

电场对无定型橡木陈酿白兰地的影响

张斌¹, 曾新安²

(1. 惠州学院生命科学系, 广东惠州 516007) (2. 华南理工大学轻工与食品学院, 广东广州 510640)

摘要: 本文研究了电场辅助无定型橡木陈酿白兰地中多酚类物质的含量变化情况。为了加快无定型橡木制品中白兰地陈酿的物理和化学反应速率, 缩短白兰地的陈酿周期, 研究了通过电场强化无定型橡木陈酿白兰地的陈酿过程, 分析了多酚类物质随陈酿时间的变化规律。采用福林酚试剂法测定总酚和单宁; 采用香草醛-盐酸法测定缩合单宁; HPLC 法测定易挥发酚类物质。结果显示, 采用电场强化技术对橡木进行处理, 发现电场处理样的单宁及总酚含量都明显高于同期同容积自然陈酿样, 浸泡橡木粉的电场处理样的总酚、总单宁含量比自然陈酿样在 10 d 时含量分别提高了 10.03%、23.62%; 浸泡橡木片时分别提高了 18.41%、14.04%; 浸泡橡木丁时分别提高了 5.03%、9.70%; 浸泡橡木块时分别提高了 5.71%、20.03%。研究表明, 电场作用可以明显促进白兰地对橡木中多酚类物质的提取, 提升白兰地品质。

关键词: 白兰地; 无定型橡木; 电场; 陈酿

文章编号: 1673-9078(2016)2-93-99

DOI: 10.13982/j.mfst.1673-9078.2016.2.015

Effect of Electric Field on Amorphous Oak-aged Brandy

ZHANG Bin¹, ZENG Xin-an²

(1. Department of Life Science, Huizhou University, Huizhou 516007, China)

(2. College of Light Industry and Food Engineering, South China University of Technology, Guangzhou 510640, China)

Abstract: The changes in the content of polyphenols during electric field (EF)-assisted aging of brandy with amorphous oak were investigated in this study. To accelerate the physical and chemical reactions of brandy in amorphous oak and to shorten the maturation process, the aging process of brandy in amorphous oak enhanced by EF was studied, and the variations of polyphenol content over aging time were analyzed. The content of total phenols and tannins was determined by the Folin-Ciocalteu method; the content of condensed tannins was determined by vanillin-hydrochloric acid method and those of volatile phenols were determined by high-performance liquid chromatography (HPLC). The results showed that the content of total phenols and tannins of EF-treated oak samples was significantly higher than in untreated samples with the same aging period and volume. The content of total phenols in the EF-treated brandy sample aged with oak powder for 10 days was 10.03%, 18.41%, 5.03%, and 5.71% higher than in the control sample aged with oak powder, oak chips, oak cubes, and oak blocks, respectively. The content of total tannins in the EF-treated brandy sample aged with oak powder for 10 days was 23.62%, 14.04%, 9.70%, and 20.03% higher than in the control sample aged with oak powder, oak chips, oak cubes, and oak blocks, respectively. This study indicates that the extraction efficiency of polyphenol compounds from amorphous oaks can be enhanced by EF, thus improving the brandy quality.

Key words: brandy; amorphous oak; electric field; aging

白兰地因从橡木桶或橡木片等橡木制品中提取了多酚类物质, 而具有了诱人的琥珀色和典型的橡木香。白兰地中的多酚类物质对人体具有极好的保健功效, 可以清除体内有害自由基, 阻断脂质过氧化过程, 提高体内酶的活性, 起到防突变、抗癌症、降血脂、预防冠状动脉粥样硬化和心血管疾病等功效。橡木成分中约含有 30% 的木质素和 15% 的单宁, 其中单宁主

收稿日期: 2015-03-17

基金项目: 国家自然科学基金 (21376094); 中国博士后科学基金 (2013M542181)

作者简介: 张斌 (1979-), 男, 博士, 讲师, 研究方向: 葡萄酒酿造和物理场催陈

要存在于木质的薄壁组织细胞和细胞的间隙里。橡木白兰地陈酿时, 木质素成分可降解为香草醛、丁子香酚、愈创木酚及衍生物等多酚, 细胞间隙里的单宁可容易被浸出来, 但是组织细胞中的较难浸出到白兰地中^[1-2]。

传统的特级白兰地在橡木桶中至少要陈酿 6 年以上, 一些著名品牌的特级白兰地存放高达 15 年以上, 除了首次购置橡木桶的高昂费用外, 还需建立庞大的地下酒窖, 酒窖需要专人日常管理, 木桶需要维护, 旧桶要淘汰更新, 酒在贮存期间由于挥发和渗漏而导致一定的损耗, 从而使白兰地的生产成本颇高, 阻碍了白兰地产业的发展^[3-4]。

