

黑果枸杞花青素智能显色膜的制备和性能研究

doi:10.3969/j.issn.1674-7100.2024.03.005

杨舒婷^{1,2} 邝芳玲¹

余礼^{1,2} 曾晓希¹

刘学英^{1,2}

1. 湖南工业大学

生命科学与化学学院

湖南 株洲 412007

2. 百合种质资源创新与深加工

湖南省工程研究中心

湖南 株洲 412007

摘要: 花青素作为植物体内存在的天然物质,不仅对人体无毒无害,还具有良好的抗氧化性能。采用溶剂提取法和超声波辅助提取法提取黑果枸杞花青素,再将花青素溶液与成膜基质共混后制备成花青素复合膜,并对复合膜进行厚度、含水率、水溶性、抗氧化性、pH显色、红外吸收光谱等性能测定。实验测得复合膜的平均厚度为0.0387 mm,含水率为22.78%,水溶性为31.55%,水蒸气透过系数为 $6.2359 \times 10^{-4} \text{ g} \cdot \text{mm} \cdot \text{Pa}^{-1} \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$,1,1-二苯基-2-三硝基苯胍(DPPH)抗性相当于1 mL 0.02 mol/L标准维生素E溶液的15.84倍,且在不同pH的缓冲溶液中具有良好的显色效应。实验制备得到的花青素智能显色膜具有与普通保鲜膜相似的外观和物理性质,能在水中自发降解并拥有极佳的抗DPPH自由基能力,具有良好食品包装应用前景。

关键词: 黑果枸杞;花青素;智能显色膜

中图分类号: TS206.4; TB381

文献标志码: A

文章编号: 1674-7100(2024)03-0038-07

引文格式: 杨舒婷,邝芳玲,余礼,等.黑果枸杞花青素智能显色膜的制备和性能研究[J].包装学报,2024,16(3):38-44.

1 研究背景

花青素(anthocyanin)又称花色素,主要存在于植物的叶片、花瓣、果实、根等部位。在植物体内,花青素主要存在于液泡中,能在液泡的不同pH环境下呈现不同的颜色,这是不同花卉和各种有色植物如葡萄、桑葚等拥有多种颜色的原因之一^[1]。此外,花青素还参与调控植物成熟过程中的颜色变化,如菠萝在成熟时果皮颜色会明显加深^[2]。

近年来,随着国家和社会对食品安全和环境保护的重视程度不断提高,研发出对人体无害和对环境友

好的包装材料已是大势所趋。关于花青素的研究和应用涵盖了多个方面,如花青素保健品、花青素医用敷料^[3]、花青素染织衣物等。自然界中众多含有花青素的植物中,黑果枸杞耐干旱、耐盐碱^[4],且果实内含有比蓝莓更丰富的花青素,即黑果色素(天然原花青素)。研究表明,花青素能通过提高人体内抗氧化酶的活性等方式使人体保持更健康的状态^[5],因此花青素具有良好的抗氧化、抗自由基能力^[6]。此外,它还具备一定的抑菌能力,能够破坏微生物细胞膜的完整性,改变菌体形态,抑制微生物生长^[7]。花青素作为天然色素,与化学保鲜防腐剂相比,在使用时不会对

收稿日期:2023-11-12

基金项目:湖南省自然科学基金资助项目(2021JJ30213,2023JJ30211);湖南省教育厅科学研究基金资助项目(22C0310)

作者简介:杨舒婷(2001-),女,湖南岳阳人,湖南工业大学硕士生,主要研究方向为食品指示标签及复合包装材料,

E-mail:2970218495@qq.com

通信作者:刘学英(1981-),女,山东泰安人,湖南工业大学讲师,博士,硕士生导师,主要从事植物天然提取物的提取

分离及开发应用研究,E-mail:liuxueying@hut.edu.cn

环境产生危害; 作为食用果蔬中常见的生物活性物质, 用于食品、包装等行业也不会对人体产生损伤。

根据花青素能对环境 pH 的变化产生颜色响应和良好的抗氧化性、抑菌性的特点, 本研究将花青素作为生物活性物质添加进成膜基质中, 制备得到的花青素智能显色膜不仅能指示食品包装内部 pH 的变化, 还能在一定程度上延长食品的保质期, 为食品质量的实时监控提供依据。花青素智能显色膜显色灵敏、抗氧化性良好, 具有良好的应用前景。

