

黄瓜储存过程中硝酸盐和亚硝酸盐含量的动态变化研究

王 娜¹, 冯叙桥^{*1,2}, 赵宏侠¹, 黄晓杰^{1,3}

(1. 沈阳农业大学 食品学院, 辽宁 沈阳 110866; 2. 渤海大学 食品科学研究院/辽宁省食品安全重点实验室, 辽宁 锦州 121013; 3. 辽宁医学院 食品科学与工程学院, 辽宁 锦州 121001)

摘要: 研究了黄瓜在不同储存温度(0~20 ℃)、储存方式(未包装, 0.04 mm PE 保鲜袋包装)条件下储存 6 d 期间, 采用高效液相色谱法(HPLC)同时测定的硝酸盐和亚硝酸盐质量分数的动态变化情况。结果表明, 在不同储存温度和储存方式下, 硝酸盐和亚硝酸盐的质量分数随着储存时间的延长均呈现先增加、后降低的趋势。整个储存期间, 硝酸盐与亚硝酸盐的质量分数均在安全食用范围内, 即硝酸盐 ≤ 432 mg/kg; 亚硝酸盐 ≤ 4 mg/kg。但在储存 4 d 后, 黄瓜由于失水严重, 感官品质严重下降, 不建议食用。黄瓜中硝酸盐与亚硝酸盐的质量分数在储存过程中随储存温度的降低而显著减少, 20 ℃和 10 ℃储存黄瓜中硝酸盐最高质量分数分别是 0 ℃储存的 1.1 和 1.2 倍, 亚硝酸盐最高质量分数分别是 0 ℃储存的 2.7 和 2.9 倍。PE 保鲜袋包装有助于减少黄瓜在储存中硝酸盐与亚硝酸盐的质量分数。因此, 建议储存黄瓜时最好采用 PE 保鲜袋包装, 并尽快食用, 以保证其食用安全品质。

关键词: 黄瓜; 硝酸盐; 亚硝酸盐; HPLC

中图分类号: TS 207.7 文献标志码: A 文章编号: 1673—1689(2014)04—0426—06

Content of Nitrate and Nitrite Dynamic Change in the Storage Process of Cucumber

WANG Na¹, FENG Xuqiao^{*1,2}, ZHAO Hongxia¹, HUANG Xiaojie^{1,3}

(1. College of Food Science, Shenyang Agriculture University, Shenyang, 110866, China; 2. Food Science Research Institute of Bohai University/Food Safety Key Lab of Liaoning Province, Jinzhou, 121013, China; 3. College of Food Science and Engineering, Liaoning Medical University, Jinzhou, 121001, China)

Abstract: Changes of nitrate and nitrite contents determined simultaneously by HPLC in cucumber (*Cucumis sativus* Linn) stored at different temperatures (0~20 ℃) with two package modes (not packaged, packaged in 0.04 mm PE bags) during a storage period of 6 d, were investigated. The results show that both of nitrate and nitrite contents in the cucumber were firstly increased then decreased. Nitrate and nitrite contents were, during the whole storage period, in safe and security intake range (the nitrate content ≤ 432 mg/kg and the nitrite content ≤ 4 mg/kg). But 4 days after

收稿日期: 2013-11-10

基金项目: 辽宁省科技厅重点项目(2008205001); 沈阳农业大学高层次人才引进基金项目(SYAU20090107); 渤海大学人才引进基金项目(BHU20120301)。

* 通信作者: 冯叙桥(1961—), 男, 河北曲阳人, 农学博士, 教授, 博士研究生导师, 主要从事果蔬质量与安全控制研究。

E-mail: feng_xq@hotmail.com

storage, as water loss caused sensory quality of the cucumber serious declined, consumption was not recommended. Both of nitrate and nitrite contents in the cucumber reduced significantly with the decrease of storage temperature during the storage process. The highest contents of nitrate in cucumber stored at 20 °C or 10 °C were 1.1 and 1.2 times of that stored at 0 °C, respectively, while the highest contents of nitrite contents were 2.7 and 2.9 times of that stored at 0 °C. Packing with PE bags helped reduce both of the nitrate and nitrite contents in cucumber. Therefore, cucumber storage is suggested to pack with PE bags and eat as soon as possible for effectively controlling safety quality.

