

Effect of High Pressure Processing on Functional Ingredient and Quality of Apple Juice

Sz-Jie Wu*, Huei-An Yang, Yuan-Tay Shyu

Department of Horticulture and Landscape Architecture, National Taiwan University, Taipei Taiwan
Email: *chiehwu@ntu.edu.tw

Received: Oct. 28th, 2016; accepted: Nov. 12th, 2016; published: Nov. 15th, 2016

Copyright © 2016 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

Abstract

Apple juice is one of the popular beverages in Taiwan, but after conventional heat processing, it will destroy its nutrients and affect the appearance and quality that reduce consumer willingness to buy. Polyphenol oxidase (PPO), peroxidase (POD) and Pectin methyl esterase (PME) can cause browning of fruit juices as the key enzymes of affecting the appearance quality. In this study, we utilize the high-pressure processing technique to destroy the enzymes activity and maintain the nutrients. First, the apple juice is divided into three groups: untreated (Control), traditional heat treatment (Thermal Processing, TP) and High Pressure Processing (HPP). The results show apple juice has no significant change on pH, soluble solids, titratable acidity. However, apple juice can reach the safety standard with 100 MPa for 10 minutes processing. PPO and POD, the key enzymes affecting appearance quality of apple juices, do not significantly decrease. PME activity in apple juice reduces at 300 MPa, 10 and 20 minutes treatment, $0.17 \pm 0.012 - 0.19 \pm 0.026$ [$\Delta OD \text{ min}^{-1}$ (g of fw)]. For nutrients, the apple juice can reach the considerable vitamin C 145.9 mg L^{-1} content, the same to the control group 200 MPa for 10 minutes treatment. Soluble proteins affecting turbidity in apple juice reduce when treated with 200, 400 MPa pressure treatment. The heat-sensitive apple juice with high-pressure treatment can achieve the same sterilization effect to conventional heat treatment, and is better than the traditional thermal processing in maintaining the nutritional value and appearance quality. Based on the above results, the high-pressure treatment not only does not affect the physical ingredient juice, but also reserves better nutrients compared to the heat treatment.

Keywords

Apple Juice, Polyphenol Oxidase, Peroxidase, Pectin Methyl Esterase

*通讯作者。

高压加工技术对苹果果汁机能成分及质量变化之影响

吴思节*, 杨蕙安, 徐源泰

台湾大学园艺暨景观学系, 台湾 台北

Email: *chiehwu@ntu.edu.tw

收稿日期: 2016年10月28日; 录用日期: 2016年11月12日; 发布日期: 2016年11月15日

摘要

苹果果汁为国人喜爱饮品之一, 但经传统热加工处理后, 会破坏其营养成分及影响外观质量, 进而降低消费者购买意愿。多酚氧化酶、过氧化酶及果胶甲酯酶会造成果汁褐变及混浊, 为影响苹果果汁外观质量之关键酵素。本研究藉由高压技术达到破坏酵素及维持营养成分的目的, 首先将苹果果汁分为三大组, 控制组、传统热处理及高压处理。不同加工处理对苹果果汁pH、可溶性固形物及可滴定酸并无显著影响, 而总生菌数以100 MPa处理10分钟可达安全卫生标准。影响苹果果汁外观质量的关键酵素多酚氧化酶及过氧化酶并无显著降低的效果, 但高压处理对苹果果汁果胶甲酯活性具有抑制效果于300 MPa处理10及20分钟后活性下降至 $0.17 \pm 0.012 \sim 0.19 \pm 0.026$ [$\Delta OD \text{ min}^{-1} (\text{g of fw})$]。而营养成分苹果果汁经200 MPa处理10分钟条件下可维持和控制组相当的维生素C含量(145.9 mg L^{-1}), 影响果汁浊度的可溶性蛋白经200、400 Mpa高压处理下也随之降低。热敏性苹果果汁利用高压处理可达到和传统热处理相同的杀菌效果, 且在维持其营养价值及外观质量上效果皆比传统热加工良好。综合以上结果, 高压处理不影响果汁物理成分, 相较于加热处理也可得到较好保留果汁中营养成分的效果。

