

云南主栽蓝莓提取液的抑菌活性研究

张瑜瑜, 刘佳妮, 陈泽斌, 姚丽媛, 华金珠, 用成健, 宋怀飞

(昆明学院农学与生命科学学院, 昆明 650214)

摘要:本研究以云南主栽不同蓝莓品种为研究对象,以其果实提取液对金黄色葡萄球菌、大肠埃希氏杆菌、铜绿假单胞菌的抑菌效果进行比较研究。结果表明,6个品种蓝莓的提取液中,绿宝石对3种致病菌的抑制效果最差,最小抑菌浓度(MIC)为250 mg/mL,最小杀菌浓度(MBC)为1 000 mg/mL。夏普蓝和比洛克西对金黄色葡萄球菌的抑制作用最强,其MIC值和MBC值同为15.625、62.5 mg/mL。密斯提和比洛克西对大肠埃希氏杆菌的抑制作用最强,其MIC值和MBC值同为15.625、62.5 mg/mL,这些蓝莓品种对两种菌的MIC值和MBC值相同,说明它们对两种菌的抑制作用类似。莱格西和灿烂对铜绿假单胞菌的杀菌作用最强,其MBC值为62.5 mg/mL;夏普蓝和比洛克西的MIC值最小,为15.625 mg/mL,灿烂的MBC值最小,为62.5 mg/mL。以此为进一步研究蓝莓花色苷的生理活性奠定理论基础,同时为蓝莓多酚物质应用于食品保鲜提供理论依据。

关键词: 蓝莓;金黄色葡萄球菌;大肠埃希氏杆菌;铜绿假单胞菌;抑菌活性

中图分类号:S663.9

文献标识码:A

文章编号:2096-5877(2022)04-0142-05

Study on Antibacterial Activity of Yunnan Blueberry Extracts

ZHANG Yuyu, LIU Jia'ni, CHEN Zebin, YAO Liyuan, HUA Jinzhu, YONG Chengjian, SONG Huaifei

(College of Agronomy and Life Science, Kunming University, Kunming 650214, China)

Abstract: In this study, different blueberry varieties mainly planted in Yunnan were used as the research object, and the antibacterial effects of their extracts on *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli* and *Pseudomonas aeruginosa* were compared. The results showed that Emerald had the worst inhibitory effect on the three pathogenic bacteria, with the minimum inhibitory concentration MIC of 250 mg/mL and the minimum bactericidal concentration MBC of 1,000 mg/mL. Sharp blue and Biloxi showed the strongest inhibitory effect on *Escherichia coli*, with the MIC and MBC values of 15.625 mg/mL and 62.5 mg/mL, respectively. The MIC value and MBC value of Misti and Biloxi were 15.625 mg/mL and 62.5 mg/mL, respectively. The MIC value and MBC value of the two blueberry varieties against the two strains were the same, indicating that these blueberry varieties had similar inhibitory effects on the two strains. Legosi and Brilliant had the strongest bactericidal effect on *Pseudomonas aeruginosa* (MBC), and their MBC value was 62.5 mg/mL. The MIC values of Sharp and Biloxi were the lowest (15.625 mg/mL), while the MBC value of Brilliant was the lowest (62.5 mg/mL). The results provided a theoretical basis for further study on the physiological activity of blueberry anthocyanins, and provided a theoretical basis for the application of blueberry polyphenols in food preservation.

Key words: Blueberry; *Staphylococcus aureus*; *Escherichia coli*; *Pseudomonas aeruginosa*; Bacteriostatic activity

蓝莓又名蓝浆果、越桔等,属杜鹃花科越橘属植物。蓝莓果实中的营养成分不仅具有良好的营养保健作用,还具有改善和强化视力、防止眼疲劳和脑神经老化、增强心脏功能、抗癌软化血管、增强机体免疫等功能^[1]。蓝莓果实不但营养

价值高,且甜酸适度、风味较好,含有大量对人类健康有益的成分,包括抗氧化物(V_A 、 V_C 、 V_E)、鞣酸、叶酸、抗菌成分和丰富的食用纤维等。目前,研究较多的是蓝莓中的黄酮类化合物,研究发现黄酮类化合物具有多种生物活性和药物的功能,如清除体内自由基、消炎、降低心血管疾病发病率,以及抑制癌细胞生长和促进其凋亡等作用^[2]。蔓越莓及蓝莓中的花青苷、黄酮醇、前花青素、桂皮酸及二苯乙烯、三萜类化合物(熊果酸 ursolic-

