

## 壳聚糖涂膜对鲜切苹果品质的影响

邓茵菲,唐 慧,田沛霖,杨 鑫,贾彩凤\*  
(华东师范大学生命科学学院,上海 200241)

**摘要:**以山东红富士苹果为原材料,研究了不同浓度复合的壳聚糖、抗坏血酸及柠檬酸对鲜切苹果的外观和内部品质的影响。采用 $L_9(3^4)$ 正交实验设计,测定了贮藏过程中各组鲜切苹果的腐烂率、色泽、pH、可滴定酸、还原性糖等指标的变化情况。根据模糊权重法对贮藏4d的鲜切苹果外观和内部品质进行了综合评定。结果表明:选用2.0%柠檬酸、1.0%壳聚糖配制涂膜液和0.5%抗坏血酸溶液作为护色液,对鲜切苹果具有良好的保鲜效果。

**关键词:**鲜切,壳聚糖,涂膜保鲜,正交实验

## Effect of chitosan coating on quality of fresh-cut apples

DENG Han-fei, TANG Hui, TIAN Pei-lin, YANG Xin, JIA Cai-feng\*

(School of Life Science, East China Normal University, Shanghai 200241, China)

**Abstract:** Using Shandong Red Fuji Apple as material, the effects of chitosan, ascorbic acid and citric acid on quality of fresh-cut apples were studied in the paper. The factors and levels were designed by  $L_9(3^4)$  orthogonal test, and the characteristics of fungal decay, color, pH, titratable acidity and reducing sugar content of apple slices were measured regularly. Assessment indicators of apple slices after 4 days' storage were determined by the fuzzy weight analytical method. The results showed that the optimum treatment was respectively as follows: 1.0% chitosan dissolved in 2.0% citric acid solution as preservative and 0.5% ascorbic acid solution as color fixative.

**Key words:** fresh-cut; chitosan; coating storage; orthogonal test

中图分类号: TS255.3

文献标识码: A

文章编号: 1002-0306(2010)04-0122-04

鲜切苹果是指经挑选、清洗、整修、去皮、切分、保鲜等处理,用塑料薄膜袋或塑料托盘盛装,再外覆塑料薄膜包装的新鲜苹果,因其便利、新鲜、清洁、卫生的特点,消费量正迅速增大<sup>[1]</sup>。然而,苹果经切割后,水分散失加快、呼吸强度增加,果肉发生褐变,营养物质流失以及微生物侵染,降低了鲜切苹果的商品价值<sup>[2]</sup>。因而鲜切水果的保鲜研究尤为重要。目前国内外采用涂膜保鲜技术将具有成膜性的物质如壳聚糖等通过浸渍、涂布、喷洒等方法涂敷在食品表面,从而抑制食品内外气体、水分和溶质交换及阻碍微生物侵染,可达到较好的保鲜防腐效果<sup>[3]</sup>。壳聚糖是甲壳质经脱乙酰基后得到的天然高分子产物,是一种可食性膜,无味、无毒、无害,可被生物降解,同时还可减少胃酸、抑制溃疡,所以用其处理鲜切苹果,不仅对人体无害,而且有益<sup>[4]</sup>。目前关于壳聚糖涂膜已有不少报道,但多采用乙酸溶液溶解壳聚糖,而尚未见采用抗氧化剂柠檬酸溶解壳聚糖来进行鲜切苹果的保鲜研究。本实验考察了壳聚糖涂膜液及抗坏血酸护色液对鲜切苹果外观和内部品质的影响,拟通过正交实验设计确定最佳配方,从而为鲜切苹果的工艺技术研究提供理论基础。

## 1 材料与方法

## 1.1 实验材料

山东红富士苹果 完全成熟,无病、虫、伤,大小均匀;壳聚糖 上海伯奥生物科技有限公司,食品级,脱乙酰度 $\geq 90\%$ ,粘度 $< 100\text{cps}$ ;柠檬酸、抗坏血酸 食用级;其他化学试剂 均为分析纯。

## 1.2 样品处理

1.2.1 涂膜液及护色液的配制 称取一定量的壳聚糖溶于1.0%、1.5%、2.0%的柠檬酸溶液中,得到澄清胶状溶液即为壳聚糖涂膜液。再配制浓度为0.5%、1.0%、1.5%的抗坏血酸溶液作为护色液。

