

珍珠粉改善黄酒的品质

韩继卫¹, 郑大恒¹, 罗文¹, 彭祺^{1,2}, 孙剑秋^{1,2}

(1. 绍兴文理学院生命科学院, 浙江绍兴 312000) (2. 国家黄酒工程技术研究中心, 浙江绍兴 312000)

摘要: 为探讨珍珠粉对黄酒品质及抗氧化功能的影响, 将发酵 15 d 的酒醪加入珍珠粉后继续发酵, 对发酵后的珍珠黄酒品质和抗氧化功能进行评价。结果显示, 添加珍珠粉的黄酒在酒精度、总糖、非糖固形物、氨基酸态氮、钙离子含量等方面随着珍珠粉添加量的增加而升高, 添加高剂量珍珠粉的黄酒与空白黄酒相比差异极显著 ($p < 0.01$); 而对于总酸, 添加珍珠粉的黄酒高剂量组总酸含量最低, 为 2.04 g/L, 中剂量组总酸含量稍高为 3.12 g/L, 显著低于空白黄酒组 ($p < 0.01$), 珍珠黄酒低剂量组总酸含量最高, 为 6.16 g/L, 与空白黄酒组无显著差异 ($p > 0.05$)。酿制的珍珠黄酒高剂量组口感、色泽俱佳, 并且具有良好的抗氧化活性, 能显著增强超氧阴离子自由基和羟基自由基的清除率, 珍珠黄酒高剂量组超氧阴离子的清除率为 57.54%、羟基自由基清除率为 66.18%, 同时显著增强小鼠血清及肝组织中 SOD 酶活力 ($p < 0.05$, $p < 0.01$), 显著降低血清和肝组织中 MDA 含量 ($p < 0.05$, $p < 0.01$)。研究发现, 在黄酒酿造过程中添加 8 g/L 珍珠粉可显著改善黄酒的品质, 提高其抗氧化功能。

关键词: 珍珠粉; 黄酒; 酿造; 抗氧化

文章编号: 1673-9078(2020)06-243-248

DOI: 10.13982/j.mfst.1673-9078.2020.6.1081

Pearl Powder Improves the Quality of Yellow Rice Wine

HAN Ji-wei¹, ZHENG Da-heng¹, LUO Wen¹, PENG Qi^{1,2}, SUN Jian-qiu^{1,2}

(1. School of Life Sciences, Shaoxing University, Shaoxing 312000, China)

(2. National Research Center of Yellow Rice Wine Engineering Technology, Shaoxing 312000, China)

Abstract: In order to investigate the effect of pearl powder on the quality and antioxidant function of yellow rice wine, pearl powder was added into the rice wine fermented for 15 day of fermentation before further fermentation. The quality and antioxidant function of the fermented pearl-containing rice wine (termed "pearl rice wine") were evaluated. The results showed that the contents of alcohol, total sugar, non-sugar solids, amino acid nitrogen and calcium ion in the pearl rice wine increased with the increase of the pearl powder content. There was an extremely significant difference between the wine with a high-dose of pearl and the blank rice wine ($p < 0.01$). In terms of the total acid content, the high-dose group had the lowest (2.04 g/L); The medium-dose group had a relatively higher value 3.12 g/L, which was significantly lower than that of the blank group ($p < 0.01$); The low-dose group had the highest 6.16 g/L, which was insignificantly different from the blank group ($p > 0.05$). The high-dose pearl rice wine had good taste, color and significant antioxidant activity. It could significantly enhance the scavenging rates of superoxide anion radicals and hydroxyl radicals (57.54% and 66.18%, respectively), while significantly enhancing the activity of the SOD in serum and liver tissues of mice ($p < 0.05$, $p < 0.01$), and significantly reducing the content of MDA in serum and liver tissues ($p < 0.05$, $p < 0.01$). The research indicated that adding pearl powder (8 g/L) in the brewing process of yellow rice wine could significantly improve the quality and antioxidant function of yellow rice wine.

