

微波提取香蕉茎干中水溶性膳食纤维的工艺研究

宋维春^{1,2}, 徐云升², 曹 阳^{1,*}

(1.海南大学材料与化工学院, 海南 海口 570228; 2.琼州学院化学系, 海南 五指山 572200)

摘 要: 探讨了以香蕉茎干为原料, 用微波提取水溶性膳食纤维的工艺及其操作条件, 并与直接水提法进行比较。结果表明, 微波法最佳工艺条件为提取时间 2min、提取功率 900W、液料比为 2ml/g、pH4, 此条件下 SDF 干基产率达到 9.86%。微波法工艺明显优于直接水提法。

关键词: 微波法; 香蕉茎干; 膳食纤维; 提取工艺

Study on Microwave Extraction Technology of Water Soluble Dietary Fiber from Banana Pseudo Stem

SONG Wei-chun^{1,2}, XU Yun-sheng², CAO Yang^{1,*}

(1. College of Materials and Chemical Engineering, Hainan University, Haikou 570228, China;

2. Chemical Department, Qiongzhou University, Wuzhishan 572200, China)

Abstract: In this study, the microwave extraction technology of water soluble dietary fiber from banana pseudo stem was optimized based on several single factor tests and $L_9(3^4)$ orthogonal test. The results showed that the optimal microwave extraction time, power, ratio of liquid to solid and pH value of extractant (water) are 2 min, 900 W, 2 ml/g and pH 4, respectively. Under these conditions, the dry yield of soluble dietary fiber reaches 9.86%, which is higher than that of 7.90% obtained by the direct hot water extraction.

Key words: microwave; banana pseudo stem; soluble dietary fiber; extraction technology

中图分类号: TS201.21

文献标识码: A

文章编号: 1002-6630(2009)06-0060-04

香蕉是在海南等地区大面积种植的水果, 香蕉采收后的香蕉茎干除了少量饲猪外, 主要弃置田间, 印度这样的香蕉生产大国已开始重视对香蕉茎干进行加工^[1]。香蕉茎干中含有 5%~10% 的绝干物质, 其中大部分为膳食纤维^[2-3]。而膳食纤维的研发趋势是开拓资源和改进提取方法及其应用研究^[4]。微波提取技术在多糖等植物成分提取中已有诸多应用^[5]。但用于膳食纤维提取却很少^[6]。本研究利用微波提取技术进行香蕉茎干中水溶性膳食纤维的提取, 并采用正交试验对其工艺条件进行探索。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

香蕉茎干取于五指山田间, 去掉老化、病变部分。

无水乙醇、过氧化氢等均为分析纯。

1.2 仪器与设备

组织粉碎机、微波炉、超级恒温水浴、搅拌器、旋转蒸发器、高速离心机、高压杀菌锅、电热恒温鼓风干燥箱、电子天平、可见分光光度计。

1.3 方法

1.3.1 提取方法

工艺流程: 原料→切段、粉碎→提取→过滤→滤液蒸发浓缩→醇沉→离心分离→沉淀物脱色→干燥→SDF。

操作要点: 以香蕉茎干为原料, 以水为溶剂, 经切段、粉碎后, 用醋酸盐缓冲溶液调 pH 值, 用微波提取, 再经过滤、滤液浓缩、乙醇沉淀、离心分离、脱色、干燥等步骤制得 SDF; 测定、扣除蛋白质后得 SDF 干基产率, 重复三次实验, 取平均值。

收稿日期: 2008-05-31

基金项目: 海南省自然科学基金项目(20607)

作者简介: 宋维春(1965-), 女, 副教授, 硕士研究生, 主要从事工艺过程研究。E-mail: wzsspring@126.com

* 通讯作者: 曹阳(1962-), 男, 教授, 博士, 主要从事新材料研究。E-mail: caoyanghui@yahoo.com.cn

1.3.2 原料相关成分测定

水含量测定：重量法；蛋白质含量测定：水杨酸比色法；总膳食纤维测定：参照 AACC32-07；水溶性膳食纤维、水不溶性膳食纤维测定：参照 AACC32-06^[7]。

1.3.3 水质选择

称取同样原料，经切段、杀菌、粉碎后，分别用自来水、蒸馏水、纯净水在 60℃ 水浴中提取 30min，经过滤、醇沉、离心分离、干燥等步骤制备 SDF，测定、扣除蛋白质后比较 SDF 干基产率。

1.3.4 脱色条件选择

脱色剂用量：称取 1g 离心分离后的沉淀物分别加到 10ml 0、2.72%、3%、3.33%、3.75%、4.29% (质量浓度) 过氧化氢溶液中，搅拌均匀后浸泡 30min，比较脱色效果和产率。

脱色时间：称取 1g 离心分离后的沉淀物加到 10ml 3% 过氧化氢溶液中，搅拌均匀后分别浸泡 10、20、30、40min 后，比较脱色效果和产率。

1.3.5 提取工艺条件优化

在单因素试验基础上，再按表 1 进行正交试验，确定最佳工艺条件。

表 1 因素水平表

Table 1 Factors and levels of orthogonal test on microwave extraction technology of water soluble dietary fiber