收稿日期:2019-12-07

基金项目:云南省高校联合基金面上项目(2017FH001-040)

作者简介:张瑜瑜(1983-),女,讲师,硕士,主要从事园艺产品生理生态与产量品质形成的相关研究。

acid)等具有抑制血管硬化、失血性中风、老年神经退化等功效^[3]。Ciovana等^[4]研究结果表明,蓝莓中的提取物对沙门氏菌、大肠杆菌、铜绿假单胞菌、单增李斯特菌和金黄色葡萄球菌等食源性致病菌都有一定的抑制作用。野生蓝莓提取物对4种致病菌都有一定的抑制效果^[5]。

云南省地貌复杂,自然资源丰富,气候、土壤类型多样,为蓝莓生长提供优质的生长环境,是国内适宜种植蓝莓的地区。关于蓝莓营养成分及活性成分的研究多倾向于生产、加工环节的种苗培育、栽培及相关技术,对云南主栽蓝莓品种的营养性评价、抑菌活性成分等的综合评价研究较少,缺乏系统研究。本研究以6个品种的蓝莓多酚提取液对金黄色葡萄球菌、大肠埃希氏杆菌、铜绿假单胞菌的抑菌效果进行对比,分析出最小抑菌浓度(MIC)和最小杀菌浓度(MBC)的品种,从而筛选抑菌效果最好的蓝莓品种,以期作为天然防腐剂提供理论支持。

1 材料与方 法

1.1 材 料

云南澄江主产的6个蓝莓品种:夏普兰、灿烂、密斯提、比洛克西、绿宝石、莱格西,鲜果成熟后采样,每个品种重复3次,每次重复随机采样100粒,采集后放入冰盒带回实验室冷冻保存。

1.2 菌 种

金黄色葡萄球菌、大肠埃希氏杆菌、铜绿假单胞菌。

1.3 培 养 基

胰蛋白胨大豆肉汤培养基(TSB)、胰蛋白胨大豆琼脂培养基(TSA)、LB肉汤培养基、LB营养琼脂培养基。

1.4 仪 器

THZ-D台式恒温振荡器、LRH系列生化培养箱、SW-CJ-2FD型洁净工作台、FE20型pH计、高速离心机、LDZX-40SC型手提式电热压力蒸汽灭菌器、DHG-9123A电热恒温鼓风干燥箱、DLSB-5L/25旋转蒸发仪、匀浆仪、冰箱、精密电子天平、烧杯、量筒、移液管等。

1.5 试 验 方 法

1.5.1 制备提取物

参考谢庆超等^[6]方法。取适量蓝莓冻果,微波加热1~2 min,进行快速解冻,并放入匀浆机中充分搅碎,称取20 g蓝莓匀浆到锥形瓶里,加入200 mL 75%乙醇,超声波处理25 min,过滤,滤液用高

速离心机4 000 r/min离心20 min,取上清液于50 °C旋转蒸发仪旋转蒸发,待乙醇挥发完全后,将上清液浓缩至2 g/mL,总体积为10 mL,置于-20 °C保存备用。

1.5.2 菌悬液的制备

取-4 °C保存菌种,金黄色葡萄球菌、大肠埃希氏杆菌、铜绿假单胞菌接种于TSB液体培养基;在37 °C下复苏后,划线接种于TSA琼脂上,活化后挑取单菌落接种于营养肉汤中,在37 °C下培养至对数期($OD_{600}=0.8$)。活化两次后,菌悬液的浓度在 10^6 CFU/mL。

1.5.3 6个品种蓝莓果实提取液对3种致病菌的抑制效果

参照吕平等^[7]的方法,采用试管二倍稀释法。取11支无菌试管并作编号,在每支试管中加入2 mL TSB,在编号1试管中加入2 mL蓝莓提取液(2 g/mL),混匀后再吸取2 mL至编号2试管,如此倍比稀释至编号9试管,混匀后吸取2 mL弃去。编号10试管不加蓝莓提取液作为生长对照,观察细菌的生长情况。编号11试管加入2 mL蓝莓提取液,混匀后弃去2 mL,不加细菌,观察受试蓝莓提取液是否有污染。最终向编号1~10的10支试管中加入100 μ L 3种菌落(菌悬液浓度为 10^6 CFU/mL)混匀,37 °C下培养24 h后观察并记录结果。

