

文章编号:1673-1689(2007)04-0006-05

# 以热风干燥菜心为原料的蔬菜纸护色工艺

李方, 张 慇

(江南大学 食品学院, 江苏 无锡 214122)

**摘 要:**研究了热风干燥(AD)菜心复水时间、碱性复水液及护色剂对蔬菜纸的影响,并优化了蔬菜纸的护色工艺。实验结果表明,在复水时间为6~10 min时蔬菜纸色泽较好,复水时间越长,蔬菜纸的维生素C(VC)质量分数越低。在pH=7~8的条件下复水时,蔬菜纸色泽较好但VC质量分数较低。乙酸锌溶液对蔬菜纸的护色效果最好,对蔬菜纸的VC质量分数影响不大。

**关键词:**热风干燥;菜心;护色;乙酸锌

**中图分类号:**TS 255.3

**文献标识码:**A

## Studies on Color-Protecting of Vegetable Paper With Air Dehydrated *Brassica parachinensis*

LI Fang, ZHANG Min

(School of Food Science and Technology, Jiangnan University, Wuxi 214122, China)

**Abstract:** In this manuscript, the effect of different rehydration time, alkalescent water for rehydration, different agents on vegetable paper, and the color-protecting were investigated and optimized. When the time of rehydration was 5~11 min, the color of vegetable paper was better, and the longer of the time of rehydration, the less of VC in vegetable paper. The color of vegetable paper which rehydrated in alkalescent water was better and Vc in that was less. The effect of Zn (AC)<sub>2</sub> on color-protection of vegetable paper was best, and it had little effect on VC in vegetable paper.

**Key words:** air dehydrated; *Brassica parachinensis*; color-protect; Zn(Ac)<sub>2</sub>

蔬菜纸是一种纸型蔬菜制品,最早由日本研制开发,也称纸菜<sup>[1]</sup>。普通蔬菜由于水分含量高,其膳食纤维含量有限,难以满足人体对膳食纤维的要求<sup>[2]</sup>。蔬菜纸是经过脱水处理的蔬菜制品,具有纤维素含量高,食用方便,可长期贮藏的特点,可以满足人们对膳食纤维的需要,而且可以作为可食用包装材料,减少环境污染。

蔬菜纸的加工方法通常是将新鲜蔬菜或蔬菜加工下脚料打浆,然后再添加适当的粘结剂,成型后烘干,加工温度通常在60℃左右。蔬菜中的叶绿素为热敏性物质,在高温条件下不稳定,加工过程中极易衰退转变为非绿色的叶绿素衍生物,影响蔬菜纸的色泽,使蔬菜纸品质下降。作者使用的热风干燥(AD)菜心是将新鲜菜心经热风干燥而成的

收稿日期:2006-09-17.

基金项目:国家自然科学基金项目(20576049).

作者简介:李方(1982-),女,河南驻马店人,农产品贮藏与加工硕士研究生.

通讯作者:张慇(1962-),男,浙江平湖人,教授,工学博士,博导,主要从事农产品贮藏与加工研究.

Email:min@jiangnan.edu.cn

脱水干制品,菜心中的多酚氧化酶和过氧化物在分别用愈创木酚和联苯胺检测时没有显色反应,但叶绿素有所损失,因此作者对蔬菜纸的护色工艺进行了探讨。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料

AD菜心:浙江海通公司提供;蔗糖:食品级; $\text{ZnCl}_2$ ,  $\text{ZnSO}_4$ ,  $\text{Zn}(\text{Ac})_2$ , 2,6-二氯酚,可溶性淀粉,  $\text{NaHCO}_3$  均为分析纯试剂。

### 1.2 仪器与设备

721分光光度计:上海第三分析仪器厂产品;WSC-S测色色差计:上海精密科学仪器有限公司产品;101—1—BS电热恒温鼓风干燥箱:上海跃进医疗器械厂产品;FA1104电子天平:上海天平仪器厂产品;多功能粉碎机:天津市达康电器公司产品。

