

番茄浆保温处理的工艺研究

孙晶¹, 张丽华², 陆小雪²

(1. 辽宁医学院食品科学与工程学院, 辽宁锦州 121001;

2. 南京农业大学农业部农畜产品加工与质量控制重点开放实验室, 江苏南京 210095)

摘要:以番茄为原料,研究了保温处理对番茄浆液果胶酶和果胶物质含量等指标的影响。结果表明:保温处理对番茄浆液的可溶性固形物和色泽的影响不明显,果胶含量随着保温温度升高、时间延长和 pH 增大均呈先上升后下降的趋势;果胶酶活性随着保温温度升高、时间延长和 pH 增大呈先升高后降低的趋势;原果胶含量随着保温温度升高、时间延长和 pH 增大均呈先下降后上升的趋势。番茄浆液(pH 自然)在 50℃ 水浴中保温 2h 后灭酶,生成的果胶量最多。
关键词:番茄浆,果胶,原果胶

Study on manufacturing process of tomato pulp thermostatic treatment

SUN Jing¹, ZHANG Li-hua², LU Xiao-xue²

(1. Food Science and Engineering College, Liaoning Medical University, Jinzhou 121001, China;

2. Key Laboratory of Food Processing and Quality Control, Ministry of Agriculture, Nanjing Agricultural University, Nanjing 210095, China)

Abstract: Effect of thermostatic treatment on the activity of intrinsic pectinase and the content of pectin in tomato pulp was analyzed. The results showed that there was little change of total soluble solid of tomato juice over time at constant temperature. The content of soluble pectin in tomato pulp increased at the beginning and reduced at final stage with elevation of temperature, prolonging of time and increase of pH. The activity of polygalacturonase (PG) in tomato pulp had the same change trend as that of the content of soluble pectin. On the other hand, the content of protopectin in tomato pulp decreased at the beginning and then increased at final stage with elevation of temperature, prolonging of time and increase of pH. The maximum yield of soluble pectin from tomato pulp was obtained at the temperature of 50℃ for 2h under natural pH of tomato pulp.

Key words: tomato pulp, pectin, protopectin

中图分类号: TS255.43

文献标识码: A

文章编号: 1002-0306(2011)02-0073-04

番茄(*Lycopersicon esculentum* Mill)又名西红柿、浆果,中医认为,番茄味酸、微甘,性平,有生津止渴、健脾开胃、消炎等功效,适用于治食欲不振、热病、伤暑、口渴等。番茄还含有番茄素,对多种细菌有抑制作用,此外,维生素 P 对防治高血压有益。番茄果实中含有大量的果胶物质,研究者已报道,果胶酶、纤维素酶等一些降解酶类已应用于番茄汁的生产中^[1-2],但需外加稳定剂才能使番茄汁稳定,使生产成本提高。果胶是由原果胶在果胶酶作用下产生的一种溶于水的胶体物质,对稳定混浊或带肉果蔬汁有重要作用,在适宜的温度条件下保温处理可激活番茄组织中原果胶酶、纤维素酶的活性,促进番茄利用自身酶分解原果胶等物质生成果胶、糖等物质。保温处理无需外加任何物质,可制得悬浮稳定性好的纯天然原汁,节省制汁成本,有关番茄制汁过程中

的保温处理尚未见报道。本研究对番茄保温处理的工艺参数进行了探讨,旨在为番茄汁的工业化生产提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

番茄 品种为“千红 1 号”,处在红熟期;果胶 CAS9000-69-5, sigma 公司; 2-巯基乙醇 化学纯,上海凌峰化学试剂公司; PVPP BASF 进口分装,上海化学试剂公司; 5-二硝基水杨酸 化学纯,上海化学试剂公司。

FA/JA 型电子天平、MP200B 天平 上海精密科学仪器有限公司; 冰箱 青岛海尔电器公司; HH 型 2004 型恒温水浴锅 常州国华电器有限公司; GL-20G- II 型高速冷冻离心机 上海安亭科学仪器厂; UV-9100 紫外/可见分光光度计 北京瑞利分析仪器公司; 可调移液器 南京赛吉科技公司; MODEL818 pH 计 美国 Orion 公司; N210 糖量仪 日本柯尼克美能达有限公司。

