

小米酒对小鼠血清中相关抗氧化酶活性的影响

马吉瑶¹, 邹晓¹, 郑程远^{1*}, 郭成宇^{1,2}, 石俊¹, 魏鸾萱¹, 张晓山³, 王平³

(1. 齐齐哈尔大学 食品与生物工程学院, 黑龙江 齐齐哈尔 161000; 2. 黑龙江省果蔬杂粮饮品工程技术研究中心, 黑龙江 齐齐哈尔 161000; 3. 黑龙江省北大仓集团有限公司, 黑龙江 齐齐哈尔 161000)

摘要: 该实验旨在探究小米酒对小鼠血清中相关抗氧化酶活性的影响。选取 SPF 级健康 KM 小鼠适应性饲养一段时间后, 将其随机分为 6 组, 分别标记为空白组(0.2 mL 生理盐水)、酒基对照组(0.2 mL 16.2% 乙醇生理盐水)、阳性对照组(0.2 mL 小米原汁)、低剂量组(0.2 mL 小米酒)、中剂量组(0.4 mL 小米酒)、高剂量组(0.8 mL 小米酒)。连续灌胃 30 d 后, 检测小鼠血清中还原型谷胱甘肽(glutathione, GSH)含量、超氧化物歧化酶(superoxide dismutase, SOD)活力和丙二醛(malondialdehyde, MDA)含量变化。结果表明, 与酒基组相比, 低剂量组小鼠血清中 GSH 含量和 SOD 活力显著升高($p < 0.05$), MDA 含量显著降低。说明与同酒精浓度的酒基相比, 小米酒可减少氧化应激对肝脏的损伤。

关键词: 小米酒; 还原型谷胱甘肽; 超氧化物歧化酶; 丙二醛; 抗氧化

Effects of Different Doses of Millet Wine on Activities of Antioxidant Enzymes in Mouse Serum

MA Ji-yao¹, ZOU Xiao¹, ZHENG Cheng-yuan^{1*}, GUO Cheng-yu^{1,2}, SHI Jun¹, WEI Luan-xuan¹,
ZHANG Xiao-shan³, WANG Ping³

(1. College of Food and Bioengineering, Qiqihar University, Qiqihar 161000, Heilongjiang, China; 2. Heilongjiang Engineering Technology Research Center of Fruits and Vegetables and Grain and Beverage, Qiqihar 161000, Heilongjiang, China; 3. Heilongjiang Beidacang Group Co., Ltd., Qiqihar 161000, Heilongjiang, China)

Abstract: The purpose of this experiment was to investigate the effect of millet wine on the activity of antioxidant enzymes in the serum of mice. Specific pathogen-free and healthy Kunming mice were selected for adaptive breeding prior to random allocation in six groups: blank group(0.2 mL saline), wine-based control group(0.2 mL 16.2% ethanol in saline), positive control group (0.2 mL millet juice), low-dose group (0.2 mL millet wine), medium-dose group(0.4 mL millet wine), and high-dose group(0.8 mL millet wine). The treatments were delivered via oral gavage daily for 30 d. Then, the activities of reduced glutathione (GSH) content and superoxide dismutase (SOD) activity were measured and the change in the level of malondialdehyde (MDA) content was determined. Compared with that in the alcohol-based group, serum GSH content and SOD activity in the low-dose group were significantly increased ($p < 0.05$), and MDA content were significantly reduced. These findings indicate that, compared with alcohol at the same concentration, millet wine can reduce liver damage caused by oxidative stress.

Key words: millet wine; reduced glutathione; superoxide dismutase; malondialdehyde; antioxidant

引文格式:

马吉瑶, 邹晓, 郑程远, 等. 小米酒对小鼠血清中相关抗氧化酶活性的影响[J]. 食品研究与开发, 2021, 42(15): 15-19.

MA Jiyao, ZOU Xiao, ZHENG Chengyuan, et al. Effects of Different Doses of Millet Wine on Activities of Antioxidant Enzymes in Mouse Serum[J]. Food Research and Development, 2021, 42(15): 15-19.