近些年,用橡木粉、橡木片、橡木丁和橡木块等无定型橡木取代橡木桶陈酿白兰地成为了果酒行业常用的技术。无定型橡木与白兰地的接触表面积较大,萃取效率相对较高,而且价格相对便宜,可以在一定程度上降低白兰地的生产成本。但是,无定型橡木自然陈酿白兰地过程中化学反应较为缓慢,不利于发生酯化和缩合等化学反应生成香气物质,同时白兰地对橡木中多酚类物质的萃取效率较低,导致白兰地中的多酚类物质含量不够丰富,影响了白兰地的品质。目前国内外学者主要集中在对无定型橡木自然陈酿果酒方面的研究,鲜见采用电场强化无定型橡木陈酿白兰地方面的研究。

为了提升白兰地对橡木中酚类物质的提取效率,增加具有抗氧化活性多酚类物质含量,缩短陈酿时间,降低生产成本,本实验选取了法国中度烘烤的无定型橡木(橡木粉、橡木片、橡木丁和橡木块)进行外加电场促进陈酿研究,考察了白兰地在电场作用下多酚类物质随陈酿时间的变化情况。

1 材料与方法

1.1 原料

1.1.1 实验材料

酒精度为 55% 的原白兰地由云南太阳魂酒业有限公司提供。法国中度烘烤的无定型橡木分别为橡木粉 40 目、橡木片(0.50~1) mm×(0.10~0.20) mm、橡木丁(1~2) mm×0.80 mm×0.80 mm、橡木块 5.20 mm×2.80 mm×0.70 mm。原花青素、香草醛、丁香醛、原儿茶酸、没食子酸、愈创木酚、4-甲基愈创木酚、4-乙基愈创木酚、4-乙基苯酚、顺(反)式橡木内酯、单宁酸及甲醇均为色谱纯;氢氧化钠、盐酸、甲酸及乙酸乙酯均为分析纯

1.1.2 主要仪器设备

Waters2998 型高效液相色谱仪、UV1810 型紫外分光光度计

1.2 实验方法

1.2.1 电场装置

本实验电场装置主要包括电磁场调控组件和催陈处理室,装置示意图见图 1。

图 1 中电极板的长宽为 35 cm×40 cm,玻璃室的长度 d_1 为 27 cm,玻璃室的侧壁厚度 d_0 为 0.2 cm,侧壁与电极板的距离 d_2 为 0.3 cm。场强计算公式如下^[5]:

$$2E_0d_0+E_1d_1+2E_2d_2=U \quad (1)$$

$$E_0\varepsilon_0=E_1\varepsilon_1=E_2\varepsilon_2 \quad (2)$$

其中, ε_1 是白兰地中的介电常数, ε_2 为空气的介电常数, ε_0 为玻璃的介电常数,当温度为 15 ℃~20 ℃时, ε_1 、 ε_2 和 ε_0 的取值分别为 33.0、1.0 和 2.0^[6,7]。经计算,当电压 U 为 50 kV 时,玻璃室中白兰地的实际电场强度为 1 kV/cm。

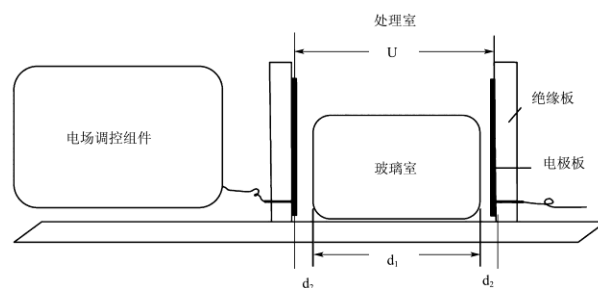


图 1 电场处理装置示意图

Fig.1 Schematic diagram of EF treatment system

准确称取橡木粉、橡木片、橡木丁及橡木块各 4 g/L,分别置于装有 500 mL 原白兰地的玻璃处理室中,密封,每天定期摇匀,电场处理中两电极板间的电场强度为 1 kV/cm,待处理的白兰地酒置于玻璃室中接受处理,电场处理时间为每天早 8 点至晚 8 点,温度控制在 15 ℃~20 ℃。每个酒样各 3 个平行样,陈酿时间为 35 d,每 5 d 进行一次指标检测。

1.2.2 样品前处理^[4,8]