Keywords: cucumber, nitrate, nitrite, HPLC

蔬菜作为人体重要的维生素和纤维素的摄入来源,在人们的日常膳食中占有重要的地位,其质量安全问题更是涉及到每个人的健康^[1]。但是蔬菜是一种易于富集硝酸盐的农产品,也是人体摄入硝酸盐的重要来源,人体摄入的80%以上的硝酸盐来自蔬菜^[2]。蔬菜中的硝酸盐在储存,加工,运输,烹饪等过程中会在硝酸还原酶和微生物的作用下转变成亚硝酸盐。硝酸盐和亚硝酸盐不是人体必需的营养物质,摄入过多会对人体造成危害^[3]。具有强氧化性的亚硝酸盐进入血液后能将血红蛋白中的二价铁氧化为三价铁,使正常的亚铁血红蛋白转化成高铁血红蛋白从而失去运氧功能^[4]。如果血液中有20%的亚铁血红蛋白转变成高铁血红蛋白,机体就会出现缺氧症状,表现为皮肤黏膜青紫、恶心、头晕、全身无力,严重者会因呼吸衰竭而死^[5-6]。同时,亚硝酸盐还可与人体摄入的其它食品、医药品、残留农药等成分中的仲胺、叔胺、酰胺及氨基酸反应,在胃腔中形成强烈致癌物——亚硝胺,从而诱发消化系统癌变^[7-8]。另外,亚硝酸盐可以通过胎盘进入婴儿体内,6个月以内的婴儿对亚硝酸盐极为敏感,对胎儿有致畸作用^[9]。因此,对蔬菜中硝酸盐和亚硝酸盐含量进行动态研究,从而确定最佳食用期,指导人们正确的食用蔬菜具有重要的意义。

由于化学氮肥的广泛使用,致使蔬菜中的硝酸盐残留量过高^[10]。国家标准《食品中污染物限量》(GB 2762-2005)规定,蔬菜中硝酸盐和亚硝酸盐限量分别为硝酸盐 ≤ 432 mg/kg,亚硝酸盐 ≤ 4 mg/kg^[11]。检测蔬菜中硝酸盐和亚硝酸盐的方法有很多种,例如紫外和可见分光光度法^[12],格里斯分光光度法^[13],苯酚分光光度法^[14],毛细管电泳法^[15],流动注射结合光谱法^[16],HPLC^[17],离子色谱法^[18],快速检测法^[19]

等等,各种方法都有其优缺点。考虑到试验的精确度、灵敏度以及可以批量检测的优点,作者采用HPLC同时测定黄瓜中硝酸盐和亚硝酸盐的含量。

黄瓜(*Cucumis sativus* Linn),俗称青瓜、胡瓜、刺瓜,为葫芦科一年生植物^[20]。黄瓜营养成分丰富,富含蛋白质、糖类、维生素、胡萝卜素、钙、磷、钾等多种营养,而且含水量丰富,食用价值高^[21]。黄瓜以其营养、价廉大受亲睐,但由于黄瓜的食用部分是嫩脆果实,其含水量高,在储存过程中易萎蔫、腐烂,导致其中某些有害成分显著增加,严重影响了其品质。作者主要根据家庭食用黄瓜的主要存放方式,研究不同储藏温度(0 °C、10 °C、20 °C)与不同储存方式(未包装、0.04 mm PE保鲜袋包装)条件下,黄瓜中硝酸盐和亚硝酸盐含量的动态变化,以期为消费者家中黄瓜的贮藏从食品安全的角度提供参考。