基金项目: 黑龙江省优质特色小米精深加工与综合利用科技扶贫项目(LBH-Z19197); 2018 年度黑龙江省省属高等学校基本科研业务费科研项目(135309367)

作者简介: 马吉瑶(1995—), 女(满), 硕士研究生, 研究方向: 农产品加工及贮藏工程。

* 通信作者: 郑程远(1989—), 男(汉), 博士, 研究方向: 功能性食品。

小米又称为粟,北方称谷子,谷子脱壳为小米,其粒小,直径1 mm左右。小米是世界上最古老的栽培农作物之一,起源于中国黄河流域,是中国古代的主要粮食作物,在我国的农耕文明中占有举足轻重的地位^[1-2]。小米营养价值高,营养全面均衡,主要含有碳水化合物、蛋白质及氨基酸、脂肪及脂肪酸、维生素、矿物质等^[3-6]。研究表明,小米具有健脾胃功效,还可以治疗口臭,一定程度上缓解脚气,并兼具有美容功效^[7-9]。中国最早的酒就是采用小米进行酿造的^[10]。

小米酒是以小米为原料,基于传统酿造方法,采用现代工艺自主研发的一款黄酒,有文献表明,小米酒中富含碳水化合物、氨基酸、维生素和矿物质等营养物质,具有独特的生理功能^[11-12]。本文旨在探究小米酒对小鼠血清中相关抗氧化酶活性的影响,以期为小米酒的进一步开发提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

小米:黑龙江省齐齐哈尔市龙江县;小米原汁、小米酒:齐齐哈尔大学果蔬饮品研发中心;无水乙醇:重庆川东化工有限公司;丙二醛(malondialdehyde, MDA)、超氧化物歧化酶(superoxide dismutase, SOD)、还原型谷胱甘肽(glutathione, GSH)测定试剂盒:南京建成科技有限公司。

SPF级健康KM小鼠:重庆恩斯维尔生物科技有限公司,体重(20±2)g,6~8周龄,36只。

BS224S电子分析天平:赛多利斯科学仪器(北京)有限公司;101-1A型电热恒温鼓风干燥箱:天津市泰斯特仪器有限公司;HH-1数显电热恒温水浴锅:金坛市盛蓝仪器制造有限公司;85-1型恒温磁力搅拌器:深圳天南海北有限公司;XY-880型酒精密度计、0-100型100摄氏度的温度计:浙江余姚镇玻璃厂;DHG-9123A型电热恒温鼓风干燥箱:上海博讯实业有限公司;OSJ-DI-15L型纯水仪:苏州赛恩斯仪器有限公司;RT-6000酶联免疫检测仪:美国宝特Bio-Tek公司。

1.2 方法

1.2.1 小米酒的酿造

参考文献[13]的工艺流程进行小米酒的酿造。

酒曲
↓
小米原料→洗米→浸米→冲洗→蒸米→降温→
拌曲→发酵→压榨→过滤→杀菌→降温→装坛→成品

1.2.2 小米酒酒精浓度测定

采用任凯等^[14]酒精密度计法测定小米酒的酒精

浓度。

1.2.3 剂量分组及动物处理

动物房昼夜交替,保持动物自由饮水、进食,温度23℃~25℃,湿度为(60±5)%,光照12 h/d,适应性喂养1周后进入实验。36只小鼠随机分成6组进行灌胃处理:空白组(0.2 mL生理盐水)、酒基对照组(0.2 mL 16.2%乙醇生理盐水)、阳性对照组(0.2 mL小米原汁,小米质量比2:1,水温20℃~25℃,浸泡24 h得到小米原汁)、低剂量组(0.2 mL小米酒)、中剂量组(0.4 mL小米酒)、高剂量组(0.8 mL小米酒)。每天灌胃1次,连续灌胃30 d。