收稿日期 2010-04-06

作者简介 孙晶(1982-)女,硕士,助教,研究方向:食品科学。

1.2 番茄浆加工工艺流程

原料→清洗→切块(2cm×2cm左右)→打浆→保温处理(恒温水浴)→过滤→杀菌→番茄浆

1.3 实验设计

1.3.1 单因素实验 选择成熟度一致、大小均匀、无腐烂的干红1号番茄为原料,按1.2所述工艺进行打浆处理得番茄浆液,进行保温实验。保温温度实验:选取温度为30~70℃,时间1.5h,pH自然;保温时间实验:选取时间为0~2.5h,温度40℃,pH自然;保温pH实验:选取保温温度50℃,保温时间2h,pH3~7。

1.3.2 正交实验 根据单因素实验结果,取保温温度(A)、保温时间(B)和pH(C)三个影响因素,以番茄浆液中果胶含量为指标进行正交实验,得到保温处理的最优工艺参数,并进行验证。

表1 正交实验因素水平表

水平	因素		
	A 保温温度(℃)	B 保温时间(h)	C pH
1	45	1.5	4
2	50	2	4.5
3	55	2.5	5

1.4 测定指标与方法

1.4.1 可溶性固形物 手持糖量仪测定。

1.4.2 果胶测定 取样品5g,置于150mL三角瓶中,加入95%乙醇,沸水浴30~40min,重复多次,至糖被完全洗净,过滤。留沉淀放入原三角瓶中,加水40mL,水浴加热50℃保持30min,过滤洗涤沉淀,滤液移入100mL容量瓶中定容。吸取1mL加入到20mL试管,加入6mL浓H₂SO₄混匀,沸水浴20min,冷却后添加0.2mL 0.15%的吡啶乙醇,摇匀,在暗处放置2h后,测定A₅₃₀^[3]。

1.4.3 原果胶的测定 在装有沉淀的三角瓶中加入0.5mol/L H₂SO₄ 100mL,沸水浴1h,冷却后定容到100mL。吸取1mL加入到20mL试管中,加入6mL浓H₂SO₄混匀,沸水浴20min,冷却后加入0.15%吡啶乙醇0.2mL,摇匀,暗处放置2h测定A₅₃₀。

1.4.4 粗酶液的提取 取3g番茄浆,-18℃冷冻后,加5mL pH5.2 醋酸钠缓冲液(内含0.1mol/L NaCl,2% 巯基乙醇,5% PVPP)冰浴研磨,10000×g 冷冻离心10min后,上清液即为粗酶液。

1.4.5 酶活的测定 反应体系由1mL粗酶液、1mL 1%果胶溶液(pH5.2 醋酸钠缓冲液配制)和4mL pH5.2 醋酸钠缓冲液组成。对照管为1mL失活的粗酶液,其它试剂同反应管。反应体系在30℃水浴1h后,沸水灭酶10min。冷却至室温后,用蒸馏水定容至25mL。取2mL反应液测定还原糖,以每毫升粗酶液每分钟催化生成1μg葡萄糖的酶量为一个酶活单位(U)^[4]。

2 结果与分析

2.1 保温温度对番茄浆的影响

2.1.1 保温温度对番茄浆可溶性固形物的影响 番茄果实风味主要由可溶性固形物含量决定^[5],可溶性固形物的主要成分是糖、酸和挥发性化合物。普通

番茄果实中的糖分主要是果糖和葡萄糖^[6],有机酸主要是柠檬酸和苹果酸^[7]。由表2可知,保温温度对番茄浆的可溶性固形物无显著影响。

表2 不同保温温度对番茄浆可溶性固形物的影响

保温温度(℃)	30	40	50	60	70
可溶性固形物(%)	4.0	4.0	4.0	4.1	4.1

2.1.2 保温温度对番茄浆果胶和原果胶的影响 番茄浆在放置的过程中,其原果胶在自身果胶酶的作用下分解成果胶,而温度对酶活性影响很大,由表3可知,果胶含量随着保温温度的上升呈先增加后降低的趋势,原果胶含量先下降后上升;当保温温度为50℃时,果胶含量最高,因此,最适的保温的温度为50℃。

