

中国部分主产区葡萄酒中铜含量分析

孙翔宇^{1,2}, 赵芳¹, 马婷婷^{1,2}, 王丽花¹, 王成¹, 孙玉强³, 战吉成¹

(1. 中国农业大学食品科学与营养工程学院, 北京 100083) (2. 陕西师范大学食品工程与营养科学学院, 陕西西安 710062) (3. 国家果酒及果蔬饮品质量监督检验中心, 吉林通化 134001)

摘要: 以我国四个主要产区贺兰山东麓产区、河西走廊产区、怀涿盆地产区和通化产区国产葡萄酒为样本, 采用电感耦合等离子体质谱法测定铜含量, 分析我国国产葡萄酒中铜含量状况。结果表明我国葡萄酒中铜含量状况整体良好, 铜超标检出率为 0.2%。在四个产区中, 通化产区葡萄酒铜含量最高, 其次为贺兰山东麓产区, 河西走廊产区和怀涿盆地产区较低。通化产区葡萄酒中铜含量呈两极化分布, 贺兰山东麓产区样品铜含量则集中分布在 50~100 $\mu\text{g/L}$ 和 100~300 $\mu\text{g/L}$ 两个区段, 而河西走廊与怀涿盆地两个产区的铜含量分布较为平均。分析显示, 气候风土特征、酒庄葡萄园管理手段与酿造技术对葡萄酒中的铜含量的影响很大。葡萄品种在同一产区不同酒庄中的表现是类似的, 但受产地风土与气候条件影响, 在不同产地表现又有一定的区别。年份对于铜含量也有一定的影响, 主要与当年的气候尤其是降水情况相关。

关键词: 葡萄酒; 铜; ICP-MS; 品种; 年份

文章编号: 1673-9078(2015)5-278-284

DOI: 10.13982/j.mfst.1673-9078.2015.5.044

Analysis of the Copper Content in Four Main Wine Regions in China

SUN Xiang-yu^{1,2}, ZHAO Fang¹, MA Ting-ting^{1,2}, WANG Li-hua¹, WANG Cheng¹, SUN Yu-qiang³, ZHAN Ji-cheng¹

(1.College of Food Science and Nutritional Engineering, China Agricultural University, Beijing 100083, China)

(2.College of Food Engineering and Nutritional Science, Shaanxi Normal University, Xi'an 710062, China)

(3.Chinese Academy of Agricultural Mechanization Sciences, Tonghua 134001, China)

Abstract: The copper contents of wines from Helan Mountain East region, Hexi Corridor region, Huaizhuo Basin region, and Tonghua region were investigated using inductively coupled plasma-mass spectrometry (ICP-MS). Results showed that the copper content of wines obtained from these four regions was in a good condition overall; the detection rate of excess copper content was 0.2%. Among the four regions, Tonghua region showed the highest copper content, followed by Helan Mountain East region, while Hexi Corridor region and Huaizhuo Basin region showed relatively lower copper contents. The distribution of the copper content in Tonghua wine was polarized. The copper content in the Helan Mountain East region ranged between 50~100 $\mu\text{g/L}$ and 100~300 $\mu\text{g/L}$, while the Hexi Corridor region and Huaizhuo Basin region showed a more uniform distribution of copper content. Regional climate and terroir characteristics, winery and vineyard management, and winemaking technology exert large effects on the copper content of wines. The copper contents of different wine grape varieties in the same region were similar, but there were certain differences between the wine grape varieties of different regions. Vintage also had a certain influence on copper content, which was mainly related to the climate, especially to precipitation.

Key words: wine; copper; inductively coupled plasma-mass spectrometry; variety; vintage

葡萄酒是国际酒类中仅次于啤酒的第二大流行饮料酒。在中国, 葡萄酒是一个新兴的酒种, 市场潜力很大。随着葡萄酒市场的发展和繁荣, 我国葡萄酒消费快速成长, 逐渐形成了稳定的市场消费群体。而伴

收稿日期: 2014-08-13

基金项目: 国家公益性行业科研专项 (2012104019-3); 国家自然科学基金 (31471835)

