

红曲色素组分、功效活性及其应用研究进展

周文斌^{1,2}, 贾瑞博^{1,2}, 李 燕^{1,2}, 陈紫红^{1,2}, 胡荣康^{1,2}, 刘 斌^{1,2}, 吕旭聪^{1,2*}

(1.国家菌草工程技术研究中心, 福建 福州 350002; 2.福建农林大学 食品科学学院, 福建 福州 350002)

摘 要: 红曲色素是一种天然、安全、营养的食用色素, 其具有良好的着色性和多重功能活性, 因此在食品、医药等行业中具有良好的应用前景。该文介绍了红曲色素的组成、理化性质和生物活性, 并对红曲色素研究及应用现状进行了综述, 旨在为进一步研究红曲色素的功效提供理论基础和借鉴作用。

关键词: 红曲色素; 理化性质; 生物活性; 应用

中图分类号: TS202.3

文章编号: 0254-5071(2016)07-0006-05

doi: 10.11882/j.issn.0254-5071.2016.07.002

Research progress of components, biological activity and application of *Monascus* pigment

ZHOU Wenbin^{1,2}, JIA Ruibo^{1,2}, LI Yan^{1,2}, CHEN Zihong^{1,2}, HU Rongkang^{1,2}, LIU Bin^{1,2}, LV Xucong^{1,2*}

(1.National Engineering Research Center of JUNCAO Technology, Fuzhou 350002, China;

2.College of Food Science, Fujian Agriculture and Forestry University, Fuzhou 350002, China)

Abstract: *Monascus* pigments are a kind of natural, safe and nutritious food coloring and have a good colorability and multiple functional activities. Therefore, *Monascus* pigments have good application prospect in food, medicine and other industries. In this paper, the components, physico-chemical properties and biological activity of *Monascus* pigments were introduced, research and application status were summarized, which aimed to provide theoretical basis and reference for further research of the function of *Monascus* pigments

Key words: *Monascus* pigments; physico-chemical properties; biological activity; application

随着人民生活水平的提高和《食品安全法》的颁布执行, 社会对于食用色素的要求和管控进一步增强, 合成色素虽然色泽鲜艳、着色能力很强、颜色种类很多, 但是因具有“致癌性、致毒性、致泻性”等缺点^[1], 人们更倾向于绿色无公害、环保自然的天然食用色素, 所以发现和研究颇有潜力的天然色素就成为食用色素发展的趋向。

我国传统天然食用色素—红曲, 被认为是较为安全的食用色素, 具有降低血脂、降血压、抗突变、防腐、保鲜及其他生理活性, 所以一直是国内外天然食用色素的不二选择^[2-3]。据《2011—2014年红曲市场需求预测》, 近年来国内红曲的需求量逐年增长, 2014年达到10 400 t。因为红曲的优点, 美国与欧洲一直从中国进口红曲^[4]。本文就红曲色素的性状和研究情况进行综述, 希望为红曲色素的开发、应用提供一些理论参考。

1 红曲色素的性质

1.1 红曲色素的组成

红曲色素是红曲霉的次级代谢产物, 通常认为是由聚酮类化合物混合而成的, 主要有红色系和黄色系两大类。红曲色素主要由固态发酵和液态发酵生产得到, 通过发酵

培养红曲, 再分离纯化, 最后进行单体制备得到红曲色素。有研究表明, 液态发酵的培养时间短、生产成本更低、产品质量更好^[5]。红曲色素主要是由化学构造不同、性质相近的红、橙、黄三种色素构成的混合物质。已知的结构有10种, 主要研究的脂溶性色素有6种, 分别为红色的红曲玉红胺(Monascorubramine)与红斑红曲胺(Rubropunctamine), 橙色的红曲玉红素(Monascorubrin)与红斑红曲素(Rubropunctatin), 黄色的红曲素(Monascin)与安卡红曲黄素(Ankaflavin), 其中红色色素、橙色色素和黄色色素各2种(见表1、图1)^[6]。

