

# 复合酶法提取鹰嘴豆膳食纤维的工艺研究

王心竹<sup>1</sup>, 韦月平<sup>2\*</sup> (1. 丹东第二中学, 辽宁丹东 118000; 2. 辽东学院农学院, 辽宁丹东 118003)

**摘要** [目的]研究从鹰嘴豆中提取水不溶性膳食纤维的工艺方法,为今后工业化生产提供有效的基础数据。[方法]采用酶碱法提取鹰嘴豆水不溶性膳食纤维,主要考察的4个因素为: $\alpha$ -淀粉酶浓度、中性蛋白酶浓度、NaOH浓度以及浸泡时间,并通过正交试验对4个因素的水平进行了优化处理。[结果]通过正交试验提取鹰嘴豆水不溶性膳食纤维并计算产率,得出酶法提取鹰嘴豆水不溶性膳食纤维的最佳提取工艺参数为: $\alpha$ -淀粉酶浓度1.0%,中性蛋白酶浓度0.5%,NaOH浓度为3.0%,浸泡时间80 min,此时提取的鹰嘴豆水不溶性膳食纤维产率最高,为29.86%。[结论]用复合酶法提取鹰嘴豆膳食纤维大大提高了膳食纤维的提取率。

**关键词** 鹰嘴豆;膳食纤维;酶法

**中图分类号** S609.9 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2016)18-093-02

## Investigation on Extraction Technology of Dietary Fiber from Chickpea by Enzymic method

WANG Xin-zhu<sup>1</sup>, WEI Yue-ping<sup>2\*</sup> (1. Dandong No.2 High School, Dandong, Liaoning 118000; 2. Agricultural College of Eastern Liaoning University, Dandong, Liaoning 118003)

**Abstract** [Objective] The aim was to study the technique for extracting water insoluble dietary fiber from chickpea, to provide effective basic data for industrialized production in the future. [Method] Water insoluble dietary fiber was extracted from chickpea by enzyme alkali, including 4 factors:  $\alpha$ -amylase concentration, neutral protease concentration, NaOH concentration and soaking time, through orthogonal test, levels of 4 factors were optimized. [Result] Through orthogonal test, water insoluble dietary fiber was extracted from chickpea and yield was calculated, the optimal extraction parameters were: 1.0%  $\alpha$ -amylase, 0.5% neutral protease, 3.0% NaOH, soaking time 80 min, the yield of water insoluble dietary fiber from chickpea was up to 29.86%. [Conclusion] Using composite enzymatic method can greatly increase the extraction yield of dietary fiber from chickpea.

**Key words** Chickpea; Dietary fiber; Enzymatic method

鹰嘴豆中所含的营养成分比较丰富,它含有人类所需要的七大营养素,其中包括水不溶性膳食纤维、维生素、植物蛋白、粗纤维、钙、铁、镁等营养成分<sup>[1-2]</sup>,其中膳食纤维含量较高。膳食纤维被认为是现代营养学的第七大营养素,能有效降低肠癌、高脂血症等相关疾病的发病率,因此具有很高的研究和利用价值。目前,对于大豆类膳食纤维的研究成果非常多,而对于鹰嘴豆膳食纤维的研究尚少<sup>[3-4]</sup>,传统的提取方法有水溶法、碱法、酶法等,但提取率不高,工业化成本高。笔者选取鹰嘴豆为试验材料,采用复合酶法和碱法相结合的方式对其提取工艺进行深入研究,以解决工业化生产中鹰嘴豆中膳食纤维提取率不高的问题,为生产提供基础数据。

## 1 材料与与方法

**1.1 材料** 原料:鹰嘴豆,采购于丹东市乐购超市,用九阳料理机磨碎成粉末状备用。主要仪器:DT5-6A高速冷冻离心机,北京时代北利离心机有限公司;BCD-216TMZL低温冰箱,青岛海尔股份有限公司;JYL-350九阳料理机,山东济南九阳股份有限公司;GZX-9030 MBE干燥箱,上海博讯实业有限公司。主要试剂:中性蛋白酶(BR),郑州天华食品添加剂有限公司; $\alpha$ -淀粉酶;甲基红-溴甲酚绿混合指示剂。

## 1.2 方法

**1.2.1 单因素对鹰嘴豆水不溶性膳食纤维产率的影响。**技术路线:鹰嘴豆→预处理(磨碎)→干燥→乙醚抽脂→水浴蒸煮→ $\alpha$ -淀粉酶处理→中性蛋白酶处理→高温灭酶处理(100℃)→NaOH浸泡处理→水洗→离心、过滤→烘干→水不溶