### 1.3 方法

**1.3.1 蔬菜纸的工艺流程** 工艺流程:原料→复水→漂洗→沥干→糖渗透→打浆→成型→干燥

工艺要点:复水,复水温度为 $(96 \pm 2)^\circ\text{C}$ ;漂洗,复水结束后,迅速在清水中漂洗掉残留的碱液和护色剂,并使其温度降低到 $30^\circ\text{C}$ 以下;沥干,漂洗后的菜心平铺在20目的筛网中沥水30 min;糖渗透,配置质量分数10%的蔗糖溶液,将沥干后的菜心按照固液质量体积比为 $1\text{ g}:5\text{ mL}$ 的比例在 $50^\circ\text{C}$ 下渗透1 h。打浆,渗透结束后称取70 g置于粉碎机中,加入90 mL水,打浆时间为5 min,打浆结束后加入质量分数1%可溶性淀粉并混合均匀;成型,将30 g左右浆料倒入9 cm培养皿中,缓慢转动使料浆分布均匀,料层厚度约为 $0.5\sim 1.0\text{ cm}$ ;干燥,干燥温度为 $70^\circ\text{C}$ ,干燥时间约为4 h,直至蔬菜纸有韧性上表面干燥,揭片。继续干燥约10 min,直到蔬菜纸表面干燥。

**1.3.2 复水时间对蔬菜纸颜色的影响** 分别测定复水3,5,7,9,11 min的蔬菜纸在 $37^\circ\text{C}$ 保存1 d和7 d后的VC质量分数以及色差值。

**1.3.3 碱性复水液对蔬菜纸颜色的影响** 调节复水液 $\text{pH}=7\sim 8$ ,分别测定碱性和非碱性条件下复水5 min的蔬菜纸在 $37^\circ\text{C}$ 保存1 d和7 d后的VC质量分数和色差值。

**1.3.4 护色剂的选择** 分别配置50,100,300,500,700 mg/L的 $\text{ZnCl}_2$ ,  $\text{ZnSO}_4$ 和 $\text{Zn}(\text{Ac})_2$ 乙酸锌溶液作为复水液,复水时间为5 min,分别测定在 $37^\circ\text{C}$ 保存1 d和7 d后蔬菜纸的VC质量分数和色差值。

**1.3.5 色差值的测定** 采用色差计测定蔬菜纸的

Hunter  $a^*$  值,其中 $a^*$ 代表红/绿,当 $a^*$ 值为负值时表示绿色。

**1.3.6 维生素C的测定** 蔬菜纸中VC的测定采用2,6-二氯酚方法<sup>[2]</sup>。实验结果按每100 g蔬菜纸中含VC的毫克数计。

## 2 结果与讨论

### 2.1 复水时间对蔬菜纸的影响

**2.1.1 复水时间对蔬菜纸色差值的影响** 叶绿素是热敏性物质,在高温作用下可以转化为橄榄褐色的脱镁叶绿素,然后再进一步形成焦脱镁叶绿素<sup>[3]</sup>,从而使果蔬制品失去绿色。图1为复水时间对蔬菜纸色差 $a^*$ 值的影响,由图1可以看出,在 $37^\circ\text{C}$ 下保存1 d时复水时间为3 min的蔬菜纸色差 $a^*$ 值为3.52,此时蔬菜纸明显变黄。随着复水时间的延长,色差值 $a^*$ 明显降低,当复水时间为9 min时色差 $a^*$ 值最低为-1.16,此时蔬菜纸较绿,接近新鲜菜心颜色。复水时间达到11 min时 $a^*$ 值升高到-0.56,绿色也开始减弱,说明此时叶绿素在热作用下降解已比较明显。在 $37^\circ\text{C}$ 下保存7 d后,蔬菜纸颜色变黄, $a^*$ 值升高。其中复水时间为9 min时,蔬菜纸颜色保存最好,依然为绿色。当复水时间进一步增加时,蔬菜纸颜色劣化明显, $a^*$ 值增加幅度较大,原因在于叶绿素在热作用下不稳定性增加。由实验结果可知,AD菜心的最佳复水时间在6~10 min之间。