表3 不同保温温度对番茄浆果胶和原果胶含量的影响

保温温度(℃)	30	40	50	60	70
果胶(mg·g ⁻¹)	14.5	23.8	30.2	18.5	9.6
原果胶(mg·g ⁻¹)	86.0	73.8	60.5	79.6	91.7

2.1.3 保温温度对果胶酶活性的影响 不同保温温度反应体系:1mL经不同温度保温后的粗酶液与1mL 1%果胶、4mL pH5.2的醋酸钠缓冲液混合,在30℃水浴1h后果胶酶活力变化见图1。酶活力随着保温温度的升高呈先升高后下降的趋势,在50℃时果胶含量最高,此时果胶酶活性并非最大,保温后的番茄浆应立即灭酶。据报道,温度超过80℃时果胶酶会失活。

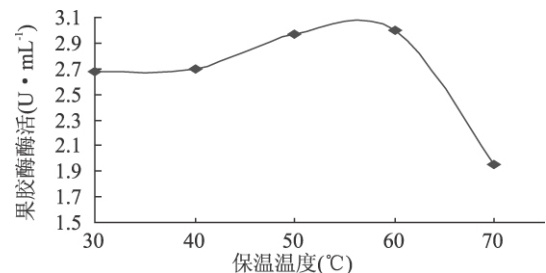


图1 保温温度对果胶酶活力的影响

2.2 保温时间对番茄浆的影响

2.2.1 保温时间对番茄浆可溶性固形物的影响 由表4可知,在保温过程中,番茄浆的可溶性固形物含量随着保温时间的延长基本保持不变,保持起始的4%左右,不同保温时间可能对番茄浆中的糖和酸均有影响,但对可溶性固形物没有影响。

表4 不同保温时间对番茄浆可溶性固形物的影响

保温时间(h)	0	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5
可溶性固形物(%)	4.0	4.0	4.0	4.0	4.1	4.1

2.2.2 保温时间对番茄浆果胶和原果胶的影响 由表5可知,番茄浆中的果胶含量随着保温时间的延长先上升后下降。当保温至2h时,果胶含量最高,由于2h前原果胶分解成果胶的速度大于果胶分解成果胶酸的速度,2h后原果胶含量不断减少,果胶的含量也相应减少,因此,最佳的保温时间为2h。

表5 不同保温时间对番茄浆果胶和原果胶含量的影响

保温时间(h)	0	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5
果胶(mg·g ⁻¹)	10.0	16.3	24.5	27.8	33.8	23.2
原果胶(mg·g ⁻¹)	89.1	81.5	72.3	67.8	62.0	68.7

2.2.3 保温时间对果胶酶活性的影响 不同保温时间反应体系 :1mL 经 50℃ 保温不同时间后的粗酶液与 1mL 1% 果胶、4mL pH5.2 的醋酸钠缓冲液混合, 在 30℃ 水浴 1h 后, 果胶酶的酶活力变化见图 2。果胶酶酶活力随着保温时间的延长呈先升高后下降的趋势, 保温 2h 时, 果胶酶酶活性没有达到最大。

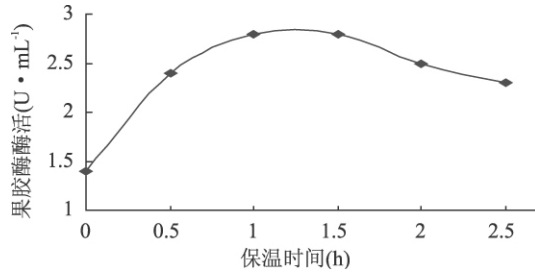


图 2 保温时间对果胶酶活力的影响

2.3 pH 对番茄浆保温的影响

2.3.1 pH 对番茄浆可溶性固形物的影响 由表 6 可知, 在保温过程中番茄浆的可溶性固形物随着 pH 的变化基本保持不变, 保持起始的 4% 左右, 而番茄的 pH 一般为 4.5 左右, 因此保温过程中番茄的 pH 保持自然。

