

# 图解法优化荔枝果浆酶解澄清的工艺

梁琳贞, 郭丹, 胡卓炎, 余恺, 余小林

(华南农业大学食品学院, 广东广州 510642)

**摘要:** 为了制备荔枝澄清果汁, 探讨不同的果胶酶用量(质量分数 0.02%~0.06%, *m/m*), 酶解时间(1~3 h)和温度(35~55 °C)等工艺参数对荔枝果汁的出汁率和澄清度的影响。结果表明果胶酶处理可以提高荔枝果汁的出汁率和澄清度。通过响应面设计分析和图解法优化途径, 获得果胶酶制备荔枝澄清果汁的较优工艺条件, 在酶用量 0.045%~0.05% (*m/m*), 温度 46~50 °C 和时间 2.0~2.5 h 时, 荔枝果汁的出汁率和透光率的预测值分别为 90.40% 和 91.10%。经实验验证, 预测值与实验值相符。

**关键词:** 荔枝汁; 果胶酶; 澄清; 图解法优化

**文章编号:** 1673-9078(2012)6-655-658

## Graphical Approach for the Optimization of the Production of Clarified Lychee Juice by Pectinase Treatment

LIANG Lin-zhen, GUO Dan, HU Zhuo-yan, YU Kai, YU Xiao-lin

(College of Food Science, South China Agriculture University, Guangzhou 510642, China)

**Abstract:** In order to obtain the clarified lychee juice, the effect of pectinase concentration (0.02%~0.06%), temperature (35~55 °C) and time (1~3 h) on the yield and clarity of lychee juice was determined by using the response surface methodology (RSM). The results showed that the yield and clarity of juice were increased by enzymatic treatment. The optimum conditions for enzymatic treatment of lychee pulp obtained by RSM with graphical approach were 0.045%~0.05% (*m/m*) of pectinase concentration, 46~50 °C of temperature and 2.0~2.5 h of enzymatic time. The predicted values for juice yield and clarity were 90.40% and 91.10%, respectively, which was in accordance with the experimental values.

**Key words:** lychee juice; pectinase; clarification; graphical approach optimization

荔枝是我国南方四大名果之一, 无患子科乔木植物<sup>[1,2]</sup>。分布于我国西南部、南部和东南部等地方。其果实营养丰富, 富含人体必需的氨基酸, 维生素 C, 微量元素及蛋白质。研究表明适当食用荔枝可补脑健身, 增强机体免疫能力, 促进食欲<sup>[3]</sup>。研究发现荔枝因富含  $\gamma$ -氨基丁酸<sup>[4]</sup>, 是制备富  $\gamma$ -氨基丁酸功能食品的新资源原料。近年来, 荔枝的加工向多样化发展, 如可将荔枝加工成荔枝干、罐头等传统的产品, 还可将荔枝加工成果汁、果酒等液体产品。在果汁产品中, 包括混浊果汁和澄清果汁的产品形式。澄清果汁除可用于制备浓缩果汁及饮料外, 也是用于制备含汽果汁饮料、透明果冻、功能食品等新产品的必要原料。

国外已有利用果胶酶处理可制备澄清果汁的研究报道, Vijayanand 等人研究澄清处理对进一步制备浓缩荔枝果汁的质量影响<sup>[5]</sup>, 此外, 果胶酶处理对多种

果蔬<sup>[6~8]</sup>的澄清果汁加工, 均取得不错的效果。酶解处理对果汁的出汁和澄清效果的影响因素包括酶浓度、作用时间和温度等。国内对荔枝果汁加工中利用图解法优化酶解工艺参数条件的研究报道还不多见。本工作拟利用果胶酶处理荔枝果浆, 探讨酶解工艺参数对出汁率和澄清效果的影响, 并利用图解优化途径, 优化酶解条件, 为实际生产提供参考依据。

### 1 材料与方法

#### 1.1 实验材料

荔枝: 品种为怀枝, 产地为广东省从化市。

果胶酶 PECTINEX Ultra Clear (酶活力: 26000 PG/mL): 由诺维信公司提供。

#### 1.2 试验仪器

DK-8D 电热恒温槽, 上海一恒科技有限公司; UVmini-1240 紫外分光光度计, 日本岛津; TD5-II 低速离心机, 长沙平凡仪器仪表公司; TA500 质构测定仪, 英国 Lloyd-instruments Co.Ltd。

#### 1.3 方法

收稿日期: 2011-11-29

基金项目: 国家荔枝龙眼产业技术体系项目 (CARS-33-15)

