

紫色马铃薯花青素的抑菌性及其对草莓保鲜效果的研究

张海霞, 包良

Study on Bacteriostasis of Purple Potato Anthocyanin and Its Fresh-keeping Effect on Strawberry

ZHANG Haixia and BAO Liang

在线阅读 View online: <https://doi.org/10.13386/j.issn1002-0306.2021040042>

您可能感兴趣的其他文章

Articles you may be interested in

紫色马铃薯酒发酵工艺优化及主发酵期花青素与色泽的动态变化

Optimization of Fermentation Technology of Purple Potato Wine and Dynamic Changes of Anthocyanin and Color in Main Fermentation Period

食品工业科技. 2021, 42(17): 138-144

N、S改性TiO₂及其与淀粉复合膜的抑菌性能及保鲜效果

Antimicrobial Activity and Fresh-keeping Effect of N and S Modified TiO₂ and Their Starch Composite Film

食品工业科技. 2020, 41(4): 252-258,265

不同贮藏保鲜条件和加工过程对草莓及其加工产品中粉唑醇残留的影响

Effect of Storage and Preservation and Processing on the Flutriafol Residues in Strawberry and Processed Products

食品工业科技. 2018, 39(14): 219-222

黑果腺肋花楸原花青素的提取及抑菌性研究

Extraction and antibacterial activity of procyanidins from Aronia melanocarpa

食品工业科技. 2017(02): 302-306

酶法制备紫马铃薯汁及其乳酸菌发酵特性

Enzymatic Preparation of Purple Potato Juice and Its Fermentation Characteristics of Lactic Acid Bacteria

食品工业科技. 2020, 41(2): 16-20,26

流化冰对养殖大黄鱼保鲜效果的研究

Fresh-keeping Effect of Slurry Ice on Farmed *Pseudosciaena crocea*

食品工业科技. 2021, 42(1): 297-303



关注微信公众号，获得更多资讯信息

张海霞, 包良. 紫色马铃薯花青素的抑菌性及其对草莓保鲜效果的研究 [J]. 食品工业科技, 2021, 42(24): 293–298. doi: 10.13386/j.issn1002-0306.2021040042

ZHANG Haixia, BAO Liang. Study on Bacteriostasis of Purple Potato Anthocyanin and Its Fresh-keeping Effect on Strawberry[J]. Science and Technology of Food Industry, 2021, 42(24): 293–298. (in Chinese with English abstract). doi: 10.13386/j.issn1002-0306.2021040042

紫色马铃薯花青素的抑菌性及其对草莓保鲜效果的研究

张海霞¹, 包良²

(1.呼和浩特职业学院, 内蒙古呼和浩特 010051;

2.内蒙古医科大学民族医药创新中心, 内蒙古自治区中蒙药重点实验室, 内蒙古呼和浩特 010010)

摘要:为研究紫色马铃薯花青素的抑菌性及其对草莓保鲜的作用,考察了紫色马铃薯花青素对大肠杆菌、金黄色葡萄球菌、青霉菌和酵母菌的抑菌能力、最低抑菌浓度和紫色马铃薯花青素与山梨酸钾、对羟基苯甲酸乙酯及其混合液的抑菌效果;测定紫色马铃薯花青素对室温贮藏条件下的草莓失重率、腐败率、可溶性固形物含量和菌落总数的影响。结果表明:紫色马铃薯花青素的抑菌能力为金黄色葡萄球菌>大肠杆菌>青霉菌>酵母菌;对四种菌的最低抑菌浓度分别为 5.625、11.25、22.5 和 45 mg/mL。25 mg/mL 紫色马铃薯花青素+0.5 μg/mL 对羟基苯甲酸乙酯混合液处理组草莓的失重率、腐败率显著低于对照 CK ($P<0.05$), 可溶性固形物含量显著高于对照 CK ($P<0.05$), 菌落总数极显著低于对照 CK ($P<0.0001$)。保鲜能力为对羟基苯甲酸乙酯+花青素>对羟基苯甲酸乙酯>花青素>对照。综上,紫色马铃薯花青素具有一定的抑菌和保鲜效果,但效果差于对羟基苯甲酸乙酯,与其联合使用效果最佳。

关键词:紫色马铃薯,花青素,抑菌性,草莓,保鲜

中图分类号:TS209

文献标识码:A

文章编号:1002-0306(2021)24-0293-06

DOI: 10.13386/j.issn1002-0306.2021040042

本文网刊:



Study on Bacteriostasis of Purple Potato Anthocyanin and Its Fresh-keeping Effect on Strawberry

ZHANG Haixia¹, BAO Liang²

(1.Hohhot Vocational College, Hohhot 010051, China;