2 实验部分

2.1 实验材料

黑果枸杞(大果), 宁夏杞里香有限责任公司; 壳聚糖、羧甲基纤维素钠、丙三醇, 均为分析纯, 国药集团化学试剂有限公司; 浓盐酸、无水乙醇、甲醇、氯化钾, 均为分析纯, 湖南汇虹试剂有限公司; 冰乙酸, 分析纯, 广州市锦源化学有限公司。本实验所用的水均为去离子水。

2.2 主要实验仪器

电热鼓风干燥机, DHG-9245A, 上海一恒科学仪器有限公司; 集热式恒温加热磁力搅拌器, DF-101S, 巩义市予华仪器有限责任公司; 紫外可见分光光度计, V-1600PC, 上海美谱达仪器有限公司; 液晶超声波清洗仪, KM3200DE, 昆山美美超声仪器有限公司; 电子数显千分尺, SH2107A3254, 衢州艾普计量仪器有限公司; 傅里叶红外光谱仪, Nicolet 6700, 美国 Thermo Fisher Scientific 公司。实验中所有仪器的使用均保持前后一致。

2.3 花青素的提取及显色方法

1) 提取方法

花青素的提取采用溶剂提取法^[8]并配合超声波辅助提取法^[9]。称取一定量的黑果枸杞干果, 按物料比 1:25 的比例加入到 1% 盐酸酸化的体积分数为 50% 乙醇溶液中, 用锡箔纸包裹好试管, 避光放于液晶超声波清洗仪中, 在 150 W、40 °C 的条件下超声 25 min。超声结束后将花青素上清液转移至干净的试管中, 用 50% 的乙醇溶液补齐至 40 mL。

2) 显色方法

吸取 1 mL 的花青素提取液至试管中, 再向花青素中分别加入 pH 为 1~12 的缓冲溶液至 20 mL, 即将花青素稀释 20 倍。将各组花青素提取液按顺序排列, 放在白色背景下观察颜色变化。

2.4 花青素复合膜的制备

花青素复合膜(即花青素智能显色膜)的制备参照兰文婷等^[10]的实验方法并稍作调整。称取一定量的壳聚糖和羧甲基纤维素钠粉末, 将二者混合均匀, 并加入到盛有 2% 乙酸溶液的烧杯中。用锡箔纸封好烧杯口, 将烧杯放入恒温磁力搅拌器中, 在 65 °C 下搅拌 40 min 后取出, 静置降温 10 min, 备用。向其中加入避光提取保存的花青素溶液, 于 35 °C 条件下搅拌至均匀。待降温后, 取干净平整的不锈钢盘, 每盘中加入 30 mL 复合膜液。放入电热鼓风干燥机中, 40 °C 下烘干 8 h, 即得黑果枸杞花青素复合膜成品。揭取后装入保鲜袋中, 放入冰箱冷藏避光保存、备用。

2.5 复合膜的物化性质检测

1) 厚度

使用电子数显千分尺并采取五点测量法对复合膜进行厚度测量, 并以此为依据判断复合膜是否平整。将电子数显千分尺调零, 取出复合膜平整地放在 A4 纸上, 选取中心和四周的 4 个测试点进行厚度测量, 得到的厚度数据取平均值, 即得到平均厚度。

