

不同酿造工艺对树莓干酒香气成分的影响

房玉林^a,赵现华^b,张 昂^a,宋建强^a,张 莉^a,薛 飞^a,王 华^a

(西北农林科技大学 a. 葡萄酒学院, b. 园艺学院, 陕西 杨凌 712100)

【摘 要】 【目的】为树莓加工工艺的改进及树莓酒质量的提高提供理论依据。【方法】采用传统工艺和CO₂浸渍工艺,进行小容器树莓干酒的酿造,并利用GC/MS技术对2种工艺条件下生产的树莓酒的香气成分进行了研究。【结果】2种工艺酿造的树莓原酒中共得到48种香气物质,其中36种非两者共有,占总香气物质类型的75%,产生了非常明显的香气差异;传统工艺酿造的原酒出现了33种香气化合物,CO₂浸渍工艺酿造的原酒中有27种化合物生成。经过陈酿,传统工艺和CO₂浸渍工艺处理的酒中分别出现了22和31种新的呈香物质,2种陈酿酒中共有39种香气物质,其中有21种是两者共有的。【结论】与传统工艺相比,CO₂浸渍酿造的酒更适合于贮藏陈酿,陈酿过程有利于树莓酒香气的成熟与改善,香气变得更加丰富和成熟。

【关键词】 树莓干酒;酿造工艺;香气成分;CO₂浸渍发酵;GC/MS法

【中图分类号】 TS261.7

【文献标识码】 A

【文章编号】 1671-9387(2008)11-0197-06

Effect of different brewing technologies on Aroma components of raspberry dry wine

FANG Yu-lin^a, ZHAO Xian-hua^b, ZHANG Ang^a, SONG Jian-qiang^a,
ZHANG Li^a, XUE Fei^a, WANG Hua^a

(a. College of Enology, b. College of Horticulture, Northwest A&F University, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract: 【Objective】 The study aimed to provide a theoretical basis to improve the processing technology of raspberry and the quality of raspberry liquor. 【Method】 In this research, dry wines of raspberry were made through two different processes: traditional process and CO₂ soaking process. Then the aromas of raspberry and the wines made from it were detected with GC/MS. 【Result】 About 48 kinds of aroma components were found in two raw wines, and 75% were different from each other, which resulted in the difference of aroma distinctively. In the wine made by traditional process, there were 33 kinds of components, and 27 ones in the wine with CO₂ soak methods. During the aging, 22 and 31 kinds of new aroma components were found in the two kinds of wines respectively, and 21 kinds of the newly found aroma components were the same. The difference of aromas between the raw and aged wine was obvious. It indicated that aging treatment could improve the quality of wines. 【Conclusion】 Compared with the traditional process, CO₂ soak process could produce some special changes during the aging, which made the wine mature and typical. The result of this research could supply theoretical principle for the processing of raspberry.

Key words: raspberry dry wine; brewing technology; aroma component; carbonic maceration; GC/MS

树莓(Raspberries)为蔷薇科(Rosaceal)悬钩子 属(*Rubus*)多年生落叶果树,为常绿灌木或小乔木。

* [收稿日期] 2007-11-09

[基金项目] 国家自然科学基金项目(30571281);国家科技成果重点推广项目(2004EC000317);西北农林科技大学青年学术骨干基金项目

[作者简介] 房玉林(1973—),男,河南兰考人,副教授,博士,主要从事葡萄和葡萄酒研究。E-mail: fangyulin1973@yahoo.com.cn

树莓类群根据果实的颜色分为红树莓、黄树莓、黑树莓和紫树莓 4 类。其共同特点是果实成熟时,核果与花托分离成一个帽状果实。由于其色泽诱人、风味独特、营养丰富,故被称作第三代新兴水果。树莓果实除鲜食外,还可制作饮料、果酒、果酱、糕点、糖果、奶制品、茶饮等多种食品^[1-3]。树莓酒属于非粮食型与低度酒类,长期饮用能调整人体生理平衡,有益于身体健康。在国际市场上,树莓酒历来都十分名贵,是西方国家的高档果酒。可见,树莓果酒有很大的发展潜力^[4-5]。

风味成分是构成果酒质量的主要物质,酿造工艺是影响果酒香气的重要因素^[6-7]。目前,葡萄酒酿造中广泛采用的方法有 CO₂ 浸渍法、连续发酵法、旋转罐发酵法、热浸提工艺等。其中 CO₂ 浸渍发酵(Carbonic Maceration,简称 MC)是 Flanzy 于 1935 年提出的一种特殊酿造法^[8-9]。CO₂ 浸渍发酵与生产中广泛采用的传统工艺相比^[10-11],其产品色泽鲜艳,香气浓郁,口味丰满柔和,具有纯净优雅爽悦的口感,且酸度低、成熟快,富有新鲜悦人的果香味与醇美协调的酒香味,从而具有独特的风格。

