

果胶酶对草莓果汁澄清效果的研究

王鸿飞¹, 李和生¹, 马海乐², 孙玉喜¹, 黄 静¹

(1 宁波大学食品科学与工程系, 宁波 315211; 2 江苏大学生物与环境工程学院, 镇江 212013)

摘 要: 澄清是果汁加工中的关键技术环节之一, 利用果胶酶澄清果汁, 有快速、简便、效果好等特点, 在生产中有重要的应用价值。草莓中因含有果胶物质, 制得的果汁易产生浑浊、沉淀等现象, 严重影响产品的质量。用果胶酶对草莓果汁进行了单因素澄清试验及最适澄清工艺条件的研究。结果表明, 果胶酶用量为 0.035~0.075 mL/kg, 温度 35~45 °C、pH 3.0~4.0 的条件下澄清草莓果汁, 透光率达 97% 以上, 果汁中的可溶性固形物含量基本不变; 在单因素试验的基础上, 通过正交试验, 果胶酶对草莓果汁澄清的最佳工艺条件是: 果胶酶用量为 0.035 mL/kg, 温度为 35 °C, pH 值为 3.5。

关键词: 果胶酶; 草莓果汁; 澄清; 工艺参数

中图分类号: TS255.44; TQ 028.4

文献标识码: A

文章编号: 1002-6819(2003)03-0161-04

1 引 言

草莓属蔷薇科, 是一种多年生草本果树, 原产于南美, 我国及世界许多国家均广为栽培, 资源十分丰富。其果实为浆果, 汁液丰富, 甜酸适口, 色泽鲜艳, 营养丰富, 风味宜人, 是水果中的佳品^[1]。草莓含有丰富的糖、有机酸、游离氨基酸、多种维生素及微量元素等, 尤其是铁、钾的优质原料^[2,3]; 草莓果实不仅具有清胃消积、促进食欲等功效, 还含有多种功能因子^[4], 在抗菌、抗肿瘤、抗 HIV 病毒等方面具有一定的生物活性^[5], 对致癌物质苯并芘、苯并芘-7,8-二氢二醇 N-亚硝基苄甲胺、黄曲霉毒素等有较好的抑制作用^[6]。

草莓虽然是一种酸甜多汁及营养价值高的水果, 但极易腐烂, 至今尚无有效的保鲜措施, 因此加工草莓果汁是一种解决的途径^[7]。各地对草莓汁的提取、清汁饮料、浓缩汁饮料、果肉饮料及混合饮料的加工工艺都进行过研究, 其关键技术是澄清工艺, 若澄清不完全, 产品就会出现混浊、沉淀等现象^[8,9]。

果胶酶处理澄清果汁, 是利用果胶酶水解果汁中能够引起混浊的果胶物质^[10,11], 使得果汁变成清澈透亮的清果汁, 具有快速、简便、效果好等特点, 在生产中有重要的应用价值。此法在苹果、猕猴桃、桑椹果汁等方面已成功地得到应用^[12~15]。因此, 本研究利用果胶酶对草莓果汁进行了澄清处理, 试图为草莓清果汁的生产提供优化的工艺参数。

2 材料与方法

2.1 材料

草莓: 明星类品种, 成熟新鲜, 无病虫害果, 市购, 产于宁波。

果胶酶: Pectinex BE-3L 果胶酶, 液态制剂, 诺维信公司生产。是一种纯化后的酸性果胶酶, 由特定的黑

曲霉制备而成。主要含有果胶酯酶、果胶酶和聚半乳糖醛酸酶的活性, 同时含有纤维素酶和半纤维素酶的活性。测定活力: 389.78 μmol/(s·L)。

95% 乙醇(分析纯)、0.1 mol/L 盐酸、0.1 mol/L 氢氧化钠等。

2.2 方法

2.2.1 果汁提取工艺

原料 清洗 破碎 榨汁 过滤 离心分离 (4 600 r/min, 10 min 处理) 原汁

2.2.2 测定方法

果汁澄清度的测定^[14,15]: 采用分光光度法。以蒸馏水作参比, 比色杯厚 1 cm, 在适当的波长下, 测果汁的透光率, 用透光率 T (%) 表示果汁的澄清度。用 722 分光光度计测定。

