

用红侧耳子实体生产膳食纤维工艺条件研究

贺新生, 竹文坤, 叶 琴

(西南科技大学生命科学与工程学院, 四川 绵阳 621010)

摘 要: 以红侧耳干子实体为原料, 用酶法、酸法、碱法制备膳食纤维。比较各种方法的优缺点: 酶法制得的产品色泽浅, 易漂白, 无异味; 综合经济和技术等因素, 较优的酶法工艺参数为水解温度为 60℃, 液料比为 12:1 (ml/g), 水解时间 2h, 木瓜蛋白酶液浓度 3%, 便可得 60% 左右的膳食纤维产品。酸法制得的产品色泽深, 不易漂白, 有异味, 纤维产量低, 不适合膳食纤维的制备。碱法制得的产品色泽深, 不易漂白, 无异味, 纤维产量中等, 工艺参数为: 1% 的氢氧化钠, 液料比 10:1 (ml/g), 水浴温度为 70℃, 水解时间 2h。

关键词: 红侧耳; 膳食纤维; 提取; 木瓜蛋白酶

Study on Dietary Fiber Manufacture Technics from *Pleurotus djamor* Fruitbodies

HE Xin-sheng, ZHU Wen-kun, YE Qin

(School of Life Science and Engineering, Southwest University of Science and Technology, Mianyang 621010, China)

Abstract: The preparation technics of dietary fiber based on *Pleurotus djamor* (Rumph. : Fr.) Boedijn fruitbodies with enzymic hydrolysis, acid hydrolysis or alkali dissolution were comparatively studied. The advantages and disadvantages of preparation methods were compared, and then the optimum process parameters were drawn. The products made by enzymic hydrolysis shown to have light color, easy bleach, and no strange smell. With comprehensive economy and technics. In enzymic hydrolysis, the optimum conditions are: hydrolysis temperature 60℃, liquid to solid ratio 12:1 (ml/g), hydrolysis time 2h, 3 percent papaya of neutral protease, with 60 percent of crude fiber obtained. On the contrary the products made by acid hydrolysis are of dark color, uneasy bleach, and strange smell, so acid hydrolysis is not fit for the manufacture of dietary fiber accordingly. The products made by alkali dissolution are also of dark color, uneasy bleach, though no strange smell. The optimum parameters of alkali dissolution are: 1% sodium hydroxide, liquid to solid ratio 10:1 (ml/g), hydrolysis temperature 70℃ and hydrolysis time 2h.

Key words *Pleurotus djamor* (Rumph. : Fr.) Boedijn; dietary fiber; extracting papaya of neutral protease

中图分类号: TS255.36 Q646.14

文献标识码: A

文章编号: 1002-6630(2008)04-0158-05

膳食纤维一般是由单糖为基本单位组成的有机化合物及其衍生物, 在其主链和支链结构上, 存在着许多羟基和它的活泼官能团, 可进行甲基化、羟甲基化、酯化、醚化等多种衍生物反应, 氢键等静电吸附和络合反应。这些反应决定了膳食纤维对人体健康的特有保健功能, 能够降低血液中的胆固醇含量、预防心脏病、有效预防糖尿病、促进肠胃蠕动、预防便秘、清除人体内的有害物质。

膳食纤维可应用在主食食品、焙烤食品、乳制品、饮料制品、肉制品、快餐膨化食品、糖果、肉类、罐头和一些功能性保健食品中, 可起到相同的生物功效, 与维生素和矿物质处于同等的地位。加强对膳食纤维制品的研究开发力度, 顺应了这一巨大的市场需求, 其市场前景十分广阔。

生产膳食纤维的主要原料是植物性材料, 很少有用菌物子实体为原料的报道。菌物生产较植物生产更有优势, 完全可以实现工业化生产。实验选择红侧耳为原料, 进行了菌物膳食纤维生产的初步研究。红侧耳 *Pleurotus djamor* (Rumph. : Fr.) Boedijn 子实体含纤维素较高, 常规菌株可以达到 25% 以上, 直接食用口感不佳, 不适宜鲜菇销售。红侧耳生长适应性很广, 很易栽培, 产量高, 栽培技术已相当纯熟, 可利用红侧耳的此类特性进行膳食纤维的提取及产品制备。本实验探讨了利用红侧耳制备水不溶性膳食纤维的工艺条件。