2.National Medicine Innovation Center of Inner Mongolia Medical University, Key Laboratory of Chinese and Mongolian Medicine of Inner Mongolia, Hohhot 010010, China)

Abstract: In order to study the bacteriostasis of purple potato anthocyanin and its effect on strawberry fresh-keeping, the bacteriostasis of purple potato anthocyanin to *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, *Penicillium* and yeast, the lowest bacteriostasis concentration and the bacteriostasis of purple potato anthocyanin to potassium sorbate, ethylparaben were analyzed; the effects of purple potato anthocyanin on the weight loss rate, spoilage rate, soluble solid content and total number of colony of strawberry stored at room temperature were determined. The results showed that the antibacterial ability of purple potato anthocyanin was *Staphylococcus aureus*>*E.coli*>*Penicillium*>yeast; the minimum inhibitory concentrations for the four bacterias were 5.625, 11.25, 22.5 and 45 mg/mL, respectively. The weight loss and spoilage rate of strawberries in the 25 mg/mL purple potato anthocyanin+0.5 μg/mL ethylparaben treatment group were significantly lower than those of the control CK ($P<0.05$), and the soluble solid content was significantly higher than that of the control CK ($P<0.05$), the total number of colonies was extremely significantly lower than the control CK ($P<0.0001$). The fresh-keeping ability was ethylparaben+anthocyanins>ethylparaben>anthocyanins>control. In summary, the purple potato anthocyanin had certain antibacterial and fresh-keeping effects, but the effect was worse than that of ethylparaben, and the

收稿日期: 2021-04-08

基金项目: 内蒙古高等学校科学研究项目 (NJZY19289); 呼和浩特市科学技术局科技计划项目 (2018-农-11)。

作者简介: 张海霞 (1979-), 女, 硕士, 副教授, 研究方向: 生物技术, E-mail: haixiazhang2009@163.com。

combination with it had the best effect.

Key words: purple potato; anthocyanin; antibacterial; strawberry; fresh-keeping

花青素是存在于植物中的水溶性黄酮多酚类化合物^[1-2],可以起到抑菌、防突变、降血糖等作用^[3],广泛应用于医药保健品和食品、化妆品中^[4-5]。紫色马铃薯种植技术成熟,在我国的马铃薯主、次产区都有种植,产量大,其块茎富含花青素,提取花青素具有来源丰富,生产成本低等优点^[6],具有较好的开发前景。戴妙妙等^[7]发现紫娟茶中花青素对金黄色葡萄球菌有较强的抑菌能力。陈婵等^[8]报道紫甘薯原花青素对大肠杆菌、沙门氏菌、金黄色葡萄球菌具有良好的抑菌效果,但是目前对紫色马铃薯花青素抑菌性和防腐性方面的报道较少。

关于草莓保鲜,目前广泛应用化学和生物保鲜法,孙娜等^[9]对五叶草莓保鲜性研究发现,采用1%壳聚糖处理保鲜效果最好,赵亚珠等^[10]用百里香精油制备抗菌纸箱储藏草莓,能较好保持草莓的感官品质。本试验研究紫色马铃薯花青素对大肠杆菌、金黄色葡萄球菌、青霉菌菌和酵母菌的抑菌性,并对紫色马铃薯花青素与对羟基苯甲酸乙酯、山梨酸钾单独和结合使用的抑菌效果对比。同时对紫色马铃薯花青素对草莓的保鲜性能进行了探讨,以期对紫色马铃薯花青素作为生物抑菌剂和保鲜剂的开发提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

紫色马铃薯“黑美人”采收于内蒙古武川县;草莓采摘于呼和浩特讨思浩种植大棚;LB培养基、PDA培养基、醋酸、氯化钾、醋酸钠、无水乙醇、磷酸、乙酸乙酯、磷酸二氢钠、对羟基苯甲酸乙酯、山梨酸钾均为分析纯,内蒙古爱尔法生物科技公司;大肠杆菌、酵母菌、青霉菌和金黄色葡萄球菌呼和浩特职业学院生化实验室提供。

H/716M 高速台式离心机机 湖南赫西仪器有限公司;HWS-24 型电热恒温水浴锅 上海一恒科学仪器有限公司;SW-CJ-ID 超净工作台 天津科赛特实验室设备有限公司;WZS20 折光仪 上海圣科仪器设备有限公司;YXQ-LS-75SII 立式压力蒸汽灭菌器 上海博讯实业有限公司医疗设备厂;DPX-9272 生化培养箱 上海福玛实验设备有限公司。

1.2 实验方法

1.2.1 紫色马铃薯花青素的提取 取紫色马铃薯用自来水冲洗干净剥去表皮,切成薄片,干燥至恒重,打碎成粉末,过滤,收集筛下物。参照李玲等^[11]的方法提取花青素,适当进行调整。称取10 g紫色马铃薯粉末放于圆底蒸馏烧瓶与一定体积的1%酸化乙醇提取液按照液料比为20:1(mL/g)混匀,提取温度