取 25 mL 初始 pH 值为 4.75 的酒样,用 1 mol/L 氢氧化钠调 pH 值至 7.0,加乙酸乙酯萃取 3 次,有机相真空浓缩至干,加 5 mL 甲醇溶解,此为中性酚。余下的水相用 1 mol/L 盐酸调 pH 值至 2.00,加乙酸乙酯萃取 3 次,有机相浓缩至干后加 5 mL 浓度为 2 mol/L 的盐酸置沸水浴水解 1 h,冷却后再用乙酸乙酯萃取,有机相浓缩至干,加 5 mL 甲醇溶解,此为酸性酚。中性酚和酸性酚经 0.45 μm 滤膜过滤后进液相。根据保留时间定性,外标峰面积法定量。

1.2.3 高效液相色谱条件

色谱柱为 Waters Atlantis C18 柱。流动相: A 为 0.1% 甲酸水溶液, B 为 80% 甲醇(含甲酸 0.10%)。进样量为 20 μL;流速为 1 mL/min;检测波长为 280 nm。

1.2.4 其它测定方法

总单宁和总酚测定方法^[9]: 福林酚试剂法和分光光度法。

缩合单宁(原花青素)测定方法^[10]: 香草醛-盐酸法。

1.3 数据统计分析

实验数据平行测定三次,以平均值±SD 表示,其中,方差分析采用 SPSS 17.0 软件处理,显著性检验采用邓肯多重比较法。

2 结果与讨论

2.1 电场处理对单宁总量的影响

单宁是一种多酚类物质,分为水解单宁和缩和单宁,两者常共存。单宁是一种带负电荷的活性分子,单宁分子和唾液蛋白质能发生反应,使口腔表层产生一种收敛性的触感,水解单宁的收敛性与疏水基含量直接相关,缩合单宁的收敛性与其聚合程度有关。单宁通过聚合、缩合反应与多糖、多肽等物质形成缩合单宁,缩合单宁的聚合度达到 10 以上时丧失与蛋白质结合的能力,从而失去收敛性,使酒体变得更加柔和,在缩合状态下,花色苷的颜色更深更稳定^[11~13]。

浸泡各种无定形橡木的陈酿酒样随陈酿时间的总单宁含量变化见图 2。

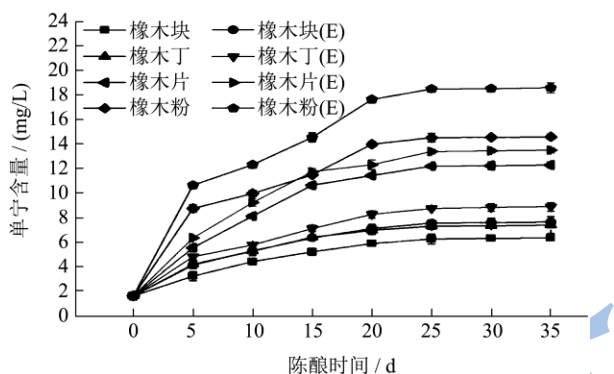


图 2 不同橡木制品浸泡白兰地酒中总单宁含量变化

Fig.2 Variation in the content of tannins in brandy with various oak materials

从图 2 可以看出,无论自然陈酿样还是电场处理样,白兰地的单宁含量随贮存时间的增加均呈现递增的趋势,但是电场处理样的单宁含量均要高于同期的自然陈酿样。浸泡橡木粉的电场处理样的单宁含量比自然陈酿样在 10、20 及 30 d 时含量分别提高了 23.62%、26.21%及 27.40%;浸泡橡木片时分别提高了 14.04%、7.51%及 10.03%;浸泡橡木丁时分别提高了 9.70%、18.62%及 20.40%;浸泡橡木块时分别提高了 20.03%、21.01%及 20.50%。由此可见,经电场处理可明显提高白兰地对橡木制品中单宁的提取速率,促进单宁的溶出。

不同橡木制品的单宁溶出速率不同,例如陈酿 15 天时,浸泡橡木粉、橡木片、橡木丁及橡木块的自然陈酿样中单宁含量分别为 11.48 mg/L、10.62 mg/L、6.38 mg/L 及 5.19 mg/L;电场处理样的单宁含量分别为 14.55 mg/L、11.73 mg/L、7.10 mg/L 及 6.33 mg/L。可见,4 种橡木制品的单宁溶出速率大小分别为橡木粉>橡木片>橡木丁>橡木块,这是因为四种橡木制

