

# 气调包装蔬菜贮藏中硝酸盐与亚硝酸盐变化分析

马 超, 彭 莉, 王 天文

(贵州省园艺研究所, 贵州 贵阳 550006)

**摘 要:**以番茄、白菜、萝卜为试材,研究3种蔬菜不同贮藏过程中硝酸盐、亚硝酸盐含量变化。结果表明:未包装蔬菜贮藏中硝酸盐与亚硝酸盐含量随贮藏时间延长而逐渐增加;自发气调包装低温贮藏蔬菜的硝酸盐与亚硝酸盐变化趋势随贮藏时间延长呈波状起伏。3种蔬菜在贮藏中亚硝酸盐含量番茄最小,白菜次之,萝卜最大;硝酸盐含量番茄最小,萝卜与白菜硝酸盐含量接近,二者约为番茄的100倍。3种贮藏方式中,亚硝酸盐含量以包装蔬菜低温贮藏最小,包装蔬菜常温贮藏次之,未包装蔬菜亚硝酸盐含量最大;硝酸盐含量方面未包装白菜贮藏过程中明显高于包装白菜,3种贮藏方式对番茄和萝卜的硝酸盐变化影响没有明显规律。

**关键词:**蔬菜;贮藏;硝酸盐;亚硝酸盐

**中图分类号:**TS 255.3 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2015)07-0119-05

蔬菜在人们生活中不可缺少,其是满足人们营养均衡、饮食健康的基础食品,但其安全问题一直为世界各国所关注,对于世界上最大的蔬菜生产国和消费国的中国来说,解决蔬菜质量安全问题更具有重大意义。其中硝酸盐污染又是最普遍和最容易被忽视的,而蔬菜又是一种容易富集硝酸盐的作物。研究表明,人体摄入的硝酸盐有80%以上来自蔬菜<sup>[1-2]</sup>。近年来,由于化肥施用量的增加和污水灌溉面积的扩大,蔬菜中硝酸盐污染问题变得更加严峻。我国于2005年5月1日开始实施标准号为GB19338-2003的蔬菜硝酸盐限量国家标准。该标准规定了无公害蔬菜硝酸盐按类别的标准,其中瓜果类 $\leq 600$  mg/kg,根茎类 $\leq 1\,200$  mg/kg,叶菜类 $\leq 3\,000$  mg/kg<sup>[3]</sup>。之所以对蔬菜中的硝酸盐含量进行严格的规定,是因为硝酸盐能够对人的身体产生直接和间接的危害。现代医学研究证明<sup>[4-7]</sup>,尽管硝酸盐本身毒性并不大,但它在人体内可被细菌还原成亚硝酸盐,亚硝酸代谢物质亚硝胺有一定的致癌性。

蔬菜自发气调(Modified Atmosphere, MA)贮藏技术是利用蔬菜自身的呼吸作用和塑料薄膜选择性渗透

气体的特性,将蔬菜密封在具有一定程度的气体透过性的塑料薄膜中,自发调节贮藏环境中的 $O_2$ 和 $CO_2$ 浓度的一种气调贮藏方法。PP保鲜托盘+PE保鲜膜是自发气调贮藏技术中最广泛应用的一种,已通过超市或其它蔬菜销售店进入几乎每个市民的饮食,关系到每位食用者的健康。该试验通过对未包装蔬菜常温贮藏、自发式气调包装蔬菜常温贮藏、自发式气调包装蔬菜低温贮藏中硝酸盐与亚硝酸盐含量变化分析,揭示蔬菜贮藏中的硝酸盐与亚硝酸盐变化规律。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

供试材料为叶菜类白菜、根茎类萝卜、果菜类番茄,3个蔬菜品种分别是“毛粉802番茄”、“四季王白菜”、“贵阳胭脂萝卜”。试材种植在贵州省园艺研究所试验田中,小区面积 $90\text{ m}^2$ ,番茄、白菜、萝卜各种植 $30\text{ m}^2$ 。2013年4月上旬番茄播种育苗,白菜、萝卜直播,5月中旬番茄定值,3种蔬菜进行同水平栽培及相同处理,3种蔬菜均在7月中旬达到食用器官采收要求,7月18日9:00采收,白菜采取第2、3片外叶,萝卜选择大小均等的连根拔起留根茎部,番茄采取果皮全部转红的第二台果,试材带回实验室用自来水漂洗晾干,贮藏待分析测定。

