

低品質濃度臭氧水對小白菜營養成份的影響

吳繼國^{1,2}, 樂天罡², 陳玉成³, 藍崇鈺², 林 裏²

(1 · 南方醫科大學公共衛生與熱帶醫學學院環境衛生學系, 廣東廣州510515 ;

2 · 中山大學生命科學學院 / 生物防治國家重點實驗室, 廣東廣州510275 ;

3 · 香港理工大學應用生物與化學系, 香港紅磡)

摘要: 臭氧在食品保鮮和消毒殺菌上的應用越來越廣, 但有關臭氧處理對食品營養成份影響的研究極少。研究了小白菜(*Brassica chinensis*)經低品質濃度臭氧水處理後幾種營養成份的變化情況。結果表明: 1 · 4 mg/L的臭氧水處理小白菜30 min, 67% ()的脫氫維生素c被破壞, 而總維生素c也損失近30% (W);

其他營養成份如可溶性糖、可溶性蛋白和葉綠素則無顯著性變化。研究結果說明應用臭氧水處理小白菜等葉類蔬菜時, 需要考慮臭氧對蔬菜中維生素c等還原性成份的破壞作用。

關鍵字: 臭氧處理; 蔬菜; 維生素c; 營養成份

中圖分類號: X592 **文獻標識碼:** A **文章編號:** 0529-6579(2008)06-0048-04

臭氧作為潔淨的食品衛生消毒劑在食品行業得到越來越廣泛的應用, 具有廣譜高效, 且不會形成二次污染等優點。美國食品藥品監督管理局專家委員會評價臭氧用於食品行業是安全的, 美國農業部批准了臭氧作為消毒殺菌劑在食品處理與加工方面的應用^[1]。臭氧在食品行業的應用包括: 食品表面消毒、食品加工設備消毒、除臭、食品廢水再利用及降低食品廢水COD值和BOD值^[2]。臭氧還能夠有效清除果蔬表面污染物如農藥殘留等^[3]。另外臭氧處理可以明顯改善食品品質, 如減少食品表面細菌數量, 延長儲存期與貨架期等^[4]。以往的工作主要集中在臭氧控制食品表面真菌、細菌等微生物生長方面, 有關臭氧處理對食品營養成份影響的研究極少, 結果也不一致。Zhang等^[5]用較低品質濃度臭氧水(0 · 18 mg/L)處理新切割的芹菜, 可以顯著減少細菌數量, 但維生素c和總糖的含量卻沒有顯著變化。P6rez等^[6]用0 · 35 mg/L的臭氧氣體在2℃儲存條件下處理草莓3 d, 結果發現維生素C含量明顯增加, 是處理前的3倍, 而與草莓風味相關的揮發性芳香物質則減少了40%。為探索低濃度臭氧水處理對葉菜類蔬菜營養成份的影響, 本文以小白菜(*Brassica chinensis*)為例, 研究了低濃度臭氧水處理, 蔬菜中維生素C總量、還原型維生素C、可溶性糖, 可溶性蛋白和葉綠素等成分的變化規律。

1 材料與方法

1.1 試劑

二硫蘇糖醇(DL-Dithiothreitol, DTr) (Mchem公司, 純度>99 · 0%)、抗壞血酸(ascorbic acid, 維生素C)(Supelco公司, CAS#50—81—7, 純度99.9%)、分析純試劑包括叔丁基對苯二酚(tertiary butylhydroquinone, TBHQ) (Sigma-Aldrich, Germany)、KH₂PO₄、H₃PO₄、草酸、丙酮、乙醇、葡萄糖、蔥酮、濃硫酸(廣州化學試劑廠)。草酸萃取液用超純水(Mili-Q)配置, 1 000 mg/L的維生素c標準溶液用草酸萃取液配置, 盛于棕色容量瓶中, 現配現用。