品与酒体的接触表面积依次减少,故单宁的溶出速率也依次减少。

2.2 电场处理对缩合单宁总量的影响

电场处理对白兰地中缩合单宁含量的变化影响见图 3。

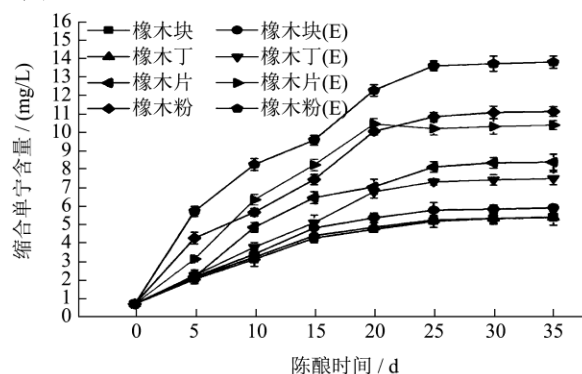


图 3 不同橡木制品浸泡白兰地酒中缩合单宁的含量变化

Fig.3 Variation in the content of condensed tannins in brandy with various oak materials

从图 3 可以看出,电场处理样的缩合单宁含量均比自然陈酿样在同期含量要高。浸泡橡木粉的电场处理样的缩合单宁含量比自然陈酿样在 10、20 及 30 天时含量分别提高了 45.61%、22.20%及 23.82%;浸泡橡木片时分别提高了 30.61%、48.20%及 23.62%;浸泡橡木丁时分别提高了 17.03%、39.71%及 39.10%;浸泡橡木块时分别提高了 9.31%、13.02%及 9.60%。由此可见,电场作用明显促进了白兰地中缩合单宁的生成。电场作用促进了缩合单宁氧化、聚合及缩合等反应,促进了 3-黄烷醇和 3,4-黄烷二醇等缩合单宁的前提物质向缩合单宁的转化^[12,13]。

不同形状的橡木制品的单宁溶出速率也不同,例如,陈酿 15 d 时,浸泡橡木粉、橡木片、橡木丁及橡木块的自然陈酿样中单宁含量分别为 7.45 mg/L、6.47 mg/L、4.41 mg/L 及 4.28 mg/L;电场处理样的单宁含量分别为 9.59 mg/L、8.24 mg/L、5.12 mg/L 及 4.83 mg/L。可见,与酒体的接触表面积越大,对缩合单宁的生成越有利。