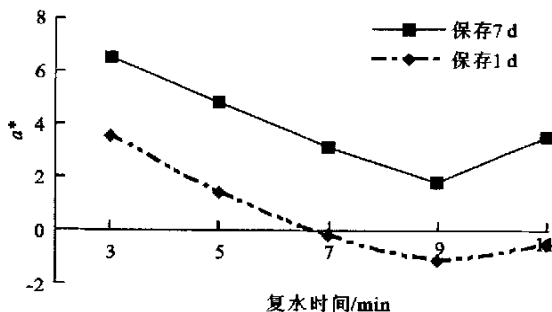


图1 复水时间对色差 $a^*$ 值的影响

Fig. 1 Effect of rehydration time on Hunter  $a^*$

### 2.1.2 复水时间对蔬菜纸中VC残存质量的影响

维生素C属于水溶性维生素,食品原料在水中浸泡时维生素C容易被浸出而损失,在随后的加工和贮藏过程中维生素C会由于高温、氧化而损失<sup>[3-4]</sup>。AD菜心中含有丰富的维生素C,每克AD菜心中约含有55 mg维生素C。由图2可以看出,随着复水时间的增加,蔬菜纸中维生素C的质量分数逐渐降低。每100 g复水3 min蔬菜纸的在 $37^\circ\text{C}$ 下保存1 d后维生素C残存量为117.6 mg,当复

水时间增加至 11 min 时,每 100 g 蔬菜纸的 VC 残存量为仅为 63.0 mg,是复水 3 min 时蔬菜纸每 100 g 为的 53.6%。在 37 ℃ 下保存 7 d 后,随着复水时间的延长维生素 C 损失增加,但当复水时间延长至 9~11 min 时,维生素 C 损失略显平缓,此时蔬菜纸中 VC 残存量极低,每 100 g 蔬菜纸中仅有 30~40 mg。由此可见,复水时间对蔬菜纸中的维生素 C 质量分数影响很大,要尽可能缩短复水时间。

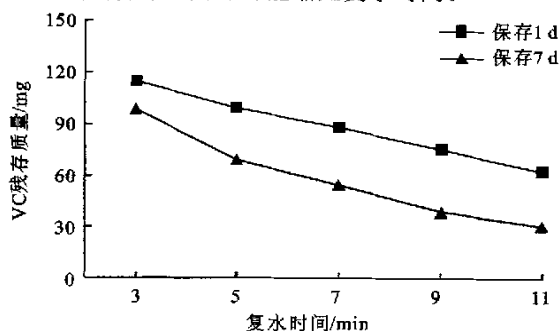


图2 复水时间对 VC 残存质量的影响

Fig. 2 Effect of rehydration time on the reduced Vitamin C

## 2.2 碱性复水液对蔬菜纸的影响

蔬菜组织中叶绿素的降解受组织 pH 值影响,在碱性介质中(pH 9.0)叶绿素对热非常稳定,而在酸性介质中(pH 3.0)它的稳定性欠佳<sup>[3]</sup>。因此,果蔬预处理时通常在碱液(pH 7.0~8.0)中漂烫以提高叶绿素的保存率。由图 3 可以看出 AD 菜心在偏碱性的复水液中复水 5 min 后,由其加工而成的蔬菜纸与在非碱性性复水液中同样处理加工的蔬菜纸相比, $a^*$  值较低,也就说明,在碱性条件下复水的蔬菜纸叶绿素保存率要高于中性条件下复水的蔬菜纸,色泽较绿。而维生素 C 在碱性条件下稳定性降低,维生素 C 损失较大。