作者简介: 梁琳贞(1986-), 女, 硕士研究生, 研究方向: 食品加工与保藏

通讯作者: 胡卓炎教授

### 1.3.1 工艺流程

荔枝鲜果→挑选→清洗→剥皮去核→打浆→加入果胶酶进行处理→加热钝化酶活性→快速冷却→压榨果汁→离心分离→清汁

### 1.3.2 出汁率测定方法

果汁出汁率的测定<sup>[9]</sup>: 将果浆倒入滤袋(200目), 放在连接有探头的质构仪中, 设定压力为400.00 N, 时间为10 s, 连续压榨两次, 按照下面的公式可计算出汁率。

$$\text{出汁率}(\%) = (M_1/M_0) \times 100$$

注:  $M_0$ : 荔枝果浆量(g);  $M_1$ : 荔枝果浆酶解压榨后的滤渣量(g)。

果汁澄清度的测定<sup>[7]</sup>: 采用分光光度法。果浆经酶解, 钝化酶活性, 冷却, 压滤后, 经3500 r/min离心20 min, 取上清液。以蒸馏水为参照物, 取少量荔枝汁上清液装入1 cm的比色皿中, 在660 nm用分光光度计测定透光率, 用透光率T(%)表示果汁的澄清度。

### 1.3.3 单因素试验设计

#### 1.3.3.1 酶解温度对荔枝汁澄清效果的影响

称取50 g荔枝果浆5份, 各加入质量分数为0.06%的果胶酶, 选择酶解温度30、35、40、45、50和55℃进行单因素试验, 酶解2 h, 取出荔枝果浆, 加热至90℃钝化酶活性。然后放入冰水浴中冷却至室温, 将果汁转入滤袋, 使用质构仪压出果汁, 测定出汁率。获得的果汁经3500 r/min, 离心20 min, 取上清液, 测定透光率指标。

#### 1.3.3.2 酶解时间对荔枝汁澄清效果的影响

分别取50 g荔枝果浆5份, 各加入质量分数为0.06%的果胶酶, 在50℃水浴下酶解1、1.5、2、2.5和3 h。反应结束后, 立即取出将其加热升温至90℃钝化酶活性, 冷却至室温后, 将果汁转入滤袋, 使用质构仪压出果汁, 测定出汁率。获得的果汁经3500 r/min, 离心20 min, 取上清液, 测定透光率指标。

#### 1.3.3.3 果胶酶用量对荔枝汁澄清效果的影响

分别取50 g荔枝果浆5份, 分别加入质量分数为0.02%、0.04%、0.06%、0.08%、0.10%的果胶酶, 混合均匀, 于50℃水浴中酶解2 h, 取出将其加热升温至90℃钝化酶活性, 冷却至室温后, 将果汁转入滤袋, 使用质构仪压出果汁, 测定出汁率。获得的果汁经3500 r/min, 离心20 min, 取上清液, 测定透光率指标。

### 1.3.4 酶解参数组合试验设计与优化

综合单因素试验结果, 选取温度( $X_1$ , 35~55℃), 时间( $X_2$ , 1~3 h), 果胶酶用量( $X_3$ , 0.02%~0.06%,  $m/m$ )为自变量, 以出汁率( $Y_1$ )和透光率( $Y_2$ )为响应值。

根据 Box-Behnken 组合设计原理进行三因素三水平实验设计, 见表1。利用 Design Expert 7.1 软件进行数据处理。采用图解法优化酶解条件。

