

高压 CO₂ 处理对西瓜汁的影响*

王新磊, 吴继红, 张燕, 廖小军, 胡小松

(中国农业大学食品科学与营养工程学院, 农业部果蔬加工重点开放实验室, 果蔬加工教育部工程研究中心, 北京, 100083)

摘 要 以海南麒麟西瓜为原料, 榨汁后进行 HPCD(高压 CO₂) 杀菌处理, 处理温度为 25℃, 压力为 20 MPa 和 30 MPa, 处理时间分别为 10、30 和 60 min, 测定 HPCD 处理后西瓜汁的主要理化指标、细菌总数和 PME 酶(果胶甲基酯酶)活性变化。结果表明: HPCD 处理后西瓜汁 pH 值降低 0.3~0.7, 可溶性固形物无明显变化、颜色更红、浊度增加, 细菌总数降低可达到 2 个对数, 果胶甲基酯酶活性可降低 50%。

关键词 高压 CO₂, 西瓜汁, 杀菌, 细菌总数, 果胶甲基酯酶

西瓜汁的热敏性强, 经过加热杀菌后会产生煮熟气味, 而且杀菌后静止过程中会产生沉淀, 番茄红素随着果肉颗粒沉降而沉积于容器底部, 导致西瓜汁色泽发生变化。因此, 杀菌技术成为制约西瓜汁加工的关键技术。

非热杀菌是目前国内外广泛研究的新兴杀菌技术, 与热力杀菌技术相比, 非热力杀菌过程中物料温度升高很少, 热效应不显著, 能够最大限度保持其原有的品质。高压 CO₂ (high pressure carbon dioxide, HPCD) 技术作为一项重要的非热力杀菌技术有利于保持食品色、香、味、营养及功能成分的生理活性。CO₂ 来源广, 成本低, 利用其作为介质杀菌, 具有节能、环保、成本低等特点, 是一项绿色环保杀菌技术。国外开展 HPCD 杀菌技术的应用研究已有多, 特别是美国和日本等国家不仅开展了大量的 HPCD 基础研究, 而且开发了可产业化应用的 HPCD 处理装置, 进行了一些商业化的尝试, 但我国相关研究的报道很少, 迫切需要展开这方面的工作^[1]。

本研究采用 HPCD 技术对鲜榨西瓜汁进行处理, 研究其对西瓜汁品质、杀菌效果以及对西瓜汁中 PME 酶的钝化效果, 初步探索该技术在鲜榨西瓜汁上的应用。

1 材料与方 法

1.1 实验材料

麒麟西瓜, 中国海南生产, 2008 年 3~4 月份在北京超市发超市购买, 购买后 4℃ 冷库存放(存放期

小于 10 d), 实验使用时取出榨汁。

果胶(烟台北方安德利果胶有限公司), NaCl、NaOH(均为分析纯, 北京化工厂), 营养琼脂(生化试剂, 北京奥博星生物技术有限有限责任公司), 二氧化氯消毒剂(北京绿先锋环保科技有限公司)。

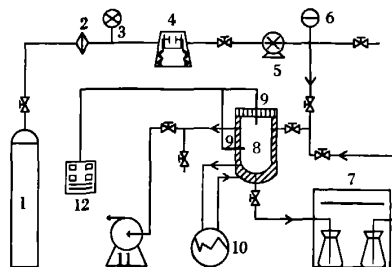
1.2 实验方法

1.2.1 西瓜汁的榨取

取 4℃ 存放的西瓜, 用自来水洗净、切分、去皮去籽后, 采用 JYL-390 榨汁机(山东九阳小家电有限公司)榨汁, 然后通过 4 层纱布和 400 目滤布过滤, 装于容器中, 放于 4℃ 冷库备用。

1.2.2 HPCD 处理西瓜汁

本实验采用的间歇式高密度 CO₂ 杀菌机为中国农业大学专利产品(专利号 ZL200520132590. X), 流程图见图 1。杀菌处理前对 HPCD 杀菌机管道进行清洗消毒, 用无菌水清洗后使用 50 mg/L ClO₂ 浸泡 20 min, 再用无菌水清洗至无 ClO₂ 残留。将高压处理釜加热保温至设定温度 25℃, 通过真空泵进行抽真空, 之后打开高压处理釜上的进样阀, 200 mL 西瓜



