

doi:10.3969/j.issn.1674-7100.2014.02.006

食品包装用凝胶型二氧化碳指示标签研究

胡云峰^{1,2}, 陈君然¹, 贺业鑫¹, 胡晗艳¹, 崔瀚元²

(1. 天津科技大学 食品营养与安全省部共建教育部重点实验室, 天津 300457; 2. 天津市食品加工工程中心, 天津 300457)

摘要: 在前期研究的基础上, 以质量分数为5%且质量之比为3:2的甲基红和溴百里酚蓝混合溶液为二氧化碳指示剂, 甲基纤维素和甘油为主要成胶材料, 制备了凝胶型二氧化碳含量指示标签。研究了凝胶与指示溶液在变色过程中的吻合度, 及运用该凝胶制备指示膜的最佳配方。研究表明: 适量浓度甲基纤维素制备的凝胶与指示溶液变色吻合度较高, 对指示剂颜色变化无影响, 可作为指示标签的主要成膜材料; 结合甲基纤维素凝胶的黏度、变色响应时间、挂壁百分比及流延性能等指标, 确定出成胶的最适甲基纤维素添加质量分数范围为1.6%~1.8%; 运用甲基纤维素质量分数为1.6%~1.8%凝胶制备指示膜的过程中, 适宜的甘油添加量可以使成膜表面光滑、平整, 并有利于水分的保持; 最终确定指示标签的最佳制备条件为甲基纤维素的添加质量分数为1.8%, 甘油的添加体积分数为4%。

关键词: 食品包装; 二氧化碳; 指示标签; 凝胶

中图分类号: TS255.3

文献标志码: A

文章编号: 1674-7100(2014)02-0027-07

Study on Gel-Type Carbon Dioxide Indicator Label Used in Food Packaging

Hu Yunfeng^{1,2}, Chen Junran¹, He Yexin¹, Hu Hanyan¹, Cui Hanyuan²

(1. Key Laboratory of Food Nutrition and Safety, Ministry of Education, Tianjin University of Science and Technology, Tianjin 300457, China; 2. Tianjin Food Engineering Center, Tianjin 300457, China)

Abstract: On the basis of previous research, the gel-type carbon dioxide indicator label was studied. The indicator label consists of carbon dioxide indicator solution and gelling solvent. The mass concentration of the indicator solution was 5% and the indicator was composed of 3/5 methyl red and 2/5 bromothymol blue. Methyl cellulose and glycerol were the primary materials to make the gel. The goodness-of-fit during the color changing process of the gel and the indicating liquid were studied. Then the optimum formulation for the indicator film was studied by using the gel. Results show that: the gel made by appropriate concentration of methyl cellulose had a high goodness-of-fit with color change of indicator solution. As it had no effect on color change of indicator solution, so it could be used as the main film forming material to develop the indicator label. Considering overall indexes of viscosity, response time of color change, the hanging wall percentage and casting performance, the optimum additive mass fraction of methylcellulose was got as being 1.6%~1.8% to make the indicator gel. During the process of making the indicator film by using the gel which contained 1.6~1.8 g/100 g methylcellulose, it was found that appropriate additive amount of glycerol could make the membrane smooth and flat, while it was good for keeping moisture. Finally the optimum condition of making the label was got: the adding mass fraction of methyl cellulose was 1.8% and the adding volume fraction of glycerol was 4%.

Key words: food packaging; carbon dioxide; indicator label; gel

收稿日期: 2013-12-30

作者简介: 胡云峰(1966-), 女, 安徽黄山人, 天津科技大学研究员, 主要从事食品加工与保鲜方面的研究,

E-mail: hu-yf@163.com

0 引言

目前,食品包装内二氧化碳含量的变化主要用仪器进行测定,但仪器测试成本普遍过高,因此,开发一种快捷、低廉的气体成分指示方法具有较高的应用价值。新鲜度指示卡类包装属于智能包装中的一种,它通过指示卡中的特定试剂与食品在储存过程中产生的某些特征气体发生反应而产生特征颜色变化,以指示、判断食品的新鲜程度^[1-3]。目前,新鲜度指示卡在国内外得到了广泛的研究,已经研制出针对鸡肉^[4]、鱼肉^[5-7]、点心^[8]等不同食品的新鲜度指示卡。

