

文章编号:1673-1689(2006)01-0035-05

基于模糊数学理论的蔬菜保鲜效果评判

张恒

(淮阴工学院 生物工程与化学工程系, 江苏 淮安 223001)

摘 要: 采收后的蔬菜仍具有较强的生命力及活跃的生理活动,其组织细胞只能利用内部贮存的少量的营养物质来维持生命活动,使保鲜期受到限制。高效叶面肥含有的营养成分及植物生长调节物质对蔬菜体内的代谢反应具有调节作用,对蔬菜的保鲜效果明显。运用模糊数学原理,对保鲜效果优良进行评判,结果为质量分数 0.1%活力多效素+质量分数 3%VC+质量分数 1%NaCl 组的保鲜效果最好。

关键词: 蔬菜; 保鲜; 效果; 模糊评判

中图分类号: TS 255.3

文献标识码: A

Evaluation of Vegetable Fresh Preservation Effect Based on the Fuzzy Mathematical Theory

ZHANG Heng

(College of Chemical and Bioengineering, Huaiyin Institute of Technology, Huaian 223001, China)

Abstract: Collected vegetable still has the remaning biotic energy and dynamic physiological activity, and the histocyte only utilizes a few nutrition portion in internal store to maintain life activity, these restricted preservation time of vegetable. Concentrated leaf spray fertilizer containing nutritional components and plant growth regulators regulates the metabolism in plant, so that the effect of vegetable fresh preservation is obvious. The effect of vegetable fresh presevation was evaluated by fuzzy mathematics.

Key words: vegetable; fresh preservation; effect; fuzzy evalution

采收后的蔬菜仍具有较强的生命力、活跃的生理活动,很大程度上是在母体上发生过程的继续。由于切断了养料供应来源,组织细胞只能利用内部贮存的少量营养来进行生命活动,这些物质一旦减少到某一程度,蔬菜便失去食用价值。保鲜的目的就是延缓这种变化,延长蔬菜的货架期。现有的蔬菜保鲜方法很多,但有的对设备条件要求较高,需投入大量资金,如冷藏、气调保藏等;有的操作处理

复杂不便掌握,如辐射保藏等。作者采用高效叶面肥保鲜蔬菜,以保鲜前后有关化学成分的变化为着眼点,运用模糊数学原理从数学角度对保鲜效果优良进行评判。高效叶面肥能补充植物营养、激发细胞增殖、活化生理机能、改善品质、增强耐贮藏能力,还具有防腐败菌繁殖的作用。配合维生素 C 的抗氧化作用以及氯化钠的抑菌作用,对蔬菜的保鲜效果明显。

收稿日期:2005-02-22; 修回日期:2005-05-09.

基金项目:江苏省高校自然科学基金项目(03KJD180047).

作者简介:张恒(1958-),女,江苏南京人,教授,工学硕士.

1 材料与方法

1.1 材料

蔬菜:小青菜,市售;高效叶面肥:江苏省常州市农得利叶面肥制剂厂生产。

1.2 试剂

氯化钠、维生素 C 以及其他检测用试剂均为分析纯。

1.3 仪器

HH-2 恒温水浴锅:常州国华电器有限公司产品;202-AO 干燥箱:上海浦东跃新科学仪器厂产品;721 分光光度计:上海第三分析仪器厂产品;ZD-2 电位滴定仪:上海雷磁仪器厂产品。

1.4 测定方法

样品失重:称量法;维生素 C 含量:2,6-二氯酚靛酚滴定法^[1];总糖含量:3,5-二硝基水杨酸比色定糖法^[2];氨基酸含量:电位滴定法^[3]。

1.5 保鲜方法

将样品青菜用清水洗净,晾干,分别放入不同配比的保鲜液中浸渍,晾干,装入保鲜袋,不干胶带封口,室温(夏季,30~36℃)条件下保存。对照组样品用清水洗净晾干后直接放入保鲜袋,室温下保存。

1.6 试验方案

试验用高效叶面肥为活力多效素。为寻找合适的浓度配比获得最佳的保鲜效果,整个试验分 3 个部分。第一部分,考察单一的活力多效素对蔬菜的保鲜效果,确定活力多效素的最佳质量分数。第二部分,分别考察两种物质的混合液即活力多效素和氯化钠混合液、活力多效素和维生素 C 混合液的保鲜效果。第三部分,考察 3 种物质,即活力多效素 + 维生素 C + NaCl 不同比例混合液对蔬菜的保鲜效果。分别以蔬菜外部形态、失重、糖含量、维生素 C 以及氨基酸含量为考察指标,定期从各组取样进行测定,以寻找最佳保鲜途径。若样品外观已经腐烂变质失去食用价值则不再测定。

