

# 紫红薯膳食纤维漂白工艺研究

吴少福 蒋艳 上官新晨\* 沈勇根 徐嘉琪 罗娟

(江西农业大学 食品科学与工程学院/江西省教育厅 天然产物研究与开发重点实验室 江西 南昌 330045)

**摘要:** 为了得到色泽较浅的紫红薯膳食纤维,以样品的白度为指标,采用单因素和正交优化试验对  $H_2O_2$  漂白紫红薯膳食纤维的工艺进行研究。结果表明:将紫红薯膳食纤维用 40 g/L  $H_2O_2$  溶液按 1:15 调成浆, pH 值调整为 10.0 在 60 °C 的水浴中保温处理 180 min 样品的白度值达到 85.39%。

**关键词:** 紫红薯; 膳食纤维; 漂白工艺;  $H_2O_2$

中图分类号: TS215 文献标志码: A 文章编号: 1000-2286(2011)01-0173-05

## Studies on the Bleaching Technology of Purple *Ipomoea batatas* Dietary Fiber

WU Shao-fu, JIANG Yan, SHANGGUAN Xin-chen\*, SHEN Yong-gen, XU Jia-qi, LUO Juan

(Food Science & Engineering Department of Jiangxi Agricultural University, Key Laboratory of Natural Product Research and Development, Jiangxi Province Education Department, Nanchang 330045, China)

**Abstract:** In order to obtain lighter-color purple *Ipomoea batatas* dietary fiber, taking whiteness of the sample as an indicator, the bleaching technology of the purple *Ipomoea batatas* dietary fibers was researched by  $H_2O_2$  method. The optimum technologic parameters of the purple *Ipomoea batatas* IDF bleaching was obtained with single-factor and orthogonal experiment. The results showed that: 1:15 proportion of purple *Ipomoea batatas* IDF to  $H_2O_2$  solution, the concentration of hydrogen peroxide was 40 g/L, pH 10, temperature 60 °C, time 180 min. Its brightness reached 85.39%.

**Key words:** purple *Ipomoea batatas*; dietary fiber; bleaching process; hydrogen peroxide

紫红薯(purple *Ipomoea batatas*)是一种安全的食饲兼用作物,为甘薯中的特殊品种,属于旋花科1年生草本植物<sup>[1]</sup>,含有丰富的花青素类物质,主要作为花青素类物质的提取原料<sup>[2]</sup>。提取色素后的紫红薯渣含有30%左右的膳食纤维,是一种良好的天然膳食纤维原料,而实际生产中则被摒弃或作饲料,既浪费资源又污染环境。最新研究表明<sup>[3-6]</sup>,膳食纤维可增加粪便体积,促进肠胃蠕动,清理肠腔内滞留的粘液、积气和腐败物,排出粪便中的有毒物质和致癌物质,保持大便畅通,改善消化道环境,具有预防与治疗肠道、胆结石、糖尿病、减肥和心血管系统疾病等功效<sup>[7-8]</sup>。

$H_2O_2$ 能将有色物质氧化成无色物质,具有漂白功能。近年来, $H_2O_2$ 作为食品添加剂广泛应用于食品工业<sup>[9]</sup>。如韩军、张雪梅、李琳和李忠海等人分别就葛根膳食纤维、柠檬皮膳食纤维、豆渣膳食纤维

收稿日期:2010-11-02 修回日期:2010-12-17

基金项目:国家农业科技成果转化基金项目(2006GB2C500149)和江西省科技厅重点项目(赣科发计字2004211)

作者简介:吴少福(1969—),男,高级实验师,硕士,主要从事植物资源开发与利用研究, E-mail: wsf1969@163.com;

\* 通讯作者:上官新晨,教授,博士生导师, E-mail: shangguanxc\_818@sina.com。

和百合淀粉进行了漂白试验<sup>[10-13]</sup>,他们认为在碱性条件下  $H_2O_2$  具有良好的脱色效果,其白度完全可达工业要求。 $H_2O_2$  作为膳食纤维的漂白剂,与其它漂白剂(如亚硫酸钠、亚硫酸氢钠和次氯酸钠等)相比,具有一个重要特点就是不会引入其它离子。由于本试验的紫红薯膳食纤维具有较深的颜色,要求漂白剂具有强烈的漂白能力,才能将颜色尽可能地褪去。因此,本文选用  $H_2O_2$  对紫黑色的紫红薯膳食纤维进行漂白处理,制备的样品为淡黄色,为紫红薯膳食纤维漂白的工业化生产提供理论依据,同时也满足了人类对膳食纤维利用的颜色要求,利于紫红薯渣的综合开发与利用。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料与仪器设备

