

文章编号:1673-1689(2005)03-0080-04

粥化酶在果蔬加工中的应用

顾宇峰, 姜晓红, 赵允麟

(江南大学 工业生物技术教育部重点实验室, 江苏 无锡 214036)

摘要:研究了黑曲霉所产粥化酶在不同果蔬加工中的应用以及在苹果及南瓜汁加工中的应用条件。结果表明,使用粥化酶可以使果蔬的出汁率及果蔬汁澄清度有不同程度的提高。通过试验确定了苹果和南瓜汁加工工艺中酶解及澄清的最佳条件。

关键词: 粥化酶;果蔬加工;苹果汁;南瓜汁

中图分类号: TS 255.36

文献标识码: A

Applications of Macerating Enzyme in Processing of Fruits and Vegetables

GU Yu-feng, JIANG Xiao-hong, ZHAO Yun-lin

(The Key Laboratory of Industrial biotechnology under Ministry of Education, Southern Yangtze University, Wuxi 214036, China)

Abstract: Applications of macerating enzyme in processing of vegetables and fruits were studied. Macerating enzyme was produced by *Aspergillus niger*. The condition of using macerating enzyme in processing of apple and cushaw was extensively studied. The result showed that macerating enzyme could increase and improve the extraction rate of juice and the clarification degree of various vegetables and fruits. The optimum conditions ensured the enzyme degradation and clarification in processing of apple and cushaw.

Key words: macerating enzyme; processing of fruits and vegetables; apple juice; cushaw juice

随着我国人民生活水平的不断提高,天然绿色食品成了人们的新宠。人们已经不满足直接食用果蔬,将果蔬制成各种果蔬汁已经成为潮流。特别是一些具有特殊功能的蔬菜制成蔬菜汁后添加到一些方便食品更利于人体的吸收。例如南瓜、苦瓜、芹菜等这些常见的蔬菜,它们大多具有降糖、降脂、预防肿瘤等功效,对于肥胖、糖尿病病人有辅助治疗作用^[1]。如果直接食用不容易吸收,特别是一些幼儿及中老年人,因此,将这些蔬菜制成各种形式的汁液,不仅可以促进人体消化吸收,而且可以满足

不同人群的需要。另外将果蔬加工成汁可以提高产品的附加值,产生巨大的经济效益,为增加农民收入,解决农村剩余劳动力起着积极作用,是解决我国“三农”问题的有效途径之一。

果蔬的加工离不开酶制剂,粥化酶就是一种新型的果蔬加工复合酶。粥化酶是由黑曲霉经过固态发酵而获得的复合酶,它以果胶酶、纤维素酶、木聚糖酶为主,并含有蛋白酶、淀粉酶等。在果蔬加工中,粥化酶可以溃碎果实,破碎植物细胞,使果蔬原料产生粥样软化,从而提高果蔬汁的出汁率、澄清

收稿日期:2004-07-29; 修回日期:2004-11-14.

作者简介:顾宇峰(1979-),男,江苏江阴人,发酵工程硕士研究生。

度以及降低果汁粘度,降低能耗. 作者试验选取了几种有代表性的果蔬为试验对象,考察了在果蔬加工中加入粥化酶对果蔬汁出汁率及澄清度的影响. 并以苹果和南瓜为例进行了深入的研究.

1 材料与方法

1.1 试验材料

- 1.1.1 黑曲霉菌种 由作者所在实验室筛选.
- 1.1.2 果蔬 购于无锡市天润发超市.

1.2 试验方法

- 1.2.1 粗酶液的制备 将经过活化的斜面接种于含有固体发酵培养基的三角瓶,30℃静置培养 72 h. 培养结束后加入 2 g/dL 氯化钙溶液,在摇床上以 150 r/min 的转速浸提 1 h,过滤即得粗酶液.
- 1.2.2 浓缩液的制备 将粗酶液经过抽滤后,用截留相对分子质量为 1 万的中空纤维膜进行超滤浓缩,所得的酶液就是浓缩酶液.
- 1.2.3 果蔬汁的制备 果蔬挑选清洗后,切成小块后加入定量的水,组织捣碎机捣碎,然后置入恒温水浴中预热接着加入定量的粥化酶进行酶解,酶解完毕后过滤取汁.
- 1.2.4 果蔬汁的澄清 取过滤的果汁 50 mL,加

入粥化酶,放入恒温水浴中进行澄清.

1.2.5 澄清度的测定 澄清的上清液在特定的波长下测定透光率,作为澄清度的指标.