截止目前,在树莓上已鉴定出 200 多种挥发物^[12],其组成以萜类为主,还含有一些酮、醛、酯和醇等成分。据报道,在树莓中含量最多的挥发物有苯甲醛、 α -蒎烯、 α -紫罗酮、 β -紫罗酮、 β -石竹烯、牛儿醇、 β -香叶烯、 γ -萜品烯、反式- β -罗勒烯、乙酸乙酯、庚酸乙酯、树莓酮、2-甲基丁醇等^[13-14]。树莓果实的香气物质有少数最后出现在陈酿酒中,多数在发酵和前期陈酿过程中聚合、分解,转化为其他香气物质。传统工艺酿造树莓酒从发酵原酒到陈酿酒得到的新化合物以苯乙醇、戊醇等为主,并且随着陈酿时间的延长果香变淡^[15]。目前,生产上还没有树莓酒的优化工艺,一般按照干红葡萄酒生产工艺进行酒精发酵,未见到采用 CO₂ 浸渍工艺酿制树莓酒,也未见有关不同酿造工艺对树莓酒香气影响的研究报道^[16]。因此,本研究采用溶液萃取和气相色谱-质谱法^[17-18],对利用传统工艺和 CO₂ 浸渍工艺发酵的树莓酒的酿造香气和陈酿香气成分进行了比较研究,以期探索不同工艺方法对树莓酒风味特征的影响规律,为树莓酒的优化工艺提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 树莓的来源及酿制

树莓原料采自陕西眉县果树实验站。该树莓果树于 2000 年定植,2002 年开始挂果,树体生长良

好,常规管理。果实于 2006-07-20 手工采摘。原料含糖量为 85.43 g/L,含酸(以酒石酸计)为 9.08 g/L。采用 2 种工艺进行树莓酒酿造,其中传统工艺按照文献[6]中干红葡萄酒生产工艺进行,发酵容器为 20 L 玻璃罐。CO₂ 浸渍发酵工艺操作方法为:取新鲜的成熟树莓果粒,放入自制压力发酵罐,每 8 h 向罐内通入 1 次 CO₂ 气体,使罐中充满 CO₂,并保持一定的压力(约为罐容积的 2~3 倍);7 d 后榨汁,进行清汁发酵,酵母均为 CY3079。树莓酒经 6 个月的贮藏后自然澄清,未进行下胶过滤和降酸处理。2 种方法酿制的酒均呈现深紫红色,澄清透明,具有新鲜的树莓果香和部分发酵香,口味纯正,典型性好。

采取溶液萃取法进行样品挥发性成分提取。各取 200 mL 酒精发酵刚结束时的原酒和 6 个月的酒样测定酸和 pH 值等指标。另各取 200 mL 样品,分别用 100,50 和 30 mL 重蒸 2 遍的 CH₂Cl₂ 萃取 3 次,合并有机相,用无水硫酸钠脱水干燥,旋转蒸发仪(0~5 ℃)浓缩至 5 mL,供 GC-MS 分析并作重复处理。

1.2 树莓酒香气成分的 GC/MS 分析

取经过浓缩的传统发酵工艺和 CO₂ 浸渍发酵工艺酿制的原酒(分别记为 A、B)和 6 个月的陈酿酒(分别记为 C、D)共 4 个酒样挥发性香气成分各 1 μ L,用气相色谱-质谱联用仪进行分析鉴定,通过检索 NIST02 标准谱库,并结合有关文献标准谱图核对分析^[2-3],分别确定各酒样的香气成分,并用气相色谱峰面积归一化定量计算出各香气成分在 4 个酒样中的相对含量(体积分数)。

GC/MS 分析采用美国 Thermo Finnigan TRACE DSQ 气质联用仪,RtxR-5MS 15 m $\times$ 0.25 mm $\times$ 0.25 μ m 色谱柱。色谱条件:进样口温度 260 ℃,柱温箱起始温度 60 ℃,保留时间 2.5 min,以 6 ℃/min 升至 240 ℃,保留 15 min;载气为 He 气,恒流 1 mL/min;分流比 80:1。质谱条件:电离方式 EI,电离电压 70 eV,离子源温度 200 ℃,连接杆温度 260 ℃。