1—CO₂ 钢瓶; 2—CO₂ 过滤器; 3—压力表; 4—冷却装置; 5—增加泵; 6—压力传感器; 7—无菌系统; 8—处理釜; 9—热电偶温度计; 10—水浴控温系统; 11—真空泵; 12—控制板

图 1 实验用 HPCD 流程图

第一作者: 硕士研究生(廖小军教授为通讯作者)。

* 国家“十一五”支撑计划课题——食品冷加工与高效分离技术研究(2006BAD05A02)。

收稿日期: 2008-09-02, 改回日期: 2008-11-01

汁通过真空方式自动吸入到高压处理釜。待西瓜汁温度平衡至 25℃, 打开高压处理釜上的 CO₂ 进口阀, 然后通过增压泵进行增压, 经 5~10 min 的升压过程达到设定压强, 后进行保压处理, 保压后打开高压处理釜上的卸压阀, 卸压结束后开启高压处理釜上的出样阀, 西瓜汁自动灌入到无菌系统中无菌瓶、手动封盖, 之后样品进行检测分析。

1.2.3 测定方法

(1)pH 测定: 采用 868 型 pH 计, 美国奥立龙公司。

(2)可溶性固形物: 采用 WAY-2S 型数字阿贝折射仪, 上海精密科学仪器有限公司。

(3)浊度: 样品稀释 50 倍后采用 WGZ-200 型散射式浊度仪测定, 上海珊科仪器厂。

(4)颜色测定: 采用 SC-80C 全自动色差仪, 北京康光仪器有限公司。具体方法为: 仪器测得 L^* 、 a^* 和 b^* , 并计算出 ΔE 、 C 和 H , 其计算公式如下^[2]:

$$\Delta E = [(L - L_0)^2 + (a - a_0)^2 + (b - b_0)^2]^{1/2}$$

$$C = (a^2 + b^2)^{1/2}$$

$$H = \arctan(b/a)$$

其中 L : 处理样品的亮度; L_0 : 对照样品的亮度; a : 处理样品的红度; a_0 : 对照样品的红度; b : 处理样品的黄度; b_0 : 对照样品的黄度。

L^* 、 a^* 、 b^* 、 ΔE 、 C 和 H 是测定颜色变化的常用参数。在 L^* 、 a^* 、 b^* 的坐标中, L^* 称为明度或亮度指数, $L^* = 0$ 表示黑色, $L^* = 100$ 表示白色; a^* 称为红度, $+a^*$ 方向颜色接近红色, $-a^*$ 方向颜色接近绿色; b^* 称为黄度, $+b^*$ 方向颜色接近黄色, $-b^*$ 方向颜色接近蓝色; ΔE 为 2 点之间的变化值; C 表示果汁的色彩饱和度; 色调角 H 反映样品的颜色, H 值靠近 -45° 表明样品偏向蓝紫色, 而 H 值靠近 0° 表明样品偏向于红色。Francis 等人(1975)认为当 $\Delta E \geq 2$ 时, 产品的色泽即可发生可见的变化; C 值越大则食品的颜色饱满^[3]。

(5)果胶甲基酯酶(PME)活性测定: 方法参照 Kimball^[4](1991)方法, 稍作修改; 反应原理是测定反应生成果胶酸的含量。

底物溶液的配制: 10 g/L 果胶溶液, 含 0.15 mol/L 的 NaCl。

酶活性的测定: 20 mL 的 10 g/L 果胶溶液, 于 $(30 \pm 3)^\circ\text{C}$ 恒温水浴, 用 2.0 mol/L 的 NaOH 迅速调节 pH 至 7.0, 再用 0.05 mol/L 的 NaOH 迅速调节 pH 至 7.5, 加入 2 mL 西瓜汁, 再用 0.05 mol/L 的

NaOH 迅速调节 pH 至 7.5, 加入 50 μL 的 0.05 mol/L 的 NaOH, 测定溶液 pH 值重新回到 7.5 所需要的时间。PME 酶活性以 U/min · mL 表示。残存酶活计算公式如下:

$$\text{残存酶活}/\% = \frac{\text{DPCD 处理后的 PME 酶活性}}{\text{DPCD 处理前的 PME 酶活性}} \times 100$$

