

新鲜马铃薯渣同时制备膳食纤维和蛋白的研究

吴海燕, 盖春慧, 钟振声

(华南理工大学化学与化工学院, 广东广州 510640)

摘要: 马铃薯渣是马铃薯淀粉生产过程中产生的一种主要成分是水、细胞碎片和残余淀粉颗粒的副产物, 含有大量的淀粉和膳食纤维以及少量蛋白质, 实际上是一种宝贵的资源。本文采用 α -淀粉酶和糖化酶处理马铃薯渣, 分离出的液态部分再经发酵培养出可供食用的蛋白质, 固体部分经漂白、改性后成为膳食纤维, 薯渣得到全利用。设计了工艺流程, 对酶的选择和工艺条件作了优化。测定了产物蛋白质和膳食纤维的理化指标。

关键词: 马铃薯渣; 膳食纤维; 蛋白质; 酶

文章编号: 1673-9078(2012)2-160-163

Attempt of Prepare Dietary Protein and Fiber from Fresh Potato Residue

WU Hai-yan, GAI Chun-hui, ZHONG Zhen-sheng

(College of Chemistry and Chemical Engineering, South China University of Technology, Guangzhou 510640, China)

Abstract: Potato residue was the residue generated in the potato starch production process. The major ingredient is water, cell debris and residual starch granules. It contains a lot of starch and dietary fiber and small amounts of protein. It is a valuable resource. In this paper α -amylase and glucoamylase were used to deal with potato residue. And then separate the liquid portion and ferment it to edible protein, the solid part was bleached, modified to dietary fiber, and the potato residue was got full use. This study designed the process, selected the enzymes and optimized the process conditions. And the protein and dietary fiber's physical and chemical properties were determined.

Key words: potato residue; dietary fiber; protein; enzyme

中国是世界上最大的马铃薯生产国, 种植面积占世界的 1/4, 总产量约占世界的 1/5^[1]。随着产业结构的变化, 马铃薯深加工产业也在迅速发展。在我国大部分地区马铃薯加工主要是提取淀粉。但是随着马铃薯淀粉产业的发展, 淀粉生产过程中产生的薯渣污染问题也越来越严重。有文献指出, 目前我国大中型淀粉厂 700 多个, 年产马铃薯淀粉 130 万 t, 共排放马铃薯废渣约 400 万 t^[2]。

马铃薯渣是马铃薯淀粉生产过程中产生的一种主要成分是水、细胞碎片和残余淀粉颗粒的副产物。鲜薯渣含水量高达 90%, 不宜储存、运输。因其蛋白含量低, 粗纤维含量高, 适口性差, 作为饲料使用营养价值低, 牲畜也不爱吃。由于生产季节集中在夏秋季节, 气温高, 大量的薯渣堆积, 若不及时处理几天之内即腐败产生恶臭, 造成环境污染^[3]。若烘干处理, 能耗非常高。因此, 如何采用最经济的方法处理薯渣, 消除环境污染, 同时使之产生一定的经济效益, 对于

收稿日期: 2011-09-15

基金项目: 广东省科技计划国际合作项目 (B15B2071080)

作者简介: 吴海燕 (1987-), 女, 硕士研究生, 研究方向为精细化学品化学与技术

通讯作者: 钟振声 (1955-), 男, 教授, 主要研究方向为精细化工

马铃薯淀粉厂来说是亟待解决的重要课题。

对于薯渣的利用, 国内外学者做了多方面的尝试, 其中包括用薯渣来生产酶、酒精、饲料、可降解塑料, 制作柠檬酸钙, 提取低酯果胶, 制作醋、酱油、白酒, 制备膳食纤维等等。在上述利用途径中, 要么是只利用了马铃薯渣中一部分生物质, 产生二次废物, 例如制备酶、酒精、酱醋、白酒等, 都有残渣产生; 要么把目标产物与残渣混合在一起, 降低了有效物的含量, 限制了产物的应用领域与效果, 例如生产蛋白饲料。只利用薯渣的一部分生物质不但是对资源的浪费, 降低经济效益, 而且仍然不能消除污染。

