

文章编号:1673-1689(2009)02-0182-06

## 脱水海芦笋的护色工艺研究

竹文礼<sup>1</sup>, 张懋<sup>\*1</sup>, 周祥<sup>2</sup>, 蔡金龙<sup>2</sup>

(1. 江南大学食品学院, 江苏无锡 214122; 2. 江苏晶隆海洋产业发展有限公司, 江苏大丰 224145)

**摘要:**研究了不同  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  质量分数、浸泡时间、过氧化酶相对酶活、热烫时间、含盐量对脱水海芦笋护色效果的影响, 通过单因素和正交实验, 对脱水海芦笋的护色工艺进行了研究。结果表明: 海芦笋在质量分数为 1% 的  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  溶液中按料液质量体积比 1 g : 8 mL 浸泡 15 min 取出后, 在 95~100 °C 沸水浴中热烫 7 min, 此工艺的护色效果最佳。

**关键词:** 海芦笋; 护色; 色泽

**中图分类号:** TS 255.5

**文献标识码:** A

### The Study On Natural Color Preservation Technology of Dehydrated *Salicornia bigelovii* Torr

ZHU Wen-li<sup>1</sup>, ZHANG Min<sup>\*1</sup>, ZHOU Xiang<sup>2</sup>, CAI Jin-long<sup>2</sup>

(1. School of Food Science and Technology, Jiangnan University, Wuxi 214122, China; 2. Jiangsu Jinglong Marine Industry Development Co. Ltd, Dafeng 224145, China)

**Abstract:** The paper studies the natural color preservation technology of dehydrated *Salicornia bigelovii* Torr by using single factor and orthogonal experiment. The effect of solution of sodium carbonate, the ratio of solid to liquid, immersing time, the activity of peroxidase, blanching time, and salt content on color of *Salicornia bigelovii* Torr were carefully investigated. The result showed that solution of 1% sodium carbonate (the ratio of solid to liquid = 1 : 8 for 15min) at 95 ~ 100 °C for 7 min. The results present have demonstrated that the natural colour preservation technology is a potential technology for dehydrated *Salicornia bigelovii* Torr.

**Key words:** *Salicornia bigelovii* Torr, color preservation, color

海芦笋为藜科海蓬子属植物, 在盐生植物分类中, 属于茎肉质化真盐生植物。它不仅口味独特, 而且营养丰富。经检验, 除含有陆地上普通蔬菜所含的各类营养成分外, 海芦笋的粗蛋白质、维生素 B<sub>2</sub>、维生素 C, 胡萝卜素含量比普通蔬菜高。其中,

胡萝卜素含量高出 40 倍, 矿物元素锌、锰、碘、钠等高出 2—6 倍, 此外, 还含有一定保健作用的生物盐<sup>[1]</sup>。

海芦笋还具有很好的保健功效, 如脂肪含量低, 含碱成分高, 可促进人体内的酸碱平衡, 对高血

收稿日期: 2007-12-24

基金项目: 国家自然科学基金项目(20776062); 江苏省科技成果转化专项资金项目(BA2006058)。

\* 通讯作者: 张懋(1962-), 男, 浙江平湖人, 工学博士, 教授, 博士生导师, 主要从事农副产品加工与贮藏的研究。

Email: min@jiangnan.edu.cn

压、高血脂、高胆固醇具有明显的调节作用,还可提高人体免疫力及预防帕金森综合症的特殊功效<sup>[2-3]</sup>。海芦笋的保质期较短,如将其加工成干燥制品,可增加其保藏期,同时提高附加值,有很好的市场前景。

目前国内外对海水蔬菜的利用主要是作为时鲜蔬菜等,利用干燥技术加工成干燥制品还属空白。作者主要研究了前处理对海芦笋色泽的影响,选择最佳的护色工艺,为脱水海芦笋的生产提供参考。

## 1 材料与方 法

### 1.1 材 料

海芦笋:江苏晶隆海洋产业发展有限公司产品;丙酮、磷酸氢二钠、磷酸二氢钠、邻苯二胺、氯化锌、过氧化氢、亚铁氰化钾、乙酸锌、冰乙酸、硝酸银、乙醇、铬酸钾、 $H_2O_2$ 、 $Na_2CO_3$ :均为分析纯试剂。

