

黄自苏,周剑忠,李亚辉,等.壳聚糖季铵盐和皂土在黑莓果酒澄清中的应用[J].江苏农业科学,2019,47(17):210-213.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2019.17.052

壳聚糖季铵盐和皂土在黑莓果酒澄清中的应用

黄自苏,周剑忠,李亚辉,王 英

(江苏省农业科学研究院农产品加工研究所,江苏南京 210014)

摘要:采用 $L_9(3^4)$ 正交试验研究壳聚糖季铵盐(HACC)用量、皂土用量和澄清作用时间对黑莓果酒澄清效果和色度的影响,以果酒澄清度和色度为考核指标确定复合澄清剂澄清处理条件,并通过测定复合澄清剂澄清处理前后黑莓果酒中主要成分含量的变化和热稳定性变化,研究复合澄清剂对黑莓果酒的澄清作用。结果表明,HACC 用量 0.3 g/L、皂土用量 0.1 g/L、作用时间 3 d 为最佳处理条件。在此条件下,复合澄清剂处理后,果酒中总糖含量、滴定酸含量、乙醇度、有效酸度等变化不显著,总酚、花色苷和可溶性固形物含量变化显著($P < 0.05$)。澄清处理之后,热稳定性有较大提高。说明复合澄清剂是一种良好有效的黑莓果酒澄清剂。

关键词:黑莓果酒;壳聚糖季铵盐(HACC);皂土;澄清度;热稳定性;色度

中图分类号: TS262.7 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2019)17-0210-03

羟丙基三甲基氯化铵壳聚糖,俗称壳聚糖季铵盐(chitosan quaternary ammonium salt,HACC),是从海洋生物中提取的壳聚糖高级衍生物,一种强阳离子型高分子絮凝剂,无毒无害,其澄清机制是通过电中和与黏结架桥双重作用,使溶液中的胶体等杂质絮凝沉降,一方面 HACC 利用自身所带的大量正电荷与悬浮微粒及胶体所带的负电荷相互作用,降低悬浮微粒及胶体表面电荷,使其絮凝脱稳;另一方面借助于高分子链的黏结架桥作用而产生絮凝。皂土(bentonite)也叫斑脱土,是火山灰分解成的一种黏土,在果酒的 pH 值条件下,带有阴离子,具有较好地去除果酒中带有阳离子蛋白的能力^[1-4],是国内外果酒酿造中常用的澄清剂^[5-7]。

黑莓(*Rubus alleghniensis*)含有较高的酚类物质和花色苷,具有优良的抗氧化、抗癌等功能特性^[8-9],同时也富含锌、硒等多种矿物质,氨基酸种类也很齐全,被誉为第 3 代“黄金水果”。由于黑莓为高酸型水果,口感不佳,但是有较强的加工属性,黑莓汁、黑莓酒、黑莓酱是主要的加工产品^[10-12]。

对于商品果酒来说,澄清度是决定品质的一个重要指标,澄清透明、颜色清亮的果酒商品容易吸引消费者的眼球。虽然研究表明浑浊或带有沉淀的果酒对人体健康没有影响,但影响消费者的购买欲,进而影响销售市场。因此,果酒必须保持较高的澄清度和稳定性。本研究为解决发酵型黑莓果酒澄清的问题,借鉴前人的研究成果^[13-14],利用 HACC 和皂土作为复合澄清剂对黑莓果酒的澄清方法进行研究,旨在为黑莓酒的澄清方法提供技术支持和理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料、试剂与仪器

黑莓果酒由江苏省农业科学院农产品加工研究所食品工程研究室在 2017 年 1 月采用黑莓果汁发酵酿造而成。黑莓由南京新得力食品有限公司提供,品种为赫尔。发酵菌种为酿酒酵母 FM-S-115,由江苏省农业科学院农产品加工研究所保存。澄清剂皂土和 HACC 购于南通绿神生物工程有限公司。

UV-1600 PC 型紫外可见分光光度计,购自上海美谱达仪器有限公司;SK15 台式冷冻高速离心机,购自德国 Sigma 公司;LC-210.2 精密电子天平,购自德国赛多利斯公司;WGZ-800 浊度计,购自上海昕瑞仪器仪表有限公司;WSC-S 测色色差计,购自上海精科仪器有限公司;HI84532 测定仪,购自意大利 HANNA;数显恒温磁力搅拌器,购自江苏省金坛市中正仪器制造有限公司。