1.2.2 工艺流程 清洗苹果,削皮,将果肉切分成约0.5cm的薄片。随机分成10组,前9组采用正交实验的不同配方进行处理,第十组为不做处理的空白对照组。每组苹果先用护色液浸泡5min( $W:V=1:2$ )。晾干后,再分别在不同浓度的壳聚糖涂膜液中浸泡5min( $W:V=1:1$ )。取出后自然风干2h,装入纸盘中,用保鲜膜密封包装,放入25℃恒温箱贮藏。

## 1.3 实验方案

本实验选取正交表 $L_9(3^4)$ 安排实验,共三因素三水平,见表1。其中,1组处理为 $A_1B_1C_1$ ,2组为 $A_1B_2C_2$ ,3组为 $A_1B_3C_3$ ,4组为 $A_2B_1C_2$ ,5组为 $A_2B_2C_3$ ,6组为 $A_2B_3C_1$ ,7组为 $A_3B_1C_3$ ,8组为 $A_3B_2C_1$ ,9组为 $A_3B_3C_2$ ,以不做任何处理的样品为对照组。

收稿日期:2009-05-31 \*通讯联系人

作者简介:邓茵菲(1988-),女,本科在读,研究方向:食品生物化学。

基金项目:华东师范大学2008年度大夏大学生科研基金项目(121)。

表1 因素实验因素水平表

水平	因素		
	A 柠檬酸(%)	B 壳聚糖(%)	C 抗坏血酸(%)
1	1.0	0.5	0.5
2	1.5	1.0	1.0
3	2.0	1.5	1.5

1.4 测定指标和方法

1.4.1 腐烂率 参照文献[5]。

1.4.2 色泽 由10名专业人员根据贮藏后样品色泽的可接受程度进行分级评分,满分9分,分成3等:1~4表示乐意接受;4~6表示一般,稍有褐变迹象;6~9表示不可接受,褐变严重,不可食用[6]。

1.4.3 pH和可滴定酸 参照文献[7],其中可滴定酸以苹果酸为换算系数计算。

1.4.4 还原性糖 参照GB6194-86。

1.5 综合指数的评定方法

根据卫卫星等人提出的模糊权重法[8],分别计算鲜切苹果4种指标(腐烂率、色泽、可滴定酸和还原性糖)的评定指数,评定指数愈大,表明鲜切苹果的贮藏效果愈好。再赋予不同评定指数以权重,分别计算鲜切苹果外观品质综合指数及内部品质综合指数。计算方法见式(1)和式(2):

$$\text{鲜切苹果外观品质综合指数} = 0.5 \times \text{腐烂率的评定指数} + 0.5 \times \text{色泽的评定指数} \quad \text{式(1)}$$

$$\text{鲜切苹果内部品质综合指数} = 0.5 \times \text{可滴定酸的评定指数} + 0.5 \times \text{还原性糖的评定指数} \quad \text{式(2)}$$

2 结果与分析

2.1 腐烂率

如图1所示,贮藏到第2d,9组正交实验组均未出现腐烂现象,而对照组样品有菌体生长。第4d时,对照组样品已全部腐烂,出现黑色菌斑;第1、2、3、4组的部分样品出现黑色絮状菌丝,腐烂率分别达到14.3%、12.5%、26%、23.7%;而第5、6、7、8、9组腐烂率较低。第6d时,第1、2、3、4组腐烂率继续升高,且出现黑色菌斑;第5、6、7、8、9组腐烂率升至16.2%、9.8%、17.5%、11.4%和7.4%。第10d时,各组样品均腐烂。

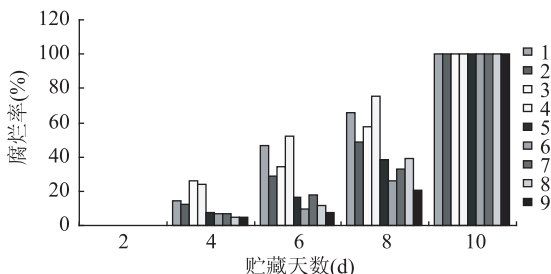


图1 9组正交实验组鲜切苹果的腐烂情况

上述结果表明,与对照组相比,壳聚糖涂膜处理可降低苹果切片的真菌病害发病率,减缓菌斑的扩散,从而有效防止病害的发生。壳聚糖的作用机理是其在苹果切片表面形成了保护膜,防止了致病菌的侵染。Reddy等人通过实验验证在壳聚糖存在下,菌体的细胞膜和细胞壁受到破坏,孢子活力降低,并可诱导植物组织植保素的合成与积累[9]。另外,9组