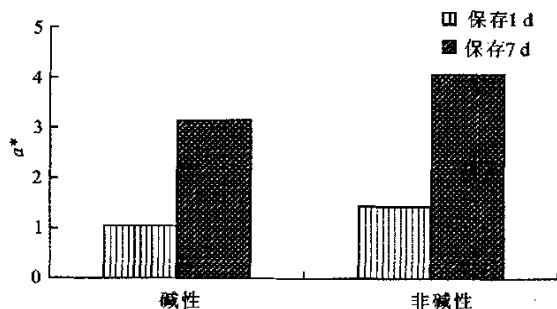


图3 碱性复水液对色差  $a^*$  值的影响

Fig. 3 Effect of alkaline water for rehydration on Hunter  $a^*$

由图 4 可以看出,在碱性复水液中处理后 AD 菜心经过高温处理及随后的加热干燥后,加工而成

的蔬菜纸中维生素 C 的质量分数较低,仅为中性条件下复水的蔬菜纸维生素 C 质量分数的 84.7%。经过在 37 ℃ 下保存 7 d 后发现,经过在碱性条件下复水处理的蔬菜纸颜色保持较好, $a^*$  值增加明显低于非碱性条件下处理的蔬菜纸,但其 VC 损失较为严重。

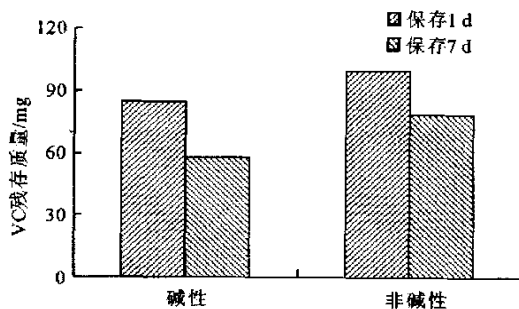


图4 碱性复水液对 VC 残存质量的影响

Fig. 4 Effect of alkaline water for rehydration on the reduced Vitamin C

## 2.3 护色剂的选用

**2.3.1 不同护色剂的护色效果** 无镁叶绿素衍生物的四吡咯核中的两个氧原子易被锌或铜取代,形成绿色的金属络合物,这种络合物的稳定性较高<sup>[3,5,7]</sup>。铜属于重金属,对人体有一定的危害性,因此在食品中受到严格的限制,在本实验中仅以不同浓度的锌离子溶液作为护绿液。图 5 为 3 种不同浓度的护色液对蔬菜纸的护色效果,由图 5 可知乙酸锌护色效果最好,当质量浓度达到 100 mg/L 时效果最佳,在 37 ℃ 下保存 1 d 时蔬菜纸的  $a^*$  值为 -4.05。随着乙酸锌质量浓度的增加色差  $a^*$  变化平缓但略有回升。硫酸锌在较低浓度时能很快表现出护色的效果,当浓度达到 50 mg/L 时护色效果已经比较明显。随着硫酸锌溶液浓度的增加, $a^*$  值虽略有降低但变化不大。硫酸锌的总体护色效果最差。氯化锌在较低浓度时护色效果并不明显。当氯化锌质量浓度增加到 50 mg/L 时蔬菜纸的  $a^*$  值以达到 -1.45,与硫酸锌的护色结果很接近。随着氯化锌质量浓度的进一步增加,蔬菜纸的  $a^*$  值继续下降,当氯化锌质量浓度达到 100 mg/L 时蔬菜纸的  $a^*$  值为 -3.02。随后,氯化锌的护色效果比较平稳没有太大变化。在 37 ℃ 下保存 7 d 后,分别经 3 种护色剂处理过的蔬菜纸颜色变化与保存 1 d 时基本一致,其中硫酸锌的护色效果最差,蔬菜纸明显变黄。乙酸锌效果较好,在低浓度时护色效果不佳,质量浓度达到 100 mg/L 以上时,护色效果比较明显。

