

DOI: 10.3969/j.issn.1000-3142.2014.06.021

彭辉,吕慧丽. 酶解法提取甘薯茎叶中可溶性膳食纤维的研究[J]. 广西植物, 2014, 34(6):854—858

Peng H, Lü HL. Extraction of soluble dietary fiber from sweet potato leaves and stems in the enzyme solution[J]. Guihaia, 2014, 34(6):854—858

酶解法提取甘薯茎叶中可溶性膳食纤维的研究

彭 辉, 吕慧丽

(河北经贸大学 生物科学与工程学院, 石家庄 050061)

摘 要: 通过单因素以及正交实验来探讨脂肪酶、淀粉酶和木瓜蛋白酶的加入对提取甘薯茎叶中水溶性膳食纤维的影响,并在单因素基础上对提取工艺进行正交优化,得出酶法提取的最佳工艺条件是脂肪酶添加量为 $0.015 \text{ g} \cdot 100 \text{ mL}^{-1}$,淀粉酶添加量为 $0.035 \text{ g} \cdot 100 \text{ mL}^{-1}$,木瓜蛋白酶添加量为 $0.075 \text{ g} \cdot 100 \text{ mL}^{-1}$,其中正交实验中影响因素为淀粉酶>蛋白酶>脂肪酶。水溶性膳食纤维的最佳提取率为 1.285%。提取得到的甘薯茎叶中水溶性膳食纤维纯度高,持水力为 787%,溶胀力为 $4.10 \text{ mL} \cdot \text{g}^{-1}$,产品具有良好的性状。

关键词: 甘薯茎叶; 膳食纤维; 正交实验; 淀粉酶; 脂肪酶; 木瓜蛋白酶

中图分类号: Q946; TS201.2 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-3142(2014)06-0854-05

Extraction of soluble dietary fiber from sweet potato leaves and stems in the enzyme solution

PENG Hui, LÜ Hui-Li

(College of Biology Science & Technology, University of Economics and Business, Shijiazhuang 050061, China)

Abstract: Through the single factor and orthogonal test of adding, amylase and papain effect of soluble dietary fiber on the extraction of sweet potato stem and leaf, and orthogonal optimization of extraction process on the basis of single factor were studied. The optimum condition of enzymatic extraction were as follows: adding amount of lipase was $0.015 \text{ g} \cdot 100 \text{ mL}^{-1}$, adding amount of amylase was $0.035 \text{ g} \cdot 100 \text{ mL}^{-1}$, and adding papain $0.075 \text{ g} \cdot 100 \text{ mL}^{-1}$, including the impact of orthogonal experiment factors for amylase>protease>lipase. The best extraction rate of water-soluble dietary fiber was 1.285%. The extraction of sweet potato leaves and stems of soluble dietary fiber in high purity, water holding capacity was 787%, the swelling force was $4.10 \text{ mL} \cdot \text{g}^{-1}$, the product had good quality.

Key words: sweet potato stem and leaf; dietary fiber; orthogonal test; amylase; lipase; papain

膳食纤维(DF)主要是指不能被人体利用的多糖,即不能被人体胃肠道中消化酶所消化,而且不被人体所吸收利用的多糖。这类多糖主要来自植物细胞壁的复合碳水化合物,也可称之为非淀粉多糖,即非 α -葡聚糖的多糖。主要由可食性植物细胞壁残余物及与之缔合的相关物质组成的化合物。以溶解于水中可分为两个基本类型:水溶性纤维与非水溶性纤维。纤维素、半纤维素和木质素是 3 种常见的非

水溶性纤维,存在于植物细胞壁中;而果胶和树胶等属于水溶性纤维,则存在于自然界的非纤维性物质中(Vasanthan *et al.*, 2002。Odake *et al.*, 1992)。DF 具有防止肥胖症、润肠通便,促进结肠发酵、预防结肠癌,降低血总胆固醇和低密度胆固醇水平,降低餐后血糖和胰岛素水平等独特的生理保健功能,享有“肠道清洁夫”的美誉,更是人类不可缺少的“第七营养素”(Vasanthan *et al.*, 2002)。

收稿日期: 2013-11-21 修回日期: 2014-01-06

基金项目: 河北省科技支撑计划项目(11231013)