## 2 结果与讨论

### 2.1 工艺参数对荔枝果汁的酶解作用

#### 2.1.1 温度对荔枝汁出汁率和澄清效果的影响

酶解温度对荔枝果汁的出汁率和澄清效果的影响结果见图1和图2。

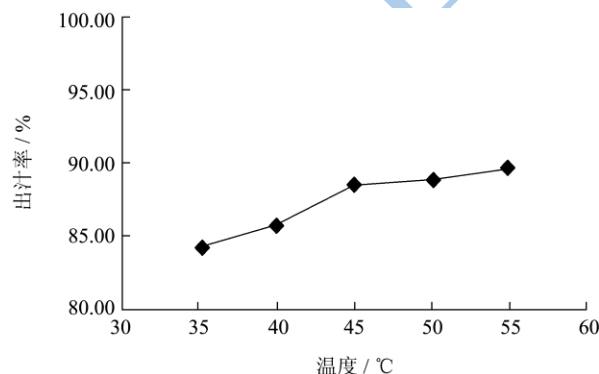


图1 酶解温度对荔枝出汁率的影响

Fig.1 Effect of treatment temperature on the yield of lychee juice

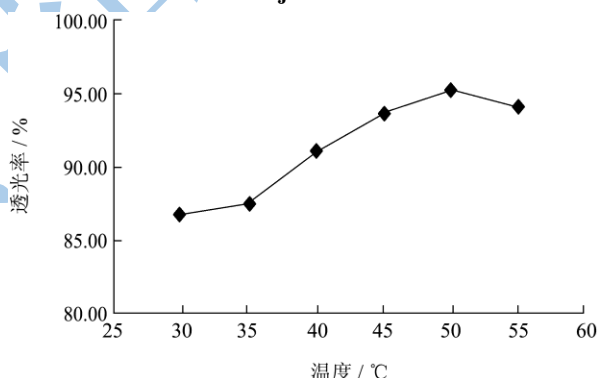


图2 酶解温度对荔枝汁透光率的影响

Fig.2 Effect of treatment temperature on the clarity of lychee juice

从图1可知, 温度对果胶酶的作用有显著影响。在35~45℃之间, 荔枝的出汁率随温度的升高而明显升高, 而在45~55℃时出汁率的增幅减少。从图2可知温度对荔枝汁的透光率也有明显的影响。当温度低于55℃时, 透光率随温度的升高而增大。当温度为55℃时, 透光率达到最大值, 其后随着温度的升高, 酶活性逐渐下降, 透光率降低。酶解温度对酶的活性有一定的影响, 从而影响酶对荔枝果汁的澄清效果。

#### 2.1.2 时间对荔枝果汁出汁率和澄清效果的影响

时间对荔枝果汁的出汁率和澄清效果的影响见图3和图4。

从图3可看出, 随着酶解时间的延长, 果汁的出

汁率呈先上升后下降的趋势。当酶作用时间为 1~1.5 h 时, 果胶类物质被分解, 使得果浆容易压榨, 荔枝的出汁率成上升趋势。随着时间的延长, 荔枝的出汁率继续提高, 但升高的幅度不大。当时间大于 2.5 h 时, 出汁率反而下降<sup>[10]</sup>。

