



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 113527728 B

(45) 授权公告日 2022.06.21

(21) 申请号 202110577001.2

C08K 5/23 (2006.01)

(22) 申请日 2021.05.26

C08K 5/053 (2006.01)

G01N 21/78 (2006.01)

(65) 同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 113527728 A

(56) 对比文件

(43) 申请公布日 2021.10.22

CN 105588834 A, 2016.05.18

US 2021010942 A1, 2021.01.14

(73) 专利权人 浙江工业大学

KR 20200057883 A, 2020.05.27

地址 310014 浙江省杭州市拱墅区潮王路
18号

CN 112798581 A, 2021.05.14

Liang Feng et al.. "A Simple and

(72) 发明人 邵平 刘黎明 郑露曼 林杨

Highly Sensitive Colorimetric Detection
Method for Gaseous Formaldehyde". 《J. AM.
CHEM. SOC.》. 2010, 第132卷第4046-4047页.

(74) 专利代理机构 杭州天正专利事务所有限公
司 33201

Yong Hoon Kim et al.. "Non-destructive
monitoring of apple ripeness using an
aldehyde sensitive colorimetric sensor".

专利代理师 黄美娟 俞慧

《Food Chemistry》. 2018, 第267卷

(51) Int. Cl.

C08J 5/18 (2006.01)

C08L 79/02 (2006.01)

C08L 29/04 (2006.01)

C08L 1/28 (2006.01)

审查员 白雪

权利要求书1页 说明书6页 附图4页

(54) 发明名称

械性能。

一种疏水薄膜的制备方法和在可视化检测
果蔬新鲜度中的应用

(57) 摘要

本发明公开了一种疏水薄膜的制备方法和
在可视化检测果蔬新鲜度中的应用。所制备方法
包括: (1) 将聚乙烯醇溶于水中, 于60~90℃下搅
拌1~2h, 冷却后加入聚乙烯亚胺水溶液, 继续搅
拌1~2h, 制备混有PEI的PVA水凝胶; (2) 配制乙
基纤维素的乙醇溶液; (3) 按比例将步骤(2)中得
到的乙基纤维素的乙醇溶液缓慢加入到步骤(1)
中得到的混有PEI的PVA水凝胶中, 同时加入增塑
剂甘油, 于40~70℃下搅拌2~4h, 得到混合水凝
胶; (4) 将甲基红和甲基红钠盐加入到混合水凝
胶中, 搅拌0.5~1h, 得到成膜液; (5) 将成膜液倒
入模具中流延成膜, 静置, 干燥, 得到疏水薄膜。
本发明提供了所述疏水薄膜在可视化检测果蔬
新鲜度中的应用, 其能可视化准确指示呼吸跃变
型果蔬的新鲜度, 并同时具有良好的疏水性和机

1. 一种疏水薄膜的制备方法,包括:

(1) 将聚乙烯醇溶于水中,于60~90℃下搅拌1~2h,冷却后加入20-40wt%的聚乙烯亚胺水溶液,继续搅拌1~2h,制得混有PEI的PVA水凝胶;其中聚乙烯醇、聚乙烯亚胺水溶液与水的投料质量比为3~7:2~9:100;

(2) 将乙基纤维素溶于75~95vol%的乙醇水溶液中,于40~60℃下搅拌1~2h,得乙基纤维素的乙醇溶液;其中乙基纤维素与乙醇水溶液的投料比为(3~7)g:100mL;

(3) 按照体积比例为1~4:1~4将步骤(2)中得到的乙基纤维素的乙醇溶液缓慢加入到步骤(1)中得到的混有PEI的PVA水凝胶中,同时加入增塑剂甘油使其质量浓度为0.5wt%~2.5wt%,于40~70℃下搅拌2~4h,得到混合水凝胶;

(4) 将甲基红和甲基红钠盐加入到步骤(3)中得到的混合水凝胶中使两者的浓度分别为1.0~2.0mM,搅拌0.5~1h,得到成膜液;

(5) 将步骤(4)得到的成膜液倒入模具中流延成膜,静置,干燥,得到疏水薄膜。

2. 如权利要求1所述的制备方法,其特征在于:步骤(1)中,聚乙烯亚胺水溶液浓度为30wt%,聚乙烯醇、聚乙烯亚胺水溶液与水的投料质量比为3:5:100。

3. 如权利要求1所述的制备方法,其特征在于:步骤(2)中,乙醇水溶液的浓度为95vol%,乙基纤维素与乙醇水溶液的投料比为5g:100mL。

4. 如权利要求1所述的制备方法,其特征在于:步骤(3)中,按照体积比例为1~3:1~3将步骤(2)中得到的乙基纤维素的乙醇溶液缓慢加入到步骤(1)中得到的混有PEI的PVA水凝胶中。