### 1.2 试验方法

白菜、萝卜、番茄3种蔬菜贮藏过程中湿度、光照相同,利用人工气候箱湿度稳定在75%,光照强度白天稳

**第一作者简介:**马超(1981-),男,硕士,副研究员,现主要从事蔬菜学等研究工作。E-mail:machao621@126.com.

**责任作者:**王天文(1964-),男,本科,研究员,现主要从事蔬菜学等研究工作。E-mail:wtw3761659@sina.com.

**基金项目:**贵州省科学技术基金资助项目(黔科合J字(2012)2263号);贵州省农业攻关资助项目(黔科合NY字(2010)3019)。

**收稿日期:**2014-11-11

定在 100 lx,晚上 0 lx。温度设置 3 个处理:未包装蔬菜常温(20℃)贮藏、自发式气调包装蔬菜常温(20℃)贮藏、自发式气调包装蔬菜低温(4℃)贮藏。试验中自发式气调包装方式(简称包装)采用超市常用的 PP 保鲜托盘+PE 保鲜膜包装;硝酸盐含量和亚硝酸盐含量每隔 48 h 测定 1 次,低温贮藏连续测定 20 d,常温贮藏连续测定 10 d。

### 1.3 项目测定

硝酸盐、亚硝酸盐含量测定方法参照国标(GB/T 5009.33-2008)中的分光光度法<sup>[8]</sup>,每组试验重复 3 次。试验中番茄的硝酸盐实际含量远远低于萝卜、白菜,为使番茄能够与白菜、萝卜在同一图中对比硝酸盐变化趋势,图 1、3、5 中的番茄硝酸盐含量是实际含量乘以 100 后得到的数据。

## 2 结果与分析

### 2.1 3 种蔬菜贮藏过程中硝酸盐与亚硝酸盐含量变化

由表 1~3 可知,在 3 种蔬菜的贮藏过程中,番茄亚硝酸盐含量的变化区间 0.17~0.86 mg/kg,萝卜的亚硝酸盐含量的变化区间 0.74~18.41 mg/kg,白菜的亚硝酸盐含量的变化区间 0.09~3.17 mg/kg,无论是未包装蔬菜常温贮藏、包装蔬菜常温贮藏,还是包装蔬菜低温贮藏,番茄、萝卜、白菜 3 种蔬菜中以番茄亚硝酸盐含量最小,白菜次之,萝卜最大。3 种蔬菜的贮藏过程中硝酸盐变化方面,番茄硝酸盐含量的变化区间 4.44~17.80 mg/kg,萝卜硝酸盐含量的变化区间 693.20~1 539.74 mg/kg,白菜的硝酸盐含量的变化区间 791.91~1 817.06 mg/kg,无论是未包装蔬菜常温贮藏、包装蔬菜常温贮藏,还是包装蔬菜低温贮藏,番茄、萝卜、白菜 3 种蔬菜中硝酸盐含量番茄最小,萝卜与白菜二者的硝酸盐含量接近,远远大于番茄硝酸盐含量,约为番茄的 100 倍。

由表 1~3 还可知,在 3 种贮藏方式中,亚硝酸盐含量包装低温贮藏最小(番茄 0.17~0.69 mg/kg,萝卜 0.74~4.80 mg/kg,白菜 0.09~0.77 mg/kg),包装常温贮藏次之(番茄 0.17~0.43 mg/kg,萝卜 0.94~6.00 mg/kg,白菜 0.51~0.86 mg/kg),未包装常温贮藏蔬菜亚硝酸盐含量最大(番茄 0.26~0.86 mg/kg,萝卜 1.20~18.41 mg/kg,白菜 0.43~3.17 mg/kg)。3 种贮藏方式对硝酸盐变化影响方面,白菜未包装贮藏过程中硝酸盐含量(1 728.60~1 817.06 mg/kg)明显高于包装常温贮藏(1 095.12~1 728.60 mg/kg)和包装低温贮藏白菜的硝酸盐含量(791.91~1 728.60 mg/kg);未包装常温贮藏、包装常温贮藏、包装低温贮藏 3 种贮藏方式对番茄与萝卜的硝酸盐含量影响没有明显的规律。