作者简介: 孙翔宇 (1988-), 男, 在读博士, 研究方向为葡萄科学与葡萄酒酿造

通讯作者: 战吉成 (1972-), 男, 副教授, 博士后, 研究方向为葡萄生理生化与分子生物学研究

随着人们健康意识的增强, 人们对葡萄酒的质量要求也越来越高。

铜是葡萄酒中最丰富的重金属之一。葡萄酒中的铜来源丰富, 葡萄从土壤中吸收的铜、果实表面沾附的含铜农药、铜制葡萄酒酿造设备^[1]以及酿造过程中为去除硫化氢、硫醇等带来的还原味^[2]而常常添加的硫酸铜、柠檬酸铜^[3] (添加量 $\leq 10 \text{ g/L}$) 都会将铜引入葡萄酒。铜在一个狭窄的低浓度范围内对生物体起重要的积极作用^[4], 是几乎所有生物体必需的微量元素^[4-5]而在铜浓度超过有益范围的情况下, 对细胞有抑制作用, 甚至产生毒性^[6]。葡萄酒中铜含量的增加, 尤

其是有其它重金属如铁、锰、锌、镍、铅、钨一同存在的情况下,会对消费者的健康造成危害^[7]。国际葡萄与葡萄酒组织(OIV)法规 Oeno 434-2011 规定,成品葡萄酒的铜含量不得超过 1 mg/L(未发酵或部分发酵葡萄汁制成的利口酒不超过 2 mg/L),我国葡萄酒国家标准 GB15037-2006 也有相同规定,欧盟规定铜在葡萄酒发酵过程中的含量应该控制在 0.078 mmol/L(4.953 mg/L)内^[8]。但铜含量超标甚至污染现象仍时有发生,Garcia-Esparza 等^[9]在意大利的调查发现,约 13%的葡萄和 18%的葡萄酒中含铜量远远超过了最大残留量。

近年来,伴随着葡萄酒消费的增加,中国本土葡萄酒生产也在不断壮大,据法国国际葡萄酒及烈酒展览会、国际葡萄酒与烈性酒信息公司(VinExpo)发布最新统计数据显示,中国已成为全球第六大葡萄酒生产国,第八大进口国^[10-11],但由于中国的葡萄酒产业起步晚,体制结构不完善,目前中国葡萄酒市场仍不够规范。而对于目前我国国产葡萄酒中铜含量状况,尚未有报道。因此,本文采用电感耦合等离子体质谱

法(inductively coupled plasma-mass spectrometry, ICP-MS)调查分析了我国四个主要产区贺兰山东麓产区、河西走廊产区、怀涿盆地区区和通化产区的葡萄酒中铜含量状况,以期为我国葡萄酒的进一步发展提供理论依据与支撑,并且为消费者提供一定的参考,增进消费者对我国葡萄酒的了解与信心,帮助中国葡萄酒产业更好地发展^[10-11]。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

通过购买和酒庄发酵罐两种取样方式,通化产区还包含部分质检机构抽检样品,共采集葡萄酒样品 356 个,其中贺兰山东麓产区 12 酒庄 89 款葡萄酒,河西走廊产区 5 酒庄 80 款葡萄酒,怀涿盆地区区 5 酒庄 105 款葡萄酒,通化产区 19 酒庄 82 款葡萄酒。每个产区所采酒样均包含该产区主要生产商和主要代表品种并包含一定数量的品种酒与年份酒,并具有一定的样本量以保证结果对产区的代表性(表 1)。

表 1 不同产地葡萄酒样本的品种、年份以及数量

Table 1 Grape varieties, vintages, and number of wines obtained from different regions

产区	品种	年份	酒庄数	酒样数	品种酒	年份酒
贺兰山东麓产区	赤霞珠、梅鹿辄、蛇龙珠、西拉、品利珠、品种混酿	2005-2012	12	89	58	75
河西走廊产区	蛇龙珠、梅鹿辄、佳美、黑比诺、品丽珠、红宝石、品种混酿	2003-2012	5	80	60	68
怀涿盆地区区	赤霞珠、梅鹿辄、西拉、红宝石、黑比诺、马瑟兰、蛇龙珠、品种混酿	2008-2012	8	105	94	98
通化产区	赤霞珠、双优、双红、公酿一号、品种混酿	2006-2013	19	82	10	9

