

发酵法制备榴莲皮膳食纤维的工艺研究

李家洲

(广东轻工职业技术学院食品与生物工程系, 广东广州 510300)

摘要: 以榴莲皮为原料, 用保加利亚乳杆菌和嗜热链球菌为菌种, 发酵生产膳食纤维。经过单因素实验和中心组合实验, 确定生产的最佳工艺条件为接种量 10.5%、发酵时间 22.0h、发酵温度 38.3 °C, 可获得最高膳食纤维产量为 29.50%。

关键词: 榴莲皮; 膳食纤维; 工艺

文章编号: 1673-9078(2012)8-995-997

Production of Dietary Fiber from *Durian* Shell

LI Jia-zhou

(Department of Food and Biotechnology Engineering, Guangdong Industry Technical College, Guangzhou 510300, China)

Abstract: With *Durian* shell as material, dietary fiber was produced via fermentation with *Lactobacillus bulgaricus* and *Streptococcus thermophilus*. With single factor experiments and central design experiments, the optimal process conditions were determined as follows: inoculation amount 10.5%, fermentation time 22.0 h and fermentation temperature 38.3 °C. Under these conditions, the highest productivity (29.50%) could be achieved.

Key words: durian shell; dietary fiber; process

榴莲 (*Durian*), 又称韶子, 属木棉科落叶乔木。原产东印度和马来西亚, 后传遍整个东南亚。中国海南也有少量栽培。榴莲果拥有“热带果王”的美称, 其果肉具有非常高的营养价值, 富含多种人体所必需的维生素、矿物质、氨基酸等成份^[1-2]。近年来, 我国对榴莲的消费量巨大, 目前年消费量在 14 万 t 左右, 且稳定增长。榴莲果实中, 其果壳占总重约 60%, 因此, 榴莲消耗必然产生大量的榴莲壳。有关榴莲壳的资源化利用, 近年来逐渐受到重视。研究发现榴莲壳含有多种药理学功能。如榴莲皮提取物具有抗亚硝化反应、止咳、镇痛、抗菌等功效^[3-4]。本研究通过提取榴莲壳中的膳食纤维, 并对其特性进行研究, 为榴莲壳的综合利用提供新的思路。

1 材料与方法

1.1 实验材料、试剂与仪器

1.1.1 材料与菌种

榴莲皮购自广州市水果市场, 经粉碎烘干, 过 40 目筛。保加利亚乳杆菌(*Lactobacillus bulgaricus*, *L.B.*), 嗜热链球菌(*Streptococcus thermophilus*), 由本实验室保存。

1.1.2 仪器

收稿日期: 2012-05-21

基金项目: 广东省农业科技攻关项目(2005B20401011)。

作者简介: 李家洲(1976-), 男, 副教授, 主要研究方向为食品加工工艺

精密 pH5-25(上海雷磁分析仪器厂); BT124S 电子分析天平(德国赛多利斯公司); 电热恒温水浴锅(南京先欧仪器制造有限公司); ZHWY-111B 大容量恒温摇床(上海智城分析仪器制造有限公司)。

1.2 实验方法

1.2.1 榴莲皮膳食纤维提取工艺流程

榴莲皮粉→接种菌种→固体发酵→洗涤→干燥→质量检测

1.2.2 菌种制备

1.2.2.1 斜面活化培养基 MRS 培养基^[5]。

1.2.2.2 液体种子培养基。脱脂牛奶 6 g/mL, 自然 pH, 121 °C 灭菌 15 min, 同时接入保加利亚乳杆菌和嗜热链球菌斜面菌种, 120 r/min 培养 20 h。

1.2.3 单因素实验

1.2.3.1 接种量的影响。分别取 6 份(500 g/份)榴莲皮干粉, 依次接种入 15 mL、30 mL、45 mL、60 mL、90 mL、105 mL 种子液后, 再按每瓶菌液加无菌水共 300 mL 的标准补足无菌水, 并混合均匀, 密封后置于 40 °C 恒温培养箱培养 20 h, 取出用蒸馏水冲洗至中性, 烘干至恒重, 计算产率, 检测持水性和溶胀性。

