



## 混合酶法制备高含量可溶性糖南瓜粉

翟金霞, 赵瑞娟, 刘洋, 陈野  
(天津科技大学食品工程与生物技术学院, 天津 300457)

**摘要:** 采用混合酶水解南瓜中的淀粉, 利用  $L_9(3^4)$  正交实验优化了酶解工艺, 确定的最佳工艺条件为: 添加 0.04% 果胶酶、0.5%  $\alpha$ -淀粉酶和 1.0% 的糖化酶; 混合酶作用温度 50  $^{\circ}\text{C}$ , 酶处理时间 2 h, 摇床摇速 120 r/min, 酶解后南瓜浆中的可溶性糖为 9.37%。

**关键词:** 南瓜; 酶解; 可溶性糖

中图分类号: TS218

文献标志码: A

文章编号: 1672-6510(2009)04-0029-03

## Preparation of Pumpkin Powder with High Content Soluble Sugar by Composite Enzyme

ZHAI Jin-xia, ZHAO Rui-juan, LIU Yang, CHEN Ye

(College of Food Engineering and Biotechnology, Tianjin University of Science & Technology, Tianjin 300457, China)

**Abstract:** The pumpkin starch was hydrolyzed by the composite enzyme. The preparation processing was studied by orthogonal experiment, and the results showed that the optimum processing parameters were: to add 0.04% pectinase, 0.5%  $\alpha$ -amylase and 1.0% glucoamylase, 50  $^{\circ}\text{C}$  of temperature, processing times for 2 h, 120 r/min of the shaking speed. Based on the results from  $L_9(3^4)$  orthogonal experiment, the soluble sugar in the hydrolyzed pumpkin slurry accounted for 9.37%.

**Keywords:** pumpkin; enzymatic hydrolysis; soluble sugar

南瓜作为药食两用的食品, 以其独特的营养保健价值, 越来越受到消费者的重视<sup>[1-2]</sup>. 南瓜含有较为丰富的营养成分, 如含有多种维生素(特别是胡萝卜素)、常量元素(钙和磷)和微量元素(铁和锌等), 由此构成南瓜对人体的营养保健特性<sup>[3]</sup>. 南瓜属于淀粉含量较多的蔬菜, 淀粉含量的多少决定着南瓜的风味<sup>[1]</sup>, 淀粉含量高的南瓜为优良品种. 但是从南瓜作为具有保健功能的食品角度来讲, 淀粉的过多摄入对于糖尿病患者来说是不希望的. 南瓜含有一些可溶性多糖, 其有效成分可以增加胰脏细胞中 GIUT-Z 的蛋白质含量, 促进胰岛素的分泌, 有效控制和辅助治疗糖尿病引起的肾病、心脏病、肝病、高血压和高血脂、视力等疾病, 使血糖不至于在餐后急剧上升, 减轻胰岛素的负担, 对糖尿病的控制和治疗有良好效果<sup>[4]</sup>. 此外, 南瓜中还含有丰富的膳食纤维, 但是可溶性膳食纤维的含量较少, 可溶性膳食纤维的作用是延缓食

物中葡萄糖的吸收, 消除餐后高血糖, 对糖尿病患者具有平稳血糖和减轻症状的作用, 对正常人也起到预防作用<sup>[5]</sup>. 因此, 提高南瓜中可溶性糖和可溶性膳食纤维的含量具有一定的实用价值.

本文利用混合酶解法, 通过控制酶反应过程水解南瓜中的淀粉成为低聚糖, 增加可溶性糖含量, 同时提高可溶性膳食纤维的含量. 用正交法对制备高含量可溶性糖南瓜粉的工艺进行了优化, 以期能为工业生产提供理论依据.

### 1 材料与方法

#### 1.1 材料

南瓜, 市售的日本南瓜; 果胶酶、 $\alpha$ -淀粉酶、糖化酶均购于北京奥博星生物技术有限责任公司.

T-1000 型电子天平, 常熟双杰测试仪器厂; 打浆

收稿日期: 2008-10-22; 修回日期: 2009-04-13

作者简介: 翟金霞(1954—), 男, 天津人, 实验师, zjxx619@sohu.com.