作者简介: 彭辉(1977-),男,河北衡水市人,硕士,讲师,主要研究方向为天然产物的提取及加工, (E-mail)foodsc@sohu.com。

甘薯茎叶,即秋天甘薯成熟后地上秧茎顶端的茎和嫩叶。测试表明,每 100 g 鲜甘薯茎叶含蛋白质 2.28 g、脂肪 0.2 g、糖 4.1 g、矿物质钾 16 mg、铁 2.3 mg、磷 34 mg、胡萝卜素 6.42 mg、维生素 C 0.32 mg。亚洲蔬菜研究中心已将甘薯叶列为高营养蔬菜品种,称其为“蔬菜皇后”。研究发现,甘薯叶有提高免疫力、止血、降糖、解毒、防治夜盲症等保健功能。经常食用有预防便秘、保护视力的作用,还能保持皮肤细腻、延缓衰老。为了充分利用甘薯茎蔓丰富资源,开展对甘薯茎叶有效成分提取的研究具有现实意义。甘薯茎中含有大量的可溶性膳食纤维,可治疗糖尿病,防治结肠癌,防治冠心病和高血压等(方岭等,2008;张天翼,2007)。对于人民的健康以及提高人们体质也具有一定意义。长期以来甘薯茎尖被用做饲料或直接被抛弃,造成了资源的巨大浪费,本研究采用酶法从甘薯茎叶中提取可溶性膳食纤维,既可以解决甘薯茎叶的浪费现状,又能丰富膳食纤维的原料来源。

1 材料与方法

1.1 材料与设备

材料为甘薯收获后遗弃的茎叶;木瓜蛋白酶(食品级,活力不低于 800 000 u · g⁻¹);广州华琪生物;脂肪酶(食品级,活力不低于 10 000 u · g⁻¹);上海生化试剂;淀粉酶(食品级,活力不低于 60 000 u · g⁻¹);北京方程生物;其他试剂为分析纯,实验用水为纯净水。

1.2 方法

1.2.1 工艺流程图 甘薯渣→打浆→过滤→滤液→淀粉酶水解→灭酶→脂肪酶水解→灭酶→木瓜蛋白酶水解→灭酶→乙醇沉淀离心→沉淀干燥→成品。

1.2.2 操作要点 鲜甘薯茎叶渣按 1 : 3(g : mL)比例加水,打浆后过 200 目筛,得到滤液,滤渣为不溶性膳食纤维。取滤液 100 mL,再过尼龙滤布,加入脂肪酶进行水解,37 ℃恒温水浴中边搅拌边进行水解 3 h,90 ℃灭酶 10 min;加入淀粉酶,60 ℃水浴 4 h,之后 90 ℃灭酶 10 min;加入木瓜蛋白酶,60 ℃水浴 2 h,之后 90 ℃灭酶 10 min;加入 4 倍体积的无水乙醇,90 ℃水浴 10 min。静置 8 h 后离心沉淀,60 ℃抽真空干燥后称重为可溶性膳食纤维。

1.3 膳食纤维持水力的测定

取 2.00 g 提取的膳食纤维置于 100 mL 烧杯中,加入 20 ℃蒸馏水 40 mL。常温浸泡 1 h 后,在定量滤纸上沥干水分,快速转入表面皿称重。按公式计算持水力:持水力=(样品湿重-样品干重)/样品干重。

1.4 水溶性膳食纤维溶胀力的测定

取 0.10 g 提取的膳食纤维于 5 mL 量筒中,读取体积后加 5 mL 蒸馏水,浸泡 24 h,读取体积。按公式计算:纤维溶胀力(mL · g⁻¹)=(浸泡后体积-干品体积)/干质量。

1.5 实验设计

1.5.1 单因素确定实验 分别对淀粉酶加入量,脂肪酶及木瓜蛋白酶的加入量进行单因素实验。

1.5.2 多因素正交分析 由单因素得出的范围进行四因素三水平正交实验,设计水平因素表(表 1)。

表 1 正交因素水平表
Table 1 Factors and levels of orthogonal

因素 Factor	淀粉酶 A Amylase	脂肪酶 B Lapse	木瓜蛋白酶 C Protease
水平 Level	1	1	1
	2	2	2
	3	3	3

