger starches to be not changed, they were still round, long ovate, triangular ovate and type B crystal structure.

Key words: coral ginger; starch; ultrasonic pretreatment; alkali extraction; characteristics

中图分类号: TS235.9

文献标识码: B

文章编号: 1002-0306(2015)12-0244-06

doi: 10.13386/j.issn1002-0306.2015.12.043

珊瑚姜 (*Zingiber Corallinum Hance*) 为产于海南、广东、广西、贵州等地的姜科植物, 别名阴姜, 多

年生草本, 为苗族常用药材^[1]。珊瑚姜根茎肥厚, 呈不规则块状, 切面淡黄色, 薄壁细胞中有多数淡黄色油

收稿日期: 2014-08-26

作者简介: 齐海伶 (1988-), 女, 硕士研究生, 主要从事环境生物工程方面的研究。

* 通讯作者: 郑旭煦 (1964-), 女, 博士, 教授, 主要从事生物质资源技术与天然药物方面的研究。

基金项目: 重庆市百名学术学科领军人才培养计划 (渝教人[2011]60号)。

细胞。珊瑚姜的淀粉粒众多,散在多数内含黄色或黄绿色挥发油的细胞中,也有散在内含棕红色分泌物的树脂细胞中。少数民族常以其根茎入药,具有消肿、解毒、抗菌、祛痰等功效,用于治疗感冒、咳嗽、腰痛、腹泻等病症,药用价值高^[2-3]。

目前,国内外文献主要关注珊瑚姜的精油提取及成分分析^[4]、精油的药理作用^[5-6]和姜黄素的定性定量研究^[7]等,而对珊瑚姜的淀粉研究尚未见报道。为避免提取了精油和姜黄素等有效成分后的珊瑚姜残渣被废弃造成资源浪费和环境污染等问题,本文开展了珊瑚姜淀粉的提取工艺研究。植物淀粉的提取方法主要有碱提取、酶提取、超声提取等,碱提取方法因其简便易行而成为最常见的方法,然而单独采取该法较难提高淀粉的溶出率,同时也难以去除与淀粉紧密结合的蛋白,影响淀粉的纯度^[8]。鉴于此,本文在普通碱提取工艺条件优化的基础上,重点开展了超声预处理对珊瑚姜淀粉碱提取工艺以及所制淀粉特征的影响研究,以期对珊瑚姜淀粉的提取及开发利用提供理论依据。

1 材料与方 法

1.1 材料与仪器

珊瑚姜 采自贵州省,将其依次提取精油和姜黄素,然后将残渣粉碎、干燥,过筛,取筛下粉末备用;无水乙醇、NaOH、柠檬酸、NaCl、乙酸铅、硫酸钠、石油醚、硫酸铜、亚甲基蓝、亚铁氢化钾、酒石酸钾钠等 均为分析纯。

多功能粉碎机 上海精密科学仪器有限公司; JY92-II 超声波细胞粉碎机 宁波新芝生物科技股份有限公司;台式冷冻高速型离心机 美国 KENDRO 公司; DZF-1B 真空干燥箱 上海跃进医疗器械厂; 电子分析天平 上海舜守恒平科学仪器有限公司; 二元智能水浴锅 郑州长城科工贸有限公司; 凯氏定氮仪 上海洪纪仪器设备有限公司; KYKY-EM3200 扫描电子显微镜 苏州市奥科计量有限公司; 6100 型 X-射线衍射仪 日本岛津公司; 其他实验室常用仪器。

1.2 实验方法

1.2.1 珊瑚姜淀粉的提取方法

1.2.1.1 普通碱提取方法 准确称取过40目筛的珊瑚姜残渣粉末5g,先用一定pH、一定料液比的NaOH溶液兑浆,再在一定温度下浸泡一段时间,然后水洗3次至中性,再在4000r/min条件下离心10min; 去掉上清液后,先用50mL无水乙醇脱色,再用蒸馏水洗至无醇味,过200目筛,离心10min,收集沉淀; 在45℃真空干燥箱中干燥8h,即得淀粉; 称重,计算提取率。每次提取设置3个重复实验,取其平均值为实验结果。其工艺流程为:

珊瑚姜残渣粉末→兑浆→浸泡→水洗→离心→脱色→水洗→过筛→离心→沉淀→真空干燥。

1.2.1.2 超声预处理—碱提取方法 准确称取过40目筛的珊瑚姜残渣粉末5g,先用一定pH、一定料液比的NaOH溶液兑浆,再在一定功率的超声波细胞粉碎机中超声振荡一段时间,然后按照1.2.1.1的方法进

行碱提取。其工艺流程为:

珊瑚姜残渣粉末→兑浆→超声处理→浸泡→水洗→离心→脱色→水洗→过筛→离心→沉淀→真空干燥。

1.2.1.3 珊瑚姜淀粉提取率的计算

$$\text{淀粉提取率}(\%) = \frac{\text{提取淀粉的质量}}{\text{原料中淀粉的质量}} \times 100 \text{ 式(1)}$$

1.2.2 珊瑚姜淀粉提取工艺条件的优化

1.2.2.1 普通碱提取工艺条件的优化 以淀粉提取率为考察指标,首先进行碱液pH、料液比、浸泡时间、浸泡温度的单因素实验; 然后根据单因素实验结果设计因素水平表,按照L₉(3⁴)进行正交实验,以此确定普通碱提取的最佳工艺条件。

1.2.2.2 超声预处理—碱提取工艺条件的优化 超声预处理工艺条件的优化: 在普通碱提取的最佳工艺、超声初始温度为25℃的条件下,采用单因素实验法确定超声预处理的最佳工艺条件,固定超声时间为100s,超声功率为300、400、500、600、700W; 固定超声功率600W,超声时间为40、60、80、100、120s。

碱提取工艺条件的优化: 在超声预处理的最佳工艺条件下,进行碱液pH、料液比、浸泡时间、浸泡温度的单因素实验: 固定碱液pH为10、料液比为1:9g/mL、浸泡温度为35℃,浸泡时间为1、1.5、2、2.5、3h; 固定浸泡时间为2h,碱液pH为10、料液比为1:9g/mL,浸泡温度为25、30、35、40、45℃; 固定浸泡温度为30℃、碱液pH为10、浸泡时间为2h,料液比为1:6、1:8、1:10、1:12、1:14g/mL; 固定料液比为1:12g/mL、浸泡温度为30℃、浸泡时间为2h,碱液pH为8、9、10、11、12。

然后根据单因素实验结果设计因素水平表(见表1),按照L₉(3⁴)进行正交实验,以此确定超声预处理后的碱提取的最佳工艺条件。

表1 超声预处理后的碱提取正交实验的因素水平表

Table 1 Factors and levels of the orthogonal test of alkali extraction after ultrasonic pretreatment

水平	因素			
	A 碱液(pH)	B 浸泡时间(h)	C 料液比(g/mL)	D 浸泡温度(℃)
1	9	1.5	1:10	25
2	10	2.0	1:12	30
3	11	2.5	1:14	35

1.2.3 所制珊瑚姜淀粉的特征分析

1.2.3.1 淀粉的主要成分分析 淀粉: 参照GB/T 5009.9—2008《食品中淀粉的测定: 酸水解法》; 水分: 参照GB/T 12087—2008《淀粉水分测定: 烘箱法》进行测定; 灰分: 参照GB/T 22427.1—2008《淀粉灰分测定》进行测定; 蛋白质: 参照GB/T 22427.10—2008《淀粉及其衍生物氮含量测定》进行测定; 脂肪: 参照GB/T 22427.3—2008《淀粉总脂肪测定》进行测定。

1.2.3.2 淀粉的颗粒形貌测定 取微量样品,放入载玻片上,加上盖玻片,按压均匀后,用洗耳球将多余的淀粉吹掉。置于扫描电子显微镜样品台上,观察淀粉颗粒形貌并拍照,工作电压为10KV,并用电镜标

尺测量淀粉的粒径。

1.2.3.3 淀粉的晶体结构测定 用X射线衍射仪测定淀粉的晶体结构。测定条件:特征衍射线Cu-K α 靶,石墨单色器,管压40kV,电流30mA,扫描范围2~70°,步长0.02°/2 θ ,扫描速率4°/min。