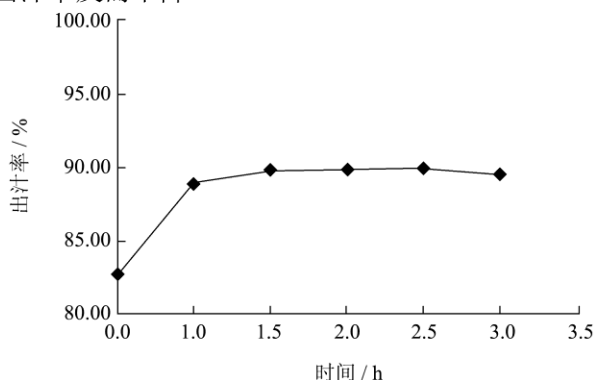


图 3 酶作用时间对荔枝出汁率的影响

Fig.3 Effect of treatment time on the yield of lychee juice

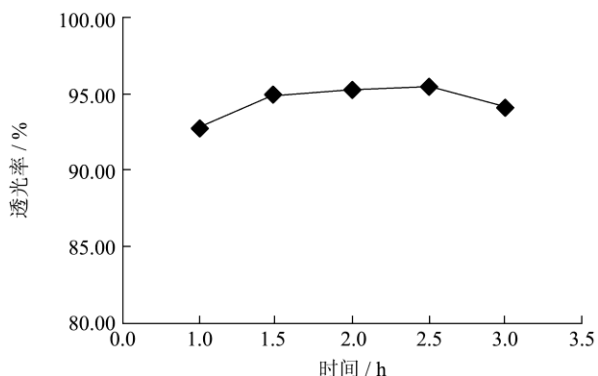


图 4 酶作用时间对荔枝汁透光率的影响

Fig.4 Effect of treatment time on the clarity of lychee juice

从图 4 可以看出, 随着酶解时间的延长, 果汁的透光率逐渐增加, 但是超过 2.5 h 时, 果汁的透光率反而下降。

### 2.1.3 果胶酶用量对荔枝汁出汁率和澄清效果的影响

酶用量对荔枝汁出汁率和澄清效果的影响结果见图 5 和图 6。

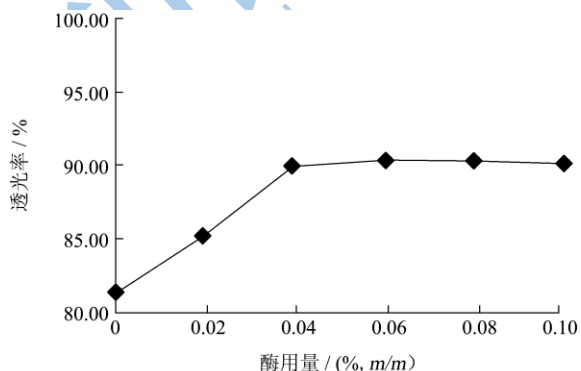


图 5 果胶酶用量对荔枝出汁率的影响

Fig.5 Effect of enzyme concentration on the yield of lychee juice

由图 5 可知, 随着果胶酶用量的增大, 荔枝的出

汁率逐渐升高。当果胶酶用量为 0.04%(m/m)时, 荔枝的出汁率达到最大。随后增加果胶酶的用量, 出汁率基本保持不变。在酶促反应中, 底物浓度和酶促反应速度成正比。但当继续加大底物浓度时, 反应速度趋于平衡, 不再上升。

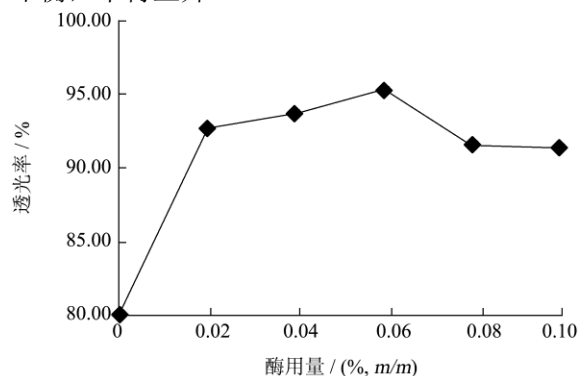


图 6 果胶酶用量对荔枝汁透光率的影响

Fig.6 Effect of enzyme concentration on the clarity of lychee juice

由图 6 看出, 当果胶酶的用量小于 0.02% (m/m) 时, 透光率随果胶酶用量的增加而增大。果胶酶用量增加到 0.04%~0.06%(m/m)时, 透光率增加幅度不大。当果胶酶用量超过 0.06%时, 透光率反而有所下降。这是因为用量过多, 酶蛋白又会使果汁产生混浊, 可见果胶酶用量过多无益于果汁的澄清。

## 2.2 工艺参数的优化

### 2.2.1 响应曲面设计方案及结果

利用 Design Expert 软件进行响应曲面试验设计, 试验方案及结果见表 1。

### 2.2.2 出汁率的二次回归方程

对表 1 的数据进行方差分析和拟合, 建立出汁率二次回归方程 (Y<sub>1</sub>) 为:

$$Y_1 = 89.86 + 0.026X_1 + 0.61X_2 + 2.79X_3 - 0.68X_1X_2 + 1.13X_1X_3 - 0.05X_2X_3 - 1.03X_1^2 - 0.74X_2^2 - 3.52X_3^2$$

所建立的回归方程具极显著性 (P<0.0001), 失拟项不显著 (P=0.2657), 模型的决定系数 R<sup>2</sup>=0.9774, 该模型的拟合程度较好, 因此可用该模型来分析和预测果胶酶处理条件对荔枝果汁出汁率的影响。

### 2.2.3 透光率的二次回归方程

对表 1 的数据进行方差分析和拟合, 建立透光率的二次回归方程 (Y<sub>2</sub>) 为:

$$Y_2 = 90.6 + 1.38X_1 + 0.96X_2 + 0.13X_3 - 0.70X_1X_2 + 0.39X_1X_3 - 0.74X_2X_3 - 0.71X_1^2 - 1.05X_2^2 - 1.07X_3^2$$

所建立的回归方程模型具有显著性 (P<0.05), 而失拟项不显著 (P=0.8886)。模型的决定系数 R<sup>2</sup>=0.8380, 说明该模型拟合程度较好, 可用该模型分析和预测果胶酶处理条件对荔枝果汁透光率的影响。

表 1 响应面设计方案及试验结果

Table 1 Experimental design and results obtained for yields and clarity of lychee juicie

实验号	X <sub>1</sub> (温度)	X <sub>2</sub> (时间)	X <sub>3</sub> (酶用量)	出汁率/%	透光率/%
1	-1	-1	0	87.10	85.69
2	1	-1	0	87.60	89.92
3	-1	1	0	89.95	89.88
4	1	1	0	87.73	91.11
5	-1	0	-1	83.10	88.13
6	1	0	-1	81.80	90.24
7	-1	0	1	86.55	87.35
8	1	0	1	89.78	91.00
9	0	-1	-1	82.35	87.21
10	0	1	-1	83.40	89.96
11	0	-1	1	87.90	89.20
12	0	1	1	88.75	88.99
13	0	0	0	89.60	92.60
14	0	0	0	90.40	89.20
15	0	0	0	90.20	91.80
16	0	0	0	89.00	90.70
17	0	0	0	90.10	90.50