1 材料与方法

1.1 仪器

Agilent1260 高效液相色谱仪配 VWD 可变波长紫外检测器:安捷伦科技有限公司产品;KQ-250E 超声波发生器:昆山市超声仪器有限公司产品;MIR254 低温恒温保存箱:日本三洋电器集团产品;SHB-D 抽滤装置:上海申光仪器仪表有限公司产品。

1.2 药品和试剂

磷酸二氢钾(色谱纯)、磷酸(色谱纯)、硼砂、亚铁氰化钾、乙酸锌、硝酸钠、亚硝酸钠等均为分析纯^[22],超纯水:Millipore S.A.S. 67120 型超纯水机制得, Molsheim 公司产品。

1.3 样品预处理

将市购的黄瓜分别储存在 0、10、20 °C 3 种温

度下,每个温度两种储藏方式:(1)未包装;(2)0.04 mm PE 保鲜袋包装。储存的第 0、1、2、3、4、5、6 d 时取样,黄瓜切碎混合均匀后取 100 g,加入 100 mL 的超纯水,用匀浆机制成匀浆,准确称取 20 g 的匀浆样品于 250 mL 烧杯中,加入 2.5 mL 饱和硼砂溶液和 50 mL (80~100 ℃)热水,超声提取 20 min 后加入 5 mL 乙酸锌与 5 mL 亚铁氰化钾溶液,用玻璃棒将样品搅拌均匀后定量转入 100 mL 容量瓶中,用超纯水定容,最后抽滤,得到无色透明提取液,经 0.45 μm 水系滤膜过滤后直接用 HPLC 测定^[22]。

1.4 HPLC 测定条件

色谱柱:Agilent 柱,250 mm×4.6 mm(5 μm);流动相:0.03 mol/L 的 $\text{KH}_2\text{PO}_4\text{-H}_3\text{PO}_4$ 缓冲溶液 (pH=3.3);流速:1 mL/min;检测器:可变波长紫外检测器;检测波长:204 nm;柱温:室温;进样量:20 μL。

1.5 标准曲线的绘制

分别配制质量浓度为 0.05、0.1、0.5、1、2 mg/L 的硝酸盐与亚硝酸盐标准品溶液进行 HPLC 测定。以峰面积为纵坐标,硝酸盐与亚硝酸盐的质量浓度为横坐标,绘制标准曲线。

2 结果与分析

2.1 HPLC 色谱条件

经 HPLC 测定, NO_3^- 的保留时间约为 2.5 min, NO_2^- 的保留时间约为 3.0 min,HPLC 可以满足黄瓜中硝酸盐与亚硝酸盐同步测定的要求,而且分析时间短,在 5 min 内即可完成一个样品中硝酸盐与亚硝酸盐的同步测定。

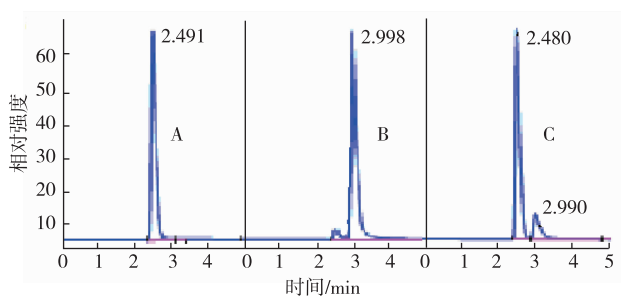


图 1 硝酸盐(A)、亚硝酸盐(B)及其混合标准样品(C)的 HPLC 色谱图

Fig. 1 HPLC chromatograms of nitrate (A), nitrite (B) and their mixture standard samples (C)

2.2 硝酸盐与亚硝酸盐的 HPLC 标准曲线

按照选定的色谱条件和检测方法测得硝酸盐

和亚硝酸盐的 HPLC 标准曲线在 0~0.1 mg/mL 范围内,标准品的浓度与峰面积呈良好的线性关系。硝酸盐的线性回归方程为: $Y=148\ 999X+57.483$, $r=0.999\ 9$;亚硝酸盐的线性回归方程为: $Y=60\ 811X+20.751$, $r=1$ 。式中, Y 为响应值, X 为组分质量分数, r 代表相关系数。