1.7 指标变化率

各指标均以贮藏 0 d 时的数值为参照对象。

指标变化率(%)=
$$\frac{(X_1 - X_0)}{X_0}$$

式中: X_1 为贮藏后该指标测定值, X_0 为贮藏 0 d 该指标测定值。

2 结果与讨论

2.1 不同质量分数高效叶面肥保鲜蔬菜效果评判

活力多效素营养全面且含有植物生长所必需

的各种成分及植物生长调节物质,能提供组织细胞所需的养分,但其保鲜效果随质量分数变化而变化。

表 1 活力多效素质量分数对保鲜效果影响

Tab. 1 Relation of Concentration of huoliduoxiaosu and vegetable fresh preservation effect

指标 变化率/%	贮藏 时间/d	对照组 (第 11 组)	活力多效素质量分数/%		
			0.01	0.1	1
样品失重	0	0	0	0	0
	2	7.7	4.7	4.6	4.9
	4	27.1	16.8	8.8	15.3
	6		27.7	15.6	27.4
	0	0	0	0	0
糖质量分数 变化	2	3.7	4.9	7.41	11.7
	4	-58.2	-22.8	-17.9	-25.3
	6		-52.5	-41.4	-54.9
	0	0	0	0	0
VC 质量分数 变化	2	-10.4	2.8	1.4	3.3
	4	-20.5	-10.4	-2.8	-11.7
	6		-20.3	-14.2	-22.7
	0	0	0	0	0
氨基酸 质量分数 减少	2	61.6	30.6	24.5	25.6
	4	98.4	67.3	57.1	63.3
	6		85.3	81.4	84.1
	0				
外观形态	0	饱满、挺硬、鲜绿、有光泽。			
	2	局部腐烂,外层叶片变黄、稍萎缩,新鲜、完好如初,外层叶片变黄、稍萎缩。			
	4	严重腐烂,局部腐烂,外层叶片变黄、萎缩,局部腐烂。			
	6	严重腐烂,局部腐烂,严重腐烂。			

结果显示试验各组均好于对照组。由于各组变化趋势不一致,保鲜前期,试验组各有优良,单凭直观判断略显牵强。利用模糊评判可以从数学角度获得合理结果^[4]。

取样品失重率的隶属度 $X(x_{ij}) = \frac{x_{ij}}{x_{ij\max}}$; 糖质

量分数变化率的隶属度 $Y(y_{ij}) = \frac{y_{ij\max} - y_{ij}}{y_{ij\max} - y_{ij\min}}$; VC

质量分数变化率的隶属度 $V(v_{ij}) = \frac{v_{ij\max} - v_{ij}}{v_{ij\max} - v_{ij\min}}$; 氨

基酸质量分数减少率的隶属度为氨基酸质量分数减少率。上式中, x_{ij} 为样品失重率, $x_{ij\max}$ 为样品失重率的最大值, y_{ij} 为糖质量分数变化率, $y_{ij\max}$ 、 $y_{ij\min}$

分别为糖质量分数变化率的最大值和最小值, v_{ij} 为 VC 质量分数变化率, $v_{ij\max}$ 、 $v_{ij\min}$ 分别为 VC 质量分数变化率的最大值和最小值。取饱满、挺硬、鲜绿、有光泽的外观形态的隶属度为 0,新鲜、完好如初的外观形态的隶属度为 0.05,新鲜、完好无损的外观形态的隶属度为 0.1,外层叶片变黄、萎缩外观形态的隶属度为 0.3,局部腐烂的外观形态的隶属度为 0.6,腐烂的外观形态的隶属度为 0.8,严重腐烂的外观形态的隶属度为 1。

取因素集为{样品失重率,糖变化率,VC 变化率,氨基酸减少率,外观形态},评价集为{2 天,4 天,6 天}。这样表 1 中对照组(第 11 组)的因素评价的关系模糊矩阵为:

$$R_{11} = \begin{bmatrix} 0.278 & 0.978 & 1 \\ 0.114 & 1 & 1 \\ 0.527 & 0.915 & 1 \\ 0.616 & 0.984 & 1 \\ 0.60 & 1 & 1 \end{bmatrix}$$

同理可得第 12 组、第 13 组、第 14 组的因素评价的关系模糊矩阵。

以蔬菜保鲜中最好的数据为标准,则标准组的因素评价的关系模糊矩阵 R_1 为零矩阵。

设权重系数为 $W=(0.2, 0.2, 0.2, 0.2, 0.2)$,第 11 组与标准组的加权 Hamming 距离的行向量:
 $(d_{11} \ d_{112} \ d_{113}) = w \times (R_{11} - R_1) = (0.427 \ 0.975 \ 1)$