1.2 臭氧水處理過程

將990—B型臭氧發生器生產的臭氧氣體充入盛有去離子水的柱狀玻璃容器中, 氣體流速為90 mL/s。溶解臭氧品質濃度採用靛青比色法測定^[8]

為1 · 4 mg/L。為研究臭氧水對蔬菜農藥殘留的清

除效果, 小白菜經臭氧水處理不同時間(0, 5, 10, 15, 20, 25, 30 min)後, 取出小白菜樣品, 在室溫下涼幹表面水分備用。每處理重複3次。

1.3 維生素C的測定

1.3.1 樣品前處理 維生素C的測定採用

Hernandez等的方法, 並作適當改進。其簡要步驟如下: ? 將適量小白菜樣品剪碎, 置於研鉢內, 加入液氮, 立即研磨成粉末狀; ? 準確稱取已研

收稿日期: 2008-03-01

基金專案: 廣東省自然科學基金資助專案(07300488)

作者簡介: 吳繼國(1975年生), 男, 博士; 通訊聯繫人: 林裏; E-mail: linl@mail.sysu.edu.cn

碎的小白菜樣品0.5 g於10 mL塑膠離心管內，加入3 mL預冷藏的W=0.1% 草酸萃取液(含2 mmol/L TBHQ抗氧化劑)，窩旋混合1 min後，用冷凍高速離心機(Beckman GS-15R, 美國)8 000 r/min離心20 min；重複第7步，合併上清液，用0.45 μm尼龍膜濾器過濾，濾液稀釋2倍後，用HPLC分析測定。

1.3.2 脫氫維生素C的還原 為測定維生素C總量，在樣品提取液中加入最終濃度為20 mmol/L DTF，混勻後，在30°C 條件下避光反應20 min，使脫氫維生素C完全轉變為維生素C E91。通過HPLC測定樣品總維生素c品質分數。

1.3.3 儀器條件 配備508自動進樣系統和c18反相色譜柱(15 cm×4.6 mm, 粒徑5 μm) (Discovery公司)的高效液相色譜儀(Beckman公司)用於分析維生素C品質分數，以KH:PO 緩衝液(5 g KH PO 和0.25 mL磷酸配成1 L溶液)為流動相，流速0.8 mL/min, 20 μL進樣環進樣20 L, 245 nm波長處用UV檢測器檢測。

1.4 葉綠素和可溶性糖的測定

小白菜中葉綠素的測定採用丙酮乙醇混合提取法，可溶性糖採用蒽酮硫酸法測定。

1.5 可溶性蛋白的測定

可溶性蛋白用考馬斯亮藍試劑盒測定。

1.6 資料處理

用T檢驗分析處理組間的差異顯著性(P<0.05)。

2 結果與討論

2.1 臭氧水處理對小白菜維生素C品質分數的影響

圖1表示經1.4 mg/L臭氧水處理後，小白菜中不同形態維生素c品質分數的變化情況。臭氧水處理30 min後，小白菜中維生素C總量減少約30% (W)，而還原態維生素C則減少67% (W)，且35% (W)的減少量是在前5 min完成的，之後則減少量不大。

自然界中具有生理活性的維生素c具有還原型和脫氫型兩種形式。還原型抗維生素c可以可逆性地氧化成脫氫型維生素C (dehydroascorbic acid)，後者可進一步氧化生成二酮古洛糖酸 (diketogulonic acid)而失去生物活性。

維生素c是水果蔬菜的一種重要營養素，其品質分數高低是衡量果蔬品質好壞的重要指標之一。有不少研究者發現臭氧處理對果蔬維生素C總量基本上沒有破壞作用J，而對類胡蘿蔔素則有明顯破壞”但這些研究沒有考慮不同