1.2 仪器与试剂

Agilent 7500a 电感耦合等离子体质谱仪,美国,Agilent 公司; Milli-Q 超纯水系统,美国,Millipore 公司。标准贮备液: 10 $\mu\text{g/mL}$ Cu 标准贮备液,美国,Agilent 公司; 内标溶液: 1000 $\mu\text{g/mL}$ Rh 混合标准溶液,中国计量科学研究院,用 1% HNO_3 稀释为 1 $\mu\text{g/mL}$,由内标管在线引入质谱仪; 质谱调谐液: Li、Co、Y、Ce、Tl,浓度均为 10 ng/mL ,美国,Agilent 公司; 浓 HNO_3 , 65%, 优级纯,德国,Merck 公司; 乙醇, (优级纯,德国,Merck 公司; 超纯水, 18.2 $\text{M}\Omega$ 。实验中所使用的玻璃仪器及聚四氟乙烯瓶子等均用 20% HNO_3 浸泡过夜,再用超纯水冲洗干净,烘干后使用。

1.3 测定方法

1.3.1 ICP-MS 工作条件

由质谱调谐液调试仪器,经全自动调谐优化给出工作参数,满足 ICP-MS 使用的灵敏度、氧化物、双电荷等各项指标。调谐后的具体参数如下: 射频功率: 1340 W; 冷却气流速: 15 L/min; 载气流速: 1.22 L/min; 辅助气流速: 1.1 L/min; 雾化室温度: 2 ± 0.1 $^\circ\text{C}$; 采样锥和截取锥: Ni; 采样深度: 9 mm; 氧化物: $<0.5\%$; 双电荷: $<3\%$ 。

1.3.2 样品测定

空白溶液: 1% HNO_3 溶液,其中乙醇含量为 6%,可以有效消除乙醇对样品测定带来的基体干扰。

标准曲线绘制: 用空白溶液将 Cu 标准贮备液逐级稀释为 5、10、20、50、100、200、500、1000 $\mu\text{g/L}$ 。在 ICP-MS 的工作条件下,采集空白溶液和标准溶液系列,根据葡萄酒中 Cu 的含量范围,选择合适的标准溶液浓度区间,由仪器自动绘制标准曲线。

葡萄酒样品用 1% HNO_3 溶液按照 1:1 的比例稀释后,直接进行 ICP-MS 测定,采用全定量分析,结

果由标准曲线自动计算所得。

2 结果与分析

2.1 不同产区铜含量分析

所测四产区葡萄酒中铜含量结果如下(图1、表2)所示。通化产区葡萄酒铜含量最高,其平均含量为172.12 μg/L,其次为贺兰山东麓产区138.03 μg/L,河西走廊产区和怀涿盆地产区较低,分别为81.60 μg/L和94.45 μg/L。我国葡萄酒国家标准 GB15037-2006 与国际葡萄与葡萄酒组织(OIV)法规 Oeno 434-2011 规定,成品葡萄酒的铜含量不得超过 1 mg/L (1000 μg/L)^[8]。本实验所采集四产地 356 个样品中,仅检出超标样品一个(3514 μg/L),检出率为 0.2%,表明我国葡萄酒中铜含量状况整体良好。为进一步分析各个产区间的铜含量状况,依据样品铜含量整体分布状况,将其分为<50 μg/L、50~100 μg/L、100~300 μg/L、>300 μg/L 和>1000 μg/L (超标)五个区段。

通化产区是我国葡萄酒最早的产区之一,本实验所采样品来自于 19 个酒庄,为四产区最多,其葡萄酒中铜含量呈两极化分布。具体表现为:四产区中,只有通化产区样品中铜含量在 300 μg/L 所占比例最高,为 16.86%,其它产区铜含量超过 300 μg/L 样品均不超过 4%;与此同时,通化产区 53.01%的样品中铜含量低于 50 μg/L,73.17%的样品低于 100 μg/L,比例为四

产区最高。其原因可能在于通化产区所种植多为山葡萄,为温带季风气候,年降雨量较高(800 mm),所需施用农药如波尔多液较多。该产区的多数酒庄对于葡萄园管理、酒品质量尤其是铜含量控制良好,而部分小型酒庄则可能疏于管理,导致葡萄酒中铜含量较高,从而导致该产区铜含量的两极化现象。进一步表明了由于我国的葡萄酒产业起步晚,体制结构不完善,目前中国葡萄酒市场仍不够规范,市场良莠不齐。

