

doi:10.3969/j.issn.2095-6002.2017.02.010

文章编号:2095-6002(2017)02-0065-05

引用格式:姬妍茹,杨庆丽,刘宇峰,等.黑蒜蓝莓酒抗氧化能力及活性成分研究[J].食品科学技术学报,2017,35(2):65-69.



Ji Yanru, YANG Qingli, LIU Yufeng, et al. Study on antioxidant activity and active ingredients of black garlic blueberry wine[J]. Journal of Food Science and Technology, 2017,35(2):65-69.

黑蒜蓝莓酒抗氧化能力及活性成分研究

姬妍茹¹, 杨庆丽¹, 刘宇峰¹, 谭晓龙², 董艳¹, 张正海¹,
高媛¹, 魏连会¹

(1. 黑龙江省科学院大庆分院, 黑龙江 大庆 163319;

2. 大兴安岭冰莓庄园生物科技发展有限公司, 黑龙江 漠河 165302)

摘要:检测了3种配方黑蒜蓝莓酒的总酚、总黄酮和花色苷含量,并且测定了黑蒜蓝莓酒对羟基自由基、DPPH自由基、超氧阴离子的清除能力以及对LPO的抑制率。结果表明,3种配方黑蒜蓝莓酒中,配方2总酚及总黄酮含量最高,分别为356.8 mg/L和84.5 mg/L;配方1花色苷含量最高,为9.72 mg/L。3种配方的黑蒜蓝莓酒对于3种自由基的清除能力基本与其多酚含量呈正相关。配方2对DPPH自由基和超氧阴离子的清除率最好,分别为95.32%和96.24%;配方1对羟基自由基、DPPH自由基清除能力最好,分别为79.79%和97.93%;原酒对DPPH自由基、超氧阴离子和羟基自由基的清除率分别为96.92%,72.06%和79.55%;3种配方黑蒜蓝莓酒对脂质过氧化的抑制能力与总黄酮和花色苷含量有极显著相关性,配方2的抑制率为81.31%,原酒为89.95%;配方1和配方2可作为黑蒜蓝莓酒的2个基础配方加以改进。

关键词:黑蒜蓝莓酒;总酚;总黄酮;花色苷;体外抗氧化活性

中图分类号:TS262.7

文献标志码:A

蓝莓(*Vaccinium corymbosum* L.)被誉为“浆果之王”,富含酚酸、原花青素、花色苷、黄酮醇等物质,具有抗氧化、增强免疫力、保护视力、预防肿瘤和延缓衰老等功能^[1]。蓝莓不耐贮藏,加工成果酒后不仅易于保存,而且氨基酸和硒等营养素更加利于人体吸收,蓝莓果酒被称为“液体黄金”^[2]。黑蒜是由新鲜生蒜发酵制成的保健食品。与生蒜相比,黑蒜的多酚含量明显提高,而且增加了类黑精成分,抗氧化能力得到极大提升。同时黑蒜还具有预防肿瘤、调节血糖、保护肝脏、抑菌消炎和增强免疫力等功能^[3]。

果酒是低度含醇饮料,丰富的口感和极好的抗氧化活性是优于白酒的关键所在,而这些都得益于

其富含的酚类化合物。Sakuramoto等^[4]研究表明葡萄酒的抗氧化活性与花色素、黄酮醇和酚酸等多酚化合物含量呈正相关,多酚含量越高,其抗氧化活性越强。刘玉田等^[1]研究显示蓝莓干红的总酚含量与其抗氧化性呈显著正相关,蓝莓干红总酚含量远高于其他干红。随着人们健康理念的增强,对果酒的保健功效要求越来越高。科研人员开始尝试将“药食同源”的植物与水果结合酿造或者配制出抗氧化和清除自由基能力更强的新型低醇饮品,以满足消费者的需求。王允祥^[5]采用酶法将人参和葡萄混合酿造获得人参葡萄保健酒,孙丽娟等^[6]将马齿苋汁加入到蓝莓中酿造获得营养价值极高的马齿苋蓝莓酒,这些都是对复合型果酒研发方面的有益