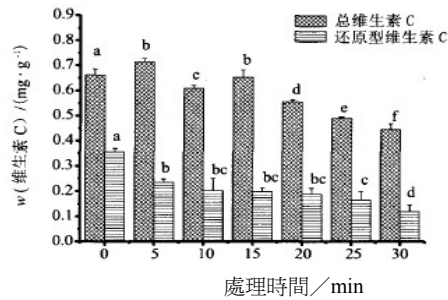


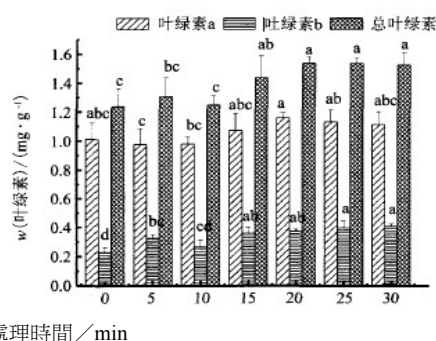
圖1 臭氧水(1.4 mg/L)處理小白菜不同時間對不同形態維生素C品質分數的影響(n=3)

Fig. 1 Time effect of ozonated water(1.4 mg/L) on vitamin C in pakchoi(n=3)

形態維生素c各自的變化。本研究發現小白菜經1.4 mg/L的臭氧水處理30 min後，維生素c總量減少近30% (W)，而還原性維生素c減少67% (W)。這可能的原因是小白菜葉子很薄，表面的保護層被臭氧或羥基自由基破壞後，部分氧化劑進入葉子內部，使還原性成份被氧化；而維生素c本身水溶性很大，保護層被破壞後，維生素c可從小白菜葉內溶入水相中而造成部分損失。而表面具有較好保護層的水果蔬菜如青椒、玉米等經臭氧處理後維生素c總量基本保持不變】H J。在本研究中，應用較低品質濃度的臭氧水處理小白菜已經使維生素c受到部分破壞。由於高品質濃度臭氧水中，氧化劑的品質濃度會更高，氧化能力更強，當使用更高品質濃度的臭氧水時，對維生素c的破壞作用可能會更強。

2.2 臭氧水處理對小白菜葉綠素品質分數的影響

小白菜經1.4 mg/L的臭氧水處理不同時間後，葉綠素a、葉綠素b和總葉綠素的品質分數無顯著差異(圖2)。



處理時間/min

圖2 臭氧水(1.4 mg/L)處理對小白菜葉綠素品質分數的影響(n: 3)

Fig. 2 Impact of ozonated water(1.4 mg/L) on chlorophyll in pakchoi(n=3)

當植物處於逆境、衰老階段或儲存階段時，葉綠素質量分數會呈下降趨勢。葉綠素破壞後，小白菜會衰敗變黃。本研究表明小白菜經臭氧水處理30 min後，小白菜色澤青綠鮮亮，葉綠素a、葉綠素b和總葉綠素含量都沒有顯著性變化。陸勝民用15 mg/L的臭氧水清洗小白菜和青椒，也發現

其中的葉綠素螢光Fv/Fm的值沒有顯著變化。

2.3 臭氧水處理對小白菜可溶性糖與可溶性蛋白質分數的影響

小白菜經1.4 mg/L的臭氧水處理30 min後，可溶性糖品質分數(見圖3)與可溶性蛋白質分數(見圖4)均無顯著差異($P>0.05$)，其中處理5分鐘後觀察到可溶性糖品質分數的顯著性下降可能是由小白菜本身的異質性造成的。

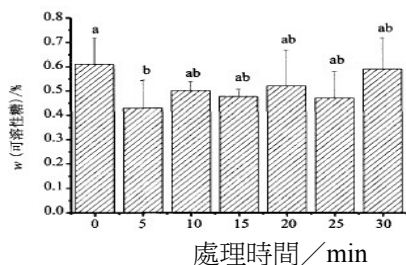


圖3 臭氧水(1.4 mg/L)對小白菜可溶性糖品質分數的影響(n=3)