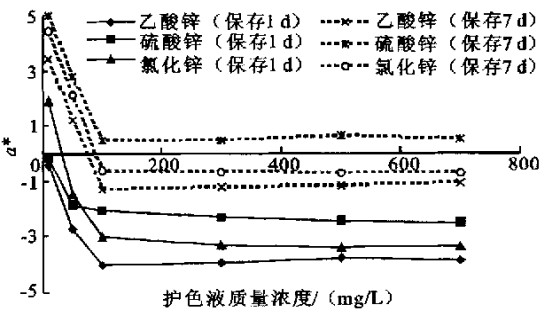


图 5 不同护色液的护色效果

Fig. 5 Effect of different agents on  $a^*$

综合考虑以下这 3 种护色方式。各因素水平见表 1,正交实验结果见表 2,因素与水平分析见图 8。

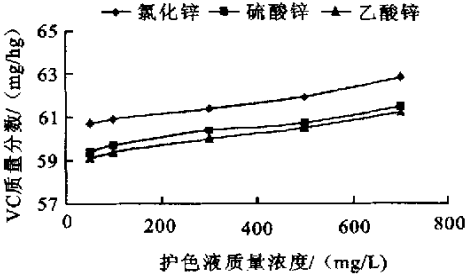


图 7 不同护色剂对蔬菜纸维生素 C 残存量的影响(保存 7 d)

Fig. 7 Effect of different agents on the reduced Vitamin C (keep 7 days)

表 1 正交试验因素水平表  $L_9(3^4)^{[6]}$   
Tab. 1 The table of fctor and level in  $L_9(3^4)$  orthogonal experiment

| 水平 | 因素                      |                                           |                    |
|----|-------------------------|-------------------------------------------|--------------------|
|    | 护色液<br>质量浓度<br>A/(mg/L) | 护色<br>方式<br>B                             | 复水<br>时间 C/<br>min |
| 1  | 300                     | 在加有护色剂的复水液中<br>复水                         | 7                  |
| 2  | 100                     | 复水后在护色液中冷浸 5<br>min                       | 8                  |
| 3  | 200                     | 在 pH=7.5~8 的复水液<br>中复水后置于护色液中冷<br>浸 5 min | 6                  |

表 2 正交实验结果的极差分析<sup>[6]</sup>  
Tab. 2 Extreme value analysis of orthogonal experiment

| 试验号   | A    | B    | C    | $\alpha^*$ |
|-------|------|------|------|------------|
| 1     | 1    | 1    | 1    | 7.23       |
| 2     | 2    | 2    | 2    | 8.81       |
| 3     | 3    | 3    | 3    | 6.42       |
| 4     | 1    | 2    | 3    | 6.01       |
| 5     | 2    | 3    | 1    | 4.10       |
| 6     | 3    | 1    | 2    | 3.84       |
| 7     | 1    | 3    | 2    | 1.39       |
| 8     | 2    | 1    | 3    | 1.61       |
| 9     | 3    | 2    | 1    | 1.90       |
| $k_1$ | 4.88 | 4.23 | 4.41 |            |
| $k_2$ | 4.84 | 5.57 | 4.68 |            |
| $k_3$ | 4.05 | 3.97 | 4.68 |            |
| r     | 0.83 | 1.60 | 0.27 |            |

2.3.2 不同护色剂对蔬菜纸 VC 质量分数的影响

护色剂对蔬菜纸维生素 C 影响不大,图 6 和图 7 为不同护色剂对在 37℃下保存 1 d 和 7 d 时蔬菜纸 VC 质量分数的影响。由图 6 和图 7 可以看出,分别由 3 种护色剂处理后的蔬菜纸每 100 g 中 VC 质量分数相差在 0.80%~1.19%之间。由 5 种不同质量浓度的硫酸锌处理后的蔬菜纸 VC 质量分数差别最大为 2.20%,而乙酸锌处理后的蔬菜纸 VC 质量分数相差最小仅为 1.51%,其原因有待进一步探讨。由两图对比发现,氯化锌对蔬菜纸 VC 影响稍好于硫酸锌和乙酸锌,经其处理后的蔬菜纸,VC 质量分数比经其他两种护色剂处理过的蔬菜纸高约 2.20%,差别不明显。