65℃、超声功率300 W条件下浸提。获得的浸提液4500 r/min离心,萃取、蒸发、浓缩、真空干燥后得花青素提取物^[12],配制成55、45、35、25、22.5、15、11.25、5.625、2.8125、1.40625 mg/mL待用。

1.2.2 抑菌试验

1.2.2.1 菌悬液的制备 将大肠杆菌和金黄色葡萄球菌转接至LB固体培养基表面,放置于培养箱中37℃培养24~36 h^[13];青霉菌和酵母菌接种于PDA培养基28℃培养48 h;活化后将上述供试菌接种在相应的液体培养基中,恒温振荡培养10~24 h左右^[14]。调整各种菌悬液浓度为10⁵ CFU/mL待用。以下各处理均进行3次重复。

1.2.2.2 紫色马铃薯花青素的抑菌性 通过滤纸扩散法形成的抑菌区域直径大小来评估紫色马铃薯花青素的抑菌效果。取上述菌悬液0.01 mL接种于各培养基平板上^[15];将滤纸打成直径6 mm圆形小片,置洁净小盒内高压灭菌,待其干燥后分别放入浓度为15、25、35、45和55 mg/mL的紫色马铃薯花青素溶液中浸泡20 min,沥干放入上述接菌培养板上,倒置培养箱内37℃恒温培养24 h,测量每种处理抑菌区域直径^[1]。

1.2.2.3 最低抑菌浓度(MIC) 采用二倍稀释法,配制紫色马铃薯花青素水溶液,浓度分别为45、22.5、11.25、5.625、2.8125、1.40625 mg/mL,把灭菌后的滤纸片放入其中浸泡20 min,沥干放入1.2.2.2各接菌培养板上,37℃恒温培养24 h后,测量每种处理抑菌区域直径。判断依据是无抑菌圈出现的最低浓度为紫色马铃薯花青素的最低抑菌浓度^[16]。

1.2.2.4 紫色马铃薯花青素与对羟基苯甲酸乙酯、山梨酸钾单独和结合使用的抑菌效果对比 将高压蒸汽灭菌的滤纸片分别浸泡于25 mg/mL的紫色马铃薯花青素溶液、25 mg/mL的紫色马铃薯花青素+0.5 μg/mL对羟基苯甲酸乙酯溶液(体积比1:1)、25 mg/mL的紫色马铃薯花青素+5 μg/mL山梨酸钾溶液(体积比1:1)、0.5 μg/mL对羟基苯甲酸乙酯溶液、5 μg/mL山梨酸钾紫色马铃薯花青素溶液,浸泡20 min,沥干放入1.2.2.1各接菌培养板上,测量每种处理抑菌区域直径来判断抑菌差异性。

1.2.3 紫色马铃薯花青素对草莓的保鲜性试验

1.2.3.1 草莓处理 鉴于对羟基苯甲酸乙酯是一种广谱型食品添加剂,可应用于多种类型物质的保鲜,以下实验采用对羟基苯甲酸乙酯和花青素作为保鲜剂。取成熟度一致、果型相似、无损伤新鲜草莓120个,分成4组,称重。3组草莓分别用25 mg/mL紫色马铃薯花青素溶液、0.5 μg/mL对羟基苯甲酸乙

酯溶液、25 mg/mL 的紫色马铃薯花青素+0.5 μg/mL 对羟基苯甲酸乙酯混合液(体积比为 1:1)浸泡 10 min; 以蒸馏水处理的一组为对照 CK。各组处理后放于干净滤纸吸干水分,用厚度为 0.1 mm 的普通 PE 保鲜膜单层包装,室温(26±2 ℃)保藏^[4],每隔 24 h 测定以下参数,共检测 5 d。所测参数均重复 3 次,分别取其均值。

1.2.3.2 失重率 采用称重法计算 1.2.3.1 中 4 组草莓的失重率^[9]。

$$\text{失重率}(\%) = \frac{M_0 - M_i}{M_0} \times 100$$

式 (1)

式中: M_0 为处理前的质量, g; M_i 为第 i 天的质量, g。

1.2.3.3 腐烂率 方法参考文献 [17], 草莓果肉有褐变、表面有霉斑或腐烂汁水流出判定为腐烂。统计 1.2.3.1 中 4 组草莓的腐烂率。

$$\text{腐烂率}(\%) = \frac{\text{腐烂草莓个数}}{\text{草莓总个数}} \times 100$$

式 (2)

