

果胶酶和纤维素酶对芒果出汁率及品质的影响

李昌宝^{1,2}, 李丽¹, 任二芳¹, 辛明¹, 李杰民¹, 孙健^{1,*}, 刘国明¹, 郑凤锦¹, 何雪梅¹, 陈钊斌³

(1. 广西农业科学院农产品加工研究所, 广西南宁 530007;

2. 广西作物遗传改良生物技术重点实验室, 广西南宁 530007;

3. 广西南宁市第八中学, 广西南宁 530007)

摘要:为提高芒果的出汁率, 采用果胶酶和纤维素酶对芒果浆进行酶解, 通过正交实验研究了果胶酶添加量、纤维素酶添加量、酶解温度、酶解时间 4 个因素对芒果出汁率的影响。结果表明: 当果胶酶添加量为 0.01%、纤维素酶添加量为 0.007%、酶解时间为 60min、酶解温度为 40℃ 时, 芒果的出汁率最高, 达到 71.15%; 酶解得到的芒果汁可溶性固形物为 16.7% ± 0.1%, 可滴定酸为 0.51% ± 0.08%, 类胡萝卜素为 (1.23 ± 0.07) mg/100g, 还原糖为 7.6% ± 0.08%, 果胶含量为 (357 ± 1.32) mg/100g, 保留了鲜芒果的营养成分。

关键词: 芒果, 果胶酶, 纤维素酶, 出汁率

Optimization of pectinase and cellulose treatment condition for improving the mango juice

LI Chang-bao^{1,2}, LI Li¹, REN Er-fang¹, XIN Ming¹, LI Jie-min¹, SUN Jian^{1,*},

LIU Guo-ming¹, ZHENG Feng-jin¹, HE Xue-mei¹, CHEN Zhao-bin³

(1. Institute of Agro-food Science & Technology, Guangxi Academy of Agricultural Sciences, Nanning 530007, China;

2. Guangxi Crop Genetic Improvement Laboratory, Nanning 530007, China;

3. The 8th Middle School, Nanning 530007, China)

Abstract: In order to improve the mango juice yield, the effect of pectinase and cellulases on mango pulp were studied in the paper. Effect of four factors, pectinase addition amount, cellulase addition amount, enzymolysis temperature and enzymolysis time on mango juice yield were studied. Through orthogonal experiment, the optimal enzymatic hydrolysis conditions were obtained as follows. The pectinase addition amount was 0.01%, the cellulase addition amount was 0.007%, the enzymolysis time was 60min, the enzymolysis temperature was 40℃. Under the optimum process conditions, juice yield of mango was the highest, at 71.15%. The soluble solids, titratable acid, carotenoids, reducing sugar and pectin content in mango juice were 16.7% ± 0.1%, 0.51% ± 0.08%, (1.23 ± 0.07) mg/100g, 7.6% ± 0.08% and (357 ± 1.32) mg/100g, respectively. The original nutrition of Mango juice was stayed after enzymolysis.

Key words: Mango; pectinase; cellulose; juice yield

中图分类号: TS255.1

文献标识码: B

文章编号: 1002-0306(2015)13-0217-04

doi:10.13386/j.issn1002-0306.2015.13.037

芒果 (*mango*) 含有丰富的类胡萝卜素、维生素、氨基酸和丰富的微量元素, 香甜可口, 香味浓郁, 是世界五大水果之一, 素有热带水果之王的美称^[1]。然而芒果的收获期短, 且鲜果极易腐烂变质^[2], 将芒果加工成芒果汁是芒果深加工的主要产品形式。由于芒果富含可食性纤维和果胶, 导致果浆黏度大、出汁

率不高; 芒果果浆经纤维素酶和果胶酶处理后可降低黏度、提高出汁率。Sreenath 等^[3]研究了各种纤维素酶和果胶酶对降低芒果浆黏度的影响, 发现丹麦产的 Ultrazym100 对降低芒果浆黏度的能力效果最好, 可使黏度降低 82%, 果胶酶和纤维素酶同时使用时能将出汁率提高 8%~10%; Githaiti 等^[4]研究发现