智能型凝胶因对 pH 值、温度等外界刺激能够产生较为敏感的反应而在生物、医药等领域得到了广泛的研究,并且已经开发出了多种 pH 值指示凝胶,如刘颖等人^[9]采用正硅酸乙酯(tetraethoxysilane, TEOS)、乙醇、Triton X-100、甲基红、甲基黄、溴甲酚蓝、百里酚酞及酚酞,制备了 pH 值变色范围在 1.0~10.0 的 pH 指示凝胶。因此,可以利用二氧化碳水解呈酸性的原理制备 pH 指示剂变色凝胶,对食品包装中二氧化碳的浓度进行检测。早在 20 世纪 60 年代初, Ray F. Lawdermilt^[13]就运用 CO₂ 的优良吸收剂(KOH 溶液)和 pH 指示剂(碱性品红),研制了一种可以指示乳品酸度的指示标签。Seok-In Hong 等人^[14]根据泡菜发酵过程中二氧化碳含量的变化,制备了可以指示韩国泡菜成熟度的指示薄膜。科研工作者们经过广泛的研究,根据不同食品释放二氧化碳速率的差异,采用多种 pH 指示剂,如溴百里酚蓝、溴甲酚绿、溴甲酚紫、甲基红、二甲酚蓝等^[10],进行复配,并采用了更加灵敏、快捷的共混挤出吹塑成型法、涂膜法、浸渍法等方法制备了各种 pH 指示标签^[11-12]。本研究拟在前期工作的基础上,选用甲基红、溴百里酚蓝为指示剂,探讨以 pH 敏感型凝胶材料甲基纤维素为主要成胶溶剂制备二氧化碳含量指示标签的最佳制备条件,以为食品智能包装设计提供一定的理论参考依据。

1 材料与方 法

1.1 材料与设备

1) 主要试剂

甲基红、溴百里酚蓝,均为分析纯,由天津市化学试剂三厂生产;

甲基纤维素,分析纯,由天津海普瑞精细化工有限公司生产;

甘油,分析纯,由天津市大茂化学试剂厂生产;

聚乙二醇-400,分析纯,由天津市赢达稀贵金属试剂厂生产;

三乙醇胺,分析纯,由天津市北方天医化学试剂厂生产。

2) 仪器与设备

78-1 型电磁搅拌器,由金坛市江南仪器厂生产;

WDW-20H 型微机控制电子式万能试验机,由济南中路昌试验机制造有限公司生产;

NDJ-9S 数字式黏度计,由上海衡平仪器仪表厂生产;

18 系列紫外可见分光光度计,由北京普析通用仪器有限责任公司生产;

CH-1-S 型薄膜测厚仪,由上海庆拓仪器设备有限公司生产;

CM-3600d 型色差计,由日本 KONICA MINOLTA 公司生产。

1.2 试验方法

1.2.1 指示标签制备工艺流程

指示标签的制备工艺流程如下:指示溶液→加热→加入增塑剂→搅拌→加入甲基纤维素→磁力搅拌至自然冷却→离心脱泡→倒平板(直径 90 mm)→晾干 24 h 成膜→揭膜。

1.2.2 甲基纤维素的凝胶性能研究

取 100 mL 质量分数为 5% 的甲基红和溴百里酚蓝混合液,且甲基红和溴百里酚蓝的质量之比为 3:2;将混合溶液置于烧杯中,并且加入溶液体积 5% 的甘油;水浴加热,达 70 °C 后,分别加入质量分数为 1.4%, 1.6%, 1.8%, 2.0%, 2.2%, 2.4% 的甲基纤维素,迅速搅拌使其形成均匀的甲基纤维素溶液,分别测定以下相关指标。

1) 黏度

在 20 °C 条件下,用 NDJ-9 型旋转黏度计测试各不同配比所得甲基纤维素膜液的黏度,每个样品测试 3 次,取平均值^[15]。

2) 变色响应时间

分别取 1 mL 制备好的各甲基纤维素凝胶溶液,放入气调袋中,用充气包装机向气调袋内充入体积分数为 100% 的 CO₂ 气体,并记录溶液全部变为红色时所消耗的时间。

3) 挂壁百分比

即测定制备的甲基纤维素溶液在完全依靠重力作用的情况下,滞留溶液(流出的部分溶液与总量的差值)与总量的质量比。分别取 50 mL 制备的各甲基纤维素溶液,倒入 50 mL 比色管中,然后将其倒置,测定流出部分的质量,并进行计算。