编号1~9试管,每支试管蓝莓提取液浓度分别为1 000、500、250、125、62.5、31.25、15.625、7.812 5、3.906 25 mg/mL。

以肉眼观察,通过与编号10、编号11试管进行对比,不发生浑浊的最低蓝莓提取物稀释倍数为该蓝莓提取液的MIC值(重复3次)。将所有清晰无菌生长的试管培养液接种于营养琼脂平板培养24 h,以菌落数不超过5个的最低蓝莓提取液为MBC值。

1.6 数 据 分 析

使用Excel 17.0对测定数据进行统计分析。

2 结 果 与 分 析

2.1 3种致病菌在不同培养基上的菌落特征

将3种致病菌分别接种于3种不同的培养基上,37 °C恒温培养24 h后观察,并记录其菌落特征,用于蓝莓提取液对致病菌抑菌效果的分析对比。由表1可知,3种致病菌接种于TSB培养基上都出现浑浊;将它们接种于TSA培养基和NA培养基上时,金黄色葡萄球菌都出现黄色色素,大肠埃希氏杆菌都出现白色大菌落。铜绿假单胞菌

表1 3种致病菌在不同培养基上的菌落特征

致病菌名称	胰蛋白胨大豆肉汤(TSB)	胰蛋白胨大豆琼脂(TSA)	营养琼脂(NA)
金黄色葡萄球菌	浑浊	有黄色色素	有黄色色素
大肠埃希氏杆菌	浑浊	白色大菌落	白色大菌落
铜绿假单胞菌	浑浊	有绿色色素	有绿色色素

都出现绿色色素。

2.2 6个品种蓝莓果实提取液的抑菌作用研究

2.2.1 6个品种蓝莓果实提取液对3种致病菌MIC值的确定

由表2可知,浓度梯度为1 000~15.625 mg/mL时,夏普蓝、密斯提和比洛克西可以有效地抑制3种致病菌,此时溶液无浑浊产生,其中最小的蓝莓提取液浓度为15.625 mg/mL,浓度为7.812 5 mg/mL时溶液产生浑浊,浓度为3.906 25 mg/mL时溶液很浑浊。

表2 3种致病菌的MIC值确定

浓度梯度(mg/mL)	夏普蓝	密斯提	莱格西	灿烂	绿宝石	比洛克西
1 000	-	-	-	-	-	-
500	-	-	-	-	-	-
250	-	-	-	-	-	-
125	-	-	-	-	-	-
62.5	-	-	-	-	+	-
31.25	-	-	+	+	+	-
15.625	-	-	+	+	+	-
7.812 5	+	+	+	+	+	+
3.906 25	++	++	++	++	++	++

注:“+”表示浑浊,“++”表示很浑浊,“-”表示无浑浊

浓度梯度为1 000~62.5 mg/mL时,莱格西和灿烂可以有效地抑制3种致病菌,此时溶液无浑浊产生,其中最小的蓝莓提取液浓度为62.5 mg/mL,浓度为31.25 mg/mL时溶液产生浑浊,浓度为3.906 25 mg/mL时溶液很浑浊。

浓度梯度为1 000~125 mg/mL时,绿宝石可以有效地抑制3种致病菌,此时溶液无浑浊产生,是6个品种蓝莓中有抑菌作用的浓度梯度最少的一个,浓度为62.5 mg/mL时溶液产生浑浊,浓度为3.906 25 mg/mL时溶液很浑浊。

以肉眼观察,通过与生长对照相比,把不发生浑浊变化的最低蓝莓提取液浓度确定为其MIC值。

2.2.2 6个品种蓝莓果实提取液对金黄色葡萄球菌的抑菌作用

由表3可知,用夏普蓝、比洛克西提取液处理过的菌液,浓度为1 000~62.5 mg/mL时,培养基上的菌

表3 不同品种蓝莓果实提取液对金黄色葡萄球菌的抑菌作用

浓度梯度(mg/mL)	夏普蓝	密斯提	莱格西	灿烂	绿宝石	比洛克西
1 000	-	-	-	-	-	-
500	-	-	-	-	+	-
250	-	-	-	-	+	-
125	-	-	-	+	+	-
62.5	-	+	+	+	+	-
31.25	+	+	+	+	+	+
15.625	+	+	+	+	+	+