**紫红薯膳食纤维:** 将紫红薯(川山紫)渣按 1:10 用水调成浆,糊化后冷却至 75 °C,按原料 0.5% 加入混合酶(淀粉酶:糖化酶=7:3),保温处理 150 min;灭酶后降温至 60 °C,按原料 0.2% 加入木瓜蛋白酶处理 60 min;水洗干燥后过 60 目绢筛制得样品,样品酸性洗涤纤维含量为 75.46%。

**双氧水( $H_2O_2$ ):** 过氧化氢浓度为 500 g/L,食品级,郑州慧泽生化科技有限公司生产。

**主要仪器设备:** TDL-40B 型离心机(上海安亭科学仪器厂);FZ102 型植碎机(天津泰斯特仪器有限公司);PHB-5 型酸度计(上海伟业仪器厂);AR2140 型电子分析天平(奥豪斯(上海)公司);ADCI-60-W 型全自动白度计(北京辰泰克仪器技术有限公司)。

### 1.2 试验方法

**1.2.1 紫红薯膳食纤维色泽的测定** 双氧水漂白紫红薯膳食纤维的效果以样品 hunter 白度来表示,采用北京辰泰克仪器技术有限公司生产的 ADCI-60-W 型全自动白度计进行。

**1.2.2 紫红薯膳食纤维的漂白工艺** 以紫红薯膳食纤维白度值为指标,将样品按 1:15 用双氧水混合均匀,然后在适宜的条件下(pH 值、双氧水的用量、漂白时间和漂白温度)对紫红薯膳食纤维进行单因素和正交优化漂白试验,水洗、离心、烘干、粉碎过 60 目绢筛,制得漂白紫红薯膳食纤维样品。

### 1.3 试验设计与数据统计分析

所有试验数据均为 3 次重复测得的平均值。采用 Microsoft Excel 中有关函数和图表处理方法以及 DPS 统计软件进行相关性分析。

## 2 结果与讨论

### 2.1 pH 值对紫红薯膳食纤维白度的影响

以紫红薯膳食纤维白度值为指标,在过氧化氢浓度 30 g/L、漂白温度 50 °C 和漂白时间 180 min 的条件下,采用 6 个不同 pH 值对紫红薯膳食纤维进行漂白试验(图 1)。

由图 1 可知,紫红薯膳食纤维的白度值随 pH 升高而增大。酸性条件下  $H_2O_2$  的漂白效果较差,碱性条件下漂白效果良好,但当 pH 大于 10 时,紫红薯膳食纤维的白度值变化不明显,这与李琳等人的研究结论相一致<sup>[10-13]</sup>。这是由于酸性介质中的  $H^+$  抑制了  $H_2O_2$  的分解,碱性介质中  $OH^-$  促进了  $H_2O_2$  的分解,且  $H_2O_2$  漂白能力与介质的 pH 呈正相关,但 pH 值不宜过大,否则将由于  $H_2O_2$  分解过快而降低其漂白效率。因此,pH 8、pH 10 和 pH 12 作为正交试验 pH 因素的 3 个水平。

### 2.2 过氧化氢浓度对紫红薯膳食纤维白度的影响

以紫红薯膳食纤维白度值为指标,在 pH 10、漂白温度 50 °C 和漂白时间 180 min 的条件下,采用 7 个不同过氧化氢浓度对紫红薯膳食纤维进行漂白试验(图 2)。

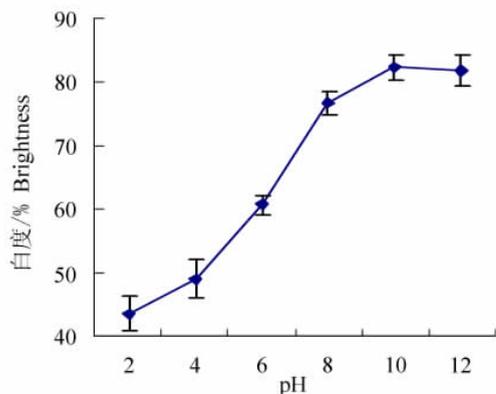


图 1 pH 值对紫红薯膳食纤维白度的影响

Fig. 1 The relation between the brightness of the purple *Ipomoea batatas* dietary fiber and the pH