4) 流延性能

分别取 10 mL 不同配比所得甲基纤维素溶液, 倒入直径为 8 cm 的平板中, 计量溶液自然铺散整个器皿底部所需要的时间^[16]。

1.2.3 成膜材料的工艺优化

1) 甲基纤维素添加量

根据甲基纤维素的凝胶性能分析结果, 选取成胶性能较好的甲基纤维素添加量^[17]进一步作甲基纤维素的成膜工艺优化。分别选取添加有质量分数为 1.4%, 1.6%, 1.8% 和 2.0% 的甲基纤维素溶液, 并且添加体积分数为 3% 的甘油做增塑剂, 倒板量为 10 mL, 通过测定各膜的性能指标, 以确定最佳的甲基纤维素添加量。

2) 增塑剂添加量

取甲基红和溴百里酚蓝混合液, 按质量分数为 1.8% 的添加量添加甲基纤维素, 分别选用甘油、聚乙二醇-400、三乙醇胺作为增塑剂, 且增塑剂添加体积分数为 5%^[18]。通过测定各膜的性能指标, 以确定最佳的增塑剂添加量。

3) 甘油添加量

保持甲基纤维素的添加质量分数为 1.8% 不变, 改变甘油的添加体积分数, 分别为 0, 1%, 2%, 3%, 4%, 5%, 6%, 制作薄膜, 倒板量为 10 mL^[19]。通过测定各膜的性能指标, 以确定最佳的甘油添加体积分数。

1.2.4 膜性能指标的测定

1) 膜厚度

用 CH-1-S 型薄膜测厚仪(测量精度为 0.001 mm), 在被测试样上随机取至少 5 个点, 测量薄膜各点的厚度, 取平均值。

2) 透光率

将试样裁成 10 mm × 40 mm 的条状, 紧贴于比色皿的一侧, 用紫外分光光度计在 400~800 nm 的波长范围内测定其透光率, 并以空比色皿作为对照。每个试验至少测 5 个平行试样, 取平均值。

3) 抗拉强度和断裂伸长率

根据 GB1040.3—2006-T《塑料拉伸性能的测定 第 3 部分: 薄膜和薄片的试验条件》, 将试样裁成 20 mm × 100 mm 的长条, 在万能拉伸试验机上以 150 mm/min 的速度测定膜的抗拉强度和断裂拉伸率, 每个试验至少做 5 个平行样品, 取平均值。

2 结果与分析

2.1 甲基纤维素浓度对凝胶黏度的影响

图 1 所示为试验所得甲基纤维素添加质量分数

对凝胶黏度的影响结果。

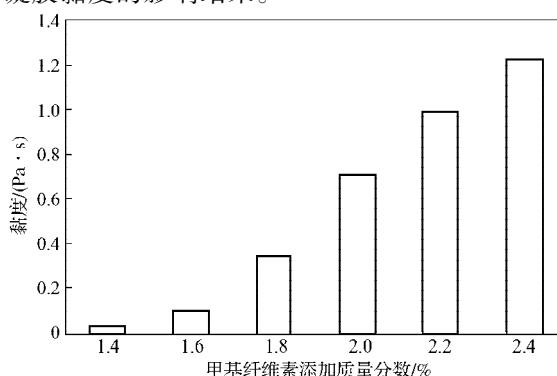


图 1 甲基纤维素浓度对凝胶黏度的影响

Fig. 1 Effect of concentration of methyl cellulose on viscosity of the gel

由图 1 可看出, 随着甲基纤维素添加质量分数的增加, 溶液的黏度呈不断增大的变化趋势。且当甲基纤维素的添加质量分数在 1.4%~2.0% 时, 其添加质量分数每提高 0.2%, 黏度值成倍数增加, 当添加质量分数大于 2.0% 后, 其黏度增加的趋势开始减缓。说明溶液浓度对黏度值增量的影响呈抛物线趋势, 在 1.6% 和 2.0% 之间应该有一个峰值。结合溶胶时带气泡量的多少, 选定甲基纤维素添加质量分数为 1.6%~1.8% 的添加量较为适宜。

2.2 甲基纤维素浓度对凝胶变色响应时间的影响

图 2 所示为试验所得甲基纤维素的添加质量分数对凝胶变色响应时间的影响结果。

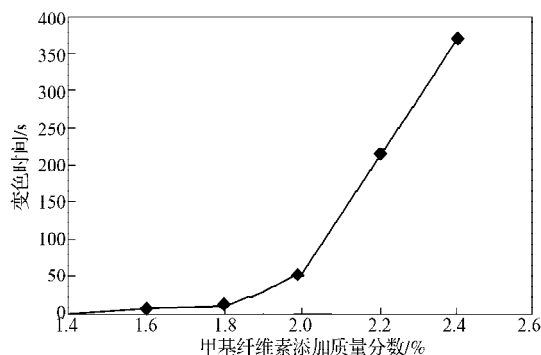


图 2 甲基纤维素浓度对凝胶变色响应时间的影响

Fig. 2 Effect of concentration of methyl cellulose on discolored response time of the gel