表 1 未包装蔬菜贮藏中亚硝酸盐与硝酸盐含量

Table 1 The contents of nitrite and nitrate of no-packaging vegetables in storage at room temperature

存放天数 Storage days /d	亚硝酸盐含量 Nitrite content/(mg·kg <sup>-1</sup> )			硝酸盐含量 Nitrate content/(mg·kg <sup>-1</sup> )		
	番茄	萝卜	白菜	番茄	萝卜	白菜
	Tomato	Radish	Cabbage	Tomato	Radish	Cabbage
0	0.26	1.20	0.77	8.67	765.27	1 728.60
2	0.26	6.52	0.43	8.67	1 101.67	1 798.78
4	0.43	10.99	1.20	9.34	1 272.57	1 794.13
6	0.51	12.08	2.83	12.58	1 259.78	1 779.97
8	0.69	16.99	3.09	12.89	1 305.29	1 808.19
10	0.86	18.41	3.17	15.85	1 411.65	1 817.06

表 2 包装蔬菜常温贮藏中亚硝酸盐与硝酸盐含量

Table 2 The contents of nitrite and nitrate of packaging vegetables in storage at room temperature

存放天数 Storage days /d	亚硝酸盐含量 Nitrite content/(mg·kg <sup>-1</sup> )			硝酸盐含量 Nitrate content/(mg·kg <sup>-1</sup> )		
	番茄	萝卜	白菜	番茄	萝卜	白菜
	Tomato	Radish	Cabbage	Tomato	Radish	Cabbage
0	0.26	1.20	0.77	8.67	765.27	1 728.60
2	0.26	0.94	0.51	8.67	693.20	1 363.78
4	0.17	5.58	0.51	15.11	1 359.13	1 722.58
6	0.43	6.00	0.69	9.51	1 414.08	1 095.12
8	0.43	3.69	0.69	6.87	1 129.47	1 489.86
10	0.26	3.09	0.86	13.46	1 133.91	1 216.98

表 3 包装蔬菜低温贮藏中亚硝酸盐与硝酸盐含量

Table 3 The contents of nitrite and nitrate of packaging vegetables in cold storage

存放天数 Storage days /d	亚硝酸盐含量 Nitrite content/(mg·kg <sup>-1</sup> )			硝酸盐含量 Nitrate content/(mg·kg <sup>-1</sup> )		
	番茄	萝卜	白菜	番茄	萝卜	白菜
	Tomato	Radish	Cabbage	Tomato	Radish	Cabbage
0	0.26	1.20	0.77	8.67	765.27	1 728.60
2	0.26	1.29	0.26	6.02	1 362.30	1 650.50
4	0.17	2.66	0.34	17.80	1 234.31	1 134.65
6	0.51	2.57	0.60	13.11	1 232.30	1 331.44
8	0.43	0.74	0.51	13.74	1 049.04	1 295.08
10	0.34	0.86	0.26	9.09	942.72	1 505.18
12	0.69	3.29	0.26	12.37	1 258.20	1 098.29
14	0.34	3.86	0.34	5.92	1 226.49	1 307.97
16	0.17	3.69	0.26	4.54	1 052.32	1 501.48
18	0.26	3.95	0.17	4.44	1 539.74	791.91
20	0.26	4.80	0.09	4.44	1 215.29	1 323.61

### 2.2 未包装蔬菜贮藏中硝酸盐与亚硝酸盐分析

由图 1 可知,未包装蔬菜常温贮藏中硝酸盐含量从 0~10 d 总体呈现缓慢增加趋势。其中白菜中硝酸盐变化较平缓;萝卜在贮藏第 2 天硝酸盐含量明显升高,随后趋于平缓;番茄在贮藏前 4 d 含量变化小,第 6 天硝酸盐含量出现显著增长。