注:“+”表示菌落数大于等于5个,“-”表示菌落数小于5个,下同

落个数不超过5个,其中最小的浓度是62.5 mg/mL;用莱格西和密斯提提取液处理过的菌液,浓度为1 000~125 mg/mL时,培养基上的菌落个数不超过5个,其中最小的浓度是125 mg/mL。用灿烂提取液处理过的菌液,浓度为1 000~250 mg/mL时,培养基上的菌落个数不超过5个,其中最小的浓度是250 mg/mL;用绿宝石处理过的菌液,只有浓度为1 000 mg/mL时,培养基上的菌落个数不超过5个,是6个品种蓝莓提取液中培养基上菌落个数不超过5个的浓度最高的品种。金黄色葡萄球菌的菌落为黄色,选出菌落数不超过5个的最低蓝莓提取液浓度来确定金黄色葡萄球菌的MBC值。

2.2.3 6个品种蓝莓果实提取液对大肠埃希氏杆菌的抑菌作用

由表4可知,用夏普蓝提取液处理过的菌液,浓度为1 000~125 mg/mL时,培养基上的菌落个数不超过5个,最小浓度是125 g/mL;用比洛克西、密斯提和灿烂提取液处理过的菌液,浓度为1 000~62.5 mg/mL时,培养基上的菌落个数不超过5个,最小浓度是62.5 mg/mL。用莱格西提取液处理过的菌液,浓度为1 000~250 mg/mL时,培养基上的菌落个数不超过5个,最小浓度是250 mg/mL;用绿宝石处理过的菌液,只有浓度为1 000 mg/mL时,培养基上的菌落个数不超过5个,是6个品种蓝莓提取液中培养基上菌落个数不超过5个的浓度最高的品种。大肠埃希氏杆菌的菌落为白色大菌落,选出菌落数不超过5个的最低蓝莓提取液浓度为大肠埃希氏杆菌的MBC值。

2.2.4 6个品种蓝莓果实提取液对铜绿假单胞菌的抑菌作用

由表5可知,用夏普蓝、密斯提提取液处理过的菌液,浓度为1 000~125 mg/mL时,培养基上的

表4 6个品种蓝莓果实提取液对大肠埃希氏杆菌的抑菌作用

浓度梯度 (mg/mL)	夏普蓝	密斯提	莱格西	灿烂	绿宝石	比洛克西
1 000	-	-	-	-	-	-
500	-	-	-	-	+	-
250	-	-	-	-	+	-
125	-	-	+	-	+	-
62.5	+	-	+	-	+	-
31.25	+	+	+	+	+	+
15.625	+	+	+	+	+	+

表5 6个品种蓝莓果实提取液对铜绿假单胞菌的抑菌作用

浓度梯度 (mg/mL)	夏普蓝	密斯提	莱格西	灿烂	绿宝石	比洛克西
1 000	-	-	-	-	-	-
500	-	-	-	-	+	-
250	-	-	-	-	+	-
125	-	-	-	-	+	+
62.5	+	+	-	-	+	+
31.25	+	+	+	+	+	+
15.625	+	+	+	+	+	+

菌落个数不超过5个,最小浓度是125 mg/mL;用莱格西和灿烂提取液处理过的菌液,浓度为1 000~62.5 mg/mL时,培养基上的菌落个数不超过5个,最小浓度是62.5 mg/mL。用比洛克西提取液处理过的菌液,浓度为1 000~250 mg/mL时,培养基上的菌落个数不超过5个,最小浓度是250 mg/mL;用绿宝石处理过的菌液,只有浓度为1 000 mg/mL时,培养基上的菌落个数不超过5个,是6个品种蓝莓提取液中培养基上菌落个数不超过5个的浓度最高的品种。铜绿假单胞菌的菌落为绿色,选出菌落数不超过5个的最低蓝莓提取液浓度为铜绿假单胞菌的MBC值。

2.3 6个品种蓝莓提取液对3种致病菌的MIC值和MBC值的对比分析

2.3.1 6个品种蓝莓果实提取液对金黄色葡萄球菌MIC值和MBC值的对比分析

由表6可知,夏普蓝和比洛克西提取液对金黄色葡萄球菌的抑制作用最强,MIC值和MBC值同为15.625、62.5 mg/mL;绿宝石提取液对金黄色葡萄球菌最不敏感,其MIC值和MBC值分别为250、1 000 mg/mL,由此可知,它对金黄色葡萄球菌的抑制作用最差。当密斯提浓度达到125 mg/mL