1 材料与方法

1.1 材料

收稿日期: 2007-04-26

作者简介: 贺新生(1965-), 男, 教授, 研究方向为蕈菌资源开发与利用。E-mail: hexinsheng@swust.edu.cn

红侧耳菇粉为实验室栽培的子实体, 经过烘干后粉碎, 过筛, 于 70℃ 干燥后供实验用。

1.2 方法

原料的制备和分筛: 红侧耳粉碎过筛由目数梯度分装备用; 原料中蛋白质的去除: 用酶法、酸法和碱法去除原料中的蛋白质。

1.2.1 制备方法

1.2.1.1 提取工艺流程

红侧耳 → 干燥 → 粉碎 → 过筛 → 水洗 → 酸(碱)液水解 → 固液分离

测定粗纤维含量(即不溶性膳食纤维百分比含量) ← 粉碎 ← 干燥

1.2.1.2 酸水解

称 10.00g 菇粉, 做液料比(4:1~12:1)、盐酸溶液浓度(0.5%~4%), 水解时间(0.5~3.5h)、水解温度(40~100℃)的单因素试验, 过滤后水洗、再干燥得到样品, 测定样品粗纤维含量。重复 3 次。

1.2.1.3 碱水解

称 10.00g 菇粉, 做液料比(4:1~12:1)、氢氧化钠溶液浓度(0.5%~5%), 水解时间(0.5~3.5h)、水解温度(40~100℃)的单因素试验, 过滤、水洗、干燥得到样品, 测定样品粗纤维含量。重复 3 次。

1.2.1.4 木瓜蛋白酶水解

称 10.00g 菇粉, 进行液料比(4:1~12:1)、木瓜蛋白酶溶液浓度(0.5%~5%), 水解时间(20~70min)、水解温度(50~100℃)的单因素试验, 过滤后水洗, 在干燥得到样品。测定样品粗纤维含量。重复 3 次。

1.2.2 纤维素测定方法

取样: 干燥样品、粉碎、称取 5g 置于 500ml 锥形瓶; 酸处理: 于锥形瓶中加入 200ml 煮沸的 1.25% 硫酸, 装上回流装置, 加热使之微沸, 回流 30min(每 5min 摇一次, 使混合充分), 立刻过滤, 用热水洗涤至不呈酸性; 碱处理: 用 200ml 煮沸的氢氧化钾, 将过滤的存留物洗入原锥形瓶, 加热至沸, 回流 30min; 干燥: 立即过滤, 热水洗涤 2~3 次后, 抽滤, 用热水充分洗涤后抽干。再依次用乙醇、乙醚洗涤一次, 再置于 105℃ 烘箱中烘干, 称重。

$$X(\%) = \frac{G}{M} \times 100$$

式中, X 为粗纤维含量(%); G 为残余物质; M 为样品质量(g)。

2 结果与分析

2.1 酸处理对红侧耳不溶性膳食纤维百分比含量的影响

2.1.1 原料粒度对红侧耳不溶性膳食纤维百分比含量的影响

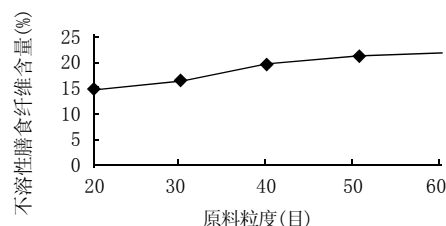


图1 原料粒度对膳食纤维含量的影响

Fig.1 Effects of material granularity on infusibility dietary fiber contents

在 70℃ 条件下, 液料比 10:1(ml/g), 盐酸浓度 1% 下提取 1.5 h, 进行粒度单因素试验, 结果如图 1 所示。由图可知在 30~40 目之间时, 产品的膳食纤维含量随粒度的减小而迅速增加, 但在 40 目以后这种变化趋势不在明显, 因此选择 40 目最适宜。

2.1.2 酸液浓度对红侧耳不溶性膳食纤维百分比含量的影响

在 70℃ 条件下, 液料比 10:1(ml/g), 水浴 1h, 并加以搅拌。水解完成后过滤、干燥、粉碎, 再测定其粗纤维含量。结果如图 2 所示, 用盐酸提取膳食纤维的过程中, 膳食纤维的产量与盐酸溶液浓度存在较显著的影响。如果盐酸溶液浓度过高, 水解反应将会过于强烈, 造成膳食纤维脱脂裂解, 产品的膳食纤维含量降低; 而浓度过低, 水解反应将十分缓慢或者不反应。所以, 必须严格的控制盐酸溶液的浓度。由图 2 可知盐酸溶液浓度应该取 2% 较适宜。