收稿日期:2016-10-26

基金项目:黑龙江省科学院科学研究基金项目(HKY201608)。

作者简介:姬妍茹,女,副研究员,主要从事食品生物技术方面的研究。

尝试。

本文以黑蒜汁为主要原料,研制了3种配方的黑蒜蓝莓酒,并对3种配方黑蒜蓝莓酒的体外抗氧化活性,总酚、总黄酮及花色苷含量进行检测分析,为新型黑蒜蓝莓酒的推出提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

黑蒜是以山东独头大蒜为原料,利用黑龙江省科学院大庆分院自主研发的设备加工而成;黑蒜汁是以黑蒜为原料采用中草药煮制方法制备而成,黑蒜含量为1.0 g/mL。蓝莓干红、蓝莓甜酒和蓝莓白兰地均由大兴安岭冰莓庄园生物科技发展有限公司提供;紫苏叶和苜蓿采自黑龙江大庆市星火牧场;艾蒿、甘草、龙胆、柠檬皮购自大庆市福瑞邦药店。

配方1黑蒜蓝莓酒的制作方法如下:将干制后的艾蒿(10.0 g)、紫苏叶(12.0 g)、苜蓿(7.0 g)、甘草(3.0 g)、龙胆(3.0 g)分别打碎混合后用体积分数为50%的食用酒精超声提取2次,每次用量为500 mL。过滤合并滤液,加入30 g干制柠檬皮粉,浸提5~10天,旋转蒸发除去酒精后用蓝莓白兰地定容至500 mL,制成香料酒。蓝莓干红原酒330 mL,加入黑蒜汁7.6 mL,香料酒28.0 mL,白砂糖25.0 g,加蓝莓白兰地约185 mL调整酒度至11%,密封放置2个月以上,虹吸上清液即可。配方2以蓝莓甜酒为基酒按照体积比为17%的比例加入黑蒜汁,用蓝莓白兰地调整酒度至5%,密封放置2个月以上,虹吸上清液即可。配方3以蓝莓干红为基酒,按照体积比15%比例加入黑蒜汁,用蓝莓白兰地调整酒度至10%,密封放置2个月以上,虹吸上清液即可。以蓝莓干红原酒(以下简称“原酒”)和维生素C(vitamin C, VC)作为对照。

芦丁标准品购自上海圻明生物科技有限公司;福林酚购自天津市光复精细化工研究所;没食子酸、DPPH(1,1-二苯基-2-三硝基苯肼)、三氯乙酸、水杨酸、亚硝酸钠、硝酸铝、氢氧化钠、邻苯三酚、硫代巴比妥酸、硫酸亚铁、盐酸、氯化钾、醋酸钠、冰醋酸、磷酸二氢钾、磷酸氢二钾、VC、体积分数为95%的乙醇等试剂均为国产分析纯。

HH-1型数显恒温水浴锅,金坛市盛蓝仪器制造有限公司;BCD-215T BDZ型冰箱,青岛海尔股份

有限公司;KQ3200型超声波清洗仪,昆山市超声仪器有限公司;UV-759型紫外可见分光光度计,上海精密科学食品有限公司;FE20-Five Easy Plus型PH计,德国梅特勒公司;电子分析天平,梅特勒托利多食品(上海)有限公司;HC-2518R型冷冻高速离心机,杭州华创科学器材有限公司;R201型旋转蒸发器,上海申胜生物技术有限公司。

1.2 实验方法

1.2.1 总花色苷含量测定

不同黑蒜蓝莓酒中总花色苷的含量测定参照文献[7]的pH值示差法。

1.2.2 总黄酮含量测定

采用硝酸铝显色法测不同黑蒜蓝莓酒中的总黄酮含量^[8],以芦丁为标准品制作标准曲线,得到回归方程为 $y = 1.053x + 0.018$, $R^2 = 0.993$,样品中的总黄酮以芦丁的含量表示,单位 mg/L。

1.2.3 总多酚含量测定

采用福林酚法测定不同黑蒜蓝莓酒中的总多酚含量^[9],以没食子酸为标准品制作标准曲线,得到回归方程为 $y = 0.009x + 0.022$, $R^2 = 0.998$,样品中的多酚以没食子酸的含量表示,单位 mg/L。