表6 6个品种蓝莓果实提取液对金黄色葡萄球菌的MIC值和MBC值的对比分析 mg/mL

品种	MIC值	MBC值
夏普蓝	15.625	62.5
密斯提	15.625	125
莱格西	62.5	125
灿烂	31.25	250
绿宝石	250	1 000
比洛克西	15.625	62.5

时,能将金黄色葡萄球菌全部杀死。莱格西的MIC值和MBC值分别为62.5、125 mg/mL,灿烂的MIC值和MBC值分别为31.25、250 mg/mL。

2.3.2 6个品种蓝莓果实提取液对大肠埃希氏杆菌的MIC值和MBC值的对比分析

由表7可知,密斯提和比洛克西提取液对大肠埃希氏杆菌的抑制作用最强,其MIC值和MBC值同为15.625、62.5 mg/mL,两种蓝莓的MIC值和MBC值相同,由此可推断这两种蓝莓对大肠埃希氏杆菌的抑制作用相似。当夏普蓝提取浓度达到125 mg/mL时,能将大肠埃希氏杆菌全部杀死。灿烂和莱格西抑制大肠埃希氏杆菌的作用较明显,灿烂的MIC值和MBC值分别为31.25、62.5 mg/mL,莱格西的MIC值和MBC值分别为62.5、125 mg/mL,绿宝石提取液对大肠埃希氏杆菌最不敏感,其MIC值和MBC值分别为250、1 000 mg/mL,由此可推断其对大肠埃希氏杆菌的抑制作用最差。

表7 6个品种蓝莓果实提取液对大肠埃希氏杆菌的MIC值和MBC值的对比分析 mg/mL

品种	MIC值	MBC值
夏普蓝	15.625	125
密斯提	15.625	62.5
莱格西	62.5	125
灿烂	31.25	62.5
绿宝石	250	1 000
比洛克西	15.625	62.5

2.3.3 6个品种蓝莓果实提取液对铜绿假单胞菌MIC值和MBC值的对比分析

由表8可知,夏普蓝、密斯提和比洛克西提取液对铜绿假单胞菌的抑制作用最强,MIC值为15.625 mg/mL。莱格西和灿烂对铜绿假单胞菌的杀菌作用最强,MBC值为62.5 mg/mL。另外,绿宝石提取液对铜绿假单胞菌最不敏感,其MIC值和

表8 6个品种蓝莓果实提取液对铜绿假单胞菌的MIC值和MBC值的对比分析 mg/mL

品种	MIC值	MBC值
夏普蓝	15.625	125
密斯提	15.625	125
莱格西	62.5	62.5
灿烂	31.25	62.5
绿宝石	250	1 000
比洛克西	15.625	250

MBC值分别为250、1 000 mg/mL,由此可推断其对铜绿假单胞菌的抑制作用最差。

3 讨 论

3.1 蓝莓提取液的抑菌活性成分及其抑菌作用

蓝莓中含有大量的抑菌活性成分,如酚类物质、有机酸、多糖及花青素等。它们具有广谱的抗菌作用,能够抑制大肠杆菌、铜绿假单胞菌、金黄色葡萄球菌、单增李斯特氏菌等多种致病菌^[8]。各种活性成分在不同品种的蓝莓中含量各不相同,作用的方式也不同,对各种菌体的抑制作用也不尽相同。植物中的酚类物质对多种细菌、真菌尤其对引起化脓型感染的金黄色葡萄球菌、大肠杆菌等常见致病细菌有显著抑制作用,同时,能杀灭肉毒杆菌及其孢子,且不影响生物体本身的生长发育。研究表明,蓝莓叶多酚对金黄色葡萄球菌、铜绿假单胞菌、大肠杆菌都有显著的抑菌效果^[9]。有机酸可以作为防腐剂有效杀灭食品腐败菌,如大肠杆菌、单增李斯特氏菌,从而延长食品保质期^[10]。细菌胞内酸根离子的聚集是有机酸物质抑菌作用的重要决定因素,细菌胞内外的pH梯度及胞外酸根离子浓度也是影响胞内酸根离子聚集的主要因素^[11]。花青素属于类黄酮化合物,也是蓝莓果实中最早被研究的活性物质。矮丛蓝莓具有抑制黏附的作用^[12],可防止微生物黏附到肠道上皮组织,这种抑制黏附作用是由于矮丛蓝莓中含有花青素和原花青素引起的。