Key words: pearl powder; yellow rice wine; brewing; antioxidant

引文格式:

韩继卫, 郑大恒, 罗文, 等. 珍珠粉改善黄酒的品质[J]. 现代食品科技, 2020, 36(6): 243-248

HAN Ji-wei, ZHENG Da-heng, LUO Wen, et al. Pearl powder improves the quality of yellow rice wine [J]. Modern Food Science and Technology, 2020, 36(6): 243-248

收稿日期: 2019-11-06

基金项目: 浙江省科技特派员项目 (Y2018), 浙江省公益技术应用研究 (实验动物) 项目 (2017F81G2180166)

作者简介: 韩继卫 (1978-), 男, 实验师, 研究方向: 实验动物以及天然活性成分的药理、毒理研究

通讯作者: 罗文 (1970-), 男, 教授, 研究方向: 水生生物养殖与开发利用

黄酒源于中国,其口感温润醇厚、滋补宜人,被誉为“液体蛋糕”。它是世界上最古老的酒类之一,与啤酒、葡萄酒并称世界三大古酒。黄酒一般以糯米、小麦等作为主要原料发酵而成,不仅酒精度低、酒香醇厚,而且营养丰富。黄酒富含功能性低聚糖、有机酸和氨基酸态氮等营养成分,还含有生物活性肽等成分,因此黄酒具有良好的养生保健功效^[1-3]。随着人们生活质量的日益改善和对健康保健意识的提升,以黄酒为基酒添加金银花^[4]、枸杞和桑椹^[5]等中药活性成份,提升黄酒的保健功能,这类特型黄酒越来越受到人们的喜爱。

珍珠自古就是一种名贵的中药材,在《本草纲目》和《中华人民共和国药典》中都有记载,它具有镇惊安神、养阴熄风、清热解毒、养颜美容、明目祛翳、收敛生肌等功效^[6]。现代的研究表明珍珠的主要成分为碳酸钙,约占珍珠质量的95%,其次为门冬氨酸、苏氨酸、丝氨酸等17种氨基酸构成的有机物和硒、铁、镁等30多种微量元素以及牛磺酸、维生素、肽类等成分^[7]。由于珍珠的药用价值,吉祖宏^[8]、丁前胜等^[9]将珍珠水解,然后将水解液勾兑到成品黄酒中,发现珍珠黄酒氨基酸含量和种类比普通黄酒高,叶永旭等^[10]用珍珠水解液勾兑的珍珠保健酒具有提高机体免疫力的功效,杨燕红^[11]也将珍珠水解液勾兑到黄酒中调制江西万年珍珠酒。珍珠是珠母贝等双壳类软体动物生物矿化的产物,直接水解其有效成分溶出较少,采用勾兑的方式直接添加到黄酒中会对黄酒的口感产生一定影响。黄酒的酿造中不同的酿造工艺对黄酒的品质影响很大,在适宜的条件下添加外源物质与黄酒共同发酵成为酿制特型黄酒的趋势^[12],然而将珍珠粉与黄酒共同发酵这种酿造工艺未见报道;另外珍珠中含有大量的钙,这些钙使得珍珠黄酒具有补钙作用,然而这些钙进入发酵酒液中是否会对发酵产生影响进

而影响黄酒的品质也未见报道。因此,本研究通过在黄酒酿造过程中添加一定量的珍珠粉后共同发酵,并对酿制的珍珠黄酒品质及抗氧化活性进行研究,可为开发具有保健功能的黄酒提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 实验材料

酒曲,购自雅大科技实业有限公司;珍珠粉,购自浙江诸暨华泰药业有限公司;糯米,购自中粮集团有限公司;SPF(Specific Pathogen Free)级ICR(Institute of Cancer Research)小鼠:23±2 g雌雄各半,购自浙江省医学科学院实验动物中心,许可证号SCXK(浙)2019-0002;超氧化物歧化酶(Superoxide dismutase, SOD)、丙二醛(Malondialdehyde, MDA)试剂盒,购自南京建成生物工程研究所。

1.2 实验方法

1.2.1 珍珠黄酒的酿造工艺

黄酒酿造过程由国家黄酒工程技术研究中心完成。发酵15 d时,随机选取15坛黄酒分成低、中、高三个剂量组,每组五坛。控制珍珠粉的终浓度分别为2 g/L、4 g/L和8 g/L,另取5坛不加珍珠粉作为空白对照组。添加珍珠粉时,每坛取100 mL酒醪溶解珍珠粉,待珍珠粉与酒液的混合物无气泡生成时再加入黄酒坛中,继续发酵30 d。