5. 如权利要求1所述的制备方法,其特征在于:步骤(3)中,按照体积比例为2:3将步骤(2)中得到的乙基纤维素的乙醇溶液缓慢加入到步骤(1)中得到的混有PEI的PVA水凝胶中。

6. 如权利要求1所述的制备方法,其特征在于:步骤(1)中,聚乙烯亚胺水溶液浓度为30wt%,聚乙烯醇、聚乙烯亚胺水溶液与水的投料质量比为3:5:100;步骤(2)中,乙醇水溶液的浓度为95vol%,乙基纤维素与乙醇水溶液的投料比为5g:100mL;步骤(3)中,按照体积比例为2:3将步骤(2)中得到的乙基纤维素的乙醇溶液缓慢加入到步骤(1)中得到的混有PEI的PVA水凝胶中。

7. 如权利要求1-6之一所述的制备方法,其特征在于:步骤(5)中,静置时间为静置0.5-2h,于30-50℃干燥5-10h。

8. 根据权利要求1所述制备方法制备得到的疏水薄膜在可视化检测果蔬新鲜度中的应用,所述应用具体为:将疏水薄膜贴在新鲜果蔬透明包装盒内,不与果蔬直接接触,当疏水薄膜为黄色表明果蔬新鲜,当疏水薄膜为橙红色表明果蔬达到呼吸跃变高峰,并开始变质,当疏水薄膜为红色表明果蔬已变质。

一种疏水薄膜的制备方法和在可视化检测果蔬新鲜度中的应用

(一) 技术领域

[0001] 本发明属于食品智能包装技术领域,具体涉及一种疏水薄膜的制备方法和在可视化检测果蔬新鲜度中的应用。

(二) 技术背景

[0002] 随着生活水平的提高和健康意识的增强,消费者更加注重食品的品质与质量安全,更迫切需要准确获取食品的品质信息。生鲜果蔬属于鲜活农产品,其显著特点是生鲜易腐,需要明确了解其新鲜度变化,才能在食品供应链中最大限度的保持果蔬原有的鲜度、风味和营养。目前可精准检测果蔬新鲜度的方法有理化指标检测法、微生物学法,感官评价法,电子鼻法、近红外光谱法等,但这些方法会对果蔬或其包装造成损伤,且不具备普适性,必须借助专业的检测仪器设备和专业的检测人员。因此需要一种无损、便捷、实时检测新鲜度的方法来监测果蔬供应过程中的品质与安全。

[0003] 近年来,智能包装在食品的新鲜度实时无损检测方面显示出巨大潜力,新鲜度指示器是智能包装中最具创新和市场应用价值的一种。新鲜度指示器利用食品在贮藏过程中产生的某些特征气体与特定试剂发生特征颜色反应、温度激活生物学反应以及酶作用等引起指示标签颜色变化,从而判断食品新鲜度。果蔬在采摘后仍会进行呼吸作用,尤其是呼吸跃变型果蔬在生长停止到进入衰老之间的时期,其呼吸速率突然升高释放大量的乙烯、二氧化碳、挥发性醛类化合物,所释放的挥发性醛类物质的浓度与其新鲜度密切相关。

[0004] 目前已经有部分关于食品新鲜度指示器的研究。专利CN 105588834 A公开了一种呼吸跃变型鲜切果蔬的二氧化碳智能显示方法,将低密度聚乙烯薄膜单层紧密包裹天然色素膜和表面附着天然色素膜的棉质纤维纸制成CO₂指示卡。但由于智能标签容易在高湿度环境下吸收水分,从而发生标签溶胀、指示剂分散不均匀以及指示剂从智能标签向环境迁移溶出现象,这些因素都会严重影响智能标签的指示功能。专利CN 111423644A公开了一种用于指示食品新鲜度的疏水膜的制备方法,该发明专利以姜黄素、疏水性高分子粒和塑化剂为原料,通过造粒技术和熔融挤出吹膜法制备了碱性气体具有响应的疏水性薄膜,该膜解决了环境湿度对智能膜指示性能的影响,但其使用的原料和高度专业技术大大增加了成本。

(三) 发明内容

[0005] 本发明的目的在于克服上述不足之处,提供一种疏水性薄膜的制备方法和在可视化检测果蔬新鲜度中的应用,这种疏水薄膜能可视化准确指示呼吸跃变型果蔬的新鲜度,并同时具有良好的疏水性和机械性能。

[0006] 下面对本发明的技术方案进行具体说明:

[0007] 第一方面,本发明提供了一种疏水薄膜的制备方法,包括:

[0008] (1) 将聚乙烯醇(PVA)溶于水中,于60~90℃下搅拌1~2h,冷却后加入20-40wt%

的聚乙烯亚胺 (PEI) 水溶液,继续搅拌1~2h,制得混有PEI的PVA水凝胶;其中聚乙烯醇、聚乙烯亚胺水溶液与水的投料质量比为3~7:2~9:100;

[0009] (2) 将乙基纤维素 (EC) 溶于75~95vol%的乙醇水溶液中,于40~60℃下搅拌1~2h,得乙基纤维素的乙醇溶液;其中乙基纤维素与乙醇水溶液的投料比为(3~7)g:100mL;

[0010] (3) 按照体积比例为1~4:1~4将步骤(2)中得到的乙基纤维素的乙醇溶液缓慢加入到步骤(1)中得到的混有PEI的PVA水凝胶中,同时加入增塑剂甘油使其质量浓度为0.5wt%~2.5wt%,于40~70℃下搅拌2~4h,得到混合水凝胶;

[0011] (4) 将甲基红和甲基红钠盐加入到步骤(3)中得到的混合水凝胶中使两者的浓度分别为1.0~2.0mM,搅拌0.5~1h,得到成膜液;

[0012] (5) 将步骤(4)得到的成膜液倒入模具中流延成膜,静置,干燥,得到疏水薄膜。

[0013] 作为优选,步骤(1)中,聚乙烯亚胺水溶液浓度为30wt%,聚乙烯醇、聚乙烯亚胺水溶液与水的投料质量比为3:5:100。

[0014] 作为优选,步骤(2)中,乙醇水溶液的浓度为95vol%,乙基纤维素与乙醇水溶液的投料比为5g:100mL。

[0015] 作为优选,步骤(3)中,按照体积比例为1~3:1~3将步骤(2)中得到的乙基纤维素的乙醇溶液缓慢加入到步骤(1)中得到的混有PEI的PVA水凝胶中。进一步优选按照体积比例为2:3将步骤(2)中得到的乙基纤维素的乙醇溶液缓慢加入到步骤(1)中得到的混有PEI的PVA水凝胶中。

[0016] 本发明最优选步骤(1)中,聚乙烯亚胺水溶液浓度为30wt%,聚乙烯醇、聚乙烯亚胺水溶液与水的投料质量比为3:5:100;步骤(2)中,乙醇水溶液的浓度为95vol%,乙基纤维素与乙醇水溶液的投料比为5g:100mL;步骤(3)中,按照体积比例为2:3将步骤(2)中得到的乙基纤维素的乙醇溶液缓慢加入到步骤(1)中得到的混有PEI的PVA水凝胶中。

[0017] 作为优选,步骤(5)中,静置时间为静置0.5-2h,于30-50℃干燥5-10h。

[0018] 第二方面,本发明提供了根据上述方法制备得到的疏水薄膜在可视化检测果蔬新鲜度中的应用,所述应用具体为:将疏水薄膜贴在新鲜果蔬透明包装盒内,不与果蔬直接接触,当疏水薄膜为黄色表明果蔬新鲜,当疏水薄膜为橙红色表明果蔬次新鲜(已达到呼吸跃变高峰,并开始变质),当疏水薄膜为红色表明果蔬已变质。

[0019] 本发明以聚乙烯醇和乙基纤维素为成膜基材,聚乙烯亚胺为挥发性醛类吸附剂并结合指示剂,以流延法制备智能指示膜,该智能指示膜材料具有指示性能和高疏水性,在果蔬新鲜度指示方面具有较好的应用前景。

[0020] 本发明的优点和产生的效益:

[0021] (1) 本发明以聚乙烯亚胺 (PEI) 为挥发性醛类的吸附剂,制备挥发性醛类化合物敏感型智能膜材料,实现果蔬包装膜智能化。

[0022] 具体而言,呼吸跃变型果蔬新鲜度下降时伴随着大量挥发性醛类化合物产生,包装内挥发性醛类化合物浓度与果蔬新鲜度密切相关。聚乙烯亚胺是一种具有大量伯胺基团的非挥发性端胺聚合物,将聚乙烯亚胺均匀分散在固定有pH指示剂的膜材料中,可制备对挥发性醛类化合物敏感型的智能包装膜材料。检测原理为:聚乙烯亚胺上的伯胺基团与挥发性醛类化合物的醛基发生亲核加成反应,通过醇胺中间体形成亚胺,此过程伴随着碱度的变化,利用pH指示剂指示碱度的变化便可测定包装内挥发性醛类化合物浓度,从而反映

果蔬的新鲜度。该检测方法优点在于伯胺基团与醛基的反应具有较高的特异性,且反应在一定范围内不受紫外线和温度的影响,具有较高的稳定性。因此使用该方法制备的智能膜能准确指示呼吸跃变型果蔬的新鲜度。

