

# 紫苏叶复合气调保鲜技术研究

高 阳<sup>1</sup>, 康 优<sup>1</sup>, 李 雪<sup>2</sup>, 王 勇<sup>1\*</sup>

(1. 吉林省农业科学院, 长春 130033; 2. 延边大学, 吉林 延吉 133000)

**摘 要:**采用均匀试验设计, 选择低温和复合气调结合的方法对鲜紫苏叶进行保鲜研究, 结果表明, 在0℃条件下, 气调气体配比为84% N<sub>2</sub>+6% O<sub>2</sub>+10% CO<sub>2</sub>对鲜紫苏叶保鲜效果最好, 保鲜期可以达到20 d。

**关键词:**紫苏叶; 低温; 气调保鲜; 研究

中图分类号: TS255.3

文献标识码: A

文章编号: 1003-8701(2017)03-0039-05

## Studies on Compound Controlled Atmosphere Technology of Perilla Leaf Storage

GAO Yang<sup>1</sup>, KANG You<sup>1</sup>, LI Xue<sup>2</sup>, WANG Yong<sup>1\*</sup>

(1. Jinlin Academy of Agricultural Sciences, Changchun 130033; 2. Yanbian University, Yanji 133000, China)

**Abstract:** Using uniform design methods, the compound controlled atmosphere technology for store fresh perilla leaves was studied. The results showed that under the temperature of 0℃, gas ratio of 84% N<sub>2</sub> + 6% O<sub>2</sub> + 10% CO<sub>2</sub> was the best for fresh basil leaves preservation, and preservation period reached 20 days.

**Key words:** Perilla leaf; Low temperature; Controlled-atmosphere storage; Research

紫苏为唇形科一年生草本植物。中国是紫苏的起源中心, 在我国已经有3000年的种植历史<sup>[1]</sup>。紫苏全株都可利用, 是第一批被卫生部收录的“既是食品又是药品”的药食同源植物, 紫苏子、紫苏叶、紫苏梗均被《中国药典》所收录<sup>[2]</sup>。紫苏叶中含有100多种具有营养功能和药效作用的物质<sup>[3]</sup>, 鲜紫苏叶的需求以韩国、日本为主<sup>[4]</sup>, 我国各地对紫苏叶的需求量也很大。

紫苏鲜叶的保鲜期很短, 容易枯萎发黑, 而且鲜紫苏叶非常容易破损, 破损后加速变色变质<sup>[5]</sup>。现有的冰袋泡沫箱或纸箱保鲜办法都无法大幅延长紫苏叶的保鲜期, 一般在一周以内。这么短的保鲜期, 破损和变质率又高, 无形中提高了企业的运营成本, 增大了经营风险, 对鲜紫苏叶的保鲜技术提出了更高的要求。

紫苏叶属于绿叶植物, 其形态特征和鲜食的用途决定了不能额外引入其他的添加剂, 并且不

能大幅提高保鲜的成本, 同时在生产和流通领域也要方便易行。综合各种影响保鲜的因素和保鲜方法考虑, 本研究选择低温和气调结合的方法作为紫苏叶保鲜方法。

## 1 试验材料与方法

### 1.1 材料与仪器设备

#### 1.1.1 材料

鲜紫苏叶、WWZPF55薄膜(无锡勃力包装材料有限公司)。

#### 1.1.2 仪器设备

184-H1温湿度记录仪(德图仪器国际贸易(上海)有限公司); MAP-H360复合气调保鲜包装机(苏州森瑞保鲜设备有限公司); XY-105MW电子快速水分测定仪(常州市幸运电子设备有限公司); BC-108DA卧式转换型冷藏/冷冻箱(河南新飞电器有限公司); BCD-215DK冰箱(澳柯玛股份有限公司); D-212包装盒(苏州和好塑业有限公司); 氧气瓶、氮气瓶、二氧化碳气瓶(长春巨洋气体有限责任公司)。