2.3 电场处理对总酚的影响

白兰地中的总酚类物质主要来自于对橡木成分的萃取,由于更容易被氧化,可以防止其它物质被氧化。浸泡各种无定形橡木的陈酿酒样随时间的总酚含量变化见图 4。

从图 4 中可看出,随贮存时间的增加,自然陈酿样及电场处理样的总酚含量均呈逐渐增加的趋势,在陈酿至 25 d 时总酚含量基本达到峰值,电场处理样的

总酚含量要高于同期对照的自然陈酿样。由此可见, 电场处理提高了白兰地中总酚的含量, 这表明电场处理会对白兰地从橡木中提取总酚物质起到有效促进作用。

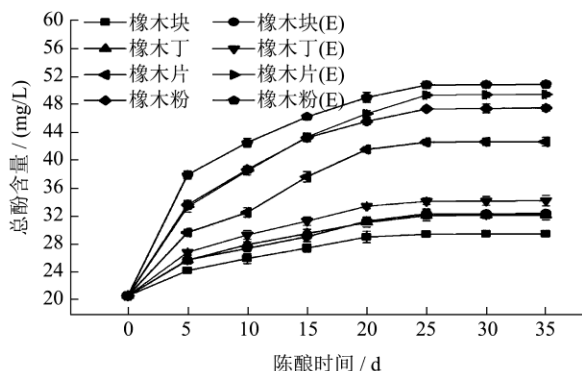


图4 不同橡木制品浸泡白兰地酒中总酚含量变化

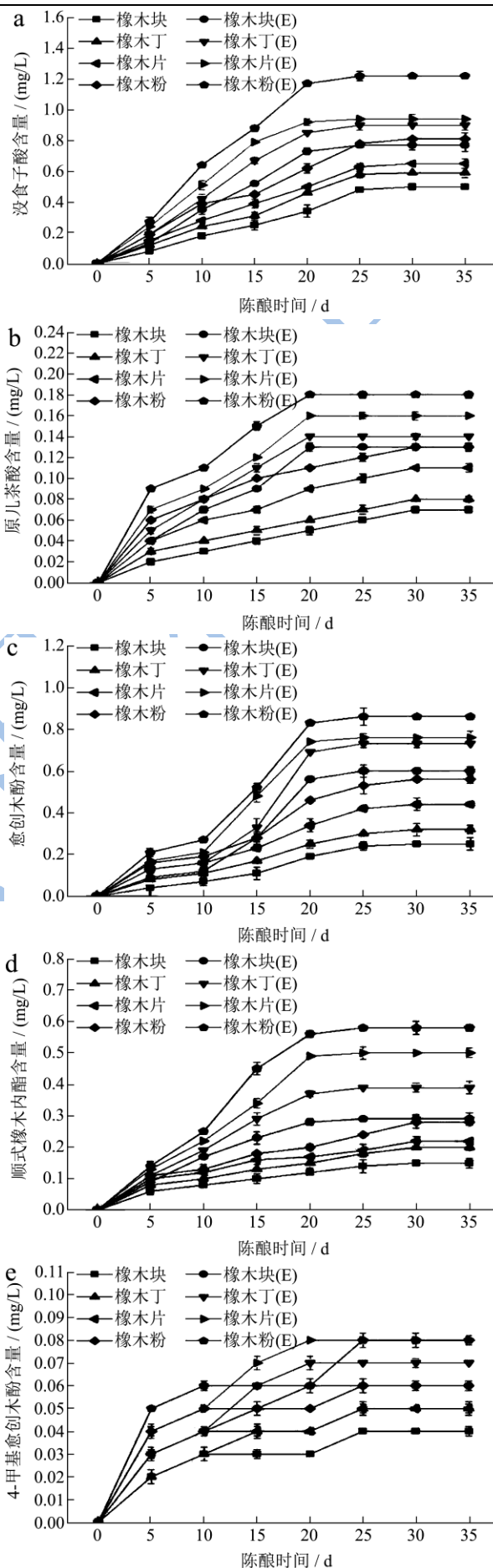
Fig.4 Variation in the content of total phenols in brandy with various oak materials

浸泡橡木粉的电场处理样的总酚含量比自然陈酿样在 10、20 及 30 d 时含量分别提高了 10.03%、7.60% 及 7.20%；浸泡橡木片时分别提高了 18.41%、12.22% 及 15.80%；浸泡橡木丁时分别提高了 5.03%、7.60% 及 6.42%；浸泡橡木块时分别提高了 5.71%、7.92% 及 9.90%。由此可见, 电场处理可提高白兰地对橡木制品中总酚的提取速率, 促进总酚的溶出。

不同形状的橡木制品的总酚溶出速率也不同, 例如陈酿 15 d 时, 浸泡橡木粉、橡木片、橡木丁及橡木块的自然陈酿样中总酚含量分别为 43.19 mg/L、37.62 mg/L、29.48 mg/L 及 27.41 mg/L；电场处理样的总酚含量分别为 46.21 mg/L、43.29 mg/L、31.27 mg/L 及 29.03 mg/L。橡木制品与酒体的接触表面积越大, 越有利于总酚的溶出, 增加酒体中总酚的含量。

2.4 电场处理对易挥发酚类物质的影响

白兰地中的易挥发性酚类成分对酒体的香气非常重要, 其主要来自两个途径, 一是对橡木成分的提取, 二是来自于原白兰地。高质量的白兰地中已经检测出 300 多种香气成分, 其中没食子酸、原儿茶酸、阿魏酸、香草醛、丁香醛等是主要的挥发性成分, 主要来自于木质素的降解, 其中没食子酸、原儿茶酸及阿魏酸为酸性酚, 香草醛和丁香醛为中性酚^[13-16]。本实验对没食子酸、原儿茶酸、香草醛、丁香醛、愈创木酚、4-甲基愈创木酚、4-乙基愈创木酚、4-乙基苯酚、顺式橡木内酯及反式橡木内酯共 10 种易挥发的酚类物质进行了定性及定量检测, 其中反式橡木内酯在各酒样中未检测到, 其余 9 种物质在浸泡不同橡木制品的白兰地中随陈酿时间的含量变化见图 5。