1.2.3.2 发酵时间的影响。分别取 8 份(500 g/份)榴莲皮干粉, 以前面确定的最优接种量接入菌液和无菌水, 置于 40 °C 恒温培养 14 h、16 h、18 h、20 h、22 h、24 h、26 h、30 h, 取出用蒸馏水冲洗至中性, 烘干至恒重, 计算产率, 检测持水性和溶胀性。

1.2.3.3 发酵温度的影响。取 5 份(500 g/份)榴莲皮干粉, 以前面的接种量和时间, 分别置于 34 °C、36 °C、38 °C、40 °C、42 °C 培养, 然后取出用蒸馏水冲洗至中性, 烘干至恒重, 计算产率, 检测持水性和溶胀性。

1.2.4 中心组合实验

根据单因素实验结果, 选择合适的因素水平做中心组合实验以优化工艺条件。中心组合实验用 Minitab 15 软件进行设计分析^[6]。并选择最优条件进行验证, 以确定实验结果的可靠性。

1.2.5 榴莲皮膳食纤维特性检测方法

膳食纤维的持水性和溶胀性检测参考文献^[7]。

2 实验结果与分析

2.1 接种量对榴莲皮膳食纤维的影响

接种量以每 100 g 原料接入的菌液体积表示(10^{-2} mL/g)。产率为 10 g 原料所获得的膳食纤维产量(10^{-1} g/g)。

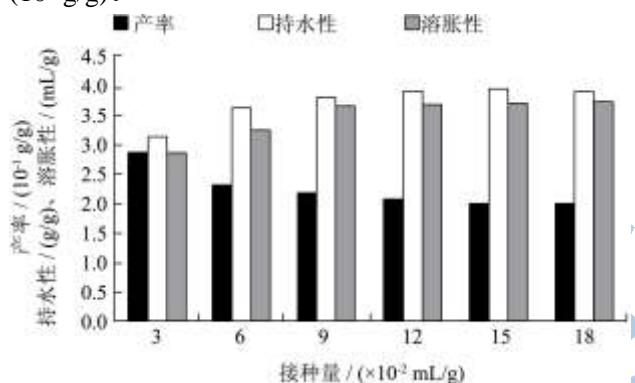


图 1 接种量对膳食纤维产率及其特性的影响

Fig.1 Effects of inoculation amount on the yield and characteristics of Durian shell dietary fiber

从图 1 中可以看出, 随着接种量的提高, 膳食纤维产率先是小幅下降, 至 12% 以上, 基本不再上升, 表明在考查的范围内, 接种量对产率的影响并不显著。持水性和溶胀性均先随接种量上升而升高, 至 12% 以上, 达到饱和。接种量升高后, 对榴莲皮中的可降解成分降解的更充分, 也使产品的纯度更高, 故产率下降, 但持水性和溶胀性均出现不同程度的上升。本实验表明, 膳食纤维的性能出了受其本身的分子结构影响外, 还受其纯度的影响, 纯度越高, 性能越好。

2.2 发酵时间的影响

发酵时间对榴莲皮膳食纤维产率、持水性与溶胀性的影响见图 2。

从图 2 中可以看出, 随着发酵时间的延长, 产率先是下降, 至 22 h 后, 产率保持稳定, 持水性与溶胀性先是随发酵时间延长而上升, 至 22 h 后, 达到饱和并维持稳定。发酵时间太短, 原料中的淀粉、蛋白等

杂技未被充分降解, 故产率较高, 其产品的纯度了较低。随着发酵时间的延长, 至 22 h 之后, 可被微生物降解的成份已经完全降解, 故继续发酵下去, 产率不再继续下降。相应由于随时间的延长, 产品纯度不断上升, 因此其持水性和溶胀性不断上升, 至 22 h 后达到平衡。

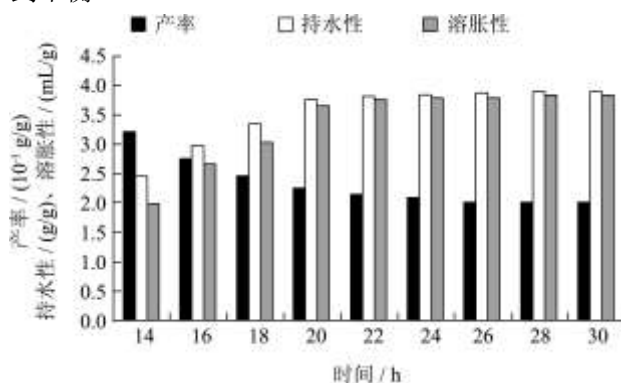


图 2 时间对膳食纤维产率及其特性的影响

Fig.2 Effects of time on the yield and characteristics of Durian shell dietary fiber