1.2.2 珍珠黄酒品质的检测

根据《中华人民共和国黄酒国家标准》对酿制的黄酒总糖、非糖固形物、酒精度、酸度、氨基酸态氮和钙进行测量,同时从色泽、澄清度、香气、口味等4个方面进行感官评分^[13],满分为100分,感官质量评价标准如表1所示。

表1 珍珠黄酒感官质量评价表

Table 1 Sensory quality evaluation of pearl powder with different concentrations on the quality of yellow rice wine

项目	评分标准	得分
色泽 (10分)	偏红,色泽均匀,透亮明快	6~10
	酒色浅红不够透亮	0~5
澄清度 (15分)	无分层、杂质,清亮透明	11~15
	有少量杂质、沉淀,稍浑浊	0~10
香气 (35分)	香气和谐纯正,无异味	31~35
	香气较淡,无酸气	21~30
	香气不明显,酸气浓,酒气浓,有异味	0~20
口味 (40分)	酒味甜味协调,柔和爽口,具有糯米酒的典型风格	36~40
	酒体丰满,酒味甜味较协调	31~35
	酒体淡薄,酒味不足,过甜或过酸,有异味	0~30

1.2.3 珍珠黄酒自由基清除率的测定

1.2.3.1 超氧阴离子自由基清除率的测定

反应体系中依次加入 50 mmol/L 的 Tris-HCl 缓冲液 (pH 8.2) 5 mL, 样品溶液 0.2 mL, 混匀, 25 °C 水浴 20 min 后, 加入 25 °C 预热的 6 mmol/L 邻苯三酚溶液 0.2 mL, 混匀反应 4 min, 滴入 2 滴浓盐酸终止反应, 在 320 nm 波长下测定吸光度值为 A_1 , A_2 为将邻苯三酚用等体积的蒸馏水代替, 测定的吸光度值; A_0 为将样品溶液用等体积的蒸馏水代替, 测定的吸光度值^[14]。超氧阴离子清除率按以下公式计算:

$$\text{超氧阴离子清除率 (\%)} = \{A_0 - (A_1 - A_2)\} / A_0 \times 100\%$$

1.2.3.2 羟基自由基清除率的测定

分别向反应体系中加入 9 mmol/L FeSO₄ 1 mL, 9 mmol/L 水杨酸-乙醇溶液 1 mL, 然后加入酒样 1 mL, 最后加入 8.8 mmol/L H₂O₂ 1 mL, 混合均匀后 37 °C 水浴中反应 30 min, 在 510 nm 波长下测其吸光度值 A_1 , 同时用蒸馏水代替样品和 H₂O₂, 分别测定吸光度值 A_0 和 A_2 ^[15]。

羟基自由基清除率按以下公式计算:

$$\text{羟基自由基清除率 (\%)} = \{A_0 - (A_1 - A_2)\} / A_0 \times 100\%$$

1.2.4 小鼠血清、肝组织中 SOD 酶和 MDA 酶的测定

取 30 只 ICR 小鼠随机分成 3 组, 按 5 mL/kg 的剂量, 一组每天灌胃生理盐水作为空白组、一组每天灌胃市售黄酒作为黄酒对照组、一组每天灌胃珍珠黄酒, 连续 30 d 后, 采用乙醚法麻醉小鼠, 眼眶取血, 4000 r/min 离心 10 min, 取上清液按照试剂盒内的方法测定血清中 SOD、MDA 酶的含量。取小鼠肝组织 0.5 mg 剪碎, 加入 9 倍体积的冷生理盐水进行匀浆, 取匀浆液按照试剂盒的方法测定肝组织中 SOD、MDA 酶的含量, 同时选取普通黄酒作为阳性对照。

1.3 数据分析

数据采用 SPSS 18.0 软件进行统计分析, 结果用 Mean±SD 表示。ANOVA 单因素方差分析评估两组之间的差异, $p < 0.05$ 表示差异显著。

2 结果与分析

2.1 添加不同浓度珍珠粉对黄酒品质的影响

酒精度、总糖、总酸是构成黄酒风味的最基本物质。如图 2 所示: 本研究酿制的珍珠黄酒, 高剂量组酒精度最高, 为 15.17%, 其次为珍珠黄酒中剂量组, 为 13.37%, 两组珍珠黄酒的酒精度均高于空白黄酒组 ($p < 0.01$), 珍珠黄酒低剂量组的酒精度为 12.33%,