表 6 不同 pH 对番茄浆可溶性固形物的影响

pH	3	4	5	6	7
可溶性固形物 (%)	4.0	4.1	4.0	4.0	4.1

2.3.2 pH 对番茄浆果胶和原果胶的影响 由表 7 可知, 番茄浆果胶含量在保温过程中随着 pH 的增加呈先增加后下降的趋势, 原果胶呈先下降后上升的趋势。pH 介于 4~5 之间, 番茄浆中果胶的含量最高, 原果胶分解得较多, 而番茄的自然 pH 一般在 4.5 左右, 因此, 番茄浆在保温过程中不需要调节 pH。

表 7 不同 pH 对番茄浆果胶和原果胶含量的影响

pH	3	4	5	6	7
果胶 (mg · g ⁻¹)	16.2	27.5	28.0	18.5	15.1
原果胶 (mg · g ⁻¹)	89.8	76.2	71.5	84.8	90.5

2.3.3 pH 对果胶酶活性的影响 不同 pH 反应体系 :1mL 经 50℃ 保温 2h 后的粗酶液与 1mL 1% 果胶、4mL pH5.2 的醋酸钠缓冲液混合, 在 30℃ 水浴 1h 后, 果胶酶酶活力变化见图 3。果胶酶酶活力随着保温时间的延长呈先升高后下降的趋势, pH5 时的果胶酶酶活性最大。

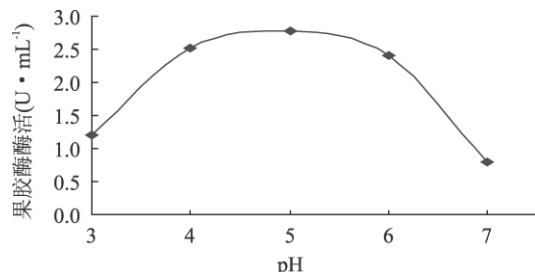


图 3 pH 对果胶酶酶活的影响

2.4 番茄浆最佳保温条件的确定

根据单因素实验结果, 以保温温度(45、50、55℃)、保温时间(1.5、2、2.5h)和 pH(4.0、4.5、5.0)进行三因素三水平正交实验。由表 8 可知, 保温时间对番茄浆的影响最显著, 其次是 pH 和保温温度, 最

佳的保温条件是 A₂B₂C₂, 即 pH4.5 的番茄浆在 50℃ 下保温 2h, 果胶含量最高, 效果最好。

表 8 不同保温条件对番茄浆中果胶的影响

实验号	A	B	C	果胶 (mg · g ⁻¹)
1	1	1	1	10.48 ± 0.0105
2	1	2	2	28.09 ± 0.0012
3	1	3	3	14.12 ± 0.0209
4	2	1	2	15.60 ± 0.0010
5	2	2	3	34.45 ± 0.0013
6	2	3	1	11.37 ± 0.1007
7	3	1	3	11.56 ± 0.0910
8	3	2	1	16.90 ± 0.0452
9	3	3	2	20.24 ± 0.0056
K ₁	52.69	37.64	38.75	
K ₂	61.42	59.44	63.93	
K ₃	48.70	25.73	60.13	
R	12.72	33.71	25.18	

3 讨论

番茄果实中含有大量的果胶和原果胶, 原果胶是植物体内水溶性果胶物质的母体。果胶是一种杂多糖类高分子化合物, 由 D-半乳糖醛酸(或部分甲酯化的 D-半乳糖醛酸)通过 α-1, 4-糖苷键连成主链, 在主链中常间或地插入了一些 α-L-吡喃鼠李糖残基、阿拉伯聚糖、半乳糖、阿拉伯半乳糖等形成侧链, 将果胶分子与蛋白质、半纤维素以及纤维素连在一起, 形成原果胶^[8]。