1.2 试验方法

1.2.1 黑莓果酒酿造 按照以下工艺流程进行黑莓果酒酿造:

黑莓果→清洗→打浆→酶解→调配→发酵→过滤除渣。

1.2.2 澄清剂的配制 5% 皂土悬浮液的配制:称取 5 g 皂土,加入 100 mL 蒸馏水在 50 ℃ 水浴中软化,浸泡 24 h,搅拌均匀的浆体。

1% HACC 悬浮液的配制:称取 1 g HACC,加入 100 mL 蒸馏水中,搅拌溶解成均匀的液体。

1.2.3 正交试验 以 HACC 和皂土为复合澄清剂处理黑莓果酒,考察复合澄清剂中 HACC 和皂土的合适用量和二者之间适宜的配比,同时考察澄清时间对澄清效果的影响。以 HACC、皂土用量和澄清作用时间作为正交试验中的 3 个因素,以处理后果酒的浊度值和色度为响应值,选用 $L_9(3^4)$ 正交设计表进行试验,以确定 HACC 和皂土复合澄清剂处理黑莓果酒的最优化条件,具体设计见表 1。

收稿日期:2018-05-28

基金项目:江苏省自然科学基金(编号: BK20170603);江苏省农业科学院农产品加工研究所科研基金[编号: JG(2017)03]。

作者简介:黄自苏(1961—),男,江苏南京人,技师,主要从事农产品加工研究。Tel: (025)84391571;E-mail: 1283306819@qq.com。

通信作者:王 英,博士,副研究员,主要从事食品生物技术研究。Tel: (025)84391571;E-mail: wy116009@126.com。

表 1 黑莓果酒澄清工艺 $L_9(3^4)$ 正交试验因素水平

水平	因素		
	A: HACC 用量 (g/L)	B: 皂土用量 (g/L)	D: 澄清作用时间 (d)
1	0.2	0.1	3
2	0.3	0.2	5
3	0.4	0.3	7

1.2.4 浊度值测量 以蒸馏水调零,用标准溶液校对仪器,然后将澄清处理好的果酒倒入试样瓶中,测其浊度值,具体操作步骤见仪器使用说明书。

1.2.5 色度的测量 将澄清处理好的果酒倒入比色皿中,以蒸馏水为参比,于 420、520、620 nm 处测其吸光度,以三者吸光度之和表示色度^[15]。

1.2.6 热稳定性测定 将澄清处理好的果酒取 5 mL 置于试管中,置于 70 ℃ 水浴中处理 6 h 后,取出放置在 4 ℃ 下 16 h,然后在室温下测定其在 540 nm 处的吸光度。以样品热处理后与热处理前在 540 nm 处的吸光度差值表示稳定性^[16]。

1.2.7 花色苷含量的测定 - pH 示差法^[17] 取 2 个 10 mL 棕色容量瓶,加入 1 mL 蒸馏水,分别加入 9 mL pH 值 1.0 缓冲液(0.2 mol/L KCl 与 0.2 mol/L HCl 以体积比为 25 : 67 进行配制)和 pH 值 4.5 缓冲液(1 mol/L NaAc、1 mol/L HCl 与 H₂O 以体积比为 100 : 60 : 90 进行配制),摇匀,放置 2 h,分别测定 510、700 nm 处的吸光度,作为对照组。测定样品时,将黑莓果酒离心,取 1 mL 果酒上清液,用蒸馏水稀释 3 倍后,按照上述步骤进行测定。花色苷含量按照以下公式进行计算:

$$\text{花色苷含量 (mg/mL)} = D \times MW \times F / (\varepsilon \times l)。$$

式中: $D = (D_{510\text{ nm}} - D_{700\text{ nm}}) \text{ pH 值 } 1.0 - (D_{510\text{ nm}} - D_{700\text{ nm}}) \text{ pH 值 } 4.5$; MW 为矢车菊素 - 3 - 葡萄糖苷分子量,取 449.2; F 为稀释倍数; ε 为矢车菊素 - 3 - 葡萄糖苷的摩尔消光系数,取 26 900; l 为比色皿光程,1 cm。

1.2.8 总酚含量的测定 (以没食子酸计) - 福林酚法 (Folin - ciocalteu)^[18] 配制质量浓度为 0.5、10、15、25、50、100 mg/L 的没食子酸溶液,分别取 1 mL 于 10 mL 棕色容量瓶中,加入 1.5 mL 去离子水和 0.5 mL Folin - ciocalteu 试剂,摇匀后在 1 min 内加入 20% (质量浓度) Na₂CO₃ 溶液 1.5 mL,摇匀后定容至 10 mL,20 ~ 30 ℃ 暗处放置 2 h,在波长 765 nm 处测定吸光度,以没食子酸浓度为横坐标,以吸光度为纵坐标绘制标准曲线。