与空白黄酒组无显著差异; 对于酒中的总糖, 珍珠黄酒高剂量组的总糖含量最高, 极显著高于空白黄酒组 ($p < 0.01$); 同时珍珠黄酒高剂量组总酸含量最低, 为 2.04 g/L, 珍珠黄酒中剂量组的总酸含量稍高为 3.12 g/L, 与空白酒相比差异极显著 ($p < 0.01$), 珍珠黄酒低剂量组总酸含量最高, 为 6.16 g/L, 与空白组相比差异不显著 ($p > 0.05$)。

对于非糖固形物和钙离子含量, 珍珠黄酒三个剂量组中的非糖固形物和钙离子含量均高于空白酒 ($p < 0.01$), 且珍珠黄酒高剂量组中非糖固形物和钙离子含量最高, 分别为 34.67 g/L 和 0.98 g/L; 另外珍珠黄酒高剂量组、中剂量组中的氨基酸态氮分别为 0.95 g/L 和 0.72 g/L, 也极显著高于空白黄酒 ($p < 0.01$) (表 2)。

根据感官评价指标发现: 随着珍珠粉添加剂量的增加, 珍珠黄酒口感更加柔和浓厚、香气更为浓郁、口感更加协调, 色泽也更加均匀、清澈明快, 体现了糯黄酒的典型风格。

吉祖宏^[8]酿制的珍珠黄酒, 酒中的钙含量为 0.21 g/L, 叶永旭等^[10]酿制珍珠黄酒, 酒中的钙含量为 0.90 g/L、氨基酸含量为 0.50 g/L, 而本研究酿制的珍珠黄酒高剂量组中钙含量为 0.98 g/L、氨基酸态氮为 0.95 g/L, 均高于吉祖宏和叶永旭酿制的黄酒。这主要是由于吉祖宏、叶永旭等酿制的珍珠黄酒只是将珍珠粉水解后, 直接添加到黄酒中, 这种工艺只是将珍珠粉勾兑到黄酒中, 而本次实验是将珍珠粉在黄酒发酵 15 d 时加入, 与黄酒共同发酵。研究表明不同的酿制工艺对黄酒的影响很大^[16], 黄酒在酿制过程中, 前期主要以酒曲中真菌的生长繁殖产生糖化酶, 分解淀粉变为糖为主。加曲 3 d 后酵母菌开始大量繁殖, 利用糖合成酒精。一般发酵 14 d 后酵母菌会老化, 并且酒中的酒精度较高, 此时加入珍珠粉既可以抑制外源物质带入的微生物对酒体发酵的影响, 同时珍珠粉中钙离子的添加会活化酵母菌等微生物^[17], 使发酵更为完全。本研究也发现珍珠粉的添加能够提高黄酒的酒精含量和总糖含量, 珍珠粉添加剂量与黄酒中的酒精含量和总糖含量呈正相关, 当珍珠粉的添加剂量为 8 g/L 时, 珍珠黄酒的酒精含量和总糖含量最高, 分别为 15.17% 和 8.93 g/L, 均显著高于空白黄酒 ($p < 0.05$)。酒中总糖含量对酒的风味调节起到很重要的作用, 糖可以使酒口感更为厚重、饱满。同时黄酒还要有适宜的酸度, “无酸不成酒”, 适宜的酸会增加酒的口感, 但过量的酸度会影响酒的品质, 使酒体散发不和谐的气味, 增加黄酒的刺激性, 由表 2 可以看出, 珍珠黄酒中、高剂量组酒体总酸含量较低, 分别为 3.12 g/L 和 2.04