性膳食纤维。

分别进行不同浓度的 $\alpha$ -淀粉酶、中性蛋白酶、NaOH浓度及浸泡时间对鹰嘴豆水不溶性膳食纤维产率的影响试验。

**1.2.2 鹰嘴豆水不溶性膳食纤维提取工艺的正交优化。**根据上述试验设计不同单因素,分别确定了鹰嘴豆水不溶性膳食纤维提取的最佳工艺条件,该试验进一步采用 $L_9(3^4)$ 正交试验设计,即通过4因素3水平的正交试验确定最佳试验组合<sup>[5-6]</sup>,正交试验因素水平见表1,以多肽的水解度为正交试验结果的指标。

表1 正交试验因素水平设计

Table 1 Design of factors and levels of orthogonal test

水平 Level	因素 Factor			
	$\alpha$ -淀粉酶 (A) $\alpha$ - amylase %	中性蛋白酶 (B) Neutral protease %	NaOH浓度 (C) NaOH concentration %	浸泡时间 (D) Soaking time min
1	0.6	0.3	3.0	60
2	0.8	0.5	5.0	70
3	1.0	0.7	7.0	80

## 2 结果与分析

### 2.1 单因素对鹰嘴豆水不溶性膳食纤维提取产率的影响

**2.1.1 不同浓度的 $\alpha$ -淀粉酶对鹰嘴豆水不溶性膳食纤维产率的影响。**从图1可以看出,在其他因素一定的情况下,随着 $\alpha$ -淀粉酶浓度的不断增大,鹰嘴豆水不溶性膳食纤维的产率也随之增加<sup>[7]</sup>。当 $\alpha$ -淀粉酶浓度为1.0%时,鹰嘴豆水不溶性膳食纤维的产率最大,为29.54%,再增加淀粉酶浓度,产率不增加。

**2.1.2 不同浓度的中性蛋白酶对鹰嘴豆水不溶性膳食纤维**

作者简介 王心竹(1999-),女,侗族,辽宁丹东人,高中生。\*通讯作者,讲师,硕士,从事食品生物技术研究。

收稿日期 2016-05-23

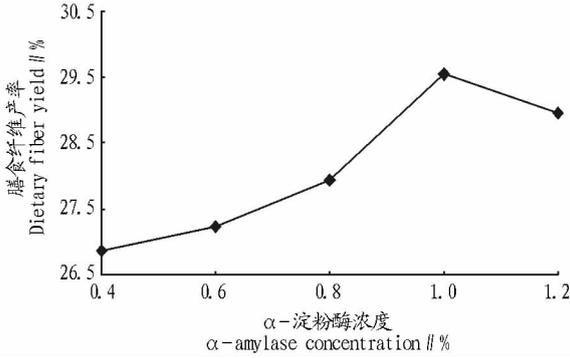


图1 不同浓度的α-淀粉酶对鹰嘴豆水不溶性膳食纤维产率的影响

Fig. 1 Effects of different concentration of α-amylase on yield of water insoluble dietary fiber of chickpea

产率的影响。从图2可以看出,在其他因素一定的情况下,随着中性蛋白酶浓度的不断增大,鹰嘴豆水不溶性膳食纤维的产率也随之变化,变化趋势为先上升后下降。当中性蛋白酶浓度为0.5%时,鹰嘴豆水不溶性膳食纤维的产率最大,为24.65%。

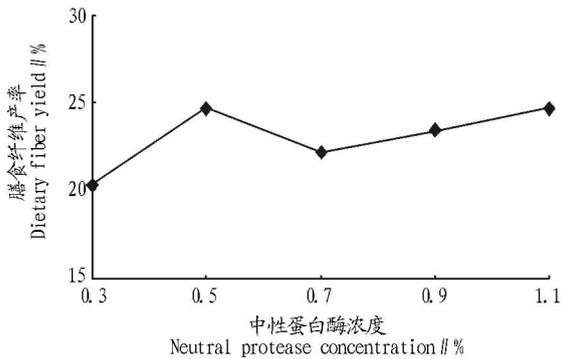


图2 不同浓度的中性蛋白酶对鹰嘴豆水不溶性膳食纤维产率的影响

Fig. 2 Effects of different concentration of neutral protease on yield of water insoluble dietary fiber of chickpea