2.3 发酵温度的影响

发酵温度对榴莲皮膳食纤维产率和特性的影响见图 3。

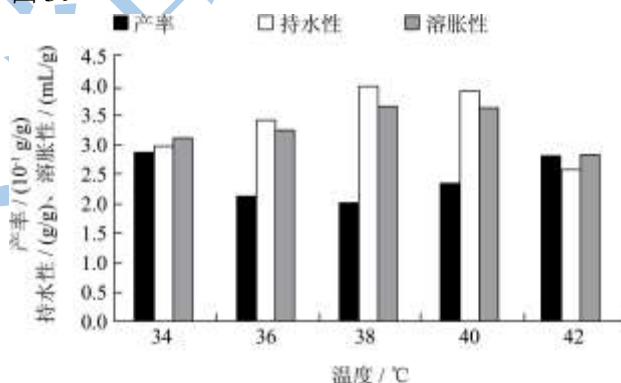


图 3 温度对榴莲皮膳食纤维产率与特性的影响

Fig.3 Effects of temperature on the yield and characteristics of Durian shell dietary fiber

从图 3 可以看出, 随着发酵温度的升高, 膳食纤维的产率先是下降, 至 38 °C 达到最低, 而后开始上升。膳食纤维产品的持水性和溶胀性的变化规律则与产率正好相反, 先是随温度升高而升高, 至 38 °C 后, 逐渐下降。这表明, 38 °C 是最佳的发酵温度, 所得产品的产率最低, 纯度最高, 持水性和溶胀性均较高。

2.4 中心组合实验

为了确定最佳的工艺条件, 进一步采用中心组合实验进行优化。中心组合实验设计目前已经广泛用于优化生产工艺参数的研究^[8,9]。设接种量为 X_1 、时间为 X_2 、温度为 X_3 , 根据单因素实验结果, 选择 ($X_1=12\%$ 、 $X_2=22$ h、 $X_3=38$ °C) 为中心点, 以 X_1 (9%、

15%)、X₂ (20 h、24 h)、X₃ (36 °C、40 °C)为空间, 采用中心组合设计, 因素水平见表 1。

表 1 中心组合实验因素水平

Table 1 Factors and levels of Center design experiments

水平	因素		
	X ₁ (接种量/%)	X ₂ (时间/h)	X ₃ (温度/°C)
-1	9	20	36
0	12	22	38
1	15	24	40

利用 Minitab 15 软件设计的中心组合实验方案见表 2。根据单因素实验结果, 产品的持水性、溶胀性与产率之间存在相当高的关联性, 因此, 从简化实验的角度考虑只选择产率为响应值。方差分析见表 3。

表 2 中心组合实验设计及结果

Table 2 Center Design of experiment and the results

序号	X ₁	X ₂	X ₃	产率/%
1	12.00	20.00	40.00	27.0
2	12.00	24.00	36.00	27.3
3	10.50	22.00	38.00	29.5
4	10.50	22.00	38.00	29.5
5	9.00	20.00	36.00	26.6
6	9.00	24.00	40.00	27.3
7	9.00	20.00	40.00	27.1
8	9.00	24.00	36.00	25.4
9	12.00	24.00	40.00	26.6
10	10.50	22.00	38.00	29.5
11	10.50	22.00	38.00	29.5
12	12.00	20.00	36.00	26.5
13	10.50	22.00	34.73	27.8
14	10.50	18.73	38.00	26.7
15	10.50	25.27	38.00	26.5
16	8.05	22.00	38.00	26.3
17	12.95	22.00	38.00	26.7
18	10.50	22.00	38.00	29.5
19	10.50	22.00	38.00	29.5
20	10.50	22.00	41.27	28.0

