

文章编号 :1009-038X(2000)03-0216-04

# 加工条件对富硒绿叶蔬菜汁品质稳定性的影响\*

张 慇<sup>1</sup>, 曹 平<sup>2</sup>

(1. 无锡轻工大学食品学院, 江苏无锡 214036; 2. 北京航天医学工程研究所, 北京 100094)

**摘 要 :**探讨了 3 种富硒绿叶蔬菜在制汁过程中 2 个主要品质指标(叶绿素含量和硒含量)的变化规律. 着重研究了蔬菜汁漂烫、护色后杀菌等加工条件对叶绿素含量、总硒含量和有机硒比例的影响, 讨论了产前农艺富锌与产后浸泡富锌对青菜叶绿素含量的影响以及复合菜汁的叶绿素保存及贮藏期分层问题.

**关键词 :**硒, 蔬菜汁, 叶绿素, 加工条件

**中图分类号 :**TS205.5 **文献标识码 :**A

## Effects of Processing Conditions of the Green-leafy Vegetable Juice Enriched with Selenium on It's Quality Stability

ZHANG Min<sup>1</sup>, CAO Ping

(1. Wuxi University of Light Industry, Wuxi 214036 2. Beijing Institute of Space Medical Engineering, Beijing, 100094)

**Abstract :** The changing regularity of two quality indexes on three Se-enriched green-leafy vegetable juices has been studied during making juices. The effects of processing conditions on chlorophyll contents, total Se content and organic Se percentage have been studied. The difference between pre-harvest and post-harvest enriching zinc, chlorophyll preservation and separation during storage of combined juices have been discussed.

**Key words :** selenium, vegetable juice, chlorophyll, processing conditions

硒(Se)是人体必需的微量元素,适量的硒有保护生物膜、消除自由基、抗癌、防衰老、增进免疫功能等作用. 缺硒可能导致癌症、心血管病和某些地方病. 由于中国大陆 72% 的地区属缺硒或轻度缺硒地区,因此大规模的补硒已刻不容缓. 目前补硒有两种方式:一是直接服用无机硒,二是多食用富有机硒的产品. 一般认为,植物富硒比动物富硒效率要高,且植物有机硒比无机硒有四大优越性:1)植物有机硒的生物利用率(对人体来说,就是吸收

能力)明显高于无机硒;2)有机硒比无机硒能更有效地提高人体血液中含硒水平;3)许多植物有机硒的毒性比无机硒小;4)植物中普遍存在的硒蛋氨酸等有机硒,可在人体内贮存备用.

当今食品科研一大热点是研制生理功能性食品(PFF),而含活性微量元素硒的食品是典型的生理功能性食品. 由于微量元素硒的重要性、缺硒的普遍性以及植物富硒产品的优越性,因此开发果蔬类富硒产品极有意义. 作者采用生长周期较短的生

\* 收稿日期:1999-08-04,修订日期:2000-03-04.

基金项目:瑞典国际科学基金项目(IFS/E/2467-2F).

作者简介:张慇(1962年9月生)男,浙江平湖人,工学博士,教授.

菜、菠菜和青菜作原料,通过农艺富硒,制成了富有机硒的青绿色蔬菜汁。

目前国内外生产的蔬菜汁主要是以番茄汁为主的非绿色酸性饮料,其 pH 值低,易加工和贮藏。而天然的绿色蔬菜汁,由于其 pH 值高,需高温杀菌,加上叶绿素的不稳定性,加工工艺要求高、难度大。作者采用富硒蔬菜原料,对其加工条件进行研究,为开发与应用提供了一定的依据。

# 1 材料与方法

## 1.1 试验步骤及测试仪器

富硒试验在无锡市蠡园乡夏家边园艺场进行。选取 3 种适合饮料加工的绿叶蔬菜:生菜、菠菜和青菜,其品种分别为散叶生菜、江菠二号和新杂一号。根据对原料硒含量的需要,取一定浓度的  $\text{Na}_2\text{SeO}_3$  溶液在离正常收获前 7 天内对每种蔬菜进行喷洒富硒处理,每种处理的土地面积约  $15\text{ m}^2$ ,喷洒处理分 2 次进行,间隔时间为 48 h,每个处理总喷洒量为 1 L,溶液用去离子水配制。

富硒青绿色蔬菜饮料加工工艺主要由清洗、除蜡、烫漂及护色、打浆、均质、调味、杀菌、测定等步骤组成。用分光光度法测其总硒含量及有机硒比例。测硒采用 721 分光光度计(测试灵敏度为  $\pm 0.5\text{ }\mu\text{g/g}$ ),取样称重采用德国产 Sartorius 电子微量分析天平(称量精度为  $\pm 0.1\text{ mg}$ )。样品预处理采用 SG 250 多功能食品粉碎机。