贺兰山东麓产区为我国新兴产区之一,其样品铜含量则集中分布在 50~100 μg/L 和 100~300 μg/L 两个区段,分别占到了 29.21%和 60.67%。这可能与该产区位于黄河冲积平原与贺兰山冲积扇之间的洪积平原地带,产区的整体风土与气候环境类似,产区酒庄也多为近年来新建,整体管理类似有关^[12]。

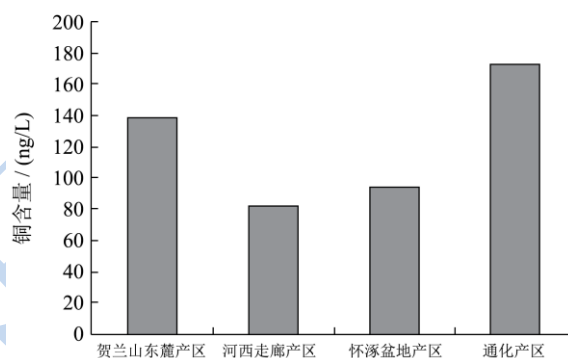


图1 不同产区葡萄酒铜含量平均值

Fig.1 Average copper content of the wines of different regions

表2 不同产区葡萄酒中铜含量分布 (μg/L)

Table 2 Copper content distribution (μg/L) of the wines of different regions

产地	Cu 含量范围	酒样 Cu 含量分布			平均值	超标酒样数量
		范围	酒样数	比例/%		
贺兰山东麓产区 n=89	25.2-369.8	<50	7	7.87	138.03	0
		50~100	26	29.21		
		100~300	54	60.67		
		>300	2	2.25		
河西走廊产区 n=80	9.14-229.2	<50	30	37.50	81.60	0
		50~100	26	32.50		
		100~300	23	28.75		
		>300	1	1.25		
怀涿盆地产区 n=105	8.18-277.8	<50	39	37.14	94.45	0
		50~100	27	25.71		
		100~300	35	33.33		
		>300	4	3.81		
通化产区 n=82	6.34-3514	<50	44	53.66	172.12	1 (3514 μg/L)
		50~100	16	19.51		
		100~300	8	9.76		
		>300	13	15.85		
		>1000	1	1.22		

河西走廊产区与怀涿盆地区均是我国比较成熟的产区, 其样品铜含量分布比较类似。两个产区的铜含量在<50 μg/L、50~100 μg/L、100~300 μg/L 三个区段分布较为平均, >300 μg/L 区段比例较低。