实验组实验结果的差异可能是由于不同实验组样品表面的壳聚糖涂膜层的厚度差异造成的,即柠檬酸溶液通过影响壳聚糖在其中的溶解行为,造成了不同的实验组成膜性的差异。实验中,较1、2、3、4组,第5、6、7、8、9组腐烂率上升较慢,推测1.5%~2.0%浓度的柠檬酸溶液在实验条件下对于壳聚糖具有更好的溶解性能。

2.2 色泽

如表2所示,随着贮藏天数的增加,鲜切苹果的色泽接受程度逐渐降低。0d时,对照组的苹果在去皮、切片后,迅速发生褐变,而9个实验组的苹果果肉为浅白色,接受度较高。第2d时,9个实验组苹果果肉颜色略转为浅黄,接受度保持较高水平,但不同组接受程度不同。其中第7组果肉颜色浅白,色泽评分为1.2,采用Duncan新复极差测验法,表明该组与其他组均存在极其显著的差异(P = 0.000 < 0.001)。到第4d,各组接受程度继续降低,但各组下降速度不同,其中第1组下降最快,分值跌出可以接受的范围。

表2 9组正交实验组鲜切苹果的色泽评分

时间(d)	2	4	6
1	2.5	6.2	7.9
2	2.7	5.5	7.1
3	2.5	5.1	6.9
4	2.3	4.5	6.2
5	3	3.9	5.4
6	2.3	3.1	5.0
7	1.2	3.3	4.9
8	2.8	3.5	5.2
9	3.1	3.6	5.5

注:1~4表示乐意接受;4~6表示一般;6~9表示不可接受。

2.3 pH和可滴定酸

图2表明,各组样品pH和可滴定酸的变化较复杂。一方面由于随贮藏天数的增加,失水率增加,会造成含酸量的升高;而且到贮藏末期,腐烂率迅速增加,微生物的活动使样品积累了一定量的酸性物质,也会导致样品pH和可滴定酸发生较大幅度的改变。

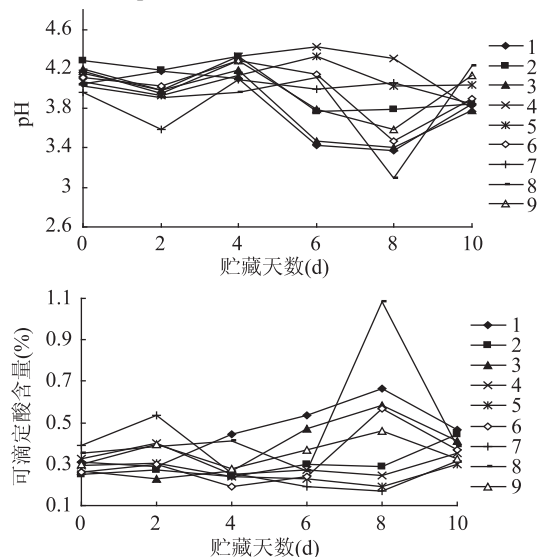


图2 9组正交实验组鲜切苹果的pH和可滴定酸变化情况

另一方面,呼吸作用等生理活动会消耗有机酸。到第10d,由于所有组的腐烂率都为100%,且各组失水率、呼吸所消耗的有机酸量达到最大值,各组pH和可滴定酸指标值差异不显著( $P > 0.05$ ),处于同一范围内。

## 2.4 还原性糖

壳聚糖涂膜液的作用机理之一就是成膜后可调节样品内的氧气和二氧化碳浓度,使其呼吸作用减弱,延缓呼吸作用造成的营养成分(如糖类)的损失,达到保鲜的目的<sup>[4]</sup>。由图3可知,随着贮藏天数的增加,苹果切片的还原性糖含量先略有增加后又呈下降趋势。前期还原性糖含量的增加主要是由于鲜切产生的机械损伤导致逆境下生理生化反应加快,淀粉、果胶、半纤维素和纤维素等物质迅速降解为还原性糖;而后期由于呼吸作用的消耗使还原性糖含量下降。