2.1.3 提取温度对红侧耳不溶性膳食纤维百分比含量的影响

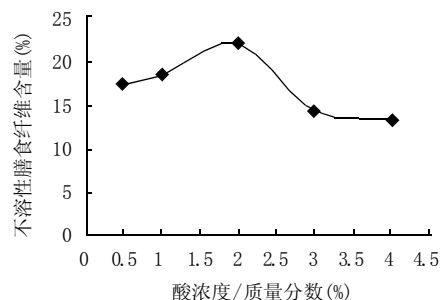


图2 酸浓度对红侧耳不溶性膳食纤维百分比含量的影响

Fig.2 Effects of acid concentration on infusibility dietary fiber contents

由酸处理得到的膳食纤维产品作为一种高分子有机物, 耐热性差。水解温度过高, 会引起本身结构的破坏, 温度过低, 则水解速度太慢, 同时, 溶液黏度增大, 难于过滤, 不易实现固液分离。由图 3 可见 70℃

为红侧耳膳食纤维的适宜提取温度。

2.1.4 提取时间对红侧耳不溶性膳食纤维百分比含量的影响

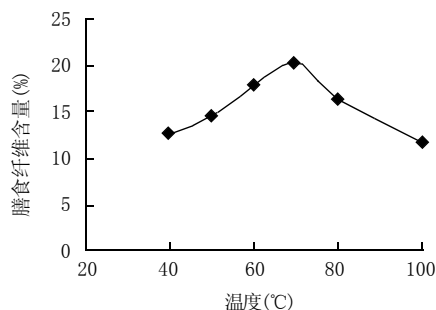


图3 水解温度对红侧耳不溶性膳食纤维百分比含量的影响
Fig.3 Effects of hydrolyze temperature on infusibility dietary fiber contents

在上述优化条件下, 时间在 0.5~2h 中进行实验。图 4 表明了提取时间红侧耳膳食纤维含量百分比的影响, 提取时间短, 原料不能充分水解; 提取时间过长, 膳食纤维被氢离子解脂、裂解, 造成产品损失。由实验可得 120min 为最宜。

2.1.5 液料比对红侧耳不溶性膳食纤维百分比含量的影响

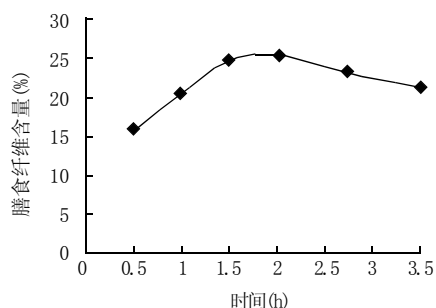


图4 水解时间对红侧耳不溶性膳食纤维百分比含量的影响
Fig.4 Effects of hydrolyze time on infusibility dietary fiber contents

红侧耳粉与酸液混合的比例要从两个方面来考虑: 首先加入酸液量要足够多, 才能保证原料中的其他物质水解并转移到液相中, 实验提取分离。其次, 随着原料与液体接触面的增大, 水解反应的程度越彻底, 所得产品含膳食纤维百分比越高。但为了在操作中减少实验的操作难度, 就要选取适当的液料比。由图 5 可知, 选取液料比为 10:1 较适宜。

2.2 碱处理对红侧耳不溶性膳食纤维百分比含量的影响

2.2.1 碱液浓度对红侧耳不溶性膳食纤维百分比含量的影响

在 70°C 条件下水浴 1h, 液料比取 10:1, 并加以搅拌, 做碱液浓度梯度单因素试验。由图 6 可知, 碱液

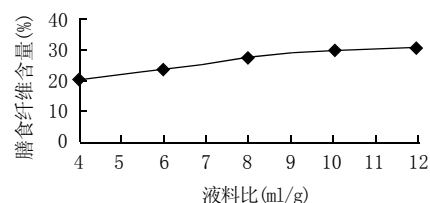


图5 液料比对红侧耳不溶性膳食纤维百分比含量的影响
Fig.5 Effects of liquid and material ratio on infusibility dietary fiber contents

浓度多不溶性膳食纤维的产量有较显著的影响。随着碱液浓度的增大不溶性膳食纤维的含量百分比不断减小。当碱液浓度较小时, 提供的介质环境不足于使半纤维素与纤维素之间的氢键破坏, 难以实现半纤维素分离。但碱液浓度过高, 纤维素会与氢氧化钠发生反应生成碱纤维素, 使纤维素的结构性质被破坏, 对不溶性膳食纤维的制备会产生不良影响。再者, 高浓度的碱液处理后的原料色泽明显加深, 是因为纤维中的多缩戊糖在碱性条件下褐变。所以综合考虑也由实验结果表明选择 2% 的碱液浓度较适宜。