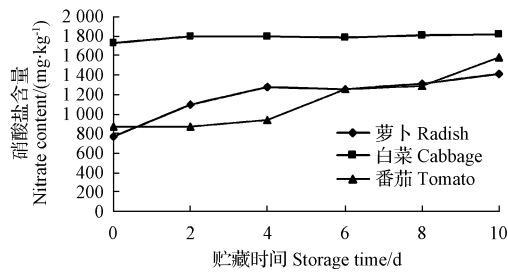


图1 未包装蔬菜常温贮藏中硝酸盐含量变化

Fig. 1 Nitrate content of no-packed vegetable in room temperature storage

由图2可知,未包装蔬菜常温贮藏中亚硝酸盐含量从0~10 d总体呈现逐渐增加趋势。结合表1数据,其中萝卜中亚硝酸盐随贮藏时间延长增加最明显,从0 d的1.20 mg/kg增加到第10天的18.41 mg/kg;番茄在整个贮藏过程中亚硝酸盐含量增加缓慢,从0 d的0.26 mg/kg增加到第10天的0.86 mg/kg;白菜在贮藏前4 d亚硝酸盐含量变化小,第6天亚硝酸盐含量出现显著增长,随后缓慢增长,第0、6、10天的亚硝酸盐含量分别是0.77、2.83、3.17 mg/kg。

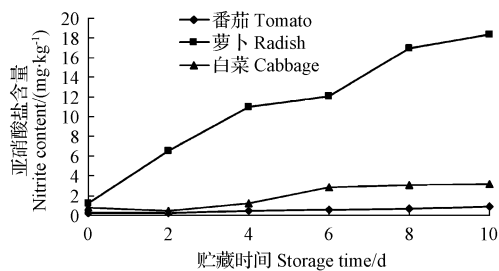


图2 未包装蔬菜常温贮藏中亚硝酸盐含量变化

Fig. 2 Nitrite content of no-packed vegetable in room temperature storage

### 2.3 自发式气调包装蔬菜常温贮藏中硝酸盐与亚硝酸盐分析

由图3可知,包装蔬菜常温贮藏中硝酸盐含量从0~10 d呈上升趋势,贮藏第2天呈下降趋势,之后第2天至第4天硝酸盐含量明显上升,第4天至第10天硝酸盐含

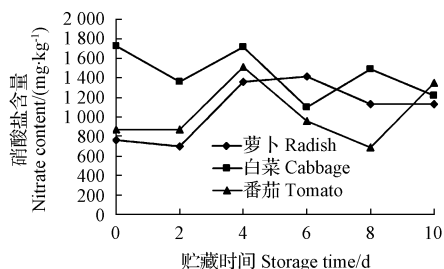


图3 包装蔬菜常温贮藏中硝酸盐含量变化

Fig. 3 Nitrate content of packing vegetable in room temperature storage

量有波动,总体上含量在下降。结合表2数据,其中萝卜中硝酸盐含量第0、2、4、10天分别是765.27、693.20、1359.13、1133.91 mg/kg;白菜硝酸盐含量第0、2、4、10天分别是1728.60、1363.78、1722.58、1216.98 mg/kg;番茄硝酸盐含量第0、2、4、10天分别是8.67、8.67、15.11、13.46 mg/kg。

由图4可知,包装蔬菜常温贮藏中从0~10 d番茄、白菜亚硝酸盐含量变化较小,萝卜的亚硝酸盐含量第4~6天出现高峰,之后呈现下降趋势。结合表2数据,其中萝卜中亚硝酸盐含量第0、6、10天分别是1.20、6.00、3.09 mg/kg;白菜中亚硝酸盐含量第0、6、10天分别是0.77、0.69、0.86 mg/kg;番茄中亚硝酸盐含量第0、6、10天分别是0.26、0.43、0.26 mg/kg。

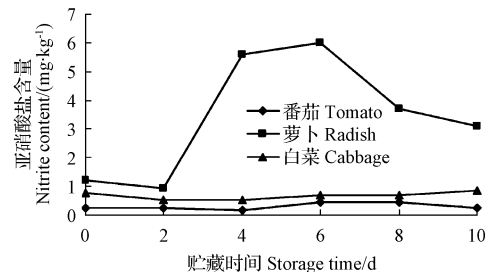


图4 包装蔬菜常温贮藏中亚硝酸盐含量变化

Fig. 4 Nitrite content of packed vegetable in room temperature storage

### 2.4 自发式气调包装蔬菜低温贮藏中硝酸盐与亚硝酸盐分析

由图5可知,包装蔬菜低温贮藏中从0~20 d硝酸盐含量的变化趋势呈现为波状起伏,总体变化不大。结合表3数据,第0、10、20天硝酸盐含量分别是:萝卜765.27、942.72、1215.29 mg/kg;白菜1725.60、1505.18、1323.61 mg/kg;番茄8.67、9.09、4.44 mg/kg。