(6)细菌总数测定方法: 参考牛天贵^[5]《食品微生物学实验技术》中介绍的方法。

2.2.4 实验方案设计

HPCD 处理西瓜汁的参数设计: 设定温度为 25℃, 压强分别为 20 MPa 和 30 MPa, 处理时间为 10、30 和 60 min, 进行 3 次重复, 未处理的西瓜汁为空白对照。由于每次重复实验的原料西瓜理化指标存在差异, 实验数据不进行平均计算, 每次重复的结果以 3 次平行测定结果表示。统计分析采用 SPSS 软件, 显著水平为 0.05。

2 结果与分析

2.1 HPCD 处理对西瓜汁品质影响

2.1.1 HPCD 处理后西瓜汁 pH 变化

图 2 为 HPCD 处理前后西瓜汁的 pH 变化, 3 次重复中未处理西瓜汁的起始 pH 有较大差异, 第 1 次重复对照西瓜汁 pH 达到 6.1 左右, 而第 3 次不到 5.3, 这是由西瓜原料造成的。经 HPCD 处理后西瓜汁的 pH 发生了显著下降, 降低值达到 0.3~0.7 单位, 主要是因为 CO₂ 溶解于西瓜汁中形成碳酸, 碳酸可进一步进行解离成 H⁺、HCO₃⁻ 以及碳酸根离子^[6]。但随着 HPCD 处理时间延长, 西瓜汁 pH 无差异不显著 ($P < 0.05$), 而且 20 MPa 和 30 MPa 2 个压力处理的西瓜汁 pH 值之间也无明显差异。

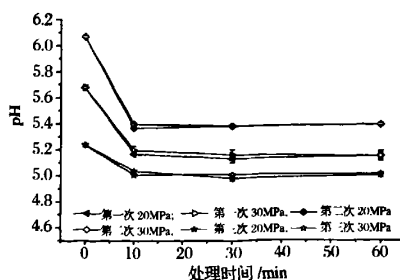


图 2 HPCD 处理后西瓜汁 pH 变化

2.1.2 HPCD 处理对西瓜汁颜色影响

表 1 列出了 HPCD 处理对西瓜汁 L^* 、 a^* 、 b^* 值的影响, 并进一步计算出了其 ΔE 、 C 和 H 。

表1 HPCD 处理对西瓜汁色泽的影响

重复	处理	L^*	a^*	b^*	ΔE	C	$H(^{\circ})$
第1次	对照	15.00±0.25	1.17±0.11	0.75±0.15	0.00	1.39	32.87
	20MPa/10 min	13.55±0.22	2.82±0.12	0.61±0.05	2.21	2.89	12.26
	20MPa/30 min	13.58±0.55	2.94±0.48	0.40±0.31	2.30	2.97	7.82
	20MPa/60 min	13.69±0.21	2.54±0.51	-0.06±0.20	2.07	2.54	-1.28
	30MPa/10 min	13.08±0.20	2.27±0.22	-0.11±0.23	2.37	2.27	-2.78
	30MPa/30 min	13.42±0.28	2.16±0.19	-0.18±0.19	2.08	2.16	-4.77
第2次	30MPa/60 min	14.48±0.12	2.51±0.14	-0.37±0.15	1.83	2.54	-8.38
	对照	13.81±0.24	1.13±0.21	0.56±0.06	0.00	1.27	26.44
	20MPa/10 min	13.77±0.16	2.42±0.27	0.02±0.10	1.40	2.42	0.55
	20MPa/30 min	13.97±0.28	2.21±0.05	0.03±0.13	1.21	2.21	0.69
	20MPa/60 min	13.50±0.22	2.30±0.25	-0.32±0.16	1.50	2.32	-7.92
	30MPa/10 min	13.14±0.11	2.51±0.26	-0.14±0.30	1.68	2.51	-3.20
第3次	30MPa/30 min	13.52±0.18	2.43±0.42	-0.38±0.31	1.63	2.46	-8.89
	30MPa/60 min	14.22±0.96	2.35±0.29	-0.60±0.35	1.73	2.42	-14.43
	对照	17.16±0.19	4.37±0.43	0.06±0.76	0.00	4.37	0.83
	20MPa/10 min	16.60±0.26	5.54±0.39	-1.04±0.86	1.71	5.64	-10.66
	20MPa/30 min	16.52±0.37	5.58±0.78	-1.50±0.09	2.08	5.78	-15.02
	20MPa/60 min	16.58±0.23	5.98±0.61	-1.39±0.43	2.25	6.14	-13.12
第3次	30MPa/10 min	14.81±0.62	6.83±0.50	-0.61±0.55	3.47	6.86	-5.11
	30MPa/30 min	15.78±0.20	7.43±0.44	-1.09±0.01	3.54	7.51	-8.33
	30MPa/60 min	15.92±0.16	7.01±0.32	-1.11±0.08	3.14	7.09	-9.01