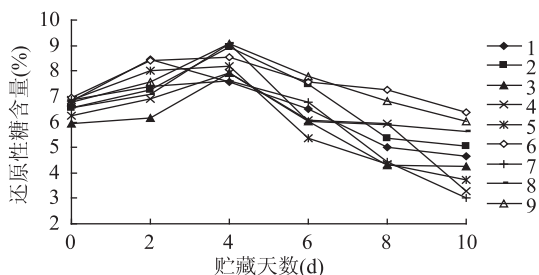


图3 9组正交实验组鲜切苹果的还原性糖变化情况

## 2.5 涂膜液及护色液配方的优化

由模糊权重法计算各实验组各评定指标的评定指数,由式(1)、式(2)计算各实验组外观品质和内部品质综合指数。第4d时各组腐烂率较低,鲜切苹果保持了一定的外观和内部品质,而第6d以后各组腐烂率普遍增加,会引起可滴定酸、还原性糖含量等指标的较大改变,并且各实验组的鲜切苹果外观及内部品质已有较大程度的下降,失去了可比性,故以第4d的实验数据进行分析,结果见表3。再进行正交实验数据分析,结果见表4。

表3 9组正交实验组鲜切苹果贮藏4d后的各项评定指数

评定指数	腐烂指数	色泽指数	外观品质综合指数	可滴定酸指数	还原性糖指数	内部品质综合指数
1	33.06	4.20	18.63	1.0000	0	1.0000
2	37.86	4.87	21.37	0.1947	0.9093	1.1040
3	18.08	5.33	11.71	0.3009	0.2369	0.5378
4	19.85	6.17	13.01	0.2257	0.2340	0.4597
5	63.25	7.27	35.26	0.1991	0.4145	0.6136
6	68.78	9.41	39.10	0	0.6416	0.6416
7	70.83	8.78	39.81	0.2434	0.0312	0.2746
8	95.00	8.22	51.61	0.8717	1.00	1.8717
9	93.13	7.96	50.55	0.3451	0.9920	1.3371

从鲜切苹果外观品质角度考虑,通过比较表4的极差R可知,各因素对鲜切苹果外观品质影响的主次顺序为:柠檬酸>壳聚糖>抗坏血酸。再由表4的k值可知,随着柠檬酸浓度的增大,鲜切苹果外观品质综合指数也逐渐升高,保鲜效果增强,可推测随着柠檬酸浓度的继续增大,外观品质综合指数将有

升高趋势。还可发现,随着壳聚糖浓度的增大,外观品质综合指数为先上升后下降的趋势。通过选取表4中各因素最大k值对应的水平,可得最佳的涂膜液及护色液配方为 $A_3B_2C_1$ ,即由2%柠檬酸和1.0%壳聚糖配制涂膜液,0.5%抗坏血酸作为护色液。

表4  $L_9(3^4)$ 正交实验结果(25℃下贮藏4d)

因素	A 柠檬酸	B 壳聚糖	C 抗坏血酸
$k_1$	17.24	23.82	36.45
$k_2$	29.12	36.08	24.73
$k_3$	47.32	33.79	28.93
R	30.08	9.97	7.52
$k'_1$	0.8806	0.5781	1.1711
$k'_2$	0.5716	1.1964	0.9670
$k'_3$	1.1611	0.8295	0.4753
R'	0.5895	0.6183	0.6958

注: $k_1$ 、 $k_2$ 、 $k_3$ 、R为鲜切苹果外观品质综合指数的分析数据, $k'_1$ 、 $k'_2$ 、 $k'_3$ 、R'为鲜切苹果内部品质综合指数的分析数据。

从鲜切苹果内部品质角度考虑,通过比较表4极差R'和k'值可知:各因素对鲜切苹果内部品质影响的主次顺序为:抗坏血酸>壳聚糖>柠檬酸;随着抗坏血酸浓度的增大,鲜切苹果内部品质综合指数呈下降趋势。还发现,随着壳聚糖浓度的增大,内部品质综合指数先上升后下降,这与壳聚糖浓度增大时外部品质综合指数的变化趋势类似。通过选取表4中各因素最大k'值对应的水平,可得最佳的涂膜液及护色液配方也为 $A_3B_2C_1$ 。