表1 红曲色素的六种主要成分
Table 1 The six main compositions of *Monascus* pigments

名称	颜色	分子式
红曲玉红胺	红色	C ₂₃ H ₂₇ O ₄ N
红斑红曲胺	红色	C ₂₁ H ₂₃ O ₄ N
红曲玉红素	橙色	C ₂₃ H ₂₆ O ₅
红斑红曲素	橙色	C ₂₃ H ₂₂ O ₅
红曲素	黄色	C ₂₁ H ₂₆ O ₅
安卡红曲黄素	黄色	C ₂₅ H ₃₀ O ₅

收稿日期: 2016-03-12

基金项目: 中国博士后科学基金项目(2015M570549); 福建省教育厅科技计划项目A类课题(JA14107); 福建省自然科学基金计划项目(2016J01095); 国家科技支撑计划子课题(2014BAD15B01); 福建省科技重大专项(2014NZ2002-1)

作者简介: 周文斌(1992-), 男, 硕士研究生, 研究方向为食品生物技术。

*通讯作者: 吕旭聪(1984-), 男, 助理研究员, 博士, 研究方向为食品生物技术。

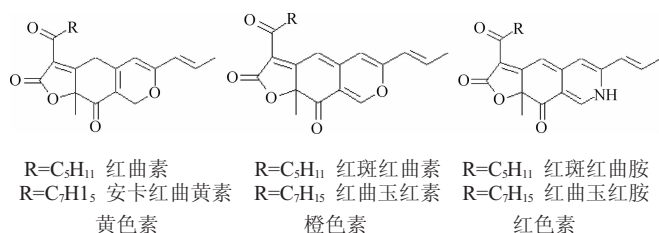


图1 六种红曲色素化学结构式

Fig. 1 Chemical structure of six *Monascus* pigments

另外有两种新的黄色色素已被发现,分子质量分别为356 u与384 u^[7]。至今,已发现红曲色素有54种^[8]。红曲色素中的黄色素部分含量约为5%,因红色色素的含量占大部分所以红曲通常在视觉上呈现为深红色^[9]。

1.2 红曲色素的生物合成途径

微生物的次级代谢产物合成途径主要为聚酮合成途径、甲羟戊酸合成途径、莽草酸途径、糖衍生途径等,有研究者^[10]分别在培养基中加入几种可能合成途径的关键酶抑制剂,以发现抑制剂对红曲色素合成的影响,进一步证明了红曲色素是通过聚酮途径合成的。

红曲霉的次级代谢产物红曲色素、Monacolin K 和桔霉素的生物合成途径开始是近似的,都是先以乙酰辅酶A和丙二酰辅酶A为底物进行缩合。红曲色素的生物合成通常为乙酰辅酶A和丙二酰辅酶A在I型聚酮合酶(polyketide synthase, PKS)的反应下生成己酮生色团,己酮生色团与脂肪酸合成途径产生的中链脂肪酸发生转酯化反应得到红曲橙色素,然后红曲橙色素还原(reduction)成红曲黄色素或者红曲橙色素与氨基酸发生加氨反应(amination)生成红曲红色素^[11-12]。其具体的色素合成途径如图2^[13]。