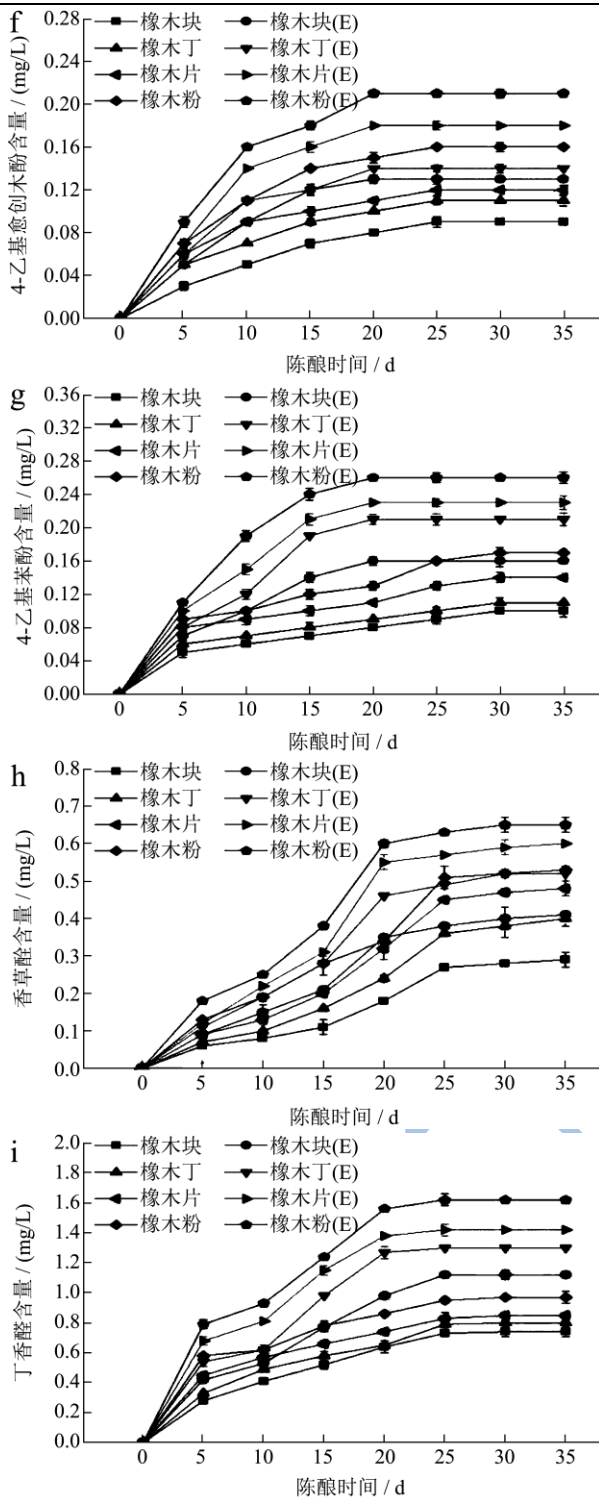


图5 易挥发酚类物质的含量变化

Fig.5 Variation in the content of volatile phenol compounds

注：(a) 没食子酸；(b)原儿茶酸；(c)愈创木酚；(d)顺式橡木内酯；(e)4-甲基愈创木酚；(f)4-乙基愈创木酚；(g)4-乙基苯酚；(h)香草醛；(i)丁香醛。

从图5中可以看出，9种酚类物质随陈酿时间均有增加的趋势，但有的物质是一直呈现递增的趋势，有的物质的趋势是先增加后不变。为了研究在陈酿过程中酚类物质之间的关联性，采用聚类分析方法对各

种酚类物质含量随陈酿时间的变化进行分析。由于不同种酚类物质的含量变化一般为不同数量级，故将所有酚类物质的含量进行无量纲处理，使其均在同一个以1为单位的数量级上。聚类图见图6。

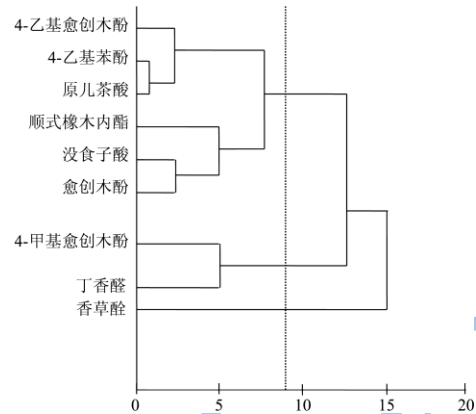


图6 酚类物质聚类图

Fig.6 Dendrogram of phenols

从图6的聚类全过程树形图可知，9种酚类物质可聚类分为三类(类间距为5)。

第一类包括：4-乙基愈创木酚、4-乙基苯酚、原儿茶酸、顺式橡木内酯、没食子酸和愈创木酚。

第二类包括：4-甲基愈创木酚和丁香醛。

第三类包括：香草醛。

第一类酚类物质的含量变化趋势为先增加后不变，其中电场处理样在20 d或25 d，而自然陈酿样在30 d达到峰值，且电场处理样的酚类物质含量要高于同期的自然陈酿样。例如，浸泡橡木粉的电场处理样的没食子酸含量比自然陈酿样在10、20及30 d时含量分别提高了64.13%、88.74%及50.60%；橡木片浸泡时分别提高了82.11%、84.02%及44.60%；橡木丁浸泡时分别提高了75.00%、84.80%及52.51%；橡木块浸泡时分别提高了94.45%、65.92%及54.03%。由此可见，电场处理可提高白兰地对橡木制品中没食子酸的提取速率，促进没食子酸的溶出。