[0023] (2) 本发明中以聚乙烯醇和乙基纤维素为成膜基材通过流延法制膜,并且可调整聚乙烯醇和乙基纤维素的比例,使膜具有较好的机械性能和疏水性。

[0024] 具体而言,利用涂膜或者干燥工艺制备出的膜,膜的微观结构为水溶胶状的片式结构,聚乙烯醇和乙基纤维素等溶质在加热搅拌的过程中,分子密度逐渐增加,形成具有三维结构的网状结构,因此聚乙烯醇与乙基纤维素之间缠结更为紧密,从而增强了膜的机械性能。乙基纤维素作为纤维素衍生物之一,由于其无毒,疏水性,高柔韧性,热塑性和成膜能力,是共混材料的理想选择。乙基纤维素和明胶链之间通过氢键的缠结结构使复合膜具有良好的形貌,而乙基纤维素比例较高的复合膜则具有高度的水稳定性,并具有疏水性表面。可解决环境湿度对智能膜指示性能的影响。

(四)附图说明

[0025] 图1为实施例1所得指示膜,呈黄色;

[0026] 图2为实施例1的成膜液逐步添加丙醛后,碱性成膜液的颜色和pH的颜色变化;

[0027] 图3为是实施例1制备的5%PEI PVA/EC=3:2膜的表面扫描电子显微镜照片;

[0028] 图4为是实施例2制备的9%PEI PVA/EC=3:2膜的表面扫描电子显微镜照片;

[0029] 图5为是实施例3制备的5%PEI PVA/EC=1:1膜的表面扫描电子显微镜照片;

[0030] 图6为是实施例4制备的5%PEI PVA/EC=2:3膜的表面扫描电子显微镜照片;

[0031] 图7为实施例1-4制备的智能指示标签的疏水性测定结果;

[0032] 图8为猕猴桃相对于储存时间绘制可溶性固形物(SSC)和硬度的变化;

[0033] 图9为实施例1-4制备的智能指示标签在新鲜猕猴桃上的应用结果。

[0034] (五)具体实施方法

[0035] 下面结合具体实施例对本发明进行进一步描述,但本发明的保护范围并不仅限于此:

[0036] 实施例使用的原材料为:聚乙烯亚胺(PEI)(30%水溶液, Mw, 7500), 聚乙烯醇(PVA)(Mw, 90kDa-100kDa), 乙基纤维素(EC)、甘油、甲基红、甲基红钠盐和乙醇从上海迈克林生化科技有限公司购买获得。所有化学品均为分析试剂级。

[0037] 实施例1:

[0038] (1) 将3g聚乙烯醇(PVA)溶于100ml水中, 80℃下搅拌1h, 冷却后加入5g聚乙烯亚胺(PEI)水溶液, 继续搅拌1h, 制备混有PEI的PVA水凝胶;

[0039] (2) 将5g乙基纤维素(EC)溶于100ml的95%乙醇中, 50℃下搅拌2h, 得EC醇溶液;

[0040] (3) 将10ml (2)中得到的溶液缓慢加入到15ml (1)中的水凝胶中, 同时加入增塑剂甘油0.25g, 60℃下搅拌3h;

[0041] (4) 将0.008g甲基红和0.01g甲基红钠盐加入到(3)中的溶液中, 搅拌1h, 得到成膜液;

[0042] (5) 将成膜液倒入模具中流延成膜, 静置0.5h, 40℃干燥8h, 得到实时指示果蔬新鲜度的智能标签。记为5%PEI PVA/EC=3:2。

[0043] (6) 将(5)中得到的智能指示膜贴在新鲜猕猴桃透明包装盒内,不与果蔬直接接触。

[0044] 实施例2:

[0045] (1) 将3g聚乙烯醇(PVA)溶于100ml水中,80℃下搅拌1h,冷却后加入9g聚乙烯亚胺(PEI)水溶液,继续搅拌1.5h,制备混有PEI的PVA水凝胶;

[0046] (2) 将5g乙基纤维素(EC)溶于100ml的95%乙醇中,50℃下搅拌2h,得EC醇溶液;

[0047] (3) 将10ml(2)中得到的溶液缓慢加入到15ml(1)中的水凝胶中,同时加入增塑剂甘油0.50g,60℃下搅拌3h;

[0048] (4) 将0.008g甲基红和0.01g甲基红钠盐加入到(3)中的溶液中,搅拌1h,得到成膜液;

[0049] (5) 将成膜液倒入模具中流延成膜,静置0.5h,40℃干燥8h,得到实时指示果蔬新鲜度的智能标签。记为9%PEI PVA/EC=3:2。

[0050] (6) 将(5)中得到的智能指示膜贴在新鲜猕猴桃透明包装盒内,不与果蔬直接接触。

[0051] 实施例3:

[0052] (1) 将3g聚乙烯醇(PVA)溶于100ml水中,80℃下搅拌1h,冷却后加入5g聚乙烯亚胺(PEI)水溶液,继续搅拌1h,制备混有PEI的PVA水凝胶;

[0053] (2) 将5g乙基纤维素(EC)溶于100ml的95%乙醇中,50℃下搅拌2h,得EC醇溶液;

[0054] (3) 将10ml(2)中得到的溶液缓慢加入到10ml(1)中的水凝胶中,同时加入增塑剂甘油0.25g,50℃下搅拌3h;

[0055] (4) 将0.008g甲基红和0.01g甲基红钠盐加入到(3)中的溶液中,搅拌1h,得到成膜液;记为5%PEI PVA/EC=1:1。

[0056] (5) 将成膜液倒入模具中流延成膜,静置0.5h,40℃干燥8h,得到实时指示果蔬新鲜度的智能标签。

[0057] (6) 将(5)中得到的智能指示膜贴在新鲜猕猴桃透明包装盒内,不与果蔬直接接触。

[0058] 实施例4:

[0059] (1) 将3g聚乙烯醇(PVA)溶于100ml水中,80℃下搅拌1h,冷却后加入5g聚乙烯亚胺(PEI)水溶液,继续搅拌1h,制备混有PEI的PVA水凝胶;

[0060] (2) 将5g乙基纤维素(EC)溶于100ml的95%乙醇中,50℃下搅拌2h,得EC醇溶液;

[0061] (3) 将15ml(2)中得到的溶液缓慢加入到10ml(1)中的水凝胶中,同时加入增塑剂甘油0.25g,50℃下搅拌3h;

[0062] (4) 将0.008g甲基红和0.01g甲基红钠盐加入到(3)中的溶液中,搅拌1h,得到成膜液;

[0063] (5) 将成膜液倒入模具中流延成膜,静置0.5h,40℃干燥8h,得到实时指示果蔬新鲜度的智能标签。记为5%PEI PVA/EC=2:3。

[0064] (6) 将(5)中得到的智能指示膜贴在新鲜猕猴桃透明包装盒内,不与果蔬直接接触。

[0065] 性能测试

[0066] 在实施例1的成膜液中逐渐滴加丙醛,成膜液的颜色和pH的颜色变化如图2。随着丙醛的滴加,肉眼观察发现,成膜液的颜色明显变化发生在三个pH范围内,即<pH 6.8(橙红色),pH 7.8-pH 6.8(橙色)和>pH 7.8(黄色)。成膜液的初始pH为8.1,滴加丙醛后,醛基与聚乙烯亚胺上的胺基发生亲核加成反应产生酸性质子,使碱度下降。因此,成膜液可以通过颜色的变化准确指示丙醛的量。

[0067] 将实施例1~4制备的膜材料进行扫描电子显微镜测试,其结果如图3、4、5、6所示。从比较图3、图4可以看出,PEI的增加使得智能膜材料的表面粗糙,但仍是连续紧密、质地均一。比较图3、图5和图6可以看出,随着EC添加量比例的增加,智能膜材料的表面逐渐粗糙且条纹褶皱增多,但表面仍是连续、无孔洞、无析出。

[0068] 将实施例1~4制备的膜材料进行力学性能分析,得到力学性能如表1。由表1可知,智能膜材料的厚度随着EC添加量比的上升而增加,一方面受到EC添加量的影响,另一方面是由于EC的过量添加使得PVA与EC间的氢键被破坏、分子间作用力降低,从而材料的三维网状结构的紧密性下降,厚度增加。因而,随着EC比例的增加也使得智能膜材料的拉伸强度有所降低,断裂伸长率与柔韧性显著提高。

[0069] 表1力学性能

[0070]	样品	厚度/ μm	抗拉强度/ mpa	断裂拉伸率/%
	5%PEI PVA/EC=3:2	$126.47 \pm 0.66^{\text{a}}$	$8.51 \pm 0.64^{\text{c}}$	$47.21 \pm 0.34^{\text{d}}$
	9%PEI PVA/EC=3:2	$129.16 \pm 0.23^{\text{c}}$	$8.17 \pm 0.17^{\text{b}}$	$38.45 \pm 0.54^{\text{a}}$
[0071]	5%PEI PVA/EC=1:1	$130.53 \pm 0.42^{\text{d}}$	$8.14 \pm 0.26^{\text{a}}$	$61.47 \pm 0.16^{\text{b}}$
	5%PEI PVA/EC=2:3	$132.62 \pm 0.53^{\text{b}}$	$7.76 \pm 0.40^{\text{d}}$	$64.71 \pm 0.33^{\text{c}}$