水平	A 时间(min)	B 微波功率(W)	C 液料比(ml/g)	D pH
1	2	900	2.5	4
2	5	750	2	5.5
3	8	600	1.5	7

2 结果与分析

2.1 原料成分

用常压干燥法测得香蕉茎干含水量为 91.7%，干物质含量为 8.3%。干物质中相关成分含量见表 2。

表 2 香蕉茎干物质中相关成分($\bar{x} \pm s$)

Table 2 Contents of total, water soluble and water insoluble dietary fiber and protein in dry banana pseudo stem ($\bar{x} \pm s$)

成分	TDF	SDF	IDF	蛋白质
含量(%)	46.36 ± 0.076	9.97 ± 0.047	36.45 ± 0.178	3.33 ± 0.026

2.2 水质实验

表 3 水质实验结果

Table 3 Results of water quality experiment

水质	自来水	蒸馏水	纯净水
SDF 产率(%)	6.68	6.72	6.81

从表 3 来看，虽然采用纯净水效果最好，但三者相差不大，本实验的目的是便于推广到工业应用，考虑到成本问题，采用自来水进行实验。

2.3 脱色条件

表 4 H₂O₂ 浓度对 SDF 产率的影响

Table 4 Effects of H₂O₂ concentration on extraction rate of water soluble dietary fiber

H ₂ O ₂ 浓度(%)	0	2.72	3	3.33	3.75	4.29
SDF 产率(%)	9.17	9.08	9.02	9.01	8.99	8.98

表 4 表明，脱色时间为 30min 时，用 3%、3.33%、3.75%、4.29% 的过氧化氢溶液几乎能完全脱色，而 2.72% 过氧化氢溶液脱色效果欠佳。可见，达到脱色效果后再增加过氧化氢脱色剂浓度对产品产率几乎无影响。

表 5 H₂O₂ 脱色时间对 SDF 产率的影响

Table 5 Effects of decoloring time by H₂O₂ on extraction rate of water soluble dietary fiber

脱色时间(min)	10	20	30	40
SDF 产率(%)	9.12	9.05	9.02	9.01

表 5 表明，用 3% 过氧化氢溶液脱色时，脱色时间 10min 脱色效果欠佳，而脱色 20、30、40min 都几乎完全脱色。可见，脱色 20min 后(达到脱色效果)，再继续增加脱色时间对产品产率几乎无影响。

由表 4、5 可知，适宜的脱色条件为脱色剂过氧化氢浓度 3%、脱色时间 20min。

2.4 不同因素对微波法提取 SDF 的影响

2.4.1 提取时间对 SDF 产率的影响

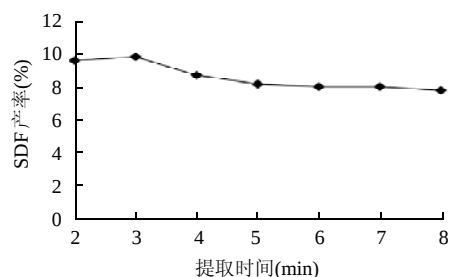


图 1 提取时间对 SDF 产率的影响

Fig.1 Effects of extraction time on extraction rate of water soluble dietary fiber

称取同样原料，在 pH 值为 7 的条件下，采用液料比为 2ml/g、功率为 900W，分别提取 2、3、4、5、6、7、8 min，试验结果见图 1。

由图 1 可见，在 2~3min 左右，由于微波使细胞膜完全破裂，多糖类容易溶出，提取率高，而随着提

取时间继续增加,果胶发生酯解、裂解反应,产率略有降低。

2.4.2 提取功率对 SDF 产率的影响

称取同样原料,在 pH7 的条件下,采用液料比为 2ml/g,分别用 900、750、600、450W 功率提取 3min,试验结果见图 2。

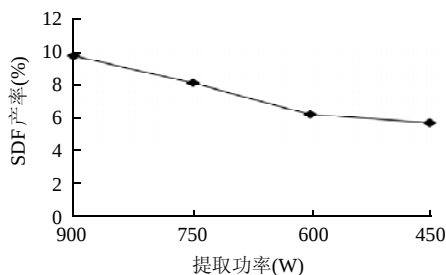


图2 提取功率对 SDF 产率的影响

Fig.2 Effects of microwave power on extraction rate of water soluble dietary fiber

由图 2 可见,在 600~900W 范围内,增加微波辐射功率,会提高膳食纤维的提取率,提取功率为 900W 时,提取率最高。

2.4.3 液料比对 SDF 产率的影响

称取同样原料,在 pH7、提取功率为 900W 条件下,分别采用液料比为 1.5、2、2.5、3ml/g 提取 3min。试验结果见图 3。

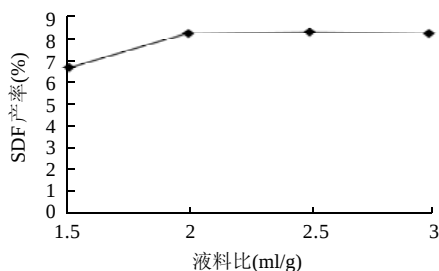


图3 液料比对 SDF 产率的影响

Fig.3 Effects of ratio of liquid-solid on extraction rate of water soluble dietary fiber