2) 含水率

称取一定质量(m_1)的花青素复合膜, 将其放置在 105 °C 的电热鼓风干燥箱中烘干至恒重(m_2), 根据两次膜质量之差计算得到含水率(moisture content, MC)。每个样品测定 3 次, 计算平均值。

$$MC = \frac{m_1 - m_2}{m_1} \times 100\%。 \quad (1)$$

3) 水溶性

将烘干至恒重(m_2)的花青素复合膜浸于装有 40 mL 蒸馏水的试管中, 将管口封好放入试管架中, 静置 24 h 后倒出浸渍液, 再烘干至恒重(m_3)。根据两次质量之差计算得到水溶性(water-solubility, WS)。每个样品作 3 组平行试样, 结果取平均值。

$$WS = \frac{m_2 - m_3}{m_2} \times 100\%。 \quad (2)$$

4) 水蒸气透过系数

减少食品水分流失是包装膜的功能之一。水蒸气透过系数(P_v)是判断食品包装膜锁水性的标准之一。本研究参照邹小波等^[11]的方法并稍作修改, 测定花青素复合膜的水蒸气透过系数。在 50 mL 小烧杯中倒入 30 mL 的去离子水并称重, 用花青素复合膜覆盖杯口, 并用橡皮筋固定, 放入装有无水硅胶的干燥器中, 20 h 后称量烧杯和水的总质量。 P_v 在 24 °C 下

进行测定，并按式(3)进行计算。

$$P_v = \frac{\Delta m \cdot d}{S \cdot \Delta p \cdot t} \quad (3)$$

式中： Δm 为烧杯和水的两次质量之差，g；

d 为复合膜的厚度，mm；

S 为烧杯口的有效面积，烧杯直径为4.6 cm，即有效面积为 $1.6619 \times 10^{-3} \text{ m}^2$ ；

Δp 为膜两侧的蒸汽压差，复合膜内外的湿度梯度为100%， $\Delta p=2983 \text{ Pa}$ （24℃）；

t 为时间，h。

5) 抗氧化性

抗氧化性的测定参照尹艳等^[12]的方法并稍作调整。采用1,1-二苯基-2-三硝基苯肼(DPPH)抗性作为抗氧化性的指标,将维生素E(V_E)作为对照组,花青素复合膜为实验组,每一组设置3个平行试样,结果取平均值。空白调零组为无水乙醇,空白对照组为DPPH溶液。

以无水乙醇为溶剂,使用棕色容量瓶分别配制0.02 mol/L的维生素E溶液和0.1 mmol/L的DPPH溶液,摇匀后均放入棕色试剂瓶中冷藏避光保存,现配现用。取6 mL DPPH溶液,分别向其中加入1 mL无水乙醇、1 mL维生素E溶液和裁剪好的1/6面积的花青素复合膜,分别作为空白组、对照组和实验组,无水乙醇调零。加入各溶液和物质后,将所有组别放在相同条件下避光反应1 h后取出,为减少光解对实验结果的影响,需迅速在517 nm下测定吸光度,记录数据。

6) pH显色特性

复合膜的显色特性测定参照李增辉等^[13]的方法并稍作调整。将复合膜液倒入透明的70 mm半径的

塑料平板中,烘干8 h后放置于白纸上,量取一定量的缓冲溶液直接倒入平板内,即可观察复合膜的显色响应。

7) 傅里叶红外光谱

按照2.4所示的方法和步骤分别制备花青素/壳聚糖/羧甲基纤维素钠复合膜、壳聚糖/羧甲基纤维素钠膜、壳聚糖膜、羧甲基纤维素钠膜,并将4种膜进行傅里叶红外光谱测定。测试模式为ATR模式,波数范围为400~4000 cm^{-1} ,根据光谱曲线分析基质与花青素添加物之间的相互作用。

3 结果与讨论

3.1 复合膜的基本参数

花青素复合膜的厚度、含水率、水溶性和水蒸气透过系数均为复合膜的基本表征参数。经过实验测量及计算得到的复合膜基本参数如表1所示。

表1 复合膜的基本参数

Table 1 Basic parameters of composite film

样品组别	厚度/mm	含水率/%	水溶性/%	水蒸气透过系数/ ($10^{-4} \text{ g} \cdot \text{mm} \cdot \text{Pa}^{-1} \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$)
1	0.0378	23.20	30.59	5.8001
2	0.0394	22.84	32.14	6.6097
3	0.0390	22.30	31.93	6.2978
平均值	0.0387	22.78	31.55	6.2359