关键词

苹果果汁, 多酚氧化酶, 过氧化酶, 果胶甲酯酶

1. 引言

苹果(*Malus domestica*)为蔷薇科苹果属植物, 由于富含营养成分和具良好的抗氧化能力, 因此除供作鲜食外, 其加工副产品果汁也广受国人喜爱。由于水果用于鲜食上保存期会受到限制, 且适逢产季时常有产量过剩造成水果滞销的问题[1], 在台湾多将其制成果汁加工副产品, 藉此增加货架寿命并能提升商业价值。然而, 在现今社会中, 消费者除了要求果汁的自然风味口感, 也重视外观质量[2] [3]。因果汁市售前需经过传统商业热加工处理才可达安全卫生标准, 但苹果果汁经传统商业热加工处理后虽可达完全杀菌之效果, 却会使果汁中的营养成分被破坏; 另外, 苹果果汁在加工过程中会因褐变作用使果汁色泽转变成深褐色[4], 影响其储藏寿命及降低消费者购买意愿, 增加其销售上的困难。酵素为影响果汁外观质量变化的主因, 多酚氧化酶会造成果汁褐变, 进而影响果汁色泽变化, 过氧化酶为果汁杀菁指标酵素, 也是影响果汁褐变酵素之一, 果胶甲酯酶则会影响果汁的混浊程度, 三者皆为影响果汁质量之关键酵素。传统商业热加工处理(pasteurization)为食品加工上生产果汁最为普遍使用的杀菌方法[5], 除了可以降低微生物含量也可破坏酵素活性[6], 但也有许多文献指出因热加工处理会降低抗氧化力[7]、破坏营养成分及造成果汁混浊程度增加, 使果汁质量降低的负面影响[8]。

高压处理(High Pressure Processing, HPP)为现代食品工业上的新兴技术[9], 高压处理可降低产品中微生物含量及酵素活性, 在微生物部分, 利用高压压力差会引起的一系列变化, 例如改变细胞中渗透率、影响细胞形态使其功能缺陷、破坏细胞结构使其失去活性[10], 皆属不可逆的损伤; 在酵素活性部分, 利用高压压力差可使蛋白质呈现可逆或不可逆的催化反应, 或改变蛋白质结构, 进而达到促进或是抑制酵素活性的效果[11]。

本研究以传统商业热加工处理和高压处理技术进行试验, 探讨利用热处理与高压处理下苹果果汁的微生物含量及理化成分、营养成分的变化, 并针对影响其果汁外观质量成分的关键酵素, 多酚氧化酶、过氧化酶及果胶甲酯酶进行酵素活性分析。期望可藉由高压处理达到保留果汁中营养成分, 且具有和传统商业热加工处理相同的杀菌效果, 以解决、提升果汁在传统商业热加工处理上所遇到的瓶颈。

2. 材料与amp;方法

2.1. 材料

本研究使用的苹果(*Malus domestica* cv.)来自台湾大学实验农场, 于实地采收果实后送至实验室冷藏备用。

2.2. 测定项目

2.2.1. 总生菌数测定

依据中国国家标准 CNS10890 (1991)方法进行生菌数检验。

2.2.2. pH 测

进行测量前以 pH 7 及 pH 4 标准液分别进行校正, 并于室温下测量果汁 pH 值。

2.2.3. 可溶性固形物测定

以曲折糖折度计进行果汁可溶性固形物测定, 以 $^{\circ}\text{Brix}$ 表示结果。

2.2.4. 可滴定酸测定

取 1.5 g 样品加入 15 mL 去离子水, 均匀搅拌后以 0.1N NaOH 溶液滴定至 pH 8.1, 记录所需的 NaOH 体积量。以苹果酸表示

$$\text{酸度\% (苹果酸)} = \frac{0.1 \text{ N NaOH量} \times F \times 0.0067}{\text{样品(g)}}$$

F = 0.1 N NaOH 力价

0.1 N NaOH 溶液 1 mL 的量相当于苹果酸 0.0067 g。

2.2.5. 浊度测定

利用光透射方式测定样品之浊度程度, 先将果汁充分均质, 离心 800 rpm, 10 分钟离心, 最后取上清液并以分光亮度计(Versa-MAX microplate reader)测定 660 nm 下反应物之吸光值。