2.2.4 酶解工艺参数的优化和验证

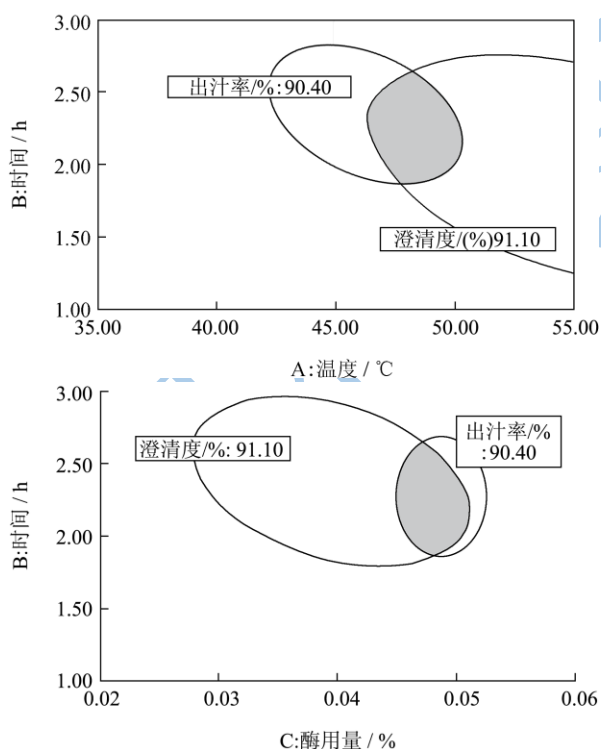


图 7 荔枝果汁酶解工艺参数的优化条件

Fig.7 Optimum conditions of pectinase treatment for preparation of clarified lychee juice

运行软件的图解法优化程序，以出汁率和澄清度同时达到最大值为目标，获得酶解工艺参数优化条件

的组合，见图 7。图中重叠的阴影部分为同时满足出汁率和澄清度分别达到 90.4%和 91.1%的条件区域。结果表明，在酶用量为 0.045%~0.05% (m/m)，温度为 46~50 °C 和时间为 2.0~2.5 h 时，荔枝果汁的出汁率和透光率的预测值分别达到 90.4%和 91.10%。

选择酶用量 0.05% (m/m)，温度 47 °C 和 2.3 h 的酶解条件进行荔枝果浆酶解的验证实验，实际出汁率和透光率分别为 90.53%和 91.28%，预测值与实验值相符。

3 结论

荔枝果汁的澄清效果与温度、时间和果胶酶浓度都有一定的关系。通过单因素和 Box-Behnken 中心组合试验设计优化了荔枝果汁的最佳酶解工艺。反应温度为 46~50 °C，反应时间为 2.0~2.5 h，酶用量为 0.045%~0.05%时，荔枝果汁的出汁率和透光率的预测值分别达到 90.4%和 91.10%，与实验值相符。优化的酶解参数条件可用于制备澄清荔枝果汁。

参考文献

- [1] 余蕾.正交试验优化荔枝乳酸菌饮料的配方[J].广西轻工业, 2008,6:3-4
- [2] 郑宗坤,蒲一涛,陈志行.全荔枝运动饮料的研制[J].食品工业科技,2000,21(2):41-42
- [3] 岳强,曾新安,于淑娟,等.新鲜荔枝汁营养成分分析[J].食品工业科技,2006,27(4):173-174
- [4] 崔珊珊,胡卓炎,余恺,等.不同产地妃子笑荔枝果汁的氨基酸组分[J].食品科学,2011,32(12):269-273
- [5] Vijayanand P, Kulkarni S G, Prathibha G V. Effect of pectinase treatment and concentration of litchi juice on quality characteristic of litchi juice [J]. Journal of Food Science Technology, 2010, 47(2): 235-239
- [6] 黄国平,张勇香.蕉汁的酶处理生产工艺研究[J].现代食品科技,2007,23(10):47-49
- [7] 徐莉珍,李远志,楠极.两次压榨与酶解结合提取菠萝果汁工艺技术研究[J].现代食品科技,2009,25(4):431-434
- [8] Sharma A K, Sarkar B C, Sharma H K. Optimization of enzymatic process parameters for increase juice yield from carrot (*Daucus carota* L.) using response surface methodology [J]. European Food Research & Technology, 2005, 221: 106-112
- [9] Nur'Aliaa A R, Siti Mazlina M K, Taip F S, et al. Response surface optimization for clarification of white pitaya juice using a commercial enzyme [J]. Journal of Food Engineering, 2010, 33: 333-347

现代食品科技