菠萝蜜膳食纤维的提取工艺研究

叶盛权[1]，叶春海[2]，郭祀远[3]，吕庆芳[2]，毛琪[2]，杨斯明[1]
(1. 广东海洋大学食品科技学院，广东湛江 524005) (2. 广东海洋大学农学院，广东湛江 524088)
(3. 华南理工大学轻工与食品学院，广东广州 510640)

摘要：利用菠萝蜜加工的副产物果皮提取膳食纤维，并对其提取工艺进行了优化，实验结果表明：酶化学法提取果皮中膳食纤维，以酶用量，酶水解温度，NaOH 浓度，NaOH 水解温度为 4 个主要影响因素进行单因素及正交实验，最佳工艺条件为：酶用量 0.3%，酶解温度 65 ℃，碱浓度 5%，碱解温度 60 ℃，菠萝蜜膳食纤维的提取效果最好，水不溶性膳食纤维提取率达 37.8%，膳食纤维的颜色较深，淀粉残留率为 6.34%，蛋白质残留率为 7.88%。通过提取膳食纤维，增加其综合利用途径，提高菠萝蜜种植业与加工业的经济效益，促进地方农业和农村经济的发展。

关键词：菠萝蜜；膳食纤维；提取；最佳工艺
文章篇号：1673-9078(2012)3-282-284

Extraction of the Dietary Fiber from Jack Fruit

YE Sheng-quan[1], YE Chun-hai[2], GUO Si-yuan[3], LV Qing-fang[2], MAO Qi[2], YANG Si-ming[1]
(1.College of Food Science and Technology, Guangdong Ocean University, Zhanjiang 524005, China)
(2.Agricultural College, Guangdong Ocean University, Zhanjiang 524088, China)
(3.College of Light Industry and Food Sciences, South China University of Technology, Guangzhou 510640, China)

Abstract: The dietary fiber was extracted from the skin of jack fruit, and the extractive process was optimized. The dietary fiber was extracted from the skin by zymochemistry method using α-amylase concentration, enzymatic hydrolyzing temperature, NaOH concentration, NaOH hydrolyzing temperature as the main factors of the single factor test. The optimal conditions were follows: α-amylase concentration 0.3%, enzymatic hydrolyzing temperature 65 ℃, NaOH concentration 0.5% and NaOH hydrolyzing temperature 60 ℃. Under these conditions, the extracting rate of insoluble the dietary fiber was up to 37.8%. Retention rates of starch and the protein were 6.34% and 7.88%, respectively. By extracting the dietary fiber and increasing its comprehensive utilization way, the economic and ecological benefits of planting and processing jackfruit can be enhanced, thereby promoting local agriculture and rural economic development.

Key words: Jackfruit; dietary fiber; extraction; optimal process

菠萝蜜又名木菠萝、树菠萝、蜜冬瓜、牛肚子果，属桑科桂木属常绿乔木。盛产于中国、印度、中南半岛、南洋群岛、孟加拉国和巴西等地。在中国主要分布在海南、广东、广西、福建、四川南部以及中国台湾省。广东湛江市、茂名市一带最为集中。成熟果实的果皮呈黄绿色、黄褐色或深褐色，外果皮为花被和瘤状突起，坚硬有软刺。一般果长 20 cm~50 cm，周径 30 cm~70cm，重可达 15 kg~20 kg[1]。菠萝蜜树冠呈伞形或圆锥形，叶色浓绿亮泽，大型的聚花果自树干或老枝上长出，极富热带色彩，即可观景，又为优良的庭园风景树和行道树。

菠萝蜜是集水果、木本粮食及珍贵用材于一体的热带树种，具有很高的营养价值和药用价值[2~5]。菠萝蜜中超过一半为种子和皮，近几年由于菠萝蜜的种植与加工业的迅速发展，导致大量的副产品种子和皮的产生，直接弃去会造成极大的资源浪费和环境污染。由于菠萝蜜中富含多糖物质，从其副产品中提取多糖物质，可提高其综合利用价值[6,7]。而外皮则富含膳食纤维等物质，其膳食纤维能够改善人体营养状况；采用酶化学法[8,9]提取膳食纤维，更好地提高菠萝蜜产品加工的综合利用率和产品附加值，有利于环境保护。