2.2.6. 总酚含量测定

取果汁样品 100 μL 加入 100 μL 1N Folin-Ciocalteu 试剂, 混匀后静置 5 分钟, 加入 200 μL 20% Sodium carbonate, 静置反应 20 分钟后, 离心 10,000 rpm, 30 分钟, 取上清液后以分光亮度计测 750 nm 下反应物之吸光值。

2.2.7. 维生素 C 含量测定

将果汁进行 8000 rpm, 15 分钟离心, 取澄清上清液果汁样品 0.1 mL 加入 0.9 mL 1%偏磷酸溶液, 再

加入 9 mL 2,6-dichloroindophenol (50 $\mu\text{mol/L}$), 充分混匀后以分光光度计测 515 nm 下反应物之吸光值。

2.2.8. 总抗氧化(TEAC)力测定

取 1 mL ABTS⁺溶液加入 20 μL 果汁样品, 静置反应 6 分钟后以分光光度计测定吸光值 734 nm。

2.2.9. 总类黄酮含量测定

取果汁样品 50 μL 加入 150 μL 甲醇, 100 μL 10% Aluminum chloride hexahydrate (AlCl_3), 100 μL 1 M Potassium acetate 及 280 μL 二次水, 室温反应 30 分钟后, 以分光光度计测定 415 nm 下反应物之吸光值。

2.2.10. 可溶性蛋白含量测定

取 50 μL 果汁样品加入 150 μL Coomassie Brilliant Blue G, 充分混匀后静置 2 分钟, 以分光光度计测定 595 nm 下反应物之吸光值。得知样品蛋白质含量。

2.2.11. 粗酵素液萃取

多酚氧化酶与过氧化酶之粗酶萃取液: 取 10 g 果汁样品加入 10 mL 含 1% Polyvinylpolypyrrolidone (PVPP), 0.2 M 磷酸盐缓冲溶液(pH 6.5)混匀后, 离心 8000 rpm, 15 分钟, 所得上清液即为粗酶萃取液。

果胶甲酯酶之粗酶萃取液: 取 10 g 果汁样品加入 10 mL 0.2 M 磷酸盐缓冲溶液(pH 7.5)混匀后, 离心 8000 rpm, 15 分钟, 所得上清液即为果胶甲酯酶粗酶液。

2.2.12. 多酚氧化酶活性测定

取 0.1 mL 的果汁样品粗酶萃取液, 加入 3 mL 0.15 M Cathecol (溶于 0.05 M 磷酸盐缓冲溶液(pH 6.5)), 充分混匀后以分光光度计测定 420 nm 下反应物之吸光值, 测定时间为 10 分钟, 每分钟测定一次, 酶活性为每分钟每克之样品克数。

2.2.13. 过氧化酶活性测定

取 0.025 mL 的果汁样品粗酶萃取液, 加入 2.7 mL 0.05 M Sodium phosphate buffer (pH 6.5), 0.2 mL 1% (w/v) *p*-Phenylenediamine 及 0.1 mL 1.5% (w/v) Hydrogen peroxidase, 充分混匀后, 以分光光度计测定 485 nm 下反应物之吸光值, 测定时间为 10 分钟, 每分钟测定一次, 酶活性为每分钟每克之样品克数。

2.2.14. 果胶甲酯酶活性测定

取 0.05 mL 的果汁样品粗酶萃取液, 调整至 pH 7.5, 加入 2.8 mL 0.5% (w/v)柑橘果胶液(pH 7.5), 0.2 mL 0.01% (w/v) bromothymol blue (溶于 0.003 M Sodium phosphate buffer (pH 7.5))充分混匀后以分光光度计测定 620 nm 下反应物之吸光值, 测定时间为 10 分钟, 每分钟测定一次, 酶活性为每分钟每克之样品克数。