2.2 不同酒庄葡萄酒中铜含量分析

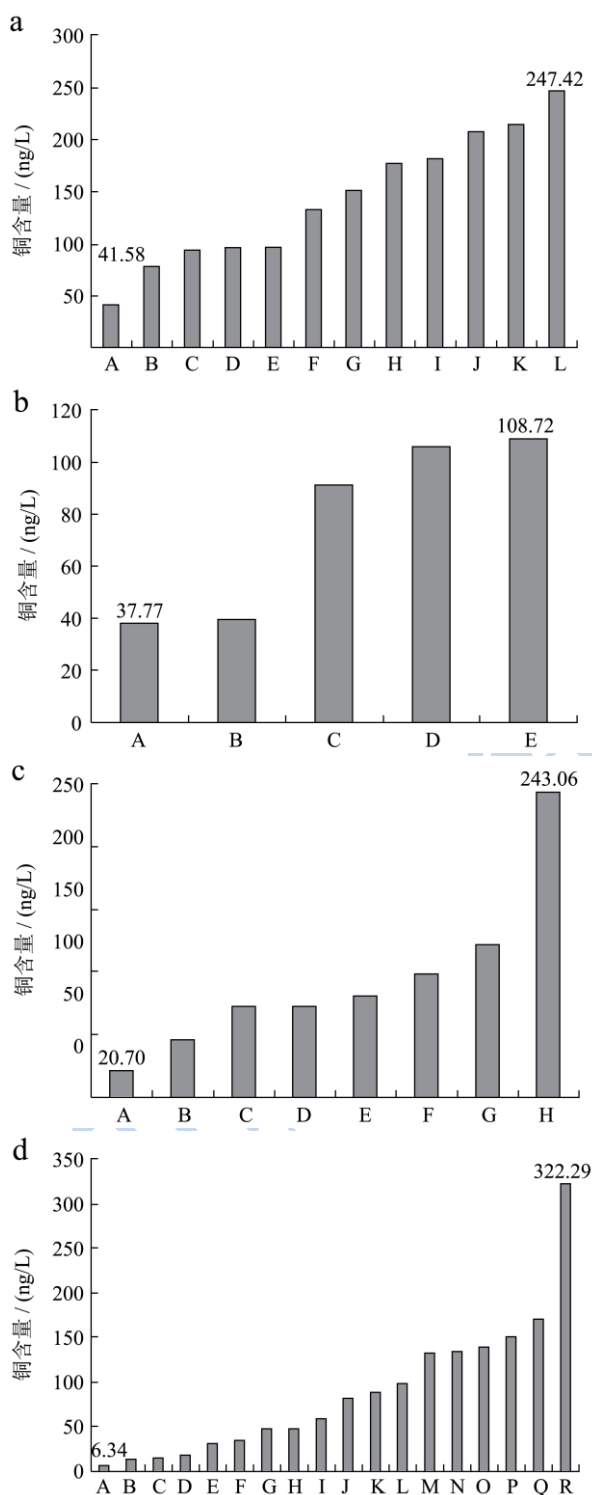


图2 不同酒庄葡萄酒中铜含量平均值(μg/L)

Fig.2 Average copper content of the wines obtained from different wineries (μg/L)

注: a 贺兰山东麓产区, b 河西走廊产区, b 怀涿盆地区, d 通化产区。

在产地特征的基础上, 我们进一步分析比较了不同酒庄间的铜含量状况。如图2所示, 在同一产区中, 尽管处于类似的风土与气候条件下, 但不同酒庄的铜含量差距却非常大。表明除产地的风土气候条件外, 酒庄管理条件的不同, 包括农药使用量、酿造设备和工艺对葡萄酒中的铜含量的影响也非常大。如图2(C)怀涿盆地区中A酒庄, 该酒庄为怀涿盆地区某酒庄, 为我国第一家采用生物动力法进行管理的酒庄, 在生产过程中尽量减少农药的使用甚至完全不使用农药。在该酒庄中共抽样葡萄酒五款, 其铜含量值分别为22.94 μg/L、10.98 μg/L、23.88 μg/L、23.38 μg/L、22.32 μg/L, 酒庄平均铜含量为20.70 μg/L, 远低于该产区其它酒庄中铜含量值(产区铜含量平均值94.45 μg/L)。

2.3 不同品种铜含量分析

为分析比较葡萄品种对葡萄酒中铜含量的影响, 将所收集样品中的所有品种葡萄酒(剔除混酿、无明确品种标识的样品)进行统计分析。由于贺兰山东麓产区、河西走廊产区和怀涿盆地区品种多为欧亚种葡萄, 而通化产区所收集样品多为山葡萄, 可比性不强, 因此未将通化产区纳入相关分析。

表3 贺兰山东麓产区不同酒庄品种葡萄酒中铜含量分布(μg/L)

Table 3 Copper content distribution (μg/L) of the wines obtained from different wineries from Helan Mountain East region

酒庄	品种铜含量/(μg/L)			品种铜含量排序
	赤霞珠	蛇龙珠	梅鹿辄	
A	45.37	31.12	-	赤霞珠>蛇龙珠
B	82.76	74.26	-	赤霞珠>蛇龙珠
C	154.93	-	-	赤霞珠
D	77.28	-	133.68	梅鹿辄>赤霞珠
E	123.14	91.08	78.34	赤霞珠>蛇龙珠>梅鹿辄
F	125.43	-	148.34	梅鹿辄>赤霞珠
G	176.20	-	246.40	梅鹿辄>赤霞珠
H	143.57	-	200.40	梅鹿辄>赤霞珠
I	277.73	262.96	-	赤霞珠>蛇龙珠
J	-	-	181.64	梅鹿辄
K	94.76	95.93	122.08	梅鹿辄>蛇龙珠>赤霞珠