1.2.4 数据处理 关于淀粉粒径计算,根据放大倍数校正标尺后,采用Photoshop分别量出标尺和颗粒的长度a、b,再根据比例进行计算粒径c(μm),平均粒径采用算术平均值进行计算^[9]。

$$c = \frac{100b}{a} \quad \text{式(2)}$$

式中,100为照片上电镜标尺标记的长度, μm 。

2 结果与讨论

2.1 原料中的淀粉含量测定

按照GB/T5009.9-2008的方法测定珊瑚姜残渣原料中的淀粉含量为45.96%。

2.2 普通碱提取的最佳工艺条件

根据1.2.2.1步骤进行实验,得出碱提取适宜工艺条件为:碱液pH为10、料液比为1:9g/mL、浸泡温度为40℃、浸泡时间为4h,在此条件下淀粉的提取率为42.81%。正交实验所得的碱提取最佳工艺条件为:碱液pH为10、料液比为1:9g/mL、浸泡温度为35℃、浸泡时间为3h,在该条件下淀粉的提取率为45.37%。

2.3 超声预处理—碱提取工艺条件的优化

2.3.1 超声预处理工艺条件的优化 在普通碱提取的最佳工艺条件(碱液pH为10、料液比为1:9g/mL、浸泡温度为35℃、浸泡时间为3h)下,进行超声预处理的单因素实验。

2.3.1.1 超声功率对淀粉提取率的影响 由图1可知,淀粉提取率随着超声功率的增加呈现先增大后略微减小的变化趋势,当超声功率为600W时,淀粉提取率最大。这是因为超声波对提取分离的强化作用主要来源于空化效应,随着超声功率的增加,超声波产生的空化效应越强烈,对细胞的破壁效果越明显,从而增加了淀粉的溶出率^[10]。而当超声功率过大(大于600W),淀粉提取率略微下降。这是因为超声功率过大,最初分离出来的淀粉和蛋白质由于超声空化作用又重新结合在一起,不利于淀粉沉淀而降低其提取率^[11]。因此,选择最佳超声功率为600W。

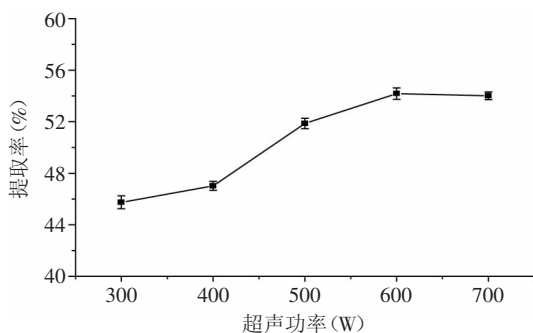


图1 超声功率对淀粉提取率的影响

Fig.1 Effect of ultrasonic power on the extraction rate of starches

2.3.1.2 超声时间对淀粉提取率的影响 由图2可知,淀粉提取率随着超声时间的增加呈现先增大后不变的变化趋势。这是因为超声波的振动作用,有助于淀粉游离出来^[12],因而增加超声时间有利于提高淀粉的提取率;但当超声时间过长(超过100s),淀粉提取率基本上保持不变。因此,为节约超声时间,选择最佳超声时间为100s。