1.2.4 对羟基自由基清除作用的测定

参照Smirnof等^[10]方法,吸取1.0 mL样品于刻度试管中,加入1.0 mL 10 mmol/L的 FeSO_4 ,再加入1.0 mL 10 mmol/L的水杨酸-乙醇溶液,最后加入1.0 mL 8.8 mmol/L的 H_2O_2 启动反应。37℃反应30 min,以蒸馏水作参比,测定不同样品在510 nm下的吸光值。以1.0 mg/mL的VC为阳性对照。

1.2.5 对DPPH自由基清除作用的测定

参照高海宁等^[11]方法,将参试样品分别稀释10倍后,吸取1.0 mL样品于刻度试管中,用无水乙醇补至2.0 mL,加入0.2 mmol/L的DPPH 2.0 mL,混匀后在室温下避光反应30 min,515 nm下测吸光值,空白组以等体积无水乙醇代替DPPH溶液,对照组以等体积蒸馏水代替样品,并以等体积蒸馏水和无水乙醇混合液为参比液,以0.04 mg/mL的VC为阳性对照。

1.2.6 对超氧阴离子清除作用的测定

参照Li等^[12]方法,吸取4.50 mL pH值8.2的50 mmol/L Tris-HCl缓冲液,3.30 mL蒸馏水,混匀后25℃水浴中恒温20 min,取出后立即加入不同的黑蒜蓝莓酒样品各1.00 mL,加入25℃水浴中预热的3.0 mmol/L的邻苯三酚溶液0.30 mL,迅速摇匀

后倒入比色皿中。在 320 nm 下,每隔 0.5 min 测量一次吸光值,计算线性范围内每分钟吸光度的增加,计算清除率。空白管用 10 mmol/L HCl 代替邻苯三酚的 HCl 溶液,以 0.2 mg/mL 和 0.5 mg/mL 的 VC 溶液为阳性对照。

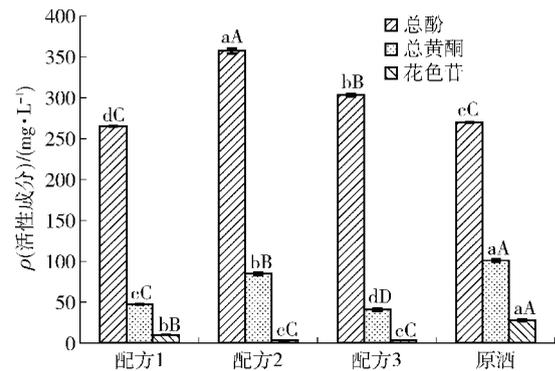
1.2.7 对 Fe^{2+} 诱发卵黄脂蛋白 PUFA 体系中脂质过氧化物的测定

参照高海宁等^[11]方法,从冰箱中取出已制备好的鸡蛋黄与 pH 值 7.4 磷酸盐缓冲液制成的质量分数为 3.85% 的鸡蛋黄悬液,0.4 mL 于刻度试管中,分别加入 3 种不同配方的黑蒜蓝莓酒样品,加入 0.4 mL 25 mmol/L 的 $FeSO_4$ 溶液,用 pH 值 7.4 的 0.1 mol/L PBS 补至 4.0 mL,37 °C 振荡 15 min,取出后再加入 1.0 mL 20% 三氯乙酸和 2.0 mL 硫代巴比妥酸,封口,沸水浴中煮沸 15 min 后冷却,5 000 r/min 离心 10 min,上清液在 532 nm 处测定吸光值。以 0.5 mg/mL 和 1.0 mg/mL 的 VC 溶液为阳性对照。