采用简便实用的 3,3'-二氨基联苯胺萃取分光光度法进行硒含量的测试。总硒测定基本步骤按植物中硒的检测法<sup>[1]</sup>,对天然样品中有机硒的测试一般采取将总硒分离成无机部分和有机部分分别加以测试的方法。据报道,目前已应用的分离方法有价态分析法、有机溶剂萃取法和透析法 3 种<sup>[2]</sup>。作者采用分离精度较高、测试时间较短的价态分析法。

采用丙酮-乙醚抽提法测定样品中的叶绿素,护色后锌离子含量的测试采用双硫脲显色法<sup>[3]</sup>。

## 1.2 试剂

3,3'-二氨基联苯胺(DAB)、乙二胺四乙酸二钠(EDTA-2Na)、溴麝香草酚蓝指示剂、双硫脲四氯化碳、溴甲酚绿指示剂均为 AR 级。

## 1.3 试验指标

1) 蔬菜试样中总硒质量分数( $\mu\text{g/g}$ )和有机硒占总硒的比例(%),代表该蔬菜加工前的初始硒含量。

2) 蔬菜原汁或蔬菜饮料中总硒质量分数( $\mu\text{g/g}$ )和有机硒占总硒的比例(%),代表该蔬菜加工后的硒含量。

3) 总叶绿素质量浓度( $\text{mg/L}$ )。

# 2 结果与分析

## 2.1 蔬菜汁加工条件对叶绿素含量的影响

2.1.1 漂烫对叶绿素含量的影响 叶绿素属四吡咯(Pyrrole)构成的卟吩类化合物。卟啉(Porphyrin)结构中的金属元素是镁,叶绿素在活细胞中与蛋白质体结合,当细胞死亡后,即从质体中释出。游离叶绿素很不稳定,对光和热敏感,在稀碱液中可皂化水解为颜色仍为鲜绿色的叶绿酸(盐)、叶绿醇及甲醇,在酸性条件下其分子中的镁原子可为氢取代,生成暗绿色至绿褐色的脱镁叶绿素。由于叶绿素在受热时不稳定,因此漂烫对叶绿素有一定的破坏作用<sup>[4]</sup>,但漂烫后未损失的叶绿素可转变成有稳定绿色的叶绿酸盐。为了确定漂烫液 pH 值对叶绿素含量的影响,作者进行了 pH 值对 3 种绿叶蔬菜的叶绿素含量的影响试验。由表 1 可知,碱漂烫对残余叶绿素的保存最佳。为了确定较佳的漂烫时间和温度,进行了两因素的正交试验。其因素水平表见表 2,试验结果见表 3。影响叶绿素含量的主次因素及最优水平为:漂烫时间(水平 1)、漂烫温度(水平 2)。

表 1 不同 pH 值的漂烫液对 3 种绿叶蔬菜的叶绿素质量浓度的影响(漂烫时间 3 min,温度 85 ℃)

Tab.1 Effects of different pH blanching solutions on chlorophyll contents in three kinds of green vegetables mg/L

| 菜 种 | 处 理 方 式 |           |           |           |
|-----|---------|-----------|-----------|-----------|
|     | 漂烫前     | 碱漂烫(pH 9) | 水漂烫(pH 7) | 酸漂烫(pH 5) |
| 青菜  | 12.69   | 9.71      | 9.70      | 2.95      |
| 生菜  | 9.29    | 6.68      | 4.01      | 1.78      |
| 菠菜  | 14.67   | 13.52     | 9.01      | 2.75      |

表 2 漂烫试验因素水平表

| Tab.2 Factors and levels of blanching tests |      |      |      |
|---------------------------------------------|------|------|------|
| 因素                                          | 水平 1 | 水平 2 | 水平 3 |
| 漂烫温度/℃                                      | 80   | 85   | 90   |
| 漂烫时间/ min                                   | 2    | 3    | 4    |

表 3 漂烫试验正交表和测试结果

| Tab.3 The orthogonal tests and results of blanching tests |        |           |                  |
|-----------------------------------------------------------|--------|-----------|------------------|
| 试验号                                                       | 漂烫温度/℃ | 漂烫时间/ min | 叶绿素质量浓度/( mg/L ) |
| 1                                                         | 80     | 2         | 4.07             |
| 2                                                         | 80     | 3         | 3.95             |
| 3                                                         | 80     | 4         | 2.41             |
| 4                                                         | 85     | 2         | 6.68             |
| 5                                                         | 85     | 3         | 5.33             |
| 6                                                         | 85     | 4         | 3.95             |
| 7                                                         | 90     | 2         | 4.36             |
| 8                                                         | 90     | 3         | 3.02             |
| 9                                                         | 90     | 4         | 2.57             |
| 水平 $K_1$                                                  | 10.43  | 15.11     |                  |
| 水平 $K_2$                                                  | 15.95  | 12.30     |                  |
| 水平 $K_3$                                                  | 9.95   | 8.92      |                  |
| 极差                                                        | 6.00   | 6.19      |                  |