表 2 中的系数为回归方程各项的系数值, 带入得回归方程为 $Y(\text{产率})=29.4994+0.0124 X_1-0.00695 X_2+0.01821 X_3-0.11172 X_1^2-0.10797 X_2^2-0.05885 X_3^2+0.01750 X_1*X_2-0.0325 X_1*X_3+0.0025 X_2*X_3$ 。R²=98.71%, 表明上述方程的自变量与因变量之间良好的线性关系。方程中, X₁*X₁、X₂*X₂、X₃*X₃、X₁*X₃对响应值影响及其显著, X₂、X₃、X₁*X₃对响应值的影响显著, 其它一般显著。经 Minitab 软件对结果进行

优化分析, 得到最优组合为接种量 10.53%、发酵时间 21.97 h、发酵温度 38.30 °C, 在该最优组合下可得最高产量为 29.52%。经四舍五入, 确定接种量 10.5%、发酵时间 22.0 h、发酵温度 38.3 °C 为最优条件进行实验, 得到 29.50% 产率, 与优化结果接近。

表 3 中心组合实验设计结果分析

Table 3 Analysis of center design experimental results

项	自由度	系数	标准误差	F	P
常量	9	2.94994	0.009733	303.093	0.000**
X ₁	1	0.01240	0.006536	1.897	0.094
X ₂	1	-0.00695	0.006536	-1.063	0.028*
X ₃	1	0.01821	0.006536	2.787	0.024*
X ₁ *X ₁	1	-0.11172	0.006567	-17.012	0.000**
X ₂ *X ₂	1	-0.10797	0.006567	-16.441	0.000**
X ₃ *X ₃	1	-0.05885	0.006567	-8.961	0.000**
X ₁ *X ₂	1	0.01750	0.008438	2.074	0.072
X ₁ *X ₃	1	-0.03250	0.008438	-3.852	0.005**
X ₂ *X ₃	1	0.00250	0.008438	0.296	0.053
总残差	8		0.004557		
失拟项	5		0.004557		
纯误差	3		0.000000		
总误差	19		0.351884		
R ² =99.71%, R ² _{adj} =98.92%					

注: *差异显著, P<0.05; **差异及其显著, P<0.01。

3 结论

榴莲作为热带水果的代表, 近年来受到越来越多人的喜爱。我国对榴莲的消费量逐年增加, 由此产生大量的榴莲皮。研究对榴莲皮的深加工方法, 变废为宝, 以减轻环境压力。通过实验研究, 确定以保加利亚乳杆菌和嗜热链球菌为菌种进行发酵生产膳食纤维, 其最优条件为接种量 10.5%、发酵时间 22.0 h、发酵温度 38.3 °C, 可获得最高膳食纤维产量为 29.50%。

参考文献

[1] Subhadrabandhu S, Ketsa S, Daphne T, et al. Durian, king of tropical fruit [M]. New Zealand: New Zealand publishing company, 2001

[2] 李冬梅, 尹凯丹. 榴莲的保健价值和加工利用[J]. 中国食品与营养, 2009, 3: 32-34

[3] 陈纯馨, 陈忻, 刘爱文, 等. 榴莲壳提取液抗亚硝化反应的研究[J]. 食品科技, 2005, 21(2): 89-91

[4] 吴敏芝, 谢果, 李泳贤, 等. 榴莲壳提取物止咳、镇痛及抗菌作用研究[J]. 南方医科大学学报, 2010, 30(4): 793-797

- [5] Weickert M O, Andreas F H, Pfeiffer. Metabolic effects of dietary fiber consumption and prevention of diabetes [J]. The Journal of Nutrition, 2008, 138(4): 429-442
- [6] Davis J N, Alexander K E, Ventura E E, et al. Inverse relation between dietary fiber intake and visceral adiposity in overweight Latino youth [J]. American Journal of Clinical Nutrition, 2009, 90: 1160-1166
- [7] Zhang C L, Shao Y T, Zou Y, et al. Preparation and properties of insoluble dietary fiber from marc of *Hovenia dulcis* thumb [J]. Chemistry and Industry of Forest Products, 2010, 30(4): 59-64
- [8] 魏海柳,李琳,马明松,等.响应面法优化水提白附片中的总生物碱[J].现代食品科技,2012,28(3):309-312
- [9] 王晓琴,张晓武.响应面法优化小球藻蛋白质提取工艺[J].现代食品科技,2012,28(3):300-303

现代食品科技