### 1.2 试验方法

#### 1.2.1 复合气调保鲜试验

接通复合气调保鲜包装机电源, 打开加热开关(设定热封温度170℃), 设定好气体比例参数

收稿日期: 2017-04-25

基金项目: 吉林省科技发展计划重点科技攻关项目(20140204036NY)

作者简介: 高 阳(1976-), 女, 助理研究员, 主要研究方向为农产品及果蔬加工。

通讯作者: 王 勇, 男, 博士, 研究员, E-mail: wyjaas@163.com

( $N_2\%+O_2\%+CO_2\%=100\%$ );打开空气压缩机,达到规定气体压力(8 Mpa);打开氧气瓶、氮气瓶、二氧化碳气瓶阀门(事先调节分压力 $\geq 0.6$  Mpa),充入设定比例的混合气体;放入装好紫苏叶的保鲜盒,开始抽气充气封口程序;封好后,取出保鲜盒,放入设定好温度的冰箱。

1.2.2 均匀设计试验<sup>[6-7]</sup>

试验采用均匀试验设计,其具有试验点分布的均匀性,而且可以设置多个水平。试验因素包括气调气体成分、贮存内部环境湿度和外部保存环境的温度。气调气体包括 $O_2$ 、 $CO_2$ 、 $N_2$ ,三者合计为气体成分的100%, $N_2$ 为惰性充填气体, $N_2\%=1-O_2\%-CO_2\%$ 。外部环境根据生产实际确定了4个水平,以拟水平法确定试验方案(表1和表2),并从外观状态、颜色、含水率3方面进行评分(评分标准略)。

2 结果与分析

2.1 包装盒内湿度的变化

湿度是影响果蔬贮藏的关键因素之一,尤其对于叶类植物,影响更加明显<sup>[8]</sup>。因此,事先做了鲜叶失水的测定,取新采摘的紫苏叶,在实验室

阴凉处放置使其萎蔫失水,不同时间称重。紫苏鲜叶在24 h内就失水59%,水分挥发的相当快,至阴干恒重约失水78%,试验证明紫苏鲜叶在未密闭(开放)空间水分挥发很快。

表1  $U_{10}^*(10^8)$ 因素水平表

水平	因素			
	$O_2$ (%)	$CO_2$ (%)	$H_2O$ (g)	温度( $^{\circ}C$ )
1	1	3	4	5
2	2	6	8	10
3	3	9	1	4
4	4	1	5	9
5	5	4	9	3
6	6	7	2	8
7	7	10	6	2
8	8	2	10	7
9	9	5	3	1
10	10	8	7	6

将紫苏鲜叶用气调保鲜机封口,启动气调功能,充入设定比例的3种气调气体,将温湿度记录仪封在内部,用于记录温湿度的变化,测量间隔30 min。将保鲜盒放入冰箱内测定,结果见图1。