注: “-”表示未采集此品种样品

首先比较了同一产区各个酒庄内部品种间铜含量的差异性, 可排除风土与气候条件以及酿造工艺的影响, 保证结果体现的主要是品种特性。三个产区中,

选取酒庄区域性及品种统一性较好的贺兰山东麓产区为样本, 结果如表 3 所示。贺兰山东麓产区中, 共有 11 家酒庄有品种酒。其中, 有赤霞珠与梅鹿辄的酒庄共 6 家, 其中 5 家梅鹿辄中铜含量大于赤霞珠; 有赤霞珠和蛇龙珠的酒庄共 5 家, 其中 4 家赤霞珠铜含量大于蛇龙珠, 另 1 家也极为接近。表明在同一产区相同的风土与气候条件下, 虽然不同酒庄的管理与酿造工艺不同, 但葡萄品种在不同酒庄中的表现是类似的。

进一步比较了不同产区间品种酒的表现, 结果如表 4 所示。三个产区中, 可以发现一定的规律性, 但又有一定的区别。以三个产地共有品种梅鹿辄、赤霞珠和蛇龙珠为例, 三个产地中, 梅鹿辄均具有较高的

铜含量。贺兰山东麓产区与河西走廊产区三个品种铜含量排序为: 梅鹿辄>赤霞珠>蛇龙珠; 但在怀涿盆地产区蛇龙珠却为铜含量最高的品种。可能的原因是贺兰山东麓产区、河西走廊产区均位于我国西北, 气候风土较为类似, 而怀涿盆地产区位于我国东部, 气候风土与贺兰山东麓产区、河西走廊产区区别较大^[13~14]。而葡萄品种自身的特性(通过对土壤中铜吸收能力的不同、抗病性不同所带来的施药量不同)可以对铜含量产生一定的影响, 但受产地风土与气候条件影响, 在不同产地表现又有一定的区别, 因此造成上述结果。

表 4 不同品种葡萄酒中铜含量分布 (μg/L)

Table 4 Copper content distribution (μg/L) of different varieties of wines

产地	品种铜含量 (μg/L)									品种铜含量排序
	梅鹿辄	赤霞珠	蛇龙珠	佳美	品丽珠	黑比诺	红宝石	马瑟兰	西拉	
贺兰山东麓产区	140.87	122.39	100.90	-	-	-	-	-	-	梅鹿辄>赤霞珠>蛇龙珠
河西走廊产区	117.57	85.61	81.46	67.37	67.25	49.15	19.20	-	-	梅鹿辄>赤霞珠>蛇龙珠>佳美>品丽珠>黑比诺>红宝石
怀涿盆地产区	134.70	73.42	170.17	-	-	105.67	99.47	26.41	127.11	蛇龙珠>梅鹿辄>西拉>黑比诺>红宝石>赤霞珠>马瑟兰

注: “-”表示未采集此品种样品。

2.4 不同年份铜含量分析

表 5 怀涿盆地产区 D 酒庄不同年份葡萄酒中铜含量分布 (μg/L)

Table 5 Copper content distribution (μg/L) of different vintage wines obtained from the D winery of Huaizhuo Basin region

品种	年份					年份酒铜含量排序
	2008	2009	2010	2011	2012	
美乐	31.42	110.1	69.2	208.2	84.98	2011>2009>2012>2010>2008
西拉	63.42	155.5	43.84	117.02	130.12	2009>2012>2011>2008>2010
赤霞珠	24.4	74.78	43.06	86.16	53.02	2011>2009>2012>2010>2008

为分析年份对葡萄酒中铜含量的影响, 我们首先选择了同一产区同一酒庄相同品种酒不同年份样品最多的酒庄进行分析(怀涿盆地产区 D 酒庄, 选取该酒庄样本量较大的 3 个品种: 梅鹿辄、西拉、赤霞珠和 5 个年份: 2008~2012)以最大限度的排除产地风土气候特征、品种特征、葡萄园管理与酿造工艺的影响, 结果如表 5 所示。可以发现一定的规律性, 在该酒庄内, 2008、2010 两个年份三个品种酒铜含量均较低, 2009、2011、2012 年份在三个品种中则处于较高位置。说明在品种特性的基础上, 年份对于铜含量也有一定的影响。