由表1中可以看出,与对照相比,经过 HPCD 处理后西瓜汁的亮度 L^* 值下降($P < 0.05$),但不同的处理条件之间差异不显著($P > 0.05$);而红度 a^* 值显著增加($P < 0.05$),但不同处理之间差异不显著($P > 0.05$);黄度 b^* 有减小的趋势,处理前后差异显著,但不同处理之间波动较大,可能是西瓜汁体系不均匀造成的。经过 HPCD 处理后,西瓜汁发生了一定色差 ΔE 变化, $\Delta E \geq 2$ 时,说明 HPCD 处理后颜色发生了可见变化, $\Delta E < 2$,颜色无可见变化。处理后色彩饱和度 C 值显著增加,但各个处理之间的差异不明显。处理前后色度角 H 值由正变负。

另外,肉眼观察到西瓜汁经 HPCD 处理后颜色略变红,且处理时间越长颜色越红,可能是西瓜果肉细胞中的番茄红素经过 HPCD 高压长时间处理后游离出来,或者是 HPCD 卸压时高压突然释放使得细胞破裂,从而细胞中番茄红素游离释放。

2.1.3 HPCD 处理对西瓜汁可溶性固形物影响

HPCD 处理对西瓜汁可溶性固形物的影响见图3。由图3可知,HPCD 处理前后以及不同的处理条件之间没有差异,表明 HPCD 处理对西瓜汁中可溶性固形物含量无影响。和 pH 一样,3 次重复中未处理西瓜汁的起始可溶性固形物有较大差异,这是由西瓜原料造成的。

2.1.4 HPCD 处理后西瓜汁浊度变化

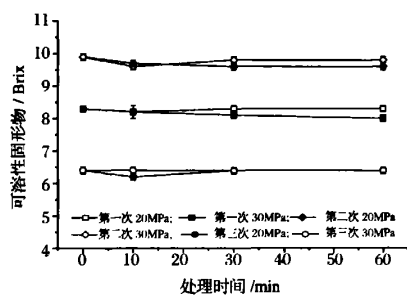


图3 HPCD 处理对西瓜汁可溶性固形物的影响

表2列出了 HPCD 处理后西瓜汁浊度的变化情况。经 HPCD 处理后浊度增加,有些处理效果差异显著($P < 0.05$)。这可能是在 HPCD 卸压过程中由于高压突然释放产生较强的爆炸效应具有一定的均质作用使得西瓜汁的果肉颗粒破裂所致,这与已有的文献报道结果是基本一致的^[7,8]。但本研究不同 HPCD 处理间难以比较,主要是西瓜汁果肉大小的不均匀造成的。因此可通过均质提高西瓜汁的果肉大小的一致性以进一步深入研究 HPCD 处理对西瓜汁浊度的影响。

2.2 HPCD 处理对西瓜汁的杀菌效果

图4表明了 HPCD 处理对西瓜汁的杀菌效果,延长 HPCD 处理时间或增大处理压力均有利于增强杀菌效果,经过 30 MPa 处理 60 min 后细菌总数最大降低接近2个对数,即其杀菌率达到99%。目前

表 2 HPCD 处理对西瓜汁浊度影响

处理重复	对照 (NTU)	20 MPa			30 MPa		
		10 min	30 min	60 min	10 min	30 min	60 min
第 1 次	42±2	61±1	63±1	59±1	57±1	47±0	47±1
第 2 次	47±2	46±1	48±1	56±1	44±1	48±1	54±1
第 3 次	52±1	58±0	66±1	65±1	57±1	63±0	63±1