原果胶在自身酶的作用下会分解成果胶, 然后在果胶酶作用下分解成果胶酸, 因此可以通过保温处理尽量多地保存其自身的果胶, 在果蔬复合时, 能减少稳定剂的添加量, 提高成品品质。本研究结果表明, 番茄浆在 50℃ 水浴中保温 2h, 保存的果胶最多, 此时果胶酶活性适中, 因此应立即在高温灭酶处理, 在 80~90℃ 就可以全部失活^[9-10]。

另外, 果实的质地是构成果实品质的重要因素, 果实质地的改变是由于果胶、纤维素、木质素等细胞壁组分的变化引起的。很多果实成熟时都伴随着果胶的变化, 主要表现在成熟果实中可溶性果胶含量上升以及果胶的平均分子量显著下降。而细胞壁组分的降解与 PE、PG、纤维素酶等细胞壁水解酶活性增加密切相关, 因此, 不同的成熟度影响了番茄中的酶活性以及番茄中含有的各种物质的含量, 进而影响工艺参数的设定和终产品的品质, 已有的研究中介绍加工中采用的番茄一般选择粉红色期和红熟期, 剔除转色期以前的番茄和腐烂的番茄^[11]。

4 结论

果胶含量随着保温温度升高、时间延长和 pH 增大均呈先上升后下降的趋势; 原果胶含量随着保温温度升高、时间延长和 pH 增大均呈先下降后上升的趋势。当 pH 自然的番茄浆在 50℃ 水浴中保温 2h 后, 生成的果胶最多, 有利于提高番茄浆的稳定性。

参考文献

[1] Wu Q, Szakaacs - Dobozi M, Hemmat M, et al. Endopoly (下转第 78 页)

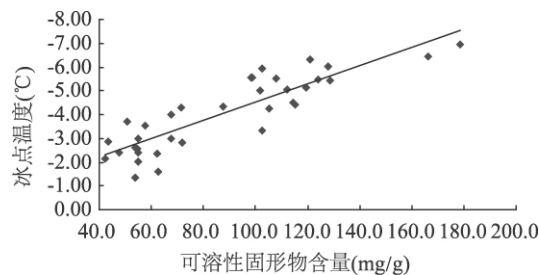


图3 果蔬冰点与可溶性固形物含量的关系

关系如图4。从图4中可知,含水量高,冰点温度也高。因此,果蔬在采前灌水也会在一定程度上提高含水量,致使冰点温度升高,品质下降,不利于果蔬贮藏,因此在采前两周应停止灌水,以保证农产品的优良贮藏性能和较好的营养品质。通过EXCEL进行线性回归,建立含水量与冰点温度之间的回归方程: $Y = 0.209X - 22.552$, 其相关系数 R^2 为 0.7050, 经 $\alpha = 0.01$ 的 F 检验结果可知 $F > F_{0.01}$, 因此,回归方程具有高度的显著性。利用该回归方程,只要速测出果蔬的含水量,便可迅速测算出其冰点温度。

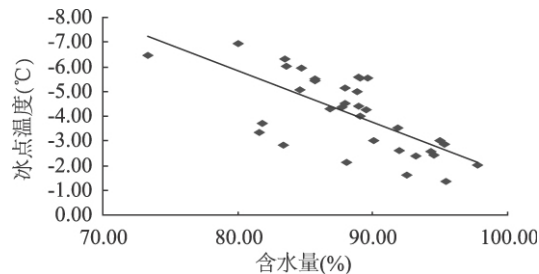


图4 果蔬冰点与含水量的关系

2.2.4 果蔬冰点与密度的关系 所测实验材料的冰点温度与密度之间的关系如图5。从图5中可知,对于不同密度的果蔬,其冰点温度的变化并不随反映植物组织空隙率大小指标的变化呈现明显的递增或递减趋势。其相关系数 R^2 为 0.0328, 经 $\alpha = 0.05$ 的 F 检验结果可知 $F < F_{0.05}$, 因此,回归方程不具有显著性。