2 结果与分析

2.1 不同配方黑蒜蓝莓酒活性成分含量比较

对 3 种不同配方黑蒜蓝莓酒中总酚、总黄酮、花色苷的含量进行测定,结果见图 1。



小写字母不同为差异显著 ($p < 0.05$), 大写字母不同为差异极显著 ($p < 0.01$), 字母相同为差异不显著 ($p > 0.05$)。

图 1 不同配方黑蒜蓝莓酒活性成分含量比较

Fig. 1 Contents of active components of different black garlic blueberry wines

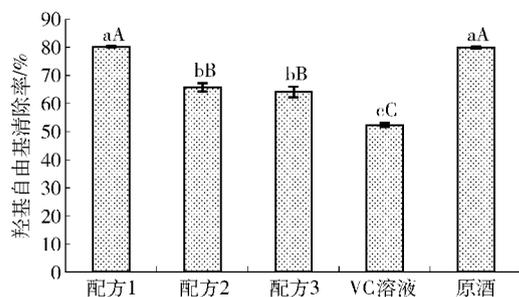
由图 1 可知,不同配方黑蒜蓝莓酒总酚含量由大到小顺序为:配方 2 (356.8 mg/L)、配方 3 (302.6 mg/L)、原酒 (269.62 mg/L)、配方 1 (264.8 mg/L), 其中配方 2 的总酚含量最高,是原酒的 1.33 倍。总黄酮含量由大到小的顺序为:原酒 (100.85 mg/L)、配方 2 (84.5 mg/L)、配方 1 (47.49 mg/L)、配方 3

(40.58 mg/L), 3 种黑蒜蓝莓酒中配方 2 的总黄酮含量最高,分别为配方 1 和配方 2 的 1.78 倍和 2.08 倍,但是 3 者的总黄酮含量均低于原酒 ($p < 0.01$)。花色苷含量由大到小的顺序为:原酒 (27.79 mg/L)、配方 1 (9.72 mg/L)、配方 2 (3.17 mg/L)、配方 3 (2.79 mg/L), 其中配方 1 的花色苷含量最高,分别为配方 2 和配方 3 的 3.07 倍和 3.48 倍,但是 3 者的花色苷含量均低于原酒 ($p < 0.01$)。

2.2 不同配方黑蒜蓝莓酒体外抗氧化活性比较

2.2.1 对羟基自由基清除能力比较

对 3 种不同配方黑蒜蓝莓酒进行羟基自由基清除能力测定,结果见图 2。



小写字母不同为差异显著 ($p < 0.05$), 大写字母不同为差异极显著 ($p < 0.01$), 字母相同为差异不显著 ($p > 0.05$)。

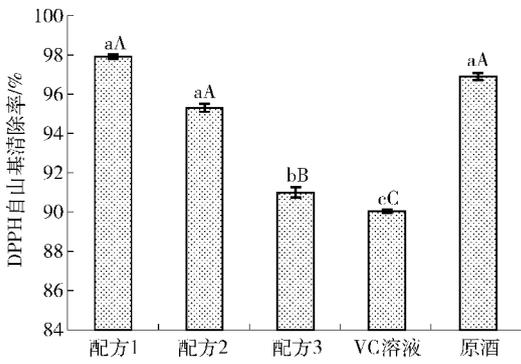
图 2 不同配方黑蒜蓝莓酒对羟基自由基清除率比较

Fig. 2 Hydroxyl radicals scavenging capacity of different black garlic blueberry wines

由图 2 可知,稀释 10 倍的不同样品中,配方 1 对羟基自由基的清除率最高,为 79.79%,略高于原酒 (79.55%)。3 种配方的黑蒜蓝莓酒和原酒对羟基自由基的清除率均显著高于 VC 溶液 (1.0 mg/mL)。由图 1 和图 2 可见,不同配方黑蒜蓝莓酒对羟基自由基清除率与其花色苷含量相关性较高,原酒和配方 1 的花色苷含量显著高于另外两个配方 ($p < 0.01$),对羟基自由基清除率也显著好于配方 2 和 3 ($p < 0.01$)。

2.2.2 对 DPPH 自由基清除能力比较

对 3 种不同配方黑蒜蓝莓酒进行 DPPH 自由基清除能力测定,结果见图 3。由图 3 可知,稀释 10 倍的不同样品比较,配方 1 对 DPPH 自由基的清除率最高,为 97.93%,高于原酒 1.01%;配方 2 次之,为 95.32%,两者与原酒相比差异均不显著 ($p < 0.01$)。3 种配方的黑蒜蓝莓酒和原酒对羟基自由基的清除率均显著高于 VC 溶液 (1.0 mg/mL) ($p < 0.01$)。由图 1 和图 3 可知,不同配方黑蒜蓝莓酒对 DPPH 自由基的清除率基本与其总酚含量呈正相关,之