收稿日期: 2014-10-08

作者简介: 李昌宝 (1981-), 男, 硕士, 助理研究员, 研究方向: 农产品加工与综合利用。

* 通讯作者: 孙健 (1979-), 男, 博士, 研究员, 研究方向: 农产品加工与综合利用。

基金项目: 广西农科院科技发展基金 (桂农科 2013YM23, 桂农科 2013JQ04); 2015 年农业技术试验示范 (农产品加工) 项目 (农加科函 [2015] 26 号); 2014 年中央财政农业技术推广服务资金项目 (桂财农函 [2014] 294 号)。

酶处理可使芒果浆的得率提高 10% 以上。目前,果胶酶和纤维素酶已在苹果、梨、番茄、哈密瓜、树莓、柠檬、柿子等的出汁率提高方面有广泛的研究与应用^[5-11]。因此,本文以“象牙”芒果为原料,采用果胶酶和纤维素酶对果浆进行处理,通过单因素实验确定果胶酶添加量、纤维素酶添加量、酶解温度和酶解时间,并利用正交优化实验对酶解条件进行优化,拟为芒果汁饮料的生产提供依据。

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

原料品种为象牙芒,八成熟采摘,采摘于广西龙州广西亚热带作物研究所实验站。

果胶酶(30000U/g) 宁夏和氏璧生物技术有限公司;纤维素酶(2000U/g) 北京盛世嘉明科技开发有限公司;3,5-二硝基水杨酸 湖北康宝泰化工有限公司;无水乙醇 北京五洲世纪红星化工有限责任公司;咔唑 上海一基生物科技有限;所用试剂均为分析纯。

DKS-12 型不锈钢新型电热恒温水浴锅 杭州蓝天化验仪器厂;AR124CN 型电子天平 奥豪斯仪器(上海)有限公司;UV-3200 PCS 型紫外可见分光光度计 上海美普达仪器有限公司;HR2003 型匀浆机 飞利浦家用电器有限公司;TD-45 数显糖度计 北京金科利达电子科技有限公司。

1.2 实验方法

1.2.1 芒果原浆的制备 芒果完全熟后,经去皮、去核后,取果肉置于匀浆机中打浆制得芒果原浆备用。

1.2.2 出汁率测定 参照曹辉^[12]等方法,出汁率的计算方法如下:

$$\text{出汁率}(\%) = \frac{\text{酶解后果汁的质量}}{\text{酶解前果浆的质量}} \times 100$$

1.2.3 可溶性固形物测定 可溶性固形物用 TD-45 数显糖度计测定,以质量分数%表示。

1.2.4 还原糖测定 水杨酸比色法^[13]测定还原糖。

1.2.5 果胶含量测定 采用咔唑比色法^[13]测定果胶含量。

1.2.6 类胡萝卜素含量测定 参考文献^[14]测定类胡萝卜素含量。

1.2.7 实验设计

1.2.7.1 单因素实验 取 500g 芒果原浆,分别研究果胶酶酶解温度(添加 0.01% 果胶酶,30、35、40、45、50、55℃ 下水浴 75min);酶解时间(加入 0.01% 果胶酶;然后在 40℃ 下酶解 15、30、45、60、75、90min);果胶酶添加量(分别添加 0、0.004%、0.006%、0.008%、0.01%、0.012% 的果胶酶,在 40℃ 下酶解 45min);纤维素酶添加量(添加 0.01% 果胶酶,分别添加 0、0.02%、0.04%、0.06%、0.08%、0.1% 纤维素酶,然后在 40℃ 的条件下酶解 45min)对出汁率的影响。