### 1.2 仪 器 与 设 备

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;721 型分光光度计:上海第三分析仪器厂产品;CR-400 色彩色差计:日本 DNICA MINOLT 公司产品。

### 1.3 实 验 方 法

1.3.1 工 艺 流 程 挑选→修整→ $Na_2CO_3$  碱液浸泡→漂烫→冷却→糊精混合液浸泡→真空渗透处理→热风干燥→回软→包装

1.3.2 操 作 要 点 1)挑选:无腐败褐变,形状良好,较嫩的海芦笋;2)修整:去除基部过老纤维化的部分;将长的或分枝多的海芦笋按节点分成小段(3~5 cm),切面平整;3)清洗:清洗时采用喷淋水或自来水流动洗涤,去除表面灰尘和少量泥沙;4) $Na_2CO_3$  碱液浸泡:将清洗干净的海芦笋放入一定质量分数的  $Na_2CO_3$  碱液浸泡,料液质量体积比为 1 g : 8 mL,数分钟后捞出用流动水洗去表面残留的碱液;5)漂烫:将浸泡后的海芦笋放入沸水中,漂烫时轻轻搅拌,漂烫数分钟后捞出用流动水迅速冷却;6)糊精混合液浸泡:将漂烫后的海芦笋浸入以配好的麦芽糊精混合液中,数分钟后捞出;7)真空渗透:将上述处理好的海芦笋放入装有自来水的广口瓶(料液质量体积比为 1 g : 15 mL),并与真空泵相连,接通后抽真空进行真空渗透处理,工作压力为 0.09 MPa,4 h 后取出后沥干至表面无滴水。8)热风干燥:将沥干后的海芦笋排列整齐放入托盘中,并置于 70 ℃ 烘箱中 2.0~2.5 h,至含水量 7% 以下;9)回软:将干燥后稍微冷却的海芦笋放入密闭

干燥箱内 12~24 h,待质地略软后再进行包装。

### 1.4 测 定 方 法

水分测定:常压烘箱干燥法<sup>[4]</sup>;维生素 C 测定:2,6-二氯酚酚滴定法<sup>[4]</sup>;总叶绿素:分光光度计法<sup>[4]</sup>;过氧化物酶活力的测定:邻苯二胺-乙醇法<sup>[5]</sup>;NaCl 含量的测定 GB/T12457-90《肉与肉制品中氯化钠的测定》中铬酸钾指示剂法;色差测定:色差仪测定样品表面的色差;复水后感观评分:将脱水海芦笋在 10 倍量的 80℃ 清水中浸泡 5 min,观察其色泽、组织状态和口味的变化情况(5分:好;4分:较好;3分:一般;2分:较差;1分:差)。

## 2 结 果 与 讨 论

### 2.1 护 色 方 式 的 确 定

叶绿素是绿色蔬菜呈色的主要物质,但其化学性质极不稳定。文献报道常用的护绿方法有碱液处理;中和蔬菜中的有机酸及使叶绿素皂化为更稳定的叶绿素碱盐。一般用  $NaHCO_3$  或  $Na_2CO_3$  碱性溶液处理;金属离子取代镁:在蔬菜加工中,如采用  $Zn^{2+}$ 、 $Cu^{2+}$ 、 $Fe^{2+}$ 、 $Ca^{2+}$  等取代  $Mg^{2+}$ ,从而形成稳定的叶绿素锌、铜、铁等的化合物,可使绿色更稳定<sup>[6-9]</sup>。

由表 1 可知,方法的护色处理最佳,复水后颜色和形状跟鲜样最接近。方法 3 和 4 选择在护色液中漂烫 5 min,护绿效果欠佳。可能是由于在护色液热烫时间过长,使护色液过量的进入海芦笋内部,破坏了其叶绿体内部的平衡,使其无法保持理想的颜色。此外,海芦笋内部的  $Na^+$  离子也是一种很好的护色剂,在加工过程中能起到一定的护色作用,因此可以考虑用简单的试剂,且操作方便,成本较低,能应用到实际的工业生产中的护色方法。综合上述因素,作者选用的护色方式为一定质量分数的  $Na_2CO_3$  溶液浸泡数分钟,清水漂烫。

