

文章编号 :1009-038X(2002)02-0140-04

新仓小茄子中酶性质与质构的关系

陈德慰, 王亮, 张愨

(江南大学 食品学院, 江苏 无锡 214036)

摘要:研究了新仓小茄子中的果胶酯酶和多酚氧化酶的最适温度、pH、热稳定性以及钙离子和氯化钠对酶性质的影响。利用茄子中酶的性质,在保证色泽和风味的前提下,激活果胶酯酶以改善热烫杀青后茄子的质构,提高其硬度。实验表明,采用含 0.244 mol/L 的 NaCl、pH 9.2、0.1 mol/L 的碳酸钠-碳酸氢钠缓冲液,于 52.6 °C 下低温浸泡 18.9 min 后再热烫杀青,可以较好地提高茄子的质构。

关键词:果胶酯酶;质构;多酚氧化酶;茄子

中图分类号 S 641.1

文献标识码 :A

Study on the Relationship between Enzymes and Texture of Eggplant

CHEN De-wei, WANG Liang, ZHANG Min

(School of Food Science and Technology, Southern Yangtze University, Wuxi 214036, China)

Abstract: Pectin esterase and polyphenol oxidase were studied to maintain the color and texture of eggplant, and pectin esterase was activated during low temperature blanching to improve the hardness and texture of eggplant. The optimum soaking solution was pH 9.2, 0.1 mol/L Na₂CO₃-NaHCO₃ buffer containing 0.244 mol/L NaCl. Soaked at 52.6 °C for 18.9 min before blanching, eggplant could be better in hardness, and thus better texture.

Key words: pectin esterase; texture; polyphenol oxidase; eggplant

新仓小茄子是浙江省平湖市新仓镇的特有的优质蔬菜品种,它与普通的茄子不同。新仓小茄子色泽为嫩绿色,质构脆嫩,茄子风味浓郁,个体小,最佳食用期的茄子个体质量为 10 g 左右,生长期仅为一周左右,既可用于凉拌,也可炒食。

植物组织在低温下长时间热烫的条件下,会激活组织中的果胶酯酶,从而导致果胶部分脱酯,生成果胶酸,果胶酸在钙离子的桥联作用下,细胞间的粘合加强,从而可提高其硬度。青刀豆和胡萝卜在 65 °C 浸泡 3 min 再罐装杀菌,比未经低温浸泡的硬度高^[1]。豌豆荚在 55 °C 浸泡 10 min,再在含钙离

子的沸水中热烫杀青,可明显提高其硬度^[2]。

作者研究了新仓小茄子中的果胶酯酶、多酚氧化酶和过氧化物酶的最适温度、pH、热稳定性以及钙离子和氯化钠对酶性质的影响等基本性质,利用茄子中酶的性质,在保证色泽和风味的前提下,改善热烫杀青后茄子的质构,提高其硬度。

1 材料与方法

1.1 主要材料、试剂和仪器

小茄子:浙江平湖市新仓镇政府提供;果胶:

收稿日期 2001-10-23; 修订日期 2001-12-09.

作者简介:陈德慰(1975-)男,广西桂林人,食品科学与工程硕士研究生。

万方数据

Sigma 公司产品,愈创木酚、邻苯二酚均为化学纯;其余试剂均为分析纯.TA-XT2i 物性测定仪:英国 Stable Micro System 公司制造.

1.2 实验方法

1.2.1 粗酶液的制备 100 g 茄子和 100 mL 10% 的 NaCl 溶液,匀浆后搅动 3 h,然后离心,所得的上清液再过滤,滤液即为果胶酯酶和过氧化物酶的粗酶液.上述实验在 4 °C 条件下进行^[3,4].

1.2.2 果胶酯酶活力的测定

在 100 mL 的酶反应器中加入 20 mL 的 1% 的果胶溶液和 20 mL 的去离子水,恒温.加入 0.05 mol/L 的 NaOH 溶液,将溶液的 pH 调节到 7.5,然后加入 5 mL 酶液,再加入 0.05 mol/L 的 NaOH 溶液,将溶液的 pH 调节到 7.5,同时开始记录时间,不断加入 0.05 mol/L 的 NaOH 溶液,使溶液的 pH 保持在 7.5,测定不同的反应时间碱的累积消耗量.从曲线最初的直线部分的斜率计算果胶酯酶的活力,每分钟消耗 1 μ mol NaOH 定义为一个果胶酯酶的活力单位.