## 3 讨论与结论

外观品质方面,9组实验组经护色液及涂膜液处理,与对照组相比,可有效延缓鲜切苹果的腐烂,使切片保持较好的色泽。实验条件下影响鲜切苹果外观品质的主次顺序为:柠檬酸>壳聚糖>抗坏血酸。其中,柠檬酸浓度对外观品质的影响最为显著,原因有二:一方面柠檬酸可螯合金属离子,通过抑制多酚氧化酶等的活力,起到防止褐变,防腐杀菌,延缓切片色泽变化的作用;另一方面壳聚糖涂膜液的保鲜效果取决于其在样品表面形成的涂膜层的厚度,只有当膜厚度适宜时,才可能取得较理想的保鲜效果,而柠檬酸的不同浓度会影响壳聚糖在其中的溶解程度<sup>[10]</sup>,造成成膜性的差异而影响保鲜效果。

内部品质方面,前期有机酸主要由于呼吸作用而消耗,使含量降低,后期由于失水率和腐烂率的升高,含量上升。切片还原性糖含量呈先增加后下降的趋势。实验条件下影响鲜切苹果内部品质的主次顺序为:抗坏血酸>壳聚糖>柠檬酸。抗坏血酸作为抗氧化剂,可减轻切片表面褐变程度,从而延缓参与褐变反应的糖、维生素等营养含量的下降,使鲜切苹果保持一定的营养价值和外观品质<sup>[11]</sup>。同时,壳聚糖可阻止鲜切苹果在贮藏期间糖分和含酸量的下降,在保持鲜切苹果内部品质方面有良好的效果。由于抗坏血酸易被氧化而失效,可将其溶于壳聚糖涂膜液,进一步探讨是否该种处理方法比分开使用抗坏血酸水溶液和壳聚糖涂膜液具有更好的防褐变作用。

(下转第128页)

### 3 讨论与结论

滚揉腌制是近年来很多西式肉制品现代工艺采用的技术方法,是一个比较年轻的工艺,滚揉腌制是机械作用和化学作用有机融合的典型工序。本实验通过对四种不同滚揉腌制工艺处理后的猪肉色泽进行分析比较发现,加压滚揉腌制时间比传统的真空滚揉腌制时间降低了 33.3%,时间由传统的真空滚揉腌制 12h 缩短至加压滚揉腌制 8h,使得猪后腿肉的色泽达到了传统工艺水平,表明加压滚揉腌制能更有效地提高内部水分传质渗透速度,加速腌制液的渗透和吸收,促进腌制液中各个成分发挥作用,有效缩短工艺时间。

从本实验的结果看,猪后腿肉在滚揉腌制过程中,明度值  $L^*$  上升,红度值  $a^*$  下降,肉块呈现亮红色,亚硝酸盐与肌红蛋白等成分发生了反应,其中脱氧肌红蛋白、高铁肌红蛋白 (MetMb) 和氧合肌红蛋白发生了互变,常压和呼吸滚揉处理的肉块  $MbO_2$  增加,DeoxyMb 下降,MetMb 变化不显著;真空和加压滚揉处理的肉块  $MbO_2$ 、MetMb 减少,DeoxyMb 减少不显著。而腌制过程中发色率上升明显,推测有亚硝基血红素的生成。其中加压滚揉处理时,腌制液吸入挤出的程度最大,影响最显著。

#### 参考文献

- [1] 刘宏祥. 肉类腌制设备与工艺的改进[J]. 肉类工业, 2000;1-3.
- [2] 张瑞宇. 物理新技术改进肉类肌肉质构的机理和应用[J]. 重庆工商大学学报, 2005, 22(1): 44-48.
- [3] 吴亚杰. 滚揉技术浅析[J]. 肉类工业, 2005(4): 45-46.
- [4] 冯改霞. 滚揉技术在肉制品中的应用[J]. 肉类工业, 2002(3): 10-11.