1.2.3.4 可溶性固形物含量(Brix 值) 取 1.2.3.1 中 4 组草莓各 10 g, 研碎取汁用双层纱布过滤,用手持折光仪测定草莓汁不同处理条件下的 Brix 值。

1.2.3.5 菌落总数测定 参照 GB 4789.2-2016^[18]《食品安全国家标准 食品微生物学检验菌落总数测定》的方法对 1.2.3.1 中 4 组草莓菌落总数测定。

1.3 数据处理

本实验数据统计和作图采用 Excel 2010; 显著性分析采用 SPSS Statistics 18.0 和 GraphPad8 软件分析。表中抑菌区直径为三次平行的均值±标准偏差, 包含抑菌滤纸片直径 6 mm。

2 结果与分析

2.1 紫色马铃薯花青素对供试菌的抑菌性

2.1.1 紫色马铃薯花青素对不同供试菌的抑菌作用

从表 1 可以看出, 紫色马铃薯花青素对供试菌的抑制效果为金黄色葡萄球菌>大肠杆菌>青霉菌>酵母菌。酵母菌对紫色马铃薯花青素不敏感, 只有花青素溶液为高浓度时才会起作用, 与陈虎^[19]的研究结论一致。前三种供试菌随着紫色马铃薯花青素浓度提高, 抑菌区直径都在增大, 说明高浓度花青素有利于增强抑菌效果。当紫色马铃薯花青素浓度为 55 mg/mL 时, 金黄色葡萄球菌的抑菌区直径可达到 15.73 mm。

2.1.2 紫色马铃薯花青素对不同供试菌的最低抑菌浓度(MIC) 根据表 2 得到, 紫色马铃薯花青素对供试四种菌的最低抑菌浓度分别为 11.25、5.625、22.5 和 45 mg/mL。在花青素浓度为 45 mg/mL 时, 酵母菌的抑菌区直径仅为 6.27 mm, 低于青霉菌的抑菌区直径 8.20 mm, 但两者抑菌区直径都小于 10 mm, 说明紫色马铃薯花青素对青霉菌和酵母菌的生长有影响, 但作用效果不显著($P>0.05$), 再次证明酵母菌对花青素不敏感。

2.1.3 紫色马铃薯花青素与对羟基苯甲酸乙酯、山梨酸钾单独和结合使用的抑菌效果对比 根据表 3 得出, 紫色马铃薯花青素对前三种供试菌均具有抑制作用; 对羟基苯甲酸乙酯和山梨酸钾对供试四种菌都有影响; 当紫色马铃薯花青素分别与对羟基苯甲酸乙酯和山梨酸钾混合使用时, 前三种供试菌的抑菌区直径都明显大于用单一试剂处理的抑菌区直径, 说明花青素有助于增强抑菌效果, 青霉菌的抑菌区直径可达

表 1 不同浓度紫色马铃薯花青素对供试菌的抑菌作用

Table 1 Antibacterial effect of purple potato anthocyanins at different concentrations on the tested bacteria

紫色马铃薯花青素浓度 (mg/mL)	供试菌抑菌区直径(mm)			
	大肠杆菌	金黄色葡萄球菌	青霉菌	酵母菌
0	/	/	/	/
15	6.67±0.20	9.47±0.21	/	/
25	8.67±0.28	11.30±0.10	7.21±0.23	/
35	10.33±0.06	12.70±0.20	7.76±0.15	/
45	12.03±0.15	14.20±0.10	8.20±0.15	6.27±0.12
55	12.63±0.15	15.73±0.06	8.86±0.20	6.50±0.17

注: 表中“/”表示无抑菌区出现; 表2~表3同。

表 2 紫色马铃薯花青素对供试菌的最低抑菌浓度(MIC)

Table 2 MIC of purple potato anthocyanin solution on the tested bacteria

紫色马铃薯花青素浓度 (mg/mL)	供试菌抑菌区直径(mm)			
	大肠杆菌	金黄色葡萄球菌	青霉菌	酵母菌
1.40625	/	/	/	/
2.8125	/	/	/	/
5.625	/	6.43±0.06	/	/
11.25	6.97±0.23	10.23±0.15	/	/
22.5	8.70±0.10	11.40±0.15	7.03±0.10	/
45	12.03±0.15	14.20±0.10	8.20±0.15	6.27±0.12

表 3 紫色马铃薯花青素与对羟基苯甲酸乙酯、山梨酸钾单独和结合使用抑菌效果对比

Table 3 Comparison of antibacterial effects of purple potato anthocyanin, ethylparaben and potassium sorbate alone and in combination