测定酶在不同温度下的活力单位、不同 pH 下的活力单位以及酶在不同温度下保温后的残余酶活.

1.2.3 多酚氧化酶活力的测定

100 g 茄子经冷冻后切成小块,加入 500 mL 26 °C 的丙酮,匀浆后抽滤,然后冷风干燥,即制成丙酮粉.将得到的丙酮粉溶于 150 mL 的 0.05 mol/L、pH 6.5 的磷酸盐缓冲液中,搅拌 30 min,然后离心,所得的上清液即多酚氧化酶的粗提取液^[3,5].

在比色皿中加入 2 mL 一定 pH 值的缓冲液和 0.7 mL 0.01 mol/L 的儿茶酚溶液,搅拌后再加入 0.3 mL 的酶粗提取液,再搅拌,同时在 410 nm 波长下测定反应混合物的消光值与反应时间的关系.从曲线最初的直线部分的斜率计算多酚氧化酶的活力,每分钟增加的消光值为 1 定义为一个酶活力单位.

测定酶在不同 pH 下的活力单位以及浸泡温度对多酚氧化酶的激活作用.

1.2.4 过氧化物酶活力的测定 取 10 g 样品,加入 30 mL 去离子水,用均质机捣碎后过滤,取 2 mL 滤液倒入试管中,加去离子水 20 mL,再加入 0.05% 的愈创木酚 1 mL 及 0.08% 的双氧水溶液 1 mL,充分混合,观察颜色变化,并与空白试验比较.空白试验是取 2 mL 的滤液倒入试管中,再加入去离子水 22 mL 所得的溶液.若在 3.5 min 内无颜色形成,即可认为过氧化物酶阴性及杀青充分.

1.2.5 质构测定 挑选形状大小相似的茄子,以物性测定仪的检测钳口装置测茄子硬度.每组样品测 10 次,取其平均值.

1.3 试验设计

根据茄子中酶的性质,设计了三因素三水平的响应面分析实验^[6].共有 15 组实验,其中 12 组为析因点,3 个零点以估计误差.采用浸泡温度、浸泡时间和盐浓度作为自变量,硬度作为响应值,实验因素与水平的选取见表 1.茄子经热烫杀青后置于 0.5 mol/L 的氯化钙中浸泡 30 min,然后再进行质构的测定.

表 1 实验的因素与水平

Tab.1 Independent variable and levels value

水平	因素		
	X ₁ 温度/°C	X ₂ 时间/min	X ₃ NaCl 浓度/(mol/L)
-1	45	10	0.4
0	50	15	0.2
+1	55	20	0

2 结果与讨论

2.1 新仓小茄子中的果胶酯酶的基本性质

2.1.1 不同温度下果胶酯酶的酶活力 从图 1 可以看出,随着温度的升高,果胶酯酶的活力也逐渐增加,60 °C 的酶活力是 30 °C 的两倍,在 65 °C 达到最大值,但果胶酯酶在 50~65 °C 之间的酶活力增加不大,其原因可能是在此温度范围内有小部分果胶酯酶热失活,而 70 °C 酶活力有较大的降低,可能是在此温度下有较多的果胶酯酶热失活的缘故^[7].