由表1可知,制备得到的复合膜厚度平均值为0.0387 mm,复合膜各处厚度差异极小,整体较为平整,每一张复合膜各处的厚度差均保持在0.003 mm以下。另外,各个复合膜样品的含水率、水溶性、水蒸气透过系数与平均值间差异均不大,均匀性良好。

制备得到的花青素复合膜成品如图1所示。

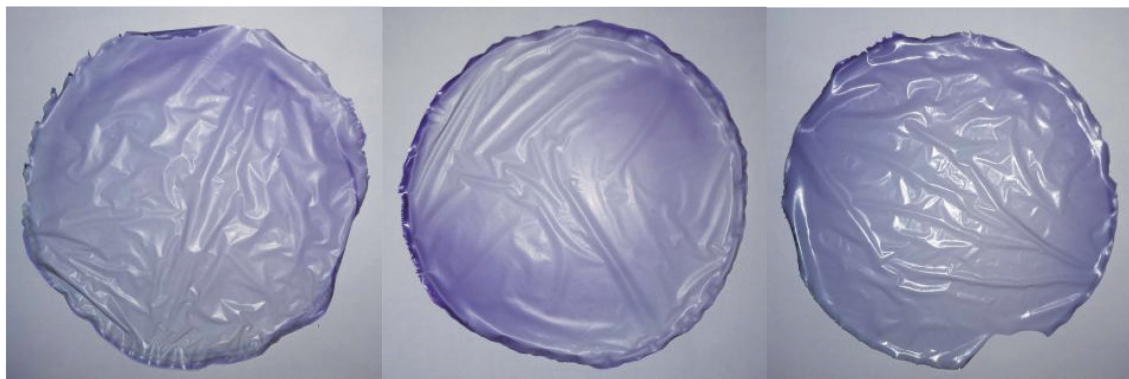


图1 花青素复合膜成品

Fig. 1 Finished product of anthocyanin composite film

由图 1 可知, 复合膜整体外观呈现为蓝紫色, 边缘颜色相较中心而言更深, 这是烘干时膜液积聚在制膜盘的边缘所致, 并不影响复合膜质量。复合膜表面有光泽, 除边缘区域外, 整体颜色分布较为均匀。褶皱是由揭取时的拉伸导致, 表明复合膜具有一定的拉伸韧性, 不会轻易破裂。

3.2 花青素提取液及复合膜的 pH 颜色响应

花青素在不同 pH 的环境下存在黄烊盐离子(红色)、醇式假碱(无色)、查尔酮(无色)和醌式碱(蓝色) 4 种化学结构。图 2 为黑果枸杞花青素提取液在 pH=1~12 的缓冲溶液下的颜色变化。

由图 2 可知, 花青素液在 pH=1~5 的环境中呈现红色, 且红色的程度随着 pH 值的增大而变浅, pH=1 时呈现较深的粉红色, pH=5 时呈现淡粉色。这是由于在酸性条件下, 花青素多以黄烊盐离子存在, 随着

酸性减弱, 醇式假碱和查尔酮为主要存在形式, 花青素即从红色转变为淡粉色甚至无色。pH=6 时, 花青素颜色响应出现转折, 变为紫红色。在 pH=7~11 的环境下花青素呈现蓝紫色, 且随着 pH 的增大, 颜色逐渐偏向蓝色。这是因为在碱性条件下, 花青素主要以醌式碱形式存在。在 pH=12 时呈现黄色, 可能是碱性过强破坏了花青素的共轭结构, 导致无法响应环境 pH 的变化。