### 2.2 碱液浸泡单因素试验

2.2.1 不同质量分数的  $Na_2CO_3$  溶液对脱水海芦笋色泽的影响 图 1 显示的是在质量分数为 0~1.4% 的  $Na_2CO_3$  溶液浸泡处理 15 min,料液质量体积比为 1 g : 8 mL,沸水漂烫 4 min 测得的脱水海芦笋的总叶绿素含量。随着  $Na_2CO_3$  溶液质量分数的增大,海芦笋脱水产品的总叶绿素含量也随之增加。当溶液质量分数为 1% 时,叶绿素含量较高,为 2.78 mg/g;低于或高于 1% 时,叶绿素含量略有下降。由此表明,只有当  $Na_2CO_3$  溶液达到一定质量分数时才能起到护色作用,过多或过少都会影响脱水产品的总叶绿素含量。

表1 不同的护色处理后脱水干样和复水后感观的比较

Tab.1 Comparison of appearance between dehydration and rehydration

漂烫方式	干样的色泽	80℃复水5 min后的感官指标
1. 质量分数0.8%Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> 溶液浸泡10 min,清水热烫5 min	墨绿色色泽较亮	鲜绿色,色泽亮,形状保持好,与鲜样较接近
2. 清水热烫5 min,质量分数0.8%Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> 溶液浸泡10 min	暗墨绿色,色泽较暗	呈墨绿色,色泽较暗,颜色不均一,形状较好
3. 质量分数0.8%Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> 溶液热烫5 min	黑绿色,色泽暗	黑墨绿色,色泽发暗
4. 质量分数0.8%Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> 溶液浸泡10 min,质量分数0.04%的ZnCl <sub>2</sub> 溶液热烫5 min	绿色,色泽局部发黄	呈浅绿色或黄绿色,局部发黄

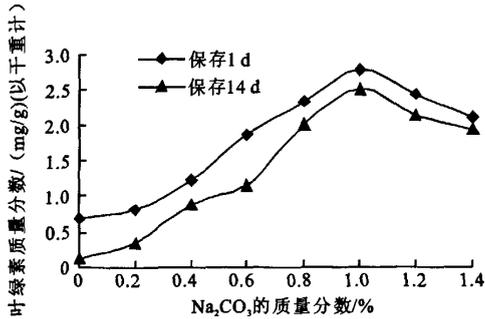


图1 不同质量分数Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>溶液对脱水海芦笋叶绿素质量分数的影响

Fig.1 The effect of solution of sodium carbonate on chlorophyll content of dehydrated *Salicornia bigelovii* Torr

色差值和叶绿素含量都能反映脱水海芦笋的色泽,但色差值更直观。由表2可知,在37℃下保存1 d和14 d,随着Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>溶液质量分数的增大,a和b值都变小,表明产品的色泽逐渐表现为绿色且逐步加深。在37℃下保存14 d后,不同质量分数的Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>溶液处理的样品色差值a和b都有所上升。当质量分数<0.6%时,脱水产品变黄比较严重,而且色泽较浅,其原因可能是低质量分数的Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>溶液处理不能完全将海芦笋的叶绿素皂化为叶绿素碱盐,且随着贮藏时间的延长,这一部分叶绿素在光和温度的作用下逐渐分解,表现为色泽变黄变淡。由实验结果可知,脱水海芦笋最佳的Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>质量分数为0.8%~1.2%。

2.2.2 不同浸泡时间对脱水海芦笋色泽的影响

由图2可知,海芦笋在质量分数1%Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>溶液,料液质量体积比1 g : 8 mL中浸泡,沸水漂烫4 min,浸泡时间与叶绿素的含量有密切的关系。随着浸泡时间的增加,叶绿素含量先增加后逐渐下降。当处理时间为10~15 min时,叶绿素含量达到最大。其原因主要是海芦笋表面的蜡层较厚,时间太短,不至于破坏蜡层且中和酸的效果不理想;时