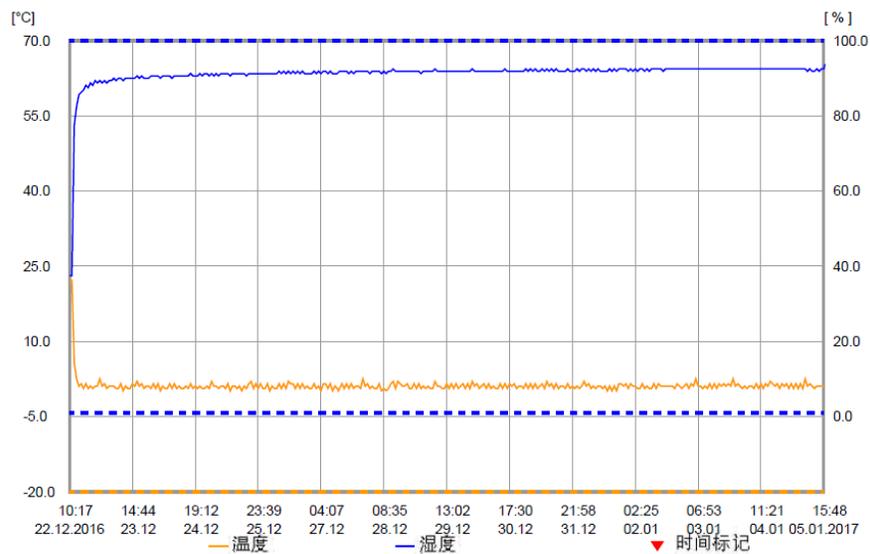


图1 密闭空间(气调气体)温湿度变化图

从图1可以看出,在密闭空间内,温度和湿度仍然是稳定的,湿度平均为91.7%,证明紫苏叶在气调保鲜的条件下,密闭空间内气体的温度和湿度都比较稳定,而且依靠紫苏叶自身蒸腾作用,湿度就可以保持在较高水平(该水平适合叶片保鲜)。

2.2 均匀试验

由于均匀设计中每个因素的水平较多,而试验次数又较少,分析试验结果时不能采用一般的方差分析。均匀设计的结果分析最好采用回归分析方法,通常采用线性回归或逐步回归的方法,线性回归模型不合理时再选择二次多项式逐步回

归分析、多因子及交互项逐步回归分析或多因子及平方项逐步回归。回归分析的F值显著水平 $P \leq 0.05$ , 否则所建立的回归方程不能使用。均匀设计每个表有一个使用表, 要按照其使用表安排因素。

试验首先选取氧气、二氧化碳、加水量、保藏温度4个主要因素, 根据D值选择试验设计。

表2  $U^*_{10}(10^8)$  试验方案

试验号	因素			
	1	3	4	5
	O <sub>2</sub> (%)	CO <sub>2</sub> (%)	H <sub>2</sub> O(g)	温度(°C)
1	1(0)	3(2)	4(0.3)	5(0)
2	2(1)	6(5)	8(0.7)	10(4)
3	3(2)	9(8)	1(0)	4(20)
4	4(3)	1(0)	5(0.4)	9(0)
5	5(4)	4(3)	9(0.8)	3(13)
6	6(5)	7(6)	2(0.1)	8(20)
7	7(6)	10(9)	6(0.5)	2(4)
8	8(7)	2(1)	10(0.9)	7(13)
9	9(8)	5(4)	3(0.2)	1(0)
10	10(9)	8(7)	7(0.6)	6(4)

水平数越多, 偏差越小, 但试验也不能太多水平, 否则会在偏差不大的情况下增加试验量。综合考虑选择 $U^*_{10}(10^8)$ , 根据评分标准表进行评分, 给出分数结果(表3)。

表3  $U^*_{10}(10^8)$  实验方案及结果

试验号	N <sub>2</sub> (%)	因素				Y
		1	3	4	5	
	O <sub>2</sub> (%)	CO <sub>2</sub> (%)	H <sub>2</sub> O(g)	温度(°C)		
1	98	1(0)	3(2)	4(0.3)	5(0)	73
2	94	2(1)	6(5)	8(0.7)	10(4)	54
3	90	3(2)	9(8)	1(0)	4(20)	62
4	97	4(3)	1(0)	5(0.4)	9(0)	62
5	93	5(4)	4(3)	9(0.8)	3(13)	53
6	89	6(5)	7(6)	2(0.1)	8(20)	74
7	85	7(6)	10(9)	6(0.5)	2(4)	72
8	92	8(7)	2(1)	10(0.9)	7(13)	64
9	88	9(8)	5(4)	3(0.2)	1(0)	77
10	84	10(9)	8(7)	7(0.6)	6(4)	57

对以上试验结果进行线性回归分析、逐步回归分析、二次多项式逐步回归分析、多因子及交互项逐步回归分析和多因子及平方项逐步回归分析, 结果表明, 多因子及交互项逐步回归分析方程模拟结果在99%的水平下非常显著, 与实际试验结果较为吻合。