2.2.15. 统计分析

本试验数据结果将利用统计软件 SAS (Statistical Analysis System)V.9.4 版本进行单向变异分析 (one-way analysis of variance, One-Way ANOVA), 并以邓肯氏多变域测验(Duncan's multiple test)对各处理组间平均值的差异进行比较, 显著标准为 0.05。

3. 结果与讨论

3.1. 高压处理对苹果果汁微生物含量之影响

苹果果汁经过热加工处理(65 $^{\circ}\text{C}$ /30 分钟)后, 可完全达到杀菌效果, 在高压处理部分则是随着处理压力及时间增加, 总生菌数均有降低的趋势, 而当压力在 100 MPa/10 分钟即可达卫生安全标准, 而以 400 MPa/30 分钟处理可使总生菌数从 5210 CFU/mL 降至 3.5 CFU/mL。

3.2. 高压处理对苹果果汁基本成分之影响

3.2.1. pH 值

苹果果汁约为 pH 值 4.0 (图 1), 在加热及高压处理后并无显著差异, 因此两者处理皆不会影响苹果果汁 pH 值。

3.2.2. 可溶性固形物

未处理的苹果果汁可溶性固形物约为 13° Brix (图 1), 而在加热及高压处理后并无显著差异, 因此两者处理对苹果果汁的可溶性固形物皆不会影响。

3.2.3. 可滴定酸

苹果果汁中主要可滴定酸为苹果酸, 故以苹果酸之相当有机酸重量(克)进行计算并作为表示。苹果果汁经加热处理后可滴定酸有略显下降(图 1), 而高压处理间则是和压力及时间无明显正相关。

3.2.4. 可溶性蛋白

苹果果汁加热后可溶性蛋白明显的下降(图 1), 推测高温促使蛋白质变性使可溶性蛋白减少(王, 2015), 苹果果汁以 200 MPa 进行处理可溶性蛋白含量随处理时间增加而随之下降, 300 MPa 及 400 MPa 可溶性蛋白和控制组含量相当, 两者含量皆与压力及时间处理时间成反比。

3.2.5. 浊度

苹果果汁加热后浊度明显提升(图 1), 可能因为加热后造成其可溶性蛋白大量变性及碎裂, 而经高压处理后的苹果果汁浊度各处理无显著差异, 虽然没有维持和控制组相同的含量, 但相较于加热组皆具有较好效果。

3.3. 高压处理对苹果果汁营养成分分析之影响

3.3.1. 总酚含量

苹果果汁中总酚含量经过加热处理后含量降低, 高压处理随着压力提升总酚含量随之增加, 但处理时间和压力之间并无显著相关性(图 1)。

3.3.2. 维生素 C

苹果果汁经加热处理后维生素 C 含量略显下降, 由 145.6 ± 0.002 降至 142.5 ± 0.002 (mg/L), 而以 200 MPa 处理 10 分钟 145.9 ± 0.002 (mg/L) 可以达到和控制组相当的含量, 其他处理组别则无明显差异(表 1)。

3.3.3. 总抗氧化力

苹果果汁经加热处理后总抗氧化力略显降低 4.10 ± 0.018 降至 3.41 ± 0.016 (mM/g Trolox), 而以 300 MPa 处理 30 分钟以上, 总抗氧化力则有显著提升 $4.33 \pm 0.008 - 21.75 \pm 0.000$ (mM/g Trolox) (表 1)。

3.3.4. 总类黄酮

苹果果汁经 200 MPa 高压处理类黄酮含量相较于控制组及加热组略为下降, $8.4 \pm 0.002 - 11.2 \pm 0.005$ ($\mu\text{g/mL}$) 其余组别则是无显著差异(表 1)。

3.4. 高压处理对苹果果汁酵素活性之影响

3.4.1. 多酚氧化酶

苹果果汁中多酚氧化酶经加热处理后略显提升(图 2), 有研究指出多酚氧化酶于 10°C 下酵素活性可达 77%, 25°C 为酵素活性最适条件, 55°C 酵素活性则降至 59.6%, 若要完全使酵素失活则必须以 100°C 进行