1.2.7.2 正交实验设计 在单因素实验的基础上,选择 4 因素 3 水平正交表进行正交实验优化果胶酶和纤维素酶提高芒果出汁率的工艺参数。

1.3 数据统计分析

用 SAS 软件进行数据分析,使用 Oligo 软件进行

作图。

表 1 正交实验因素水平表

Table 1 Factors and levels of orthogonal experiment

水平	因素			
	A 酶解温度(℃)	B 酶解时间(min)	C 果胶酶添加量(%)	D 纤维素酶添加量(%)
1	35	35	0.008	0.005
2	40	45	0.01	0.007
3	45	60	0.012	0.009

2 结果与分析

2.1 酶解温度对芒果出汁率的影响

从图 1 可知,温度处于 40℃ 以内,芒果浆的出汁率随着温度的上升而增加;在 40℃ 时,出汁率最高,达到 68.78%;而在 40℃ 之后,果浆出汁率迅速下降,这是由于温度升高,果胶酶被部分钝化导致其活性降低。温度是影响酶促反应速度的主要因素之一,各种酶都有其达到最佳酶解效果所需要的最适温度;在最适温度下,酶的反应活性最高^[15]。从图 1 可知,果胶酶的最适宜温度为 40℃。

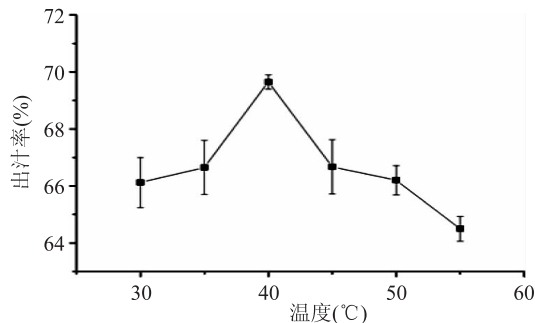


图 1 酶解温度对芒果出汁率的影响

Fig.1 Influence of enzymolysis temperature on juice yield of mango

2.2 酶解时间对芒果出汁率的影响

从图 2 可以看出,在 45min 内,芒果浆的出汁率随着时间的延长而迅速增加,而 45min 后,出汁率的增加明显趋于平缓。主要是因为在 45min 内芒果浆中的果胶物质含量很高,在果胶酶的作用下,果胶大量分解使出汁率迅速提高^[16]。45min 之后果胶物质基本分解完全,因此出汁率的增加趋于平缓。

2.3 果胶酶制剂添加量对芒果出汁率的影响

通过方差分析可知,实验组与对照组差异显著($p < 0.01$),经果胶酶处理后芒果的出汁率显著提高;由图 3 可知,在酶的添加量为 0.005% 至 0.01% 范围内,芒果浆出汁量随着时间的增加而不断上升,而在 0.01% 添加量后,芒果汁出汁率变化不大。所以优化实验选择最佳添加量为 0.01%。

2.4 纤维素酶制剂添加量对芒果出汁率的影响

在图 4 可知,对照组的出汁率为 55%,而实验组出汁率都大于 63%,经方差分析得实验组与对照组差异显著($p < 0.01$)。由图 4 可知,纤维素酶添加量 0.001% 至 0.007%,随着纤维素酶的增加,出汁率不

表3 验证和对照实验结果

Table 3 Verification and control experimental results

实验	温度(℃)	时间(min)	果胶酶(%)	纤维素酶(%)	出汁率(%)			
					验证1	验证2	验证3	平均值
优化方案	40	60	0.01	0.007	71.25	72.04	70.15	71.15
对照	40	60	0	0	55.24	56.15	56.84	56.08

表4 酶解前后营养物质的变化

Table 4 Change before and after digestion of nutrients

实验	可溶性固形物(%)	可滴定酸(%)	类胡萝卜素(mg/100g)	还原糖(%)	总果胶(mg/100g)
芒果原浆	16.7 ± 0.1	0.54 ± 0.05	1.48 ± 0.04	7.8 ± 0.1	363 ± 1.11
酶处理后的芒果汁	16.7 ± 0.1	0.51 ± 0.08	1.23 ± 0.07	7.6 ± 0.08	357 ± 1.32