对以上试验现象和均匀试验结果分析可知, 温度是影响果蔬呼吸作用最主要的外界环境因素, 降低温度对于果蔬的贮藏保鲜是有利的。本试验结果显示, 0°C条件下的贮藏效果最好, 但继续降低温度, 达到紫苏叶冰点-0.7°C以下后就容易使其受到冻伤。低温保存还可以防止凝露, 凝露对紫苏叶的贮藏保鲜十分不利, 容易引起腐烂变质。

气体成分是影响果蔬呼吸作用的另一个重要因素, 主要气体有O<sub>2</sub>和CO<sub>2</sub><sup>[9]</sup>。在果蔬贮藏保鲜时, 如果能调整O<sub>2</sub>和CO<sub>2</sub>两种气体的适当比例, 比单独控制O<sub>2</sub>和CO<sub>2</sub>的含量对抑制呼吸强度效果更好。

氧是果蔬呼吸的必要条件<sup>[10-14]</sup>, 当O<sub>2</sub>浓度低于10%时, 呼吸强度明显降低, 有利于贮藏保鲜。但是O<sub>2</sub>浓度过低(<2%)会产生无氧呼吸, 对贮藏保鲜不利, 一般情况下, O<sub>2</sub>浓度为2%~5%比较合适。本试验因为原料是叶类植物, 所以O<sub>2</sub>浓度试验结果为8%左右效果较好。

空气中CO<sub>2</sub>浓度较低, 植物一般不会受其明显影响, 在保鲜试验中, 提高CO<sub>2</sub>浓度可以降低呼吸作用, 但CO<sub>2</sub>浓度过高, 也会产生无氧呼吸, 一般CO<sub>2</sub>浓度为1%~5%比较合适。本试验CO<sub>2</sub>浓度试验结果为9%左右效果较好。

紫苏叶的蒸腾作用很强, 从透明膜中可以明显看到很多因素组合的盒中有水珠出现。当紫苏叶因蒸腾失水达5%时, 就会引起组织萎蔫, 失去光泽、颜色和新鲜状态, 影响风味。紫苏叶保鲜一般要求空气的相对湿度为85%~90%。根据温湿度记录仪的记录结果和结果方程来看, 不额外增加湿度, 仅凭包装盒内紫苏叶本身的蒸腾就可以达到这一湿度范围, 而且湿度是基本恒定的。

实际上, 本试验设计在设计之初考虑了水分和温度的因素, 通过方程的回归分析也证实了之

表4  $U^*_7(7^4)$  因素水平表

水平	因素	
	1	3
	O <sub>2</sub> (%)	CO <sub>2</sub> (%)
1	6	6
2	7	7
3	8	8
4	9	9
5	10	10
6	11	11
7	12	12

表5 U\*<sub>7</sub>(7<sup>4</sup>)实验方案及结果

试验号	因素			Y
	N <sub>2</sub> (%)	1 O <sub>2</sub> (%)	3 CO <sub>2</sub> (%)	
1	84	1(6)	5(10)	95
2	86	2(7)	2(7)	58
3	80	3(8)	7(12)	90
4	82	4(9)	4(9)	75
5	84	5(10)	1(6)	74
6	78	6(11)	6(11)	60
7	80	7(12)	3(8)	80

前独立试验中水分和温度的结果,即不用再额外增加湿度,贮藏以0℃条件为最好。在此基础上,进一步进行优化均匀试验设计和分析,仅考察O<sub>2</sub>和CO<sub>2</sub>水平(表4),并调整打分标准。试验选取O<sub>2</sub>和CO<sub>2</sub>两个主要因素,根据D值选择试验设计。综合考虑选择U\*<sub>7</sub>(7<sup>4</sup>),根据评分标准表进行评分,给出分数结果(表5)。

对方程进行二次多项式逐步回归分析。回归方程为:

$$Y = -226.9043478 + 31.277355072X_1 + 35.15235507X_2 - 3.667391304X_1X_2$$

相关系数 R=0.9862, F=35.3861, p=0.0077, F<sub>0.05</sub>(3,3)=9.28, F<sub>0.01</sub>(3,3)=29.46。