机,天津市达康电器公司;高压均质机,上海申鹿均质机有限公司;JMS 胶体磨,廊坊通用机械有限公司;HWY-2102C 震荡培养箱,上海智成分析仪器制造有限公司;722E 型可见光分光光度计,上海光谱仪器有限公司。

### 1.2 主要成分检测方法

#### 1.2.1 水分含量测定

水分含量的测定采用直接干燥法<sup>[6]</sup>。

#### 1.2.2 可溶性糖含量的测定

可溶性糖含量的测定采用 3,5-二硝基水杨酸法测定<sup>[7]</sup>。将酶解后的南瓜浆过滤,用移液管吸取滤液 0.5 mL,用容量瓶定容至 50 mL,备用。从容量瓶中吸取 1 mL 溶液到试管中,加入 DNS 试剂 1 mL,在沸水浴中加热 5 min,取出冷却后再加入蒸馏水 8 mL,摇匀。在 540 nm 处测定吸光度,计算可溶性糖的含量。

#### 1.2.3 可溶性糖种类判定

采用薄层层析法选取制备好的薄板 1 块,在距底物 1.5 cm 的直线上选 4 个点,各点间距 2 cm。用毛细管分别点上不同的糖样品于 4 个点,样品量控制在 5~10 μg,斑点直径不超过 2 mm。待薄层上样品自然干燥后,将薄板置于盛有层析溶液的层析缸中,自下向上展层,当展层溶剂到达离薄层顶端约 1 cm 处时取出薄板,前沿作记号,于 60 °C 烘干 2~3 h,除尽溶剂后均匀地喷上 1 层苯胺-二苯胺-磷酸显色剂,于 85 °C 烘干 10 min,则各种糖分别显出不同的颜色。结果分析应用以下公式:

$$R_f = \frac{\text{原点中心至色谱点中心的距离}}{\text{原点中心至流动点中心的距离}}$$

#### 1.2.4 膳食纤维含量的测定

总膳食纤维含量分析按照 AACC32-07 方法;可溶性膳食纤维含量按照 AACC32-06 方法测定<sup>[8]</sup>。

### 1.3 高含量可溶性糖南瓜粉制备工艺

#### 1.3.1 工艺流程

南瓜→清洗→去皮→整修、切分→打浆→均质→第 1 次酶解→第 2 次酶解→第 3 次酶解→灭酶→浓缩→杀菌→冷冻干燥→成品

#### 1.3.2 酶解工艺参数的确定<sup>[9]</sup>

研究果胶酶、α-淀粉酶和糖化酶作用对可溶性糖含量的影响,采用正交实验确定浆料加工的最佳酶解工艺。

##### (1) 各种酶的配比设计

以 3 种酶的不同添加量为因素进行 L<sub>9</sub>(3<sup>4</sup>) 正交实验,在 60 °C、120 r/min 的摇床中分别振荡 2 h,测

定滤液的可溶性糖含量,确定混合酶的最佳配比。正交实验因素水平设计见表 1。

表 1 酶配比的正交实验因素水平设计

Tab.1 Orthogonal experiment design for the ratio of the adding enzymes %

水平	(A) 果胶酶	(B) α-淀粉酶	(C) 糖化酶
1	0.03	0.6	1.2
2	0.04	0.5	1.0
3	0.05	0.7	0.8

##### (2) 酶解工艺参数设计

在混合酶最佳配比实验的基础上,选取酶作用温度、作用时间和摇床摇速为因素进行 L<sub>9</sub>(3<sup>4</sup>) 正交实验,测定滤液的可溶性糖含量,确定混合酶酶解的最佳工艺参数。正交实验的因素水平设计见表 2。

表 2 酶解工艺的正交实验因素水平设计

Tab.2 Level for the orthogonal experiment of the enzymatic hydrolysis processing

水平	(D) 温度/°C	(E) 时间/h	(F) 摇速/(r·min <sup>-1</sup> )
1	40	2.5	130
2	50	2	120
3	60	3	110

## 2 结果与分析

### 2.1 南瓜成分分析

表 3 为南瓜的成分。从表中可以看出南瓜的含水量为 88.70%,多糖含量为 8.10%,其中可溶性多糖含量为 4.40%,不可溶多糖为南瓜中的淀粉和膳食纤维。南瓜中的可溶性糖包括:果糖、戊聚糖、甘露醇等小分子的碳水化合物<sup>[10]</sup>,为具有功能性的寡糖。本文以可溶性糖的含量为标准,作为检验酶解效果的指标。

表 3 南瓜的成分分析(以质量分数计)

Tab.3 Analytical table of pumpkin's component

成分	含量/%
水分	88.70
多糖*	8.10
可溶性多糖	4.40
膳食纤维	3.13
蛋白质	1.08
其他	2.12

注: \*包括膳食纤维。

### 2.2 混合酶配比的确定

在果胶酶、α-淀粉酶和糖化酶的单因素实验基础上,采用 L<sub>9</sub>(3<sup>4</sup>) 正交实验优化 3 种酶的配比,其中选择反应条件为 60 °C、120 r/min 的摇床中分别振荡 2 h。实验结果及分析见表 4。