抑菌剂	供试菌抑菌区直径(mm)			
	大肠杆菌	金黄色葡萄球菌	青霉菌	酵母菌
紫色马铃薯花青素	8.53±0.15	11.37±0.15	7.21±0.23	/
紫色马铃薯花青素+对羟基苯甲酸乙酯	15.23±0.12	21.33±0.31	40.87±0.10	26.03±0.15
紫色马铃薯花青素+山梨酸钾	21.27±0.15	27.43±0.42	34.65±0.15	20.53±0.38
对羟基苯甲酸乙酯	11.73±0.06	15.43±0.21	30.12±0.15	25.93±0.25
山梨酸钾	17.23±0.64	19.03±0.87	25.97±0.16	20.67±0.15

到 40.87 mm, 增强效果最明显; 酵母菌的抑菌区直径变化不明显。

2.2 紫色马铃薯花青素对草莓的保鲜作用

2.2.1 紫色马铃薯花青素对草莓腐烂率的影响 从图 1 可以看出, 采用不同方式处理的草莓腐烂率有明显差异。CK 从贮藏的第 2 d 腐烂率明显升高, 腐烂率显著高于另外三组 ($P<0.05$)。4 d 后, 对照草莓、花青素处理草莓、对羟基苯甲酸乙酯处理草莓、花青素和对羟基苯甲酸乙酯混合液处理草莓腐烂率分别为 79.7%、70.2%、50.0% 和 43.1%, 表明处理过的草莓腐烂率显著低于未处理草莓 ($P<0.05$)。用紫色马铃薯花青素和对羟基苯甲酸乙酯混合处理的草莓在试验期内各阶段腐烂率显著低于花青素处理组 ($P<0.05$)。这可能是由于花青素的强抗氧化特性影响细菌的代谢反应^[20], 能抑制微生物的生长, 但是紫色马铃薯花青素单独使用时对草莓腐烂率的影响小于对羟基苯甲酸乙酯。

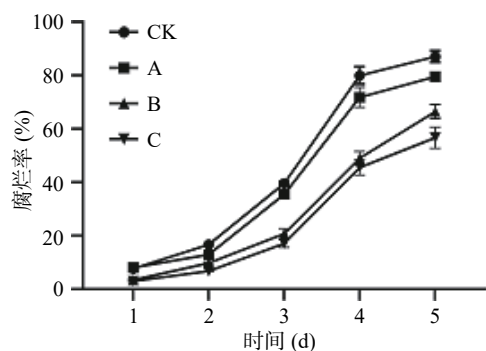


图 1 不同处理对草莓腐烂率的影响

Fig.1 Influence of different treatments on strawberry decay rate

注: CK: 对照; A: 花青素处理; B: 对羟基苯甲酸乙酯处理; C: 花青素+对羟基苯甲酸乙酯处理; 图 2~图 4 同。

2.2.2 紫色马铃薯花青素对草莓失重率的影响 草莓在贮藏中由于水分的蒸发和营养物质消耗, 会影响其外观品质和口感。由图 2 可以看出, 在储藏 1~5 d, 各组草莓重量都有不同程度的变化。对照 CK 失重率上升幅度最高达到 23.09%; 其次是 A、B 和 C。说明不同处理方法在一定程度上能减缓草莓果实中水分的流失。单独用花青素处理和对羟基苯甲酸乙酯处理后草莓失重率在第 2、4 和 5 d 差异不显著

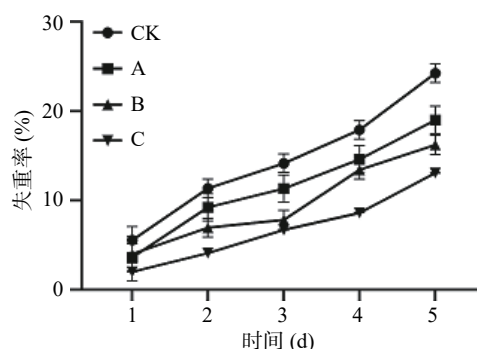


图 2 不同处理对草莓贮藏失重率的影响

Fig.2 Influence of different treatments on the rate of weight loss in strawberry storage

($P>0.05$); 用花青素和对羟基苯甲酸乙酯复合处理组效果最佳, 失重率显著低于其它各处理组 ($P<0.05$)。

2.2.3 紫色马铃薯花青素对草莓可溶性固形物含量的影响 可溶性固形物含量(Brix 值)是反映果实营养价值及判断果实耐贮藏能力的重要指标^[21-23]。根据图 3 得到, 在 1~5 d, 所有处理组草莓 Brix 值都在减少, 可能是果实自身呼吸作用消耗糖分而使 Brix 值下降^[17]。花青素+对羟基苯甲酸乙酯混合处理组草莓第 1 d 时 Brix 值为 19.4%, 第 5 d 时 Brix 值为 13.2%, 降低幅度为 6.2%, 显著低于对羟基苯甲酸处理组 and 花青素处理组 ($P<0.05$); 对照草莓的 Brix 值降低幅度最多达到 13.4%, 显著高于其它组 ($P<0.05$)。这可能是因为保鲜剂形成的透明薄膜, 抑制了草莓采后贮藏期的呼吸作用^[24], 减缓 Brix 值下降速度, 延长