表 1 测定波长的选取^[2]

Tab. 1 Selection of measurement wavelength					
样品颜色	波长/nm	样品颜色	波长/nm	样品颜色	波长/nm
紫	400	蓝绿	490	黄	560
靛青	430	绿	510	橙	600
蓝	460	黄绿	530	红	640

- 1.2.6 可溶性固形物的测定 用手持式折光仪直接测定.
- 1.2.7 出汁率的计算 (果汁质量-加水质量)/果蔬质量×100%.

2 结果与讨论

2.1 粥化酶在果蔬加工中的应用

选取几种不同的果蔬原料,打浆后在果浆中加入粥化酶,考察粥化酶对果汁出汁率的影响. 并在榨出的果汁中加入粥化酶考察其对澄清度的影响,结果见表 2.

表 2 粥化酶对不同果蔬出汁率和澄清度的影响

果蔬	出汁率/%			澄清度/%			可溶性固形物含量/B°x	
	不加酶	加酶	提高	不加酶	加酶	提高	不加酶	加酶
苹果	82.5	92.5	12	30	69	130	67.5	—
西红柿	82.5	90	9	45	86	91	4.1	5
芹菜	84	91	8.3	32	75	134	3.1	4.6
苦瓜	77.5	90	16	55	62	12.7	2.1	2.9
南瓜	47.5	69.	45.3	—	—	—	3.5	4.1
菠萝	70	82.5	17.9	40	61	52.5	12.5	14.8
胡萝卜	70	75	7.1	—	—	—	4.8	5.8

注:复合酶的添加量以果胶酶酶活为基准. 在榨汁过程中加酶量为 15 U/g,在澄清时加酶量为 12 U/mL(榨汁和澄清过程中添加的粥化酶酶系组成不同);南瓜和胡萝卜取浑汁故不考虑它们的澄清度

由表 2 可以看出,在果浆中加入粥化酶后各种果蔬产品的出汁率和澄清度都有提高,而且复合酶液的添加对不同的果蔬原材料的作用效果有所不同,这是因为不同的原料它的组成成分不同的缘故. 南瓜出汁率增幅达 45.3%,苹果和芹菜汁的澄清度增加 130% 以上. 粥化酶除了可提高果蔬的出汁率、澄清度,而且还能使果蔬汁中可溶性固形物有所增加. 这是由于粥化酶中果胶酶、纤维素酶、木聚糖酶使果蔬中的果胶、纤维素、木聚糖分解为可

溶性的单糖、双糖、多糖,从而释放到果蔬汁中,增加了果蔬汁的可溶性固形物,从而提高营养价值.

2.2 粥化酶在苹果汁和南瓜汁加工中的应用

2.2.1 加酶量对苹果和南瓜出汁率的影响 由图 1 可看出随着加酶量的增加,苹果和南瓜得出汁率也相应的增加,当加酶量到达一定程度的时候,出汁率增加幅度变小,这说明加酶量已经趋于饱和. 当加酶量为 15 U/g 时,南瓜和苹果的出汁率已经达到最大,此时再增加酶量对出汁率也影响不大,

因此选取最佳加酶量为 15 U/g.

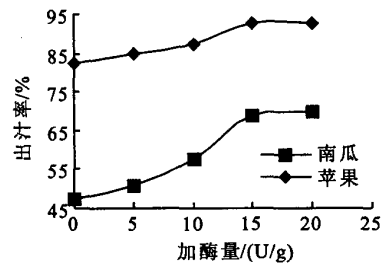


图 1 加酶量对出汁率的影响

Fig. 1 The effect of enzyme addition on the extraction rate of juice

2.2.2 作用时间对苹果和南瓜出汁率的影响 由图 2 可以知道随着酶促作用时间的延长,出汁率也相应增加.其中,作用时间对苹果出汁率的影响较小,苹果经过酶解 0.5 h 后,其出汁率变化不是很大,而南瓜在 0~1 h 之内出汁率变化较大,从 47.5% 增大到 69%,1 h 以后其变化亦趋于平缓.因此,从经济考虑苹果选择酶解时间为 0.5 h,南瓜为 1 h.