果酒中总酚含量测定:取 1 mL 果酒,用蒸馏水稀释 100 倍后按照上述步骤进行测定,根据标准曲线计算果酒中的总酚含量。

1.2.9 总酸度的测定 采用 HI84532 总酸测定仪进行测定,具体操作步骤参照仪器使用说明书。

1.2.10 可溶性固形物的测定 采用阿贝折光仪测定,具体操作步骤见仪器说明书。

1.2.11 乙醇度测定 采用蒸馏乙醇比重法^[19]。

1.4 数据统计与分析

利用 Excel 2003 统计所有数据,利用 SPSS 11.5 软件进行方差分析确定因素显著性。

2 结果与分析

2.1 复合处理对黑莓果酒澄清度和色度的影响

为了获得澄清度和稳定性较好的黑莓果酒,本研究选择 HACC 和皂土作为黑莓果酒的复合澄清剂,分析 HACC 用量、皂土用量和澄清作用时间 3 个变量因素对黑莓果酒澄清度和色泽的影响。以澄清度和色度作为复合澄清剂处理黑莓果酒效果的考察指标,按照表 1 进行试验,试验结果及方差分析见表 2。从表 2 中可以看出,3 个因素对黑莓果酒澄清度的影响大小依次为 HACC 用量、皂土用量和澄清作用时间,最佳组合为 A₃B₃C₂。对黑莓果酒色度的影响大小依次为 HACC 用量、皂土用量和澄清作用时间,最佳组合为 A₁B₁C₁。复合澄清处理中各因素对澄清度的方差分析结果见表 3, HACC 用量对黑莓果酒的澄清度影响显著 ($P < 0.05$),皂土用量和澄清作用时间对澄清度的影响不显著。复合澄清处理中各因素对黑莓果酒色度的方差分析结果见表 4, HACC 用量对黑莓果酒的色度影响显著 ($P < 0.05$),皂土用量和澄清作用时间对色度的影响不显著。综合表 2、表 3 和表 4 的结果可以看出, HACC 用量对澄清度、色度影响显著,但在果酒的澄清处理中,除了考虑澄清效果,还要尽量保持果酒原有的色泽,综合考虑澄清度和色度的处理效率, HACC 用量选取 A₂; 本复合澄清处理过程中,皂土用量对澄清度和色度的影响不显著,取 B₁; 澄清作用时间对澄清度和色度的影响都不显著,同时考虑生产效率,取 C₁。综合分析,本试验较优条件为 A₂B₁C₁,即使用 HACC 用量 0.3 g/L,皂土用量 0.1 g/L,澄清作用时间为 3 d。

表 2 黑莓果酒澄清工艺 $L_9(3^4)$ 正交试验设计及结果

试验号	因素				浊度值	色度
	A	B	C	D(空列)		
1	1	1	1	1	8.15	1.935
2	1	2	2	2	12.44	1.923
3	1	3	3	3	16.36	1.917
4	2	1	2	3	1.96	1.376
5	2	2	3	1	2.35	1.222
6	2	3	1	2	3.23	1.352
7	3	1	3	2	41.26	1.010
8	3	2	1	3	43.22	0.983
9	3	3	2	1	53.56	0.971
k_1 (浊度值)	12.32	17.12	18.20			
k_2 (浊度值)	2.51	19.34	22.65			
k_3 (浊度值)	46.01	24.38	19.99			
R_1 (浊度值)	43.50	7.26	4.45			
k_1 (色度)	1.93	1.44	1.42			
k_2 (色度)	1.32	1.37	1.42			
k_3 (色度)	0.99	1.41	1.38			
R_2 (色度)	0.94	0.07	0.04			

2.2 验证试验

按照所得最优试验条件进行黑莓果酒澄清处理,重复 3 次,进行验证,澄清处理后黑莓果酒的浊度值为 3.64,色度值为 1.79。

2.3 澄清剂对黑莓果酒中主要成分的影响

黑莓果酒经复合澄清剂澄清处理后 (HACC 用量 0.3 g/L,皂土用量 0.1 g/L,处理时间为 3 d),果酒中的主要

表 3 澄清度的 SPSS 方差分析

方差来源	平方和	自由度	均方	F 值	P 值
校正模型	3 237. 026	6	539. 504	123. 804	0. 008 *
A	3 132. 821	2	1 561. 910	358. 422	0. 003 *
B	83. 075	2	41. 538	9. 532	0. 095
C	30. 130	2	15. 065	3. 475	0. 224
残差	8. 715	2	4. 358		
总和	6 947. 652	9			