小写字母不同为差异显著($p < 0.05$),大写字母不同为差异极显著($p < 0.01$),字母相同为差异不显著($p > 0.05$)。

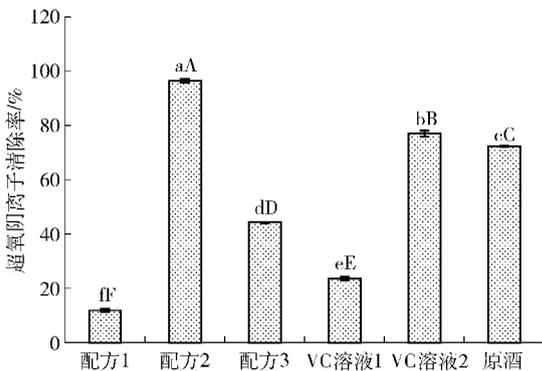
图3 不同配方黑蒜蓝莓酒对DPPH自由基清除能力比较

Fig. 3 DPPH free radicals scavenging capacity of different black garlic blueberry wines

所于会出现配方1的特殊情况,应该与其花色苷含量高于另外2个配方有一定关系。

2.2.3 对超氧阴离子清除能力比较分析

对3种不同配方黑蒜蓝莓酒进行超氧阴离子清除能力测定,结果见图4。



小写字母不同为差异显著($p < 0.05$),大写字母不同为差异极显著($p < 0.01$),字母相同为差异不显著($p > 0.05$)。

图4 不同配方黑蒜蓝莓酒对超氧阴离子清除能力比较

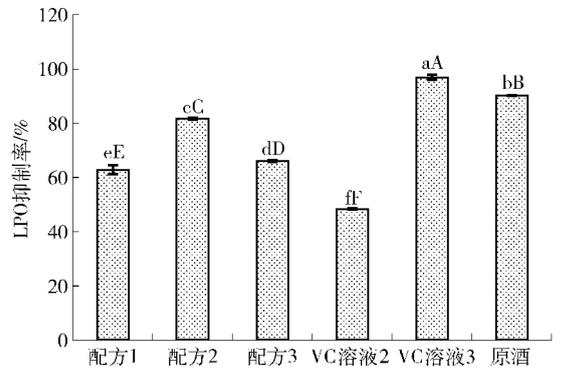
Fig. 4 Superoxide anion scavenging capacity of different black garlic blueberry wines

由图4可知,不同参试样品对超氧阴离子清除能力顺序如下:配方2 > 原酒 > VC溶液2(0.5 mg/mL) > 配方3 > VC溶液1(0.2 mg/mL) > 配方1。配方2的清除率最高,为96.24%,高于原酒24.18%,分别高于VC溶液2(0.5 mg/mL)和VC溶液1(0.2 mg/mL)19.5%和72.71%。

2.2.4 对 Fe^{2+} 诱发卵黄脂蛋白PUFA体系中脂质过氧化抑制能力比较

对3种不同配方黑蒜蓝莓酒进行 Fe^{2+} 诱发卵黄脂蛋白PUFA体系中脂质过氧化抑制能力测定,

结果见图5。



小写字母不同为差异显著($p < 0.05$),大写字母不同为差异极显著($p < 0.01$),字母相同为差异不显著($p > 0.05$)。

图5 不同配方黑蒜蓝莓酒对脂质过氧化抑制率比较

Fig. 5 LPO inhibition rate of different black garlic blueberry wines

由图5可知,3种配方的黑蒜蓝莓酒和原酒对LPO的抑制率居于0.5 mg/mL(VC溶液2)和1.0 mg/mL(VC溶液3)之间。配方2对LPO抑制率最高,为81.31%,比配方3和配方1分别高出15.59%和18.79%,但是3种配方对脂质过氧化抑制能力均不及原酒。

3 讨论

植物多酚是一类广泛存在于植物体内的多元酚类化合物,其活性官能团主要包括酚羟基、羟基、羧基等,化学性质活泼,易被氧化成醌类物质,且对活性氧等自由基有较强的捕捉能力,因此具有很强的抗氧化性和自由基清除能力。多酚包括简单酚类、香豆素类、黄酮类和花色苷等多种化合物。不同种类的多酚对不同自由基清除能力亦有差别。本研究中3种配方黑蒜蓝莓酒对DPPH自由基、羟基自由基和超氧阴离子清除能力方面没有完全与总酚含量呈正相关,应该与各配方中多酚的种类分布不同有关。从配方各组分含量角度分析,配方2和配方3中黑蒜汁所占比例明显高于配方1,黑蒜汁富含多酚类物质,由此提高了这2种配方酒中的总多酚含量。配方1中加入了紫苏等中草药提取物,因此总黄酮和花色苷含量显著高于另外2个配方。3种配方酒中的总黄酮和花色苷含量均低于原酒,说明添加的黑蒜汁等组分中黄酮类化合物和花色苷含量极低。配方2和配方3中黑蒜汁含量极为相近,但是总黄酮和花色苷含量却高于配方3,可能是因为配