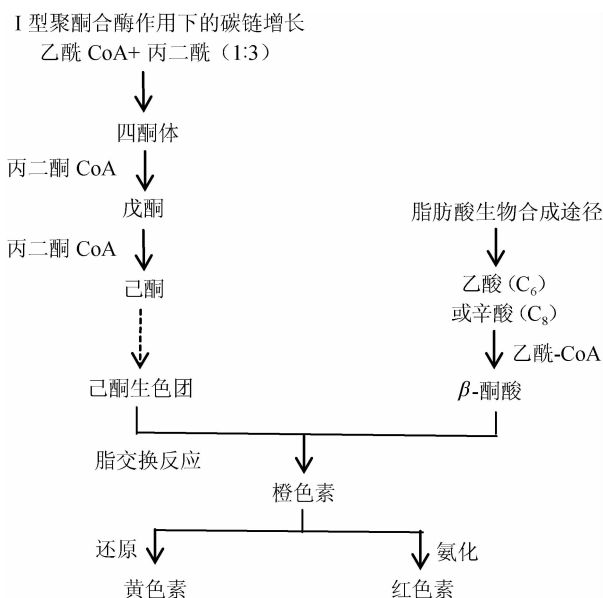


图2 红曲色素的生物合成途径

Fig. 2 Biosynthetic pathway of *Monascus* pigments

1.3 红曲色素理化性质

1.3.1 色价与色调

红曲色素有两个最大的吸收峰,分别在波长510 nm和410 nm处,即红色和黄色光波区。说明红曲色素是主要由黄色和红色两个组分组成的混合色调,但黄色少于红色,故视觉上感觉红曲色素呈现深红色^[14]。

1.3.2 溶解度

研究表明,红曲色素中的脂溶性色素均能溶于乙醇、乙醚、醋酸、正己烷等溶剂中,其溶解度以在醋酸中最大,在正己烷中最小。红曲色素中水溶性色素则与溶液pH有关,在碱性和中性溶液中极易溶解,在pH<4时,红曲色素的溶解度逐渐减小直至出现沉淀^[15]。

1.3.3 对pH值的稳定性

pH对于红曲色素的红橙黄组分影响不太相同,pH对红曲色素的影响较为繁杂。有研究发现,在水溶液中红曲色素在pH 5~9时较为稳定,强酸强碱均对其有较强的不良影响^[16];也有研究发现红曲黄色素和红曲橙色素在pH 2.5时含量较高,而红曲红色素几乎检测不到;红曲红色素在pH 6时稳定性高于红曲橙色素和红曲黄色素^[17]。

1.3.4 热稳定性

红曲色素的热稳定性较好,如其热稳定性比苋菜红、胭脂红等人工合成色素好,在天然色素中耐热性也是较为不错的。赵倩^[18]研究红曲色素热稳定性,得出结论红曲色素的储藏适宜温度为低于100℃。红曲色素长时间高温加热会明显的破坏其保存率和色度。所以在进行红曲色素醇提后烘干操作时,尽量把温度控制在50℃较为适宜。

1.3.5 光稳定性

红曲色素在酸碱条件或热条件下稳定性较好,但是对光不稳定,易发生光化学反应^[19]。张庆庆等^[20]研究红曲色素的光稳定性中,得出结论为红曲色素光稳定性是随着光照强度的增大而减小,随着光照时间的增加而减小;红曲色素的光稳定性受短波紫外线的影响较大,而长波长的单色光对红曲色素的影响较低;同样的光照条件下,水溶性红曲色素比醇溶性红曲红色素更稳定。

1.3.6 金属离子对其稳定性

赵文红等^[21]研究金属离子对红曲色素的稳定性影响,得出结论为在溶液中存在金属离子Ca²⁺、Mg²⁺、K⁺或Na⁺时,红曲色素比较稳定,但是在溶液中存在金属离子Fe³⁺和Cu²⁺时,红曲色素的呈色有明显影响,并伴随着沉淀产生。所以在红曲色素的储藏中,应当防止与某些重金属离子接触。

2 红曲色素的功效活性

2.1 抗菌性

红曲色素具有防腐特性,对枯草芽孢杆菌、金黄色葡萄球菌的抑制作用较强,对大肠杆菌及灰色链霉菌的抑制

作用较弱,但是对酵母、霉菌无抑制作用^[22]。有研究检测了红曲色素水溶性成分对金黄色葡萄球菌和大肠杆菌的抑制能力,得出结论为红曲色素对金黄色葡萄球菌抑制能力大于对大肠杆菌的抑制作用,即红曲色素对革兰氏阳性菌的抑制能力大于对革兰氏阴性菌的抑制能力^[23]。