1 材料与方法

1.1 材料

收稿日期：2011-12-13
基金项目：广东省科技厅农业攻关项目（2007A020200006）；广东省科技厅农业攻关项目（2009B020305006），广东海洋大学引进人才科研启动费（1010295）
作者简介：叶盛权（1966-），男，博士，教授，从事天然糖质分离纯化新方法新技术研究
通讯作者：叶春海（1960-），男，博士，教授，从事热带亚热带果树育种和组培快繁研究

湛江市自种新鲜菠萝蜜果皮。

1.2 主要仪器

WFJ-1200 可见分光光度计；101-3-BS-II 型电热恒温鼓风干燥箱；TDL-5-A 低速台式离心机；800 g 摇摆式高速中药粉碎机。

1.3 方法

1.3.1 工艺流程

菠萝蜜皮→清洗→干燥→破碎→筛分（40 目）→煮沸→淀粉酶水解→碱水解→过滤→滤渣→水洗→干燥→水不溶性膳食纤维

↓

滤液→浓缩→醇沉→过滤→干燥→水溶性膳食纤维

1.3.2 单因素试验

影响膳食纤维提取率的主要因素有酶解温度、酶用量、氢氧化钠溶液浓度和碱水解温度[9]。分别对这 4 个因素进行单因素试验。

1.3.3 正交试验

通过单因素试验，确定了淀粉酶用量（A）、酶解温度（B）、NaOH 浓度（C）、NaOH 水解温度（D）4 个因素的最适范围，每个因素个取三个水平。根据正交实验设计原则，采用 $L_9(3^4)$正交试验研究这 4 个因素的相互作用对水不溶性膳食纤维提取的影响，以水不溶性膳食纤维提取率为主要考察指标，综合考虑每组实验产品中的淀粉残留量和蛋白质残留量，确定最佳提取工艺。

2 结果与分析

2.1 α-淀粉酶用量对水不溶性膳食纤维提取的影响

表 1 α-淀粉酶用量对水不溶性膳食纤维提取的影响

Table 1 Effect of α-amylase on insoluble dietary fiber extraction

α-淀粉酶用量/%	提取率/%	淀粉残留量/g	淀粉残留率/%
0.2	38.0	0.1298	6.76
0.3	37.4	0.1077	5.76
0.4	35.8	0.0823	4.60
0.5	35.0	0.0798	4.56
0.6	34.6	0.0754	4.36

α-淀粉酶用量对水不溶性膳食纤维提取的影响结果如表 1 所示。实验结果表明，随酶用量的增加，提取率和淀粉残留量总体均呈下降趋势。在酶用量为 0.2%~0.4%时，酶用量的变化对淀粉去除效果有明显的影响，在用量为 0.4%时，淀粉残留量为 4.60%。但随酶用量的进一步增加，淀粉残留量略显减少，表明酶用量对淀粉去除的效果逐渐降低，从节约淀粉酶的角度考虑，酶用量达原料的 0.4%以上时，即可达到理想的效果。

2.2 酶解温度对水不溶性膳食纤维提取的影响

表 2 酶解温度对水不溶性膳食纤维提取的影响

Table 2 Effect of hydrolysis temperature on the extraction of insoluble dietary fiber

酶解温度/℃	提取率/%	淀粉残留量/g	淀粉残留率/%
50	36.8	0.0990	5.38
55	37.2	0.1013	5.45
60	36.2	0.0833	4.60
65	34.8	0.0729	4.19
70	34.4	0.0714	4.15

过高或过低温度都可能导致酶失活。表 2 所示，酶用量为 0.4%，在 50~70 ℃温度范围内时，淀粉酶残留量呈现下将趋势。但在温度为 55 ℃时，淀粉酶残留量及提取率都略显增加，可能因存在实验误差，也可能因温度过低，淀粉不能水解完全，与纤维质缠绕在一起。在温度大于 65 ℃时，淀粉酶残留量的下降趋势趋于平缓，但提取率下降幅度还较大，说明酶解温度为 65 ℃时，淀粉的去除效果较好，而随温度的升高，部分膳食纤维发生轻度水解，导致提取率下降。