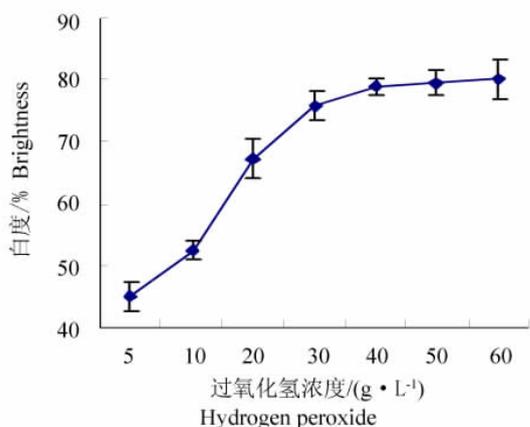
图2 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>浓度对紫红薯膳食纤维白度的影响

Fig. 2 The relation between the brightness of the purple *Ipomoea batatas* dietary fiber and the concentration of H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>

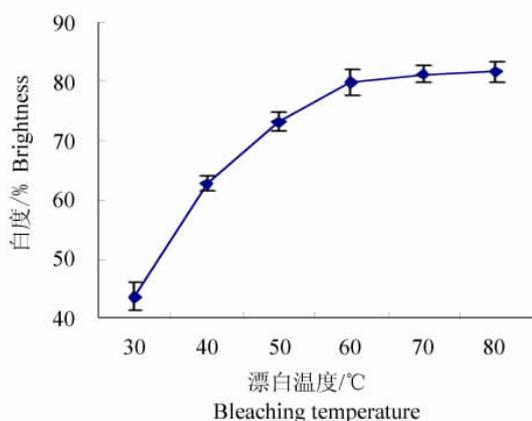


图3 漂白温度对紫红薯膳食纤维白度的影响

Fig. 3 The relation between the brightness of the purple *Ipomoea batatas* dietary fiber and the experimentation temperature

由图2可知,随着H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>浓度升高,紫红薯膳食纤维的白度值增大。H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>浓度在5~40 g/L时,紫红薯膳食纤维的白度值随着H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>浓度的增加而显著增大;H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>浓度大于40 g/L时,其白度值的变化趋于平缓。这是由于H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>浓度的增加,分解产生的OOH<sup>-</sup>也增多,有利于氧化去除紫红薯膳食纤维中的一些发色基团或物质。若浓度过分增加,相对于紫红薯膳食纤维的发色成分过量,这时即使白度值有所增大,但要消耗更多的H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>,同时由于高浓度的H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>可能会造成紫红薯膳食纤维中某些官能基团的破坏(如羟基、羧基或氨基等),从而影响膳食纤维的性能。因此20 g/L、30 g/L和40 g/L作为正交试验H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>浓度因素的3个水平。

### 2.3 漂白温度对紫红薯膳食纤维白度的影响

以紫红薯膳食纤维白度值为指标,在pH 10、H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>浓度30 g/L和漂白时间180 min的条件下,采用6个不同漂白温度对紫红薯膳食纤维进行漂白试验(图3)。

由图3可知,紫红薯膳食纤维的白度值随漂白温度的升高而增大,当温度高于70 °C时,膳食纤维白度值的增加不明显,达到80 °C时略有下降。这是由于温度升高加速了H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>的分解,促进了OOH<sup>-</sup>的产生,有利于去除紫红薯膳食纤维中的一些发色基团或成分;但温度不宜太高,否则由于H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>分解太快,产生的OOH<sup>-</sup>与发色基团作用不彻底而降低漂白效果。因此50 °C、60 °C和70 °C作为正交试验温度因素的3个水平。

### 2.4 漂白时间对紫红薯膳食纤维白度的影响

以紫红薯膳食纤维白度值为指标,在pH 10、60 °C和H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>浓度30 g/L的条件下,采用7个不同漂白时间对紫红薯膳食纤维进行漂白试验(图4)。

由图4可知,紫红薯膳食纤维的白度值随着漂白时间的延长而增大。漂白时间小于150 min时,紫红薯膳食纤维的白度值随漂白时间的延长而显著增加;超过150 min,紫红薯膳食纤维的白度值变化趋于平缓。H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>的漂白效果可能是由H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>分解产生OOH<sup>-</sup>速率与OOH<sup>-</sup>去除紫红薯膳食纤维中发色成分速率的相互关联所致。故将120 min、150 min和180 min作为正交试验时间因素的3个水平。

### 2.5 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>漂白紫红薯膳食纤维的正交优化

为了考察多因素相互作用对H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>漂白紫红薯膳食纤维效果的影响,在单因素试验的基础上,以紫