2.2 抗氧化性

在采用 $\bullet\text{OH}$ 体系、 $\text{O}_2\bullet$ 体系和1,1-二苯基-2-三硝基苯肼(1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl, DPPH)体系三种抗氧化模型来系统研究红曲色素的抗氧化活性中,发现红曲色素中红色素和橙色素有很强的抗氧化性,并且红色素组分的抗氧化性相较于橙色素更好一些,并且红色素与橙色素对DPPH的清除作用远远比对 $\bullet\text{OH}$ 、 $\text{O}_2\bullet$ 的清除作用强。在与同浓度的维生素C(Vitamin C, VC)的抗氧化性相比,红曲色素的抗氧化性能更好^[24-25]。

2.3 抗肿瘤性

有大量研究发现,红曲橙色素有抗肿瘤和抗癌性,如SUN W等^[26]研究得到了安卡红曲黄素对HepG2癌细胞与A549癌细胞有细胞毒性并对正常纤维细胞无毒即拥有选择性细胞毒活性的结论。也有研究发现,红曲色素中橙色素组分对肿瘤细胞有明显的抑制作用,红色色素组分对肿瘤细胞的抑制作用略低于橙色素组分,而黄色色素组分只具有微弱的抗肿瘤性^[27];并且红曲玉红素能诱导肿瘤细胞死亡,其效果也比腺癌临床治疗药物紫杉醇好^[28]。红曲橙色素的抗癌机理还需要去深入了解。

2.4 抗疲劳性

陈运中^[29]在红曲红色素抗疲劳动物试验中发现红曲抗疲劳特性并非主要取决于红曲中的氨基酸与蛋白质,诺伐他丁和红曲红色素才是主要功能成分,且红曲红色素抗疲劳效果更显著。

2.5 降血脂与抗动脉粥样硬化能力

红曲色素具有降血脂能力,普遍认为可能是红曲黄色素起作用,有研究相同剂量的红曲素、安卡红曲黄素和洛伐他丁(Monacolin K)的降血脂作用与抗动脉粥样硬化作用,红曲素相较于其他两种成分在提升血清高密度脂蛋白胆固醇水平有着更为显著的效果,安卡红曲黄素在降低低密度脂蛋白胆固醇水平和较少肝脏堆积胆固醇的效果相较于其他两种成分更为显著,红曲素和安卡红曲黄素的降血脂机理主要是以提高高密度脂蛋白胆固醇水平来起到降血脂和预防动脉粥样硬化的作用^[30-31]。

2.6 抗阿兹海默症

有研究发现,红曲素和安卡红曲黄素对阿兹海默症有减轻作用,作用机理可能是红曲素和安卡红曲黄素可以缓解 β -淀粉样肽引起的氧化应激和炎症反应的记忆缺失,从而减轻阿兹海默症^[32]。

2.7 抗突变和脂肪变性的作用

HSU W H等^[33]研究发现,红曲素和安卡红曲黄素增强

了腺苷单磷酸激酶的磷酸化作用,抑制了与脂肪变性有关的信使核糖核酸(messenger ribonucleic acid, mRNA)的表达和炎性细胞因子的分泌;也有报道提到红曲素和安卡红曲黄素有很强的抑制细胞突变、脂质生成以及促进脂类分解的作用^[34]。但是其具体机理还需进一步探究。

3 红曲色素的应用进展

正由于红曲色素拥有上述的降血脂、降血压、防癌性、抗突变、防腐、保鲜等生理活性,所以现在除了应用红曲色素作为肉制品防腐着色^[35-36]外,也广泛应用于酒业、调味品、面制品、纺织业等行业中。