2.3 氢氧化钠浓度对水不溶性膳食纤维提取的影响

氢氧化钠浓度对水不溶性膳食纤维提取的影响结果见表 3。

表 3 氢氧化钠浓度对水不溶性膳食纤维提取的影响

Table 3 NaOH concentration on the extraction of insoluble dietary fiber

碱浓度/%	提取率/%	蛋白质残留量/g	蛋白质残留率/%
1	39.0	0.1719	9.05
3	38.4	0.1659	8.87
5	36.8	0.1491	8.33
7	36.2	0.1451	8.24
9	35.0	0.1469	8.69%

利用酶解去除样品中部分淀粉后，其样品中还残留有蛋白质，脂肪等杂质。用氢氧化钠去除残留杂质，这是由于原料中的蛋白质能在碱性条件下溶解，其少量脂肪则发生皂化水解[14]。实验表明，随碱浓度的增加，蛋白质的残留量与膳食纤维的提取率均逐渐降低。但当碱浓度大于 5%时，蛋白质残留量减少并不明显，而提取率仍在大幅度的降低，原因为其中的木质素，半纤维素在过量的碱液中发生了部分的水解[15,16]。且膳食纤维的颜色不断加深，出于节约碱的角度考虑，用碱量达到 5%时，即可达到理想的效果。

2.4 碱解温度对水不溶性膳食纤维提取的影响

碱解温度对水不溶性膳食纤维提取的影响结果见表 4。

表 4 碱解温度对水不溶性膳食纤维提取的影响

Table 4 Effect of NaOH hydrolysis temperature on the extraction of insoluble dietary fiber

碱解温度/℃	提取率/%	蛋白质残留量/g	蛋白质残留率/%
40	38.6	0.1711	8.87
50	37.4	0.1642	8.78
60	35.8	0.1491	8.33
70	35.0	0.1443	8.25
80	32.6	0.1432	8.79

2.5 正交试验结果

通过单因素试验，确定了酶用量（A），酶解温度（B），碱浓度（C），碱解温度（D）4 个因素的最适范围，每个因素各取 3 个水平（见表 5）。根据正交实验设计原则，采用 $L_9(3^4)$ 正交试验研究这 4 个因素的相互作用对膳食纤维提取的影响，以膳食纤维提取率为主要考察指标，综合考虑每组实验中淀粉残留量和蛋白质残留量，确定最佳提取工艺。正交试验结果见表 6。

表 5 正交实验因素水平表

Table 5 The factors and levels of the orthogonal test

水平	因素			
	A (淀粉酶浓度/%)	B (酶解温度/℃)	C (NaOH浓度/%)	D (碱解温度/℃)
1	0.3	60	3	50
2	0.4	65	5	60
3	0.5	70	7	70

表 6 正交实验结果

Table 6 The result of orthogonal experiment

试验号	A	B	C	D	指标		
					提取率/%	淀粉残留量/%	蛋白质残留量/%
1	1	1	1	1	38.2	6.83	8.78
2	1	2	2	2	37.8	6.34	7.88
3	1	3	3	3	36.0	6.63	8.15
4	2	1	2	3	36.2	7.10	8.15
5	2	2	3	1	35.8	6.66	8.15
6	2	3	1	2	38.0	6.19	8.69
7	3	1	3	2	35.4	7.10	7.88
8	3	2	1	3	36.8	6.28	8.96
9	3	3	2	1	36.4	6.31	8.24
K1	37.3	36.6	37.7	36.8			
K2	36.7	36.8	36.8	37.1			
K3	36.2	36.8	35.7	36.3			
R	1.1	0.2	2.0	0.8			