果汁可溶性固形物含量的测定: 采用折光法, 用阿贝折射仪测定。

果胶物质定性检测^[14,15]: 采用酒精法, 用 95% 的乙醇与草莓澄清汁按 1:1 比例混合, 装入 30 mL 的试管, 用手四指紧握试管, 大拇指按紧试管口, 翻转轻摇, 静置 15 min 后观察。若没有凝胶状物质出现, 表明果汁中的果胶物质已基本被分解, 说明果汁中无果胶物质存在, 用“-”表示; 若有凝胶状物质出现, 表明果汁中的果胶物质还没有被分解彻底, 说明果汁中有果胶物质存在, 用“+”表示。果汁中凝胶状物质愈多, 其“+”也愈多。

2.2.3 果胶酶处理澄清草莓汁的方法

原汁 加入果胶酶进行处理 过滤 清汁。

根据果胶酶的作用特性, 先进行单因素试验, 后进行多因素正交试验。在果汁的澄清中, 用果胶酶法澄清果汁, 具有快速、简便、易操作等特点, 因此, 本试验在初步研究并结合果胶酶对其它果汁澄清作用的基础上, 确定澄清时间为 40 min 即单因素试验和多因素试验都是在澄清时间为 40 min 的前提下进行的^[14,15]。

果胶酶澄清草莓果汁的单因素试验: 分别研究果胶酶剂量(在温度 45 °C, pH 3.5 下)对草莓果汁澄清效果的影响、草莓汁的 pH 值(在果胶酶用量 0.025 mL/kg, 温度 45 °C 下)对草莓果汁澄清效果的影响、草莓果汁的

收稿日期: 2002-08-27

作者简介: 王鸿飞(1964-), 男, 陕西咸阳人, 副教授, 硕士, 主要从事农产品贮藏与加工方向的教学与研究工作。宁波市 宁波大学食品科学与工程系, 315211。Email: wanghongfei@nbu.edu.cn

温度(在果胶酶用量 0.025 mL/kg, pH 3.65 下)对草莓果汁澄清效果的影响。

果胶酶澄清草莓果汁的多因素正交试验: 在单因素试验的基础上, 用正交试验的方法, 采用 3 因素 3 水平按 $L_9(3^4)$ 表布置试验, 以确定果胶酶对草莓果汁澄清的最适工艺条件。

2.3 仪器和设备

电热恒温水浴锅: DK-S24 型, 上海精宏实验设备有限公司。阿贝折射仪: W A Y 型, 上海精密光学仪器有限公司。电子天平: TD 型, 余姚市金诺天平仪器有限公司。pH 计: pH B-4 型, 上海精密雷磁公司。台式离心机: TDL-5 型, 上海安亭科学仪器有限公司。多功能食品粉碎机: SZ-12 型, 上海海菱电器有限公司。722 光栅分光光度计: 上海精密科学仪器有限公司。

3 结果与分析

3.1 测定果汁透光率最适波长的确定

取一定的草莓原汁, 按 0.02 mL/kg (酶/原汁) 加入果胶酶, 在 45℃ 下作用 40 min 后, 取其清汁, 测定草莓澄清汁在不同波长下的透光率, 其结果见图 1。

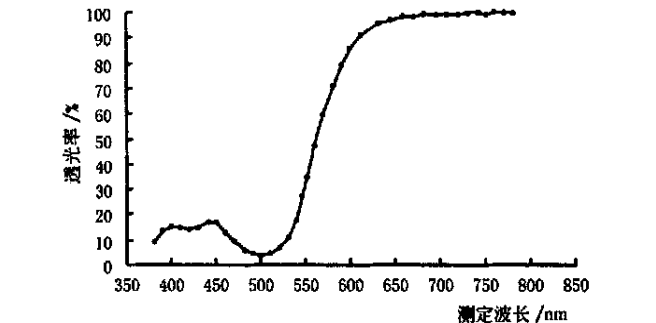


图 1 测定波长与果汁透光率的关系
Fig. 1 Relationship between mensuration wavelength and juice transmittance

