

# 包装形式和贮藏条件对柠檬冻干片在贮藏过程中色泽变化的影响

邓其海<sup>1</sup>, 侯小桢<sup>2</sup>, 丁心<sup>1</sup>, 秦轶<sup>1</sup>, 章斌<sup>2</sup>

(1. 广东中兴绿丰发展有限公司, 广东河源 517000; 2. 韩山师范学院生命科学与食品科技学院, 广东潮州 521041)

**摘要** [目的] 寻求适用于柠檬冻干片的包装材质及其合适的贮藏条件。[方法] 以真空冷冻干燥方法加工出的柠檬干片为试材, 探讨不同包装形式和不同贮藏条件对柠檬冻干片色泽变化的影响。[结果] 贮藏温度、氧气和光照均会令柠檬冻干片产生不同程度的褐变, 且贮藏温度对柠檬冻干片的色泽变化影响最大, 其次是氧气, 再次是光照强度。[结论] 选择避光、脱氧包装并于低温条件贮藏更利于柠檬冻干片的色泽保持。

**关键词** 柠檬冻干片; 真空冷冻干燥; 包装形式; 贮藏条件

**中图分类号** S609+.3 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2016)33-0077-03

## Effect of Package Forms and Storage Conditions on Color Change of Freeze-drying Lemon Slices during Storage

DENG Qi-hai<sup>1</sup>, HOU Xiao-zhen<sup>2</sup>, DING Xin<sup>1</sup> et al (1. Guangdong Zhongxing Lv Feng Development Co. Ltd., Heyuan, Guangdong 517000; 2. College of Life Science and Food Technology, Hanshan Normal University, Chaozhou, Guangdong 521041)

**Abstract** [Objective] The aim was to obtain appropriate packaging materials for lemon freeze-drying slices and optimal storage conditions. [Method] Taking lemon and green tea as material, effects of different packaging forms and different storage temperature on the color change of freeze-drying lemon slice was explored. [Result] Storage temperature, oxygen and light can cause browning of freeze-drying lemon slices at different levels, and storage temperature has greatest effect on the color changes, followed by oxygen and light intensity came last. [Conclusion] Selecting light-avoiding and de-oxygen package material as well as low temperature storage condition is more conducive to maintain the color of freeze-drying lemon slices.

**Key words** Lemon freeze-drying slices; Vacuum freeze drying; Packaging methods; Storage conditions

褐变是食品中普遍存在的一种变色现象, 多数情况下, 果蔬及其加工制品的色泽变化直接影响其感官品质、营养品质和食用品质<sup>[1-2]</sup>。因此, 寻求合适的方法以最大限度地保持脱水果蔬制品固有的原料色泽并有效延缓贮藏期间的褐变是农产品加工过程普遍关注的问题之一。目前, 减轻脱水果蔬褐变可采用的方法主要有加工过程的原料护色、热处理灭活果蔬内含的多酚氧化酶和过氧化物酶、调节体系氧气浓度和酸碱度等<sup>[3-4]</sup>, 如朱春华等<sup>[5]</sup>、曾顺德等<sup>[6]</sup>和何洋等<sup>[7]</sup>研究了 L-半胱氨酸盐酸盐(L-Cys)、山梨酸钾、乙二胺四乙酸二钠(EDTA-2Na)等对柠檬干片加工和贮藏过程中褐变的抑制效果, 发现其可显著延缓柠檬干片的褐变。

柠檬属芸香科柑橘属常绿小乔木, 富含维生素 C、钙、磷、维生素 B<sub>2</sub>、柠檬酸、橙皮苷、柚皮苷、柠檬苦素等有益于人体健康的功效成分<sup>[8]</sup>。近年来, 采用真空冷冻干燥技术加工而成的柠檬干片, 因其较好地保留了鲜柠檬原有的风味物质和营养成分而备受消费者青睐, 但柠檬冻干片在贮藏过程中也较易发生不同程度的色泽褐变, 对产品市场销售有一定影响。

包装作为食品加工的最后一道工序, 对产品品质有着重要影响, 采用合适的包装方式可有效隔绝空气中的氧气、微生物、水分及其他环境因素对包装内容物的影响, 同时也可

延缓包装内容物中的水分过快丢失, 从而起到延长货架期的良好效果。笔者探讨不同包装方式和贮藏条件对柠檬冻干片在贮藏过程中色泽变化的影响, 为寻求适合柠檬冻干片的包装材质提供一定参考。

## 1 材料与方法

**1.1 材料** 柠檬, 九成熟, 采自广东中兴绿丰发展有限公司顺天镇柠檬种植基地。主要仪器: FD-1D-50 型真空冷冻干燥机, 广东永利机械设备有限公司; JZ-350 型色彩色差计, 深圳市海濱仪器有限公司; DZ-350 型台式真空包装机, 温州鑫空包装机械有限公司。