HPCD 杀菌效果的研究已有较多报道^[6]。Liao^[9]等人发现,在 42℃ 经过 30MPa 处理 60 min 后苹果汁中大肠杆菌降低 6 个以上对数,这一杀菌结果明显高于本研究的结果,分析其原因主要可能为:本研究采用的温度为 25℃,低于 42℃;另外,苹果汁 pH=3.8,比西瓜汁 pH 低得多。高温和低 pH 都有利于提高 HPCD 杀菌效果^[6]。因此,可以通过适当提高温度和降低 pH 来提高 HPCD 对西瓜汁的杀菌效果。同时,可以看出,除第 3 次 30MPa 处理外,其余杀菌曲线都符合一级动力学,相关系数大于 0.91。有关 HPCD 对西瓜汁的杀菌效果与动力学分析需要进一步研究。

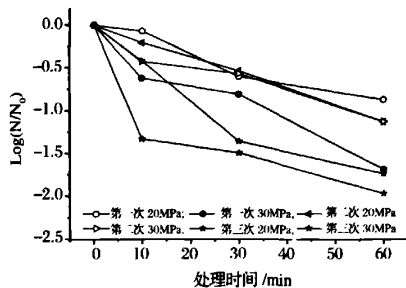


图 4 HPCD 处理对西瓜汁的杀菌效果

2.3 HPCD 处理对西瓜汁中 PME 酶钝化效果

PME 酶使果胶脱甲氧基成为果胶酸,而果胶酸与果蔬汁钙离子等结合形成果胶酸盐,从而是影响果蔬汁的悬浮稳定性,因此钝化 PME 酶活性也是果蔬汁加工应该考虑的一个重要指标^[10]。

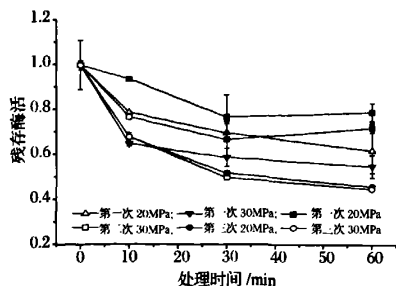


图 5 HPCD 处理对西瓜汁中 PME 酶活性的影响

图 5 是 HPCD 处理对西瓜汁中 PME 酶钝化效果图。经过 HPCD 处理后,西瓜汁中 PME 活性显著降低 ($P < 0.05$)。随着处理时间延长,HPCD 钝化

PME 酶的效果增强,而且 30 MPa 处理对 PME 酶活性降低效果比 20 MPa 处理要大。相类似的研究结果也有报道。Gui^[11]等人报道了 HPCD 处理可降低苹果汁中的多酚氧化酶。Zhi^[10]等人发现了从苹果中提取的 PME 粗酶经过 HPCD 处理后活性显著降低。图 5 表明在实验条件下西瓜汁 PME 的活性最大降低只有 50% 左右,这可能与 PME 在细胞中的存在状态有关。PME 通常与细胞壁结合,没有游离于细胞液中,不容易钝化。智先^[12]研究发现,HPCD 几乎不能降低苹果汁 PME 活性。

3 结 论

HPCD 对西瓜汁有一定的杀菌灭酶效果,同时可降低西瓜汁 pH、增加其浊度、改善颜色,但不影响西瓜汁的可溶性固形物。

参 考 文 献

- 桂芬琦. 高密度二氧化碳技术对酶活性和苹果浊汁颜色影响分析[D]. 北京: 中国农业大学硕士论文, 2006
- 张 燕. 高压脉冲电场技术辅助提取树莓花青素研究[D]. 北京: 中国农业大学博士论文, 2007
- Francis F J, Clydesdale F M. Food Colorimetry. Theory and applications[M]. Westport (CT): The a VI Publishing Co, Inc, 1975
- Kimball D A. Citrus Processing-Quality Control and Technology[M]. New York: Van Nostrand Reinhold, 1991. 117~243
- 牛天贵. 食品微生物学实验技术[M]. 北京: 中国农业大学出版社, 2002. 68~71
- Damar S, Balaban M O. Review of dense phase CO₂ technology: microbial and enzyme inactivation, and effects on food quality[J]. Journal of Food Science, 2006, 71: 1~11
- Arreola A G, Balaban M O, Marshall M R, et al. Supercritical carbon dioxide effects on some quality attributes of single strength orange juice[J]. Journal of Food Science, 1991, 56: 1 030~1 033
- Kincal D, Hill W S, Balaban M, et al. A continuous high-pressure carbon dioxide system for cloud and quality retention in orange juice[J]. Journal of Food Science, 2006,