第二类酚类物质的含量变化趋势为先增加后不变，其中电场处理样及自然陈酿样都在25 d达到峰值，且电场处理样的酚类物质含量要高于同期的自然陈酿样。例如，浸泡橡木粉的电场处理样的丁香醛含量比自然陈酿样在10、20及30 d时含量分别提高了50.01%、81.43%及67.40%；橡木片浸泡时分别提高了42.12%、86.53%及67.12%；橡木丁浸泡时分别提高了26.5%、95.4%及62.5%；橡木块浸泡时分别提高了29.3%、53.1%及51.4%。由此可见，电场处理提高了白兰地中丁香醛的含量，这表明电场处理会对白兰地从橡木中提取丁香醛起到有效促进作用。

第三类酚类物质的含量变化趋势为一直递增，电

场处理样的酚类物质含量相对同期的自然陈酿样的要高。例如, 浸泡橡木粉的电场处理样的香草醛含量比自然陈酿样在 10、20 及 30 d 时含量分别提高了 31.62%、76.51%及 25.02%; 橡木片浸泡时分别提高了 69.21%、71.93%及 25.54%; 橡木丁浸泡时分别提高了 90.03%、91.72%及 36.83%; 橡木块浸泡时分别提高了 87.54%、94.41%及 42.92%。可见, 电场处理提高了白兰地中香草醛的含量。

白兰地中来自于橡木的多酚物质主要是橡木中木质素的降解和小分子酚类物质的溶出。外加电场作用下, 高压电场作用力会加速橡木中木质素的降解, 增加可溶出的酚类物质质量; 同时会使橡木细胞的细胞壁破裂, 造成细胞膜的电位发生紊乱, 细胞膜的通透性增大, 促使橡木中的多酚细胞组分流出到橡木与酒体的固液界面。外加电场向酒体中施加的能量可加速酒体中溶质分子的跃迁频率, 分子的激活熵被提高, 提高了扩散过程中分子的自由度, 加快了分子的扩散速度, 使传质过程中的活化能降低, 在外界温度不变的情况下, 分子的扩散系数取决于溶剂的活化能, 活化能越小, 扩散系数越大, 从而使酚类物质从固液界面向白兰地中扩散溶解的速度加快, 增加了酒体中酚类物质的含量。同时, 电场可加速分子的布朗运动, 提高分子间的有效碰撞, 加速单宁等酚类分子之间的缩合和缔合等化学反应的进行, 从而使缩合单宁等酚类物质含量增加^[17-19]。

3 结论

3.1 随着陈酿时间的延长, 浸泡橡木粉、橡木片、橡木丁及橡木块的白兰地陈酿样的酚类物质含量都呈现递增的趋势, 电场处理样的酚类物质含量明显高于同期的自然陈酿样。浸泡橡木粉的电场处理样的总酚、总单宁、缩合单宁含量比自然陈酿样在 10 d 时含量分别提高了 10.03%、23.62%、45.61%; 浸泡橡木片时分别提高了 18.41%、14.04%、30.61%; 浸泡橡木丁时分别提高了 5.03%、9.70%、17.03%; 浸泡橡木块时分别提高了 5.71%、20.03%、9.31%。由此可见, 电场处理可提高白兰地对橡木制品中酚类物质的提取速率, 促进酚类物质的溶出, 改善白兰地的口感, 提高酒的品质。

3.2 浸泡橡木粉的电场处理样的总酚含量比浸泡橡木片、橡木丁和橡木块在 10 d 时分别提高了 10.48%、45.05%和 55.34%; 而总单宁含量在 10 天时分别提高了 33.26%、113.91%和 133.39%。可见, 采用浸泡橡木粉的方法比浸泡橡木片、橡木丁及橡木块的方法更有利于提升酒体中酚类物质含量, 但使用各种处理方