表 5 不同质量分数锌离子处理对 3 种蔬菜叶绿素质量浓度和色泽的影响( 126℃ 加热 0.5 h 后测得 )

Tab.5 Effects of different  $Zn^{2+}$  processing solutions on chlorophyll contents and color in three kinds of green vegetables mg/L

| 菜种 | 护色液 $Zn^{2+}$ 质量分数/( $\mu\text{g/g}$ ) |             |             |             |             |
|----|----------------------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
|    | 0                                      | 80          | 110         | 200         | 300         |
| 青菜 | 2.13( 黄褐色 )                            | 4.37( 暗绿色 ) | 5.68( 暗绿色 ) | 8.35( 鲜绿色 ) | 8.52( 鲜绿色 ) |
| 生菜 | 1.67( 黄褐色 )                            | 3.92( 暗绿色 ) | 4.25( 暗绿色 ) | 6.49( 鲜绿色 ) | 6.80( 鲜绿色 ) |
| 菠菜 | 2.83( 黄褐色 )                            | 5.15( 暗绿色 ) | 5.47( 暗绿色 ) | 9.12( 鲜绿色 ) | 9.49( 鲜绿色 ) |

2.2 蔬菜汁加工条件对总硒含量和有机硒比例的影响

漂烫和杀菌过程对富硒青菜汁中总硒含量和有机硒比例的影响见表 6。漂烫对总硒含量的影响远大于杀菌过程,原因是漂烫过程中总硒会从菜样

表 6 漂烫和杀菌过程对富硒青菜汁中总硒含量和有机硒比例的影响( pH 7 )

| Tab.6 Effects of blanching and sterilization on total Se content and organic Se percentage in Se-enriched Chinese cabbage juices |   |                            |          |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|----------------------------|----------|
| 加工条件                                                                                                                             |   | 总硒质量分数/( $\mu\text{g/g}$ ) | 有机硒比例/ % |
|                                                                                                                                  |   |                            |          |
| 漂烫( 85℃, 3 min )                                                                                                                 | 前 | 3.09                       | 50.4     |
|                                                                                                                                  | 后 | 1.14                       | 48.6     |
| 杀菌( 126℃, 0.5 h )                                                                                                                | 前 | 0.67                       | 48.0     |
|                                                                                                                                  | 后 | 0.61                       | 36.3     |

2.1.2 护色后杀菌对叶绿素含量的影响 在适当条件下叶绿素分子中的镁原子可为铜锌离子所取代<sup>[5]</sup>。取代后的叶绿素较为稳定,且呈鲜绿色。由于锌属对人体有益的微量元素,而铜是食品中严格限量的金属元素,因此采用锌离子护色。根据经验,取护色时间为 24 h。为了探讨不同质量分数锌离子浓度对色泽的影响,对 3 种蔬菜进行锌离子浸泡后杀菌试验,结果见表 5。由表可知,护色液  $Zn^{2+}$  质量分数需达 200~300  $\mu\text{g/g}$  才可获得较好色泽。青菜护色后在不同杀菌时间下的叶绿素质量浓度见表 4。由表可见,30 min 后叶绿素质量浓度趋于稳定。

表 4 不同杀菌时间下青菜的叶绿素质量浓度( 126℃ )

| Tab.4 The chlorophyll contents in Chinese cabbage at different sterilization times |                  |
|------------------------------------------------------------------------------------|------------------|
| 杀菌时间/ min                                                                          | 叶绿素质量浓度/( mg/L ) |
| 0                                                                                  | 9.70             |
| 10                                                                                 | 9.12             |
| 20                                                                                 | 8.67             |
| 30                                                                                 | 8.35             |
| 40                                                                                 | 8.30             |

中渗出到漂烫液中,但杀菌过程则是针对整个菜汁,因此损失较小。而杀菌过程对有机硒比例的影响远大于漂烫,主要原因是杀菌温度远高于漂烫温度的缘故。

3 讨论

3.1 产前农艺富锌与产后浸泡富锌对青菜中叶绿素含量的影响

由于产前农艺富锌可避免产后长时间的浸泡富锌,为比较产前农艺富锌与产后浸泡富锌对产品叶绿素含量的影响,作者对青菜进行了收获前 5 天喷锌试验,产后锌浓度测试及漂烫和杀菌后色泽结果见表 7。

根据不同锌含量的菜样在漂烫和杀菌后的色

泽 ,可确定  $\text{ZnCl}_2$  质量浓度范围为 1 200 ~ 1 400  $\mu\text{g}/\text{mL}$ .