[0072] 将实施例1~4制备的膜材料进行疏水性能分析。用水接触角、溶解度和水蒸气透过率对膜材料进行疏水性评估,疏水性能如图7。由图7可知,随着EC添加量比的上升,智能膜材料的溶解度和水蒸气透过率增加,而水接触角降低,这表明膜材料的疏水性降低。这是由于过量的EC在膜中分散不均并且会破坏膜基质的网状结构,使膜材料的表面张力下降、孔径增大。PEI含量的增加也导致了类似的现象,使膜的疏水性降低。这是由于PEI自身具有吸湿性。实施例1制备的5%PEI PVA/EC=3:2膜的水接触角为 92.5° 、溶解度为18.6%、水蒸气透过率为 $459.16\text{g}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$,表明其具有优异的疏水性。

[0073] 将实施例1~4制备的智能膜材料进行对生鲜猕猴桃新鲜度的响应性能测试,步骤如下:首先将由市场购买的新鲜无损猕猴桃放入透明密闭塑料盒中备用。将膜材料裁剪成 $1\text{cm} \times 2\text{cm}$ 的长方形,用双面胶将其分别贴在4个密闭塑料盖内侧的上部,并取同一批购买的猕猴桃对其可溶性固形物和硬度进行测定,每天测定。猕猴桃果实在贮藏过程中会逐渐软化衰老,硬度是评价果实贮藏品质的重要指标之一,可溶性固形物(SSC)不仅是果实风味的重要影响因素,也是呼吸代谢的主要底物,可溶性固形物含量的变化能反映猕猴桃果实的衰老情况,因此可以这些指标用来评价猕猴桃的新鲜度。与实施例1~4同一批的猕猴桃储

存期间硬度和可溶性固形物的变化如图8所示,硬度随时间的延长呈下降趋势,从第0→3→6→9→12d的变化为 $9.2 \rightarrow 5.4 \rightarrow 2.4 \rightarrow 1.1 \rightarrow 0.4 \text{ kg/cm}^2$,研究表明,猕猴桃食用口感较好时果实的硬度为 $1 \sim 2.5 \text{ kg/cm}^2$ 。而可溶性固形物含量呈先上升后下降变化,这是酯类转化为糖类衰老后转化为酸类的结果,储存6d时,可溶性固形物含量达到峰值后下降,第9d时下降至15.4%,接近不可食用界限。由上述结果可知:猕猴桃在0~6d时为新鲜,6~9d为次新鲜,9d之后为腐败。

[0074] 在智能膜材料进行对生鲜猕猴桃新鲜度的响应性能测试中,经过12天的储存猕猴桃的鲜度逐渐下降,直至不可食用,此过程中智能指示膜材料也逐渐发生改变,实施例1~4智能膜颜色变化如图9所示。实施例2指示膜中由于PEI含量过高,表现出对湿度不稳定。而实施例3和实施例4指示膜则表现对颜色不敏感,且颜色变化情况与猕猴桃的新鲜度层次不匹配。实施例1指示膜在0~6d内表现为黄色,6~9d表现为橙色,9~12d表现为红色。这是由于猕猴桃成熟过程中醛类释放量逐渐增加,和指示膜接触后碱度发生改变的结果,颜色变化与图2的测定结果一致。与猕猴桃硬度和SSC的测定结果比较可知,实施例1指示膜为黄色时表示新鲜,橙色时表示次新鲜,红色时表示腐败,已经不可食用。