2.3 准确度与精密度分析

在黄瓜样品中分别添加质量分数为 2 mg/g 的硝酸盐和亚硝酸盐标准溶液后,按照上述方法提取测定,计算回收率和 RSD,结果见表 1。由表 1 可知,添加质量分数为 2 000 mg/kg,硝酸盐的回收率为 93.00%~114.55%,RSD 为 1.40%;亚硝酸盐的回收率为 89.15%~101.10%,RSD 为 3.63%。方法的准确度和精密度可以满足测定的要求。

表 1 HPLC 方法测定硝酸盐和亚硝酸盐的精密度和准确度
Table 1 Precision and accuracy of HPLC method for determination of nitrate and nitrite

检测项目	本底值/(mg/kg)	加入量/(mg/kg)	测定值/(mg/kg)	RSD/%	回收率/%
NO_3^-	76.37	2 000	95.50	1.40	95.65
			94.97		93.00
			99.28		114.55
NO_2^-	0	2 000	19.00	3.63	95.00
			20.22		101.10
			17.83		89.15

2.4 不同储存温度下黄瓜中硝酸盐质量分数的动态变化

为了探究黄瓜在储藏过程中硝酸盐含量的变化趋势,用上述 HPLC 方法测定了不同储存温度下,市场出售的黄瓜在储存过程中硝酸盐质量分数的动态变化。

2.4.1 未包装条件下黄瓜中硝酸盐质量分数的动态变化 图 2 比较了未包装条件下,不同储存温度对黄瓜中硝酸盐质量分数的影响。无论以何种温度储存,硝酸盐质量分数均随着储存时间的延长呈现先增加后降低的趋势。储存温度对黄瓜中硝酸盐质量分数的影响比较明显,低温有利于黄瓜的储存。储存期间,0、10、20 ℃储存温度下,未包装储存的黄瓜中硝酸盐最高质量分数分别是 91.24、104.33、109.50 mg/kg。20、10 ℃储存条件黄瓜中的硝酸盐最高质量分数是 0 ℃的 1.2 倍与 1.0 倍。整个储存过程中,硝酸盐的质量分数均没有超过《食品中污染

物限量》(GB 2762-2005)安全标准(432 mg/kg)。

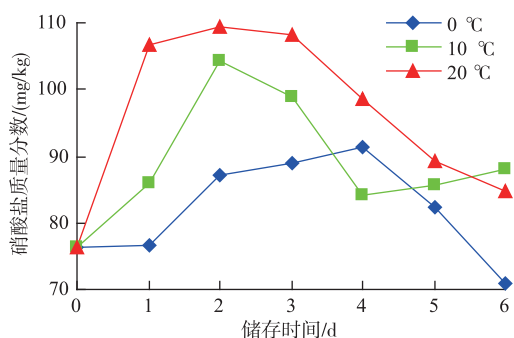


图2 未包装条件下不同储存温度对黄瓜中硝酸盐质量分数的影响

Fig. 2 Nitrate content changes in unpackaged cucumber during storage at different temperatures

2.4.2 包装条件下黄瓜中硝酸盐质量分数的动态变化 与未包装的黄瓜中硝酸盐质量分数的变化相一致,无论以何种温度储存,硝酸盐质量分数均随着储存时间的延长呈现先增加后降低的趋势。温度对黄瓜中硝酸盐质量分数的影响比较明显,低温有利于黄瓜的储存(图3)。储存期间,0、10、20 °C储存温度下,0.04 mm PE 保鲜袋包装储存的黄瓜中硝酸盐最高质量分数分别是 85.12、86.38、97.90 mg/kg。20、10 °C包装储存条件的黄瓜中硝酸盐最高质量分数是0 °C的1.2倍与1.0倍。整个储存过程中,0、10、20 °C包装储存的黄瓜中硝酸盐的质量分数均没有超过安全标准(432 mg/kg)。