最高指标时各个因素组合 X<sub>1</sub>=6.000 0, X<sub>2</sub>=12.000 0。

Durbin-Watson 统计量 d=1.966 578 36。

本方程模拟结果在 99% 的水平下显著,并且与实际试验结果较为吻合。

实际上,U\*<sub>7</sub>(7<sup>4</sup>)试验结果与U\*<sub>10</sub>(10<sup>8</sup>)试验结果有相一致的部分,也有不一致的部分,其产生也是有客观原因的。U\*<sub>10</sub>试验考察的是4个因素,O<sub>2</sub>和CO<sub>2</sub>气体成分比例设定在0~9%之间,其考察标准包括叶片颜色和含水率。U\*<sub>7</sub>(7<sup>4</sup>)试验在U\*<sub>10</sub>(10<sup>8</sup>)试验的基础上做了修正和简化,仅考察的是O<sub>2</sub>和CO<sub>2</sub>气体成分比例,考察标准单纯以叶片状态为主,不再考虑颜色和含水率,O<sub>2</sub>和CO<sub>2</sub>气体成分比例设定在6%~12%之间。

根据二次多项式逐步回归分析,O<sub>2</sub>和CO<sub>2</sub>对紫苏叶保鲜的影响都呈V型,即先下降后上升,但二者的幅度和曲率是不同的(图2和图3)。实际上,当二者差距大时,可以促进保鲜,当二者差距小时对保鲜不利,当二者浓度相等时,保鲜效果最不好。

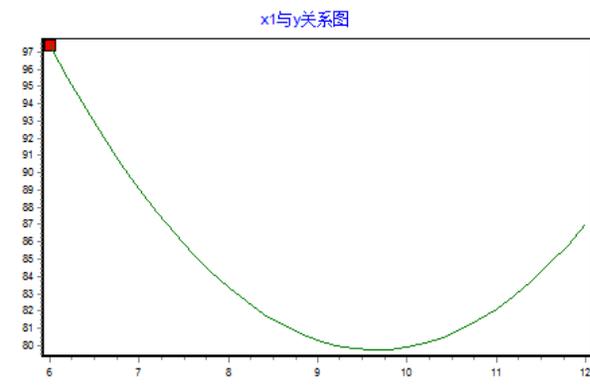


图2 氧气对保鲜的影响

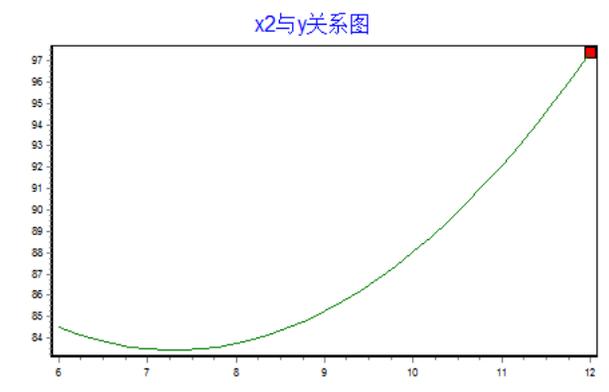


图3 二氧化碳对保鲜的影响

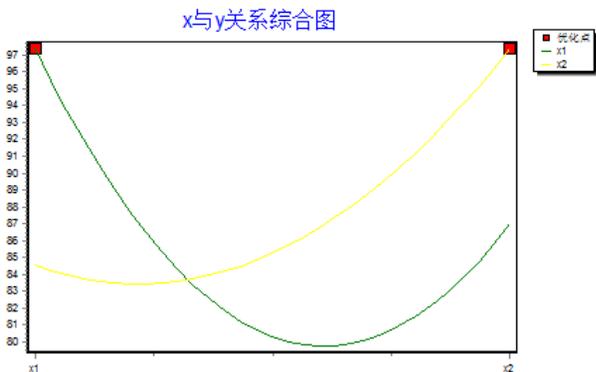


图4 氧气和二氧化碳对保鲜的影响

方程中当O<sub>2</sub>浓度为6%、CO<sub>2</sub>浓度为12%时效果最好,也是二者浓度差最大时得分最高,但这是理论计算,还需要实际验证和修正。