图 3 为花青素复合膜的显色图, 并将复合膜与对应 pH 下的花青素溶液摆放在一起, 以便更好地观察二者的区别。由图 3 可以观察到, 复合膜所显现的颜色较浅, 但与花青素提取液所表现出的颜色变化基本吻合, 表明花青素提取物能够作为有效成分在复合膜中发挥作用。

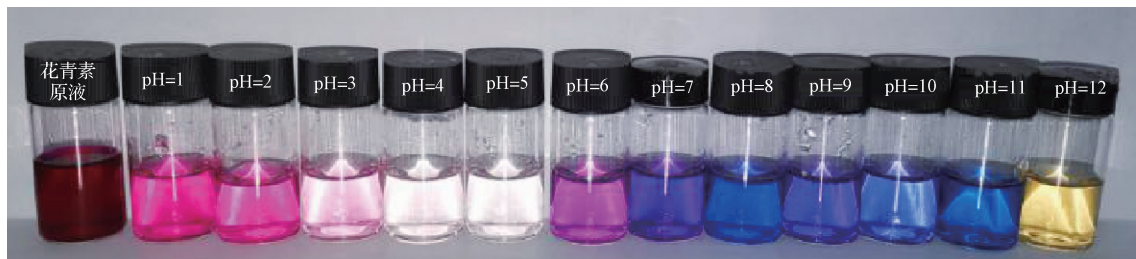


图 2 花青素的 pH 颜色响应

Fig. 2 pH color response of anthocyanin



图 3 花青素复合膜的 pH 显色响应

Fig. 3 pH color response of anthocyanin composite membranes

3.3 抗氧化性

对花青素复合膜及对照组 (V_E 对照组、空白对

照组、空白调零组) 进行抗氧化性测定, 具体数据如表 2 所示。

表 2 复合膜的 DPPH 抗性

Table 2 DPPH resistance of composite membranes

组别	517 nm 吸光度		总吸光度差值
空白调零组	0.000		
空白对照组	1.045		
V _E 对照组	1.036	1.025	1.029
花青素复合膜组	0.714	0.866	0.842

由表 2 可知, V_E 对照组的吸光度下降总值为 0.045, 花青素复合膜的下降总值为 0.713。由此可知, 在同等实验条件下, 添加 1 mL 花青素的复合膜的 DPPH 抗性约是 1 mL 0.02 mol/L 标准维生素 E 溶液的 15.84 倍。

3.4 傅里叶红外光谱

傅里叶红外光谱可以分析物质之间的相互作用。壳聚糖膜 (a)、羧甲基纤维素钠膜 (b)、壳聚糖 / 羧甲基纤维素钠膜 (c)、花青素 / 壳聚糖 / 羧甲基纤维素钠复合膜 (d) 4 种薄膜的傅里叶红外光谱如图 4 所示。

由图 4 可知, 壳聚糖膜、羧甲基纤维素钠膜和壳聚糖 / 羧甲基纤维素钠膜分别在 3282 cm⁻¹、3290 cm⁻¹、3282 cm⁻¹ 处有振动吸收峰, 这归因于 O—H 的伸缩振动。加入花青素提取液后, 复合膜的红外光谱吸收峰向低波数方向偏移至 3267 cm⁻¹, 说明添加的花青素与基质之间存在氢键相互作用^[14]。2930 cm⁻¹ 和 2880 cm⁻¹ 附近分别为 —CH₂ 和 —CH 的吸收峰, 壳聚糖 / 羧甲基纤维素钠膜中的振动吸收峰在 2922 cm⁻¹ 和 2880 cm⁻¹, 壳聚糖 / 羧甲基纤维素钠 / 花青素复合膜在此附近的吸收振动峰偏移至 2935 cm⁻¹ 和 2885 cm⁻¹, 且强度高于壳聚糖 / 羧甲基纤维素钠膜, 表明基质与花青素之间有部分化学键的作用增强^[15]。1540 cm⁻¹ 附近为 C=C 的振动吸收峰, 加入花青素后复合膜的吸收峰减弱, 波数向右偏移, 表明花青素与壳聚糖和羧甲基纤维素钠基质之间存在分子间的作用力^[16]。相较于其他 3 种基质膜, 壳聚糖 / 羧甲基纤维素钠 / 花青素复合膜在 1030 cm⁻¹ 左右的振动吸收峰有较明显的增强, 且出现波数右移, 这可能是因为 C—H 键的面内弯曲振动。650 cm⁻¹ 和 900 cm⁻¹ 处的振动吸收峰表明可能存在烯烃、芳烃的 C—H 面外弯曲振动。通过比较壳聚糖 / 羧甲基纤维素钠膜和壳聚糖 / 羧甲基纤维素钠 / 花青素复合膜的傅里叶红外光谱图可知, 加入花青素后并未出现新的振动吸收峰, 表明花青素提取液并未改变基质的化学性质,