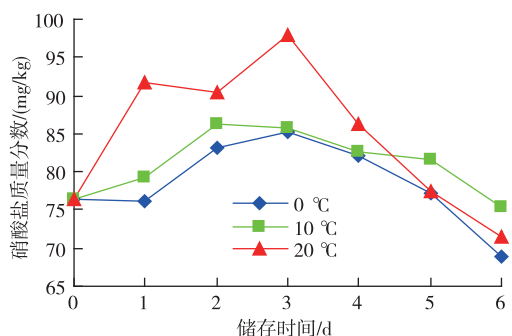


图3 PE 保鲜袋(0.04 mm)包装条件下不同储存温度对黄瓜中硝酸盐质量分数的影响

Fig. 3 Nitrate content changes in cucumber packed with 0.04 mm PE bags during storage at different temperatures

综合分析图2与图3可知,包装储存方式的黄瓜中硝酸盐质量分数明显低于未包装储存方式的质量分数,可能是因为采用PE保鲜袋包装,有效地

阻止了黄瓜中水分的蒸发,防止了瓜体失水萎蔫,进而抑制了硝酸盐质量分数的升高。综上可知,储存黄瓜最好选择在低温并且加PE保鲜袋包装条件下存放,有利于保证其营养与品质。

2.5 不同储存温度下黄瓜中亚硝酸盐质量分数的动态变化

2.5.1 未包装条件下黄瓜中亚硝酸盐质量分数的动态变化 无论在何种储存温度条件下,未包装储存的黄瓜中亚硝酸盐的质量分数随着时间的延长而不断升高(图4)。此外,储存温度对亚硝酸盐质量分数的影响显著。0 °C未包装储存条件下,亚硝酸盐质量分数的增幅极小,含量甚微;10 °C与20 °C未包装储存条件下,亚硝酸盐质量分数的增加趋势相对明显,但是整个储存期间其质量分数均未超过国家标准4 mg/kg。储存期间,0、10、20 °C未包装储存黄瓜中亚硝酸盐最高质量分数分别是0.71、1.95、2.08 mg/kg,20 °C和10 °C未包装储存条件下亚硝酸盐的最高质量分数是0 °C的2.9倍与1.1倍。

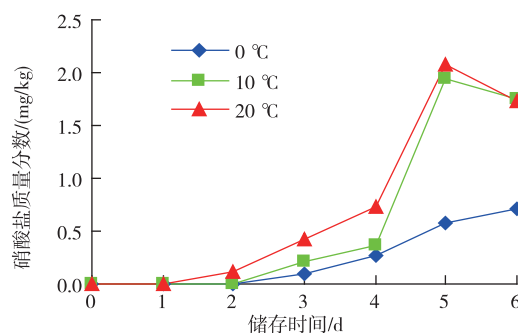


图4 未包装条件下不同储存温度对黄瓜中亚硝酸盐质量分数的影响

Fig. 4 Nitrite content changes in unpackaged cucumber during storage at different temperatures

2.5.2 包装条件下黄瓜中亚硝酸盐质量分数的动态变化 与未包装储存的效果一致,0.04 mm PE 保鲜袋包装储存的黄瓜中亚硝酸盐的质量分数随着时间的延长而不断升高(图5)。储存温度对亚硝酸盐质量分数的影响依然显著。0 °C包装储存条件下,亚硝酸盐质量分数的增幅较小;10 °C与20 °C包装储存条件下,亚硝酸盐质量分数的增加趋势明显,整个储存期间亚硝酸盐质量分数均未超过国家标准4 mg/kg。储存期间,0、10、20 °C包装储存黄瓜中亚硝酸盐最高质量分数分别是0.70、1.48、1.85 mg/kg,20 °C和10 °C包装储存条件下亚硝酸盐的最高