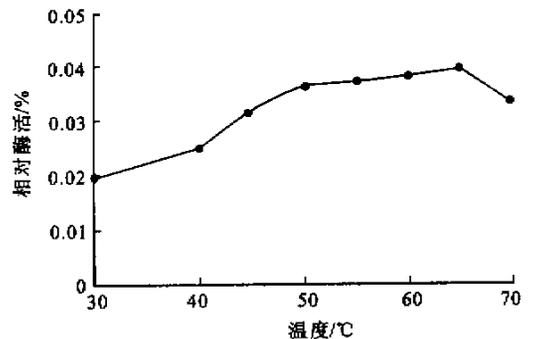


图 1 温度对果胶酯酶酶活的影响

Fig.1 The effect of temperatures on the activity of PE

2.1.2 不同 pH 值下果胶酯酶的酶活力 从图 2 可以看出,果胶酯酶在偏碱性条件下酶活力较高,在 pH 9.0 时达到最高,但随着 pH 的再升高反而会

迅速下降。

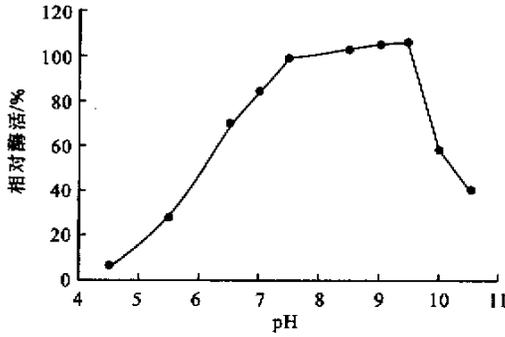


图2 pH对果胶酯酶酶活的影响

Fig.2 The effects of pH on the relative activity of PE

2.1.3 盐对果胶酯酶的影响 从图3 A可以看出, NaCl和CaCl₂都能激活茄子的果胶酯酶,但两者所需的浓度和激活程度不一样,果胶酯酶在0.15~0.25 mol/L的NaCl溶液中酶活力最高,而在0.01~0.05 mol/L的CaCl₂溶液中也具有较高的酶活力,但低于在0.15~0.25 mol/L的NaCl溶液中的酶活力。

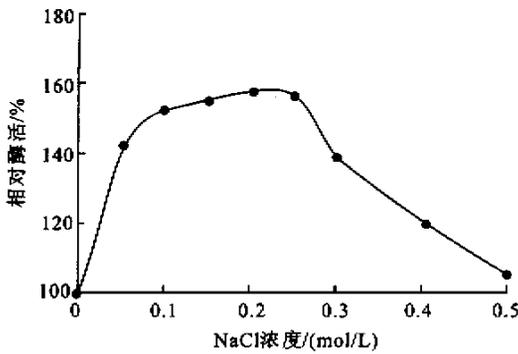


图3 氯化钠浓度对果胶酯酶酶活的影响

Fig.3 The effect of NaCl concentration on the relative activity of PE

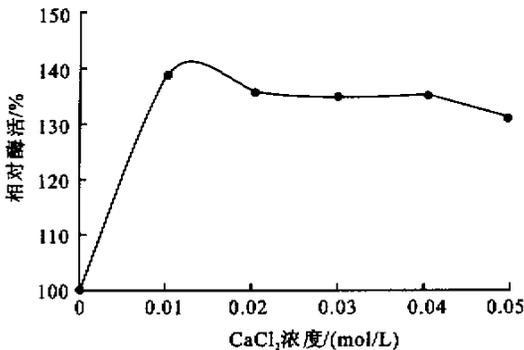


图4 CaCl₂浓度对果胶酯酶酶活的影响

Fig.4 The effect of CaCl₂ concentration on the relative activity of PE
万方数据

2.1.4 果胶酯酶的热稳定性 由图5可知,茄子果胶酯酶的粗提取液在50℃下保温20 min,其酶活力基本保持不变。在60℃保温时,发现酶活力在初始阶段有较大的降低,但随后下降缓慢,基本保持不变。其原因可能是茄子中的果胶酯酶也是由多部分组成,而各部分的热稳定性不同^[7,8]。

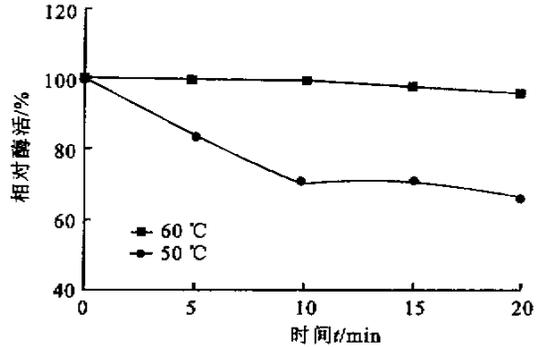


图5 果胶酯酶在不同温度和时间保温后的相对酶活
Fig.5 The relative activity of PE during incubation at different temperatures and time