1.2.4 检测指标及方法

灌胃结束后,小鼠禁食不禁水12 h,10%水合氯醛(3 mL/kg)麻醉,腹主动脉取血,注入空白洁净试管内,4℃3 000 r/min离心15 min,分离血清,-70℃冻存待检^[15]。应用全自动生化分析仪测定血清中SOD活力、GSH、MDA含量,检测时按试剂盒说明书进行具体操作。

1.3 数据处理

利用Origin8.0软件统计各参数的平均值和标准误差并作图,采用SPSS 18.0进行数据统计和单因素方差分析。组间差异性用 t 检验法分析。 $p<0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果与分析

2.1 小米酒酒精浓度测定结果

经测定,小米酒酒精浓度为16.2%vol,用于后续酒基对照组浓度调控。

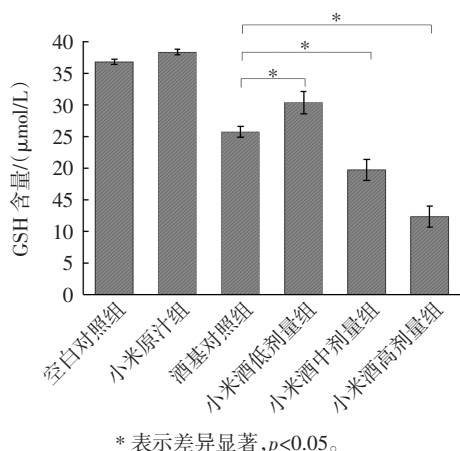
2.2 不同处理对小鼠体内GSH含量的影响

GSH是一种含 γ -酰胺键和巯基的三肽,由谷氨酸、半胱氨酸及甘氨酸组成,几乎存在于身体的每一个细胞^[16]。GSH分子具有活性巯基(-SH),是最重要的功能基团,可参与机体多种重要的生化反应,保护体内重要酶蛋白巯基不被氧化、灭活,保证能量代谢、细胞利用,因此,GSH含量越高说明机体抗氧化能力越强^[17-18]。不同剂量小米酒对小鼠血清中GSH活性的影响见图1。

由图1可知,酒精会导致机体GSH含量下降,机体的抗氧化水平会减弱。但相较于酒基组,低剂量组显著升高($p<0.05$),说明饮用同剂量的小米酒其抗氧化水平减弱程度要明显低于同等酒精浓度的酒基。随着小米酒灌胃剂量的增加,GSH含量越来越低。

2.3 不同处理对小鼠体内SOD活力的影响

SOD是生物体系中抗氧化酶系的重要组成成员,

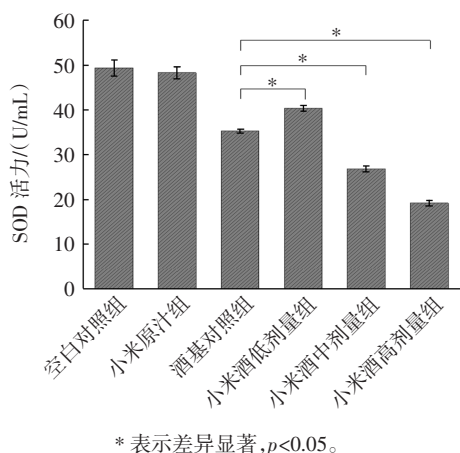


* 表示差异显著, $p < 0.05$ 。

图1 不同剂量小米酒对小鼠血清中 GSH 含量的影响

Fig.1 Effects of different doses of millet wine on GSH content in serum of mice

广泛分布在微生物、植物和动物体内^[19-20]。SOD 是生物体内存在的一种抗氧化金属酶,能够催化超氧阴离子自由基歧化生成氧和过氧化氢,在机体氧化与抗氧化平衡中起到至关重要的作用,与很多疾病的发生、发展密不可分。因此,机体内 SOD 活力越高其抗氧化能力越强^[21-23]。不同剂量小米酒对小鼠血清中 SOD 活力的影响见图 2。