表4 混合酶正交实验极差分析

Tab.4 Orthogonal tests result and the range analysis for the composite enzymes

实验号	A	B	C	可溶性糖/%
1	1	1	1	8.19
2	1	2	2	8.50
3	1	3	3	8.22
4	2	1	2	8.39
5	2	2	3	8.41
6	2	3	1	8.20
7	3	1	3	7.87
8	3	2	1	7.95
9	3	3	2	8.12
$k_1$	8.303	8.150	8.113	
$k_2$	8.333	8.287	8.337	
$k_3$	7.980	8.180	8.167	
极差 R	0.353	0.137	0.224	

根据表4中各指标的 $k_1$ 、 $k_2$ 、 $k_3$ 确定各因素最优水平组合为 $A_2B_2C_2$ 。按极差大小确定各因素主次顺序为 $A>C>B$ 。根据方差分析,果胶酶量对可溶性糖含量有显著影响( $P=0.05$ ),而其他因素影响均不显著。因此,选定果胶酶用量0.04%、 $\alpha$ -淀粉酶用量0.5%、糖化酶用量1.0%。

2.3 混合酶酶解工艺参数的确定

在混合酶最佳配比实验基础上,为了得到混合酶酶解的最佳工艺,利用正交实验优化了各种因素对酶解效果的影响。工艺条件的实验结果及分析见表5。

表5 酶解工艺正交实验极差分析

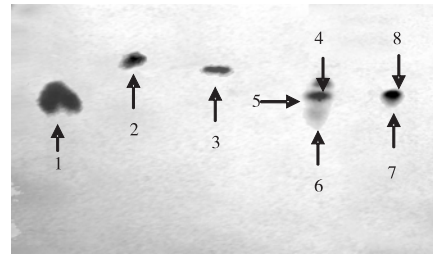
Tab.5 Result of the orthogonal test and its range analyzes extremely for enzymatic hydrolysis processing

实验号	D	E	F	可溶性糖/%
1	1	1	1	8.48
2	1	2	2	8.76
3	1	3	3	8.56
4	2	1	2	8.93
5	2	2	3	9.03
6	2	3	1	9.00
7	3	1	3	8.86
8	3	2	1	8.91
9	3	3	2	8.97
$k_1$	8.600	8.757	8.797	
$k_2$	8.987	8.900	8.887	
$k_3$	8.913	8.843	8.817	
极差 R	0.387	0.143	0.090	

根据表5确定各因素最优水平组合为 $D_2E_2F_2$ 。按极差大小确定各因素主次顺序为 $D>E>F$ 。根据方差分析,温度对南瓜可溶性糖含量有显著影响( $P=0.05$ ),而其他因素影响均不显著。因此,选定温度 $50\text{ }^\circ\text{C}$ 、时间2h、摇速120 r/min为酶解工艺参数。

2.4 可溶性糖种类

以葡萄糖、鼠李糖、木糖为标准品,对实验的样品做薄层色谱,其结果见图1、表6和表7。



1, 2, 3.分别是葡萄糖、鼠李糖、木糖标准品; 4, 5, 6.酶解处理后样品的三个点; 7, 8.未经酶解的样品的两个点

图1 薄层层析图

Fig.1 TLC picture

表6 标准品的薄层色谱

Tab.6 TLC of standard product

糖种类	分子式	颜色	$R_f$
葡萄糖	$C_6H_{12}O_6$	蓝紫色	0.556 7
鼠李糖	$C_6H_{12}O_5$	澄黄色	0.734 2
木糖	$C_5H_{10}O_5$	绿紫色	0.701 9

表7 样品的薄层色谱

Tab.7 TLC of samples

样品点	颜色	$R_f$
4	绿紫色	0.679 5
5	蓝紫色	0.582 9
6	紫色	0.486 1
7	紫色	0.538 8
8	蓝紫色	0.591 2

由图1可知,样品点4呈绿紫色,且 $R_f$ 值与木糖的相近,故可认为酶解处理后样品含有木糖。5、8两点均呈蓝紫色,且 $R_f$ 值与葡萄糖的相近,故可认为样品中均含有葡萄糖。这是由于未经酶解的样品中已含有葡萄糖。而6、7两点,由于标准品的种类较少,不能判断糖的种类,但可以判定是淀粉酶解产物寡糖。因此可以得出:没有经过酶解处理的样品中含小分子碳水化合物的种类和含量都比较少,而经过酶解处理过的样品小分子糖的种类和含量明显比原始样品的多,增加了寡糖的含量。

2.5 可溶性膳食纤维含量

表8是样品经酶解处理前后的膳食纤维分析。

由表8可以看出,原始样品中的总膳食纤维含量和不可溶性膳食纤维含量都比酶解后的样品要多。这就说明酶解过程降解了膳食纤维,将人体不易消化吸收的大分子碳水化合物降解成人体易吸收的小分子

(下转第44页)