2 结果与分析

2.1 单因素实验数据

2.1.1 淀粉酶加入量实验数据 根据上述的甘薯茎叶提取物品,在脂肪酶添加量为 0.010 g,木瓜蛋白酶添加量为 0.10 g 的情况下,考察淀粉酶加入对可溶性膳食纤维提取的影响。分别加入 0.10、0.20、0.30、0.40、0.50 g 淀粉酶进行实验,实验反应时间为 6 h,每组实验重复 3 次,实验结果见表 2。

淀粉酶除去甘薯茎叶中的淀粉,我们采用淀粉酶除淀粉,由于红薯茎叶中的淀粉含量会较高,我们先采用淀粉酶去掉淀粉有利于后续操作,而且淀粉酶的专一性较强,不会去除其他可溶性物质给实验结果带来偏差。张赟彬等(2008)认为淀粉酶加入不会破坏果胶等可溶性物质,我们认为这是有一定道理的,但我们认为加入淀粉酶应加入 α-淀粉酶,这样可以有效地酶解淀粉中的 α-1,4 链,从而高效迅速的反应去除甘薯茎叶中的淀粉,如果加入 β-淀粉酶就没有如此高效,主要是因为其有特定的分解缺

陷。当淀粉酶的添加达到一定量时,膳食纤维提取率降低可能原因为淀粉酶破坏了部分可溶膳食纤维或者说是本实验条件下提取的可溶膳食纤维并不纯。由表 2 可知,淀粉酶添加量为 0.30 g 时,膳食纤维的提取率最高,为 1.32%。

表 2 不同淀粉酶加入量下甘薯茎叶中膳食提取率

Table 2 Extraction rate of dietary fiber when different amylase added into dietary amount of sweet potato leaf

淀粉酶加入量 Adding amount of amylase (g)	0.10	0.20	0.30	0.40	0.50
膳食纤维提取率 Extraction rate of dietary fiber (%)	0.52	0.92	1.32	1.01	0.89

2.1.2 脂肪酶加入量实验数据 根据上述的甘薯茎叶提取物品,在淀粉酶添加量为 0.30 g,木瓜蛋白酶添加量为 0.10 g 情况下,考察脂肪酶加入对可溶性膳食纤维提取的影响。分别加入 0.005、0.010、0.015、0.020、0.025 g 脂肪酶进行实验,实验时间为 6 h,每组实验重复 3 次,实验结果见表 3。

表 3 不同脂肪酶加入量下甘薯茎叶中膳食提取率

Table 3 Extraction rate of dietary fiber when different lapase added into dietary amount of sweet potato leaf

脂肪酶加入量 Adding amount of lapse (g)	0.005	0.010	0.015	0.020	0.025
膳食纤维提取率 Extraction rate of dietary fiber (%)	0.48	0.82	1.21	1.06	0.90

由表 3 可知,当脂肪酶加入量在 0.015 g 时,膳食纤维的提取率最高,为 1.21%,当加入量低于此量,随着脂肪酶的加入量提取率提高,当超过此量后,反而会随着添加量得增加,提取率有下降的趋势。理论上来说,脂肪酶的添加不会破坏膳食纤维,因此膳食纤维的提取率不应形成这样的变化趋势,出现这样趋势的原因只能解释为当酶的过量添加时会影响膳食纤维的实验提取率,而不是理论提取率。

2.1.3 木瓜蛋白酶加入量实验数据 根据以上提到的甘薯茎叶提取物品,在淀粉酶添加量为 0.30 g,脂肪酶添加量为 0.015 g 情况下,考察木瓜蛋白酶加入对可溶性膳食纤维提取的影响。分别加入 0.050、0.100、0.150、0.200、0.250 g 脂肪酶进行实验,实验反应时间为 6 h,每组实验重复 3 次。

由表 4 可知,当木瓜蛋白酶加入量在 0.010 g 时,膳食纤维的提取率最高,为 1.23%。木瓜蛋白酶为高效蛋白去除物,可以有效去除甘薯茎叶中所含

有的蛋白质,有效提高膳食纤维的提取率。从表 4 可以看到,加入量得增加并不能更有效的帮助提高膳食纤维的提取率。在加入少量木瓜蛋白酶后就能有效提取膳食纤维,随着加入蛋白酶的量的的增加,并不能有效提高提取率,我们分析其主要原因可能是因为蛋白酶的加入会导致膳食纤维的分解,影响膳食纤维提取率。