本文尝试寻找马铃薯渣经济合理的全利用解决方案, 目标是把其中的生物质尽可能完全利用, 转化为价值比较高、杂质比较少、安全有效的食品配料, 同时彻底解决环境污染问题。具体的途径是将马铃薯渣进行双酶解法液化降解和糖化处理, 使分子量相对比较低的碳水化合物进入溶液状态, 分子量相对比较高的碳水化合物保留固体状态, 通过简单的过滤操作把两者分离。液态物质再经过发酵转化为含量较高的膳食蛋白, 固态物质通过分离和改性成为具有营养价值的膳食纤维。经过上述处理, 可以将马铃薯渣中的生物质基本利用完毕, 增加马铃薯加工产业的经济效

益, 减除薯渣对环境造成污染的压力。

1 材料和方法

1.1 材料

新鲜马铃薯渣来自吉林现代天丰公司马铃薯淀粉厂, 在线取样, 固体质量分数 7%~11%; 耐高温 α -淀粉酶和糖化酶, 诺维信公司工业品; 无水乙醇、乙腈、3,5-二硝基水杨酸、无水亚硫酸钠等均为分析纯试剂; 热带假丝酵母、异常汉逊酵母、黄曲霉、绿色木霉, 冻干种, 广东省微生物研究所提供。

1.2 主要设备及仪器

TGL-16gR 冷冻离心机, 上海安亭科学仪器厂; SW-CJ-1D 型单人净化工作台, 苏州净化设备有限公司; Rapid N cube 杜玛斯定氮仪, 德国 elementar 公司; SPX-1505-II 生化培养箱, 上海新苗医疗器械制造有限公司; Scient2-10N 冷冻干燥机, 宁波新芝生物科技股份有限公司; U3010 紫外-可见分光光度计, 日本 HITACHI 公司; 高效液相色谱, 美国 Waters。

1.3 测定方法

水分、灰分、还原糖、淀粉、蛋白质、膳食纤维、脂肪的测定参照相关的国标规定方法进行测定^[4-10]。

1.3.1 膳食纤维持水力测定

称取 0.1000 g 纤维样品加入适量蒸馏水, 在 25 °C 下搅拌 24 h, 悬浮液在 4000 r/min 条件下离心 20 min, 将上清液倒出, 甩干。吸水率按下式计算^[11]:

$$\text{持水率}(\text{g/g}) = (\text{样品湿重} - \text{样品干重}) / \text{样品干重}$$

1.3.2 膳食纤维持油力测定

称取 0.1000 g 纤维样品加入适量花生油, 在 25 °C 下搅拌 24 h, 转移至离心管, 在 4000 r/min 条件下离心 20 min, 取出, 将上清液倒出, 甩干, 称重。吸油率计算^[11]:

$$\text{吸油率}(\text{g/g}) = (\text{样品式中} - \text{样品干重}) / \text{样品干重}$$

1.3.3 单细胞蛋白氨基酸检测分析

美国 Waters 高效液相色谱, PICO.TAG 氨基酸分析柱, 38 °C, 紫外检测器, 波长 254 nm, 流速 1 mL/min。

1.4 试验方法

1.4.1 工艺流程

薯渣 → 液化物 → 糖化物 → 分离 → 固体 → 脱色 → 膳食纤维
↓
液体 → 培养 → 蛋白

1.4.2 双酶法制备发酵基础培养基和膳食纤维

取新鲜马铃薯渣, 加水调整到固含量 6~7%。调整 pH=5~6, 按 0.1% (m/m) 比例加入 α -淀粉酶, 在 105 °C 喷射液化。降温到 56 °C, 按照 0.5% (m/m) 的

比例加入糖化酶, 反应到 DE 值不再升高为终点。抽滤, 分别收集液体和固体做下一步处理。

1.4.3 蛋白发酵试验

用 1.4.2 制备的溶液做培养液, 调 pH=4, 28~30 °C, 接菌种, 摇床转速 250 r/min 下培养若干时间。通过改变底物浓度、培养时间、接种量等单因素实验, 确定适宜的发酵工艺参数。

1.4.4 纤维后处理

取 1.4.2 步骤处理后得到的固体样品 20 g (干基计), 加水 200 mL, 调 pH=10, 加 5% H₂O₂ 溶液 9 mL, 在 70 °C 漂白 3 h, 干燥, 粉碎得产品。