由图 2 可知, 甲基纤维素的添加质量分数越大, 凝胶变色时间越长。当甲基纤维素的添加质量分数为 1.4% 时, 10 s 以内凝胶均可以变色; 当甲基纤维素添加质量分数超过 2.0% 时, 凝胶变色时间会明显延长: 甲基纤维素添加质量分数为 2.0% 时, 凝胶变色时间达到了 53 s, 甲基纤维素添加质量分数为 2.2% 时, 凝胶变色响应时间为 212 s; 当甲基纤维素的添加质量分数为 2.4% 时, 变色时间大于 367 s, 且此时凝胶内部还存在少量未变色部分。出现这一现象的

原因,可能是甲基纤维素浓度过大,分子间结合过于紧密,导致CO₂在分子间传递的阻力变大,从而使溶液内部变色困难。鉴于灵敏度的考虑,甲基纤维素的添加质量分数需要控制在1.8%以下。

2.3 甲基纤维素浓度对凝胶挂壁百分比的影响

图3所示为试验所得甲基纤维素添加质量分数对凝胶挂壁百分比的影响结果。

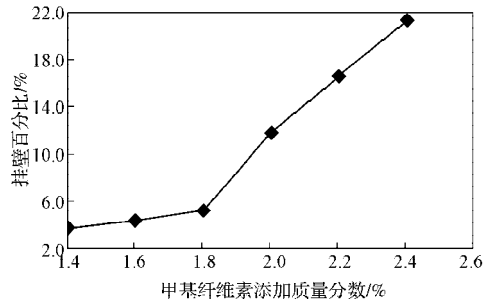


图3 甲基纤维素浓度对凝胶挂壁百分比的影响

Fig. 3 Effect of concentration of methyl cellulose on hanging wall percentage of the gel

由图3中可以看出,甲基纤维素的添加质量分数在1.8%以下时,溶液挂壁百分比均可控制在5.0%以下,用刀片刮下残留部分,这些部分能重新慢慢融入倒出的部分之中,且不会产生气泡;当甲基纤维素添加质量分数为2.2%时,溶液挂壁百分比达到了16.6%,而甲基纤维素添加质量分数达2.4%时,不单溶液流出比色管的时间较长,挂壁百分比更是达到了21.3%,存在严重的浪费现象,若用刀片将残存的液体刮出,此过程中极易产生气泡。以上结果说明,鉴于挂壁百分比的判断,甲基纤维素的添加质量分数不宜超过1.8%。

2.4 甲基纤维素浓度对流延性能的影响

图4所示为试验所得甲基纤维素添加质量分数对凝胶流延性能的影响结果。

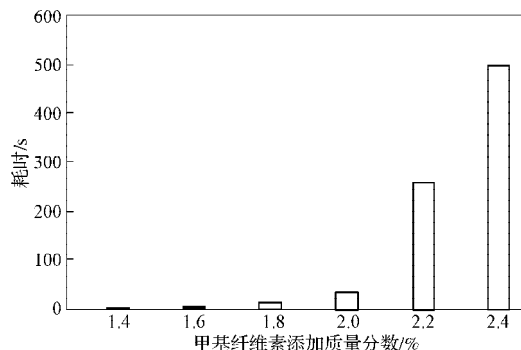


图4 甲基纤维素浓度对流延性能的影响

Fig. 4 Effect of concentration of methyl cellulose on the performance of the cast

从图4中可以看出,甲基纤维素的添加质量分数在1.8%以下时,溶液自然铺满皿底的时间在15s之内,说明溶液的流动性能较好;当溶液中甲基纤维

素的添加质量分数达2.0%时,溶液铺散能力明显下降;当溶液中甲基纤维素的添加质量分数为2.4%时,溶液黏稠到几乎成固态,短时间内很难铺散开来。以上结果说明,从溶液的流动性能考虑,甲基纤维素的添加质量分数不宜超过1.8%。