## 1.2 方法

**1.2.1 工艺流程。**原料挑选→清洗→定向切片→沥干→装盘→预冻→真空冷冻干燥→包装→检测。

**1.2.2 柠檬冻干片的包装方式。**包装形式 1: 牛皮纸自封袋包装; 包装形式 2: 铝箔袋抽真空包装, 其中抽真空条件为 0.06 MPa, 抽真空时间 12 s; 包装形式 3: 铝箔袋热封口包装, 边口热封时间 2 s, 封口温度 60 ℃。常规包装为聚酰胺/聚乙烯复合袋。

**1.2.3 柠檬干片贮藏方式。**将包装好的柠檬冻干片分别置于室温和低温(4 ℃)条件下贮存。

## 1.3 试验指标与测定方法

**1.3.1 感官评价。**参考《QB 2076—1995 水果、蔬菜脆片》《GB/T 23787—2009 非油炸水果、蔬菜脆片》《NY/T 435—2012 绿色食品 水果、蔬菜脆片》, 并结合《Q/ZXLF 0001S—2013》对不同包装、不同贮藏方式下的柠檬冻干片进行感官评定。

**1.3.2 复水率测定。**将柠檬冻干片放入水中充分吸水 10~15 min, 沥干表面和四周的水, 称重, 计算。

**基金项目** 广东省扬帆计划引进创新创业团队专项资助项目(2015YT02H049); 国家星火计划项目(2015GA780044); 广东省科技计划项目(2012A020603008); 广东省教育部产学研结合项目(2012B091000074); 广东省科技计划项目(2013B020503068); 广东普通高校工程技术开发中心项目(GCZX-A1415); 潮州市重点农业科技项目(201605)。

**作者简介** 邓其海(1981-), 男, 湖南辰溪人, 工程师, 从事食品加工与管理研究。

**收稿日期** 2016-10-14

$$\text{复水率}(\%) = \frac{\text{复水后物重} - \text{复水前物重}}{\text{复水后物重}} \times 100\%$$

**1.3.3 色泽测定。**在柠檬冻干片贮藏期间,采用色彩色差计每隔7 d对产品进行L值测定。

## 2 结果与分析

**2.1 柠檬冻干片感官评价** 感官综合品质是评价脱水果蔬成品质量好坏的重要指标。根据“1.3.1”各标准中的感官指标评价要素,对柠檬冻干片成品的综合评价结果如下:果片的直径、厚薄、平整度与干燥前无明显变化;果片周边有轻微凸起,呈细微多孔状;果皮颜色呈白色,果肉色泽淡黄无褐变;有独特的柠檬味,清新芳香;口感较酸脆;复水比64.83%。

**2.2 贮藏时间对柠檬冻干片色泽的影响** 物料在贮藏过程,其所含的蛋白质、碳水化合物、脂肪、维生素等化学组分易受光、氧、热、酸碱、湿度、温度等环境因素影响而导致品质的降低。牛皮纸是一种高级包装用纸,因具有高抗水性和物理强度特性而呈现较好的防潮防腐阻氧功能,已被广泛用于食品包装<sup>[9]</sup>。

由表1可见,采用牛皮纸包装的柠檬冻干片在室温贮藏期间的L值逐渐降低,且在前21 d内降低幅度较大,之后下降程度趋缓,冻干片颜色逐渐变暗。*a*值先增加后降低,产生这一现象的原因可能是柠檬冻干片在贮藏初期发生褐变的程度较轻,表现为红度增大;随着冻干片褐变程度的加深,*a*值不断降低。*b*值随贮藏时间的延长褐变呈现一直降低的变化趋势。