2 结果和讨论

2.1 新鲜马铃薯渣主要成分测定值

经本课题研究实验测定, 新鲜马铃薯渣的平均组分比例见表 1。

表 1 新鲜马铃薯渣的主要组成成分平均值

Table 1 Ingredient of the fresh potato residue

成分	湿基/(%, m/m)	干基/(%, m/m)
水份	90.11±0.29	-
干基质量分数	9.89±0.29	100.00
淀粉	5.50±0.23	55.62±1.05
蛋白质	0.82±0.052	8.32±0.41
可溶性纤维	0.89±0.060	8.97±0.52
不可溶纤维	2.27±0.086	22.96±0.97
脂肪	0.04±0.01	0.42±0.05
灰分	0.31±0.0047	3.10±0.02
其他成分	0.46±0.022	3.40±0.02

测定结果表明, 在鲜马铃薯渣中可利用的碳水化合物占干基总量的 95.87%, 生物质类型高度集中, 方便作为碳源循环利用。脂肪只有 0.42%, 即使全部进入产物中对产物的营养用途基本上不产生影响, 无需特别处理。灰分以可溶性无机盐的形式存在, 可以用离子交换等工艺予以去除。

2.2 发酵基础培养液和膳食纤维的试验结果

作为马铃薯渣制备膳食纤维的基础, 本试验先采用双酶水解法将马铃薯渣中部分碳水化合物水解。不溶性的膳食纤维与水解产物分别处于固态和液态, 使用过滤工艺便可实现两者分离。试验结果见表 2。

马铃薯渣干物质的 75.3% 转化为发酵基础培养液, 其中主要是多糖类物质, 其他的包括可溶性膳食纤维、果胶、半纤维素、无机盐等。一部分蛋白和细微的纤维以悬浮液或乳液的形态有可能进入培养液内。薯渣中 19.8% 的干物资以膳食纤维的形式得到回收。以上两项加起来达到 95.1%, 马铃薯渣里面的固

型物基本都得到回收利用。

表 2 双酶水解法处理鲜马铃薯渣的结果

Table 2 Results of fresh potato processed by double-enzyme hydrolysis

项目	马铃薯渣		得膳食纤维		得基础培养液	
	湿渣/g	干物质/g	干物质/g	收率%	干物质/g	收率%
1	1372.10	86.68	17.17	19.81	64.91	74.88
2	1284.00	85.32	16.11	18.88	65.30	76.53
3	985.20	82.31	17.06	20.73	61.38	74.57
平均值	1213.80	84.77	16.78	19.81	63.86	75.33
标准偏差	202.80	2.24	0.58	0.93	2.16	1.05

2.3 蛋白发酵菌种的筛选

用 1.4.2 制备的溶液做培养液, 分别接入热带假丝酵母、异常汉逊酵母、绿色木霉, 在初始 pH 值为 4、温度 28 °C、摇床转速 250 r/min、时间为 72 h 的条件下, 通过摇瓶培养产生单细胞蛋白, 分别测定菌种的蛋白产率。结果见表 3。

表 3 不同菌种的蛋白产率

Table 3 The yield of protein produced by different strains

菌种	蛋白产率/%
热带假丝酵母	43.12±2.81
异常汉逊酵母	29.77±1.50
绿色木霉	40.07±1.43

实验结果表明, 热带假丝酵母产率最高, 故以下试验中均采用该酵母。

2.4 蛋白培育的条件优化

用 1.4.2 制备的溶液做培养液, 调初始 pH=4, 28~30 °C, 接热带假丝酵母菌种, 摇床转速 250 r/min 下培养。通过改变底物浓度、培养时间、接种量等单因素实验, 确定适宜的发酵工艺参数。结果分别见图 1、图 2 和表 4。

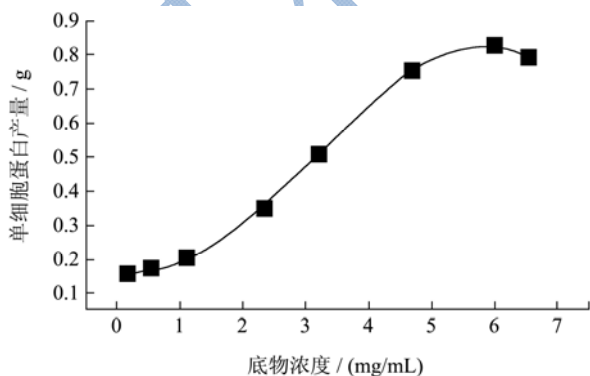


图 1 培养液浓度与蛋白产量的关系

Fig.1 The relationship between the concentration of sugar and the protein production