g/L, 极显著性低于空白黄酒的总酸含量 ($p<0.01$), 这说明珍珠粉的添加能够降低黄酒的酸度, 减少黄酒的刺激性。

同时本研究发现, 添加珍珠粉后黄酒中的非糖固形物和氨基酸态氮都升高, 本研究酿制的珍珠黄酒高剂量组中氨基酸态氮含量为 0.95 g/L, 高于叶永旭等^[9]酿制的珍珠黄酒中的氨基酸含量。非糖固形物中含有糊精、蛋白质及其分解物等, 是酒味的重要组成成分, 氨基酸态氮很大程度上决定了酒味的好坏, 研究表明同一类型酒中非糖固形物和氨基酸态氮的含量越高, 酒的口味就越好^[18]。从表 2 可以看出, 珍珠黄酒高剂量组的非糖固形物和氨基酸态氮的含量最高, 分别为 34.67 g/L 和 0.95 g/L, 其次为珍珠黄酒中剂量组, 与空白黄酒相比都呈极显著性差异 ($p<0.01$), 这说明珍珠粉的添加能够使酒发酵更完全, 酒中风味物质更多, 香气更足。感官评价也发现珍珠黄酒的色泽更加均一、

清亮, 更加具有黄酒纯正的香气, 口感更加协调、醇厚, 这与于磊娟等^[19]酿制松针枸杞黄酒、徐晶晶等^[20]酿制首乌地黄酒的结果相一致。

珍珠粉的主要成分为碳酸钙, 碳酸钙在酒液中酸的作用下分解为钙离子, 钙离子不仅能够促进微生物的生长繁殖, 使酒发酵更加完全, 同时钙是人体含量最多的矿物质, 人体一旦缺钙就会影响骨骼的发育和结构, 成年人的钙吸收率仅有 20%~40%, 而老年人的钙吸收率则会更低。珍珠粉中的钙是贝类等生物矿化的产物、是一种有机钙, 在黄酒中添加珍珠粉, 共同发酵, 在微生物的作用下珍珠粉分解为钙离子, 这种钙更容易被机体吸收。添加珍珠粉后的珍珠黄酒由与空白黄酒相比, 钙离子含量均极显著高于空白黄酒 ($p<0.01$), 这说明珍珠黄酒确实具有一定的补钙作用, 且珍珠黄酒中的钙离子含量符合国家质量标准对酒中钙离子含量的要求。

表 2 添加不同浓度珍珠粉对黄酒品质的影响

Table 2 Effects of pearl powder with different concentrations on the quality of Yellow Rice Wine

	空白	低剂量组(2 g/L)	中剂量组(4 g/L)	高剂量组(8 g/L)
酒精度/(20 °C % vol)	11.17±0.15	12.33±0.21	13.37±0.38**	15.17±1.19**
总糖/(g/L)	8.17±0.15	8.03±0.25	8.47±0.21	8.93±0.35**
总酸/(g/L)	6.20±0.82	6.16±1.67	3.12±0.70**	2.04±0.17**
非糖固形物/(g/L)	23.83±1.43	27.30±0.77**	32.31±0.56**	34.67±0.57**
氨基酸态氮/(g/L)	0.42±0.06	0.46±0.09	0.72±0.06**	0.95±0.08**
钙离子/(g/L)	0.04±0.02	0.47±0.05**	0.67±0.04**	0.98±0.03**
感官评价/分	86	89	94	96

注: *表示 $p<0.05$, **表示 $p<0.01$ 。

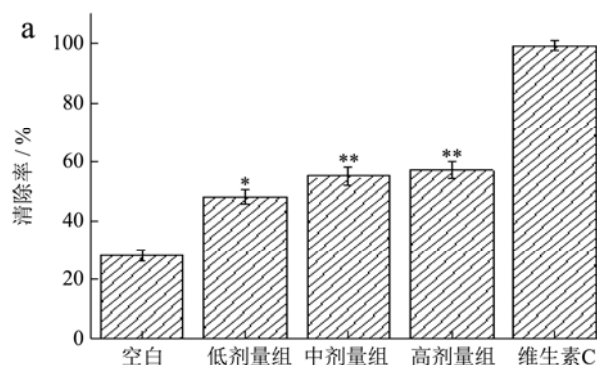
2.2 珍珠黄酒的抗氧化活性测定结果

2.2.1 超氧阴离子和羟基自由基清除能力的测定结果

如图 1 所示, 三种珍珠黄酒对自由基均有清除作用, 其中珍珠黄酒中剂量组对超氧阴离子的清除率较强, 为 55.19%, 高剂量组对超氧阴离子的清除率最强, 为 57.54%, 极显著高于空白黄酒组 ($p<0.01$) (图 1a); 对羟基自由基清除率最高的是高剂量组, 为 66.18%, 其次是中剂量组和低剂量组, 清除率分别是 55.47% 和 53.65%, 与空白组相比均呈极显著性差异 ($p<0.01$) (图 1b)。