3.1 在肉制品中的应用

在肉制品加工中,国内外经常加入亚硝酸盐作为发色剂,虽然亚硝酸盐能够赋予肉制品良好的色泽,并且可以较强的抑制肉毒杆菌污染,延长肉制品的保质期,但是大量使用亚硝酸盐对于人体是非常有害的。因此,需要寻找安全高效的替代品,红曲色素有良好的着色能力还有很强的抑菌能力,而且相较于亚硝酸盐更安全,所以在食品加工中有良好作用。有报道称红曲色素的耐光性明显优于亚硝基色素,并且红曲色素也有较好的腌肉色强度和对光稳定性,适量加入异抗坏血酸钠能很好的减缓红曲红色素见光褪色^[37-38]。

3.2 在酒业中的应用

红曲色素与酒有很好的结合,在我国红曲酒有悠久的历史,从唐代开始就有关于红曲酒的古籍记载,如《初学记》中有记载在东汉就有“瓜州红曲,参糴相半。软滑膏润,入口流散”^[39]。利用红曲霉进行发酵研制而成的功能酒会在未来随着健康营养观念的加强而逐渐需求加大,红曲酒的抗疲劳,抗氧化性等功能都很吸引人们^[40]。有研究对福建地区的红曲菌株进行筛选,发现其中的高粱红曲菌的产红曲色素和洛伐他丁相较于其他菌株更为优秀,非常适宜于作为红曲酒的菌株^[41];对于红曲酒的创新研究也有很多,如清香型燕麦红曲酒^[42]、五色米养生红曲酒^[43]等。

3.3 在调味品中的应用

红曲色素在调味品中较多的应用于酱油的生产,而糖化曲是目前拥有较强着色能力、转化淀粉成还原糖的能力和生脂能力的复合菌种。国内对于红曲应用于酱油中的改进,有报道称红曲色素对蛋白质有很好的着色作用,增加了酱油的红润度,使酱油的色泽更好^[44-45]。

3.4 在面制品中的应用

红曲主要应用于红曲面包,红曲茯苓馒头,红曲饼,红曲面条等面制品。陈晓园等^[46]在红曲茯苓馒头的制作中,发现红曲的添加使馒头拥有了更好的色泽、结构、弹性、黏性。红曲面包是面包生产中加入红曲后,面包的颜色变红且与普通面包相比更具香味^[2]。

3.5 在纺织业的应用

红曲色素具有优良的着色能力,且较为稳定,作为天

然染料是可行的^[47],对于现在所提倡的生态文明社会是相符的,绿色环保。任燕等^[48]对于红曲色素的真丝绸染色能力进行了研究,得出结论为由于红曲色素受热温度不宜太高、受热时间不宜太长,所以红曲色素在pH值3、温度85℃、时间30 min时染色较好,不易分解。

4 前景展望

虽然红曲色素的应用已经发展了几千年,但是目前红曲色素中有些色素成分的结构还不知道,并且红曲中桔霉素这种对肝脏有伤害等问题还有困扰,使红曲霉素的应用还不是很广泛。真菌的次级代谢产物相关合成基因一般分为调控次级代谢产物相关基因转录合成的基因或者催化次级代谢产物合成的酶类基因^[49]。红曲色素是红曲霉的聚酮类次级代谢产物,其生物合成途径的关键酶为PKS,因此,红曲霉很多次级代谢产物合成相关基因的研究是从PKS基因开始的^[50]。所以依旧要分离鉴别红曲色素的结构成分,还要从分子水平研究红曲色素,从生物合成途径上来遏制或者减少桔霉素的产生,提高红曲色素的稳定性,或者从基因组学方面找出菌株中产桔霉素的基因,研究出低产甚至不产桔霉素或具有高色价等特点的优良菌株。

总的来说,红曲色素具有很多功能,且天然和安全,需要不断挖掘,以最大程度的推广和利用好红曲色素,以满足广大消费者和现在食品及其他产业的需求,也是红曲推广到国内市场乃至走向世界的关键。