**2.1.3 不同浓度的NaOH对鹰嘴豆水不溶性膳食纤维产率的影响。**从图3可以看出,当其他因素一定时,随着NaOH浓度的不断增大,鹰嘴豆水不溶性膳食纤维的产率随之减少<sup>[8-9]</sup>。当NaOH浓度为3.0%时,鹰嘴豆水不溶性膳食纤维的产率最大,为23.09%。

**2.1.4 不同浸泡时间对鹰嘴豆水不溶性膳食纤维产率的影响。**从图4可以看出,随着浸泡时间的增加,鹰嘴豆水不溶性膳食纤维的产率也随之增加。当浸泡时间为80 min时,鹰嘴豆水不溶性膳食纤维的产率最大,为29.66%。

**2.2 鹰嘴豆水不溶性膳食纤维提取工艺的正交试验优化** 选用L<sub>9</sub>(3<sup>4</sup>)正交表进行试验设计,试验方案与试验结果见表2所示。

通过对正交优化试验条件的结果分析,极差值可明确反映出各个影响因素对鹰嘴豆水不溶性膳食纤维影响程度的排列顺序:R<sub>C</sub> > R<sub>D</sub> > R<sub>A</sub> > R<sub>B</sub><sup>[10]</sup>,即各因素影响程度由大到小依次为:NaOH浓度、浸泡时间、α-淀粉酶、中性蛋白酶浓

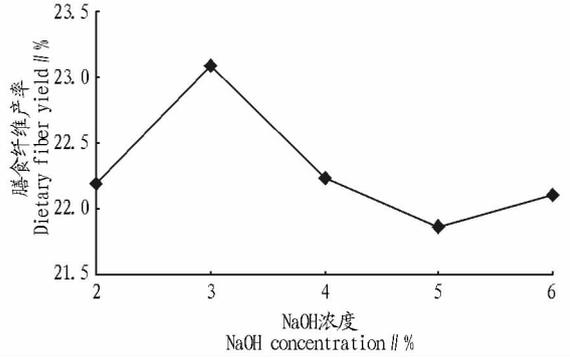


图3 不同浓度的NaOH对鹰嘴豆水不溶性膳食纤维产率的影响

Fig. 3 Effects of different concentration NaOH on yield of water insoluble dietary fiber of chickpea

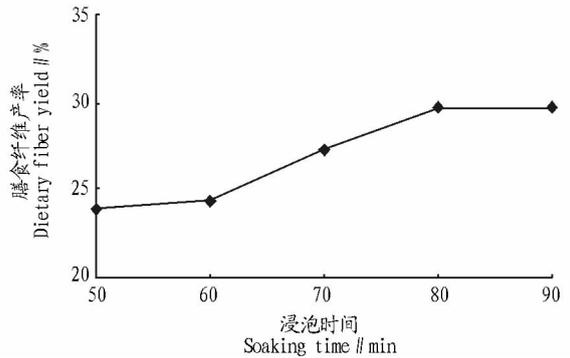


图4 不同浸泡时间对鹰嘴豆水不溶性膳食纤维产率的影响

Fig. 4 Effects of different soaking time on yield of water insoluble dietary fiber of chickpea

度,其中中性蛋白酶对试验的影响程度最小,从中性蛋白酶单因素结果可以看出,各浓度之间差异不明显,虽然数据显示B<sub>3</sub>水平是最佳反应浓度,但综合其他因素及试验结果,最终得出最优组合是A<sub>3</sub>B<sub>2</sub>C<sub>1</sub>D<sub>3</sub>。因此,酶法提取鹰嘴豆膳食纤维(水不溶性)的最佳工艺参数为:当α-淀粉酶浓度为1.0%,中性蛋白酶浓度为0.5%,NaOH浓度为3.0%,浸泡时间为80 min时,鹰嘴豆水不溶性膳食纤维产率最高,为29.86%。

表2 正交试验结果分析

Table 2 Analysis of orthogonal test results

试验号 Test No.	因素 Factors				IDF 产率 IDF yield / %
	A	B	C	D	
1	1	1	1	1	27.24
2	1	2	2	2	23.01
3	1	3	3	3	22.67
4	2	1	2	3	28.73
5	2	2	3	1	20.66
6	2	3	1	2	27.05
7	3	1	3	2	21.24
8	3	2	1	3	29.86
9	3	3	2	1	27.54
K <sub>1</sub>	24.31	25.74	28.05	25.15	
K <sub>2</sub>	25.48	24.51	26.43	23.77	
K <sub>3</sub>	26.21	25.75	21.52	27.09	
R	0.64	0.41	2.18	1.11	