间过长,在叶绿素酶的作用下,水解脱去疏水性醇侧链后,亲水性增加,造成叶绿素损失增大。在37℃下保存14 d,叶绿素含量都有所下降。

表2 不同质量分数Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>溶液对脱水海芦笋色差值的影响

Tab.2 The effect of solution of sodium carbonate on color of dehydrated *Salicornia bigelovii* Torr

Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> 质量分数/%	保存1 d			保存14 d		
	a	b	L	a	b	L
0	-0.14	7.58	35.44	-0.01	9.88	40.32
0.2	-0.77	5.74	33.01	-0.19	8.73	37.25
0.4	-0.89	3.49	33.15	-0.32	3.32	37.51
0.6	-1.16	2.88	33.95	-0.97	3.41	34.8
0.8	-1.23	2.87	34.12	-1.12	2.97	34.2
1	-1.26	2.28	35.04	-1.20	2.54	36.83
1.2	-1.21	2.45	35.01	-1.18	2.68	36.12
1.4	-1.20	2.4	34.15	-1.18	2.74	35.89

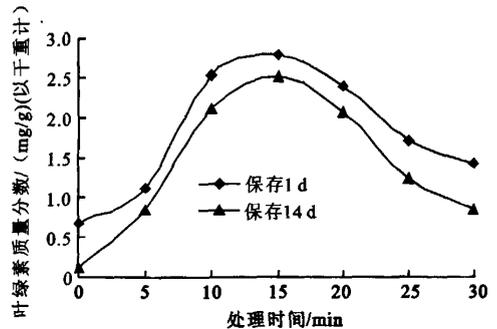


图2 不同浸泡时间对脱水海芦笋叶绿素质量分数的影响

Fig.2 The effect of immersing time on chlorophyll content of dehydrated *Salicornia bigelovii* Torr

由表3可知,浸泡时间对脱水海芦笋色差值的影响与其对总叶绿素含量的影响是趋于一致的,即随着处理时间的增加,色差值先变小后逐步变大。

在处理时间为 15 min 时, *a* 和 *b* 都达到最小值, 此时脱水产品色泽最好。在 37 °C 下保存 14 d, 由于外界环境的影响, 色差值都有所上升, 色泽发生了变化。处理时间为 0 min 和 5 min 的脱水产品色泽发黄较严重, 产品感观已不能被消费者接受。当处理时间大于 10 min 时, 色泽劣变较缓慢, 脱水产品感观未受明显的影响。

表 3 不同浸泡时间对脱水海芦笋色差值的影响

Tab.3 The effect of immersing time on color of dehydrated *Salicornia bigelovii* Torr

处理 时间/min	保存 1 d			保存 14 d		
	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>L</i>	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>L</i>
0	-0.14	7.58	35.44	-0.01	9.88	40.32
5	-0.71	5.15	39.87	-0.25	7.54	40.52
10	-1.14	2.28	37.02	-1.16	3.48	37.53
15	-1.29	2.28	35.04	-1.20	2.54	36.83
20	-1.18	2.41	36.24	-1.01	2.67	37.11
25	-1.16	2.48	36.11	-0.44	3.08	37.14

2.3 热烫工艺对脱水海芦笋的影响

2.3.1 过氧化酶相对酶活对脱水海芦笋色泽的影响 酶性或非酶性褐变反应是促进脱水制品褐变的原因<sup>[10]</sup>。植物组织受损伤后, 组织内氧化酶活动能将多酚或其他如鞣酸、部分氨基酸等物质氧化成色素, 这会给脱水制品品质带来不良后果。因此, 在脱水前需进行酶钝化处理, 作者采用 95~100 °C 的热烫处理, 研究了在一定时间内得到的不同过氧化酶相对酶活对脱水海芦笋叶绿素含量的影响, 见图 3。