进一步以产区为样本来分析比较年份对葡萄酒中铜含量的影响。将所收集样品中的所有年份葡萄酒

(剔除混酿、无明确品种标识的样品)进行统计分析。通化产区有明确标识的年份酒仅有 9 款, 样本量太小, 统计意义不足, 因此未将通化产区纳入相关分析。结果如表 6 所示, 可以发现, 2003 至 2007 年份各产区样本量均较小, 因此选取各产区样本量均较大的 2008 至 2012 年份作图分析(图 3)。

由图 3 可知, 三个产区铜含量最高的年份均为 2012 年份。查阅国家气候中心 2012 年《中国气候公报》^[13], 2012 年全国平均降水量较常年(629.9 mm)偏多 6.3%, 比 2011 年偏多 20.4%, 其中, 西北中部、京津冀地区等地降水量偏多 20%~50%。雨水过多带来葡萄病害发病率升高, 相关含铜农药使用量增加, 可能是 2012 年份葡萄酒中铜含量较高的原因。2011 年

份,河西走廊产区和怀涿盆地产区铜含量较低,贺兰山东麓产区则较高。这与2011年气候特征:全年平均降水量比常年偏少9.1%,但西北东部地区偏多

10%~50%也是相符合的^[14]。表明年份间气候的不同所导致的含铜农药使用增加等对于葡萄酒中铜含量的影响还是比较大的。

表6 不同年份葡萄酒中铜含量分布

Table 6 Copper content distribution of different vintage wines

贺兰山东麓产区		河西走廊产区		怀涿盆地产区	
年份	铜含量/($\mu\text{g/L}$)	年份	铜含量/($\mu\text{g/L}$)	年份	铜含量/($\mu\text{g/L}$)
2003年(n=0)	-	2003年(n=0)	-	2003年(n=1)	25.58
2005年(n=2)	151.74	2005年(n=0)	-	2005年(n=3)	14.02
2006年(n=4)	200.80	2006年(n=1)	11.54	2006年(n=2)	124.64
2007年(n=1)	112.42	2007年(n=2)	34.79	2007年(n=4)	91.75
2008年(n=9)	95.06	2008年(n=8)	49.24	2008年(n=9)	108.18
2009年(n=14)	149.31	2009年(n=10)	43.36	2009年(n=18)	75.73
2010年(n=13)	87.86	2010年(n=6)	100.97	2010年(n=13)	80.84
2011年(n=21)	156.35	2011年(n=16)	75.59	2011年(n=21)	93.07
2012年(n=11)	171.80	2012年(n=25)	121.73	2012年(n=27)	128.09

注:“-”表示未采集此年份样品。

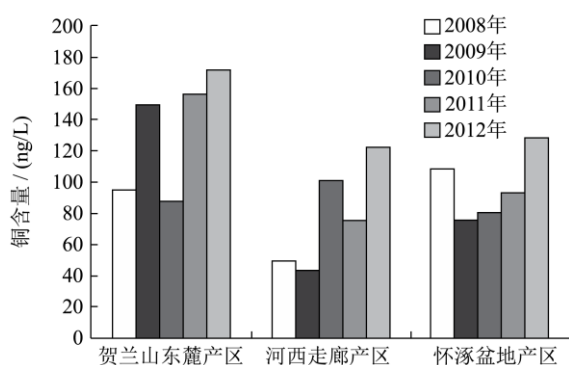


图3 不同产地年份葡萄酒中铜含量($\mu\text{g/L}$)

Fig.3 Copper content ($\mu\text{g/L}$) of different vintage wines

3 结论

我国葡萄酒中铜含量状况整体良好,铜超标检出率为仅为0.2%。四个产区中,通化产区葡萄酒铜含量最高,其次为贺兰山东麓产区,河西走廊产区和怀涿盆地产区较低。通化产区葡萄酒中铜含量呈两极化分布,贺兰山东麓产区样品铜含量则集中分布在50~100 $\mu\text{g/L}$ 和100~300 $\mu\text{g/L}$ 两个区段,而河西走廊与怀涿盆地两个产区的铜含量分布较为平均。除产区风土气候条件影响外,同一产区不同酒庄的铜含量差距非常大,表明除产地的风土气候条件外,酒庄管理条件的不同,包括农药使用量、酿造设备和工艺对葡萄酒中的铜含量的影响也非常大。对同一产区不同酒庄品种酒和不同产区间品种酒的表现的比较表明,在同一产区相同的风土与气候条件下内,虽然不同酒庄的管理与酿造工艺不同,但葡萄品种在不同酒庄中的表现是类似的;而葡萄品种自身的特性(通过对土壤中铜吸收能力的