表 4 不同蛋白酶加入量下甘薯茎叶中膳食提取率

Table 4 Extraction rate of dietary fiber when different protease added into dietary amount of sweet potato leaf

木瓜蛋白酶加入量 Adding amount of protease (g)	0.005	0.010	0.015	0.020	0.025
膳食纤维提取率 Extraction rate of dietary fiber (%)	0.96	1.23	1.11	0.90	0.89

2.2 三因素三水平正交实验设计数据

采用温度为 37 ℃ 的水浴加热 6 h,样品提取率见表 5。

表 5 三因素三水平正交实验分析表

Table 5 Table analysis of three factors and three levels of orthogonal test

项目 Item	淀粉酶 A Amylase (g)	脂肪酶 B Lapse (g)	木瓜蛋白酶 C Protease (g)	产品质量 Product quality (g)
①	1(0.25)	1(0.010)	1(0.075)	1.18
②	1	2(0.015)	2(0.010)	1.12
③	1	3(0.020)	3(0.012)	0.90
④	2(0.30)	1	2	1.11
⑤	2	2	3	0.99
⑥	2	3	1	1.25
⑦	3(0.35)	1	3	0.97
⑧	3	2	1	1.29
⑨	3	3	2	1.14
T ₁	3.20	3.26	3.72	
T ₂	3.35	3.40	3.37	
T ₃	3.40	3.29	2.86	
K ₁	1.067	1.087	1.240	
K ₂	1.117	1.133	1.123	
K ₃	1.133	1.097	0.953	
R	0.066	0.046	0.287	

由正交实验提取率结果(表 5),淀粉酶 A 添加量的最佳水平为第三水平,即添加淀粉酶量为 0.035 g,脂肪酶 B 的添加量的最佳水平为第二水平,即添加量为 0.015 g,木瓜蛋白酶 C 的添加量的最佳水平为第一水平,即添加量为 0.075 g。此实验数据在正交实验中出现,做重复实验。实验数据为 3 组,所得平均提取率为 1.285%,从而验证了实验数据的准确性。实验结果 A₃B₂C₁为最佳组合。木瓜蛋白酶在

正交实验中影响最大,其次是淀粉酶,再次为脂肪酶。

表 6 方差分析表
Table 6 Analysis of variance

因素 Factor	偏差平方和 Deviation square sum	自由度 Freedomde gree	F 比 F ratio	$F_{0.05}$ 临界值 $F_{0.05}$ Critical value	显著性 Significance
淀粉酶 Amylase	0.007	2	1.750	19.000	
脂肪酶 Lapse	0.004	2	1.000	19.000	
木瓜蛋白酶 Protease	0.125	2	31.250	19.000	*($F_{0.5}$)
误差 Error	0.004	2			

2.3 甘薯茎叶水溶性膳食纤维的功能特性测定

2.3.1 持水力的测定 甘薯茎叶水溶性膳食纤维的持水性测定结果见表 7。

表 7 甘薯茎叶水溶性膳食纤维持水力测定结果

Table 7 Sweet potato stem and leaf soluble dietary fiber water holding capacity determination results

内容 Content	干物质 Dry matter (g)	湿物质 Wet matter (g)	水质量 Water (g)	比值 Ratio	持水力 Water holding capacity
数值 Numerical	2.000	17.723	15.723	7.8615	787

由测定可得甘薯茎叶水溶性膳食纤维的持水力为 787%,远远高于小麦麸皮膳食纤维的持水力 400%,得出甘薯茎叶水溶性纤维持水力较高,持水力较高的膳食纤维会占用胃肠道体积,给人造成饱腹感。有效抑制进食。减轻饥饿感,并且可以延缓、限制糖和脂肪的吸收,减少了食物的摄入,增加了人体对多余脂肪的消耗,所以具有减肥的作用。吸水后的膳食纤维可以加大肠内容的体积,可以促进排便。

2.3.2 溶胀力的测定 甘薯茎叶水溶性膳食纤维的溶胀力测定结果见表 8。

表 8 甘薯茎叶水溶性膳食纤维溶胀性测定结果

Table 8 Determination results of sweet potato stem and leaf soluble dietary fiber swelling capacity