法后均需采用膜滤等分离方法对酒体进行澄清处理。本实验装置成本较低, 操作灵活, 安全无污染, 可以根据不同生产规模调整处理量, 故非常适合企业的工业化生产。

参考文献

- [1] Arapitsas P, Antonopoulos A, Stefanou E, et al. Artificial aging of wines using oak chips [J]. Food Chemistry, 2004, 86: 563-570
- [2] Alamo MD, Sanza I, Nevares Dominguez. Wine aging in bottle from artificial systems (staves and chips) and oak woods Anthocyanin composition [J]. Analytica Chimica Acta, 2006, 563:255-263
- [3] Sanza MDA, Domínguez IN, Cácel LMC, et al. Analysis for low molecular weight phenolic compounds in a red wine aged in oak chips [J]. Analytica Chimica Acta, 2004, 513: 229-237
- [4] 孙翔宇, 杜国荣, 马婷婷, 等. RP-HPLC 法同时测定葡萄酒、果酒、果醋中 16 种单体酚的含量[J]. 现代食品科技, 2014, 30(12): 201-209
SUN Xiang-yu, DU Guo-rong, MA Ting-ting, et al. Simultaneous determination of the contents of 16 types of monophenols in wine, fruit wine, and fruit vinegar by RP-HPLC [J]. Modern Food Science and Technology, 2014, 30(12): 201-209
- [5] Zhang B, Zeng X A, Lin W T, et al. Effects of electric field treatments on phenol compounds of brandy aging in oak barrels [J]. Innovative Food Science and Emerging Technology, 2013, 20: 106-114
- [6] Zeng X A, Yu S J, Zhang L, et al. The effects of AC electric field on wine maturation [J]. Innovative Food Science and Emerging Technologies, 2008, 9: 463-468.
- [7] Puñrolas E, López N, Condón S, et al. Potential applications of PEF to improve red wine quality [J]. Trends in Food Science & Technology, 2010, 21(5):247-255.
- [8] 孙翔宇, 杜国荣, 马婷婷, 等. 陕西省售国产葡萄酒中多酚类物质的特征与抗氧化能力分析[J]. 现代食品科技, 2014, 30(8): 242-250
SUN Xiang-yu, DU Guo-rong, MA Ting-ting, et al. Polyphenol composition and antioxidant activity of domestic wines from Shaanxi province [J]. Modern Food Science and Technolog, 2014, 30(8):242-250
- [9] 卜彦花, 周娜娜, 王春悦, 等. 福林酚试剂法和紫外分光光度法测定冬枣多酚含量的比较研究[J]. 中国农学通报, 2012, 28(1):212-217

- PU Yan-hua, ZHOU Na-na, WANG Chun-yue, et al. Comparative study on determination of total phenolics content of jujube fruit with FC and UV-spectrophotometric method [J]. Chinese Agricultural Science Bulletin, 2012, 28(1): -217
- [10] 李春阳,许时婴,王璋.低浓度香草醛-盐酸法测定葡萄籽、梗中原花青素含量的研究[J].食品工业科技,2004,25(4): 128-130
- LI Chun-yang, XU Shi-ying, WANG Zhang. Vanillin-HCl assay for the proanthocyanidins content of grape seed and stem [J]. Science and Technology of Food Industry, 2004, 25(4): 128-130
- [11] Puátolas E, Saldna G, Condon S, et al. Evolution of polyphenolic compounds in red wine from Cabernet Sauvignon grapes processed by pulsed electric fields during aging in bottle [J]. Food Chemistry, 2010, 119(3): 1063-1070
- [12] Wang J, Guan Y G, Yu S J, et al. Study on the maillard reaction enhanced by pulsed electric field in a glycin-glucose model system [J]. Food and Bioprocess Technology, 2011, 4 (3): 469-474
- [13] Chassagne D, Guilloux-Benatier M, Alexandre H, et al. Sorption of wine volatile phenols by yeast lees [J]. Food Chemistry, 2005, 91(1): 39-44
- [14] Alanon M E, Diaz-Maroto M C, Perez-Coello M S. Analysis of volatile composition of toasted and non-toasted commercial chips by GC-MS after an accelerated solvent extraction method [J]. International Journal of Food Science and Technology, 2012, 47: 816-826
- [15] Canas S, Caldeira I, Belchior A P. Extraction/oxidation kinetics of low molecular weight compounds in wine brandy resulting from different ageing technologies [J]. Food Chemistry, 2013, 138, 2460-2467
- [16] Gordillo B, Cejudo-Bastante M J, Francisco J, et al. Application of the differential colorimetry and polyphenolic profile to the evaluation of the chromatic quality of Tempranillo red wines elaborated in warm climate. Influence of the presence of oak wood chips during fermentation [J]. Food Chemistry, 2013, 141: 2184-2190
- [17] Gortzi O, Metaxa X, Mantanis G, et al. Effect of artificial ageing using different wood chips on the antioxidant activity, resveratrol and catechin concentration, sensory properties and colour of two Greek red wines [J]. Food Chemistry. 2013, 141: 2887-2895
- [18] 刘克放,李云,杨星,等.高强脉冲电场对维生素 C 的影响研究 [J]. 现代食品科技, 2009, 25(7): 738-740
- LIU Ke-fang, LI Yun, YANG Xing, et al. Effect of high intensity pulsed electric fields on vitamin C content in orange juice [J]. Modern Food Science and Technology, 2009, 25(7): 738-740
- [19] Zhang B, Zeng X A, Sun D W, et al. Effect of electric field treatments on brandy aging in oak barrels [J]. Food and Bioprocess Technology. 2013, 6(7): 1635-1643