3 结论

通过对 35 种新鲜果蔬样品的生理生化指标和

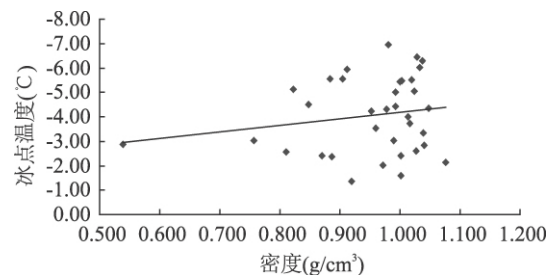


图5 果蔬冰点与密度的关系

其冰点温度的同步测试,结果表明,果蔬含水量和可溶性固形物含量与冰点温度的相关性分别达到极显著水平;果蔬密度与冰点温度的相关性没有达到显著水平。果蔬冰点温度随着果蔬含水量增加呈递增趋势,而随着可溶性固形物含量的增加呈递减趋势,这将为新鲜果蔬的冷藏保鲜及加工提供可靠的理论和数据参考。

参考文献

- [1] 秦文, 吴卫国. 农产品贮藏与加工学 [M]. 中国计量出版社, 2007: 81-85.
- [2] 薛文通. 桃的冰温贮藏研究 [J]. 农业工程学报, 1997, 13(4): 216-220.
- [3] 上海市蔬菜公司蔬菜鲜藏技术编写组. 蔬菜鲜藏技术 [M]. 北京: 中国财政经济出版社, 1980: 256-257.
- [4] A F Hoo, M R McLellan. The contributing effect of apple pectin the freezing point depression of apple juice concentrates [J]. Food Sci, 1987, 52(2): 372-374.
- [5] Yanyun Zhao, Edward Kolbe, Cormae Craven. Computer simulation chilling and freezing of albacore tuna [J]. Food Sci, 1998, 63(5): 751-755.
- [6] C S Chen. Relationship between water activity and freezing point depression of food systems [J]. Food Sci, 1987, 52(2): 433-435.
- [7] C S Chen, T K Nguyen, R J Braddock. Relationship Between freezing point depression and composition of fruit juice systems [J]. Food Sci, 1990, 55(2): 566-569.
- [7] ISLAM M S. Variability in different physical and biochemical characteristics of six tomato genotypes according to stages of ripeness [J]. Bangladesh Journal of Botany, 1997, 26(2): 137-147.
- [8] Sakai T, Sakamoto T, Hallaert J. Pectin, Pectinase and Protopectinase: Production, Properties and Applications [J]. Advances in Applied Microbiology, 1993, 39: 213-294.
- [9] Bel-Hajh M. Effect of cultivars, break temperature, pulping and extraction methods on the viscosity of tomato juice [J]. Ohio State Univ, 1981.
- [10] Fito P J, Clemente G, Sanz F J. Rheological behavior of tomato concentrate (hot break and cold break) [J]. Journal of Food Engineering, 1983, 2(1): 51-62.
- [11] 徐娜, 冯辉, 吴志刚. 串番茄果实货架期间与耐贮性有关的生理特性的变化 [J]. 植物生理学通讯, 2005, 41(6): 764-767.

(上接第75页)

- galacturonase isoenzymes during the "ripening" of normal and mutant tomato fruit [J]. Plant Physiol, 1993, 102: 219-225.
- [2] 金昌海, 水野雅史, 汪志君, 等. 苹果 β -半乳糖苷酶对细胞壁多糖降解特性的研究 [J]. 扬州大学学报: 农业与生命科学版, 2002, 12: 71-78.
 - [3] BITTE T, MMUIR H. A Modified Uronic Acid Carbazole Reaction [J]. Analytical Biochemistry, 1962, 4(4): 330-334.
 - [4] 中山大学生物系生化微生物学教研室. 生化技术导论 [M]. 人民教育出版社, 1981: 61-62.
 - [5] GRANGES A, DEPRez A. Annual variations in the organoleptic quality of tomato: consumer judgement [J]. Revue Suisse de Viticulture, Arboriculture Ethorticulture, 2002, 34(4): 219-222.
 - [6] KARADENIZ F, EKSI A. Research on chemical composition of tomato pulp [J]. Turkish Journal of Agriculture and Forestry, 1996, 20(5): 445-448.