表 7 青菜喷锌后富集效果及漂烫和杀菌后色泽  
Tab.7 Enriching Zn effect and color change after blanching and sterilization

| $\text{ZnCl}_2$ 质量浓度/<br>( $\mu\text{g}/\text{mL}$ ) | 菜样中锌质量<br>分数/( $\mu\text{g}/\text{g}$ ) | 漂烫和杀菌后<br>色泽 |
|------------------------------------------------------|-----------------------------------------|--------------|
| 0                                                    | 1.1                                     | 黄褐色          |
| 500                                                  | 20.5                                    | 黄褐色          |
| 1 000                                                | 150.6                                   | 暗绿色          |
| 1 200                                                | 179.0                                   | 鲜绿色          |
| 1 400                                                | 192.9                                   | 鲜绿色          |

### 3.2 复合菜汁的叶绿素保存及分层问题

为了克服单一菜汁营养成分单调的弱点 ,应大力发展复合菜汁.为了探讨复合菜汁的加工条件对叶绿素保存的影响 ,进行了复合菜汁(生菜、菠菜和青菜按 1:1:1 混合)在漂烫和杀菌期间的护色处理 ,结果见表 8.由表可见 ,复合菜汁经过护色处理 ,叶绿素保存与单一菜汁基本相似.

表 8 复合菜汁在漂烫和杀菌期间的护色处理及叶绿素保存( pH 7 )  
Tab.8 Preservation on chlorophyll content in combined vegetable juice during blanching and sterilization

| 加工护色条件                                 | 叶绿素质量浓度/<br>( $\text{mg}/\text{L}$ ) |       |
|----------------------------------------|--------------------------------------|-------|
| 碱漂烫护色( 85 $^{\circ}\text{C}$ 3 min )   | 前                                    | 13.09 |
|                                        | 后                                    | 9.14  |
| 锌护色后杀菌( 126 $^{\circ}\text{C}$ 0.5 h ) | 前                                    | 8.67  |
|                                        | 后                                    | 7.61  |

## 参考文献

[ 1 ]徐辉碧.生物微量元素—硒[ M ].武汉:华中工学院出版社,1983.  
[ 2 ]张 愍,丁霄霖,秦 芳.几种蔬菜的富硒规律及优化研究[ J ].无锡轻工大学学报,1997,16( 4 ):7~12  
[ 3 ]无锡轻工业学院.食品分析[ M ].北京:轻工业出版社,1983.  
[ 4 ]张 愍.国内外蔬菜干燥前预处理及其发展[ J ].农牧与食品机械,1991( 3 ):5~7  
[ 5 ]张 愍,丁霄霖.预处理对脱水蔬菜色素保存的影响[ J ].无锡轻工大学学报,1996,15( 3 ):205~208.

由于菜汁中含有较多的蛋白质、纤维素和木质素 ,虽采用过滤和均质 ,但长时间静置会发生沉降 ,产生分层现象.为了解决分层问题 ,采用了多种稳定剂做对比 试验 ,结果见表 9.由表可见 ,海藻酸钠对复合菜汁具有较好的防止沉降的作用.

表 9 不同稳定剂对复合菜汁分层的影响  
Tab.9 Effects of different stabilizer on separating layers of the combined juice

| 名称   | 添加量/( $\text{mg}/\text{mL}$ ) | 1 个月贮藏后<br>分层现象 |
|------|-------------------------------|-----------------|
| CM*  | 2.0                           | 明显              |
| RS*  | 2.0                           | 明显              |
| CMC  | 1.0                           | 明显              |
| 海藻酸钠 | 3.0                           | 不明显             |

注 :\* 为丹尼斯克中国公司提供的复合稳定剂.

## 4 结 论

1)碱漂烫( pH 9 )对残余叶绿素的保存最佳.影响叶绿素含量的主次因素及最优水平为 :漂烫时间( 2 min ),漂烫温度( 85  $^{\circ}\text{C}$  ).

2)护色液  $\text{Zn}^{2+}$  质量分数需达 200 ~ 300  $\mu\text{g}/\text{g}$  才可获得较好色泽.

3)漂烫对总硒含量的影响远大于杀菌过程 ,而杀菌过程对有机硒比例的影响远大于漂烫.

4)产前农艺富锌喷  $\text{ZnCl}_2$  质量浓度范围为 1 200 ~ 1 400  $\mu\text{g}/\text{mL}$ .

5)复合菜汁经过护色处理 ,叶绿素保存与单一菜汁基本相似.海藻酸钠对复合菜汁具有较好的防止沉降的作用.