生物体在代谢的过程中会产生活性氧自由基, 如超氧阴离子和羟基自由基, 它们在体内会导致 DNA、蛋白质和脂质的氧化损伤^[21,22], 具有一定的毒性。随着年龄的增长, 机体自身清除自由基的能力逐渐下降, 所以会造成机体的衰老, 因此, 具有清除自由基的物

质在一定程度上可以促进机体健康。本研究发现, 添加珍珠粉后酿制的黄酒, 对超氧阴离子具有较好的清除率, 中、高剂量组显著高于空白黄酒的清除率 ($p<0.05$, $p<0.01$); 对于羟基自由基清除率中、高剂量组也极显著高于空白黄酒的清除率 ($p<0.01$)。这说明珍珠黄酒具有良好的体外抗氧化作用, 具有潜在的保健功能。



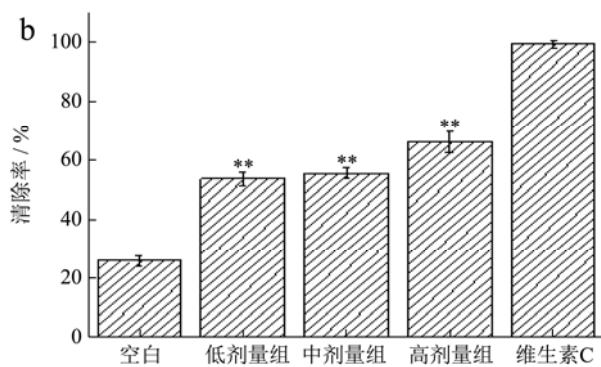


图1 超氧阴离子和羟基自由基清除率

Fig.1 Scavenging rate of superoxide anion and hydroxyl free radicals

注: 与空白对照组比, * $p<0.05$, ** $p<0.01$; a: 超氧阴离子自由基清除率; b: 羟基自由基清除率。

2.2.2 珍珠黄酒对小鼠的抗氧化活性结果

如表3所示: 与对照组和普通黄酒组相比, 珍珠黄酒组小鼠血清及肝组织中的 SOD 酶活力分别为 148.89 U/mg 和 139.02 U/mg, 高于空白对照组和普通黄酒组, 差异显著 ($p<0.01$, $p<0.05$); 同时珍珠黄酒组小鼠血清及肝组织中的 MDA 含量分别为 2.03 U/mg 和 1.13 U/mg, 低于空白对照组和普通黄酒组, 差异显著 ($p<0.01$, $p<0.05$)。

人类机体所处的环境复杂, 体内不断产生自由基, 特别在病理过程中。SOD 是机体内清除自由基重要的

抗氧化酶, 其活力间接反映机体清除自由基的能力, SOD 对于人体抗氧化、抗衰老具有一定的作用。随着年龄增长, 人体内 SOD 酶的活力会下降, 出现一些衰老的症状; MDA 是氧自由基损伤组织或细胞脂质过氧化导致的代谢产物, 其含量间接反映机体受自由基攻击的严重程度, MDA 的含量越低, 表明机体越健康^[23,24]。本研究酿制的珍珠黄酒体内抗氧化结果表明, 珍珠黄酒能增强小鼠血清和肝组织 SOD 酶的活性 ($p<0.01$, $p<0.05$), 降低 MDA 的含量 ($p<0.01$, $p<0.05$), 这说明本研究酿制的珍珠黄酒在增加机体抗氧化能力, 降低机体氧化损伤方面优于空白对照组和普通黄酒组。

米、豆类在发酵的过程中会产生小分子多肽、酚类、游离氨基酸等, 研究表明分子量低于 3000 u 的多肽、脯氨酸、丝氨酸、苏氨酸、酪氨酸等对提高 ABTS 自由基清除活性、DPPH 自由基清除活性等起重要作用^[25], 这些成分具有抗氧化、抗衰老、保持健康的作用。黄酒中也含有小分子多肽, 多酚等物质, 本研究酿制的黄酒添加珍珠粉后, 体外增加了对超氧阴离子和羟基自由基的清除率, 体内提高了小鼠体内 SOD 酶活力, 降低 MDA 含量, 珍珠粉的添加引起黄酒中何种成分的改变, 进而提高了珍珠黄酒的抗氧化活性还有待于进一步研究。