参考文献:

- [1] 周伟娥,凌云,张元,等.食品中合成色素的前处理与检测分析方法研究进展[J].中国食品添加剂,2015(9):150-156.
- [2] 王金字,董文宾,杨春红,等.红曲色素的研究及应用新进展[J].食品科技,2010,35(1):245-248.
- [3] 侯敏,周端项,王艳新,等.红曲霉的研究进展[J].安徽农业科学,2014(11):3382-3384.
- [4] 涂志英,邵伟.国内外红曲的应用现状及发展趋势[J].中国酿造,2008,27(4):7-9.
- [5] SILVEIRA S T, DAROIT D J, SANT'ANNA V, et al. Stability modeling of red pigments produced by *Monascus purpureus* in submerged cultivations with sugarcane bagasse[J]. *Food & Bioprocess Technology*, 2011, 6(4): 1007-1014.
- [6] 袁超,鲁晶鸽.天然食用色素的功能及应用研究进展[J].粮食与油脂,2015(2):5-8.
- [7] ZHENG Y, XIN Y, GUO Y. Study on the fingerprint profile of *Monascus* products with HPLC-FD, PAD and MS[J]. *Food Chem*, 2009, 113(2): 705-711.
- [8] FENG Y L, SHAO Y C, CHEN F S. *Monascus* pigments[J]. *Appl Microbiol Biotechnol*, 2012, 96(6):1421-1440.
- [9] 逯慎杰,刘秀河.功能性红曲中功能成分的研究进展[J].江苏调味副食品,2011,28(1):17-21.
- [10] 朱雷.红曲色素合成机理及红曲霉混合培养的初步研究[D].合肥:安徽农业大学,2006.
- [11] HAJJAJ H, KLAEBE A, LORET M O, et al. Biosynthetic pathway of citrinin in the filamentous fungus *Monascus ruber* as revealed by ¹³C nuclear magnetic resonance[J]. *Appl Environ Microbiol*, 1999, 65(1): 311-314.
- [12] DHALE M A. Physiology of *Monascus purpureus* in relation to metabolite production and application as functional food[D]. India: University of Mysore, 2007.
- [13] 黄艳.红曲菌液态发酵生产红、橙、黄色素的研究[D].无锡:江南大学,2014.
- [14] 衣珊珊,沈昌,韩永斌,等.红曲色素形成机理及提高其色价的途径[J].食品科学,2005,26(7):256-261.
- [15] 石侃,夏枫耿,吴振强.红曲色素发酵生产过程桔霉素控制技术研究进展[J].中国酿造,2016,35(4):1-6.
- [16] 张晓伟,李培睿,王昌禄,等.温度、pH对红曲米中红曲色素溶解性及稳定性的影响[J].食品科技,2013(11):242-245.
- [17] KANG B, ZHANG X, WU Z, et al. Effect of pH and nonionic surfactant on profile of intracellular and extracellular *Monascus* pigments[J]. *Process Biochem*, 2013, 48(s 5-6):759-767.
- [18] 赵倩.红曲色素热稳定性的研究[D].武汉:华中农业大学,2009.
- [19] JUNG H, CHOE D, NAM K Y, et al. Degradation patterns and stability predictions of the original reds and amino acid derivatives of *Monascus* pigments[J]. *Eur Food Res Technol*, 2011, 232(4): 621-629.
- [20] 张庆庆,张帝,汤文晶,等.水溶性和醇溶性红曲色素的光稳定性[J].食品科学,2015,36(1):94-98.
- [21] 赵文红,朱豪,梁彬霞,等.红曲色素TY的稳定性研究[J].中国食品添加剂,2012(3):125-128.
- [22] 童群义,高孔荣,周正宏.红曲色素抑菌作用的研究[J].食品工业科技,1997(5):5-6.
- [23] 于慧慧.红曲色素对冷鲜肉保鲜效果及抑菌机理研究[D].济南:齐鲁工业大学,2013.
- [24] 屈炯,王斌,吴佳佳,等.红曲色素组份分离及其抗氧化活性研究[J].现代食品科技,2008,24(6):527-531.
- [25] 顾澄琛,张朝晖,包莹玲,等.红曲色素发酵分批补料工艺研究[J].中国酿造,2016,35(6):133-137.
- [26] SU N W, LIN Y M, HO C Y. Ankaflavin from *Monascus*-fermented red rice exhibits selective cytotoxic effect and induces cell death on Hep G2 cells[J]. *J Agr Food Chem*, 2005, 53(6): 1949-1954.
- [27] 屈炯.红曲色素组分分离及其功能的初步研究[D].武汉:华中农业大学,2008.
- [28] 郑允权,信亚文,石贤爱,等.红曲橙色素对人胃腺癌细胞AGS诱导凋亡的作用[J].福州大学学报:自然科学版,2010(6):922-926.
- [29] 陈运中.红曲活性成分的结构与功能评价[D].武汉:华中农业大学,2004.
- [30] LEE C L, KUNG Y H, WU C L. Monascin and ankaflavin act as novel hypolipidemic and high-density lipoprotein cholesterol-raising agents in red mold *Dioscorea*[J]. *J Agr Food Chem*, 2010, 58(16): 9013-9019.
- [31] LEE C L, HUNG Y P, HSU Y W, et al. Monascin and ankaflavin have more anti-atherosclerosis effect and less side effect involving increasing creatinine phosphokinase activity than monacolin K under the same dosages[J]. *J Agr Food Chem*, 2012, 61(1): 143-150.
- [32] LEE C L, HUNG Y P, HSU Y W, et al. *Monascus*-fermented monascin and ankaflavin improve the memory and learning ability in amyloid β -protein intracerebroventricular-infused rat via the suppression of Al-