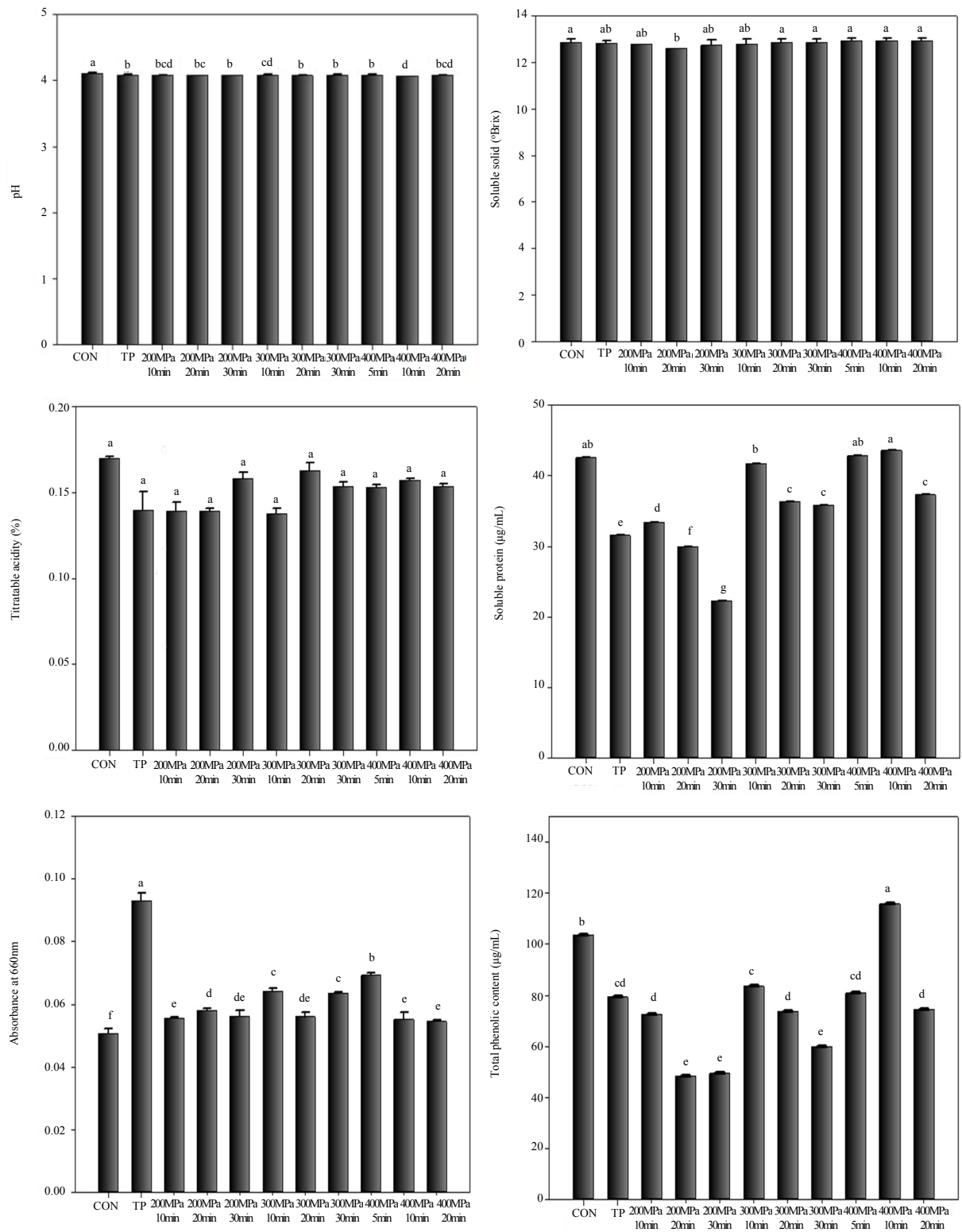


Figure 1. Changes of pH, soluble solid, titratable acidity, soluble protein, turbidity, total phenol content in apple juice during different processing treatments (Data bearing different superscript letters are significantly different)

图 1. 不同加工处理对苹果果汁 pH、可溶性固形物、可滴定酸及可溶性蛋白、浊度与总酚含量变化。(上标英文字母不同代表数据间有显著差异)