(上接第 124 页)

在实验条件下,随着壳聚糖浓度的增大,鲜切苹果外观和内部品质综合指数都呈先上升后下降的趋势,表明并不是壳聚糖浓度越大,就为最佳的浓度,而是超出或低于某浓度,保鲜效果就会下降,这与王娟慧等人<sup>[12]</sup>的研究结果相似。综合鲜切苹果外观品质和内部品质角度考虑,得出实验条件下最佳配方为  $A_3B_2C_1$ : 即 2.0% 柠檬酸和 1.0% 壳聚糖配制涂膜液,0.5% 抗坏血酸作为护色液。

#### 参考文献

- [1] 高愿军,南海娟,郝亚勤. 鲜切苹果品质保持研究[J]. 食品科学, 2006, 27(8): 254-258.
- [2] Rolle R S, Chism G W. Physiological consequences of minimally processed fruits and vegetables [J]. Journal of Food Quality, 1987, (10): 157-177.
- [3] 张志健,李新生. 食品防腐保鲜技术[M]. 上海: 科学技术文献出版社, 2006: 73-75.
- [4] 蒋挺大. 壳聚糖[M]. 北京: 化学工业出版社, 2006: 265-268.
- [5] 潘永贵,段琪,陈维信. 壳聚糖涂膜处理对鲜切杨桃的保

- [5] 焦晓霞. 西式火腿加工的技术要点[J]. 肉类工业, 2001(3): 14-115.
- [6] Cassens R G. Use of sodium nitrite in cured meats today [J]. Journal of Food Technology, 1995(7): 72-80.
- [7] 周光宏,徐幸莲,等. 肉品学[M]. 北京: 中国农业科技出版社, 1999: 221-236.
- [8] Gerrard DE, et al. Beef marbling and color score determination by image processing [J]. Journal of Food Science, 1996, 61(1): 145-148.
- [9] Lu J, Tan J. Application of nonlinear transforms to the image processing [J]. Paper No. 983016, ASAE, 1998, St. Joseph, ML.
- [10] Lu J, et al. Evaluation of pork color by using computer vision [J]. Meat Science, 2000(56): 57-60.
- [11] Tan FJ, et al. Assessment of fresh pork color with color machine vision [J]. Journal of Animal Science, 2000(78): 3078-3085.
- [12] 孙京新. 冷却猪肉肉色质量分析与评定及肉色稳定性研究[D]. 南京农业大学博士论文, 2004.
- [13] Norman J L, Berg E P, Eilersieck M R, et al. Prediction of color and pH measurement throughout boneless center-cut pork loins [J]. Meat Science, 2004(66): 273-278.
- [14] 张伟力. 猪肉肉色与酸度测定方法[J]. 养猪, 2002(1): 30-31.
- [15] Hornsey HC. The color of cooked cured pork [J]. Journal of the Science of Food and Agriculture, 1956(7): 534-540.
- [16] Krzywicki K. Assessment of relative content of myoglobin, oxymyoglobin and metmyoglobin at the surface of beef [J]. Meat Science, 1979(3): 1-10.
- [17] AMSA. Guidelines for meat color evaluation [C]. In Proceedings 44th Annual Reciprocal Meat Conference, Kansas, USA, 1991(6): 1-17.

鲜效果[J]. 热带作物学报, 2008, 29(2): 145-149.

- [6] 曾文兵. 可食性复合涂膜保鲜剂对延长鲜切苹果货架期的研究[J]. 食品科学, 2006, 27(2): 262-265.
- [7] Pilar Herna'ndez-Muñoz, Eva Almenar, Valeria Del Valle, et al. Effect of chitosan coating combined with postharvest calcium treatment on strawberry (*Fragaria ananassa*) quality during refrigerated storage [J]. Food Chemistry, 2008, 110: 428-435.
- [8] 卫文星,张红,卫双玲. 芝麻品种的综合评价法[J]. 中国油料, 1994, 16(3): 19-21.
- [9] Reddy MVB, Belkacemi K, Corcuff R, et al. Effect of pre-harvest chitosan sprays on post-harvest infection by *Botrytis cinerea* and quality of strawberry fruit [J]. Postharvest Biology and Technology, 2000, 20(1): 39-51.
- [10] 季方,赵希荣. 壳聚糖-柠檬酸复合物的制备与研究[J]. 中国食品添加剂, 2004(6): 38-45.
- [11] E A Baldwin, M O Nisperos, X Chen, et al. Improving storage life of cut apple and potato with edible coating [J]. Postharvest Biology and Technology, 1996(9): 151-163.
- [12] 王娟慧,谭兴和,熊兴耀,等. 壳聚糖涂膜对鲜切马铃薯保鲜效果的影响[J]. 食品工业科技, 2007, 28(8): 218-215.