计试验进一步验证。

(2) 生石花种子萌发和幼苗生长光照时间的选择。作为原产地为南非热带地区的观赏植物,生石花接受的光照时间以及强度更长更剧烈,这也造就了其植株矮小、茎部粗壮、叶片深绿等的形态特点,植株太高或茎部太细均是缺乏光照的表现。通过对比不同光照时间下的种子萌发率及幼苗生长情况,发现无光照会导致生石花幼苗生长过于细长,叶片发黄,生石花仅靠根部吸收培养基内营养物质生存,不利于其生长;24 h 光照时间下,由于光合作用一直进行,使其叶片生长过快成圆盘状,茎部过短,幼苗整体太过矮小,同样不利于其生长;而 16 h 光照时间下,无论植株形态或根生长情况都符合正常观赏要求,且符合自然规律。最终确定 16 h 为最优光照时间。

(3) 激素对生石花种子萌发的影响。研究发现,0.1 ~ 0.3 mg/mL GA 和 IAA 以及 0.025 mg/mL 6-BA 对羊草种子的萌发有促进作用<sup>[20]</sup>,用 1.5 mg/mL 的 GA、0.05 mg/mL 的 6-BA 及 0.1 mg/mL IAA 浸种可有效提高香椿种子发芽率<sup>[21]</sup>,但对于药用紫苏而言,高浓度的 6-BA 和 NAA 有明显抑制作用,GA 则有促进作用<sup>[22]</sup>。该试验结果表明,浸泡时间和 GA 浓度是影响生石花种子萌发最大的因素(差异达显著水平),其次是 IAA 浓度(有差异但未达显著水平),而 NAA 浓度及 6-BA 浓度对种子萌发率的影响最小。最优组合为 0 mg/mL IAA + 0.1 mg/mL GA + 0 mg/mL NAA + 0 mg/mL 6-BA 及 4 h 的浸泡时间。GA 对种子萌发有促进作用,与前人研究结果一致<sup>[20-22]</sup>。而 6-BA、IAA 以及 NAA 对生石花种子萌发率无显著影响,与前人的研究结果不一致<sup>[20-21]</sup>,可能是由于物种不同,种子萌发过程对激素的敏感程度不同。

### 参考文献

[1] 谢维荪. 多肉植物栽培原理与品种鉴赏[M]. 上海:上海科学技术出版

- 社,2011:132-140.
- [2] 民生,维荪. 仙人掌类及多肉植物[M]. 北京:中国经济出版社,1991.
- [3] 殷立娟,李美荣,中国 C<sub>4</sub> 植物的地理分布与生态学研究[J]. 生态学报,1997(4):27-28.
- [4] 刘与明,张淑娟. 珍稀多肉植物种质资源组培保存和快速繁殖技术[J]. 园林科技,2012,27(6):36-38.
- [5] 张勇,薛林贵,高天鹏,等. 种子休眠机理研究概述[J]. 云南植物研究,2004,26(3):241-251.
- [6] 贾忠奎,管玄,郝跃,等. 玉兰亚属植物种子预处理及播种技术研究进展[J]. 林业实用技术,2009(1):3-6.
- [7] 张勇,薛林贵,高天鹏,等. 荒漠植物种子萌发研究进展[J]. 中国沙漠,2005,25(5):87.
- [8] 牛文昊,赵岩. 不同激素预处理对薄荷种子萌发的影响[J]. 安徽农业科学,2012,40(21):10857-10858,10869.
- [9] 盛玉婷. 植物组织培养技术及应用进展[J]. 安徽农学通报,2008,9(9):52.
- [10] 王泉,左志宇,宋晓涛,等. 百合科多肉植物美吉寿的组织培养与快速繁殖[J]. 植物生理学通讯,2008,44(1):123-124.
- [11] MURASHIGE T, SKOOG F. A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue cultures [J]. Physiologia plantarum, 1962, 15(3):473-497.
- [12] GAMBORG O L, MILLER R A, OJIMA K. Nutrient requirements of suspension cultures of soybean root cells [J]. Experimental cell research, 1968, 50(1):151-158.
- [13] 刘志文,陈阳,侯英敏. 不同培养基和培养条件对脱毒马铃薯薯块生长的影响[J]. 中国农学通报,2011,27(24):179-182.
- [14] 周安佩,李连芳,刘东玉,等. 发芽环境、微波辐射和激素浸泡对云南松种子发芽的影响[J]. 种子,2012(9):26.
- [15] 王荣青. 赤霉素浸种处理对茄种子萌发的影响[J]. 上海农业学报,2001,17(3):61-63.
- [16] 熊国胜,李家洋,王永红. 植物激素调控研究进展[J]. 科学通报,2009(18):56.
- [17] 陶茸,师尚礼,李玉珠,等. 种子处理对扁扁豆种子在 1/2MS 培养基上发芽率的影响[J]. 草原与草坪,2011,31(3):69-72.
- [18] 丁兰,张丽,郭柳,等. 濒危植物佛手参种子的非共生萌发及种苗的快速繁殖[J]. 植物生理学报,2014(1):77-82.
- [19] 赵玉芬,储博彦,尹新彦,等. 大花萱草杂交种子试管内萌发及快繁技术研究[J]. 种子,2013,32(1):121-123.
- [20] 马红媛,梁正伟,黄立华,等. 4 种外源激素处理对羊草种子萌发和幼苗生长的影响[J]. 干旱地区农业研究,2008,26(2):69-73.
- [21] 康冰,陈彦生. GA<sub>3</sub>、6-BA 及 IAA 对香椿种子发芽及幼苗生长的影响(简报)[J]. 植物生理学通讯,2001,37(5):399-400.
- [22] 张春平,何平,何俊星,等. 不同处理对药用紫苏种子萌发特性的影响[J]. 中草药,2010(8):1361-1365.