2.5 凝胶变色与指示溶液变色的吻合度

物体的亮度、色调和饱和度决定了其感知颜色,而L*a*b*颜色空间^[20]是一种基于感官均匀的颜色空间,能从亮度和色度两方面对物体颜色进行综合分析。其中,L*值表示明亮度,值越大表示越亮白。a*值和b*值为色度的两个分量:a*值表示红绿色,为正值时表示偏红色,为负值时表示偏绿色;b*值表示黄蓝色,为正值时表示偏黄色,为负值时表示偏蓝色。本文采用日本CM-3600d色彩色差计对凝胶及指示溶液的颜色进行测定,通过计算机软件将被测样品的颜色数值化,能快速准确地传送颜色信息。

在甲基纤维素的添加质量分数为1.8%时,将制得的凝胶经体积分数分别为0,5%,7%,13%,18%,34%,43%,61%,78%的CO₂处理后,测定凝胶的L*,a*,b*值,具体见表1。

表1 不同CO₂浓度下的凝胶L*,a*,b*值

Table 1 The L*, a*, b* value of the gel with different concentration of CO₂

CO ₂ 的体积分数/%	L*	a*	b*
0	34.29	-28.33	21.12
5	45.22	-23.96	33.57
7	45.79	-19.38	38.96
13	50.23	-11.47	48.52
18	53.67	-1.43	57.28
34	54.01	22.32	55.69
43	49.89	32.73	56.21
61	45.36	41.11	55.76
78	36.32	45.74	50.80

表2所示为实测CO₂的体积分数分别为0,5%,7%,13%,18%,34%,43%,61%,78%时的指示溶液的L*,a*,b*值。

表2 实测CO₂浓度对应的溶液L*,a*,b*值

Table 2 L*, a*, b* value of the solution correspond to actual measurement concentration of CO₂

CO ₂ 的体积分数/%	L*	a*	b*
0	28.95	-31.76	21.32
5	37.95	-25.13	33.94
7	36.95	-21.32	39.53
13	44.76	-12.03	49.75
18	48.01	-1.83	57.18
34	46.46	22.98	59.52
43	44.34	35.74	56.83
61	37.95	47.98	49.26
78	35.32	54.19	47.84

对比表1中测得的凝胶 L^* 、 a^* 、 b^* 值与表2中在此 CO_2 含量下的指示溶液的 L^* 、 a^* 、 b^* 值,可发现其中的 L^* 值存在较大差异,平均每个样品之间相差近5,说明甲基纤维素的添加对溶液明暗度有较大的影响。此时,测得的 L^* 值均增大了,按照 $L^*a^*b^*$ 色域空间来看,各数据点向A区上部漂移。由此可得出:在制作凝胶时,可以适当提高指示剂浓度,以使凝胶颜色变化尽量接近溶液的理论初始值。 a^* 值和 b^* 值变化不大,说明加入甲基纤维素并没有改变指示剂的颜色,只是对其颜色明暗程度有影响,所以选用甲基纤维素为成胶溶剂是可行的。

2.6 甲基纤维素浓度对成膜性能的影响

试验所得膜液中甲基纤维素的添加质量分数对膜液的黏度、成膜厚度以及成膜感官的影响结果具体见表3。

表3 膜液中甲基纤维素的质量分数对膜液黏度、成膜厚度及成膜感官的影响

Table 3 Effect of adding mass fraction of methyl cellulose on viscosity of the colloid, thickness and sensory perception of the film

甲基纤维素的质量分数/%	黏度/ (Pa·s)	厚度/ mm	成膜感官
1.4	0.022	0.076	膜很清透,阳光下有亮泽,表面光滑,透明度高,较脆,较容易揭膜
1.6	0.096	0.090	表面光滑,透明度高,有一定韧性,稍用力可扯裂,有一定弹性,容易揭膜
1.8	0.340	0.101	表面略微泛白,光滑,表面有个别气泡,柔软韧性好,扯裂较困难,弹性好,容易揭膜
2.0	0.710	0.112	整体略微,泛白,透明度一般,表面稍显粗糙,有气泡,韧性较强,很难扯裂,有一定硬度,易揭膜

分析表3可得出,随着膜液中甲基纤维素添加质量分数的增加,膜液的黏度增大。当膜液中甲基纤维素的质量分数为1.6%以下时,膜液的流动性较大。当膜液中甲基纤维素的质量分数在1.8%以上时,制作过程中会产生大量气泡,需要离心脱气。甲基纤维素的质量分数在2.0%时,离心后容易出现上层仍有直径很小的气泡聚集的现象,形成的膜含小气泡。随着膜液中甲基纤维素质量分数的增加,膜的透明度由非常清透变为略微泛白;甲基纤维素的质量分数为1.4%以下时,膜脆度较大,韧性较差,不易完整揭膜。甲基纤维素的质量分数升高时,膜韧性提