从图 1 可见, 蛋白产量与培养液浓度成正比, 差异非常大。而且起始浓度过低时培养一次 SCP 后的培

养液不可再被利用。为使所制培养液被充分利用, 应使用高浓度培养液来培养, 以达到循环利用的目的。在本试验条件下, 采取 OD 值为 6 mg/mL 的培养液作为起始浓度是合适的。

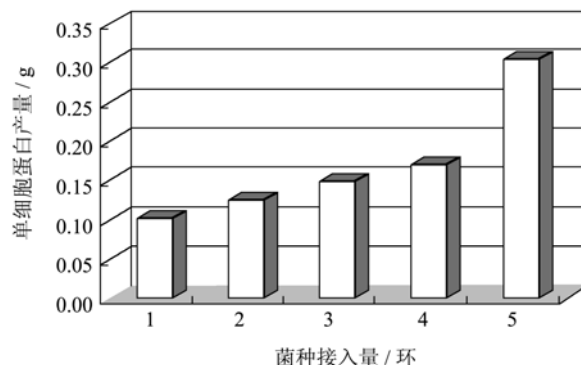


图 2 菌种接入量对蛋白产量的影响

Fig.2 Effect of the amount of bacteria on the protein yield

由图 2 可见, 蛋白产量基本与接入酵母的量成正比。在实际工作中考虑到工作量和成本的问题, 采取接入 5 环是适合的, 由此得到的蛋白产量 0.3050 SCP/g 也较高。

表 4 培养时间对酵母产量的影响

Table 4 Effect of the incubation time on the protein yield

培养时间/h	培养的 SCP/g
24	0.10±0.0033
48	0.12±0.0045
72	0.20±0.0076
96	0.12±0.0055

表 4 实验结果表明, 时间延长则蛋白产量升高, 但超过 72 h 酵母产量反而降低。有可能是酵母发酵时间过长时会生成酒精等副产物, 降低蛋白的产量。故采用发酵时间 72 h 为佳。

2.5 蛋白质氨基酸检测分析结果

表 5 产品蛋白的氨基酸组分分析结果

Table 5 Analysis of the amino acid of Protein

氨基酸	含量/(10 ⁻² mg/g)	氨基酸	含量/(10 ⁻² mg/g)
天冬氨酸	3291.78	酪氨酸	2004.90
谷氨酸	5065.64	缬氨酸	2450.57
丝氨酸	2151.93	蛋氨酸	725.58
甘氨酸	1887.14	半胱氨酸	19.30
组氨酸	1081.50	异亮氨酸	2309.48
精氨酸	2262.86	亮氨酸	3262.86
苏氨酸	2145.04	苯丙氨酸	1872.33
丙氨酸	2162.05	赖氨酸	2746.09
脯氨酸	1872.87	总量	37311.91

得到的蛋白样品经 6 mol/L HCl 在 110 °C 下水解 24 h 后用 HPLC 进行氨基酸成分分析, 结果见表 5。

表 5 结果由 HPLC 的数据处理系统自动给出。结果表明,本试验制备的蛋白主要是由 17 种氨基酸组成,含量最高的是谷氨酸、天冬氨酸、亮氨酸。其中极性氨基酸有天冬氨酸、苏氨酸、丝氨酸、谷氨酸、赖氨酸、组氨酸、半胱氨酸和精氨酸,总含量为 187.4 mg/g; 非极性氨基酸有异亮氨酸、甘氨酸、丙氨酸、

缬氨酸、蛋氨酸、亮氨酸、酪氨酸、苯丙氨酸、脯氨酸,总含量为 185.7 mg/g。氨基酸总含量为 37.31%。可见经本实验从马铃薯渣中产生的蛋白质营养价值比较高。

2.6 膳食纤维的后处理及性能

表 6 膳食纤维产物主要组分 %

Table 6 The main ingredient of dietary fiber

项目	水分	油脂	淀粉	蛋白质	纤维	灰分
数值	13.89±0.02	2.01±0.01	2.03±0.05	5.23±0.02	75.58±0.13	1.59±0.03