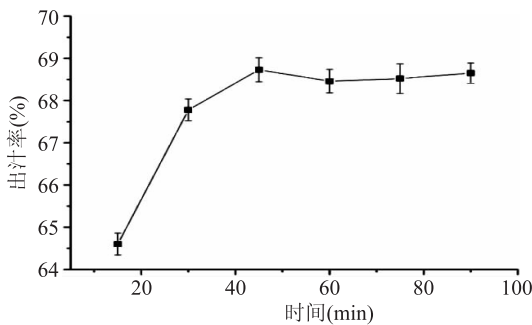


图2 酶解时间对芒果出汁率的影响

Fig.2 Influence of enzymolysis time on juice yield of mango

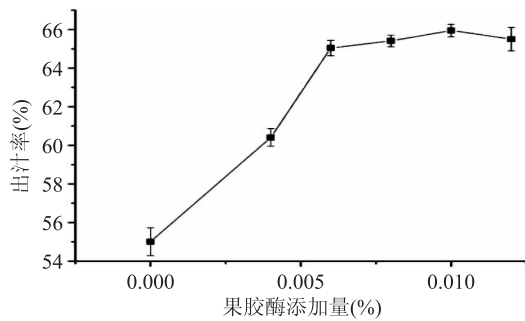


图3 果胶酶制剂添加量对芒果出汁率的影响

Fig.3 Influence of pectinase amount on juice yield of mango

断增加;当添加量大于 0.007% 后,随着酶添加量的增加,芒果浆出汁率并没有明显增加,经方差分析为差异不显著($p > 0.05$)。所以优化实验选择 0.007%。

2.5 酶解工艺的优化

在单因素实验基础上,对果胶酶用量(A)、纤维素酶用量(B)、酶解温度(C)、酶解时间(D)进行 4 因素 3 水平 $L_9(3^4)$ 正交实验,以出汁率为指标,确定酶处理芒果浆的最佳工艺参数。正交结果见表 2。

实验结果可知, $R_C > R_A > R_D > R_B$,即果胶酶添加量最为主要影响因素,酶解温度次之,然后是纤维素酶添加量,酶解时间影响最小。优化得到的工艺条件是 $A_2B_3C_2D_2$,即酶解温度为 40℃,酶解时间为 60min,果胶酶添加量为 0.01%,纤维素酶添加量为 0.007%。

2.6 验证和对照实验

采用对照(不添加酶)与正交实验最佳条件进行

对比,实验结果见表 3。

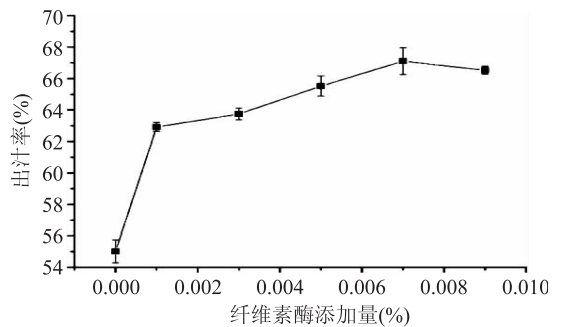


图4 纤维素酶制剂添加量对芒果出汁率的影响

Fig.4 Influence of cellulase addition amount on juice yield of mango

表2 正交实验结果

Table 2 Results of orthogonal test

实验号	A	B	C	D	出汁率(%)
1	1	1	1	1	65.31
2	1	2	2	2	69.47
3	1	3	3	3	65.96
4	2	1	2	3	66.42
5	2	2	3	1	68.08
6	2	3	1	2	70.06
7	3	1	3	2	65.98
8	3	2	1	3	65.92
9	3	3	2	1	67.89
K_1	66.913	66.570	67.097	67.427	
K_2	68.853	67.826	68.927	68.503	
K_3	66.930	68.303	66.673	66.767	
R	1.940	1.733	2.254	1.736	