* 表示差异显著, $p < 0.05$ 。

图2 不同剂量小米酒对小鼠血清中 SOD 活力的影响

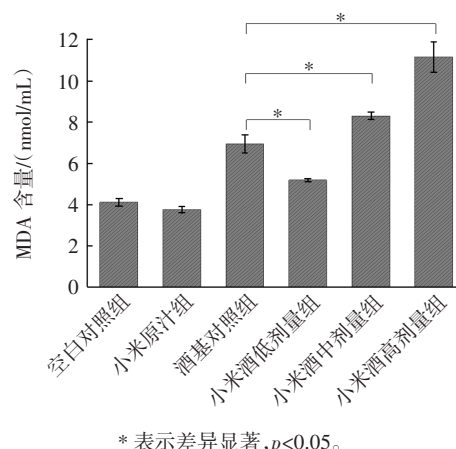
Fig.2 Effects of different doses of millet wine on SOD activity in serum of mice

由图 2 可知,其变化趋势与 GSH 含量变化趋势相似,酒精的摄入会导致 SOD 活力下降,进而影响机体的抗氧化水平。但相较于酒基组,低剂量组会显著升高($p < 0.05$),SOD 活力同样会随着小米酒摄入的量增加而递减,呈剂量依赖性。

2.4 不同处理对小鼠体内 MDA 含量的影响

生物体内自由基与脂质会发生氧化反应,生成具有细胞毒性的氧化终产物 MDA,其会影响线粒体呼吸链复合物及线粒体内关键酶活性,加剧细胞膜受到的

氧化应激损伤,因此,MDA 含量越高说明机体的抗氧化能力越弱^[24]。不同剂量小米酒对小鼠血清中 MDA 含量的影响见图 3。



* 表示差异显著, $p < 0.05$ 。

图3 不同剂量小米酒对小鼠血清中 MDA 含量的影响

Fig.3 Effects of different doses of millet wine on MDA content in serum of mice

由图 3 可知,酒精的摄入会导致 MDA 含量的升高,机体的抗氧化能力减弱。但与酒基组相比,低剂量组 MDA 含量会显著降低($p < 0.05$),说明摄入同剂量的小米酒对机体造成的抗氧化损伤要显著低于同浓度的酒精。MDA 含量同样与小米酒的摄入剂量呈依赖性,摄入越多,MDA 含量越高,抗氧化能力越弱。

3 结论

以不同剂量的小米酒灌胃小鼠 30 d 后发现,酒精的摄入会降低机体 GSH 含量、SOD 活力,提高 MDA 含量,进而导致机体抗氧化能力的减弱,且呈剂量依赖性。值得注意的是,与空白对照组和小米原汁组相比,无论是酒基组还是不同剂量的小米酒,都会显著降低机体的抗氧化能力,即饮酒会造成机体抗氧化能力损伤,增加疾病的风险。但与酒基组相比,低剂量的小米酒会显著减弱酒精对机体造成的抗氧化损伤,说明与同浓度的酒基相比,小米酒对机体的抗氧化损伤水平小于同浓度的酒精。因此,从机体抗氧化水平角度考虑,不饮酒好过饮酒,适当饮用小米酒好过同剂量的酒精。

参考文献:

- [1] 张卓敏. 黑龙江省小米主栽品种理化特性与感官品质的相关性研究[D]. 大庆:黑龙江八一农垦大学,2018.
ZHANG Zhuomin. Correlation between physical and chemical characteristics and sensory quality of millet cultivars in heilongjiang province[D]. Daqing: Heilongjiang Bayi Agricultural University, 2018.