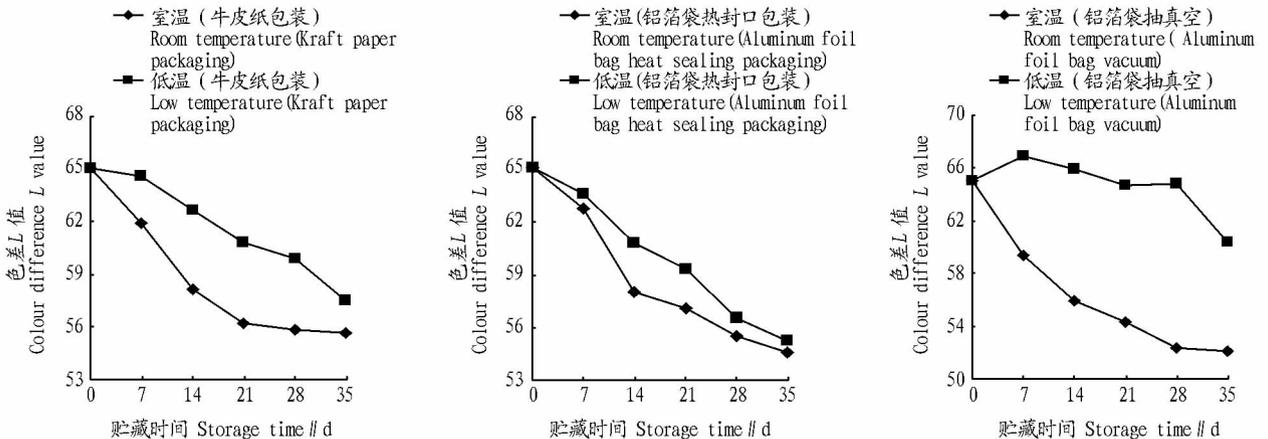


图1 贮藏温度对不同包装柠檬冻干片色泽的影响

Fig. 1 Effect of storage temperature on the color of freeze-drying lemon slice

**2.4 氧气对柠檬冻干片色泽的影响** 褐变是脱水果蔬在加工、贮藏等环节易产生的一种普遍现象,而作为其主要类型之一的非酶褐变大多发生在食品的热加工及长期贮存过程中,包括羰氨反应褐变、焦糖化褐变和抗坏血酸氧化褐变3种类型。柠檬富含维生素C,经真空冷冻干燥后,其所含维生素C基本保留在冻干片中,在适宜氧气含量环境中,维生素C氧化形成脱氢抗坏血酸后再进一步生成褐色素而使柠檬冻干片色泽加深。

从表2可看出,经抽真空和不抽真空包装的柠檬冻干片

表1 室温下牛皮纸包装对柠檬冻干片色泽的影响

Table 1 Effect of kraft paper packaging on the color of freeze-drying lemon slice under room temperature

贮藏时间 Storage time // d	L	a	b	ΔE
0	65.08	1.06	19.90	0
7	61.95	2.47	18.55	3.69
14	58.12	3.53	16.32	8.21
21	56.24	3.15	15.70	10.01
28	55.85	2.86	15.47	10.40
35	55.70	2.55	14.97	10.70

**2.3 贮藏温度对柠檬冻干片色泽的影响** 研究表明,影响非酶褐变的环境因素主要有温度、物料水分含量、体系pH等,如温度升高10℃,褐变反应速率可提高3~5倍;10%~15%的物料含水量最易发生褐变。因此,严格控制柠檬冻干片贮藏过程的环境温度和产品本身的含水量,是延缓柠檬冻干片褐变的有效措施之一。

图1显示,采用不同材质包装的柠檬冻干片在低温贮藏环境的L值较室温环境条件下降相对缓慢。就包装材质而言,室温条件下,柠檬冻干片L值下降趋势呈现出铝箔袋抽真空包装>铝箔袋热封口包装>牛皮纸自封袋包装的变化规律;而在低温贮藏环境,柠檬冻干片L值下降趋势呈现出铝箔袋热封口包装>牛皮纸自封袋包装>铝箔袋抽真空包装的变化规律。这可能是试验中选用的牛皮纸包装的阻湿性能优于铝箔袋,能更好地防止干片吸潮而使含水量上升。因此,选择防潮性能佳的包装袋更利于脱水果蔬干片的褐变发生。

在贮藏期间的色泽L值都随时间延长而降低;相比不抽真空包装而言,抽真空包装减少了包装内部的氧气含量,使柠檬冻干片受氧化作用而发生非酶褐变的程度更低,柠檬冻干片的亮度更大,因而所测产品的L值相对较大。

2种包装条件产品的*a*值和*b*值均随贮藏时间的延长而呈现先增加后降低的趋势,不同的是,经抽真空包装和不抽真空包装的柠檬冻干片的*a*值基本持平,而抽真空包装的*b*值相对更高。对比2种包装的Δ*E*,抽真空包装的Δ*E*总体低于有氧包装,说明在低氧气含量条件下,柠檬冻干片仍有

表 2 氧气对柠檬冻干片色泽的影响

Table 2 Effect of oxygen on the color of freeze-drying lemon slice

贮藏时间 Storage time//d	不抽真空包装 No vacuum packing				抽真空包装 Vacuum packing			
	<i>L</i>	<i>a</i>	<i>b</i>	$\Delta E$	<i>L</i>	<i>a</i>	<i>b</i>	$\Delta E$
0	65.08	1.06	19.90	0.00	65.08	1.06	19.90	0
7	64.55	2.97	18.24	2.59	67.87	2.03	19.63	2.97
14	62.66	3.25	16.43	2.76	65.97	2.91	18.37	2.56
21	60.82	3.59	14.14	7.60	64.74	3.07	17.84	2.90
28	59.89	3.23	13.85	8.26	64.77	3.47	17.38	3.50
35	57.52	3.12	12.58	10.72	60.36	3.03	16.98	5.89