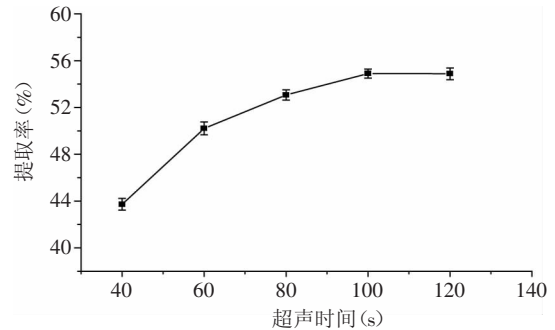


图2 超声时间对淀粉提取率的影响

Fig.2 Effect of ultrasonic time on the extraction rate of starches

2.3.2 碱提取工艺条件的优化

2.3.2.1 单因素实验 在超声功率为600W、超声时间为100s预处理后,先进行碱提取工艺参数的单因素实验。

浸泡时间对淀粉提取率的影响结果见图3。

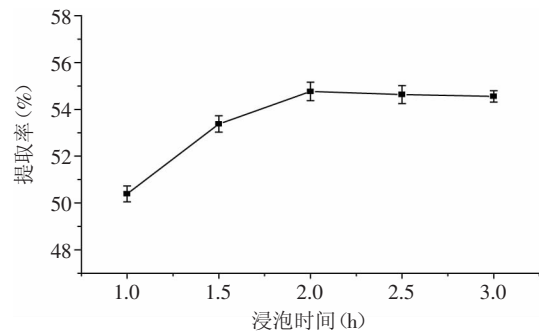


图3 浸泡时间对淀粉提取率的影响

Fig.3 Effect of immersion time on the extraction rate of starches

由图3可知,淀粉提取率随浸泡时间的增加呈现先增大后略微减小的变化趋势,当浸泡时间为2h时,淀粉提取率达到最大。这是因为在淀粉提取初期,增加浸泡时间有利于淀粉的充分沉淀;但在淀粉提取后期,随着浸泡时间的延长,淀粉颗粒结构变得疏松,不易沉淀,影响其提取率^[13],因此,适宜的浸泡时间为2h。

浸泡温度对淀粉提取率的影响结果见图4。

由图4可知,淀粉提取率随浸泡温度的升高呈现先增大后减小的变化趋势,当浸泡温度为30℃时,淀粉提取率达到最大。这是因为超声过程中细胞破壁将产生一定的热量,导致料液温度升高,超声之后若浸泡温度仍然较高,将使淀粉发生糊化;而且浸泡温度过高还会破坏蛋白质的性质,影响蛋白质与淀粉的分离,导致淀粉提取率下降。因此,适宜的浸泡温

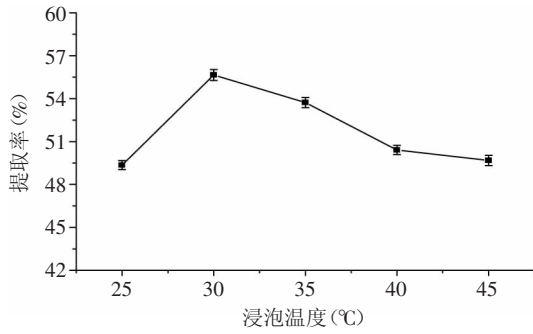


图4 浸泡温度对淀粉提取率的影响

Fig.4 Effect of immersion temperature on the extraction rate of starches

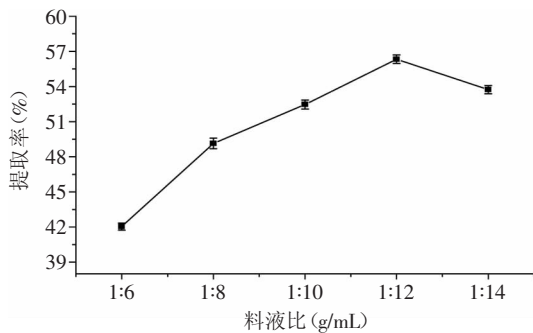


图5 料液比对淀粉提取率的影响

Fig.5 Effect of the ratio of material to liquid on the extraction rate of starches

度为30℃。

料液比对淀粉提取率的影响结果见图5。

由图5可知,淀粉提取率先随料液比的增加而增大,当料液比大于1:12g/mL后,提取率呈现下降的变化趋势。这是因为料液比过大,浆液浓度过低,超声过程中粒子间碰撞及被超声气流切削机会减少,超声波破壁效果降低,导致淀粉提取率降低^[14],因此,适宜的料液比1:12g/mL。