不同、抗病性不同所带来的施药量不同)可以对铜含量产生一定的影响,但受产地风土与气候条件影响,在不同产地表现又有一定的区别。年份对于铜含量也有一定的影响,同一产区同一酒庄不同年份相同品种酒的比较表明,年份酒中的铜含量表现出了一定的规律性;以产区为样本来比较年份酒中铜含量表明年份对于葡萄酒中铜含量的影响主要是与当年的气候尤其是降水情况相关的。

参考文献

- [1] Volpe M G, la Cara F, Volpe F, et al. Heavy metal uptake in the enological food chain [J]. Food Chemistry, 2009, 117(3): 553-560
- [2] Tamasi G, Pagni D, Carapelli C, et al. Investigation on possible relationships between the content of sulfate and selected metals in Chianti wines [J]. Journal of Food Composition and Analysis, 2010, 23(4): 333-339
- [3] OIV. International code of oenological practices (Issue 2013/01 revised) [R]. 2013. ISBN: 979-10-91799-10-2
- [4] Azenha M, Vasconcelos MT, Moradas-Ferreira P. The influence of Cu concentration on ethanolic fermentation by *Saccharomyces cerevisiae* [J]. Journal of Bioscience and Bioengineering, 2000, 90(2): 163-167
- [5] Ferreira J, Du Toit M, Du Toit W J. The effects of copper and high sugar concentrations on growth, fermentation efficiency and volatile acidity production of different commercial wine yeast strains [J]. Australian Journal of Grape and Wine Research, 2006, 12(1): 50-56

- [6] Robinson Nigel J, Winge Dennis R. Copper metallochaperones [J]. *Annual Review of Biochemistry*, 2010, 79(1): 537-562
- [7] Naughton D P, Petróczi A. Heavy metal ions in wines: meta-analysis of target hazard quotients reveal health risks [J]. *Chemistry Central Journal*, 2008, 2(22): 1-7
- [8] 杜君,李海兰,李慧,等.铜离子胁迫对葡萄汁中酿酒酵母的影响[J].*中国农业科学*,2010,43(15):3259-3265
DU Jun, LI Hai-lan, LI Hui, et al. Influence of copper stress on *saccharomyces cerevisiae* grape must [J]. *Scientia Agricultura Sinica*, 2010, 43(15): 3259-3265
- [9] Garcia-Esparza M A, Capri E, Pirzadeh P, et al. Copper content of grape and wine from Italian farms [J]. *Food Additives and Contaminants*, 2006, 23: 274-280
- [10] 李华,李甲贵,杨和财.改革开放 30 年中国葡萄与葡萄酒产业发展回顾[J].*现代食品科技*,2009,25(4):341-347
LI Hua, LI Jia-gui, YANG He-cai. Review of grape and wine industry development in recent 30 years of China's reforming and opening-up [J]. *Modern Food Science and Technology*, 2009, 25(4): 341-347
- [11] OIV. Statistical report on World vitiviniculture 2012 [R]. (2012). Available online: <http://www.oiv.int/oiv/files/0%20-%20Actualites/EN/Report.pdf>
- [12] Ma T T, Sun X Y, Gao G T, et al. Phenolic characterization and antioxidant capacity of young wines made from different grape varieties grown in helanshan donglu wine zone (China) [J]. *South African Journal of Enology and Viticulture*, In press.
- [13] 国家气候中心.2012 年《中国气候公报》[R].(2012). <http://www.cma.gov.cn/2011xwzx/2011xqxxw/2011xqxyw/201301/P020130114437471899661.pdf>
NATIONAL Climate Center. 2012 China Climate Bulletin [R]. (2012). Available online: <http://www.cma.gov.cn/2011xwzx/2011xqxxw/2011xqxyw/201301/P020130114437471899661.pdf>
- [14] 李莹,高歌,叶殿秀,等.2011 年中国气候概况[J].*气象*,2012, 38(4):464-471
LI Ying, GAO Ge, YE Dian-xiu, et al. Climatic characters over China in 2011 [J]. *Meteorological Monthly*, 2012, 38(4): 464-471