3.2 蓝莓提取液的抑菌机理

蓝莓果实中的酚类物质对细胞膜流动性有极大的阻碍作用,可改变脂肪酸的结构,从而导致细菌的新陈代谢紊乱^[13];其次酚类物质可以改变致病性细菌表面的结构来防止其黏附到黏膜上,以此来提高机体的机能,更有效地抵抗食源性细菌的感染^[14]。

4 结 论

每个品种的蓝莓对3种致病菌都有抑制作

用,抑制程度各不相同。其中,绿宝石对3种致病菌的抑制效果最差,最小抑菌浓度为250 mg/mL,最小杀菌浓度为1 000 mg/mL。夏普蓝和比洛克西对金黄色葡萄球菌的抑制作用最强,其MIC值和MBC值同为15.625、62.5 mg/mL。密斯提和比洛克西对大肠埃希氏杆菌的抑制作用最强,其MIC值和MBC值同为15.625、62.5 mg/mL,这些蓝莓品种对两种菌的MIC值和MBC值相同,说明它们对两种菌的抑制作用类似。莱格西和灿烂对铜绿假单胞菌的杀菌作用最强MBC值为62.5 mg/mL;夏普蓝、密斯提和比洛克西的MIC值最小,为15.625 mg/mL,为进一步研究蓝莓花色苷的生理活性奠定理论基础,同时为蓝莓多酚物质应用于食品保鲜提供理论依据。

参考文献:

- [1] 植物志编辑委员会. 中国植物志(第57卷第3分册)[M]. 北京: 科学出版社, 1991: 75-164.
- [2] 陈玉霞; 郭长江. 茶多酚降血脂作用及其机制研究进展[J]. 中国食物与营养, 2006(4): 49-51.
- [3] 班兆军. 浆果中天然抗菌成分对食源性致病菌的抑制机理研究[D]. 乌鲁木齐: 新疆农业大学, 2015.
- [4] Giovana Bonat Celli, Amyl Ghanem, Marianne Su Ling Brooks. Haskap Berries (*Lonicera caerulea* L.)—a Critical Review of Antioxidant Capacity and Health-Related Studies for Potential Value-Added Products[J]. Food and Bioprocess Technology, 2014, 7(6): 1541-1554.
- [5] 姜文洁. 不同栽培蓝莓品种抗氧化与抑菌功能的研究[D]. 上海: 上海海洋大学, 2015.
- [6] 谢庆超, 孙晓红, 沈 潇, 等. 蓝莓提取物对副溶血性弧菌的抑制作用[J]. 天然产物研究与开发, 2012, 24(8): 1094-1097.
- [7] 吕 平, 黄惠芳, 韦丽君. 四种植物提取物的抑菌作用[J]. 食品科技, 2010, 35(12): 216-219.
- [8] 陈 洋, 江 晓, 马连凯. 2005-2007年南京市食品中食源性致病菌污染状况分析[J]. 现代预防医学, 2008, 35(19): 3811-3813, 3815.
- [9] 王亚丽, 李颖畅, 马春颖, 等. 蓝莓叶多酚提取物对3种细菌的抑菌活性[J]. 食品与发酵工业, 2015, 41(3): 177-181.
- [10] 肖 敏, 马 强. 蓝莓优良品种蓝丰的主要特性及丰产栽培技术[J]. 中国林副特产, 2010(6): 38-40.
- [11] 沈 潇, 孙晓红, 赵 勇, 等. 蓝莓提取物对金黄色葡萄球菌的抑制作用研究[J]. 天然产物研究与开发, 2012, 24(11): 1622-1625.
- [12] 张 军, 田子罡, 王建华, 等. 有机酸抑菌分子机理研究进展[J]. 畜牧兽医学报, 2011, 42(3): 323-328.
- [13] 陈 燕, 孙晓红, 曹 奕, 等. 蓝莓抑菌活性研究进展[J]. 天然产物研究与开发, 2013, 25(5): 716-721.
- [14] 云南蓝茜农业科技有限公司. 澄江县蓝莓产业发展分析[J]. 农村实用技术, 2017(7): 19-20.

(责任编辑: 王 昱)