同理可得第 12 组、第 13 组、第 14 组分别与标准组的加权 Hamming 距离的行向量。

根据蔬菜保鲜 0 天组(第 10 组)的数据,建立不变的因素评价的关系模糊矩阵为:

$$R_{10} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0.167 & 0.167 & 0.167 \\ 0.127 & 0.127 & 0.127 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.368 & 0.916 & 0.941 \\ 0.119 & 0.521 & 0.877 \\ 0.060 & 0.311 & 0.623 \\ 0.088 & 0.519 & 0.898 \end{bmatrix}$$

第 10 组与标准组的加权 Hamming 距离的行向量:

$$(d_{101} \ d_{102} \ d_{103}) = w \times (R_{11} - R_1) = (0.059 \ 0.059 \ 0.059)$$

第 11~14 组相对于第 10 组的加权 Hamming 距离: 万方数据

$$\begin{bmatrix} D_{111} & D_{112} & D_{113} \\ D_{121} & D_{122} & D_{123} \\ D_{131} & D_{132} & D_{133} \\ D_{141} & D_{142} & D_{143} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} d_{111} & d_{112} & d_{113} \\ d_{121} & d_{122} & d_{123} \\ d_{131} & d_{132} & d_{133} \\ d_{141} & d_{142} & d_{143} \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} d_{101} & d_{102} & d_{103} \\ D_{101} & D_{102} & D_{103} \\ D_{101} & D_{102} & D_{103} \\ D_{101} & D_{102} & D_{103} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.368 & 0.916 & 0.941 \\ 0.119 & 0.521 & 0.877 \\ 0.060 & 0.311 & 0.623 \\ 0.088 & 0.519 & 0.898 \end{bmatrix} \quad (1)$$

式(1)中, D_{141} 、 D_{142} 、 D_{143} 为第 14 组相对于第 10 组的加权 Hamming 距离, d_{141} 、 d_{142} 、 d_{143} 为第 14 组相对于标准组的加权 Hamming 距离, d_{101} 、 d_{102} 、 d_{103} 为第 10 组相对于标准组的加权 Hamming 距离,下标 14、10 分别表示第 14、10 组,最后一个下标 1、2、3 分别表示第 2、4、6 天,其余以此类推。

2、4、6 d 第 11~14 组相对于第 10 组的平均加权 Hamming 距离为:

$$\begin{bmatrix} D_{11} \\ D_{12} \\ D_{13} \\ D_{14} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} D_{111} & D_{112} & D_{113} \\ D_{121} & D_{122} & D_{123} \\ D_{131} & D_{132} & D_{133} \\ D_{141} & D_{142} & D_{143} \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} \frac{1}{3} \\ \frac{1}{3} \\ \frac{1}{3} \\ \frac{1}{3} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.741 \\ 0.507 \\ 0.331 \\ 0.502 \end{bmatrix} \quad (2)$$

式(2)中, D_{11} 为 2、4、6 d 第 11 组相对于第 10 组的平均加权 Hamming 距离,下标 11 表示第 11 组,其余以此类推。

试验组与标准组距离越小,说明两者越接近,则保鲜效果越好。由式(1)、(2)可知,对照组相对于第 10 组的加权海明距离及平均加权海明距离最大,各试验组相对于第 10 组的加权海明距离及平均加权海明距离均小于对照组。第 13 组相对于第 10 组的加权海明距离及平均加权海明距离最小,且第 2、4、6 d 对照组相对于第 10 组的加权海明距离分别是第 13 组相对于第 10 组的加权海明距离的 6.133、2.945、1.510 倍,2、4、6 d 对照组相对于第 10 组的平均加权海明距离分别是第 13 组相对于第 10 组的平均加权海明距离的 2.239 倍,由此说明,用高效叶面肥保鲜蔬菜是可行的。试验范围内,试验组 13 的保鲜效果最好。

2.2 高效叶面肥混合液保鲜蔬菜效果评判

单一的活力多效素对蔬菜的保鲜效果不能令人很满意。根据表 1 所得结论,选择活力多效素质量分数为 0.1%,按照不同比例分别配合质量分数 3%VC 和质量分数 1%NaCl,利用维生素 C 的抗氧化作用以及氯化钠的抑菌作用,保鲜效果明显好于

单一活力多效素,结果见表 2。

由于各混合液保鲜效果变化及各指标变化过程呈不一致,以样品失重、维生素 C 质量分数变化、糖质量分数变化以及氨基酸质量分数变化为考核指标,各指标变化率越小则保鲜效果越好。测定结