由图 1 可以看出, 当测定波长到达 660 nm 后, 草莓澄清果汁透光率达到 98% 以上并趋于稳定, 故确定测定草莓澄清汁透光率的最适波长为 660 nm。

3.2 果胶酶用量对草莓果汁澄清效果的影响

用果胶酶澄清果汁时, 其用量对澄清效果有很大影响。果胶酶用量少时, 果胶物质分解不完全, 澄清效果差; 用量过多, 酶蛋白又会使果汁产生混浊, 而且澄清成本增加。

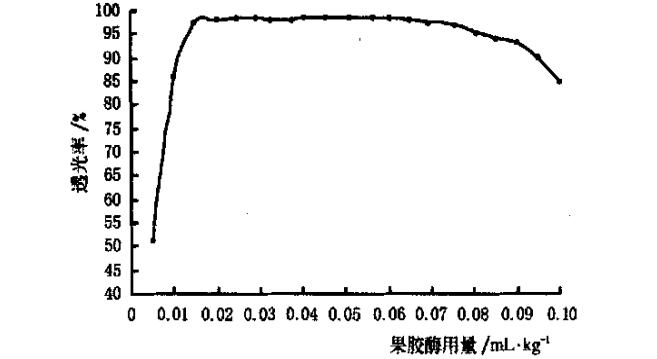


图 2 果胶酶用量与透光率的关系
Fig. 2 Relationship between pectinase usage and transmittance

从图 2 中可以看出, 当果胶酶的用量小于 0.015 mL/kg 时, 透光率随果胶酶用量的增加而增大; 果胶酶用量增加到 0.015~0.075 mL/kg 时, 透光率较大且达到 97% 以上, 基本变化不大; 当果胶酶用量大于 0.075 mL/kg 时, 透光率反而有所下降。

从表 1 中可以看出, 当果胶酶用量小于 0.06 mL/kg 时, 草莓澄清果汁中的可溶性固形物含量基本保持不变; 当果胶酶用量大于 0.06 mL/kg 时, 可溶性固形物含量稍有增加, 但增加的幅度甚微。说明该条件下果胶酶用量对草莓澄清果汁中的可溶性固形物含量基本无太大的影响。

表 1 果胶酶用量与果汁中可溶性固形物含量的关系																	
Table 1 Relationship between pectinase usage and soluble solid content in juice																	
果胶酶用量/mL·kg ⁻¹	0	0.005	0.010	0.015	0.020	0.025	0.030	0.035	0.040	0.045	0.050	0.055	0.060	0.070	0.080	0.090	0.100
可溶性固形物含量/%	7.6	7.7	7.8	7.8	7.8	7.8	7.8	7.8	7.8	7.8	7.8	7.9	8.2	8.3	8.3	8.4	8.5

表 2 果胶酶用量与果汁中果胶含量程度的关系																	
Table 2 Relationship between pectinase usage and pectin content in juice																	
果胶酶用量/mL·kg ⁻¹	0	0.005	0.010	0.015	0.020	0.025	0.030	0.035	0.040	0.045	0.050	0.055	0.060	0.070	0.080	0.090	0.100
果胶含量程度	++++	++++	++++	++++	++	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

注: + 表示果胶阳性反应, - 表示果胶阴性反应(表 4、6 同)。

从表 2 中可以看出, 当果胶酶用量小于 0.03 mL/kg 时, 草莓澄清果汁中的果胶呈阳性反应, 说明果胶物质未能完全分解; 果胶酶用量大于 0.035 mL/kg 时, 草莓澄清果汁中的果胶呈阴性反应, 说明果胶物质基本被分解完全。