碱液pH对淀粉提取率的影响结果见图6。

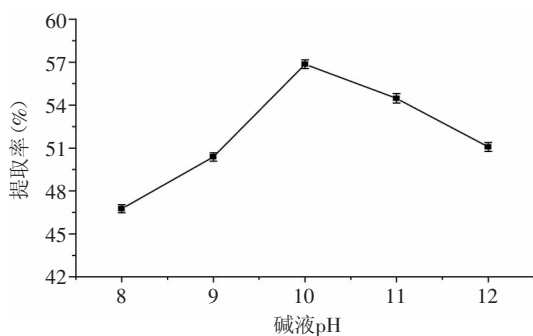


图6 碱液pH对淀粉提取率的影响

Fig.6 Effect of the pH of alkali liquor on the extraction rate of starches

由图6可知,淀粉提取率随碱液pH的增加呈现先增大后减小的变化趋势,当pH为10时,淀粉提取率最大。这是因为碱液pH过小,部分可溶性淀粉尚未沉淀出来,导致淀粉提取率较小;而碱液pH过大,将使

淀粉颗粒发生糊化,导致淀粉提取率降低。因此,适宜的碱液pH为10。

2.3.2.2 正交实验 在超声功率为600W、超声时间为100s下,按照表1进行正交实验,结果列于表2中。

表2 超声预处理后碱提取的正交实验结果表

Table 2 Results of the orthogonal test of alkali extraction after ultrasonic pretreatment

实验号	A	B	C	D	提取率(%)
1	1	1	1	1	49.37±0.15
2	1	2	2	2	48.00±0.19
3	1	3	3	3	50.51±0.11
4	2	1	2	3	53.73±0.21
5	2	2	3	1	46.81±0.16
6	2	3	1	2	57.04±0.23
7	3	1	3	2	55.64±0.24
8	3	2	1	3	40.63±0.13
9	3	3	2	1	59.51±0.17
k ₁	48.87	52.60	48.67	51.45	
k ₂	51.88	44.57	53.31	53.36	
k ₃	51.68	55.26	50.45	47.62	
R	3.01	10.69	4.64	5.74	

由表2可知,在表1选取的因素和水平范围内,影响淀粉提取率的因素主次顺序为:B>D>C>A,即浸泡时间是影响淀粉提取率的主要因素;碱提取的最佳工艺条件是A₂B₃C₂D₂,即碱液pH为10、浸泡时间为2.5h、料液比为1:12g/mL、浸泡温度为30℃。

2.3.2.3 验证性实验 因表2中无最佳工艺条件A₂B₃C₂D₂实验组的实验结果,故在该实验条件下进行淀粉提取工艺验证实验,得到淀粉提取率为61.54%,高于表2各组实验的结果。所以,超声预处理—碱提取的最佳工艺条件为:在超声功率为600W、超声提取时间为100s下,碱液pH为10、料液比为1:12g/mL、浸泡温度为30℃、浸泡时间为2.5h。

2.3.3 超声预处理对碱提取工艺条件的影响分析 比较超声处理前后碱提取工艺2.3.1和2.3.2的实验结果,结果见表3。

表3 两种提取方法的最佳工艺条件及提取率

Table 3 Optimal process conditions and extraction rate of two extraction methods

提取方法	碱液 (pH)	料液比 (g/mL)	浸泡温度 (°C)	浸泡时间 (h)	提取率 (%)
普通碱提取	10	1:9	35	3	45.37
超声预处理—碱提取	10	1:12	30	2.5	61.54

由表3可知,相对于未超声预处理而言,超声预处理即使pH为10的碱液用量增加(相对增加33.33%)、浸泡温度降低、浸泡时间缩短,也使珊瑚姜淀粉提取率增加(相对增加35.64%)。可能的原因一是超声过程中细胞破壁将产生一定的热量,造成料液温度升高,部分水分蒸发,因而所需碱液用量增加;二是超

声的空化作用使淀粉更易溶出,不仅使碱液浸泡温度降低、浸泡时间缩短,而且使淀粉提取率明显增加。因此,虽然超声预处理使碱液用量增加,但其增幅小于淀粉提取率的增幅;加之超声预处理还使浸泡温度降低、浸泡时间缩短,故总体上超声预处理提高了淀粉提取的效率。

2.4 超声预处理对珊瑚姜淀粉特征的影响

2.4.1 所制珊瑚姜淀粉的组成 按照1.2.3的方法分别测定两种提取工艺所制淀粉的主要成分,结果见表4。

表4 两种提取工艺所制淀粉的主要成分含量(%)

Table 4 Main constituents of coral ginger starches made by two extraction methods (%)