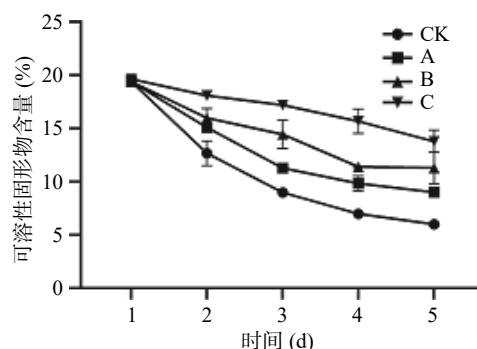


图 3 不同处理对草莓可溶性固形物含量的影响

Fig.3 Influence of different treatments on the soluble solid content of strawberry

货架期。用花青素处理的草莓 Brix 高于对照 CK,但低于对羟基苯甲酸乙酯处理,说明花青素在一定程度上可以抑制脱离母体的草莓果实的呼吸作用,但是单独使用效果有限。

2.2.4 紫色马铃薯花青素对草莓菌落数的影响 如图 4 所示,随着贮藏时间的延长,各组草莓菌落总数都出现升高趋势。其中第 1 d 花青素+对羟基苯甲酸乙酯混合处理的草莓菌落总数最低(3.91 lg CFU/g),花青素处理草莓菌落数(4.41 lg CFU/g)低于对照 CK(4.54 lg CFU/g),但差异不显著($P>0.05$)。第 2、3 和 5 d 时,对羟基苯甲酸乙酯处理草莓菌落数显著低于对照 CK($P<0.001$),花青素+对羟基苯甲酸乙酯混合处理草莓菌落数极显著低于对照 CK($P<0.0001$),说明花青素能有效增强对羟基苯甲酸乙酯的抑菌效果。总体来看,紫色马铃薯花青素对草莓菌落数有影响,但效果差于对羟基苯甲酸乙酯和紫色马铃薯花青素+对羟基苯甲酸乙酯。

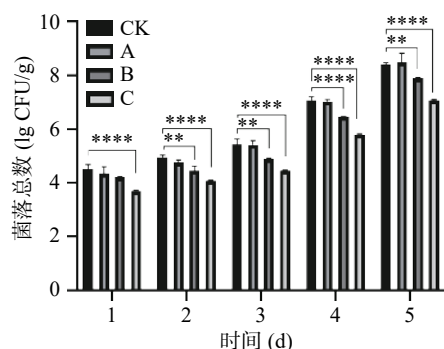


图 4 不同处理对草莓菌落总数的影响

Fig.4 Influence of different treatments on the total number of strawberry colonies

注: ** $P<0.001$ 表示差异显著; **** $P<0.0001$ 表示差异极显著。

3 结论

本试验结果表明紫色马铃薯花青素对大肠杆菌、金黄色葡萄球菌、青霉菌的生长有抑制作用。对大肠杆菌杆菌和金黄色葡萄球菌的作用较好,青霉菌次之;只有花青素为高浓度时才会对酵母菌产生一定的抑制作用。紫色马铃薯花青素对四种供试菌的最低抑菌浓度(MIC)依次为 11.25、5.625、22.5 和 45 mg/mL。25 mg/mL 的紫色马铃薯花青素与对羟基苯甲酸乙酯、山梨酸钾结合使用有助于增强抑菌效果,从紫色马铃薯中提取的花青素可做为安全、无毒的生物抑菌性深度开发,与化学抑菌剂协同使用,可降低化学药剂的使用剂量,应用于食品和药品中。

紫色马铃薯花青素对草莓具有一定保鲜效果。用 25 mg/mL 的紫色马铃薯花青素+0.5 μ g/mL 对羟基苯甲酸乙酯混合液处理组草莓的失重率、腐败率显著低于对照 CK($P<0.05$),可溶性固形物含量显著高于对照 CK($P<0.05$),菌落总数极显著低于对照 CK($P<0.0001$)。保鲜能力依次为对羟基苯甲酸乙酯+花青素>对羟基苯甲酸乙酯>花青素。说明紫色

马铃薯花青素在一定程度上能抑制草莓水分的散失,减缓草莓呼吸速度,延长储藏时间,起到保鲜剂的作用,但其效果有效,与对羟基苯甲酸联合使用效果最佳。微生物安全是食品中的关键问题^[25-26]。相比于化学保鲜防腐剂,花青素用作保鲜剂,天然、安全并节约成本,二者联用可为新型环保生物防腐剂的开发提供一种新思路。