Table 1. Changes of vitamin C, total flavonoid, antioxidant in apple juice during different processing treatments
表 1. 不同加工处理对苹果果汁维生素 C、类黄酮及抗氧化力变化

	Vitamin C 含量(mg/L)	Total Flavonoid 含量(μg/mL)	TEAC (mM/g Trolox)
Control	145.6 ± 0.002 ^{ab}	13.3 ± 0.004 ^{abc}	4.10 ± 0.018 ^{bc}
Thermal processing	142.5 ± 0.002 ^{abc}	14.4 ± 0.007 ^{ab}	3.41 ± 0.016 ^d
200 MPa/10 分钟	145.9 ± 0.002 ^a	11.2 ± 0.005 ^{bcd}	3.78 ± 0.017 ^{cd}
200 MPa/20 分钟	133.2 ± 0.001 ^{bc}	8.4 ± 0.002 ^d	3.47 ± 0.024 ^d
200 MPa/30 分钟	135.6 ± 0.002 ^{abc}	10.2 ± 0.008 ^{cd}	3.63 ± 0.029 ^{cd}
300 MPa/10 分钟	131.5 ± 0.002 ^{cd}	9.9 ± 0.007 ^{cd}	4.33 ± 0.008 ^b
300 MPa/20 分钟	138.2 ± 0.003 ^{abc}	10.8 ± 0.005 ^{cd}	3.23 ± 0.011 ^d
300 MPa/30 分钟	121.3 ± 0.004 ^d	12.6 ± 0.002 ^{abc}	21.7 ± 0.000 ^a
400 MPa/5 分钟	104.2 ± 0.002 ^e	15.6 ± 0.008 ^a	21.74 ± 0.001 ^a
400 MPa/10 分钟	131.5 ± 0.004 ^{cd}	11.9 ± 0.005 ^{bcd}	21.74 ± 0.001 ^a
400 MPa/20 分钟	133.8 ± 0.003 ^{bc}	11.4 ± 0.001 ^{bcd}	21.75 ± 0.000 ^a

(上标英文字母不同代表数据间有显著差异)