淀粉来源	水分	淀粉	蛋白质	脂肪	灰分
普通碱提取的淀粉	12.11	85.12	0.51	0.89	1.37
超声预处理-碱提取的淀粉	10.98	86.51	0.71	0.97	0.84

由表4可知,超声预处理使淀粉、蛋白质、脂肪含量均有所增加,分别增加1.39%、0.20%和0.08%,而水分和灰分均有所减少。可能的原因是超声的空化作用促进了植物细胞的破壁,提高了淀粉、蛋白质、脂肪的溶出率,使营养成分的含量均有所增加。

2.4.2 所制珊瑚姜淀粉的颗粒形貌 采用两种提取工艺制备的珊瑚姜淀粉的扫描电镜图见图7,根据电镜标尺测得的淀粉粒径见表5。

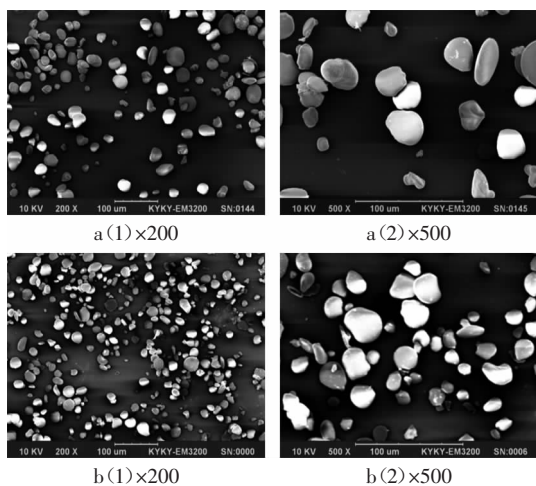


图7 碱提取方法(a)和超声预处理-碱提取方法(b)的淀粉扫描电镜图

Fig.7 Scanning electron micrographs of alkali extraction and ultrasound pretreatment-alkali extraction

表5 两种提取工艺所制淀粉的粒径

Table 5 Particle size of coral ginger starches made by two extraction methods

淀粉来源	粒径范围(μm)	平均粒径(μm)
碱提取的淀粉	8~40	23.06
超声预处理-碱提取的淀粉	8~37	20.20

由图7中可以看出,超声预处理对淀粉颗粒形貌无影响,大部分表面光滑,多数呈现类圆形、长卵形、三角状卵形,大小不均匀。由表5可知,超声预处理使淀粉的粒径变小。可能的原因是超声波对颗粒产生的切削作用,使淀粉颗粒破碎,导致超声预处理后的淀粉颗粒平均粒径减小^[14]。

2.4.3 所制珊瑚姜淀粉的结晶结构 采用两种提取工艺制备的珊瑚姜淀粉的X射线衍射仪测定结果见图8。

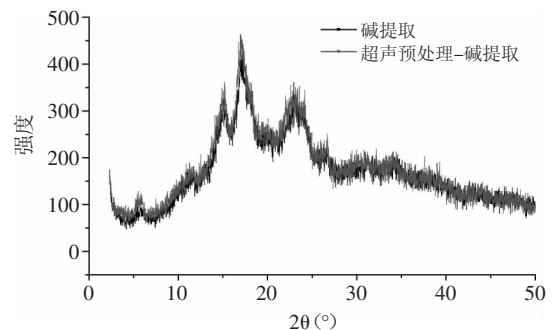


图8 两种提取方法制备的珊瑚姜淀粉的X-射线衍射图
Fig.8 X-ray diffraction patterns of coral ginger starches made by two extraction methods

由图8可知,超声预处理未对淀粉的结晶结构产生影响,两种方法所制淀粉的X射线衍射图形基本一致,均在2θ为5°附近有弱吸收峰,在2θ为15°和22°~23°附近有中等强峰,在2θ为17°附近有强吸收峰;具有相同的结晶结构,均为B型^[15]。

3 结论

3.1 普通碱提取方法的最佳工艺条件为:碱液pH10、料液比1:9g/mL、浸泡温度35℃、浸泡时间3h,在此条件下所制珊瑚姜淀粉的提取率为45.37%、纯度为85.12%、平均粒径为23.06μm。