- [2] 李顺国, 刘斐, 刘猛, 等. 新时期中国谷子产业发展技术需求与展望[J]. 农学学报, 2018, 8(6): 96–100.
LI Shunguo, LIU Fei, LIU Meng, et al. Technology need and prospect of foxtail millet industry development in China in the new era[J]. Journal of Agriculture, 2018, 8(6): 96–100.
- [3] KRISHNAMOORTHY S, KUNJITHAPATHAM S, MANICKAM L. Traditional Indian breakfast (*Idli* and *Dosa*) with enhanced nutritional content using millets[J]. Nutrition & Dietetics, 2013, 70(3): 241–246.
- [4] 冯耐红, 侯东辉, 杨成元, 等. 不同品种小米主要营养成分及氨基酸组分评价[J]. 食品工业科技, 2020, 41(8): 224–229.
FENG Naihong, HOU Donghui, YANG Chengyuan, et al. Evaluation of main nutrients and amino acid components of different varieties of foxtail millet[J]. Science and Technology of Food Industry, 2020, 41(8): 224–229.
- [5] 许寅生, 郭亚丽, 王玉祥, 等. 谷子的营养价值及产品开发[J]. 农业科技通讯, 2018(3): 152–155.
XU Yinsheng, GUO Yali, WANG Yuxiang, et al. Nutritional value and product development of millet[J]. Bulletin of Agricultural Science and Technology, 2018(3): 152–155.
- [6] 李暮男, 兰凤英. 小米的营养保健功能及产品开发[J]. 农业工程, 2017, 7(2): 84–90.
LI Munan, LAN Fengying. Nutritional health function and product development of millet[J]. Agricultural Engineering, 2017, 7(2): 84–90.
- [7] 李安, 刘小雨, 张惟广. 小米黄酒酿造工艺的研制及优化[J]. 食品研究与开发, 2020, 41(5): 150–157.
LI An, LIU Xiaoyu, ZHANG Weiguang. Development and optimization of brewing technique of millet wine[J]. Food Research and Development, 2020, 41(5): 150–157.
- [8] 柳文. 小米的保健功能[J]. 江苏卫生保健, 2016(9): 35.
LIU Wen. The health function of millet [J]. Jiangsu Health Care, 2016(9): 35.
- [9] 乔玲, 王欣. 小米的营养、保健及药用特性[J]. 农业科技与装备, 2015(11): 41–42.
QIAO Ling, WANG Xin. Properties of nutrition, health care and medicinal function of millet[J]. Agricultural Science and Technology and Equipment, 2015(11): 41–42.
- [10] 吴立根, 屈凌波. 谷子的营养功能特性与加工研究进展[J]. 食品研究与开发, 2018, 39(15): 191–196.
WU Ligen, QU Lingbo. A review on the resource and processing of the millet[J]. Food Research and Development, 2018, 39(15): 191–196.
- [11] 张昂. 小麦膳食纤维的生理学功能及其应用研究[J]. 粮食加工, 2019, 44(2): 15–18.
ZHANG Ang. Physiological function and application of dietary fiber in wheat[J]. Grain Processing, 2019, 44(2): 15–18.
- [12] NITHIYANANTHAM S, KALAISELVI P, MAHOMOODALLY M F, et al. Nutritional and functional roles of millets—A review[J]. Journal of Food Biochemistry, 2019, 43(7): e12859.
- [13] 郭成宇, 魏清秀. 不同酒曲生产小米酒的研究[J]. 中国酿造, 2017, 36(2): 145–150.