参考文献

- [1] 周丹红,刘玉玲,颜孙腾飞.响应面法优化微波辅助提取茄子皮中花青素的研究[J].德州学院学报,2017,33(2):38-42.
- [2] ZHOU D H, LIU Y L, ZHENSUN T F. Research on optimizing microwave-assisted extraction of anthocyanins from eggplant peel by response surface methodology[J]. Journal of Dezhou University, 2017, 33(2): 38-42.
- [3] 钟伟.红薯叶中多酚类物质的抗氧化及抗肿瘤细胞增殖作用研究[D].广州:华南理工大学,2015. [ZHONG W. Antioxidant and anti-tumor cell proliferation effects of polyphenol compounds from sweet potato leaves[D]. Guangzhou: South China University of Technology, 2015.]
- [4] CORRALES M, TOEPFL S, BUTZ P, et al. Extraction of anthocyanins from grape by-products assisted by ultrasonics high hydrostatic pressure or pulsed electric fields: A comparison[J]. Innovative Food Science & Emerging Technologies, 2008, 9: 85-91.
- [5] 张海霞,张焱.两种紫色马铃薯中花青素含量对比的研究[J].农产品加工,2020(10):52-53. [ZHANG H X, ZHANG Y. A comparative study on the content of anthocyanins in two purple potatoes[J]. Agricultural Products Processing, 2020(10): 52-53.]
- [6] 武中庸,热孜万古力·赛买提,车敏娜,等.响应面法优化紫色马铃薯花青素超声波提取工艺[J].江苏农业学报,2017,33(6):1379-1385. [WU Z Y, R Z W G L, SAIMAITI, CHE M N, et al. Optimization of ultrasonic extraction process of purple potato anthocyanins by response surface methodology[J]. Journal of Jiangsu Agricultural Sciences, 2017, 33(6): 1379-1385.]
- [7] 韩黎明,童丹,杨新俊.‘黑美人’马铃薯颗粒全粉品质特性分析[J].食品工业科技,2019,40(17):251-256. [HAN L M, TONG D, YANG X J. Analysis on the quality characteristics of ‘Black Beauty’ potato granule whole powder[J]. Science and Technology of Food Industry, 2019, 40(17): 251-256.]
- [8] 戴妙妙,马红青,王婷婷,等.紫娟茶中花青素的抑菌性研究[J].食品研究与开发,2017,38(3):28-31,45. [DAI M M, MA H Q, WANG T T, et al. Study on the antibacterial activity of anthocyanins in Zijuan tea[J]. Food Research and Development, 2017, 38(3): 28-31,45.]
- [9] 陈婵,丁玲,黄琼,等.紫色甘薯原花青素抑菌效果的研究[J].食品研究与开发,2014,25(12):12-14,23. [CHEN C, DING L, HUANG Q, et al. Study on antibacterial effect of proanthocyanidins from purple sweet potato[J]. Food Research and Development, 2014, 25(12): 12-14,23.]
- [10] 孙娜,王华,胡文斌,等.不同处理方式对五叶草莓贮藏保鲜的影响[J/OL].保鲜与加工:1-12[2021-04-04]. [SUNN, WANG H, HU W B, et al. Effects of different treatments on storage and preservation of five-leaf strawberry[J/OL]. Storage and Process: 1-12[2021-04-04].]