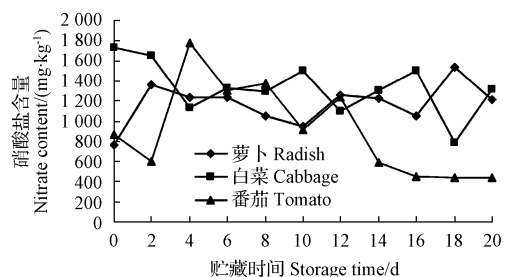


图5 包装蔬菜低温贮藏中硝酸盐含量变化

Fig. 5 Nitrate content of packed vegetable in low temperature storage

由图6可知,包装蔬菜低温贮藏中从0~20 d番茄和白菜的亚硝酸盐含量变化不大。由表3可知,第0、10、20天亚硝酸盐含量分别是番茄0.26、0.34、0.26 mg/kg;白菜0.77、0.26、0.09 mg/kg;萝卜的亚硝酸盐含量从0~20 d变化呈现先增加后减少,随后逐渐



增加的趋势,第 0、4、10、20 天的亚硝酸盐含量分别是 1.20、2.66、0.86、4.80 mg/kg。

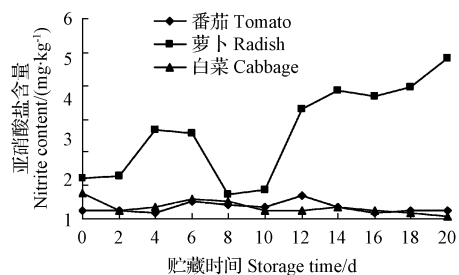


图 6 包装蔬菜低温贮藏中亚硝酸盐含量变化

Fig. 6 Nitrite content of packed vegetable in low temperature storage

### 3 讨论

该研究表明,未包装的蔬菜在常温储藏过程中硝酸盐与亚硝酸盐含量变化呈现逐渐增加趋势;自发式气调包装蔬菜在常温贮藏条件下硝酸盐与亚硝酸盐含量在贮藏的 4~6 d 出现峰值,随后变化不大;自发式气调包装蔬菜低温贮藏中硝酸盐和亚硝酸盐含量的变化趋势呈现为波状起伏,没有随时间延长而呈现含量明显减少或增加的规律。由此可以证明,蔬菜贮藏中气调包装和低温均抑制了硝酸盐和亚硝酸盐含量的增加,这与宋犇等<sup>[9]</sup>在小白菜上的研究结果一致。究其原因,可能是室温、O<sub>2</sub> 为硝酸盐和亚硝酸盐的合成创造了适宜的条件。自发式气调环境中随着呼吸作用消耗 O<sub>2</sub>、放出 CO<sub>2</sub> 使包装内 O<sub>2</sub> 浓度逐渐减少而 CO<sub>2</sub> 浓度逐渐增加,一方面 O<sub>2</sub> 浓度减少降低了呼吸速率而影响到硝酸盐与亚硝酸盐的合成,另一方面 CO<sub>2</sub> 浓度增加通过调节硝酸盐还原酶和亚硝酸盐还原酶活性促进了硝酸盐与亚硝酸盐的转化<sup>[10]</sup>。由此可以推断,自发式气调包装蔬菜在常温贮藏条件下硝酸盐与亚硝酸盐含量出现峰值是因为峰值前 O<sub>2</sub> 和 CO<sub>2</sub> 浓度满足的硝酸盐合成的需要,之后随着 O<sub>2</sub> 减少和 CO<sub>2</sub> 增加对还原酶的调节而促进了硝酸盐和亚硝酸盐的转化转移<sup>[11]</sup>,降低了含量。

3 种贮藏方式中,蔬菜亚硝酸盐含量在自发式气调包装低温贮藏中含量最少,自发式气调包装常温贮藏次之,未包装常温贮藏蔬菜亚硝酸盐含量最大,因此建议在蔬菜的贮藏中推广应用自发式气调包装和冷藏。该研究发现白菜未包装贮藏过程中硝酸盐含量明显高于包装白菜的硝酸盐含量,但番茄与萝卜的硝酸盐变化影响没有明显的规律。造成这种差别的原因可能是由于番茄和萝卜自身有果皮保护,阻遏了食用器官与贮藏环境中水分和气体的交换,难以达到硝酸盐积累的条件。由此可见,自发式气调包装对抑制叶菜贮藏过程中的硝酸盐增加非常有效。柯维忠等<sup>[12]</sup>对 3 种蔬菜 5 种贮藏方式的研究得到了类似的结果。