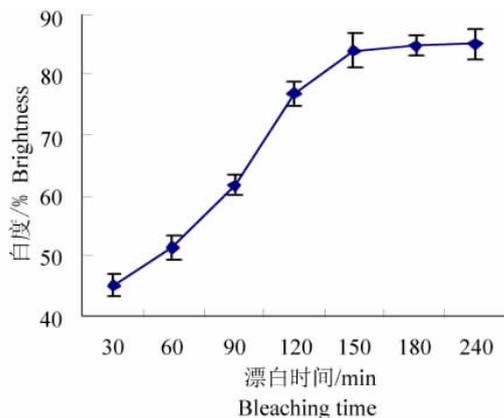


图4 漂白时间对紫红薯膳食纤维白度的影响

Fig. 4 The relation between the brightness of the purple *Ipomoea batatas* dietary fiber and the experimentation time

红薯膳食纤维的白度值为指标,针对  $H_2O_2$  浓度、漂白温度、漂白时间和 pH 值等四因素采用  $L_9(3^4)$  正交试验设计对  $H_2O_2$  漂白紫红薯膳食纤维的工艺进行优化<sup>[14]</sup>。正交试验结果及极差分析、方差分析和 Duncan 新复极差分析分别见表 1、表 2 和表 3。

由表 1 可知,影响  $H_2O_2$  漂白紫红薯膳食纤维效果各因素主次关系: B( pH 值) > A(  $H_2O_2$  浓度) > D( 漂白时间) > C( 漂白温度)。从各因素水平之间的极差分析可知,漂白温度以第二水平, pH 值、 $H_2O_2$  浓度和漂白时间以第三水平为最好,即  $H_2O_2$  漂白处理的工艺组合为:  $A_3B_3C_2D_3$ 。

表 1 正交试验结果及极差分析

Tab.1 The result of orthogonal experiment and the analysis of difference

处理号 Experimentation number	A $H_2O_2$ 浓度/( $g \cdot L^{-1}$ ) Hydrogen peroxide	B pH 值	C 漂白温度/ $^{\circ}C$ Bleaching temperature	D 漂白时间/min Bleaching time	白度/% Brightness	
					重复 1 Repeat 1	重复 2 Repeat 2
1	20	8	50	120	67.85	68.08
2	20	10	60	150	79.03	79.24
3	20	12	70	180	79.24	81.59
4	30	8	60	180	72.56	75.81
5	30	10	70	120	74.79	77.97
6	30	12	50	150	78.72	79.35
7	40	8	70	180	73.61	76.98
8	40	10	50	180	84.67	85.10
9	40	12	60	120	82.26	83.71
均值 Average	75.838 3	72.481 7	77.295 0	75.776 7		
	76.533 3	80.133 3	78.768 3	77.821 7		
	81.055 0	80.811 7	77.363 3	79.828 3		
极差 Range	5.216 7	8.330 0	1.473 3	4.0517		
主次关系 Primary and secondary order		B > A > D > C				
优水平 Optimal level	$A_3$	$B_3$	$C_2$	$D_3$		

表 2 正交设计方差分析(完全随机模型)

Tab.2 The variance analysis of orthogonal experiment

变异来源 Source of variance	平方和 Mean sum of variances	自由度 Degree of freedom	均方 Mean square	F 值 Fischer's test	显著水平 Significant
A	96.284 2	2	48.142 1	21.483 7	0.000 4
B	256.794 1	2	128.397 0	57.297 9	0.000 1
C	8.298 8	2	4.149 4	1.851 7	0.212 1
D	49.249 5	2	24.624 7	10.988 9	0.003 8
误差 Error	20.167 8	9	2.240 9		
总和 Sum	430.794 4				

由表 2 可知,在影响  $H_2O_2$  漂白紫红薯膳食纤维效果的 4 个因素中,漂白温度对紫红薯膳食纤维白度的影响差异不显著性( $P > 0.05$ ),而其它 3 个因素对紫红薯膳食纤维白度的影响则差异极显著( $P < 0.01$ )。

由表 3 可知,在  $H_2O_2$  浓度(A)中,水平  $A_3$  与  $A_1$ 、 $A_2$  比较存在着极显著性差异( $P < 0.01$ ),而  $A_1$ 、 $A_2$  水平之间差异不显著;在 pH 值(B)中,水平  $B_2$ 、 $B_3$  与  $B_1$  比较存在着极显著性差异( $P < 0.01$ ),而  $B_2$ 、 $B_3$  水平之间差异不显著;在漂白温度(C)中,水平  $C_2$  与  $C_1$ 、 $C_3$  比较存在着显著性差异( $P < 0.05$ ),