质量分数是 0 ℃ 的 2.6 倍与 2.1 倍。

综合图 4 与图 5, 采用包装储存, 黄瓜中亚硝酸盐的质量分数明显低于未包装储存黄瓜中硝酸盐的质量分数, 也许是因为: 一方面, 包装有效地阻止了黄瓜储存期间水分的蒸发, 抑制了原有的硝酸盐与亚硝酸盐质量分数因水分的散失而升高, 也间接减少了硝酸盐部分转化为亚硝酸盐而致使亚硝酸盐质量分数升高的可能; 另一方面, 包装阻挡了外界微生物对黄瓜的侵害, 防止黄瓜因细菌而造成的腐败变质而导致的亚硝酸盐质量分数升高。因此, 包装加低温有利于阻止亚硝酸盐的生成, 储存黄瓜时, 最好采用 PE 保鲜袋包装并于低温下保存, 保证其食用品质。

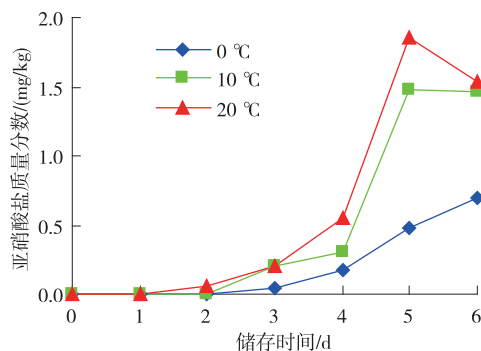


图 5 PE 保鲜袋 (0.04 mm) 包装条件下不同储存温度对黄瓜中亚硝酸盐质量分数的影响

Fig. 5 Nitrite content changes in cucumber packed with 0.04 mm PE bags during storage at different temperatures

参考文献:

- [1] 闫秋成, 郭敏杰. 蔬菜中硝酸盐与亚硝酸盐含量分析与评价[J]. 安徽农业科学, 2012, 40(7): 3981, 4035.
YAN Qiucheng, GUO Minjie. Analysis and evaluation on contents of nitrate and nitrite in vegetables [J]. *Journal of Anhui Agricultural Science*, 2012, 40(7): 3981, 4035. (in Chinese)
- [2] 刘春叶, 张雪娇, 张文举. 冷藏对蔬菜中亚硝酸盐及硝酸盐含量的影响[J]. 中国食品卫生杂志, 2013, 25(4): 324-327.
LIU Chunye, ZHANG Xuejiao, ZHANG Wenju. Effects of cold storage on nitrite and nitrate contents in vegetables [J]. *Chinese Journal of Food Hygiene*, 2013, 25(4): 324-327. (in Chinese)
- [3] 别同玉, 许加生, 杨丽莉, 等. 储藏时间对不同种类蔬菜中亚硝酸盐含量的影响[J]. 食品研究与开发, 2012, 33(12): 205-207.
BIE Tongyu, XU Jiasheng, YANG Lili, et al. Effects of storage time on nitrite content in different vegetables [J]. *Food Research and Development*, 2012, 33(12): 205-207. (in Chinese)
- [4] 陈雅妮, 任顺成, 辛亚楠. 蔬菜加工保藏过程中亚硝酸盐含量的变化[J]. 中国瓜菜, 2013, 26(2): 18-20.
CHEN Yani, REN Shuncheng, XIN Yanan. Changes of nitrite content in vegetables during processing and preservation [J]. *China Cucurbits and Vegetables*, 2013, 26(2): 18-20. (in Chinese)
- [5] 冯晓群, 雍东鹤. 蔬菜中硝酸盐和亚硝酸盐的来源及监控措施[J]. 甘肃科技, 2011, 27(4): 144-145.
FENG Xiaqun, YONG Donghe. The source of nitrate and nitrite in vegetables and monitoring measures [J]. *Gansu Science and Technology*, 2011, 27(4): 144-145. (in Chinese)