3 种蔬菜番茄、萝卜、白菜贮藏中,亚硝酸盐含量番茄最小,白菜次之,萝卜最大;硝酸盐含量方面,番茄最小,萝卜与白菜二者接近,约为番茄的 100 倍。国家制定的蔬菜中亚硝酸盐限量卫生标准为 $\leq 4$  mg/kg<sup>[13]</sup>。该试验中,番茄与白菜无论那种贮藏方式,贮藏过程中没有出现亚硝酸盐含量超标现象;萝卜在未包装常温贮藏的第 2 天,包装常温贮藏的第 4 天,包装低温贮藏的第 10 天出现亚硝酸盐含量超标情况。可见,低温贮藏延缓了亚硝酸盐含量的增加,这与钱和等<sup>[14]</sup>、高秀瑞等<sup>[15]</sup>的研究结果相同。硝酸盐的限量标准规定<sup>[16]</sup>,含量低于 432 mg/kg,允许生食;432~785 mg/kg,不宜生食;785~1 440 mg/kg,生食和盐渍均不宜;1 440~3 100 mg/kg,不允许熟食。该试验中番茄硝酸盐含量的变化区间 4.44~17.80 mg/kg,萝卜的硝酸盐含量的变化区间 693.20~1 539.74 mg/kg,白菜的硝酸盐含量的变化区间 791.91~1 817.06 mg/kg。从硝酸盐含量的角度来看,3 种蔬菜中仅有番茄是达到生食条件的。

### 参考文献

- [1] 张勇. 蔬菜硝酸盐积累机理与调控技术的研究[D]. 海口: 华南热带农业大学, 2002.
- [2] 何盈, 蔡顺香, 何春梅, 等. 蔬菜硝酸盐累积的主要影响因子及其防治对策研究现状[J]. 福建农业学报, 2007, 21(1): 100-105.
- [3] 中华人民共和国国家标准//GB19338-2003 农产品安全质量无公害蔬菜安全要求[S].
- [4] 汪李平, 向长萍, 王运华. 武汉地区夏季蔬菜硝酸盐含量状况及其防治[J]. 华中农业大学学报, 2000, 19(5): 497-499.
- [5] 都韶婷, 章永松, 林咸永, 等. 蔬菜积累的硝酸盐及其对人体健康的影响[J]. 中国农业科学, 2007, 40(9): 2007-2014.
- [6] Slob W, Vander B R, Van M P. A statistical exposure model applied to nitrate intake in the Dutch population[M]//Health Aspects of Nitrates and its Metabolites. Strasbourg: Council of Europe Press, 1995: 75-82.
- [7] 任祖淦, 邱孝煊, 蔡元呈, 等. 化学氮肥对蔬菜累积硝酸盐的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 1997, 3(1): 81-84.
- [8] 中华人民共和国国家标准//GB5009. 33-2010 农产品安全质量无公害蔬菜安全要求[S].
- [9] 宋犇, 周伟. 不同贮存条件下小白菜和菠菜硝酸盐与亚硝酸盐含量研究[J]. 河南农业科学, 2011, 40(12): 129-132.
- [10] 都韶婷. 蔬菜硝酸盐积累机理及其农艺措施的研究[D]. 杭州: 浙江大学, 2008: 30-55.
- [11] Kmiecik W, Lisiewska Z, Sllupski J. Effects of freezing and storing of frozen products on the content of nitrates, nitrites, and oxalates in dill[J]. Food Chemistry, 2004, 86: 105-111.
- [12] 柯维忠, 罗春华, 林国卫, 等. 不同贮藏方式对蔬菜硝酸盐及 VC 含量的影响[J]. 湖南农业科学, 2011, 21(1): 94-95.
- [13] 中华人民共和国国家标准//GB2762-2005 食品中污染物限量[S].
- [14] 钱和, 蒋将, 陈正行. 蔬菜中硝酸盐与亚硝酸盐的积累规律与控制方法[J]. 食品科技, 2007, 32(1): 64-67.
- [15] 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.
- [16] Zhou Z Y, Wang M J, Wang J S. Nitrate and nitrite contamination in vegetables in China[J]. Food Reviews International, 2000, 16: 61-76.