表 7 膳食纤维产物的部分理化性能

Table 7 The Properties of Dietary Fiber

项目	持水力/(g/g)	持油力/(g/g)	膨胀力/(mL/g)	白度	粒度(目)
数值	9.06±0.05	2.67±0.02	0.50±0.01	23.50±0.40	100~150

1.4.2 中抽滤后收集的固体主要是脱除淀粉、蛋白、水溶多糖的膳食纤维。经过双氧水漂白、干燥和粉碎后得到产品,提取率为 26.6%。分别测定其主要成分、白度、持水性、膨胀力和持油力,所得数据见表 6 和表 7。

经过 1.4.2 处理步骤之后,马铃薯渣中的多糖,半纤维素、蛋白质、淀粉、果胶等物质已经被淀粉酶和糖化酶有效降解进入培养液中,过滤后分离得到的非水溶性纤维达到比较高的纯度。膳食纤维的含量超过 86% (干基计算),白度达到 23.5。

持水性、膨胀力和持油力是评价不溶性膳食纤维理化性能的重要指标。从表 7 数据可以看出,经过本实验工艺流程得到的膳食纤维的显著特点是持水力特别强,达到 9.06 g/g。其吸水性远远超过谷类、豆类加工的副产品(小麦皮 6.4~6.6 g/g; 燕麦麸 5.5 g/g; 大豆粕 4.1 g/g),持水性完全能满足食品制造商的基本要求(2.0 g/g)^[12,13]。植物细胞壁的主要成分是纤维素、半纤维素和果胶等,在本工艺流程中经过两种酶的处理,使细胞壁发生不同程度的改变,如软化、膨胀和崩溃等,从而可改变细胞壁的通透性,有利于提高其持水性。

3 结论

3.1 经检测,马铃薯渣的主要成分为碳水化合物,占干基总量的 95.87%,生物类型高度集中,方便作为碳源循环利用。

3.2 用双酶法可以将薯渣可利用物质处理成不可溶的膳食纤维和可溶的多糖类化合物,通过过滤可将两者分离,分别加以利用。两者利用率加起来达 95.1%,马铃薯渣里面的固型物基本都得到回收利用。

3.3 用薯渣处理后得到的培养液培养单细胞蛋白的

优化条件为:采取 OD 值为 6 mg/mL 的培养液作为起始浓度,选用热带假丝酵母,接种 5 环, pH=4, 28 °C, 培养 72 h。蛋白的平均得率为 43.12%。

3.4 本实验制备的蛋白质营养价值比较高,含有 17 种氨基酸,含量最高的是谷氨酸、天冬氨酸、亮氨酸。经过后处理的膳食纤维性能都有所改变,最为显著的是其持水力强,达到 9.06 g/g。

参考文献:

- [1] 马莹.马铃薯加工业的现状与发展前景[J].中国马铃薯, 2001,15(2):123-125
- [2] 张威,白艳菊,李学湛等.马铃薯种薯质量控制现状与发展趋势[J].中国马铃薯,2010,24(3):186-189
- [3] 赵萍,张珍.马铃薯渣生料发酵饲料生产[J].食品与发酵工程,2001,27(3):82-84
- [4] 食品中水分的测定,GB/T5009.3-2003
- [5] 食品中灰分的测定,GB/T5009.4-2003
- [6] 食品中还原糖的测定,GB/T5009.7-2003
- [7] 食品中淀粉的测定,GB/T5009.9-2003
- [8] 食品中蛋白质的测定,GB/T5009.5-2003
- [9] 潘英明,林宁等.膳食纤维测定方法的改进[J].食品科学, 2002,23(11):106-108
- [10] 食品中脂肪的测定,GB/T 5009.6-2003
- [11] 盖春慧,林炜创,钟振声.粒度对马铃薯渣膳食纤维功能特性的影响[J].现代食品科技,2009,25(8):896-899
- [12] 张雷雷,张玲.膳食纤维及制品质量标准的介绍[J].粮谷与食品工业,2009(2):43-47
- [13] KA-HING WONG AND PETER C. K. CHEUNG Dietary Fibers from Mushroom Sclerotia:1. Preparation and Physicochemical and Functional Properties [J]. Agric. Food Chem., 2005, 53: 9395-9400