以上结果分析表明: 果胶酶用量 0.035~0.075

mL/kg 时, 澄清的效果较好。考虑到澄清的成本, 尽可能取果胶酶用量的低值。

3.3 果汁的 pH 对草莓果汁澄清效果的影响

果胶酶澄清草莓果汁时, 果汁的 pH 值对澄清效果影响很大, 不仅影响果胶酶对果胶的作用, 而且还影响到果胶胶体物质的稳定性。

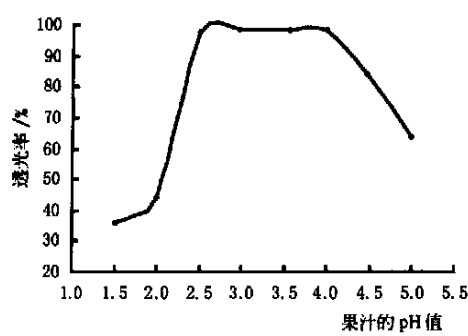


图 3 果汁的 pH 值与透光率的关系
Fig 3 Relationship between pH value of juice and transmittance

从图 3 可以看出, 果汁 pH 值对透光率有很大的影响, 这是由于 pH 值影响了酶的活性, 从而影响到透光率。pH 值在 2.5~4.0 范围内, 透光率较大, 且透光率达到 97% 以上。

由表 3 可知, pH 值在 1.5~5.5 范围内, 草莓澄清果汁中的可溶性固形物含量基本无变化。

表 3 果汁的 pH 值与果汁中可溶性固形物含量的关系
Table 3 Relationship between pH value of juice and soluble solid content in juice

果汁的 pH 值	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5
可溶性固形物含量/%	7.3	7.4	7.6	7.6	7.6	7.6	7.6	7.6	7.6

表 4 果汁的 pH 值与果汁中果胶含量程度的关系
Table 4 Relationship between pH value of juice and pectin content in juice

果汁的 pH 值	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5
果胶含量程度	++++	++++	+	-	-	-	+	++	++

从表 4 可以看出, pH 值在 3.0~4.0 范围内, 草莓澄清果汁中的果胶物质呈阴性反应, 说明在此 pH 值范围内, 果胶物质已基本被分解完全; pH 值小于 2.5 或大于 4.5, 草莓澄清果汁中的果胶物质呈阳性反应, 说明草莓澄清汁中还含有果胶物质。

以上结果分析表明: 采用果胶酶澄清草莓果汁时, pH 值控制在 3.0~4.0 之间, 澄清效果较好。因草莓果汁的 pH 值为 3.65, 因此, 在澄清时可以不需调节果汁的 pH 值, 就能得到较满意的澄清效果。

3.4 果汁的温度对草莓果汁澄清效果的影响

温度对果胶酶的活性有很大影响, 因而影响到果胶酶对草莓果汁澄清的效果。

由图 4 可以看出, 草莓果汁的温度低于 30 时, 随温度上升, 澄清汁的透光率增大; 温度高于 45 时, 随温度的增加, 透光率下降; 温度在 30~45 范围内, 透光率较大, 且在 98% 以上。

由表 5 可以看出, 随着草莓果汁温度的增加, 可溶性固形物含量逐渐增加, 但整体增加的幅度微小, 可以认为在表 5 所示的温度范围内, 温度对果汁的可溶性固形物含量有影响, 但影响不是很大。

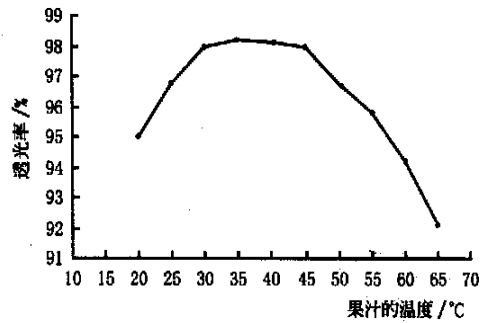


图 4 果汁的温度与透光率的关系
Fig 4 Relationship between juice temperature and transmittance

表 5 果汁温度与果汁中可溶性固形物含量的关系
Table 5 Relationship between juice temperature and soluble solid content in juice