# 响应面法优化刺五加中多糖的超声提取工艺

陈金娥<sup>1</sup>, 王庆红<sup>1</sup>, 魏增云<sup>2</sup>, 张海容<sup>1</sup>

(1. 山西省忻州师范学院 生化分析技术研究所, 山西 忻州 034000; 2. 山西省忻州职业技术学院, 山西 忻州 034000)

**摘要:**以刺五加为试材,利用超声辅助提取技术对刺五加多糖的提取工艺进行研究。在单因素试验的基础上,选择超声温度、时间、液固比、功率4个因素,通过Box-Behnken中心组合设计试验和响应面分析法,模拟得到二次多项式回归方程的预测模型。结果表明:超声功率90 W,提取温度为57℃,液固比40:1 mL/g,提取时间42 min是刺五加多糖的最佳超声提取工艺。验证性试验表明,刺五加多糖得率为3.86%,与理论预测值3.88%相符。用超声法对比研究了传统水煮法提取刺五加多糖的优劣,超声法不仅能耗低、产率高,且提取时间缩短11倍。

**关键词:**响应面分析法;刺五加;超声辅助萃取

**中图分类号:**TS 201.2 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2015)07-0123-05

刺五加(*Manysprinkle acathopanax*)属五加科五加属,其根和根状茎是多年生落叶木本植物;广泛分布于全国各省。刺五加自古即被视为具有添精补髓及抗衰

老作用的良药,在《神农本草经》和《本草纲目》中均有详细记载。刺五加中含有多种活性成分,如多糖、紫丁香苷、刺五加苷E和异秦皮啶、黄酮等。医学试验证明<sup>[1]</sup>,刺五加多糖具有抗衰老、抗肿瘤、增强特异性和非特异性免疫调节功能的作用。但采用响应面法优化刺五加中多糖电磁强化分离提取工艺的研究尚鲜见报道。该试验采用响应面法优化超声提取刺五加多糖,利用硫酸-苯酚法对刺五加中的多糖含量进行了测定,方法简便、样品溶液显色稳定、重现性较好;同时与传统热水提取法作了对比试验,体现了超声辅助萃取工艺的优越性。通过响应面法对影响因素进行进一步优化<sup>[2]</sup>,从而确定最佳提取工艺,为工业生产提供理论与试验指导。

**第一作者简介:**陈金城(1957-),女,本科,高级实验师,研究方向为天然植物分离及分析。

**责任作者:**张海容(1957-),男,博士,教授,研究方向为天然植物分离及分析。E-mail:hairong1015@163.com.

**基金项目:**山西省教育厅重点建设学科资助项目(20141010);山西省教育厅国际交流资助项目(2011-63);山西省高等学校教学改革资助项目(2014-38);忻州师范学院应用化学创新实践基地资助项目(2013-31)。

**收稿日期:**2014-11-18

## Analysis on the Contents of Nitrate and Nitrite of MA Packed Vegetable During Storage

MA Chao, PENG Li, WANG Tian-wen  
(Guizhou Horticultural Institute, Guiyang, Guizhou 550006)

**Abstract:** Taking tomato, cabbage and radish as test materials, the changes of contents of nitrate and nitrite of tomato, cabbage, radish in the process of the three kinds of storage were analyzed. The results showed that the contents of nitrate and nitrite of the unpacked vegetable increased gradually with the extension of storage time, and nitrate and nitrite change trend of modified atmosphere packaging vegetables appeared fluctuating with the extension of storage time. In the storage process of three kinds of vegetable, nitrite content of tomato was the minimum, the second was cabbage, the maximum was radish, and nitrate content of tomato was the minimum, that of carrot was near to cabbage which was 100 times of tomato. In three storage mode, the minimum content of nitrite was packed vegetables in low temperature storage; the second was that of packed vegetables in room temperature storage, the maximum was nitrite content of no-packed vegetables. Nitrate content of no-packed cabbage was significantly higher than that of packed cabbage in storage, but nitrate of tomato and carrot had no apparently different among three storage methods.

**Keywords:** vegetable; storage; nitrate; nitrite