- zheimer's disease risk factors[J]. **J Funct Food**, 2015, 18: 387-399.
- [33] HSU W H, CHEN T H, LEE, B H, et al. *Monascin* and *ankaflavin* act as natural AMPK activators with PPAR α agonist activity to down-regulate nonalcoholic steatohepatitis in high-fat diet-fed C57BL/6 mice[J]. **Food Chem Toxicol**, 2014, 64: 94-103.
- [34] 贾氏臣, 孟金明, 穆红霞, 等. 红曲菌发酵产物中的新功能成分及功效的研究进展[J]. 中国食品添加剂, 2015 (4): 179-184.
- [35] LIU D C, WU S W, TAN F T. Effects of addition of anka rice on the qualities of low-nitrite Chinese sausages[J]. **Food Chem**, 2010, 118(2): 245-250.
- [36] JUNG H, KIM C, KIM K, et al. Color characteristics of *Monascus* pigments derived by fermentation with various amino acids[J]. **J Agr Food Chem**, 2003, 51(5):1302-1306.
- [37] 张 慧, 王 东, 林春艳. 亚硝酸盐在肉制品中的危害及红曲色素的研究进展[J]. 中国畜牧兽医文摘, 2014 (8): 182-182.
- [38] 李杉杉, 肖龙泉, 刘海强, 等. 红曲红色素替代亚硝酸盐在川式香肠中的应用研究[J]. 成都大学学报: 自然科学版, 2015, 34 (2): 121-124.
- [39] 汪建国, 冯德明. 五色米养生红曲酒工艺技术研究[J]. 中国酿造, 2015, 34 (12): 153-156.
- [40] 姜忠丽, 杨 平, 庞文录, 等. 糙米酵素红曲酒的抗疲劳作用[J]. 沈阳师范大学学报: 自然科学版, 2013, 31 (4): 488-493.
- [41] 吕旭聪, 翁 星, 韩妙坤, 等. 福建红曲中红曲菌的分离鉴定及菌株特性研究[J]. 中国食品学报, 2012, 12 (2): 88-97.
- [42] 王俊伟, 张 雷, 吕 美. 清香型燕麦红曲酒发酵工艺的研究[J]. 粮食加工, 2015 (1): 46-49.
- [43] 奕水明, 钱 非, 汪建国. 五色米养生红曲酒酿造工艺研究[J]. 江苏调味副食品, 2015 (4): 31-33.
- [44] 李保英. 多菌种酱油制曲工艺及其对酱油风味影响的研究[D]. 杭州: 浙江工商大学, 2013.
- [45] 陈之瑶. 红曲霉与米曲霉混合制曲对发酵高盐稀态酱油影响的研究[D]. 广州: 华南理工大学, 2014.
- [46] 陈晓园, 解文雅, 王腾宇, 等. 红曲茯苓馒头的研制[J]. 中国酿造, 2015, 34 (10): 166-170.
- [47] CHATTOPADHYAY P, CHATTERJEE S, SEN S K. Biotechnological potential of natural food grade biocolorants[J]. **Afr J Biotechnol**, 2008, 7(17): 2972-2985.
- [48] 任 燕, 徐成书, 胥小凤. 天然红曲色素的真丝绸染色[J]. 西安工程大学学报, 2015 (3): 289-294
- [49] FOX E M, HOWLETT B J. Secondary metabolism: regulation and role in fungal biology[J]. **Curr Opin Microbiol**, 2008, 11(6): 481-487.
- [50] HUANG Z, ZHANG S, XU Y, et al. Metabolic effects of the *pksCT* gene on *Monascus aurantiacus* Li As3.4384 using gas chromatography-time-of-flight mass spectrometry-based metabolomics [J]. **J Agr Food Chem**, 2016, 64(7): 1565-1574