内容 Content	干物质 Dry matter (g)	干物质体积 Dry matter volume (mL)	溶胀后体积 Swelling volume (mL)	溶胀力 Swelling capacity (mL · g ⁻¹)
数值 Numerical	0.10	0.85	1.26	4.1

由测定可得甘薯茎叶水溶性膳食纤维溶胀力为 4.1 mL · g⁻¹,与小麦麸皮膳食纤维的溶胀力 4 mL · g⁻¹相近,得出甘薯茎叶水溶性纤维溶胀力较高。可以有效与水结合并在肠道内结合其他比如胆酸和胆固醇以及其他毒素,有效保证人体健康。

3 讨论与结论

本研究采用正交实验研究酶法提取甘薯茎叶中的可溶性膳食纤维,得到了在甘薯茎叶中提取水溶性膳食纤维的最佳酶添加量,解决了在甘薯茎叶中提取水溶性膳食纤维的问题。并讨论了甘薯茎叶水溶性膳食纤维的持水力和溶胀力的大小,与小麦麸皮膳食纤维做比较,得到甘薯茎叶水溶性膳食纤维是一种优良的膳食纤维,营养学界已确认膳食纤维为人体健康所必须的“第七营养素”,将它列入必须的营养素范围。目前,许多国家都在研究和开发将膳食纤维应用于功能食品。膳食纤维的诸如有效减轻便秘,减少结肠癌的发生,整合有害物质等功能越来越为人们所重视。适量摄入膳食纤维,可以有效解决肠道问题,减少毒素吸收,因此,开发新的膳食纤维源十分重要。

本研究针对甘薯收获后的遗弃甘薯茎尖进行研究。研究酶的加入量对水溶性膳食纤维提取的影响,具有一定的现实意义。研究结果表明,在温度为 37℃水浴加热 6 h,淀粉酶添加量为 0.035 g,脂肪酶添加量为 0.015 g,木瓜蛋白酶添加量为 0.075 g,所得提取率为 1.285%,木瓜蛋白酶在正交实验中影响最大,其次是淀粉酶,再次为脂肪酶。酶法提取甘薯茎叶中的可溶性膳食纤维,成本适中,能源损耗低,有效的利用了甘薯茎叶,对我国这样一个甘薯种植大国有着积极的意义。

参考文献:

Andr a fanessa ferreira da silva pinto, Priscila paquel martins, Graziela gorete romagnoli, *et al.* 2009. Polysaccharide fraction of agaricus brasiliensis avoids tumor-induced Il-1 oproduction and changes the microenvironment of subcutaneous ehrlichadenocarcinoma[J]. *Cell Immunol*, **256**:27–38

Cao YY(曹媛媛), Mu TH(木泰华). 2007. Study on the technology of extracting dietary fiber from sweet potato sieve method(筛法提取甘薯膳食纤维的工艺研究)[J]. *Sci Technol Food Ind* (食品工业科技), **28**(7):131–133

Dong JB(董加宝), Zhang CG(张长贵), Wang ZX(王祯旭). 2006. The problems and countermeasures to development and utilization status in food industry of sweet potato(甘薯在食品工业中的开发利用现状、存在问题及对策)[J]. *Food & Nutfr Chin* (中国食物与营养), **3**:31–34

Fang L(方岭), Wang WL(王文亮), Wang SJ(王守经). 2008. Study on the nutritive value and utilization of sweetpotato(甘薯的营养价值及其开发利用)[J]. *Food & Nutr Chin*(中国食物与营养), **9**:27–28

Fu HY(付宏媛), Zhang KS(张坤生), Ren YX(任云霞). 2008. Research on the extraction technology of polysaccharide from