高,变得柔软,易揭膜;但上升为2.0%时,膜厚度增加明显,增加的厚度约为膜液中甲基纤维素的质量分数为1.4%时的1.5倍,膜硬度也显著提高。膜液中甲基纤维素的质量分数在1.8%以下时,膜表面光滑,无气泡;大于此值时,表面有气泡,感官效果较差。综上所述,膜液中甲基纤维素的质量分数在1.6%~1.8%时,膜液制作过程的气泡带人量较小,成膜后易揭膜,且膜的感观效果较好。

2.7 添加不同增塑剂的膜充气后的颜色变化

为增加膜的韧性,本研究选择制膜时加入不同的增塑剂,添加了各种增塑剂的膜充气后的颜色变化情况见表4。

表4 添加不同增塑剂的膜充气后的颜色变化

Table 4 Color change of film with different plasticizing agent added

增塑剂类型	充气后的颜色变化
甘油	墨绿—红
聚乙二醇-400	香蕉绿—红,颜色较浅但明亮
三乙醇胺	维持宝石蓝不变

分析表4可知,增塑剂三乙醇胺会使指示剂对不同含量 CO_2 的指示作用失效,其原因是三乙醇胺呈碱性,由 CO_2 引起的pH值变化不及三乙醇胺对pH值的影响明显。虽然三乙醇胺有吸收 CO_2 和水的作用,但因为它的加入会导致指示溶液的pH值过大,从而使指示剂失效,所以可以排除三乙醇胺作为成膜增塑剂。加入聚乙二醇-400,因其使溶液初始颜色变为香蕉绿,导致二氧化碳体积分数为5%时,变色效果不显著,也不宜作为成膜增塑剂。所以在本试验中,选用对溶液pH值和指示剂指示效果影响最小的甘油作为增塑剂。

2.8 甘油添加量对膜厚度的影响

甲基纤维素的添加质量分数为1.8%,按甘油的添加体积分数分别为0,1%,2%,3%,4%,5%,6%制取膜液,然后取10 mL膜液倒板。所得甘油的添加量对膜厚度的影响结果见图5。

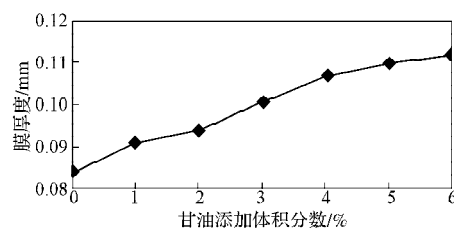


图5 甘油添加量对膜厚度的影响

Fig. 5 Effect of adding volume fraction of glycerol on thickness of film

由图5可以看出,随着甘油添加体积分数的不断

增大,膜的厚度随之增加。不添加甘油时,膜的厚度为0.084 mm;但是当甘油的添加体积分数超过4%时,膜的厚度趋于平稳,最终厚度达0.112 mm,厚度增加了33.3%。

2.9 甘油添加量对膜抗拉强度的影响

图6所示为试验所得甘油添加量对膜的抗拉强度的影响结果。

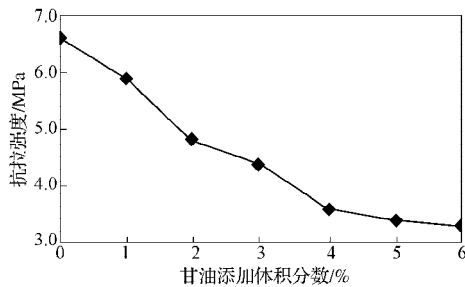


图6 甘油添加量对抗拉强度的影响

Fig. 6 Effect of adding volume fraction of glycerol on tensile strength of film

由图6可以看出,不添加甘油时,膜的抗拉强度为6.633 MPa;添加了甘油之后,膜的抗拉强度显著下降。这是因为:甘油是小分子亲水性增塑剂,每个小分子中含有3个羟基,容易插入甲基纤维素的分子链中,这样,就增大了单位体积的羟基数,结合了更多的水分子,降低了分子间的作用力,表现为抗拉强度变小。当甘油的添加体积分数为2%时,膜的抗拉强度降到4.825 MPa,约降低了27.3%。增大甘油的添加量,使甘油的添加体积分数从0~5%增大时,膜的抗拉强度逐渐降低,降到3.408 MPa。当甘油的添加量继续增加时,膜的抗拉强度开始小幅度下降,这是因为此时膜体系中增塑剂的含量已过高,分子间不能有效地连接,膜变得很黏,抗拉强度也降到很低,已不具备可操作性。