在试验当中发现,O<sub>2</sub>和CO<sub>2</sub>两种气体比例对紫苏叶的硬实度(含水率)和叶片色斑都会产生影响,当低氧高二氧化碳时紫苏叶片的硬度较好,叶片不容易萎蔫;当高氧低二氧化碳时紫苏叶片不容易长斑,色泽比较稳定。这一发现由图4也可以得到证明,图4左(高氧低二氧化碳区)右(低氧高二氧化碳区)两侧得分高,图4中间得分低。

方程中  $O_2$  和  $CO_2$  两种气体的浓度差为 6%, 试验进行了分析和多次验证, 发现当浓度差在 5% ~ 6% 时, 个别紫苏叶片有少量斑点出现, 缩小浓度差到 4% 时, 紫苏鲜叶基本不再出现斑点, 所以最终确定  $O_2$  和  $CO_2$  两种气体的浓度差为 4% 时最优。

### 3 结 论

通过以上的试验, 最终确定紫苏鲜叶低温复合气调保鲜的工艺参数为  $0^\circ C$ , 气调气体配比为 84%  $N_2$ +6%  $O_2$ +10%  $CO_2$ , 保鲜期可达 20 d 以上。低温复合气调保鲜与其他保鲜方法相比保鲜效果好, 可以形成独立的小气调环境, 相对与外界隔离, 可以形成闭合的冷链, 满足采购、运输、销售过程的保鲜要求, 更适合紫苏叶的保鲜。

#### 参考文献:

[ 1 ] 胥国斌, 简毓峰, 周天林, 等. 紫苏—资源栽培及加工[M]. 杨凌: 西北农林科技大学出版社, 2011: 1-2, 45-53.  
[ 2 ] 国家药典委员会. 中华人民共和国药典(2015年版一部)[M]. 北京: 中国医药科技出版社, 2015: 339.  
[ 3 ] 李会珍. 紫苏营养与活性成分研究[M]. 北京: 化学工业出版社, 2014: 8-13.

[ 4 ] 张志军. 紫苏研究与产品开发[M]. 北京: 化学工业出版社, 2011: 11-13.  
[ 5 ] 王 勇, 李 雪, 田志刚, 等. 紫苏叶含水率、可溶性固形物含量和冰点的研究[J]. 东北农业科学, 2016, 41(5): 88-91.  
[ 6 ] 方开泰. 均匀设计与均匀设计表[M]. 北京: 科学出版社, 1994: 21-35.  
[ 7 ] 朱军伟, 谢 晶. 叶菜类蔬菜保鲜技术研究进展[J]. 湖南农业科学, 2011(21): 90-93.  
[ 8 ] 刘才宇, 朱培蕾, 赵贵云, 等. 叶菜类蔬菜贮藏保鲜技术研究进展[J]. 2011(5): 797-801.  
[ 9 ] 张克宏, 杜俊娟. 叶菜类蔬菜气调保鲜包装研究[J]. 包装工程, 2007, 28(1): 49-52.  
[ 10 ] 郭 鑫, 崔政伟. 青菜气调贮藏保鲜的工艺优化研究[J]. 食品工业科技, 2013, 34(6): 344-348.  
[ 11 ] 梁凤玲, 王 武, 杨 妍. 青菜贮藏保鲜工艺研究食品工业科技, 2012, 33(13): 342-345.  
[ 12 ] 张克宏, 杜俊娟. 叶菜类蔬菜气调保鲜包装研究[J]. 包装工程, 2007, 28(1): 49-52.  
[ 13 ] 梁洁玉, 朱丹实, 冯叙桥, 等. 果蔬气调贮藏保鲜技术研究现状与展望[J]. 食品安全质量检测学报, 2013, 4(6): 1617-1624.  
[ 14 ] 郭 鑫, 崔政伟. 果蔬气调贮藏研究现状及展望[J]. 包装工程, 2012, 33(7): 122-126.

(责任编辑: 王 昱)