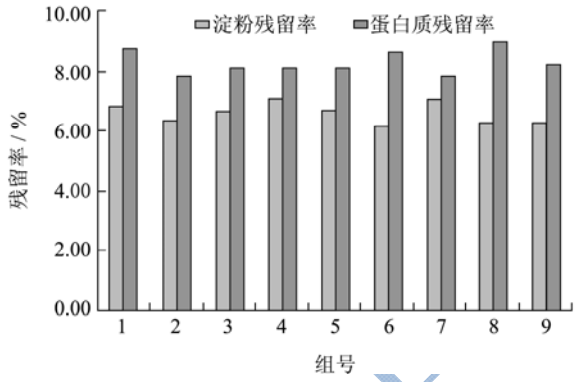


图 1 正交实验图

Fig.1 The orthogonal experiment chart

正交实验结果以水不溶性膳食纤维提取率为分析标准，由表 6 可知，试验号 1（$A_1B_1C_1D_1$）的提取率最高，即酶用量为 0.3%，酶解温度为 60 ℃，碱浓度为 5%，碱解温度为 50 ℃时，水不溶性膳食纤维提取率为 38.%，可能是最优提取工艺；根据正交实验极差分析得出，各因素对水不溶性膳食纤维提取率影响的主次顺序为 C>A>D>B，即碱浓度>酶用量>碱解温度>酶解温度。综合考虑产品中的淀粉残留量和蛋白质残留量，在保证提取率一定的情况下，淀粉残留量与蛋白质残留量越低越好，根据图可知，试验号 2（$A_1B_2C_2D_2$）提取率较高，达 37.8%，而淀粉残留率为 6.34%，蛋白质残留率为 7.88%，提取效果较试验号 1 较好，可认为其为最佳提取工艺。即酶用量为 0.3%，酶解温度为 65 ℃，碱浓度为 5%，碱解温度为 60 ℃。

3 结论

3.1 从菠萝蜜的果皮中提取膳食纤维，并对其提取工艺进行优化。利用酶化学法菠萝蜜果皮中提取膳食纤维，在酶用量为 0.3%，酶解温度为 65 ℃，碱浓度为 5%，碱解温度为 60 ℃，菠萝蜜膳食纤维的提取效果最好，水不溶性膳食纤维提取率达 37.8%，而淀粉残留率为 6.34%，蛋白质残留量为 7.88%，其中膳食纤维的颜色较深。从种子淀粉的浸泡液和膳食纤维提取的滤液中提取得到果胶物质的得率约为 4%~6%，颜色呈黄色。

3.2 从菠萝蜜的副产品中提取多糖物质，增加其综合利用途径，提高菠萝蜜的利益价值，促进规模化种植，加快菠萝蜜标准化加工厂的建立，从而提高菠萝蜜种植业与加工业的社会、经济和生态效益，促进地方农业和农村经济的发展。

参考文献

[1] 毛琪,叶春海,李映志等.菠萝蜜研究进展[J].中国农学报,

2007, 23(3):439-443.

[2] 焦凌梅.菠萝蜜营养成分与开发利用价值[J].广西热带农业, 2010, 1:17-19

[3] Kim. Physicochemical and Textural Properties of Jack-fruit Seeds starch. Journal of the Korea Society Food and Nutrition, 1995, 4:601-605.

[4] CHOWDHURY F A， RAMAN M A， MIAN A J． Distribution of free sugars and fatty acids in jackfruit （Artocarpus heterophyllus Lam [J]． Food Chemistry, 1997, 60(1): 25-28

[5] 符琼,林亲录,鲁娜等.膳食纤维提取的研究进展[J].中国食物与营养, 2010, 3:32-35

[6] 姚定.菠萝蜜果皮果胶提取及特性研究[D].安徽农业大学, 2009:2-5

[7] 刘达鱼,黄丹,李群兰.酶碱法提取薯渣膳食纤维及其改性研究[J].食品研究与开发, 2006, 26(5): 63-66

[8] 赵力超,毛新,黄利华等.荸荠皮膳食纤维酶化学法提取工艺研究[J].食品工业科技, 2009, 11: 244-250

[9] 孔令明,秦菲.苋菁中膳食纤维的提取及其理化性质的研究[J].食品与发酵工业, 2007, 33(10): 175-179

[10] 叶盛权,吴晖,郭祀远.菠萝皮干燥工艺研究[J].现代食品科技,2007,23(11): 30-33

[11] 叶盛权,吴晖,赖富饶,等.牡蛎蛋白的研制[J].现代食品科技, 2009,25(4):391-393

[12] 叶盛权,吴晖,赖富饶,等.牡蛎酶解过程的成分变化及脱腥初步研究[J].现代食品科技,2009,25(3):262-265

现代食品科技