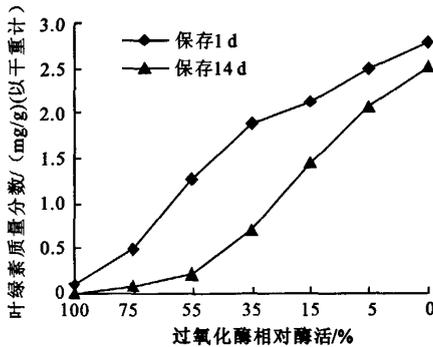


图 3 过氧化酶相对酶活对脱水海芦笋叶绿素质量分数的影响

Fig.3 The effect of the activity of peroxidase on chlorophyll content of dehydrated *Salicornia bigelovii* Torr

由图可知, 过氧化酶活性越高, 脱水产品的叶绿素含量越低, 且在后期的保藏中叶绿素的降解越

快。当相对酶活小于 5% 时, 叶绿素含量达到最高, 且保存 14 d 后, 损失率最少。由实验可知, 热烫时间为 2 min 时, 过氧化酶相对酶活已小于 5%。

表 4 是过氧化酶相对酶活对脱水海芦笋色差值的影响。当相对酶活较高时, *a* 和 *b* 值较大, 经 14 d 保存后, *a* 和 *b* 值都有较大幅度的上升, 色泽变化大。这是由于残留的酶活在外界的影响下, 能将酚类物质氧化形成自由基, 促进脂膜氧化, 破坏叶绿素稳定, 从而引起叶绿素的降解。

表 4 过氧化酶相对酶活对脱水海芦笋色差值的影响

Tab.4 The effect of the activity of peroxidase on color of dehydrated *Salicornia bigelovii* Torr

过氧化酶 相对酶活/%	保存 1 d			保存 14 d		
	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>L</i>	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>L</i>
100	0.98	8.47	40.12	3.87	9.21	45.76
>75	0.24	7.08	39.34	1.36	9.01	42.01
>55	-0.01	6.79	39.81	1.19	8.47	37.89
>35	-0.07	4.44	36.59	0.13	6.89	36.14
>15	-0.82	3.01	35.17	-0.04	3.74	36.88
>5	-1.18	2.46	34.15	-0.65	2.97	37.11
5 以下	-1.37	2.01	36.04	-1.31	2.35	36.79

2.3.2 热烫时间对脱水海芦笋色泽的影响 热烫时间对脱水蔬菜的叶绿素保存有一定的影响。由图 4 可知, 当热烫时间为 4 min 时, 脱水海芦笋的叶绿素含量最大, 叶绿素保存的最好。但是随着处理时间的延长, 叶绿素含量开始缓慢的下降。在 37 °C 下保存 14 d 后, 叶绿素发生降解, 含量减少。当热烫时间大于 8 min 时, 在产品的后期贮藏中叶绿素含量下降速度较快, 可能是热烫时间过长对原料叶绿体的破坏较严重, 影响了产品贮藏过程中的营养成分。

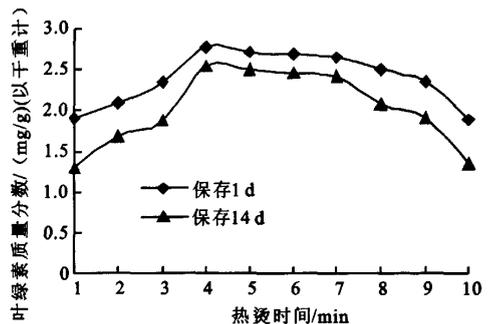


图 4 不同热烫时间对脱水海芦笋叶绿素质量分数的影响

Fig.4 The effect of blanching time on chlorophyll content of dehydrated *Salicornia bigelovii* Torr

表5为不同热烫时间对脱水海芦笋色差值的影响。未经漂烫的产品 $a$ 和 $b$ 都较大,呈黄绿色,随着漂烫时间的进一步延长,色差值逐渐变小;当热烫时间在4~8 min时,脱水海芦笋的色差值 $a$ 和 $b$ 都最小,此时绿色最深,产品呈深绿色;当漂烫时间大于8 min后,色差值缓慢变大。保存14 d后,色差值都有不同程度的变大,表明绿色略有褪去,但在漂烫时间为4~8 min条件下处理的产品,经后期贮藏后感观上未受明显影响。