方2的基酒为蓝莓甜酒,糖度含量较大,在陈酿过程中可以缓解花色苷的减少。

总酚、总黄酮和花色苷都具有抗氧化活性,影响着果酒的抗氧化能力,本实验中3种配方果酒的总酚含量均较高,对不同的自由基亦有较好的清除作用,说明多酚物质是果酒抗氧化的重要活性物质。黄酮是酚类物质中的一类,具有抗菌、消炎等功效,在抗氧化和抑制脂肪酶等方面有显著效果^[13],实验中3种配方的黑蒜蓝莓酒的总黄酮和花色苷含量均显著低于原酒,对脂质过氧化抑制能力也均不及原酒,说明总黄酮和花色苷在脂质抗氧化反应中起着极其重要的作用,这一点与郑洪艳等^[14]的报道是一致的。

4 结 论

3种配方的黑蒜蓝莓酒对于羟基自由基、DPPH自由基和超氧阴离子均有较好清除能力,清除率基本与其多酚含量呈正相关,对LPO的抑制能力与总黄酮和花色苷含量有极显著相关性,配方1和配方2在对几种自由基的清除能力方面略好于配方3,可作为黑蒜蓝莓酒的基础配方进一步优化。

参考文献:

[1] 刘玉田,赵玉平,邹琴. 蓝莓干红的抗氧化能力分析[J]. 酿酒,2008(1):98-100.
LIU Y T, ZHAO Y P, ZOU Q. Analysis of dry red wine in vitro oxidation [J]. Liquor Making, 2008 (1): 98-100.

[2] 盖禹含,辛秀兰,李淳,等. 蓝莓果酒发酵工艺条件的研究[J]. 食品工业,2010(2):42-45.
GAI Y H, XIN X L, Li B, et al. Studies on fermentation technology of blueberry wine [J]. Food Industry, 2010 (2): 42-45.

[3] 姬妍茹,石杰,刘宇峰,等. 黑蒜生产过程中主要营养成分变化分析及工艺优化[J]. 食品工业科技,2015,36(5):360-364.
JI Y R, SHI J, LIU Y F, et al. Changes analysis of main nutritional components in the production process of black garlic and process optimization [J]. Science and Technology of Food Industry, 2015, 36(5): 360-364.

[4] SAKURAMOTO S, SASAKO M, YAMAGUCHI T, et al. Adjuvant chemotherapy for gastric cancer with S-1 an oral fluoropyrimidine [J]. New England Journal of Medicine, 2007, 357(18): 1810-1820.

[5] 王允祥. 人参葡萄酒的研制 [J]. 食品科学, 1994(1): 69-70.

[6] 孙丽娟,屠振华,冯霖. 啤特果酒的生产方法: 201210316842.9 [P]. 2012-08-31.

[7] 许昆. 干型蓝莓酒的生产工艺研究 [D]. 合肥:安徽大学,2014.

[8] 李颖畅,孙建华,孟宪军. 蓝莓叶总黄酮提取物的定性分析和抗油脂氧化 [J]. 食品科学, 2010, 31(13): 96-99.
LI Y C, SUN J H, MENG X J. Qualitative analysis of total flavonoids from blueberry leaves and their protecting effect against lipid oxidation [J]. Food Science, 2010, 31(13): 96-99.

[9] 马亚琴,叶兴乾,吴厚玖,等. 超声处理对琯溪蜜柚果皮中酚酸含量及抗氧化性的影响 [J]. 食品科学, 2011, 32(7): 25-28.
MA Y Q, YE X Q, WU H J, et al. Effect of ultrasonic treatment on phenolic acid content and antioxidant capacity of guanxi pomelo peel extract [J]. Food Science, 2011, 32(7): 25-28.

[10] SMIRONF N, CUMBES Q. Hydroxyl radical scavenging activity of compatible solute [J]. Phytochemistry, 1989 (28): 1051-1560.