GUO Chengyu, WEI Qingxiu. Millet wine production with different Jiuqu[J]. China Brewing, 2017, 36(2): 145–150.
- [14] 任凯, 张建夫, 谢建平, 等. 酒精密度计法测定不同饮品的解酒研究[J]. 酿酒科技, 2016(12): 59–61.
REN Kai, ZHANG Jianfu, XIE Jianping, et al. Investigation on sobering effects of different beverages by using alcohol density meter[J]. Brewery technology, 2016(12): 59–61.
- [15] 李雍, 林峰, 秦勇, 等. 玉米肽对乙醇氧化损伤模型小鼠的抗氧化作用研究[J]. 食品研究与开发, 2019, 40(15): 31–35.
LI Yong, LIN Feng, QIN Yong, et al. The effect of corn peptide on oxidative injury of mice induced by ethanol[J]. Food Research and Development, 2019, 40(15): 31–35.
- [16] 应译炯, 邱岳, 张小勇, 等. 南瓜籽中还原型谷胱甘肽(GSH)和白巯基(P-SH)的测定[J]. 食品研究与开发, 2017, 38(15): 143–147.
YING Yixian, QIU Yue, ZHANG Xiaoyong, et al. Determination of reduced glutathione(GSH) and thiols in proteins(P-SH) in pumpkin seed[J]. Food Research and Development, 2017, 38(15): 143–147.
- [17] LIU J D, LIU W B, ZHANG D D, et al. Dietary reduced glutathione supplementation can improve growth, antioxidant capacity, and immunity on Chinese mitten crab, *Eriocheir sinensis*[J]. Fish & Shellfish Immunology, 2020, 100: 300–308.
- [18] 王川南, 吴天祥, 雷露. 不同年份酱香型白酒对小鼠抗疲劳及肝损伤试验的研究[J]. 酿酒科技, 2019(10): 36–40.
WANG Chuannan, WU Tianxiang, LEI Lu. Experimental study of the antifatigue effects and liver injury in mice with intragastric feeding of Jiangxiang baijiu of different ages[J]. Liquor-Making Science & Technology, 2019(10): 36–40.
- [19] 张笑天, 郑晓瑛. 氧化自由基清除剂超氧化物歧化酶与疾病[J]. 中国公共卫生, 2014, 30(10): 1349–1352.
ZHANG Xiaotian, ZHENG Xiaoying. Oxidative free radical scavenger superoxide dismutase and disease[J]. Chinese Journal of Public Health, 2014, 30(10): 1349–1352.
- [20] 袁牧, 王昌留, 王一斐, 等. 超氧化物歧化酶的研究进展[J]. 中国组织化学与细胞化学杂志, 2016(6): 550–558.
YUAN Mu, WANG Changliu, WANG Yifei, et al. Progress in the research of superoxide dismutase[J]. Chinese Journal of Histochemistry and Cytochemistry, 2016(6): 550–558.
- [21] 贾书花, 王东, 张宏峰, 等. 当归多糖治疗小鼠乙醇性肝损伤中丙二醛、超氧化物歧化酶及谷胱甘肽过氧化物酶的变化及意义[J]. 解剖学杂志, 2017, 40(4): 382–385.
JIA Shuhua, WANG Dong, ZHANG Hongfeng, et al. Effect of Angelica sinensis polysaccharide on serum malondialdehyde, superoxide dismutase and glutathione peroxidase of alcohol-induced hepatic injured mice[J]. Chinese Journal of Anatomy, 2017, 40(4): 382–385.
- [22] 张远, 许彬欣, 孙伟, 等. 黑蒜通过抗氧化对小鼠急性酒精性肝