表5 不同热烫时间对脱水海芦笋色差值的影响

Tab.5 The effect of blanching time on color of dehydrated *Salicornia bigelovii* Torr

热烫时间/ min	保存1 d			保存14 d		
	$a$	$b$	$L$	$a$	$b$	$L$
1	-0.74	2.87	39.41	-0.01	6.74	44.54
2	-0.11	2.76	36.74	-0.08	4.59	40.32
4	-1.32	2.16	34.05	-1.27	2.37	37.51
6	-1.28	2.29	35.12	-1.22	2.42	36.32
8	-1.25	2.48	35.23	-1.20	2.54	36.11
10	-0.61	2.74	36.01	1.77	3.95	39.32

#### 2.4 不同含盐量对脱水海芦笋色泽的影响

殷亚峰等<sup>[11]</sup>报道了含 $Zn^{2+}$ 、 $Cu^{2+}$ 的护绿液对腌渍芹菜护绿效果,5%、12%、20%3种盐质量分数的护绿效果相差不大,但盐离子对叶绿素如何作用未见报道。由表6可知,含盐量对脱水海芦笋叶绿素含量几乎没有影响。保存14 d后,脱水产品的叶绿素含量较接近。其原因可能是脱盐处理中除了漂烫会造成叶绿素的损失,真空渗透几乎不会引起植物细胞结构包括叶绿体的损伤,其处理较温和、细胞破坏小、营养成分损失少,因此,叶绿素的保存较好。此外,含盐量对脱水海芦笋色差值几乎没有影响。

表6 不同含盐量对脱水海芦笋叶绿素质量分数的影响

Tab.6 The effect of different salt content on chlorophyll content of dehydrated *Salicornia bigelovii* Torr

不同的脱盐条件	盐质量 分数(以 鲜样质量 计)/%	叶绿素质量分数/ (mg/g)(以干重计)	
		保存 1 d	保存 14 d
漂烫7 min,热风干燥	2.89	2.69	2.44
漂烫7 min,后真空渗透2 h,热风干燥	1.89	2.66	2.42
漂烫7 min,后真空渗透4 h,热风干燥	1.21	2.65	2.41

万方数据

漂烫7 min,后真空渗透6 h,热风干燥	0.86	2.63	2.38
-----------------------	------	------	------

#### 2.5 护色工艺的确定

在单因素实验中,发现 $Na_2CO_3$ 质量分数、 $Na_2CO_3$ 处理时间、热烫时间对脱水海芦笋的总叶绿素含量影响较大。因此,选择正交实验设计 $L_9(3^3)$ ,考察了 $Na_2CO_3$ 质量分数、 $Na_2CO_3$ 处理时间、热烫时间3个因素对脱水海芦笋复水后感官的影响,实验结果见表7。由表可知,因素的主次顺序为: $Na_2CO_3$ 质量分数 $>$  $Na_2CO_3$ 处理时间 $>$ 热烫时间,最佳护色条件为 $A_2B_2C_2$ ,即各因素的最佳水平为 $Na_2CO_3$ 质量分数1.0%, $Na_2CO_3$ 处理时间为15 min,热烫时间为7 min。在此条件下的制备的脱水海芦笋呈墨绿色,色泽较亮,复水后呈鲜绿色,形状饱满,与鲜样较接近。

表7  $L_9(3^3)$ 正交设计与实验结果

Tab.7 The design and results of the  $L_9(3^3)$  orthogonal experiment

序号	$Na_2CO_3$	$Na_2CO_3$	热烫	复水后
	质量分数 A/%	处理时间 B/min	时间 C/min	感官 评分
1	1(0.8)	1(10)	1(6)	4.3
2	2(1.0)	2(15)	2(7)	4.8
3	3(1.2)	3(20)	3(8)	4.5
4	1	2	3	3.8
5	2	3	1	4.2
6	3	1	2	4.0
7	1	3	2	4.3
8	2	1	3	4.5
9	3	2	1	4.6
$k_1$	12.4	12.8	13.1	
$k_2$	13.5	13.2	13.1	
$K_3$	13.1	13.0	12.8	
R	1.1	0.4	0.3	