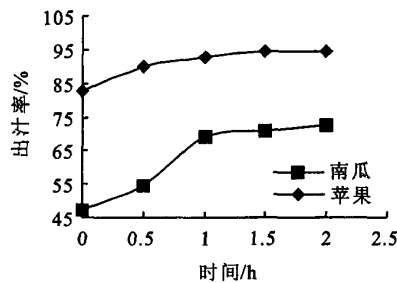


图 2 酶解作用时间对出汁率的影响

Fig. 2 The effect of processing time on the juice extracting rate

2.2.3 温度对苹果和南瓜出汁率的影响 一般讲,反应温度升高,化学反应速度增大,酶反应也不例外,但酶本身在高温时会产生热变性而失活,从而使酶反应速度下降.因此酶反应都有一个最适反应温度,在这个温度下反应速度最大.当环境温度低于这个温度时,反应速度随温度的升高而增加,这时酶蛋白的热变性不是主要的,当环境温度高于最适反应温度时,反应速度随温度的升高而下降.这时酶热变性失活造成的影响比升温引起的反应加速的影响更大.从图 3 可以知道随着温度的增加出汁率先是增加然后再慢慢开始减小,这符合酶反应的一般规律.从图中看出温度对苹果出汁率的影响不显著,变化不大.而温度对于南瓜出汁率的影响较显著.综合考虑苹果的最佳作用温度为 30 ℃,南瓜为 40 ℃.

2.3 酶化酶对于苹果汁澄清度的影响

在研究酶化酶的基础上,按照 $L_9(3^3)$ 表对温

度、加酶量、pH 进行正交试验的结果如表 3、表 4.

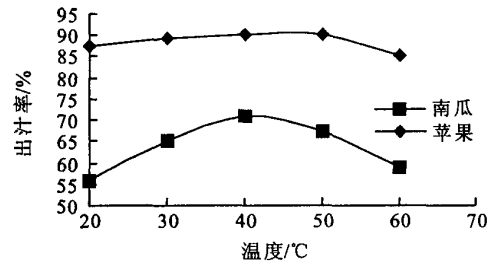


图 3 不同温度对出汁率的影响

Fig. 3 The effect of temperature on the extraction rate of juice

表 3 正交试验的因素与水平

Tab. 3 The factor and level of orthogonal test

水平	温度/℃	加酶量/(U/mL)	pH
	A	B	C
1	30	5	3
2	40	10	4
3	50	15	5

表 4 酶化酶对苹果汁澄清度影响

Tab. 4 The effect of macerating enzyme on clarification degree of apple juice

处理号	1 A	2 B	3 C	处理组合	透光率 $T_{660}/\%$
1	1	1	1	$A_1 B_1 C_1$	90
2	1	2	2	$A_1 B_2 C_2$	79
3	1	3	3	$A_1 B_3 C_3$	81
4	2	1	2	$A_2 B_1 C_2$	91
5	2	2	3	$A_2 B_2 C_3$	94
6	2	3	1	$A_2 B_3 C_1$	96
7	3	1	3	$A_3 B_1 C_3$	76
8	3	2	2	$A_3 B_2 C_2$	95.5
9	3	3	1	$A_3 B_3 C_1$	95
K_1	250	257	281		
K_2	281	268.5	265.5		
K_3	266.5	272	251		
K_1	83.3	85.7	93.7		
K_2	93.7	89.5	88.5		
K_3	88.3	90.7	83.7		
R	10.4	5	10		

从表 4 分析可以知道对苹果汁澄清的最佳组合为 $A_2 B_3 C_1$, 即温度为 40 ℃, 加酶量为 15 U/mL, pH 值为 3. 按最佳组合进行试验得出的澄清度为 96%.

2.4 粥化酶的酶系组成

粥化酶的酶系是可以改变的, 根据不同的应用目的, 可以通过改变菌种及培养条件来改变粥化酶中各种酶的组成比例。黑曲霉在发酵过程中各种酶的产酶高峰期是不同的, 果胶酶的产酶高峰出现在 60 h, 纤维素酶高峰出现在 84 h, 而对于木聚糖酶的产酶高峰在 72 h, 糖化酶和蛋白酶的最佳培养时间分别为 108 h 和 112 h, 因此我们可以根据应用目的选择相应的发酵时间。另外, 我们还可以通过加入诱导物的方式来改变酶系组成比例, 果胶酶可以通过加入低酯果胶、苹果渣、甜菜渣、桔皮粉等富含果胶质的物质诱导产生; 纤维素酶可以加稻草粉; 木聚糖酶可以通过加入玉米芯粉诱导。在榨汁的时候添加的粥化酶以果胶酶、纤维素酶、半纤维素酶为主, 在澄清的时候添加的粥化酶则以果胶酶、淀粉酶、蛋白酶为主。