3 结语

新鲜黄瓜在存放过程中, 硝酸盐的质量分数随着储存时间的延长, 储存温度的升高呈现先增加后下降的趋势; 亚硝酸盐的质量分数随着储存时间的延长, 储存温度的升高而逐渐增大。新鲜黄瓜在不同储存方式下的硝酸盐和亚硝酸盐质量分数差异明显, 20 ℃ 储存条件下黄瓜中硝酸盐与亚硝酸盐质量分数最高, 10 ℃ 次之, 0 ℃ 最低; 每个储存温度条件下的两种不同储存方式中, 0.04 mm PE 保鲜袋包装储存的硝酸盐与亚硝酸盐质量分数低于未包装储存的硝酸盐与亚硝酸盐质量分数。在所有储存条件与储存方式下, 黄瓜中的硝酸盐与亚硝酸盐质量分数在整个储存过程中都在安全食用范围内。但是在储存过程中, 0 ℃ 与 10 ℃ + 包装的储存方式除外, 其余的储存方式随着储存时间的增加均存在失水萎焉的现象。综上所述, 黄瓜中的硝酸盐与亚硝酸盐质量分数比较低, 在储存过程中没有超过安全限量, 但存在失水情况, 一旦失水严重, 不建议食用。我们应该尽量食用新鲜黄瓜, 如果需要储存也要选择在低温下存放, 而且时间不能过久, 以保证黄瓜的营养和卫生品质。