从表 3 可知,相对于对照组,正交实验优化方案的出汁率提高 15.07%,说明正交实验结果可靠。

从表 4 可知,酶解后得到的果汁基本保留了酶解前的营养成分,具有新鲜芒果汁的品质。

3 结论

对芒果浆加工工艺中酶解条件进行了正交实验,得出最佳条件为果胶酶添加量 0.01%,纤维素酶

(下转第 224 页)

相近,因此,可以采用响应面法优化软枣猕猴桃总生物碱的提取工艺。

3 结论

在软枣猕猴桃总生物碱提取的工艺中,乙醇体积分数、超声波时间和液料比对总生物碱提取量都有一定的影响。通过单因素实验和响应曲面分析法,以总生物碱提取量为指标,确定了最佳提取工艺为:乙醇体积分数为72%、超声时间为30min和液料比为43倍,在此条件下测得软枣猕猴桃总生物碱的实际值为0.542mg/g。

参考文献

- [1] 朴一龙,赵兰花.软枣猕猴桃研究进展[J].北方园艺,2008(3):76-78.
- [2] Takano F, Tanaka T, Tsukamoto W, et al. Isolation of (+)-catenin and (-)-epicatechin from *Actinidia arguta* as bone marrow cell proliferation promoting compounds[J]. *Planta Med*, 2003, 69(4):321-326.
- [3] 侯芳玉,陈飞,陆意,等.长白山软枣猕猴桃茎多糖抗感染和抗肿瘤作用的研究[J].白求恩医科大学学报,1995,21(5):472-474.
- [4] 侯芳玉,孙延波,陈飞,等.长白山软枣及猕猴桃茎多糖免疫药理作用的研究[J].中国中药杂志,1995,20(1):42-44.
- [5] 林志坚,阮立为,郭旭.软枣猕猴桃的化学成份及其综合利用[J].中国林副特产,1995(2):25-126.
- [6] 陈巧鸿,杨培全.猕猴桃碱类的化学研究进展[J].华西药科学杂志,2000,15(6):445-447.
- [7] 赵胤.猕猴桃属植物的化学成分及药理活性研究进展[C].环境污染和公共卫生会议(CEPPH2011).浙江:浙江树人大学生物与环境工程学院,2011,310015.

(上接第219页)

添加量0.007%,酶解温度40℃,酶解时间60min,最佳条件下芒果汁出汁率可达71.15%,制得的芒果汁可溶性固形物为16.7%±0.1%,可滴定酸为0.51%±0.08%,类胡萝卜素为(1.23±0.07)mg/100g,还原糖为7.6%±0.08%,果胶含量为(357±1.32)mg/100g,通过最佳酶解工艺研制的芒果汁保持鲜芒果的营养成分。

参考文献

- [1] 李丽,盛金凤,孙健,等.芒果加工新技术及综合利用研究进展[J].食品工业,2014,35(6):223-227.
- [2] 颜梦婷,黄金城,林晓岚,等.芒果贮藏保鲜技术的研究进展[J].农产品加工(学刊),2014,(9):72-74+76.
- [3] Sreenath H K, Nanjundaswamy A M, Sreekantiah K R. Effect of various cellulases and Pectinases on viscosity reduction of mango pulp[J]. *Journal of Food Science*, 1987, 52(1):230-231.
- [4] Githaiti J K. Application of pectase in the production of mango fruit[J]. *Acta Alimentaria*, 1991, 20(2):97-102.
- [5] 吴定,孙嘉文,黄卉卉,等.固定化果胶酶提高苹果出汁率的研究[J].食品科学,2012,33(16):40-44.
- [6] 崔伟荣,逢焕明,杨静,等.果胶酶澄清哈密瓜汁工艺研究[J].新疆农业科学,2010,47(4):698-704.
- [7] 付莉,顾英,王丽颖.果胶酶提高番茄出汁率的工艺研究