注: * 表示差异显著($P<0.05$)。表 4 同。

表 4 色度的 SPSS 方差分析

方差来源	平方和	自由度	均方	F 值	P 值
校正模型	1. 366	6	0. 228	87. 848	0. 011 *
A	1. 356	2	0. 678	261. 709	0. 004 *
B	0. 006	2	0. 003	1. 208	0. 453
C	0. 003	2	0. 002	0. 628	0. 614
残差	0. 005	2	0. 003		
总和	1. 371	9			

成分变化结果见表 5。复合澄清剂处理前后,果酒中的总糖含量、乙醇度、滴定酸含量和有效酸度变化不显著。但是澄清

表 5 黑莓果酒澄清前后主要成分的变化

时间	总糖含量 (%)	滴定酸含量 (g/L)	乙醇度 (%, 体积分数)	总酚含量 (mg/mL)	可溶性固形物含量 (g/L)	花色苷含量 (mg/L)	有效酸度 (pH 值)
澄清前	4. 35 ± 0. 14a	7. 64 ± 0. 57a	12. 35 ± 0. 84a	1. 69 ± 0. 04a	12. 59 ± 0. 77a	86. 33 ± 5. 58a	3. 24 ± 0. 11a
澄清后	4. 28 ± 0. 13a	7. 35 ± 0. 45a	12. 15 ± 0. 75a	1. 48 ± 0. 05b	10. 55 ± 0. 57b	77. 36 ± 4. 14b	3. 12 ± 0. 11a

注:数值以 3 次重复“平均值 ± 标准偏差”表示;同列数据后不同小写字母表示在 5% 水平上差异显著。

表 6 对黑莓果酒复合澄清剂处理前后热稳定性比较

时间	$\Delta D_{540\text{ nm}}$				
	0 个月	3 个月	6 个月	9 个月	12 个月
澄清处理前	0. 245	0. 267	0. 378	0. 654	0. 899
澄清处理后	0. 001	0. 001	0. 005	0. 014	0. 002

3 结论

复合澄清剂处理黑莓果酒的最佳处理条件为 HACC 用量 0.3 g/L,皂土用量 0.1 g/L,处理时间为 3 d。经复合澄清处理后,果酒中的总糖含量、乙醇度、滴定酸含量和有效酸度变化不显著,但是澄清处理对果酒中的总酚含量、花色苷含量和可溶性固形物含量的影响显著($P<0.05$)。HACC 和皂土作为复合澄清剂处理黑莓果酒,能显著提高果酒的热稳定性,从而提高了果酒品质的稳定性。

参考文献:

[1] Lambri M, Dordoni R, Silva A, et al. Effect of bentonite fining on odor - active compounds in two different white wine styles [J]. American Journal of Enology and Viticulture, 2010, 61 (2): 225 - 233.

[2] Sauvage F X, Bach B, Moutounet M, et al. Proteins in white wines: thermo - sensitivity and differential adsorption by bentonite [J]. Food Chemistry, 2010, 118 (1): 26 - 34.

[3] Hsu J A, Heatherbell D A. Heat - unstable proteins in wine. I. characterization and removal by bentonite fining and heat treatment [J]. American Journal of Enology and Viticulture, 1987, 38 (1):

处理对果酒中的总酚含量、花色苷含量和可溶性固形物含量的影响显著($P<0.05$)。酚类物质是果酒中一类重要组分,其对果酒的感观特性包括颜色、风味和口感等,具有重要贡献,同时也是引起果酒沉淀的一类重要的非生物因素^[20-22]。聚乙烯吡咯烷酮(PVPP)能够吸附酚类物质,在酿酒工业上被作为澄清剂,能够降低果酒的浑浊,这表明酚类化合物在果酒沉淀中扮演重要角色^[23]。以上结果表明,复合澄清剂能够很好地去除果酒中导致沉底的酚类物质,进而达到果酒澄清的目的。