- 损伤发挥保护作用[J]. 海峡药学, 2019, 31(10): 24–27.
- ZHANG Yuan, XU Binxin, SUN Wei, et al. Protective effect of black garlic on alcoholic hepatic injury through an-tioxidation in mice[J]. Strait Pharmaceutical Journal, 2019, 31(10): 24–27.
- [23] 张勇, 李苗苗, 华田苗, 等. 茶多酚对慢性酒精中毒大鼠肝损伤的保护作用[J]. 中国应用生理学杂志, 2018, 34(6): 481–484, 529.
- ZHANG Yong, LI Miaomiao, HUA Tianmiao, et al. The protective effect of tea polyphenols on chronic alcoholic liver injury in rats[J].

Chinese Journal of Applied Physiology, 2018, 34(6): 481–484, 529.

- [24] 韩光顺, 梁华益, 韦家河, 等. 茴香提取液对小鼠酒精性肝损伤的保护作用[J]. 现代预防医学, 2017, 44(18): 3316–3320.
- HAN Guangshun, LIANG Huayi, WEI Jiahe, et al. Protective effect of fennel extract on alcoholic liver injury in mice[J]. Modern Preventive Medicine, 2017, 44(18): 3316–3320.

加工编辑: 张璐

收稿日期: 2020–08–28

(上接第14页)

- lactic fermentations[J]. Annual Review of Food Science and Technology, 2014, 5(1): 313–326.
- [15] 李慧, 赵婧, 陈超, 等. 南瓜汁发酵优良乳酸菌的筛选与鉴定[J]. 食品研究与开发, 2014, 35(2): 99–102.
- LI Hui, ZHAO Jing, CHEN Chao, et al. Isolation and identification of *Lactobacillus* for pumpkin juice fermentation[J]. Food Research and Development, 2014, 35(2): 99–102.
- [16] 梁莉, 程晨, 李全宏. 乳酸菌和酵母菌复合发酵南瓜汁工艺研究[J]. 食品研究与开发, 2016, 37(13): 88–92.
- LIANG Li, CHEN Chen, LI Quanhong. Study on the processing technique of pumpkin juice co-fermented by lactic acid bacteria and yeast[J]. Food Research and Development, 2016, 37(13): 88–92.
- [17] MARTINS E M F, RAMOS A M, VANZELA E S L, et al. Products of vegetable origin: A new alternative for the consumption of probiotic bacteria[J]. Food Research International, 2013, 51(2): 764–770.
- [18] 束文秀, 吴祖芳, 刘连亮, 等. 胡柚汁益生菌发酵挥发性风味特征[J]. 食品科学, 2018, 39(4): 59–65.
- SHU Wenxiu, WU Zufang, LIU Lianliang, et al. Volatile flavor compounds of fermented grape fruit juice with probiotics[J]. Food Science, 2018, 39(4): 59–65.
- [19] 周鸣谦. 南瓜汁乳酸发酵工艺条件及营养成分变化研究[D]. 长沙: 湖南农业大学, 2002.
- ZHUO Mingqian. Studies on fermentation process and nutrition variation of fermented cushaw juice by lactic acid bacteria[D]. Changsha: Hunan Agricultural University, 2002.
- [20] 卢嘉懿, 李汴生, 李印, 等. 植物乳杆菌发酵不同果蔬汁的品质分

析[J]. 食品工业, 2018, 39(12): 142–147.

- LU Jiayi, LI Biansheng, LI Yin, et al. Quality analysis of *Lactobacillus plantarum* fermented fruit and vegetable juices[J]. The Food Industry, 2018, 39(12): 142–147.
- [21] 李瑜. 新鲜南瓜和南瓜汁挥发性风味物质的成分比较[J]. 食品科学, 2010, 31(2): 208–210.
- LI Yu. Solid phase microextraction followed by GC–MS analysis of volatile flavor compounds in fresh pumpkin and pumpkin juice[J]. Food Science, 2010, 31(2): 208–210.
- [22] 周春丽, 刘伟, 李慧, 等. 混合菌株发酵南瓜汁及其香气分析[J]. 现代食品科技, 2014, 30(5): 301–310.
- ZHOU Chunli, LIU Wei, LI Hui, et al. Mixed culture fermentation of pumpkin juice and its aroma analysis[J]. Modern Food Science and Technology, 2014, 30(5): 301–310.
- [23] 夏延斌, 迟玉杰, 朱旗. 食品风味化学[M]. 北京: 化学工业出版社, 2008.
- XIA Yanbin, CHI Yujie, ZHU Qi. Food flavor chemistry [M]. Beijing: Chemical Industry Press, 2008.
- [24] DAVID J R. Chemistry and technology of flavors and fragrances[M]. Oxford: Blackwell publishing Ltd, 2005.
- [25] QIN Gaihua, TAO Shutian, ZHANG Huping, et al. Evolution of the aroma volatiles of pear fruits supplemented with fatty acid metabolic precursors[J]. Molecules, 2014, 19(12): 20183–20196.

加工编辑: 张弘

收稿日期: 2020–08–28