3.2 超声预处理-碱提取方法的最佳工艺条件为:超声功率600W、超声时间100s、碱液pH10、料液比1:12g/mL、浸泡温度30℃、浸泡时间2.5h,在此条件下所制珊瑚姜淀粉的提取率为61.54%、纯度为86.51%、平均粒径为20.20μm。

3.3 超声预处理对珊瑚姜淀粉的碱提取工艺及特征影响为:增加了碱液用量、降低了浸泡温度、缩短了浸泡时间,提高了淀粉的提取率及纯度,减小了淀粉的粒径;但未改变淀粉的颗粒形貌和结晶结构,仍呈类圆形、长卵形、三角状卵形和B型结晶结构。而超声预处理对所制淀粉的其他性质将产生怎样的影响有待进一步研究。

参考文献

- [1] 国家中医药管理局《中华本草》编委会. 中华本草(苗药卷)[M]. 贵阳:贵州科技出版社,2005:396.
- [2] 赵应红,彭霞. 傣药补累两种药材来源的比较研究[J]. 云南中医中药杂志,2003:39-40.

(下转第253页)

降解甲醛为一级反应, 甲醛在Ag-TiO₂复合纳米催化剂表面的吸附是影响反应速率的主要因素。

3 结论

采用溶胶-凝胶法制备了具有良好分散性的Ag-TiO₂复合纳米粉体, 平均粒径20~50nm。XRD及XPS检测表明, Ag-TiO₂粉体是由立方晶系单质Ag和锐钛型TiO₂组成, Ag掺杂未明显改变TiO₂的晶格结构, Ag-TiO₂粉体中Ag具有很高的化学稳定性。

掺杂少量Ag将有助于提升Ag-TiO₂复合纳米粉体光催化降解甲醛的反应活性, 但掺Ag量超过一定值时反而会降低甲醛的降解率。实验条件下, 8%Ag掺量的Ag-TiO₂复合纳米粉体具有最高的光催化活性; 定量的Ag-TiO₂复合纳米粉体对于低浓度甲醛溶液具有较高的降解率, 而高浓度甲醛易于造成催化剂过量吸附, 进而抑制光催化反应; 甲醛溶液pH减小将提高Ag-TiO₂复合纳米粉体分散性, 增大催化剂的比表面积, 提高甲醛吸附量, 进而加快光催化反应速率。

Ag-TiO₂复合纳米粉体光催化降解溶液中甲醛反应符合L-H模型的一级动力学特征, 属于一级反应。

Ag-TiO₂复合纳米粉体具有良好的光催化活性, 可以有效清除水溶液中的甲醛。在200mL浓度为0.1mg/mL甲醛水溶液中, 添加0.20g掺Ag量8%的Ag-TiO₂光催化剂, 调节溶液pH=2, 磁力搅拌下预吸附60min, 随后使用40W 365nm紫外灯辐照300min, 甲醛降解率即可达到93.1%, 初步具有应用前景。

参考文献

[1] 张瑾. 甲醛毒性的研究进展[J]. 职业与健康, 2006, 22(23): 2041-2044.
 [2] 励建荣, 朱军莉. 食品中内源性甲醛的研究进展[J]. 中国食品学报, 2011, 11(9): 247-257.
 [3] 俞其林, 励建荣. 食品中甲醛的来源与控制[J]. 现代食品科技, 2007, 23(10): 76-78.