2.2.2 提取温度对红侧耳不溶性膳食纤维百分比含量的影响

将原料取液料比为 10:1, 水浴 1h, 碱液浓度取质

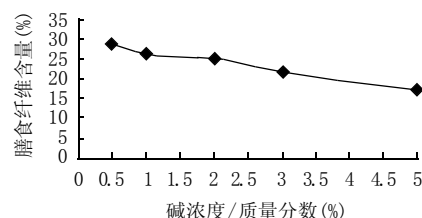


图6 碱液浓度对红侧耳不溶性膳食纤维百分比含量的影响
Fig.6 Effects of alkali concentration on infusibility dietary fiber contents

量分数为 2%, 并加以搅拌, 进行温度梯度的单因素试验。如图 7 可知升高温度, 有利于纤维素与半纤维素之间氢键的断裂, 使半纤维素加快溶解。同时, 碱纤维素的生成是一种放热反应, 温度升高可以有效抑制纤维素与碱溶液发生反应。用碱煮的方法可以很好的去除红侧耳原料中变性的蛋白质。

2.2.3 提取时间对红侧耳不溶性膳食纤维百分比含量的影响

在 70°C 条件下, 液料比取 10:1, 碱液浓度取质量分数为 2%, 并加以搅拌, 做时间梯度 (0.5h~3.5h) 的单因素试验。如图 8 可知, 在开始阶段, 随着时间的增加产品不溶性膳食纤维的百分比含量迅速增大, 但到了 2h 后这种增大的趋势不再显著, 即在 2h 时蛋白质已绝大部分溶解, 由此反映时间应该选择 2h 较适宜。

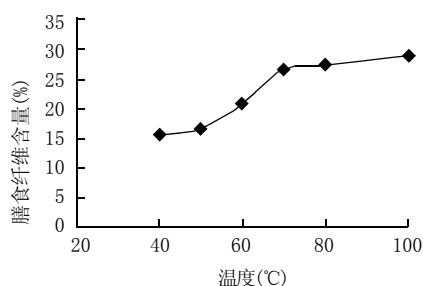


图7 水解温度对红侧耳不溶性膳食纤维百分比含量的影响

Fig.7 Effects of hydrolyze temperature on infusibility dietary fiber contents

2.2.4 液料比对红侧耳不溶性膳食纤维百分比含量的影响

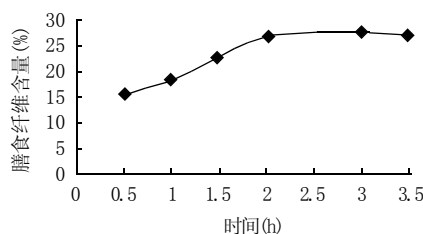


图8 水解时间对红侧耳不溶性膳食纤维百分比含量的影响

Fig.8 Effects of hydrolyze time on infusibility dietary fiber contents

在70℃条件下水浴1h, 碱液浓度取质量分数为2%, 并加以搅拌, 做液料比梯度(4:1~12:1)单因素试验。图9表明了液料比对不溶性膳食纤维百分比含量的影响。可知只有液料比足够大时, 蛋白质才能充分溶解, 随着液料比的增大, 百分比含量的增大趋势逐渐减小, 因此选用适当的液料比即可。由图9可见10:1(ml/g)的液料比为宜。

2.3 酶处理(木瓜蛋白酶)对红侧耳不溶性膳食纤维百分比含量的影响

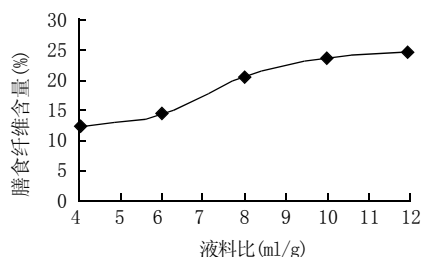


图9 液料比对红侧耳不溶性膳食纤维百分比含量的影响

Fig.9 Effects of liquid and material ration on infusibility dietary fiber contents