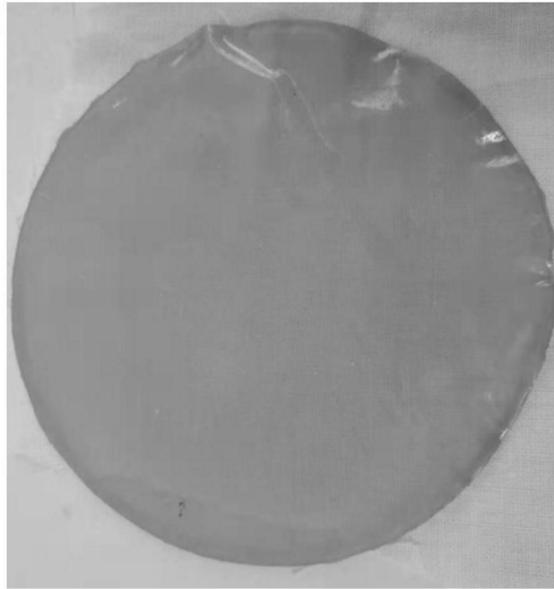


图1

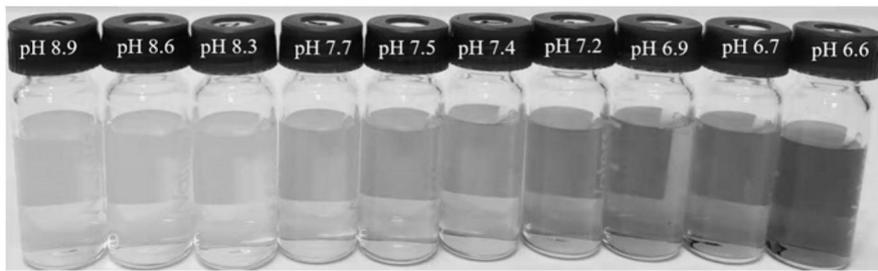


图2

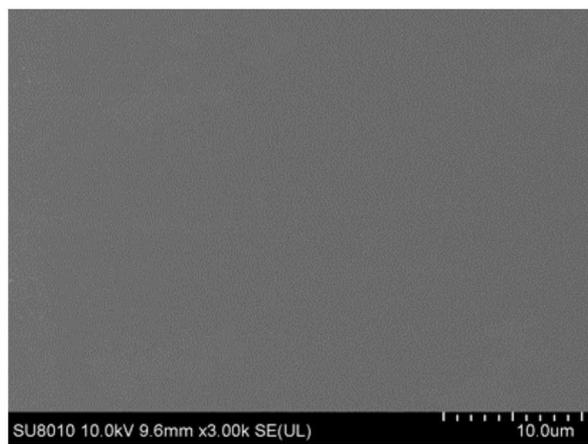


图3

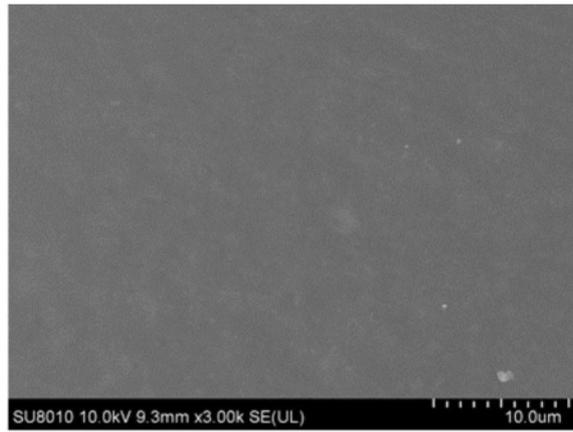


图4

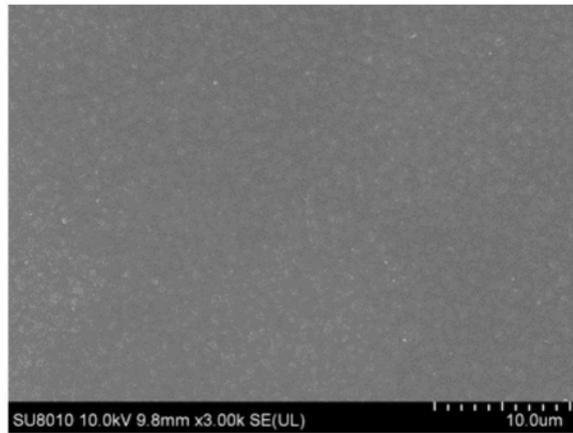