71; 338~344

- 9 Liao H M, Zhang Y, Hu X S, et al. Behavior of inactivation kinetics of Escherichia coli by dense phase carbon dioxide[J]. International Journal of Food Microbiology, 2008, 126; 93~97
- 10 Zhi X, Zhang Y, Hu X S, et al. Inactivation of apple pectin methylesterase induced by dense phase carbon dioxide[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry,

2008, 56(3); 5394~5400

- 11 Gui F Q, Wu J H, Chen F, et al. Inactivation of polyphenol oxidases in cloudy apple juice exposed to supercritical carbon dioxide[J]. Food Chemistry, 2007, 100; 1678~1685
- 12 智先. 高压二氧化碳技术对果胶甲酯酶活性和结构影响分析[D]. 北京: 中国农业大学硕士论文, 2008

Effect of High Pressure Carbon Dioxide on Watermelon Juice Processing

Wang Xinlei, Wu Jihong, Zhang Yan, Liao Xiaojun, Hu Xiaosong

(College of Food Science & Nutritional Engineering, China Agricultural University, Key Laboratory of Fruits & Vegetables Processing, MOA, Engineering Research Center of Fruits & Vegetables Processing, MOE, Beijing 100083, China)

ABSTRACT Fresh watermelon juice was treated with high pressure carbon dioxide (HPCD). The conditions were as follows: treatment temperature 25°C; pressures 20 and 30 MPa; treatment time 10, 30 and 60 min. After treated with HPCD, the pH of watermelon juice dropped 0.3~0.7, no change of soluble solid content was observed. The juice color was more red and its turbidity increased. Moreover, total number of bacteria was decreased to 2 log cycle. Residual activity of pectinmethyl esterase (PME) was reduced to 50%.

Key words high pressure carbon dioxide, watermelon juice, sterilization, total number of bacteria, pectin-methyl esterase

政策
法规
标准

蚝油国家标准将于 2009 年实施

按照中华人民共和国国家标准化管理委员会文件,由中华人民共和国商务部归口,中国调味品协会组织起草的《蚝油》国家标准已经发布,将于 2009 年实施。

《菇精调味料》和《海鲜粉调味料》行业标准即将实施

按照中华人民共和国商务部公告 2008 年第 72 号文件,由中国调味品协会组织的《菇精调味料》和《海鲜粉调味料》行业标准已于 2008 年 9 月 27 日发布。其标准编号:菇精调味料 SB/T10484—2008、海鲜粉调味料 SB/T10485—2008,实施日期:2009 年 3 月 1 日。

行业
动态

百事公司计划未来 4 年在中国市场投资 10 亿美元

全球最大的食品和饮料公司之一的百事公司今天宣布,计划未来四年在中国市场投资 10 亿美元。这项投资是公司正在实施的战略组成部分之一,以期在快速增长的市场中发展,并扩大针对地区市场的产品组合。

百事公司计划未来 4 年在中国市场投资 10 亿美元,将投资于多项重要项目,包括扩大公司的生产能力,尤其是在内地和西部地区。这笔投资还将用于扩大本地研发机构、增强公司的销售力量以拓宽产品的分销。此外,该笔投资还将用于公司的品牌建设,以及开发专门适合中国消费者的新产品。

此外,百事公司还将进一步加强公司在中国推进环境可持续发展方面的努力,尤其是与发展地区农业、节约能源及支持社会公益事业息息相关的领域。这些努力与百事公司‘目的性绩效’(Performance with Purpose,即在实现企业经营业绩的同时,为社会带来积极的影响)的承诺相一致。

此项综合的投资有望在中国创造成千上万个新的就业机会。百事公司及其灌装厂在中国已有超过 22 000 名员工。此外,公司及其在中国的灌装厂还间接提供了另外 15 万的就业机会。

中国是百事公司增长最快的国际市场之一。百事公司的许多最知名品牌都已经在中国生产和销售,包括:百事可乐、菲多利休闲食品、纯果乐果汁、桂格麦片食品和佳得乐运动饮料。