2.2 新仓小茄子中的多酚氧化酶的基本性质

2.2.1 不同pH下的多酚氧化酶的酶活力 由图6可知,多酚氧化酶在pH 7.5时的酶活力最高,随着pH的升高迅速下降。

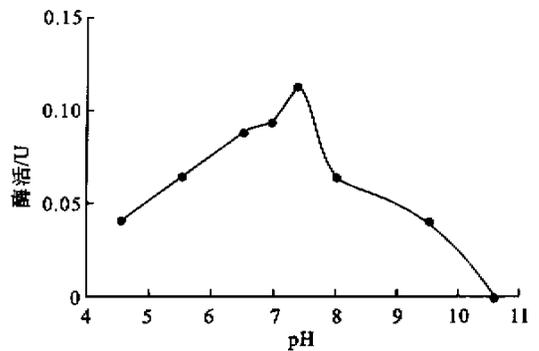


图6 pH对多酚氧化酶酶活的影响

Fig.6 The Effect of pH on the Activity of PPO

2.2.2 温度对多酚氧化酶的激活作用 将完整的、未损伤的茄子浸泡于不同温度的浸泡液中,观察茄子表面色泽的变化,结果见表2。可以看出,当浸泡温度高于55℃时,茄子中的多酚氧化酶很容易被热激活,发生酶促褐变,严重影响产品的商业价值。

2.3 热烫杀青温度与时间的选择

由于茄子在低温长时间浸泡会产生酶促褐变,所以不适宜采用低温长时间的热烫杀青方法,而应采用沸水热烫杀青。茄子过氧化物酶粗提取液在100℃下1 min即完全失活,而完整的茄子需3 min才完全失活,因此采用100℃、3 min热烫杀青的方

法.

表 2 浸泡温度与时间对多酚氧化酶的激活作用

Tab.2 The effects of soaking temperature and time on activating PPO

浸泡温度/ ℃	浸泡时间/ min	色泽变化
50	20	无变化
55	20	有少量不影响外观的褐色斑点
60	5	有少量不影响外观的褐色斑点
60	10	完全褐变
70	3	完全褐变

2.4 响应面分析结果

由于果胶酯酶在 pH 7.5~9.5 的酶活基本相同,且酶活最高,而多酚氧化酶的最适 pH 为 7.5,在 pH 9.5 时酶活较低,同时为了避免热烫过程中产生的酸引起的叶绿素分子脱镁,故低温浸泡时采用 0.1 mol/L pH 9.2 的碳酸钠和碳酸氢钠缓冲液,由于多酚氧化酶在浸泡温度高于 55℃ 时会被热激活产生酶促褐变,所以浸泡温度采用 45~55℃. 故设计了表 1 的实验因素与水平.

根据表 1 对实验因素和水平的设计,采用不同的浸泡温度、浸泡时间和盐浓度,做了 15 组实验,结果见表 3.

表 3 响应面分析实验结果

Tab.3 The result of response surface analysis

编号	X ₁	X ₂	X ₃	F
1	-1	-1	0	1 978.8
2	-1	0	-1	2 126.9
3	-1	0	+1	1 978.6
4	-1	1	0	2 382.7
5	0	-1	-1	2 433.8
6	0	-1	+1	2 491.1
7	0	+1	-1	3 022.2
8	0	+1	+1	2 875.8
9	1	-1	0	2 421.4
10	1	0	-1	2 972.4
11	1	0	+1	2 922.4
12	1	+1	0	3 062.2
13	0	0	0	2 995.6
14	0	0	0	3 041.9
15	0	0	0	3 053.3

+ a₁₁X₁² + a₂₂X₂² + a₃₃X₃² + a₁₂X₁X₂ + a₁₃X₁X₃ + a₂₃X₂X₃. 由表 2 的数据采用 SPSS 'REGRESSION 程序,计算出回归方程中的各系数,回归方程的方差分析结果见表 4,5. 从表 4 可以看出,回归方程的一次项和二次项系数的数值较大,说明各个具体的实验因子对响应值的影响不是简单的线性关系,同时交叉项系数较小,表明各因子间的交互作用不显著;由方差分析表发现,F 值为 21.282,显著水平为 0.002,线性相关系数为 0.975,说明所得的回归方程具有较好的代表性,可用于对实验进行分析和预测.

表 4 回归系数表

Tab.4 The coefficient of regression

a ₀	a ₁	a ₂	a ₃	a ₁₁
3030.258	363.938	252.219	-35.919	-387.310
a ₂₂	a ₃₃	a ₁₂	a ₁₃	a ₂₃
-181.648	-142.873	59.200	24.575	-50.912

表 5 回归方程的方差分析表

Tab.5 ANONA

方差来源	平方和	自由度	均方差	F 值	显著水平
回归	2.284106	9	2.538105	21.282	0.002
残差	5.9627104	5	1.193104		
总离差	2.344106	14			

注 线性相关系数 R²=0.975.