2.5 粥化酶对果蔬细胞的破壁机理

植物细胞壁一般分为 3 层, 即胞间层、初生壁和次生壁, 次生壁比较坚硬, 纤维素和木质素含量较高, 使细胞壁具有较大的机械强度。初生壁主要有原果胶、纤维素、半纤维素、木质素及其他多糖组成。其中纤维素约占多糖总量的一半, 许多短分子链的纤维素分子平行排列组成内含木质素的微晶纤维束, 是初生壁的基本结构成分, 构成了细胞壁的网络骨架, 其间还充满了果胶、半纤维素等。胞间层中的胞间物质在各个细胞中起到了粘连细胞的作用, 主要由可溶性果胶构成, 而可溶性果胶存在于一个由不同半纤维素(木聚糖、木糖葡聚糖、阿拉伯聚糖、阿拉伯半乳糖等)构成的凝胶网状结构中^[5]。粥化酶正是针对植物细胞的结构特点而开发的一种新型果蔬加工用酶, 粥化酶具有较高的果胶酶、纤维素酶和木聚糖酶活力, 所以能迅速分解细胞壁中的果胶、纤维素和半纤维素, 使细胞壁容易破碎, 细胞壁降解后, 原来存在于细胞内的一些有

效成分便容易释放出来, 增加了汁液中可溶性固形物的含量。另外, 压榨效率亦有所提高, 果汁粘度明显降低。

2.6 粥化酶对果蔬汁澄清机理

原始果蔬汁浑浊的原因是果蔬汁中含有大量的果胶物质, 它们是半乳糖醛酸的聚合物, 呈胶体状态, 从而保持果蔬汁的浑浊和稳定性。有些果蔬汁浑浊是由于果蔬汁中含有少量的不溶性多糖、不溶性蛋白质和脂肪。^[6]在果蔬原汁中, 蛋白质呈正电性, 能与呈负电性的果胶或与有很强的水合能力的含果胶的浑浊颗粒聚合, 形成悬浮状态的浑浊物。当果胶酶存在时, 它分解浑浊物颗粒最外层呈负电性的果胶保护层, 通过静电平衡, 剩下带正电的颗粒就会与尚未完全分解的带负电的果胶分子凝聚, 中和而沉淀。粥化酶含有果胶酶、阿拉伯聚糖酶、蛋白酶和淀粉酶, 因此它不仅能够澄清由于果胶形成的混浊, 而且也能够澄清由淀粉、蛋白引起的混浊。经过粥化酶处理过的果蔬汁的透光率大大提高, 并使过滤或超滤的速度大大加快, 提高滤膜的通透量, 降低能耗。

3 结 论

应用试验表明, 粥化酶能够不同程度的提高果蔬的出汁率以及果蔬汁的澄清度, 而且还能增加果蔬汁中可溶性固形物含量。

苹果加工中, 粥化酶的最佳酶解条件: 加酶量为 15 U/g, 酶解时间为 0.5 h, 酶解温度为 30 ℃; 最佳澄清条件: 澄清温度为 40 ℃, 加酶量为 15 U/mL, pH 为 3。南瓜加工中, 粥化酶的最佳酶解条件: 加酶量为 15 U/g, 酶解时间为 1 h, 酶解温度为 40 ℃。

粥化酶是一种新型的果蔬加工用酶, 它酶系齐全、安全可靠、使用方便、价格便宜, 适用于果蔬汁的加工。

参考文献:

- [1] 张芳, 蒋作明. 南瓜的功能特性及其在食品工业中的应用[J]. 食品工业科技, 2000, 21, (19): 62-64.
- [2] 施安辉, 郭旭. 果胶酶催化条件及澄清果汁的研究[J]. 食品与发酵工业, 88, (4): 39-47.
- [3] Frank Will, Katri Bauckhage. Apple pomace liquefaction with pectinases and cellulases; analytical data of the corresponding juices[J]. Eur Food Res Technol, 2000, 211: 291-297.
- [4] 赵允麟, 赵莉. 黑曲霉复合酶系组成的调节与控制[J]. 工业微生物, 2001, 31, (4): 35-39.
- [5] 北京林学院主编 植物生理学[M]. 北京: 中国林业出版社, 1981. 55-57.
- [6] 杨军, 赵学慧. 果胶酶在苹果汁加工中的应用[J]. 中国酿造, 1998, (2): 15-17.
- [7] 俞中. 新型果浆酶[J]. 食品工业科技, 2000, 21, (6): 56-57.
- [8] Martin Reiter, Monika Stuparic. The role of process technology in carrot juice cloud stability[J]. Swiss Society of Food Science and Technology, 2003, 36: 165-172.

(责任编辑: 杨 萌)