与壳聚糖、羧甲基纤维素钠基质之间的相容性较好。

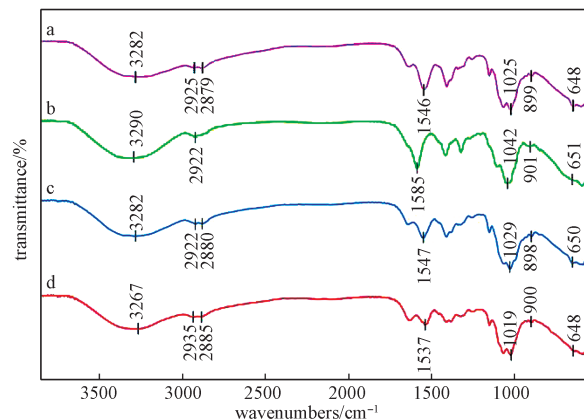


图 4 傅里叶红外光谱图

Fig. 4 Fourier infrared spectrum

4 结语

花青素是从植物中提取得到的天然色素, 安全无害, 且具有灵敏的 pH 显色特性和良好的抗氧化性, 作为生物活性物质应用于食品行业具有极好的前景。本研究以黑果枸杞为原料提取花青素, 将提取液与成膜基质壳聚糖、羧甲基纤维素钠共混, 制备得到了花青素复合膜, 并对复合膜进行厚度、含水率、水溶性、水蒸气透过系数、抗氧化性、pH 显色、红外吸收光谱等性能的测定, 得到以下结论。

1) 实验提取得到的黑果枸杞花青素溶液和制备得到的壳聚糖 / 羧甲基纤维素钠 / 花青素复合膜均具有良好的颜色显示特性, 都能在不同 pH 的缓冲溶液中呈现不同的颜色。花青素复合膜的外观与保鲜膜相近, 厚度均匀, 整体平整。由于添加了花青素, 复合膜整体呈现紫色。

2) 制备得到的花青素复合膜的平均含水率和水溶性分别为 22.78% 和 31.55%, 水蒸气透过系数平均值为 $6.2359 \times 10^{-4} \text{ g} \cdot \text{mm} \cdot \text{Pa}^{-1} \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$ 。

3) 抗氧化性结果表明, 在同等体积下, 花青素复合膜的抗氧化性比维生素 E 高十倍以上。花青素复合膜具有极佳的抗氧化能力, 可应用于生鲜食品的保鲜防腐。

4) 将花青素作为生物活性物质添加到成膜基质壳聚糖和羧甲基纤维素钠中, 其自身的化学结构和特性不会发生改变, 还能够与成膜基质间产生相互作用。花青素智能显色膜厚度平整, 抗氧化性良好, 显色灵敏, 具备应用于食品保鲜包装的潜力。

参考文献:

- [1] 董雨荷, 胡文忠, 连俊辉, 等. 黑果枸杞活性成分及其药理作用的研究进展[J]. 广东化工, 2020, 47(23): 48-49, 54.
DONG Yuhe, HU Wenzhong, LIAN Junhui, et al. Research Progress on Active Components and Pharmacological Activities of *Lycium Ruthenicum* Murr[J]. Guangdong Chemical Industry, 2020, 47(23): 48-49, 54.
- [2] LUAN A P, ZHANG W, YANG M Z, et al. Unveiling the Molecular Mechanism Involving Anthocyanins in Pineapple Peel Discoloration During Fruit Maturation[J]. Food Chemistry, 2023, 412: 135482.
- [3] ALSAHAG M, ALISAAC A, AL-HAZMI G A A, et al. Preparation of Carboxymethyl Cellulose/Polyvinyl Alcohol Wound Dressing Composite Immobilized with Anthocyanin Extract for Colorimetric Monitoring of Wound Healing and Prevention of Wound Infection[J]. International Journal of Biological Macromolecules, 2023, 224: 233-242.
- [4] 庞沁, 陈成标, 邹登朗, 等. 黑果枸杞花青素研究概述[J]. 农家参谋, 2022(18): 114-116.
PANG Qin, CHEN Chengbiao, ZOU Denglang, et al. Overview of Research on *Lycium Barbarum* L Anthocyanin[J]. The Farmers Consultant, 2022(18): 114-116.
- [5] TANG J L, YAN Y M, RAN L W, et al. Isolation, Antioxidant Property and Protective Effect on PC12 Cell of the Main Anthocyanin in Fruit of *Lycium Ruthenicum* Murray[J]. Journal of Functional Foods, 2017, 30: 97-107.
- [6] 李煦, 白雪晴, 刘长霞, 等. 天然花青素的抗氧化机制及功能活性研究进展[J]. 食品安全质量检测学报, 2021, 12(20): 8163-8171.
LI Xu, BAI Xueqing, LIU Changxia, et al. Research Progress on Antioxidant Mechanism and Functional Activity of Natural Anthocyanin[J]. Journal of Food Safety & Quality, 2021, 12(20): 8163-8171.
- [7] 戚建锋, 滕贤麟, 叶玉玲. 花青素降低肺炎克雷伯菌生物膜的作用及机制研究[J]. 中国药师, 2021, 24(12): 2167-2170.
QI Jianfeng, TENG Xianlin, YE Yuling. Study on the Effects and Mechanism of Cyanidin on the Biofilm of *Klebsiella Pneumoniae*[J]. China Pharmacist, 2021, 24(12): 2167-2170.
- [8] 朱安娜, 方兰兰, 余晶, 等. 提取剂对紫薯花青素提取效果的影响及 pH 响应[J]. 包装学报, 2019, 11(5): 44-49.
ZHU Anna, FANG Lanlan, YU Jing, et al. Effect of Extractants on Anthocyanin Extraction from Purple Potato and Relevant pH Response[J]. Packaging Journal, 2019, 11(5): 44-49.
- [9] 赵巨堂, 刘冉, 彭清秀, 等. 超声波辅助提取火龙果皮花青素工艺研究[J]. 现代食品, 2018(11): 178-182.
ZHAO Jutang, LIU Ran, PENG Qingxiu, et al. Ultrasonic Assisted Extraction of Anthocyanins from Dragon Fruit Peel[J]. Modern Food, 2018(11): 178-182.
- [10] 兰文婷, 张蓉, 王毅豪, 等. 羧甲基纤维素/海藻酸钠/壳聚糖复合膜的制备及其性能测定[J]. 塑料工业, 2017, 45(11): 144-149.
LAN Wenting, ZHANG Rong, WANG Yihao, et al. Preparation and Characterization of Carboxymethyl Cellulose/Sodium Alginate/Chitosan Composite Membrane[J]. China Plastics Industry, 2017, 45(11): 144-149.
- [11] 邹小波, 王圣, 石吉勇, 等. 天然花青素提取物与壳聚糖明胶复合膜的制备和表征[J]. 农业工程学报, 2016, 32(17): 294-300.
ZOU Xiaobo, WANG Sheng, SHI Jiyong, et al. Preparation and Characterization of Chitosan/Gelatin Composite Films Incorporated with Four Natural Pigments[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2016, 32(17): 294-300.
- [12] 尹艳, 孙东山, 董梓焯, 等. 花青素明胶膜的制备与表征[J]. 惠州学院学报, 2018, 38(3): 48-51, 56.
YIN Yan, SUN Dongshan, DONG Zijiong, et al. Preparation Characterization of Anthocyanins and Gelatin Hybrid Films[J]. Journal of Huizhou University, 2018, 38(3): 48-51, 56.
- [13] 李增辉, 李亚娜, 王晓, 等. pH 敏感型紫番茄花青素在壳聚糖膜制备中的应用研究[J]. 包装工程, 2022, 43(15): 160-166.
LI Zenghui, LI Yana, WANG Xiao, et al. Application of pH-Sensitive Purple Tomato Anthocyanin in Preparation of Chitosan Film[J]. Packaging Engineering, 2022, 43(15): 160-166.
- [14] 陈成, 李蕾, 毕会敏, 等. 紫甘蓝花青素/大豆分离蛋白复合膜的制备与性能研究[J]. 西部林业科学, 2022, 51(3): 67-73.
CHEN Cheng, LI Lei, BI Huimin, et al. Preparation and Characterization of Purple Cabbage Anthocyanins/Soy Protein Isolate Composite Film[J]. Journal of West China Forestry Science, 2022, 51(3): 67-73.