Fig.3 Impact of ozonated water(1.4 mg/L) on dissolved

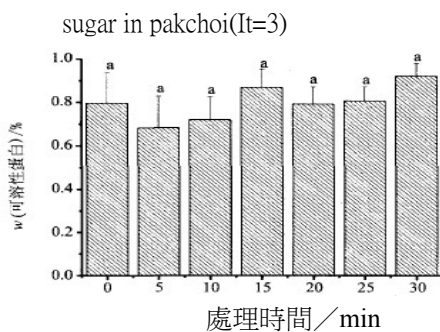


圖4 臭氧水(1.4 mg/L)對小白菜可溶性蛋白質質量分數的影響(I_t=3)

Fig.4 Impact of ozonated water(1.4 mg/L) on dissolved

protein in pakchoi(n=3)

可溶性糖和可溶性蛋白含量也是評價蔬菜品質好壞的重要方面，很多研究者都把它們作為評價指標[7,16]。

本研究發現臭氧水清洗處理對小白菜可溶性糖和可溶性蛋白質質量分數沒有顯著性影響。該結果與其他研究者的結果是一致的。如Zhang等發現臭氧水處理新切割的芹菜，總糖品質分數沒有顯著性變化[5]。P6rez等用0.35 mg/L的臭氧氣體處理儲藏條件下的草莓，可使草莓中的蔗糖向葡萄糖和果糖轉化，但總糖品質分數與對照組則沒有顯著性變化[7]。

3 結論

以上研究結果說明，使用較低品質濃度的臭氧水(1.4 mg/L)處理小白菜，可溶性糖、可溶性蛋白和葉綠素均無顯著性變化，而還原性成份如維生素C會受到部分破壞。應用臭氧水處理小白菜等葉類蔬菜時，需要考慮臭氧對蔬菜中維生素c等還原性成份的破壞作用。

參考文獻：

- [1] USDA · Code of Federal Regulations, Title 9, Part 381. 66- pouhry products; temperatures and chilling and freezing procedures[S]. Washington DC: Office of the Federal Register National Archives and Records Administration, 1997.
- [2] GUZEL-SEYDİM Z B, GREENE A K, SEYDİM A C. Use of ozone in the food industry[J]. Lebensmittel Wissenschaft und—Technologic, 2004, 37(4): 453-460.
- [3] HWANG E S, CASH J N, ZABIK M J. Postharvest treatments for the reduction of mancozeb in flesh apples[J]. Journal of Agriculture and Food Chemistry, 2001, 49 (6): 3127—3132.
- [4] wu J G, LUAN T G, LAN C Y, et al · Removal of residual pesticides on vegetable using ozonated water [J]. Food Control, 2007, 18(5): 466—472.
- [5] ZHANG L, LU Z, Yu Z, et al · Preservation of flesh—cut celery by treatment of ozonated water [J]. Food Control, 2005, 16: 279 — 283.
- [6] MANOUSARIDIS G, NERANTZAKI A, PALEOLOGOSE K, et al · E et of ozone on microbial, chemical and sensory attributes of shucked mussels[J]. Food Microbiology, 2005, 22:1-9.
- [7] PI-REZ A G, SANZ C, RtOS J J, et al. Effects of ozone treatment on postharvest strawberry quality [J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 1999, 47:1652 -1656.
- [8] CLESCERI L S, GREENBERY A E, EATON A D. Standard methods for the examinal 【ion of