2.4 澄清剂处理前后的热稳定性

将经过复合澄清剂处理的黑莓果酒放置不同的时间,测定其热稳定性,具体结果见表 6。经复合澄清剂处理后的黑莓果酒的热稳定性要明显优于未经处理的,没有经过澄清处理的黑莓果酒在热处理(70 ℃)后, $\Delta D_{540\text{ nm}}$ 随着时间的延长而增大。当储存时间为 12 个月时,澄清处理后果酒的 $\Delta D_{540\text{ nm}}$ 为 0.002。Marangon 等的研究表明,果酒经过热处理之后, $\Delta D_{540\text{ nm}}$ 值小于 0.02,则认为果酒的澄清度是稳定的,不会产生浑浊或沉淀^[24]。由此可见,黑莓果酒经过 HACC 和皂土复合澄清处理后,能保持良好的澄清稳定性。

11 - 16.

[4] Lamikanra O, Inyang I D. Temperature influence on Muscadine wine protein - characteristics [J]. American Journal of Enology and Viticulture, 1988, 39: 113 - 116.

[5] 牛广财, 范兆军, 杨宏志, 等. 沙棘果酒澄清及非生物稳定性的研究 [J]. 中国酿造, 2009 (9): 68 - 72.

[6] Vanrell G, Canals R, Esteruelas M, et al. Influence of the use of bentonite as a riddling agent on foam quality and protein fraction of sparkling wines (Cava) [J]. Food Chemistry, 2007, 104 (1): 148 - 155.

[7] 李维新, 林晓姿, 何志刚, 等. 枇杷果酒澄清与稳定性研究 [J]. 酿酒科技, 2005 (7): 62 - 64.

[8] Pantelidis G E, Vasilakakis M, Manganaris G A, et al. Antioxidant capacity, phenol, anthocyanin and ascorbic acid contents in raspberries, blackberries, red currants, gooseberries and Cornelian cherries [J]. Food Chemistry, 2007, 102 (3): 777 - 783.

[9] Bowen - Forbes C S, Zhang Y J, Nair M G. Anthocyanin content, antioxidant, anti - inflammatory and anticancer properties of blackberry and raspberry fruits [J]. Journal of Food Composition and Analysis, 2010, 23 (6): 554 - 560.

[10] 王毓宁, 李鹏霞, 胡花丽, 等. 全天然黑莓果酒加工工艺的研究 [J]. 酿酒, 2008, 35 (6): 91 - 93.

[11] 沈凯娇, 马永昆, 魏本喜, 等. 2 种葡萄酒酵母发酵黑莓酒的降酸效果研究 [J]. 中国酿造, 2010 (3): 92 - 95.

[12] 张丽霞, 周剑忠, 刘红锦, 等. 双酶水解制备黑莓澄清汁的工艺优化 [J]. 农业工程学报, 2010, 26 (10): 372 - 376.

吴 龙, 蓝周煥, 张汉千, 等. 不同类型土壤养分区域对烟叶工业可用性的影响[J]. 江苏农业科学, 2019, 47(17): 213–218.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2019.17.053

不同类型土壤养分区域对烟叶工业可用性的影响

吴 龙¹, 蓝周煥¹, 张汉千¹, 范启福², 高友峰², 林清通², 江桂英², 廖才莲², 陈郑盟¹

(1. 福建省烟草公司龙岩市公司, 福建龙岩 364000; 2. 福建省龙岩市烟草公司上杭分公司, 福建上杭 364200)

摘要:土壤养分状况对烟叶质量的形成有重要影响。福建省龙岩市作为武夷丘陵清甜蜜甜香型烟叶典型产区, 明确其不同类型土壤养分区域烟叶质量与工业可用性的关系, 对实现龙岩烟叶精准收购与调拨具有重要指导意义。通过对龙岩市上杭县所辖 22 个乡(镇)的土壤取样分析后发现: 上杭县土壤 pH 值较低, 有机质含量丰富, 碱解氮含量偏高, 有效磷含量中等, 速效钾含量偏低; 进一步通过系统聚类分析法将上杭县所有乡(镇)分为 7 个不同类型土壤养分区域, 并以其对口烟叶调拨工业企业安徽中烟烟叶质量评价方法对前 3 种主要类型土壤养分区域 2014—2018 年所产烟叶的外观质量、感官品质、化学成分等进行评分后发现: 3 种主要类型土壤养分区域烟叶质量综合得分均较高, 且 II 类土壤 > III 类土壤 > I 类土壤。因此, II 类土壤养分区域为该企业烟叶调拨最适宜区、III 类土壤养分区域为适宜区、I 类土壤养分区域为较适宜区; 同时, 该烟区除了做好稳定 II 类土壤养分区域烟叶收购调拨工作水平以外, 还要针对 I 类和 III 类土壤养分区域土壤碱解氮含量偏高、速效钾含量偏低的特点, 在田间施肥方面可以适当采取控氮补钾措施, 以逐步提高该类型土壤养分区域所产烟叶对相关工业的可用性。