欢迎订阅2016年 中国酿造杂志

《中国酿造》创刊于1982年, 是由中国商业联合会主管, 中国调味品协会及北京食品科学研究院主办的综合性科技期刊。《中国酿造》历次被评为全国中文核心期刊、中国科技核心期刊、《中国知网》重点收录期刊、《万方数据库》全文收录期刊、《中文科技期刊数据库》来源期刊、中国学术期刊网出版总库收录期刊、美国《乌利希期刊指南》(UPD) 收录期刊、英国《食品科学文摘》(FSTA) 收录期刊、英国《国际农业与生物科学研究中心》(CABI) 收录期刊、美国《化学文摘》(CA) 收录期刊、俄罗斯《文摘杂志》(AJ) 收录期刊、中国科学评价研究中心(RCCSE) 数据库收录期刊, 也是学位与研究生教育的中文重要期刊。

《中国酿造》重点刊登调味品、酿酒、生物工程技术、生物化工、食品生物技术等研究方向的新工艺、新技术、新设备以及分析检测、安全法律法规及标准、综合利用、质量保障体系等方面的基础理论、应用研究及综述文章。主要栏目有: 研究报告、专论综述、创新与借鉴、经验交流、分析与检测、产品开发、酿造文化、海外文摘等。

《中国酿造》为月刊, 大16开, 每期200页, 25元/期, 全年300元(免邮费)。

订阅方式:

直接联系本社订阅: 电话: 010-83152308/83152738、010-63026114 邮箱: zgnzzz@163.com

网上订阅: 登陆中国酿造主页 www.chinabrewing.net.cn

全国各地邮政局(所)均可订阅: 邮发代号2-124 国内统一连续出版物号CN 11-1818/T5 国际标准连续出版物号ISSN 0254-5071

汇款方式:

银行转账: 建行陶然亭支行 账户: 北京中酿杂志社 账号: 1100 1189 5000 5250 0191

邮局汇款: 北京市西城区禄长街头条4号《中国酿造》编辑部 邮编: 100050

欢迎订阅、投稿、刊登广告!