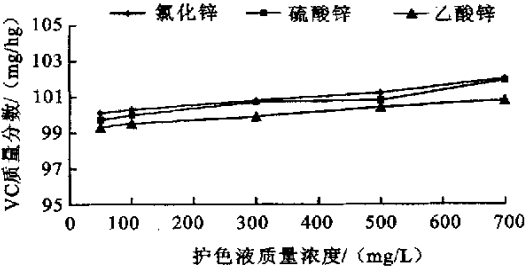


图 6 不同护色剂对蔬菜纸维生素 C 质量分数的影响(保存 1 d)

Fig. 6 Effect of different agents on the reduced Vitamin C(keep 1 day)

2.4 护色工艺

由以上各单因素实验结果可知,在 3 种护色剂中,乙酸锌溶液的护色效果最佳,选定乙酸锌质量浓度为正交实验因素之一。复水时间在 9 min 时蔬菜纸色泽最好,但时间越长,维生素 C 和叶绿素损失的越多,因此选择复水 6~8 min,配合其他护色方法,使护色工艺得到进一步优化。护色剂的加入方式有两种,即直接加入到复水液中和加入到复水后的冷浸液中。同时,AD 菜心在偏碱性溶液中复水后也能获得较好的护色效果,因此在正交实验中

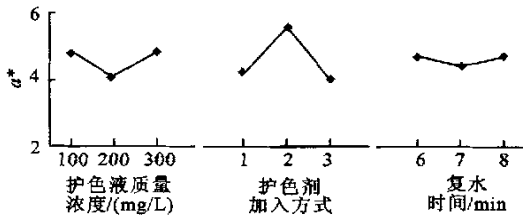


图8 因素与水平分析图

Fig. 8 Relation between effecting factors

极差分析表明,各因素对蔬菜纸色差 $a^*$ 值的影响程度的主次顺序为

主—————>次  
B A C

即护色剂的加入方式对蔬菜纸的护色效果影响最大,其次分别是护色液的浓度和复水时间。综合以上试验结果,以AD菜心为原料的蔬菜纸最佳

护色工艺为 $A_3B_3C_1$ ,即AD菜心在 $pH=7.5\sim 8$ 的复水液中复水7 min后置于200 mg/L乙酸锌溶液中冷浸5 min。

### 3 结 语

1) AD菜心复水时间为6~10 min时色泽较佳,蔬菜纸的VC残存质量随着复水时间的增加而降低。

2) AD菜心在 $pH=7\sim 8$ 复水液中复水时蔬菜纸色泽较好,但蔬菜纸的VC损失较高。

3) 乙酸锌溶液对蔬菜纸的护色效果最好,对蔬菜纸的VC质量分数影响不大。

4) 蔬菜纸最佳护色工艺 AD菜心在 $pH=7.5\sim 8.0$ 的复水液中复水7 min后置于200 mg/L乙酸锌溶液中冷浸5 min。

### 参考文献(References):

- [1] 李莉,廖洪波,李景辉,等.蔬菜纸的研究进展[J].粮食与食品工业,2003(4):22-24.  
LI Li, LIAO Hong-bo, LI Jing-hui. Advances in research of vegetable paper[J]. *Cereal and Food Industry*, 2003(4): 22-24. (in Chinese)
- [2] 黄晓钰,刘邻渭.食品化学综合实验[M].北京:中国农业大学出版社,2001.
- [3] 刘邻渭.食品化学[M].北京:中国农业大学出版社,2000.
- [4] Emilia Leskova. Vitamin losses: Retention during heat treatment and continual changes expressed by mathematical models [J]. *Journal of Food Composition and Analysis*, 2006, 19: 252-276.
- [5] 张慇,丁肖霖.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.  
ZHANG Min, DING Xiao lin. Effect of pretreatments on the pigments of several dehydrated vegetables[J]. *Journal of Wuxi University of Light Industry*, 1996, 15(3): 205-208. (in Chinese)
- [6] 吴有炜.实验设计与数据处理[M].苏州:苏州大学出版社,2002.
- [7] Chettri M K, Cook C M. The effect of Cu, Zn and Pb on the chlorophyll content of the lichens *Cladonia concolorata* and *Cladonia rangiformis*[J]. *Environmental and Experimental Botany*, 1998, 39: 1-10.

(责任编辑:朱明)