- [8] Baghdikian B, Olivier E, Faure R, et al. Two new pyridine monoterpene alkaloid by chemical conversion of a commercial extract of *Harpagophytum procumbens* [J]. *J Nat Prod*, 1999, 62(2):211.
- [9] 陶上乘,王净珍.苦豆子生物碱的药理作用[J].中国药理学杂志,1992,27(4):201-204.
- [10] 吴立军主编.天然药物化学(第四版)[M].北京:人民卫生出版社,2003:352-395.
- [11] 姚仲青,朱虹,王光凤.山豆根总生物碱抗肿瘤作用的初步研究[J].南京中医药大学学报,2005,21(4):253-254.
- [12] 严伟,李淑芬,田松江.超声波协助提取技术[J].化工进展,2002,21(9):649-651.
- [13] 郭孝武,张福成,林书玉,等.超声技术在中草药成分提取中的应用[J].中草药,1993,24(10):548-550.
- [14] 李建伟.酸性染料比色法测定苦参药材中总生物碱的含量[J].长治医学院学报,2007(5):331-335.
- [15] 徐春龙,林书玉.超声提取中草药成分研究进展[J].药物分析杂志,2007,27(6):933-937.
- [16] 毛鹏,程妮,邓玉清,等.白刺花果实中总生物碱的超声波提取工艺研究[J].陕西师范大学学报:自然科学版,2007,35:31-32.
- [17] 朱建华,田金河.猕猴桃生物活性物质研究进展[J].酿酒,2006,33(3):57-59.
- [18] 邱学,徐洋洋,裴世柱.响应面法优化藤梨根总生物碱提取工艺[J].辽宁中医药大学学报,2013,15(7):58-61.
- [19] 刘树兴,赵芳.荷叶功能成分的研究[J].食品工业科技,2008,29(4):221-224.
- [20] 王成恩,黄章俊.基于高斯函数和信赖域更新策略的Kriling响应面法[J].计算机集成制造系统,2011,17(4):740-746.

[J].中国酿造,2009,(6):126-128.

- [8] 韩丹.果胶酶提高南果梨出汁率工艺的研究[J].吉林工商学院学报,2013,29(5):91-93+119.
- [9] 屈小媛,胡萍,周光桥,等.果胶酶与纤维素酶复合提取黑树莓果汁的工艺优化[J].贵州农业科学,2011,39(9):194-197.
- [10] 王海堂,李燕,邹盈,等.果胶酶和纤维素酶对尤力克柠檬出汁率的影响[J].农产品加工(学刊),2010,(3):56-58.
- [11] 王军,张宝善,张润光.果胶酶和纤维素酶对牛心柿出汁率的影响[J].食品工业科技,2008,29(5):139-141.
- [12] 曹辉,王振斌,马海乐.草毒澄清汁的加工技术研究.食品科学,2007,28(4):117-120.
- [13] Lee S, Umamo K, Shibamoto T, et al. Volatile antioxidants produced from heated corn oil/glycine model system[J]. *Food Chemistry*, 2005, 91(1):131-137.
- [14] 陈拓,杨瑞金,张莎.高压脉冲电场对胡萝卜汁的杀菌效果及类胡萝卜素含量的影响[J].食品与发酵工业,2010,36(7):41-44.
- [15] 杨辉,陈永康,张智锋.果胶酶提高苹果出汁率工艺条件的优化[J].食品科技,2006,31(5):76-78.
- [16] 张兴龙,王维琴,余丹丹.果胶酶提高‘宁海白’枇杷果浆出汁率的工艺优化[J].食品工业科技,2013,34(12):258-260+266.