### 3 结 语

1)脱水海芦笋护色工艺为质量分数1%的 $Na_2CO_3$ 碱液中按料液质量体积比1 g:8 mL浸泡15 min取出后,在95~100℃沸水浴中热烫7 min。

2)过氧化酶相对酶活小于5%时,脱水海芦笋色泽最好,且在后期的保存中色泽变化最小。

3)含盐量对脱水海芦笋的叶绿素保藏几乎没有影响。

## 参考文献(References):

- [1] 吴雅静. 海蓬子及其利用价值与开发前景[J]. 养殖与饲料, 2005, (8): 16-18.  
WU Ya-jing. The value and exploitation of *Salicornia bigelovii* Torr [J]. **Animals Breeding and Feed**, 2005, (8): 16-18. (in Chinese)
- [2] 吴国泉, 黄凤鸣. 盐生海芦笋的生物特性与栽培技术[J]. 浙江农业科学, 2005, (6): 446-447.  
WU Guo-quan, HUANG Feng-ming. The study on biological character and cultivation technique of *Salicornia bigelovii* Torr [J]. **Journal of Zhejiang Agricultural Sciences**, 2005, (6): 446-447. (in Chinese)
- [3] Kraidees M S, Abouheif M A, Al-Saiady M Y, et al. The effect of dietary inclusion of halophyte *Salicornia bigelovii* Torr on growth performance and carcass characteristics of lambs Animal[J]. **Feed Science and Technology**, 1998, 76: 149-159.
- [4] 黄伟坤. 食品检验与分析[M]. 北京: 中国轻工业出版社, 1989.
- [5] 王璋. 食品酶学[M]. 北京: 中国轻工业出版社, 1989.
- [6] 周小理, 杨晓波. 不同工艺条件对菠菜汁叶绿素含量的影响[J]. 食品科学, 2003, (6): 93-96.  
ZHOU Xiao-li, YANG Xiao-bo. Influences of processing technologies on chlorophyll content of spinach[J]. **Food Science**, 2003, (6): 93-96. (in Chinese)
- [7] 张懋, 陈德慰. 绿色蔬菜加工中叶绿素金属离子络合物德研究进展[J]. 无锡轻工大学学报, 2001, 20(4): 440-444.  
ZHANG Min, CHEN De-wei. The study progress of metallo-chlorophyll complexes in the processed green vegetables[J]. **Journal of Wuxi University of Light Industry**, 2001, 20(4): 440-444. (in Chinese)
- [8] 张懋, 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.  
ZHANG Min, DING Xiao-lin. The impact of conservative pigments on dehydrated vegetable[J]. **Journal of Wuxi University of Light Industry**, 1996, 15(3): 205-208. (in Chinese)
- [9] 张爱军, 沈继红. 海蓬子叶绿素成分的分析测定[J]. 中国食品添加剂, 2006, 159-161.  
ZHANG Ai-jun, SHEN Ji-hong. Analysis and determination of chlorophyll components in *salicornia bigelovii* Torr [J]. **China Food Additives**, 2006, 159-161. (in Chinese)
- [10] 周运华, 张懋. 蒲菜热烫的工艺条件[J]. 无锡轻工大学学报(食品与生物技术), 2004, 23(6): 90-95.  
ZHOU Yun-hua, ZHANG Min. The study of heat-treatment condition of *typha latifolia* L [J]. **Journal of Wuxi University of Light Industry (Food Science and Biotechnology)**, 2004, 23(6): 90-95.
- [11] 殷亚峰, 丁玉庭, 吴赛花. 绿色蔬菜的护色腌制保藏技术[J]. 食品工业科技, 2005, 5(26): 63-66.  
YIN Ya-feng, DING Yu-ting, WU Sai-hua. Study on preserving and curing preservation of green vegetables[J]. **Science and Technology of Food Industry**, 2005, 5(26): 63-66. (in Chinese)

(责任编辑: 朱明)