- [6] 朱新鹏. 食品中亚硝酸盐检测的研究进展[J]. 保鲜与加工, 2011, 11(3): 48-51.
ZHU Xinpeng. Research progress on detection of nitrite in food[J]. **Storage and Process**, 2011, 11(3): 48-51. (in Chinese)
- [7] 李红, 任乃林. 不同储存方式对蔬菜中亚硝酸盐含量变化的影响[J]. 现代食品科技, 2011, 27(5): 499-501.
LI Hong, REN Nailin. Change of nitrite contents in vegetables influenced by various storage methods [J]. **Modern Food Science and Technology**, 2011, 27(5): 499-501. (in Chinese)
- [8] 曾瑶池, 胡敏予. 食物中 N-亚硝基化合物与肿瘤关系的研究进展[J]. 中华肿瘤防治杂志, 2008, 15(2): 151-155.
ZENG Yaochi, HU Minyu. Progress in research of N-nitroso compounds in food and cancer [J]. **Chinese Journal of Cancer Prevention and Treatment**, 2008, 15(2): 151-155. (in Chinese)
- [9] 朱校兵, 石晶红. 亚硝酸盐与人体健康[N]. 河套大学学报, 2007, 4(4): 66-67.
ZHU Xiaobin, SHI Jinghong. Nitrite and human health[J]. **Journal of Hetao University**, 2007, 4(4): 66-67. (in Chinese)
- [10] 毛青秀, 邓钢桥, 邹朝辉, 等. 蔬菜中亚硝酸盐降解方法研究进展[J]. 湖南农业科学, 2012(7): 109-111.
MAO Qingxiu, DENG Gangqiao, ZOU Chaohui, et al. Advances in degradation method for nitrite in vegetables [J]. **Hunan Agricultural Sciences**, 2012(7): 109-111. (in Chinese)
- [11] 陈文生, 张明时, 杨琼, 等. 液相色谱法测定蔬菜中的硝酸盐、亚硝酸盐[J]. 食品科学, 2008, 29(7): 352-354.
CHEN Wensheng, ZHANG Mingshi, YANG Qiong, et al. Determination of nitrite and nitrate in vegetable by HPLC [J]. **Food Science**, 2008, 29(7): 352-354. (in Chinese)
- [12] 高秀瑞, 刁春英, 张春锋, 等. 低温贮藏对 3 种蔬菜亚硝酸盐含量的影响[J]. 河北农业科学, 2011, 15(8): 65-68.
GAO Xiurui, DIAO Chunying, ZHANG Chunfeng, et al. Effects of low temperature storage on nitrite content of 3 vegetables[J]. **Journal of Hebei Agricultural Sciences**, 2011, 15(8): 65-68. (in Chinese)
- [13] Ferreira I M P, Silva S. Quantification of residual nitrite and nitrate in ham by reverse-phase high performance liquid chromatography / diode array detector[J]. **Talanta**, 2008, 74(5): 1598-1602.
- [14] 叶瑞洪, 林谦. 苯酚分光光度法测定食品中硝酸盐与亚硝酸盐[J]. 闽江学院学报, 2010, 31(2): 111-114.
YE Ruihong, LIN Qian. Determination of nitrate and nitrite in food by phenol-spectrophotometry [J]. **Journal of Min Jiang University**, 2010, 31(2): 111-114. (in Chinese)
- [15] M. Jimidar, C. Hartmann, N. Cousement, D.L. Massart. Determination of nitrate and nitrite in vegetables by capillary electrophoresis with indirect detection[J]. **Journal of Chromatography A**, 1995, 706(1-2): 479-492.
- [16] 任乃林, 李红. 流动注射法测定蔬菜中的硝酸盐和亚硝酸盐含量[J]. 食品科学, 2009, 30(16): 272-273.
REN Nailin, LI Hong. Flow injection analysis of nitrate and nitrite in vegetables[J]. **Food Science**, 2009, 30(16): 272-273. (in Chinese)
- [17] P.E. Jackson, P. R. Haddad and S.Dilli. Determination of nitrate and nitrite in cured meats using high-performance liquid chromatography[J]. **Journal of Chromatography A**, 1984, 295: 471-478.
- [18] 杨敏, 杨树科, 王炯, 等. 离子色谱法测定白菜中的硝酸盐、亚硝酸盐、磷酸盐及总磷、总氮[J]. 食品科学, 2010, 31(18): 216-219.
YANG Min, YANG Shuke, WANG Jiong, et al. Determination of nitrate, nitrite, phosphate, total phosphorus and total nitrogen in vegetables using ion chromatography[J]. **Food Science**, 2010, 31(18): 216-219. (in Chinese)
- [19] 李健, 潘秋月, 孙婷, 等. 蔬菜中硝酸盐和亚硝酸盐的快速检测新技术[J]. 中国食品学报, 2006, 6(2): 116-121.
LI Jian, PAN Qiuyue, SUN Ting, et al. The new technique for fast determination of nitrate and nitrite in vegetable [J]. **Journal of Chinese Institute of Food Science and Technology**, 2006, 6(2): 116-121. (in Chinese)
- [20] 任邦来, 齐淑秀. 不同浓度壳聚糖处理对黄瓜保鲜效果的影响[J]. 中国食物与营养, 2013, 19(7): 38-40.
REN Banglai, QI Shuxiu. Effect of chitosan of different concentration on preservation of cucumber [J]. **Food and Nutrition in China**, 2013, 19(7): 38-40. (in Chinese)
- [21] 李娟, 魏春红. 黄瓜涂膜保鲜试验的研究[J]. 包装与食品机械, 2012, 30(5): 16-19.
LI Juan, WEI Chunhong. Cucumber film preservation trials [J]. **Packaging and Food Machinery**, 2012, 30 (5): 16-19. (in Chinese)
- [22] 吴富忠, 王恒. 蔬菜、水果及其制品中亚硝酸盐与硝酸盐的 HPLC 法测定[J]. 中国卫生检验杂志, 2010, 20(11): 2741-2743.
WU Fuzhong, WANG Heng. Determination of nitrite and nitrate in vegetables, fruits and derived products by HPLC [J]. **Chinese Journal of Health Laboratory Technology**, 2010, 20(11): 2741-2743. (in Chinese)