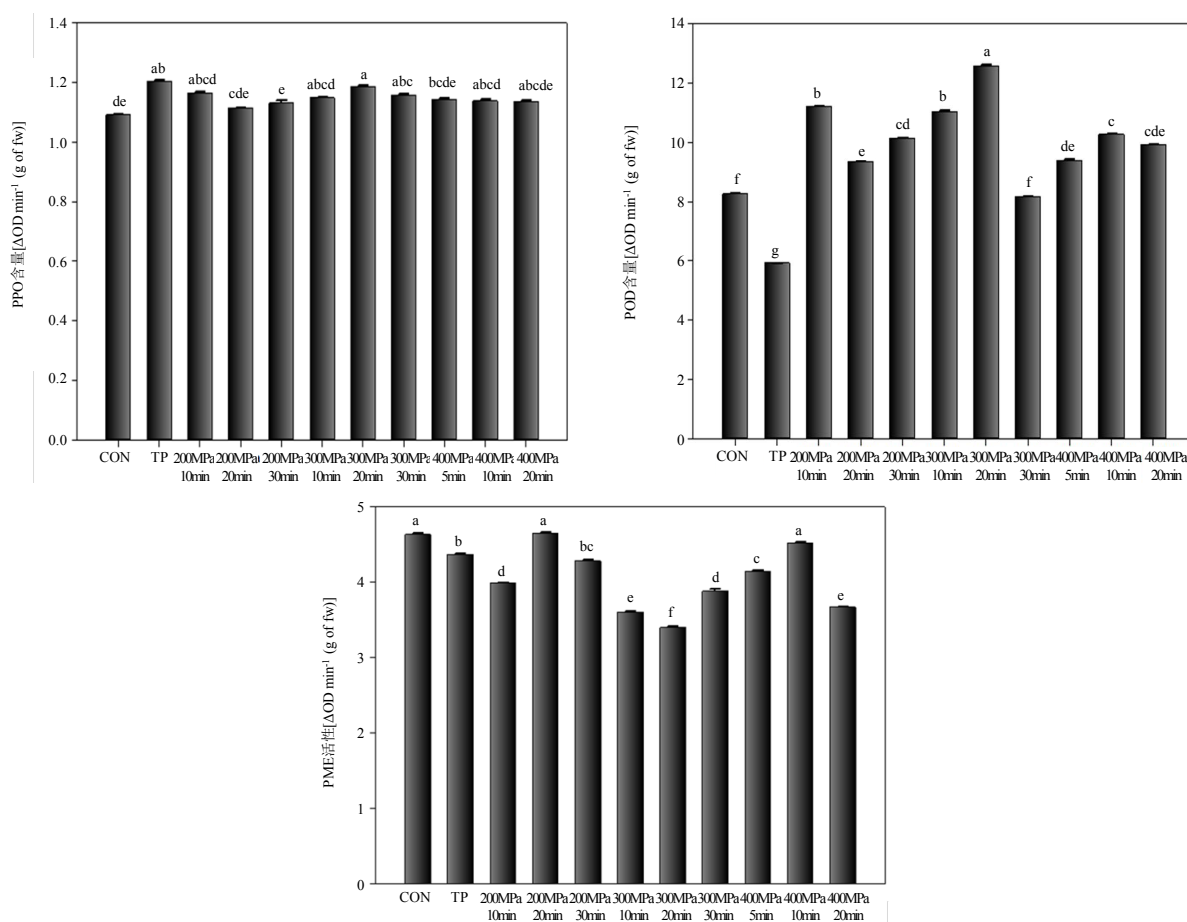


Figure 2. Changes of polyphenol oxidase activity, peroxidase activity, pectin methyl esterase activity in apple juice during different processing treatments (Data bearing different superscript letters are significantly different)

图 2. 不同加工处理下对苹果果汁多酚氧化酶活性、过氧化酶活性、果胶甲酯酶活性变化(上标英文字母不同代表数据间有显著差异)

热加工处理[12], 因此推测可能加热温度不够高无法达到破坏酵素的活性, 而以高压处理各组别则是无显着差异, 但可维持和控制组相当的活性。

3.4.2. 过氧化酶

苹果果汁中过氧化酶经加热处理后略显下降(图 2), 以 200 MPa 处理 10 分钟明显提升, 推测一开始高压会促进酵素活性, 300 MPa 处理 10, 20 分钟时皆促进过氧化酶酵素活性, 但在 30 分钟时却明显下降, 400 MPa 各处理时间中并无显着差异。

3.4.3. 果胶甲酯酶

苹果果汁中果胶甲酯酶经加热后略显下降(图 2), 而以 200 MPa 进行高压处理其酵素活性和控制组无显着差异, 经过 300 MPa 处理 10 分钟、20 分钟后略为下降, 但在 300 MPa 处理 30 分钟及以 400 MPa 处理 5 分钟、10 分钟果胶甲酯酶活性虽被促进, 但活性皆低于控制组。

4. 结论

苹果果汁以热处理及高压处理对其 pH 值、可溶性固形物并无显着影响, 以 100 MPa/10 分钟即可达卫生安全标准, 且随着处理压力时间增加总生菌数也有降低趋势; 可溶性蛋白以 200 MPa 进行处理其效果皆优于热处理, 总酚含量以 400 MPa/10 分钟处理后可维持最佳, 维生素 C 含量以 200 MPa/10 分钟处理可维持和控制组相当的含量, 多酚氧化酶以高压处理后酵素活性皆低于热处理, 过氧化酶以加热处理其灭活效果最佳, 果胶甲酯酶以 300 MPa 进行处理其活性皆可低于加热组, 综合上述实验结果可知, 苹果果汁以 200 MPa 可符合卫生安全标准且为保留营养成分及最佳外观质量之条件。综合以上结果, 高压处理可取代传统商业热杀菌技术, 达到杀灭微生物含量、抑制酵素活性, 保留果汁营养成分的效果, 以利提升苹果果汁质量和市场商业利用价值。

致 谢

本研究经费承蒙勇源教育发展基金会支持, 谨申谢忱。

参考文献 (References)