2.3.1 酶浓度对红侧耳不溶性膳食纤维百分比含量的影响

在酶法处理原料中, 往往同时要求较快的反应速度和使用较低的酶量, 添加的木瓜蛋白酶由0.5%~5%,

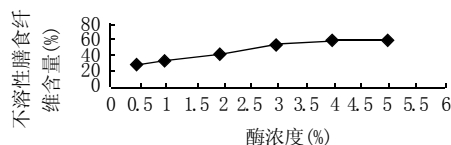


图10 酶浓度对红侧耳不溶性膳食纤维百分比含量的影响

Fig.10 Effects of enzyme concentration on infusibility dietary fiber contents

在70℃条件下水浴1h, 并加以搅拌, 水解完成后过滤、干燥、粉碎在测定粗纤维含量。不同酶浓度对红侧耳不溶性膳食纤维含量百分比的影响如图10。随着酶浓度的增加, 蛋白质及淀粉的去除率增加, 相应不溶性膳食纤维百分比含量也随之增加, 说明酶催化反应速度与酶浓度成正比, 尤其酶浓度在3%以下时, 增加更为明显。随着酶浓度的进一步增大, 不溶性膳食纤维百分比含量仅略有增加, 从生产工艺成本上以及多方面因素考虑, 酶浓度控制在3%便可达到理想效果。

2.3.2 水解温度对红侧耳不溶性膳食纤维百分比含量的影响

在50~100℃条件下进行实验, 木瓜蛋白酶浓度取3%, 液料比取10:1, 水浴时间为1h, 并加以搅拌, 水解完成后过滤、干燥、粉碎, 再进行粗纤维测定。如图11所示, 在50~70℃之间, 不溶性膳食纤维百分比含量逐渐增大, 切增大趋势高快, 而在70~90℃之间, 这种上升趋势降低, 处于基本恒定, 且处于不溶性膳食纤维百分比含量峰值, 随后百分比含量迅速降低。木瓜蛋白酶的活性最适温度为70℃, 当温度达到变聚集性温度区域后, 分子运动剧烈, 足以打断酶稳定的二级和三级结构键, 此种变性作用常导致蛋白质聚集作用而使活性迅速降低, 所以过高温度的水解迅速下降。本实验在70~75℃之间能取得较理想的效果。

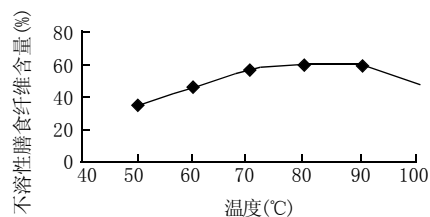


图11 水解温度对红侧耳不溶性膳食纤维百分比含量的影响

Fig.11 Effects of hydrolyze temperature on infusibility dietary fiber contents

2.3.3 水解时间对红侧耳不溶性膳食纤维百分比含量的影响

在优选条件下, 水解不同的时间, 产品不溶性膳食纤维百分比含量结果如图12所示。在50min以前, 不溶性膳食纤维百分比含量增大趋势较显著, 在50~70min之间, 这种增长趋势减慢。主要原因是随着水解时间的推移。底物浓度显著降低, 液化水解基本完成

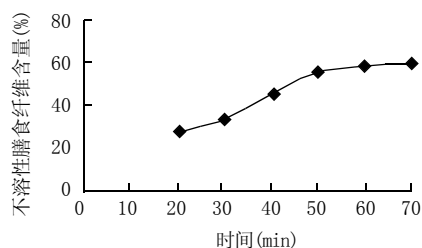


图12 水解时间对红侧耳不溶性膳食纤维百分比含量的影响

Fig.12 Effects of hydrolyze time on infusibility dietary fiber contents

了, 由于蛋白质水解反应是可逆反应, 溶液中水解产物浓度逐渐增大, 所以过高的产物和过低的底物浓度会对水解反应产生抑制作用, 因此本实验酶法水解时间达到60min即可。

2.3.4 液料比对红侧耳不溶性膳食纤维百分比含量的影响

在70℃条件下, 选取质量百分数为3%的酶溶液, 水解1h, 做液料比(5:1~12:1)的单因素试验。由于蛋白质的水解反应是可逆反应, 应该是产物浓度越低越利于反应, 相应也就是液料比越大得到的产物不溶性膳食纤维百分比含量越高, 但从生产成本预算以及多方面因素考虑, 选取较适宜的液料比即可。由图13可知, 随着液料比的不断增大, 产品不溶性膳食纤维的百分比含量7:1~10:1之间增加迅速, 之后增长趋势开始减缓。因此, 本试验选择10:1的液料比就可达到较好的效果。