- sweet potato by enzyme method(酶解法提取甘薯多糖技术研究)[J]. *J Chin Inst Food Sci Technol* (中国食品学报), **2**(8): 128—132
- Liu YD(刘达玉), Zuo Y(左勇). 2005. Research on the extraction technology of dietary fiber from sweet potato by enzyme method (酶解法提取薯渣膳食纤维的研究)[J]. *Sci Technol Food Ind* (食品工业科技), **26**(5): 90—92
- Lin J(林娟), Qiu HR(邱宏端), Lin X(林霄), *et al.* 2003. Extraction, purification and composition nalysis of sweet potato polysaccharide(甘薯多糖的提取纯化及成分分析)[J]. *J Chin Cer Oils Ass* (中国粮油学报), **2**(18): 64—66
- Odake K, Terahara N, Saito N, *et al.* 1992. Chemical structures of two anthocyanins from purple sweet potato, *Ipomoea batatas* [J]. *Phytochemistry*, **31**: 2 127—2 130
- Kim MH, Joo HG. 2008. Immunostimulatory effects of fucoidan on bone marrow-derived dendritic cells[J]. *Immunology letters*, **115**: 138—143
- Shen W Z, Wang H, Guo GQ, *et al.* 2008. Immunomodulatory effects of caulerpa racrnosa car peltata polysaccharide and its senlizing product on T lymphocytes and NK cells in mice[J]. *Sci Chin Ser: Life Sci*, **51**: 795—801
- Vasanthan Thava, Jiang Gaosong, Yeung Judy, *et al.* 2002. Dietary fiber profile of barley flour as affected by extrusion cooking[J]. *Food Chem*, **77**(1): 35—40
- Xu R(旭日). 2008. 膳食新指南——《中国居民膳食指南(2007)》发布[J]. *Food Nutrition* (中国食品), 44—45
- Zhang YB(张赞彬), Liao CQ(缪存铅), Chen XQ(陈小琴). 2008. Study on enzymatic extraction of sweet potato dregs soluble dietary fiber(酶解法提取甘薯渣中水溶性膳食纤维的研究)[J]. *Cer Oils Proc* (粮油加工), **1**: 122—125
- Zhao XL(赵秀玲). 2008. Nutrition and health function of sweet potato(甘薯的营养成分与保健作用)[J]. *Food & Nutr Chin* (中国食物与营养), **10**: 58—60

欢迎订阅 2015 年《植物资源与环境学报》

全国中文核心期刊 中国科技核心期刊

中国科学引文数据库核心期刊 RCCSE 中国核心学术期刊(A)

季刊, 单价 20 元, 邮发代号: 28—213, 国内统一连续出版物号: CN 32—1339/S

《植物资源与环境学报》系江苏省·中国科学院植物研究所、江苏省植物学会等单位联合主办的学术刊物, 国内外公开发行。本刊为全国中文核心期刊(北大)、中国科技核心期刊、中国科学引文数据库核心期刊(CSCD)和 RCCSE 中国核心学术期刊(A), 并为 BA、CA、CAB、Elsevier's、中国生物学文摘、中国环境科学文摘、中国科学引文数据库、万方数据——数字化期刊群、中国学术期刊(光盘版)和中文科技期刊数据库等国内外著名刊库收录。2013 年荣获“江苏省首届新闻出版政府奖——期刊奖”; 2014 年荣获“江苏省精品科技期刊”称号。

本刊围绕植物资源与环境两个中心命题, 报道我国植物资源的考察、开发利用和植物物种多样性保护, 自然保护区与植物园的建设和管理, 植物在保护和美化环境中的作用, 环境对植物的影响以及与植物资源和植物环境有关学科领域的原始研究论文、研究简报和综述等。凡从事植物学、生态学、自然地理学以及农、林、园艺、医药、食品、轻化工和环境保护等领域的科研、教学、技术人员及决策者均可以从本刊获得相关学科领域的研究进展和信息。

本刊为季刊, 大 16 开本, 每期 120 页。全国各地邮局均可订阅, 每期定价 20 元, 全年 80 元。若错过征订时间或需补齐 1992 年至 2014 年各期者, 请直接与编辑部联系邮购。1992 年至 1993 年每年 8 元; 1994 年至 2000 年每年 16 元; 2001 年至 2005 年每年 24 元; 2006 年至 2008 年每年 40 元; 2009 年至 2011 年每年 60 元; 2012 年至 2014 年每年 80 元(均含邮资, 如需挂号另付挂号费 3 元)。

编辑部地址: 南京中山门外江苏省中国科学院植物研究所内(邮编 210014); 电话: 025—84347016, 025—84347014; QQ: 2219161478; E-mail: zwzy@mail.cnbg.net。本刊网上投稿系统已开通运行, 网址: <http://www.cnbg.net/Tg/Contribute/Login.aspx>, 欢迎使用并提出宝贵意见。

欢迎订阅! 欢迎投稿!