关键词:土壤养分区域; 烟叶质量; 工业可用性; 收购调拨

中图分类号:S572.06 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2019)17-0213-06

土壤养分是生产优质烟叶的重要影响因素之一, 与烟叶品质的形成紧密相关。研究不同类型区域土壤养分状况及其与经济性状和烟叶质量的关系对农、工、商三方共建“全收、全调、全用”优质烟叶生产基地单元具有推进作用。近年来, 对我国各烟区土壤养分状况及其与烟叶质量关系的研究较

多^[1-5], 但相关研究多以改良省级或地市级烟区植烟土壤养分不均衡目的为主, 针对提升基层优质烟叶生产基地单元不同类型土壤养分区域对烟叶工业可用性影响的研究还鲜有报道。

福建省龙岩市作为武夷丘陵清甜蜜甜香型烤烟的典型产区, 其烟叶以独特的清香风格深受全国各家卷烟工业企业的喜爱。自 2010 年起, 安徽中烟工业有限责任公司以龙岩市上杭县庐丰乡(上杭县最大种烟乡镇)为中心, 涵盖周边所有相邻连片区域乡镇, 建立“安徽中烟—上杭庐丰”国家级现代烟草农业基地单元, 具体下辖庐丰畚族乡、蓝溪镇、溪口乡等 9 个乡镇, 年均调拨烟叶 3.5×10^6 kg 左右。

收稿日期: 2019-06-22

基金项目: 福建省烟草公司龙岩市公司科技项目(编号: 201906)。

作者简介: 吴 龙(1989—), 男, 浙江杭州人, 农艺师, 主要从事烟叶购销及原烟产品品质研究。E-mail: 923919746@qq.com。

通信作者: 陈郑盟, 硕士, 农艺师, 主要从事农业信息化研究。

E-mail: rei_shadow@126.com。

[13] 王 英, 周剑忠, 黄开红, 等. 皂土在黑莓果酒澄清中的应用研究[J]. 中国酿造, 2012(8): 47–51.

[14] 王 芳, 邓 启, 段伟丽, 等. 响应面法优化复合澄清剂对蓝莓果酒的澄清效果[J]. 中国食品学报, 2016, 16(8): 149–158.

[15] 梁冬梅, 李记明, 林玉华. 分光光度法测葡萄酒的色度[J]. 中外葡萄与葡萄酒, 2002(3): 9–10, 13.

[16] Pocock K F, Rankine B C. Heat test for detecting protein instability in wine[J]. Australian Wine Brewing Spirit Review, 1973, 91: 42–43.

[17] Bfntsis T, Robinson R K. A study of the effects of adjunct cultures on the aroma compounds of Feta-type cheese[J]. Food Chemistry, 2004, 88(3): 435–441.

[18] Singleton V I, Rossi J A. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents[J]. American Journal of Enology and Viticulture, 1965, 16(3): 144–158.

[19] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局, 中国国家标准化管理委员会. 葡萄酒 果酒通用分析方法: GB/T 15038—2006[S].

[20] Chagas R, Lourenço A M, Monteiro S, et al. Is caffeic acid, as the major metabolite present in Moscatel wine protein haze hydrolysate, involved in protein haze formation? [J]. Food Research International, 2017, 98: 103–109.

[21] Esteruelas M, Kontoudakis N, Gil M, et al. Phenolic compounds present in natural haze protein of Sauvignon white wine[J]. Food Research International, 2011, 44(1): 77–83.

[22] Pocock K F, Alexander G M, Hayasaka Y, et al. Sulfate – a candidate for the missing essential factor that is required for the formation of protein haze in white wine[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2007, 55(5): 1799–1807.

[23] Sarmiento M R, Oliveira J C, Slatner M, et al. Influence of intrinsic factors on conventional wine protein stability tests [J]. Food Control, 2000, 11(6): 423–432.

[24] Marangon M, Vincenzi S, Lucchetta M, et al. Heating and reduction affect the reaction with tannins of wine protein fractions differing in hydrophobicity [J]. Analytica Chimica Acta, 2010, 660(1/2): 110–118.