果汁温度/	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65
可溶性固形物含量/%	7.3	7.4	7.4	7.4	7.4	7.5	7.5	7.9	8.0	8.3

由表 6 可以看出, 草莓果汁的温度低于 30 或高于 55 时, 澄清果汁中的果胶物质呈阳性反应, 说明果胶物质未被分解彻底; 在 35~50 范围内, 果胶物质呈阴性反应, 说明在此温度范围内果胶物质已被分解完全。

由于酶是蛋白质, 只有在酶的有效温度范围内, 酶才会进行催化作用。在酶的最适温度条件下, 酶催化反应的速率达到最大。当温度过高时, 一般 60 以上, 酶的活性会受到抑制, 甚至引起变性而丧失其活性。表 5 中可溶性固形物含量增加的原因可能是随着温度的升高, 酶活力降低, 热凝澄清作用占主导地位, 原来果汁中的一些不溶性物质溶解, 再加上酶蛋白的变性失活, 导致果汁中的可溶性固形物含量增加。

表 6 果汁温度与果汁中果胶含量程度的关系
Table 6 Relationship between juice temperature and pectin content in juice

果汁温度/	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65
果胶含量程度	+++	+++	+	-	-	-	-	+	+	+

以上结果分析表明: 用果胶酶澄清草莓果汁时, 温度在 35~45 下, 果胶酶对果汁具有良好的澄清效果。

3.5 果胶酶对草莓果汁澄清的多因素正交试验

3.5.1 正交试验因素水平设计

根据以上果胶酶对草莓果汁澄清的单因素试验的结果, 正交试验设计成 3 因素 3 水平进行试验, 见表 7。

表 7 正交试验因素水平表
Table 7 Factors and levels of the orthogonal test

水平	因 素		
	A 酶用量/mL · kg ⁻¹	B 果汁的 pH 值	C 果汁的温度/
1	0.025	2.5	35
2	0.035	3.5	45
3	0.045	4.5	55

3.5.2 正交试验结果及分析

通过对正交试验结果(见表8)的直观分析,因素B的极差最大,其次是C,最后是A,可见决定试验结果因素的主次顺序为B C A。最适组合为B₂C₁A₂,即pH值为3.5,温度为35℃,果胶酶用量为0.035 mL/kg。

表8 L₉(3⁴)正交试验表

Table 8 L₉(3⁴) orthogonal test

序号	因 素				T/%
	A	B	C	E	
1	1	1	1	1	24.55
2	1	2	2	2	95.54
3	1	3	3	3	12.83
4	2	1	2	3	22.70
5	2	2	3	1	89.66
6	2	3	1	2	96.47
7	3	1	3	2	13.12
8	3	2	1	3	96.47
9	3	3	2	1	96.47
K ₁	132.97	6.37	217.49	210.68	
K ₂	208.83	281.67	214.71	205.13	
K ₃	206.06	205.77	115.61	132.00	
R	25.30	77.10	36.28	26.23	
Q	A ₂	B ₂	C ₁		

4 结 论

通过果胶酶对草莓果汁处理的单因素试验研究表明,果胶酶的用量为0.035~0.075 mL/kg,温度为35~45℃、pH 3.0~4.0,果胶酶对草莓果汁澄清处理的效果较好,草莓清果汁的透光率可达97%以上,且清汁中可溶性固形物含量基本变化不大。在此基础上,采用正交试验,得出果胶酶对草莓果汁澄清处理的最适工艺条件为:果胶酶的用量为0.035 mL/kg,温度35℃、pH 3.5。