图5

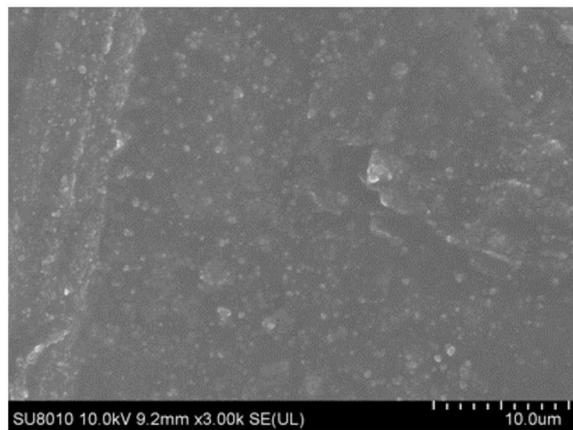


图6

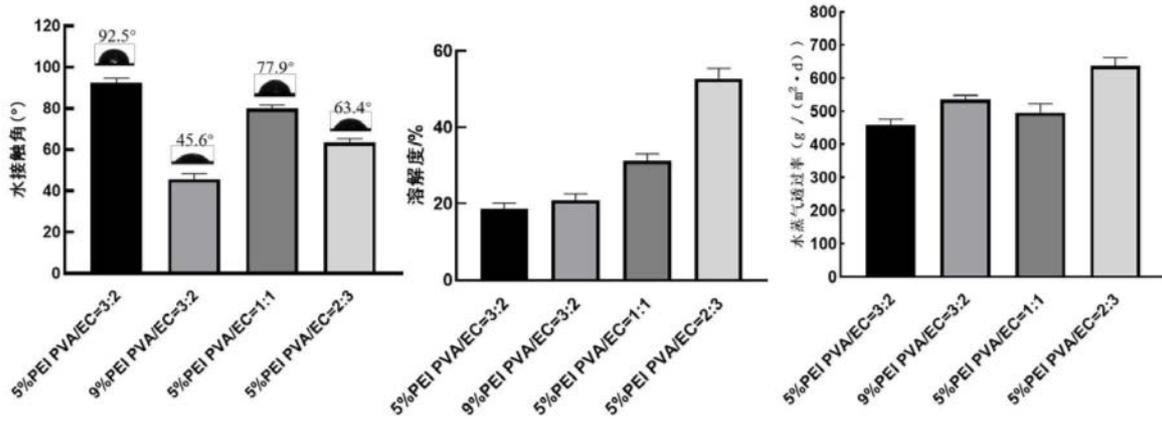


图7

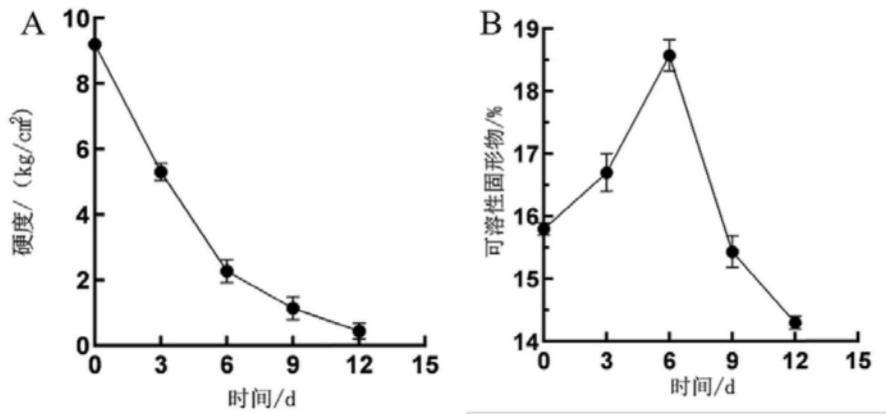


图8

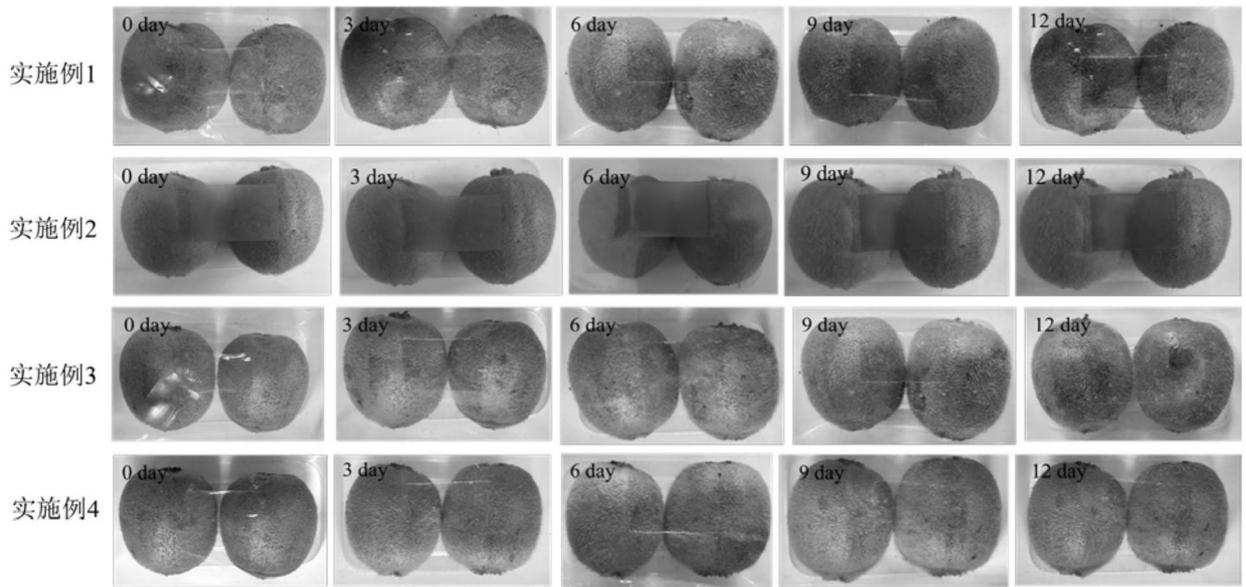


图9