[4] Craig A Grimes, Gopal K. MorTiO₂ Nanotube Arrays[M]. New York: Springer-Verlag Inc, 2009.
 [5] 李清春, 张景强. 食品抗菌包装纸的研究[J]. 食品工业科技, 2008, 29(8): 228-230, 247.
 [6] Naik K, Kowshik M. Anti-quorum sensing activity of agcl-tio2 nanoparticles with potential use as active food packaging material[J]. J Appl Microbiol, 2014, 117(4): 972-983.
 [7] 郑红娟, 张爱民, 石瑞成. Ag/TiO₂纳米粒子的制备与表征[J]. 四川大学学报: 工程科学版, 2009, 41(6): 137-140.
 [8] SC/T3025-2006水产品中甲醛的测定[S]. 北京: 中国标准出版社, 2006.
 [9] 程春梅, 朱军辉. 食品中甲醛的来源及其检测方法研究进展[J]. 食品科技, 2008, 23(1): 208-210.
 [10] 杨昕宇, 向卫东. 掺杂Ag对TiO₂粉末晶型结构的影响[J]. 硅酸盐通报, 2007, 26(3): 478-481, 493.
 [11] Khanna P K, Singh N, Charan S. Synthesis of nano-particles of anatase-TiO₂ and preparation of its optically transparent film in PVA[J]. Mater Lett, 2007, 61(25): 4725-4730.
 [12] Hongyuan Wang, Junfeng Niu, Xingxing Long, et al. Sonophotocatalytic degradation of methyl orange by nano-sized Ag/TiO₂ particles in aqueous solutions[J]. Ultrason Sonochem, 2008(15): 386-392.
 [13] 王丹军, 郭莉, 李东升, 等. 载银TiO₂光催化剂的合成及活性研究[J]. 环境科学与技术, 2010, 33(4): 15-19, 83.
 [14] 齐虹, 孙德智, 迟国庆. 光催化降解甲醛的影响因素及动力学研究[J]. 哈尔滨工业大学学报, 2006, 38(7): 1051-1054.
 [15] 阎建辉, 黄可龙, 刘素琴, 等. 银沉积纳米TiO₂光催化剂的制备及活性[J]. 应用化学, 2005, 22(2): 132-137.
 [16] 高濂, 郑珊, 张青红. 纳米氧化钛光催化材料及应用[M]. 北京: 化学工业出版社, 2002.
 [17] Chen J, David O F. Kinetic processes of photocatalytic mineralization of alcohols on metalized titanium dioxide[J]. Wat Res, 1999, 33(5): 1173-1180.

(上接第248页)

[3] 刘莹, 杨顺嘉, 高玉琼. 珊瑚姜化学成分及药理学研究进展[J]. 中华医药杂志, 2007, 7(7): 613-615.
 [4] 巫建国, 胡仕林. 珊瑚姜的超临界CO₂萃取及其提取物GC/MS分析[J]. 香料香精化妆品, 2012, 10(5): 1-4.
 [5] 蒋燕萍, 曹煜, 李淑芳. 珊瑚姜的有效成分对糠秕孢子菌抑制作用的实验研究[J]. 贵阳中医学院学报, 2006, 28(5): 57-59.
 [6] 袁琦, 曹煜, 廖芬, 等. 珊瑚姜油消毒液的消毒杀菌研究[J]. 贵阳中医学院学报, 2011, 36(1): 34-37.
 [7] 董赫, 殷钟意, 郑旭煦. 珊瑚姜中姜黄素回流提取工艺条件的优化[J]. 贵州农业科学, 2012, 40(9): 213-215.
 [8] 文红丽. 薏苡淀粉提取纯化技术及其理化特性和微孔淀粉的制备研究[D]. 重庆: 西南大学, 2012.
 [9] Chen Pei. Phase transition of starch granules observed by microscope under shearless and shear condition[J]. Carbohydrate Polymers, 2007, 68(2): 495-501.

[10] Hui L, Etsuzo O, Masao I. Effects of ultrasound on the extraction of saponin from ginseng[J]. Japanese Journal of Applied Physics, 1994, 33(5): 3085-3087.
 [11] SHIH F, DAIGLEK W. Preparation and Characterization of Rice Protein Isolates[J]. JOACS, 2000, 77(6): 885-888.
 [12] Alok K Srivastava, M L Sudha, V Baskaran. Studies on heat stabilized wheat germ and its influence on rheological characteristics of dough[J]. European Food Research and Technology, 2007, 224(3): 365-372.
 [13] 袁军, 陈龙, 孙文静, 等. 芋头淀粉提取工艺优化及淀粉特性研究[J]. 食品工业科技, 2012, 19(33): 252-255.
 [14] 王大为, 刘鸿斌, 宋春春, 等. 超声波辅助提取马铃薯淀粉及其特性的分析[J]. 食品科学, 2013, 34(16): 17-22.
 [15] 王晶. 芡实淀粉性质的研究[D]. 长春: 吉林农业大学, 2011.