表3 小鼠血清和肝组织中 SOD 和 MDA 酶活力

Table 3 Activities of SOD and MDA enzymes in serum and liver tissues of mice

实验分组	血清 SOD/(U/mL)	肝组织 SOD/(U/mg)	血清 MDA/(nmol/mL)	肝组织 MDA/(nmol/mg)
空白对照组	133.10±5.00	124.64±6.30	3.09±0.22	1.48±0.11
普通黄酒	141.80±5.15	132.68±4.48	2.57±0.25	1.26±0.16
珍珠黄酒 (8 g/L)	148.89±4.72**	139.02±6.48*	2.03±0.46**	1.13±0.09*

注: *表示 $p<0.05$, **表示 $p<0.01$ 。

3 结论

本研究以黄酒为基酒, 在发酵 15 d 时加入珍珠粉共同发酵, 制备珍珠黄酒。对发酵后的珍珠黄酒品质和抗氧化功能进行评价。结果显示, 酿制的珍珠黄酒在酒精度、总糖、非糖固形物、氨基酸态氮、钙离子含量等方面与珍珠粉添加剂量呈正相关, 当珍珠粉的添加剂量为 8 g/L 时, 珍珠黄酒中酒精度、总糖、非糖固形物、氨基酸态氮、钙离子含量均极显著高于空白黄酒组 ($p<0.01$); 同时珍珠粉的添加能够降低黄酒的酸度, 当珍珠粉的添加剂量为 8 g/L 时, 珍珠黄酒的总酸含量最低, 为 2.04 g/L, 显著低于空白黄酒组 ($p<0.01$)。酿制的珍珠黄酒高剂量组口感、色泽俱佳, 并且具有良好的抗氧化活性, 能显著增强超氧阴离子

自由基和羟基自由基的清除率, 显著增强小鼠血清及肝组织中 SOD 酶活力 ($p<0.05$, $p<0.01$), 显著降低血清和肝组织中 MDA 含量 ($p<0.05$, $p<0.01$)。本研究采用珍珠粉与黄酒共同发酵的工艺, 在黄酒酿造过程中添加 8 g/L 珍珠粉可显著改善黄酒的品质, 提高其抗氧化功能, 该珍珠黄酒具有保健功能。

参考文献

- [1] 傅建伟. 黄帝内经与黄酒养生[J]. 食品与发酵工业, 2019, 1: 25-37
FU Jian-wei. Huangdi's internal classic and rice wine regimen [J]. Food and Fermentation Industry, 2019, 1: 25-37
- [2] 倪莉, 吕旭聪, 黄志清, 等. 黄酒的生理功效及其生理活性物质研究进展[J]. 中国食品学报, 2012, 3: 1-7