- [10] 赵亚珠,郝晓秀,孟婕,等.百里香精油抗菌包装纸箱对草莓保鲜效果的影响[J].食品与发酵工业,2020,46(11):258-263. [ZHAO Y Z, HAO X X, MENG J, et al. Effect of antimicrobial packaging cartons coated with thyme essential oil on quality and shelf life of strawberries[J]. Food and Fermentation Industries, 2020, 46(11): 258-263.]
- [11] 李玲,闫旭宇.茄子皮花青素的提取及其防腐保鲜效果[J].热带农业科学,2018,38(11):54-62. [LI L, YAN X Y. Extraction of anthocyanin from eggplant skin and its antiseptic and fresh-keeping effects[J]. Tropical Agricultural Science, 2018, 38(11): 54-62.]
- [12] 于长春,孙添添.三个不同地区黑枸杞花青素的抗氧化活性分析[J].吉林师范大学学报(自然科学版),2019,40(1):95-99. [YU C C, SUN T T. Antioxidant activity analysis of anthocyanins from black wolfberry in three different regions[J]. Journal of Jilin Normal University(Science Edition), 2019, 40(1): 95-99.]
- [13] 韦方立,梁云贞,黄秋婵.山黄皮果实中黄酮类物质的抑菌活性研究[J].安徽农业科学,2011,39(26):15932-15933. [WEI F L, LIANG Y Z, HUANG Q C. Study on the antibacterial activity of flavonoids from the fruits of *Lysimachia christinae*[J]. Journal of Anhui Agricultural Sciences, 2011, 39(26): 15932-15933.]
- [14] 王叶青,丁慧璞,徐旭,等.天然植物精油对枯草芽孢杆菌的抑制作用[J].中国食品学报,2019,19(7):72-78. [WANG Y Q, DING H P, XU X, et al. Inhibitory effects of natural plant essential oils on *Bacillus subtilis*[J]. Journal of Chinese Institute of Food Science and Technology, 2019, 19(7): 72-78.]
- [15] 吴琴,伍玲,陈谦,等.响应面法优化葛头抑菌成分提取工艺[J].江苏农业科学,2019,47(24):209-213. [WU Q, WU L, CHEN Q, et al. Optimization of extraction process of antimicrobial components from *Allium macrostem* by response surface methodology[J]. Jiangsu Agricultural Sciences, 2019, 47(24): 209-213.]
- [16] 白晶,苑庆爽,李炜玲.松树皮原花青素抑菌作用稳定性的研究[J].中国生化药物杂志,2014,34(2):55-57,60. [BAI J, YUAN Q S, LI W L. Study on bacteriostatic activity and stability of pine bark oligomeric proanthocyanidins[J]. Chinese Journal of Biochemical and Pharmaceuticals, 2014, 34(2): 55-57,60.]
- [17] 古佳慧.山苍子精油的抑菌活性及其在草莓保鲜中的应用[D].长沙:中南林业科技大学,2019. [GU J H. Antibacterial activity of *Litsea cubeba* essential oil and its application in strawberry preservation[D]. Changsha: Central South University of Forestry and Technology, 2019.]
- [18] 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会,国家食品药品监督管理总局.食品安全国家标准 GB 4789.2-2016 食品微生物学检验 菌落总数测定[S].北京:中国标准出版社,2017. [National Health and Family Planning Commission of the People's Republic of China, State Food and Drug Administration. National food safety standard. GB 4789.2-2016 Food microbiological inspection, determination of total colony[S]. Beijing: China Standards Press, 2017.]
- [19] 陈虎.药桑椹总黄酮的抗炎镇痛活性研究[D].重庆:西南大学,2018. [CHEN H. Study on anti-inflammatory and analgesic activities of total flavones from mulberry[D]. Chongqing: Southwest University, 2018.]
- [20] 李玲,闫旭宇,陈铁壁,等.银杏叶粗提物对荔枝的防腐保鲜效果[J].食品与机械,2017,33(12):125-128,185. [LI L, YAN X Y, CHEN T B, et al. Effect of crude extract of *Ginkgo biloba* leaves on preservation of lychee[J]. Food and Machinery, 2017, 33(12): 125-128,185.]
- [21] 陈 镠,余婷,王允祥,等.壳聚糖-纳米氧化锌复合涂膜对甜樱桃采后生理和贮藏品质的影响[J].核农学报,2017,31(9):1767-1774. [CHEN Y, YU T, WANG Y X, et al. Effects of chitosan-nano-zinc oxide composite coating on postharvest physiology and storage quality of sweet cherries[J]. Journal of Nuclear Agricultural Sciences, 2017, 31(9): 1767-1774.]
- [22] ROMANAZZI G, FELIZIANI E, LANDI L. Preharvest treatments with chitosan and other alternatives to conventional fungicides to control postharvest decay of strawberry[J]. Carbohydrate Polymers, 2015, 132: 111-117.
- [23] 杨华,江雨若,邢亚阁,等.壳聚糖/纳米TiO₂复合涂膜对芒果保鲜效果的影响[J].食品工业科技,2019,40(11):297-301. [YANG H, JIANG Y R, XING Y G, et al. The effect of chitosan/nano-TiO₂ composite coating on the preservation of mango[J]. Science and Technology of Food Industry, 2019, 40(11): 297-301.]
- [24] SERAPIAN T, PRAKASH A. Comparative evaluation of the effect of methyl bromide fumigation and phytosanitary irradiation on the quality of fresh strawberries[J]. Scientia Horticulturae, 2016, 201: 109-117.
- [25] ESPOSITO T, SILVA N, ALMEIDA A, et al. Valorisation of chestnut spiny burs and roasted hazelnut skins extracts as bioactive additives for packaging films[J]. Industrial Crops & Products, 2020, 151: 112491.
- [26] NGUYEN N M P, THIEN T L, JOHN V C, et al. Evaluation of antimicrobial activity of rambutan(*Nephelium lappaceum* L.) peel extracts[J]. International Journal of Food Microbiology, 2020, 321: 108539.