2.3.5 正交试验

在酶法单因素试验的基础上, 采用 $L_9(3^4)$ 正交试验对制备工艺条件作进一步的优化, 试验结果如表所示(试验重复次数3次, 取平均值)。

由极差分析可以得到影响提取过程的各种因素的主次关系是: 温度>时间>液料比>酶液浓度, 最优的方案是 $A_1B_3C_3D_3$, 即, 反应温度为60℃, 液料比为12:1(mL/g), 时间2h, 酶液浓度3%。

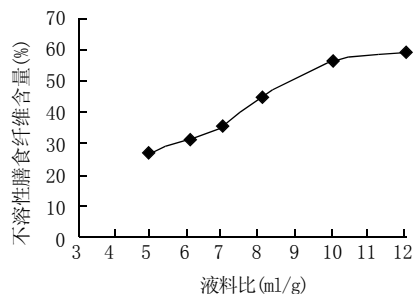


图13 液料比对红侧耳不溶性膳食纤维百分比含量的影响

Fig.13 Effects of liquid and material ration on infusibility dietary fiber contents

3 讨论与结论

有报道认为用酶水解得到的产品蛋白质含量相对较

表1 $L_9(3^4)$ 正交试验Table 1 Results of $L_9(3^4)$ orthogonal and analysis of range

实验号	因素				
	A温度(℃)	B液料比(mL/g)	C时间(h)	D溶液浓度(%)	产量(g)
1	60	8:1	1	1%	3.14
2	60	10:1	1.5	2%	3.57
3	60	12:1	2	3%	5.04
4	70	8:1	1.5	3%	2.34
5	70	10:1	2	1%	3.54
6	70	12:1	1	2%	3.19
7	80	8:1	2	2%	2.98
8	80	10:1	1	3%	2.94
9	80	12:1	1.5	1%	2.80
K_1	11.75	8.46	9.27	9.48	$\Sigma = 29.54$
K_2	9.07	10.05	8.71	9.74	
K_3	8.72	11.03	11.66	10.32	
极差 R	3.03	2.57	2.95	0.84	
优方案	A_1	B_3	C_3	D_3	

高, 决定膳食纤维产品的质量的不仅只是纤维含量。含65%左右纤维膳食纤维产品可以有效的应用于面制品中, 纤维含量在75%的膳食纤维产品可用于肉制品。有报道认为用酸碱法制取膳食纤维时, 反复的水浸泡冲洗和频繁的热处理会明显减少纤维终产品的持水力和膨胀性, 这会恶化工艺特性。因为膳食纤维增加饱腹感可预防肥胖症、增加粪便排出量可预防便秘等方面与其持水力、溶胀性有密切的关系。

通过实验得到红侧耳不溶性膳食纤维制备工艺较佳条件为: 酶法制得的产品色泽浅, 易漂白, 无异味; 综合经济和技术等因素, 较优的酶法工艺参数为水解温度为60℃, 液料比为12:1(mL/g), 水解时间2h, 木瓜蛋白酶液浓度3%, 便可得60%左右的膳食纤维产品。酸法制得的产品色泽深, 不易漂白, 有异味, 纤维产量低, 不适合膳食纤维的制备。碱法制得的产品色泽深, 不易漂白, 无异味, 纤维产量中等, 工艺参数为: 1%的氢氧化钠, 液料比10:1(mL/g), 水浴温度为70℃, 水解时间2h。

参考文献:

- [1] 董文彦, 张东平. 三种膳食纤维降血脂、通便与减肥作用的比较研究[J]. 中国粮油学报, 2000, (2): 40-44.
- [2] BAKER R A. Potential dietary benefits of citrus pectin and fiber [J]. J Food Technol, 1994, 48(1): 133-136; 138-139.
- [3] JENKINS D J A, KENDALL C W C, RANSOM T P P. Dietary fiber, the evolution of the human diet and coronary heart disease [J]. Nutrition Research, 1998, 18(4): 633-652.
- [4] 曹树稳, 黄绍华, 温辉梁. 藜蒿膳食纤维的制备、组成及性能研究 [J]. 中国食品添加剂, 1996(4): 7-10.
- [5] 郑建仙, 孙由芬. 膳食纤维分析方法的研究 [J]. 华南理工大学学报, 1996, 24(12): 73-78.
- [6] 曹树稳, 黄绍华. 几种膳食纤维的制备工艺研究 [J]. 食品科学, 1997, 18(6): 41-45.