- water and wastewater, [M]. 20【h ed · 1998 ·
- [9] HERNAANDEZ Y, GLORIA LOBOM, GONZALEZ M · Determination of vitamin C in tropical fruits : A comparative evaluation of methods[J]. Food Chemistry, 2006, 96:654- 664.
- [10] 張憲政 · 作物生理研究法[M]. 北京：農業出版社，1992：144—161.
ZHANG Xianzheng · Research method in crop physiology [M]. Beijing: Agricultural Press, 1992:144-161.
- [11] 趙貴紅，尹小琴，王同陽 · 臭氧處理對甜玉米成分Vc 和Ve的影響[J] · 菏澤師範專科學校學報，2004, 26 (2)：42—44.
ZHAO Guihong, YIN Xiaoqin, WANG Tongyang. Effects on Vc and Ve of sweet coin by ozone treatment [J] · Journal of Heze Normal College, 2004, 26(2)：42-44
- [12] 余向陽，陳峰，徐敦明，等 · 臭氧對青菜中3種有機磷農藥去除效果及Vc和類胡蘿蔔素含量的影響[J]. 西北農林科技大學學報：自然科學版，2005，33 (11)：150-154.
YU Xiangyang, CHEN Feng, XU Dunming, et al. Removal of 3 organophosphate insecticide residues with ozone and its influence on the content of Vc and carotenoid in vegetable[J] · Jour of Northwest Sci-Tech Univ of Agri and For:Nat Sci Ed, 2005, 3(11): 150-154 ·
- [13] 曲春香，宋衛平，許宏慶，等 · 臭氧水處理對蔬菜中維生素c和胡蘿蔔素含量的影響[J]. 現代食品科技，2005，21(2): 80—81
Chunxiang, SONG Weiping, XU Hongqing, et al.
The influences of the vitam in C and carotene's contents in the vegetable marinated by ozone water[J] · Modern Food Science and Technology, 2005, 21(2)：80—81.
- [14] 陸勝民 · 臭氧降解蔬菜中樂果殘留及對其品質的影響[J] · 中國食品學報，2006, 6(1):129-132.
LU Shengmin · Study on degradation of dimethoate residue in vegetable by ozone and its effect on quality [J]. Journal of Chinese Institute of Food Science and Technology, 2006, 6(1):129-132.
- [15] WIN T O, SRILAONG V, KYU K L, et al. Biochemical and physiological changes during chlorophyll degradation in lime(Citrus aurantifolia Swingle ev · 'Paan') [J] · Journal of Horticultural Science and Biotechnology, 2006, (3): 471-477.
- [16] 侯紅英，苗洪利，車豪傑，等 · 調光生態膜對蔬菜品質的影響[J] · 鐳射生物學報，2006，15 (6)：584-587.
HOU Hongying, MIAO Hongli, CHE Ha~ie, et al. The effect of sun light conditioning agriculture film on vegetable quality[J] · Acta Laser Biology Sinica, 2006, 15(6):584—587.

Effect of Low C0ncentrati0n Ozonated W ater on Nutritional Elements in Pakchoi(Brassica chinensis)

wu ji-guo^{1,2}, LUAN Tian-gang², CHAN Yuk-sing Gilbert³, LAN Chong-yu², LIN Li²

(1. Department of Environmental Health Science, School of Public Heahh and Tropical Medicine, Southern Medical University, Guangzhou 510515, China;

2. School of Life Sciences//State Key Laboratory of Biocontrol, Sun Yat-sen University, Guangzhou 5 10275, China;

3 · Department of Applied Biology and Chemical Technology , The Hong Kong Polytechnic University, Hong Kong, China)

Abstract : Ozone is widely used in food industries for fresh food reservation and sanitary purpose. However, little information of effect of ozone on nutritional elements is available. This paper presented the effect of low concentration ozonated water on nutritional elements in pakchoi (Brassica chinensis). The results indicated that 30% (mass percentage)of total vitamine C and 67% (mass percentage)reductive form vitamine C in pakchoi were destroyed, while the difference of the contents of dissolved sugar, dissolved protein and chlorophyll was nonsignificant, after treating for 30 min with low concentration ozonated water of 1.4 mg/L. The results suggested that impact of ozonated water on vitamine C need to be considered when ozonated water was applied to leafy vegetable for fresh food reservation and sanitary purpose.

Key words : ozonated water ; vegetable ; vitamine C ; nutritional element.