在实际应用时,由于草莓果汁的pH值为3.65,在用果胶酶澄清草莓果汁时,可以不用调节草莓果汁的pH值,也会达到较为理想的草莓果汁澄清效果。

[参 考 文 献]

- [1] 俞德俊. 中国植物志[M]. 第37卷. 北京: 科学出版社, 1985. 355
- [2] 陈蔗来, 陈洁. 澄清草莓汁的研制[J]. 食品科学, 1995, (4): 22~24
- [3] 雷激. 草莓系列产品的研究[J]. 四川工业学院学报, 1998, 17(2): 42~46
- [4] 阮金兰, 陈静波, 赵晓亚, 等. 草莓的化学成分研究[J]. 中国中药杂志, 2001, 26(9): 610~612
- [5] Maas J L, Galletta G J, Stoner G D. Ellagic acid, an anti-carcinogen in fruits, especially in strawberries: a review[J]. Hortscience, 1991, 26(1): 10~14
- [6] Daniel E M, Krupnick A S, Heur Y, et al. Extraction, stability, and quantitation of ellagic acid in various fruits and nuts[J]. Journal of Food Composition and Analysis, 1989, 2: 338~349
- [7] 张广华, 葛会波, 张进献, 等. 草莓果实软化机理及调控研究进展[J]. 果树学报, 2001, 18(3): 172~177
- [8] 苏平, 叶兴乾, 陈荣荣, 等. 草莓果汁澄清工艺的研究[J]. 浙江农业学报, 1997, 9(1): 16~19
- [9] 陈蔗来, 陈洁. 澄清草莓汁的研制[J]. 食品科学, 1995, (4): 22~24
- [10] Sakai T, Sakamoto T, Hallaert J, et al. Pectin, pectinase, and protopectinase: production, properties, and applications[J]. Advances in Applied Microbiology, 1993, 39: 213~294
- [11] Ishii S, Yokotsuka T. Susceptibility of fruit juice to enzymatic clarification by pectin lyase and its relation to pectin in fruit juice[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 1973, 21(2): 269~272
- [12] McEllan M R, Kime R W, Lind L R. Apple juice clarification with the use of honey and pectinase[J]. J Food Sci, 1984, 50(1): 206~208
- [13] 王成荣, 杨增军, 张华云, 等. 苹果汁加工技术研究[J]. 农业工程学报, 1997, 13(1): 220~222
- [14] 王鸿飞, 李元瑞, 师俊玲. 果胶酶在猕猴桃果汁澄清中的应用研究[J]. 西北农业大学学报, 1999, 27(3): 107~109
- [15] 王鸿飞, 李和生, 庄荣玉, 等. 用果胶酶澄清桑椹果汁的工艺研究[J]. 蚕业科学, 2002, 28(2): 138~144

Clarification effects of pectinase on strawberry fruit juice

Wang Hongfei¹, Li Hesheng¹, Ma Haile², Sun Yuxi¹, Huang Jing¹

(1. Department of Food Science and Engineering, Ningbo University, Ningbo 315211, China;

2. School of Biological and Environmental Engineering, Jiangsu University, Zhenjiang 212013, China)

Abstract Clarification is one of the key technologies in juice processing. The technology which clarifies juice by using pectinase has some advantages: it is fast, simple, effective and has an important application in production. However, because of the pectins in strawberries, the juice is cloudy and has some precipitates. For this reason, the single-factor test and the technology of the clarification of strawberry fruit juice by using pectinase was studied. The results showed that the pectinase usage was 0.035~0.075 mL/kg, the other condition had a pH value of 3.0~4.0, and the temperature was 35~45℃. The transmittance of clarified strawberry fruit juice was over 97% and the soluble solid content changed little. Through orthogonal test, the optimum conditions of clarification of pectinase on strawberry fruit juice are as follows: pectinase usage of 0.035 mL/mg, pH value of 3.5, and temperature of 35℃.

Key words: pectinase; strawberry fruit juice; clarification; technological parameters