由图 3 可见,在液料比为 1.5ml/g 时,溶剂量太少而不能完全溶出,产率较低,而在 2、2.5、3ml/g 时,产率相近。

2.4.4 pH 值对 SDF 产率的影响

称取同样原料,采用液料比为 2ml/g、功率为 900W,分别在 pH4、5、6、7 的条件下,提取 3min,试验结果见图 4。

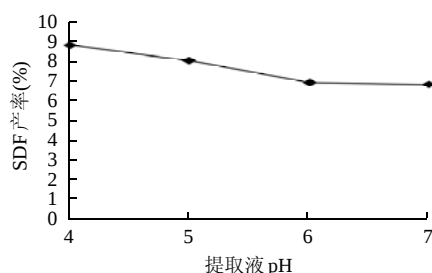


图4 提取液 pH 值对 SDF 产率的影响

Fig.4 Effects of pH value of extraction on extraction rate of water soluble dietary fiber

由图 4 可见,随着 pH 值增加,提取率降低,酸性条件有利于酸溶性多糖的溶出,在 pH4 附近,产率较高。

2.5 微波提取工艺条件的优化

在单因素试验的基础上,采用 $L_9(3^4)$ 正交试验对工艺条件进行优化,试验结果见表 6。

表6 正交试验结果表

Table 6 Results of orthogonal test on extraction technology of water soluble dietary fiber

试验号	A 时间(min)	B 微波功率(W)	C 液料比(ml/g)	D pH	SDF 产率(%)
1	1(2)	1(900)	3(1.5)	2(5.5)	8.76
2	2(5)	1	1(2.5)	1(4)	9.76
3	3(8)	1	2(2)	3(7)	9.68
4	1	2(750)	2	1	9.52
5	2	2	3	3	5.82
6	3	2	1	2	7.62
7	1	3(600)	1	3	6.22
8	2	3	2	2	5.94
9	3	3	3	1	4.56
K ₁	24.5	28.2	23.6	23.84	
K ₂	21.52	22.96	25.14	22.32	
K ₃	21.86	16.72	19.14	21.72	
R	2.98	11.48	6	2.12	

表 6 极差显示,影响微波提取 SDF 诸因素的主次顺序为 B > C > A > D,即提取功率 > 液料比 > 提取时间 > pH 值;最佳微波提取条件是 A₁B₁C₂D₁,即提取时间 2min、提取功率 900W、液料比为 2ml/g、pH4。该条件在试验中未出现,故补加该实验,结果 SDF 产率达 9.86%,证明 A₁B₁C₂D₁ 确实为最佳条件。

在前期实验中,得出常压下直接水提法的最佳提取条件为提取温度 80℃、提取时间 45min、液料比为 3.5ml/g,该条件下 SDF 产率为 7.90%。

可见,微波提取法提取时间短、溶剂用量少、产率高,且不需要在提取前进行杀菌灭酶处理,因而明显优于直接水提法。

3 结 论

3.1 影响微波法提取香蕉茎干中水溶性膳食纤维的因素次序为：提取功率>液料比>提取时间>pH 值；微波法的最佳提取条件是提取时间 2min、功率 900W、液料比 2ml/g、pH4，该条件下微波法提取 SDF 产率可达 9.86%。

3.2 与直接水提法相比，微波法提取香蕉茎干中水溶性膳食纤维不需要在提取前进行杀菌灭酶处理、且提取时间短、溶剂用量少、产率高。微波法明显优于直接水提法。

3.3 过氧化氢溶液适用于香蕉茎干水溶性膳食纤维产品的脱色，最佳浓度为 3%，适宜脱色时间为 20min。

参考文献：

- [1] SUDHAKAR R, SUBBAIAH Y, KRISHNAMURTHY V. Banana fiber extractor: a boon to famers[J]. Indian Horticulture, 2007, 52(4): 29.
- [2] RAMULU P, UDAYASEKHARARAO P. Total insoluble and soluble dietary fiber contents of roots, tubers, vegetables, oilseeds, spices and condiments[J]. Journal of Food Science and Technology, 2006, 4(43): 399-403.
- [3] 陈蓉, 梁永, 杨素娇, 等. 香蕉假茎营养成分的分析[J]. 湛江师范学院学报: 自然科学版, 2000, 21(2): 11-14.
- [4] MAELKKI Y. Trends in dietary fibre resarch and development[J]. Acta Alimentaria, 2004, 33(1): 39-62.
- [5] 纵伟, 梁茂雨, 张世涛. 微波辅助提取西番莲果皮中果胶的研究[J]. 中国食品添加剂, 2007(2): 63-65.
- [6] 王若兰, 姚玮华. 青稞膳食纤维微波法提取工艺的研究[J]. 食品科学, 2005, 26(6): 169-174.