(上接第 94 页)

### 3 结论与讨论

通过对鹰嘴豆营养成分的测定结果进行分析,确定了提取鹰嘴豆膳食纤维的 4 个影响因素,通过单因素试验初步得到影响膳食纤维产率的最佳条件并通过正交优化处理,进一步确定了 4 个影响因素的工艺参数,与单因素试验所得出的结果是一致的。

结果表明,酶法提取鹰嘴豆水不溶性膳食纤维的最佳工艺条件为:α-淀粉酶浓度为 1.0%,中性蛋白酶浓度为 0.5%,NaOH 浓度为 3.0%,浸泡时间为 80 min,此时提取的鹰嘴豆水不溶性膳食纤维产率最高,为 29.86%。

膳食纤维有着非常重要的药理学作用,可促进肠道的蠕动,对胃肠道起到了有效的保护作用,可增加粪便容积以及排便的次数,并且能够治疗婴幼儿的腹泻,还能有效预防高脂、高糖,以及预防术后感染等症状,如今人们的生活水平不断提高,对于高脂肪、高热量、高蛋白的食品每日摄入量大大增加,但对于膳食纤维的摄入量相对减少,从而导致对于膳

食营养平衡性的忽略。目前膳食纤维的开发与应用在国外市场比较普遍,而我国对于膳食纤维的开发利用和研究与国外仍然具有一定差距,有待进一步规划。

### 参考文献

- [1] 阿米娜·阿布力米提,祖丽哈娅提·那思尔丁,刘成,等. 鹰嘴豆的开发利用研究[J]. 新疆农业科学,2003,39(1):45-47.
- [2] 吴晖,侯萍,李晓凤,等. 不同原料中膳食纤维的提取及其特性研究进展[J]. 现代食品科技,2008(1):24.
- [3] 王彦玲,刘冬,付全意,等. 膳食纤维的国内外研究进展[J]. 中国酿造专论与综述,2008(5):182-184.
- [4] 王景会,曹龙奎,马毓霞,等. 豆渣制取高活性膳食纤维的研究[J]. 吉林农业科学,2004,29(3):53-57.
- [5] 张涛,江波,王璋. 鹰嘴豆营养价值及其应用[J]. 粮食与油脂,2004(7):56-58.
- [6] 张延坤,刘国忠,张东洋,等. 大豆膳食纤维制备工艺的研究[J]. 食品工业,2006(2):23-25.
- [7] 刘莹,徐颖颖. 双酶法提取褐蘑菇膳食纤维的最佳工艺条件研究[J]. 湖南农业科学,2011(21):84-86,89.
- [8] 尚永彪,侯大军,李睿晓. 豆渣水不溶性膳食纤维提取工艺研究[J]. 粮油加工,2007(11):120-123.
- [9] 胡志和,陈建平. 酶法制备可溶性大豆膳食纤维研究[J]. 食品研究与开发,2009(2):11-14.
- [10] 马嫒,孟晓,蔡自建. 酶法提取鹰嘴豆水不溶性膳食纤维工艺的研究[J]. 粮食与食品工业,2009(1):29-31.