- [15] 姚乐, 王诗意, 周斐, 等. 壳聚糖/花青素复合薄膜的制备及鱼肉新鲜度监测 [J]. 包装工程, 2022, 43(9): 83-91.
YAO Le, WANG Shiyi, ZHOU Fei, et al. Preparation of Chitosan/Anthocyanin Composite Film for Monitoring of Fish Freshness[J]. Packaging Engineering, 2022, 43(9): 83-91.
- [16] 石建伟, 孙百会, 李亦欣, 等. 花青素明胶复合膜的

制备及表征 [J]. 现代塑料加工应用, 2021, 33(2): 15-18.

SHI Jianwei, SUN Baihui, LI Yixin, et al. Preparation and Characterization of Anthocyanin Gelatin Composite Film[J]. Modern Plastics Processing and Applications, 2021, 33(2): 15-18.

(责任编辑: 李玉华)

Preparation and Properties of Anthocyanin Intelligent Chromogenic Film of *Lycium Ruthenicum* Murray

YANG Shuting^{1,2}, KUANG Fangling¹, YU Li^{1,2}, ZENG Xiaoxi¹, LIU Xueying^{1,2}

(1. College of Life Science and Chemistry, Hunan University of Technology, Zhuzhou Hunan 412007, China;

2. Hunan Engineering Research Center of Lily Germplasm Resources Innovation and Deep Processing, Zhuzhou Hunan 412007, China)

Abstract: Anthocyanins, as natural substances existing in plants, are not only non-toxic to human body, but also have good antioxidant properties. Anthocyanin was extracted by solvent extraction and ultrasonic-assisted extraction, and anthocyanin composite film was prepared by blending anthocyanin solution with film-forming matrix. The thickness, water content, water solubility, oxidation resistance, pH color rendering and infrared absorption spectrum of the composite film were measured. The average thickness of the composite film was 0.0387 mm, the water content was 22.78%, while the water solubility was 31.55%, the water vapor permeability was $6.2359 \times 10^{-4} \text{ g}\cdot\text{mm}\cdot\text{Pa}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}\cdot\text{m}^{-2}$. 1,1-diphenyl-2-trinitrophenylhydrazine (DPPH) resistance was equivalent to 15.84 times that of 1 mL 0.02 mol/L standard vitamin E solution, and had good color rendering effect in different pH buffer solutions. The anthocyanin indicator film prepared by experiment has similar appearance and physical properties similar to the ordinary plastic wrap, and it can spontaneously degrade in water and has excellent anti-DPPH free radical ability, which has a good application prospect in food packaging.

Keywords: *Lycium ruthenicum* Murray; anthocyanin; intelligent color developing film