2.10 甘油添加量对膜断裂拉伸率的影响

图7所示为试验所得甘油添加量对膜的断裂拉伸率的影响结果。

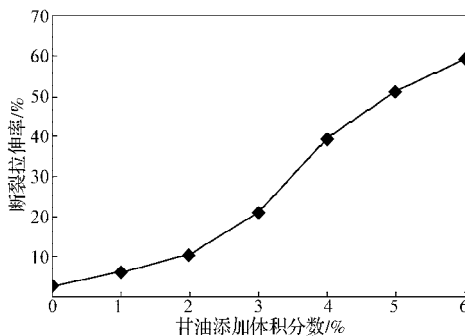


图7 甘油添加量对断裂拉伸率的影响

Fig. 7 Effect of adding volume fraction of glycerol on elongation at break of film

由图7可看出,随着甘油添加体积分数的增加,膜的断裂拉伸率逐渐增大。当甘油的添加体积分数很小时,膜较脆,主要是因为分子间作用力的存在使得膜的流动性较差,从而形成薄膜刚性结构,且表面粗糙。由所制得的膜也能够看出,随着甘油添加量的增加,膜变得越来越柔软,表面越来越富有光泽。膜随着甘油添加量的增大逐渐变得很柔软,这是因为甘油为极性小分子,进入甲基纤维素分子中发生氢键结合,从而降低了其分子间的作用力,软化了薄膜的刚性结构,增加了其流动性能,使膜变得柔软而富有光泽。

3 结论

1) 适量浓度的甲基纤维素凝胶与指示溶液变色吻合度较高,对指示剂的颜色变化无影响;经综合分析甲基纤维素成胶过程中的黏度、变色响应时间、挂壁百分比及流延性能等指标,发现在制作甲基纤维素凝胶的过程中,甲基纤维素的添加量对凝胶的性能影响较大,选定甲基纤维素的添加质量分数为1.6%~1.8%较适宜。

2) 成膜过程中,甲基纤维素的添加质量分数为1.6%~1.8%的凝胶制膜时,气泡带入量小,易揭膜,且感观好。

3) 甘油的添加量也是影响膜性能的重要参数,适宜的甘油添加量可以使成膜表面光滑、平整,使膜的脆性得以改善,变得具有一定的韧性,利于揭膜。且甘油作为亲水的小分子物质,在制膜过程中加入,有利于膜对水份的保持,可以有效防止膜因过度干燥而使指示剂失去指示作用。

结合甲基纤维素的最佳用量,获得适宜的成膜条件是:甲基纤维素的添加质量分数为1.8%,甘油的添加体积分数为4%。

参考文献:

- [1] 孙媛媛. 猪肉包装用新鲜度指示卡研究[J]. 包装学报, 2013, 5(3): 69-73.
Sun Yuanyuan. Study on Freshness Indicator Used in Pork Packaging[J]. Packaging Journal, 2013, 5(3): 69-73.
- [2] 孙媛媛. 食品新鲜度指示型智能包装的研究与应用[J]. 包装学报, 2012, 4(3): 16-20.
Sun Yuanyuan. Research and Application of Freshness Indicative Smart Packaging for Food[J]. Packaging Journal, 2012, 4(3): 16-20.
- [3] 智玲玲, 张钦发, 冯 卉, 等. 食品新鲜度指示卡基材玉米淀粉膜的成膜工艺研究[J]. 包装学报, 2012, 4(1):