而  $C_1$ 、 $C_3$  水平之间差异不显著;在漂白时间(D)中,各水平之间存在着极显著性差异( $P < 0.01$ )。因此,  $H_2O_2$  漂白紫红薯膳食纤维的最佳工艺组合为:  $A_3B_2C_2D_3$ 。但由于表中没有  $A_3B_2C_2D_3$  组合,决定对其进行验证性试验。即将紫红薯膳食纤维用 40 g/L  $H_2O_2$  溶液按 1:15 调浆后,调整 pH 为 10.0,在 60 °C 的水浴中保温处理 180 min,样品的白度值为(85.39% ± 0.38%) ( $n = 4$ ),高于正交试验表中所有组合,表明此正交试验得到的最优组合是符合实际的。

表3 邓肯多新复极差分析

Tab.3 Multiple range test of Duncan

因素 Factor		A			B			C			D		
白度	水平 Level	3	2	1	3	2	1	2	3	1	3	2	1
Brightness	$\alpha = 0.05$	a	b	b	a	a	b	a	b	b	a	b	c
	$\alpha = 0.01$	A	B	B	A	A	B	A	A	A	A	B	C

凡有相同字母的,表示两者之间差异不显著;小写字母不同表示差异显著( $P < 0.05$ );大写字母不同表示差异极显著( $P < 0.01$ )。

The same letters mean no significant difference; Different small letters mean significant difference( $P < 0.05$ ); Different capital letters mean greatly significantly different( $P < 0.01$ ).

### 3 结论

(1) 在试验设计范围内,通过单因素和正交优化设计试验,确立了  $H_2O_2$  漂白紫红薯膳食纤维的合理工艺参数。即将紫红薯膳食纤维用 40g/L  $H_2O_2$  溶液按 1:15 调成浆, pH 值调整为 10.0,在 60 °C 水浴中保温处理 180 min,样品的白度值达到 85.39%,酸性洗涤纤维含量为 77.14%。

(2) 本试验工艺过程简单,所制备的样品为淡黄色,能满足食品工业要求,具有良好的漂白效果。由于无有机溶剂或无机离子的残留,为紫红薯膳食纤维提供了更为广泛的应用空间;关于漂白后紫红薯膳食纤维的物化性能和生理功能有待于进一步研究。

#### 参考文献:

- [1]王建玲,王常芸,姜淑庆,等.改进杂交制种方法加速甘薯新品种选育[J].杂粮作物,2005,25(6):359-360.
- [2]蒋平平,吕晓玲,姚秀玲,等.紫心甘薯花色苷抗氧化活性体外实验研究[J].中国食品添加剂,2002(6):8-11.
- [3]欧仕益,高孔荣,黄惠华.麦麸水不溶性膳食纤维对清除作用的研究[J].食品科学,1997,18(3):6-9.
- [4]Bosacus I, Carlsson N G, Sandberg A S, et al. Effect of wheat bran and pectin on bile acid and cholesterol excretion in ileostomy patients[J]. Hum Nutr Clin Nutr, 1986, 40(6):429-440.
- [5]Lee S, Park H, Cho S. The supplementary effects of high dietary fiber rice( suwon464) on blood pressure and lipid metabolism in spontaneously hypertensive rats[J]. Cardiovascular Pathology, 2004, 13(3):87.
- [6]周坚,肖安红.功能性膳食纤维食品[M].北京:化学工业出版社,2005:3-7.
- [7]刘志皋.食品营养学[M].北京:中国轻工业出版社,1991:120-123.
- [8]Truswell A A. Dietary fiber and health[J]. World Review of Nutrition and Dietetics, 1993, 72:148.
- [9]刘钟栋.食品添加剂[M].南京:东南大学出版社,2006:251-257.
- [10]韩军,李忠海,孙昌波,等.葛根膳食纤维漂白工艺的研究[J].食品与机械,2005,21(1):20-22.
- [11]张雪梅,蒲彪,欧阳玲花,等.发酵制备柠檬皮膳食纤维及其脱色工艺研究[J].中国酿造,2006,154(1):26-29.
- [12]李琳,战宇,许克勇,等.豆渣膳食纤维脱色工艺研究[J].食品研究与开发,2007,28(1):113-116.
- [13]李忠海,徐廷丽,曹清明,等.百合淀粉漂白工艺的研究[J].食品工业科技,2004,25(8):89-91.
- [14]唐启义,冯明光.实用统计分析及其DPS数据处理系统[M].北京:科学出版社,2002:94-99.