果显示各试验组的考核指标变化轨迹有差异,特别是含有高效叶面肥活力多效素混合物处理蔬菜的各组,虽然最终结果较为明朗,但对效果评判仍显不足。因此仍利用模糊评判从数学角度获得合理结果。

表 2 混合物对保鲜效果影响

Tab. 2 Relation of Mixture Composition and vegetable fresh preservation effect

指标变化率/%	贮藏时间/d	对照组 (第 21 组)	质量分数 0.1% 活力多效素+ 质量分数 1% NaCl (第 22 组)	质量分数 0.1% 活力多效素+ 质量分数 3% VC (第 23 组)	质量分数 0.1% 活力多效素+ 质量分数 3% VC+质量分数 1% NaCl(体积比为 1:1:1) (第 24 组)	质量分数 0.1% 活力多效素+ 质量分数 3% VC+质量分数 1% NaCl(体积比为 2:1:1) (第 25 组)	质量分数 0.1% 活力多效素+ 质量分数 3% VC+质量分数 1% NaCl (体积比为 1:2:2) (第 26 组)
样品失重	0	0	0	0	0	0	0
	2	7.7	4.5	4.7	4.3	4.5	4.8
	4	27.1	6.4	6.7	5.4	6.0	6.5
	6		12.2	13.1	9.8	10.5	11.7
	8		18.6	19.7	12.1	13.8	15.8
糖质量 分数变化	0	0	0	0	0	0	0
	2	3.7	8.9	10.8	9.2	10.4	7.4
	4	-58.2	-5.7	-5.1	-3.1	0.61	-6.1
	6		-34.8	-31.6	-30.1	-41.1	-35.6
	8		-63.3	-61.4	-58.3	-66.9	-61.3
VC 质量 分数变化	0	0	0	0	0	0	0
	2	-10.4	0.47	1.4	0.46	0.92	0
	4	-20.5	-4.7	-9.8	0	-0.46	-5.0
	6		-10.3	-19.6	-0.92	-5.5	-9.6
	8		-20.1	-29.4	-5.0	-10.1	-15.1
氨基酸 质量分数 减少	0	0	0	0	0	0	0
	2	61.6	26.1	32.6	6.25	10.4	14.6
	4	98.4	54.3	60.9	52.1	56.3	60.4
	6		76.1	83.7	66.7	70.8	75.0
	8		94.6		92.1	93.3	93.8
外观形态	0		饱满、挺硬、鲜绿、有光泽				
	2	局部腐烂	新鲜、完好如初				
	4	严重腐烂	外层叶片局部变黄、萎缩	新鲜、完好无损			外层叶片局部变黄、萎缩
	6		局部腐烂	腐烂	新鲜、完好无损	外层叶片变黄、萎缩	局部腐烂
	8		外层叶片变黄、萎缩			局部腐烂	腐烂

根据表 2,设蔬菜保鲜 0 d 组为第 20 组,取因素集为{样品失重率,糖质量分数变化率,VC 质量分数变化率,氨基酸质量分数减少率,外观形态},

评价集为{2 d,4 d,6 d,8 d},与上同理得第 21~26 组相对于第 20 组的加权 Hamming 距离:

$$\begin{bmatrix} D_{211} & D_{212} & D_{213} & D_{214} \\ D_{221} & D_{222} & D_{223} & D_{224} \\ D_{231} & D_{232} & D_{233} & D_{234} \\ D_{241} & D_{242} & D_{243} & D_{244} \\ D_{251} & D_{252} & D_{253} & D_{254} \\ D_{261} & D_{262} & D_{263} & D_{264} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.358 & 0.880 & 0.963 & 0.963 \\ 0.0692 & 0.261 & 0.519 & 0.820 \\ 0.0732 & 0.308 & 0.633 & 0.894 \\ 0.0279 & 0.172 & 0.309 & 0.516 \\ 0.0314 & 0.178 & 0.420 & 0.646 \\ 0.0556 & 0.277 & 0.510 & 0.720 \end{bmatrix} \quad (3)$$

式(3)中, D_{251} 、 D_{252} 、 D_{253} 、 D_{254} 为第 25 组相对于第 20 组的加权 Hamming 距离, d_{251} 、 d_{252} 、 d_{253} 、 d_{254} 为第 25 组相对于标准组的加权 Hamming 距离,下标 25、20 分别表示第 25、20 组,最后一个下标 1、2、3、4 分别表示第 2、4、6、8 d,其余以此类推。