- [1] 王逸婷. 不同处理条件对葡萄柚汁及文旦柚之苦味含量与质量影响[D]: [硕士学位论文]. 台北: 国立台湾大学园艺学研究所, 2015.
- [2] Oey, I., Van der Plancken, I., Van Loey, A. and Hendrickx, M. (2008) Does High Pressure Processing Influence Nutritional Aspects of Plant Based foOd Systems. *Trends in Food Science & Technology*, **19**, 300-308. <http://dx.doi.org/10.1016/j.tifs.2007.09.002>
- [3] Patras, A., Tiwari, B.K., Brunton, N.P. and Butler, F. (2009) Modelling the Effect of Different Sterilisation Treatments on Antioxidant Activity and Colour of Carrot Slices during Storage. *Food Chemistry*, **114**, 484-491. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2008.09.104>
- [4] Krapfenbauer, G., Kinner, M., Gössinger, M., Schönlechner, R. and Berghofer, E. (2006) Effect of Thermal Treatment on the Quality of Cloudy Apple Juice. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, **54**, 5453-5460. <http://dx.doi.org/10.1021/jf0606858>
- [5] Basak, S. and Ramaswamy, H.S. (1996) Ultra High Pressure Treatment of Orange Juice: A Kinetic Study on Inactivation of Pectin Methyl Esterase. *Food Research International*, **29**, 601-607. [http://dx.doi.org/10.1016/S0963-9969\(96\)00068-3](http://dx.doi.org/10.1016/S0963-9969(96)00068-3)
- [6] Janovitz-Klapp, A.H., Richard, F.C., Goupy, P.M. and Nicolas, J.J. (1990) Inhibition Studies on Apple Polyphenol Oxidase. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, **38**, 926-931. <http://dx.doi.org/10.1021/jf00094a002>
- [7] Patras, A., Tiwari, B.K., Brunton, N.P. and Butler, F. (2009) Modelling the Effect of Different Sterilisation Treatments on Antioxidant Activity and Colour of Carrot Slices during Storage. *Food Chemistry*, **114**, 484-491. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2008.09.104>

- [8] Hendrickx, M., Ludikhuyze, L., Van den Broeck, I. and Weemaes, C. (1998) Effects of High Pressure on Enzymes Related to Food Quality. *Trends in Food Science & Technology*, **9**, 97-203.
[http://dx.doi.org/10.1016/S0924-2244\(98\)00039-9](http://dx.doi.org/10.1016/S0924-2244(98)00039-9)
- [9] Bar-Peled, M., Fluhr, R. and Gressel, J. (1993) Juvenile-Specific Localization and Accumulation of a Rhamnosyl-transferase and Its Bitter Flavonoid in Foliage, Flowers, and Young Citrus Fruits. *Plant Physiology*, **103**, 1377-1384.
<http://dx.doi.org/10.1104/pp.103.4.1377>
- [10] Huang, H.W., Chang, Y.H. and Wang, C.Y. (2015) High Pressure Pasteurization of Sugarcane Juice: Evaluation of Microbiological Shelf Life and Quality Evolution during Refrigerated Storage. *Food and Bioprocess Technology*, **8**, 2483-2494. <http://dx.doi.org/10.1007/s11947-015-1600-2>
- [11] Cheftel, J.C. (1992) Effects of High Hydrostatic Pressure of Food Constituents—An Overview. In: Balny, C., Hayashi, R., Heremans, K. and Masson, P., Eds., *High Pressure and Biotechnology*, Vol. 224, Coll. INSERM, Paris, 195.
- [12] 刘文山, 肖凯军, 郭祀远. 苹果多酚氧化酶的提取及其抑制作用的研究[J]. 现代食品科技, 2006, 22(4): 82-84.

期刊投稿者将享受如下服务:

1. 投稿前咨询服务 (QQ、微信、邮箱皆可)
2. 为您匹配最合适的期刊
3. 24 小时以内解答您的所有疑问
4. 友好的在线投稿界面
5. 专业的同行评审
6. 知网检索
7. 全网络覆盖式推广您的研究

投稿请点击: <http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱: hjfn@s@hanspub.org