对回归方程进行数学分析,即对回归方程求偏导,并令其等于零,可得曲面的稳定点(0.52, 0.78, -0.22),对应的 F 值为 3232,大于各组实验的实验结果,即为最大值.为了进一步验证最佳的实验条件,作者采用上述条件(即浸泡温度为(52.6±1)℃,浸泡时间为(18.9±0.5)min,盐浓度为 0.244 mol/L)进行实验,结果见表 6.可以看出,最优处理所得的结果与回归方程的预测值基本相符,空白对照是没有经过低温浸泡处理而直接热烫杀青.

表 6 回归方程的验证结果

Tab.6 The test result of regression

样品	F/g
新鲜样品	2 690 ± 351
空白对照	1 624 ± 258
预测值	3 232 ± 117
最优处理	3 390 ± 271

采用回归方程 Y = a₀ + a₁X₁ + a₂X₂ + a₃X₃

(下转第 163 页)

3 结 语

微胶囊化肉碱具有良好的肠溶性,并且通过外壳缓慢、持续释放,有利于制成缓释胶囊,减轻消化

道的不良反应。微胶囊化肉碱在模拟肠液中的释放速率在释放过程的前 20 min 内遵循一级反应动力学。

参考文献:

- [1] 赖卫华,许杨,陆豫.左旋肉碱的生理功能、应用及其制备[J].食品工业科技,1998(6):75-77.
- [2] 中华人民共和国卫生部药典委员会编.中华人民共和国药典[M].广州:广东科技出版社,2000.
- [3] TETSURO YOSHIMARU. Preparation of microencapsulated enzymes for lowering the allergenic activity of food[J]. J Agric Food Chem, 1997, 45: 4178.
- [4] BELL L N. Thiamin stability in solids as affected by the glass transition[J]. Journal Food Science, 2000, 65(3):198.

(责任编辑:李春丽,朱明)

(上接第 143 页)

3 结 论

新仓小茄子的果胶酯酶的最适 pH 值为 7.5~9.5,最适温度为 50~65℃,0.15~0.25 mol/L 的 NaCl 溶液对其有激活作用,而其多酚氧化酶的最适 pH 值为 7.5,在 pH 9 以上酶活很低,茄子在浸泡过程中温度超过 60℃时,多酚氧化酶会被迅速激活,

发生酶促褐变。

采用响应面分析法可以求出提高茄子硬度的最佳条件,将茄子在 pH 9.2、0.1 mol/L 的碳酸钠-碳酸氢钠缓冲液,NaCl 浓度为 0.244 mol/L,52.6℃下浸泡 18.9 min 后再热烫杀青,可以较好地提高茄子的质构。

参考文献:

- [1] STANLEY D W, BOURNE M C, STONE A P. Low temperature blanching effects on chemistry, firmness and structure of canned green beans and carrot[J]. J Food Sci, 1995(60):327-333.
- [2] 廖哲逸. 豌豆荚颜色与质地保存之杀青条件的探讨[J]. 食品科学(台湾), 1998(25):197-209.
- [3] MARJET M, LAATTS, FRANCOIS GROSDENIS. Partial purification and characterization of pectin methylesterase from green bean[J]. J Agric Food Chem, 1997(45):572-577.
- [4] SHOOK C M, SHELLHAMMER T H, SCHWARTZ S J. Polygalacturonase, pectinesterase, and lipoxigenase activities in high-processed diced tomatoes[J]. J Agric Food Chem, 2001(49):664-668.
- [5] CARVAJAL-MILLAN E, CARVALLO T. Polyphenol oxidase activity, color changes, and dehydration in table grape rachis during development and storage as affected by N-(2-chloro-4-pyridyl)-N-phenylurea[J]. J Agric Food Chem, 2001(49):946-951.
- [6] 阮文权. *Geotrichum penicillatum* 生产酯类风味物质发酵条件的优化[J]. 无锡轻工大学学报, 1996(15):505-510.
- [7] TIJSKENS L M M, RODIS P S. Activity of pectin methyl esterase during blanching of peaches[J]. J Food Engineering, 1999, (39):167-177.