一定程度的褐变发生。因此,为最大限度地降低柠檬冻干片在贮藏期间的褐变,可选择适宜成本的抽真空包装。

**2.5 光照对柠檬冻干片色泽的影响** 光照可降低物料中维生素 C 含量,一定程度上影响着抗坏血酸非酶褐变的进程。表 3 显示,经避光和透明包装的柠檬冻干片的 *L* 值均随贮藏时间延长而逐渐降低,且避光包装的干片 *L* 值稍高于透明包装,这说明光照可促进柠檬冻干片的褐变发生,但对褐变发

生程度影响不大,即对延缓柠檬冻干片褐变效果不显著。这与刘源等<sup>[10]</sup>研究避光与否对荔枝干果肉 *L* 值变化影响的结果相一致。

柠檬冻干片在贮藏过程中 *a* 值均随时间延长先增大后降低,而 *b* 值始终呈逐渐降低趋势,表明避光贮存使产品的红度和黄度均降低。

表 3 光照对柠檬冻干片色泽的影响

Table 3 Effect of light on the color of freeze-drying lemon slice

贮藏时间 Storage time//d	铝箔袋 Aluminum foil bag				聚酰胺/聚乙烯复合袋 PA/PE composite bag			
	<i>L</i>	<i>a</i>	<i>b</i>	$\Delta E$	<i>L</i>	<i>a</i>	<i>b</i>	$\Delta E$
0	65.08	1.06	19.90	0	65.08	1.06	19.90	0
7	62.82	1.35	18.18	2.85	59.36	1.80	17.09	6.42
14	58.07	1.81	16.32	7.91	55.95	2.32	16.07	9.98
21	57.06	2.77	15.86	9.14	54.32	3.59	14.37	12.36
28	55.47	3.39	13.84	11.60	52.39	3.22	12.97	14.62
35	54.62	3.07	12.66	12.89	52.10	3.04	11.36	15.66

### 3 结论与讨论

色泽是柠檬冻干片的重要特征品质之一,贮藏时间、温度、氧气和光照均会引起柠檬冻干片的色泽发生不同程度的变化。该试验结果表明,贮藏温度对柠檬冻干片的色泽变化影响最大,其次是氧气,再次是光照强度。影响脱水果蔬干片在贮藏过程发生褐变的因素还有很多,如物料的碳水化合物、蛋白质、脂肪等含量变化,因此需对柠檬冻干片开展从原料到包装整个工艺流程的进一步综合研究,以提出更有效的褐变控制措施。

#### 参考文献

- [1] 张懋,廖红梅. 果蔬食品加工贮藏过程中易变色素的降解及调控机理研究与展望[J]. 中国食品学报,2011,11(9):258-267.
- [2] 邹波. 果蔬加工过程中的褐变及护色措施[J]. 黔东南民族职业技术学院学报(综合版),2008,4(3):23-25.

- [3] 黎蕙兰,方新文. 果蔬制品色泽的褐变及其控制[J]. 江西食品工业,2004(1):34-36.
- [4] LITVIN S, MANNHEIM C H, MILTZ J. Dehydration of carrots by a combination of freeze drying, microwave heating and air or vacuum drying[J]. Journal of food engineering, 1998, 36(1):103-111.
- [5] 朱春华,龚琪,李进学,等. 柠檬干片制作过程及贮藏期间颜色变化[J]. 浙江农业学报,2013,25(3):630-634.
- [6] 曾顺德,张超,张迎君,等. 柠檬干片高效褐变抑制剂筛选[J]. 食品科学,2008,29(5):212-213.
- [7] 何洋,包清彬,李良川,等. 抑制剂防止柠檬干片褐变的研究[J]. 食品科技,2015,40(4):107-111.
- [8] 章斌,丁心,侯小娟,等. 柠檬片的低温冻结与真空冷冻干燥工艺研究[J]. 食品研究与开发,2015,36(22):86-90.
- [9] 师晓娜. 不同包装材料对南果梨贮藏保鲜效果的影响[D]. 呼和浩特:内蒙古农业大学,2009.
- [10] 刘源,黄菁,胡卓炎,等. 包装对半干型荔枝干贮藏品质的影响[J]. 现代食品科技,2013,29(5):973-977.

## 科技论文写作规范——数字

公历世纪、年代、年、月、日、时刻和各种计数和计量,均用阿拉伯数字。年份不能简写,如1990年不能写成90年,文中避免出现“去年”“今年”等写法。小于1的小数点前的零不能省略,如0.2456不能写成.2456。小数点前或后超过4位数(含4位数),从小数点向左右每3位空半格,不用“,”隔开。如18 072. 235 71。尾数多的数字(5位以上)和小数点后位数多的小数,宜采用 $\times 10^n$ (*n*为正负整数)的写法。数字应正确地写出有效数字,任何一个数字,只允许最后一位存在误差。