- NI Li, LYU Xu-cong, HUANG Zhi-qing, et al. A review of physiological functions and bioactives of rice wine [J]. Journal of Chinese Institute of Food Science and Technology, 2012, 3: 1-7
- [3] 王丽媛,秦文,李岩,等.黄酒对便秘模型小鼠通便及肠道菌群的影响[J].中国酿造,2018,37(11):42-45
WANG Li-yuan, QIN Wen, LI Yan, et al. Effects of huangjiu on defaecation and intestinal flora in constipated model mice [J]. China Brewing, 2018, 37(11): 42-45
- [4] 陈丽玲,陈劲,何冬萍,等.金银花黄酒制备工艺及产品稳定性和抗氧化活性研究[J].酿酒科技,2016,12:47-51
CHEN Li-ling, CHEN He, HE Dong-ping, et al. Production of honeysuckle yellow rice wine and study on its stability and anti-oxidation properties [J]. Liquor-Making Science & Technology, 2016, 12: 47-51
- [5] 奕水明,谢琳,周燕,等.六味养生黄酒的研发[J].酿酒,2016,6: 102-104
YI Shui-ming, XIE Lin, ZHOU Yan, et al. Research on liuweishi health rice wine [J]. Liquor Making, 2016, 6: 102-104
- [6] 国家药典委员会.中华人民共和国药典(2010)[M].北京:中国医药科技出版社,2010
National Pharmacopoeia Committee. Pharmacopoeia of the people's Republic of China (2010) [M]. Beijing: China Medical Science and Technology Association, 2010
- [7] GU Zhi-feng, HUANG Feng-shao, WANG Hai, et al. Contribution of donor and host oysters to the cultured pearl colour in *Pinctada martensii* [J]. Aquaculture Research, 2014, 45(7): 1126-1132
- [8] 吉祖宏.珍珠女宾酒的研制[J].食品工业,1995,3:40-41
JI Zu-hong. Development of pearl wine [J]. Food Industry, 1995, 3: 40-41
- [9] 丁前胜,郭永红.红曲珍珠保健酒的研制[J].酿酒科技,1994, 6:87-89
DING Qian-sheng, GUO Yong-hong. Development of hongqu pearl health wine [J]. Liquor-Making Science, 1994, 6: 87-89
- [10] 叶永旭,朱建如.浅述珍珠保健酒的研制[J].酿酒科技,1998, 3:76-77
YE Yong-xu, ZHU Jian-ru. Development of pearl health wine [J]. Liquor-Making Science & Technology, 1998, 3: 76-77
- [11] 杨燕红.江西万年珍珠酒的制作工艺[J].四川食品与发酵, 1998,4:43-44
YANG Yan-hong. The production technology of jiangxi wannian pearl wine [J]. Sichua Food and Fermentation, 1998, 4: 43-44
- [12] Zhao Xin-Rui, Zou Hui-Jun, Du Guo-Cheng, et al. Effects of nitrogen catabolite repression-related amino acids on the flavour of rice wine [J]. Journal of the Institute of Brewing, 2015, 121(4): 581-588
- [13] 中华人民共和国国家标准[S].黄酒.GBT 13662-2008
National standard of the people's Republic of China [S]. Rice Wine, GBT 13662-2008
- [14] Li Qian, Wang Wei, Zhu Yun, et al. Structural elucidation and antioxidant activity a novel se-polysaccharide from se-enriched *Grifola frondosa* [J]. Carbohydrate Polymers, 2017, 161: 42-52
- [15] Liu Meng, Min Lian, Chen Zhu, et al. Preparation, characterization and antioxidant activity of silk peptides grafted carboxymethyl chitosan [J]. International Journal of Biological Macromolecules, 2017, 104: 732-738
- [16] Jiao Ai-Quan, Xu Xue-Ming, Jin Zheng-yu. Research progress on the brewing techniques of new-type rice wine [J]. Food Chemistry, 2017, 215: 508-515
- [17] 许艳俊,李静媛.pH 和 Ca^{2+} 协同作用对酵母代谢及细胞膜功能的影响[J].生物技术通报,2018,34(3):208-216
XU Yan-jun, LI Jing-yuan. Synergetic effects of pH and Ca^{2+} on yeast metabolism and cell membrane function [J]. Biotechnology Bulletin, 2018, 34(3): 208-216
- [18] Shen Fei, Ying Yu-Bin, Lou Bo-Bin, et al. Multivariate classification of rice wines according to ageing time and brand based on amino acid profiles [J]. Food Chemistry, 2011, 129(2): 565-569
- [19] 于磊娟,韩娜娜,史晓华.一种松针枸杞黄酒制备方法的研究[J].食品工业,2019,1:27-31
YU Lei-juan, HAN Na-na, SHI Xiao-hua. A study on the preparation method of rice wine with pine [J]. The Food Industry, 2019, 1: 27-31
- [20] 徐晶晶,张可擎,林丽珍,等.首乌地黄酒制备工艺的优化[J].酿酒科技,2019,296(2):101-104
XU Jing-jing, ZHANG Ke-qing, LIN Li-zhen, et al. Optimization of the production of fallopia multiflora & rehmannia glutinosa liqueur [J]. Liquor-Making Science & Technology, 2019, 296(2): 101-104
- [21] SUN Jian-hua, WANG Heng, LIU Bei, et al. Rutin attenuates H_2O_2 -induced oxidation damage and apoptosis in leydig cells by activating PI3K/Akt signal pathways [J]. Biomedicine & Pharmacotherapy, 2017, 88: 500-506

(下转第 263 页)