[11] 高海宁,李彩霞,张勇,等. “黑美人”土豆色素体外抗氧化性研究 [J]. 天然产物开发与研究, 2012(24): 224-228.
GAO H N, LI C X, ZHANG Y, et al. Antioxidant activity of the pigment from “black beauty” potato [J]. Nature Production Research Development, 2012(24): 224-228.

[12] LI Y C, MENG X J. Studies on the antioxidant activity of anthocyanins from blueberry [J]. Food and Fermentation Industries, 2007, 33(9): 61-64.

[13] 阎茂林,郭宇龙,张延龙,等. 百合花瓣酚类物质及其抗氧化活性的分析 [J]. 食品科学, 2013, 34(7): 51-55.
YAN M L, GUO Y L, ZHANG Y L, et al. Phenolic contents and antioxidant activity of lily flower petals [J]. Food Science, 2013, 34(7): 51-55.

[14] 郑洪艳,苏宁,霍彤,等. 蓝莓叶总黄酮的纯化及抗脂质过氧化能力研究 [J]. 食品研究与开发, 2015, 36(3): 31-34.
ZHENG H Y, SU N, HUO T, et al. Study on and anti-lipid peroxidation activity of total flavonoids in blueberry leaves [J]. Food Research and Development, 2015, 36(3): 31-34.

Dairy Development Experience of Developed Countries and Implications for China

LI Li, LIU Yao, HAN Yajuan

(School of Economics, Beijing Technology and Business University, Beijing 100048, China)

Abstract: As the world's largest dairy country, New Zealand, Holland and the United States show their development in common. The degree of organization brings cost savings and improves technological progress. The vertical chain of dairy industry is closely related, and by mutual holding, dairy farmers, dairy cooperatives and dairy products processing enterprises form a chain of interest to ensure the long-term development. Every aspect of the industry chain have strict quality supervision standard, third party inspection and evaluation system to ensure the implementation of standard. Compared with the rapid development of Chinese dairy industry, it still exists problems, such as unreasonable product structure, high production costs, poor supervision and so on. Therefore, we should focus on the establishment of selection mechanism in dairy cows, promote dairy farming scale and the development of dairy cooperatives, strengthen the quality supervision of the dairy industry and improve the social service system.

Keywords: dairy industry; experience of developed countries; enlightenment

(责任编辑:檀彩莲)

(上接第 69 页)

Study on Antioxidant Activity and Active Ingredients of Black Garlic Blueberry Wine

JI Yanru¹, YANG Qingli¹, LIU Yufeng¹, TAN Xiaolong², DONG Yan¹, ZHANG Zhenghai¹, GAO Yuan¹, WEI Lianhui¹

(1. Daqing Branch of Heilongjiang Academy of Sciences, Daqing 163319, China;

2. Great Khingan Iced Berry Manor Biotechnology Development Limited Company, Mohe 165302, China)

Abstract: The anthocyanins, total flavonoids, and total phenol in three formulation wines of black garlic blueberry were determined. Meanwhile, the removal ability of hydroxyl radicals, DPPH free radicals, and superoxide anion as well as the inhibition rate of LPO in three kinds of black garlic blueberry wine were determined. The results showed that the highest contents of total phenol and total flavone in the second formula were found to be 356.8 mg/L and 84.5 mg/L. The highest anthocyanins content in the first formula, was found to be 9.72 mg/L. The total phenol content positively correlated with radical scavenging capacities. The second kind of wine has the best performance of DPPH radical scavenging and superoxide anion free radical scavenging activity with the scavenging value was 95.32% and 96.24%. The first formula wine had the best performance of hydroxyl radical and DPPH radical scavenging activity with the scavenging value of 79.79% and 97.93%. The DPPH radical scavenging, superoxide anion free radical scavenging, and hydroxyl radical scavenging activity rate were 96.92%, 72.06% and 79.55% in the raw wine. The total flavones and anthocyanins contents positively correlated with the LPO inhibition activity. The LPO inhibition rate of the second kind of wine and the raw wine reached up to 81.31% and 89.95%. Formula 1 and formula 2 could be the basic recipes to prepare black garlic blueberry wine.

Keywords: black garlic blueberry wine; total phenolics; total flavonoids; anthocyanin; antioxidant activity *in vitro*

(责任编辑:李 宁)