- 48-52.
Zhi Lingling, Zhang Qinfa, Feng Hui, et al. Studies on Processing Conditions of Corn Starch Film Carrier of Food Freshness Indicators[J]. Packaging Journal, 2012, 4(1): 48-52.
- [4] Chompoonoot Rukchon, Sudsai Trevanich, Tunyarut Jinkarn, et al. Volatile Compounds as Quality Indicators of Fresh Chicken and Possible Application in Intelligent Packaging[C]//The 12th ASEAN Food Conference. Thailand: BITEC Bangna, 2011: 287-294.
- [5] Pacquita A, Frisby J, Diamond D, et al. Development of a Smart Packaging for the Monitoring of Fish Spoilage[J]. Food Chemistry, 2007, 102(2): 466-470.
- [6] Kuswandi B, Restyana A, Abdullah A, et al. A Novel Colorimetric Food Package Label for Fish Spoilage Based on Polyaniline Film[J]. Food Control, 2012, 25(1): 184-189.
- [7] Pacquit A, Lau K T, McLaughlin H, et al. Development of a Volatile Amine Sensor for the Monitoring of Fish Spoilage[J]. Talanta, 2006, 69(2): 515-520.
- [8] Nopwinyuwong A, Trevanich S, Suppakul P. Development of a Novel Colorimetric Indicator Label for Monitoring Freshness of Intermediate-Moisture Dessert Spoilage[J]. Talanta, 2010, 81(3): 1126-1132.
- [9] 刘颖, 宋文波, 姜艳霞, 等. 用溶胶凝胶技术研制pH薄膜传感器[J]. 吉林大学自然科学学报, 2000(3): 98-100.
Liu Ying, Song Wenbo, Jiang Yanxia, et al. pH Film Sensors Based on the Sol-Gel Technique[J]. Acta Scientiarum Naturalium Universitatis Jilinensis, 2000(3): 98-100.
- [10] 闫文杰, 李兴民, 郑森, 等. 食品新鲜度指示卡的研究进展[J]. 食品科技, 2011, 36(7): 260-262, 265.
Yan Wenjie, Li Xingmin, Zheng Miao, et al. Research Development of Food Freshness Indicator Card[J]. Food Science and Technology, 2011, 36(7): 260-262, 265.
- [11] Eaton J, Kilgore M B, Livingston R B. Visual Spoilage Indicator for Food Containers: US, 4003709[P]. 1977-01-18.
- [12] Horan T J. Method for Determining Deleterious Bacterial Growth in Packaged Food Utilizing Hydrophilic Polymers: US, 6149952[P]. 2000-11-21.
- [13] Ray F Lawdermilt. Spoilage Indicator for Food Containers: US, 3067015[P]. 1962-12-04.
- [14] Hong S I, Park W S. Use of Color Indicators as an Active Packaging System for Evaluating Kimchi Fermentation[J]. Journal of Food Engineering, 2000, 46(1): 67-72.
- [15] 李俊华, 李俊莉, 杨乃旺. 羧甲基纤维素钠水溶液粘度影响实验研究[J]. 应用化工, 2011, 40(3): 479-482, 485.
Li Junhua, Li Junli, Yang Naiwang. Experimental Research on Affects the Viscosity of Carboxymethylcelluloses[J]. Applied Chemical Industry, 2011, 40(3): 479-482, 485.
- [16] 何晓霞. 活性可食膜的制备及其对苹果的保鲜作用[D]. 青岛: 中国海洋大学, 2011.
He Xiaoxia. Preparation of Active Edible Membrane and the Function on Apple Preservation[D]. Qingdao: Ocean University of China, 2011.
- [17] 段林娟, 卢立新. 膜液质量浓度对MC/WG可食性复合膜性能的影响[J]. 食品科学, 2011, 32(9): 64-67.
Duan Linjuan, Lu Lixin. Effect of Film-Forming Solution Concentration on the Properties of MC/WG Edible Film[J]. Food Science, 2011, 32(9): 64-67.
- [18] Sangsuwan J, Rattanapanone N, Rachtanapun P. Effect of Chitosan/Methyl Cellulose Films on Microbial and Quality Characteristics of Fresh-Cut Cantaloupe and Pineapple[J]. Postharvest Biology and Technology, 2008, 49(3): 403-410.
- [19] 李大军, 尹晨, 张永智. 可食性玉米淀粉膜的制备及改性剂对膜性能的影响[J]. 西北农林科技大学学报: 自然科学版, 2012, 40(5): 199-204.
Li Dajun, Yin Chen, Zhang Yongzhi. Conformation of Edible Corn Starch Membrane and Its Properties Modified with Regulators[J]. Journal of Northwest A & F University: Natural Science Edition, 2012, 40(5): 199-204.
- [20] Nopwinyuwong A, Trevanich S, Suppakul P. Development of a Novel Colorimetric Indicator Label for Monitoring Freshness of Intermediate-Moisture Dessert Spoilage[J]. Talanta, 2010, 81(3): 1126-1132.

(责任编辑: 廖友媛)