2、4、6、8 d 第 21 ~ 26 组相对于第 20 组的平均加权 Hamming 距离为:

$$\begin{bmatrix} D_{21} & D_{22} & D_{23} & D_{24} & D_{25} & D_{26} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.791 & 0.417 & 0.477 & 0.256 & 0.319 & 0.391 \end{bmatrix} \quad (4)$$

式(4)中, D_{21} 为 2、4、6、8 天第 21 组相对于第 20 组的平均加权 Hamming 距离,下标 21 表示第 21 组,其余以此类推。

试验组与标准组的距离越小,说明两者越接近,保鲜效果越好。由式(3)、(4)可知,对照组相对于第 20 组的加权海明距离及平均加权海明距离最大,各试验组相对于第 20 组的加权海明距离及平均加权海明距离均小于对照组。第 24 组相对于第 20 组的加权海明距离及平均加权海明距离最小,且第 2、4、6、8 d 对照组相对于第 20 组的加权海明距离分别是第 24 组相对于第 20 组的加权海明距离的 12.832、5.116、3.117、1.866 倍,2、4、6、8 d 对照组相对于第 20 组的平均加权海明距离分别是第 24 组相对于第 20 组的平均加权海明距离的 3.100 倍,由此说明,用高效叶

参考文献:

[1] 袁玉荪,朱婉华,陈钧辉.生物化学实验[M].北京:高等教育出版社,1988.196—200.
[2] 张龙翔,张庭芳,李令媛.生化试验技术和方法[M].北京:高等教育出版社,1997.1—3.
[3] 大连轻工业学院,华南理工大学,郑州轻工业学院,等.食品分析[M].北京:中国轻工业出版社,1999.
[4] 朱剑英.智能系统非经典数学方法[M].武汉:华中科技大学出版社,2001.
[5] 庄舜尧,曹志洪.叶面肥的研究与发展[J].土壤.1998,(5):230—234.
[6] Ouchikatsuya, Imashokeiji. Preservation of food [P]. 日本专利:JP10-179104, 1998-07-07.
[7] Ookubo, Takayasu. Quality keeping agent for food [P]. 日本专利:JP10-210958, 1998-08-11.
[8] G N Andreev, B Schrader, H Schulz, et al. Non-destructive NIR-FT-Raman analyses in practice. Part 1. Analyses of plants and synthetic textiles[J]. Fresenius J Anal Chem, 2001,371 :1009—1017.

万方数据

(责任编辑:朱明)

面肥混合液保鲜蔬菜是可行的。试验范围内,试验组 24 即质量分数 0.1%活力多效素+质量分数 3%VC + 质量分数 1%NaCl 组的保鲜效果最好。

2.3 保鲜机理及保鲜剂各组分功用

蔬菜保鲜的目的就是减缓细胞呼吸作用,延缓衰败进程,也就是延缓细胞衰老与死亡。常规的保鲜方法是采用隔绝氧气、抑制细胞内酶活力。采收的蔬菜无法通过根系从土壤获得养分,而高效叶面肥保鲜蔬菜则与之不同,通过叶面吸收提供细胞呼吸所需的营养物质,延长细胞存活期,为细胞培养提供了一条新途径。叶面肥的养分通过叶片的角质层和气孔进入植物体内。不同植物叶面结构存在差异,导致叶面肥吸收效果有差异。一般双子叶植物叶面积较大,叶片平展,表面角质层薄,溶液容易渗透,养分易被植物吸收运转^[5-8]。因此,用高效叶面肥保鲜蔬菜,要求被保鲜的蔬菜有叶片或者说保留蔬菜的叶片。植物对养分吸收具有选择性和适应性,即植物会按其本身的生物学特性有选择有比例地吸收养分,同时植物在不同生长发育阶段对养分的需求特性存在较大差异,在不同生长期对营养的要求不同。活力多效素是一种高效、广谱型植物营养剂,它能补充作物营养、平衡养分供给,调节生理功能,增强抗逆性,提高产量,对蔬菜具有明显的增产效果。单一的高效叶面肥活力多效素对贮藏的蔬菜影响显示,用于保鲜的高效叶面肥使用量明显低于植物生长所需,较高质量分数(1%)活力多效素与较低质量分数(0.01%)的活力多效素保鲜蔬菜效果均差于 0.1%活力多效素。

3 结 论

高效叶面肥保鲜蔬菜效果明显,在夏季 35 ℃左右的高温下,样品货架寿命可以保存 8 d 以上。运用模糊数学原理,对保鲜效果优良进行合理评判,质量分数 0.1%活力多效素+质量分数 3%VC + 质量分数 1%NaCl 组的保鲜效果最好。