2 结果与分析

2.1 2 种工艺酿造的树莓原酒中香气物质的比较

传统发酵工艺酿造的树莓原酒中有 33 种香气化合物,CO₂ 浸渍工艺酿造的树莓原酒中有 27 种香气化合物,其相对含量分别为 99.99% 和 99.96%。香气成分中只有 12 种香气物质是这 2 种工艺生产的原酒都存在的。从香气物质种类的比较可知,2

种工艺处理各自特有的香气物质分别占自身香气种类的 63.6%和 55.6%。从香气物质的含量比较来看,12 种共有的香气化合物分别占 2 种原酒香气相对含量的 73.04%和 90.91%。CO₂ 浸渍工艺酿造的树莓原酒中其他 15 种(相对含量占 9.05%)带来香气差异的物质主要有 4-羟基苯乙醇、1,6-双脱氧已六醇和二氢-2-甲基-3(2H)-三苯基酮。

表 1 传统工艺和 CO₂ 浸渍工艺酿造的树莓原酒及陈酿酒香气物质的比较

Table 1 GC/MS comparison between aroma components in the four raspberry wines made by common and MC processes							
分类 Assortment	序号 No.	化合物名称 Name of compound	化学式 Molecular formula	相对含量% Relative content			
				传统工艺 Traditional process		CO ₂ 浸渍工艺 Carbonic maceration	
				A	C	B	D
醇类 Alcohol	1	α,α-二甲基苯甲醇 α,α-dimethyl benzenemethanol	C ₉ H ₁₂ O	0.30			
	2	α,α,4-三甲基苯 α,α,4-trimethyl benzenemethanol	C ₁₀ H ₁₄ O	0.15		0.03	
	3	苯乙醇 Phenylethyl alcohol	C ₈ H ₁₀ O	43.01	27.37	80.02	47.63
	4	1,3-丁二醇 1,3-butanediol	C ₄ H ₁₀ O ₂	3.27		3.96	
	5	3-乙氧基-1-丙醇 3-ethoxyl-1-propanol	C ₅ H ₁₂ O ₂	2.89		0.24	
	6	3-硫醇基-1-丙醇 3-methylthio-1-propanol	C ₄ H ₁₀ OS	0.40			
	7	3(2H)-噻吩 3(2H)-thiophen	C ₅ H ₈ OS	0.30			
	8	1,6-双脱氧己六醇 Triethylene glycol	C ₆ H ₁₄ O ₄			1.36	
	9	乙基己醇 Ethylhexanol	C ₈ H ₁₈ O			0.11	
	10	4-羟基苯乙醇 4-hydroxybenzeneethanol	C ₈ H ₁₀ O ₂			4.5	
	11	1H-吲哚-3-乙醇 1H-Indol-3-ethanol	C ₁₀ H ₁₁ NO			0.11	
	12	1-戊醇 Pentyl alcohol	C ₅ H ₁₂ O		48.06		20.49
	13	2,3-丁二醇 2,3-butanediol	C ₄ H ₁₀ O ₂		0.67		3.03
	14	2,2-(苯基亚氨基)-乙二醇 2,2-(benzylimino)-diethanol	C ₁₁ H ₁₇ NO ₂				0.38
	15	2-(3,4-二甲氧基苯基)-6-甲基-3,4-色原烷 二醇 2-(3,4-dimethoxyphenyl)-6-methyl-3, 4-chromanediol	C ₁₈ H ₂₀ O ₅				0.07
	16	z-9-十五烷烯醇 z-9-pentadecenol	C ₁₅ H ₃₀ O				0.67
酯类 Ester	17	醋酸异戊酯 Isopentyl acetate	C ₇ H ₁₄ O ₂	0.32	0.25		0.48
	18	3-羟基丁酸乙酯 3-hydroxy butyric acid,ethyl ester	C ₆ H ₁₂ O ₃	0.59	0.83	0.28	0.54
	19	丁二酸甲乙二酯 Ethyl methyl ester of butanedioic acid	C ₇ H ₁₂ O ₄				0.11
	20	对-羟基桂皮酸乙酯 P-hydroxycinnamic, ethyl ester	C ₁₁ H ₁₂ O ₃				0.37
	21	丁二酸单乙酯 Butanedioic acid,monoethyl ester	C ₆ H ₁₀ O ₄				3.57
	22	4-羟基苯甲酸乙酯 4-hydroxy-benzoic acid,ethyl ester	C ₉ H ₁₀ O ₃				0.04
	23	乙酸乙酯 Ethyl caproate	C ₈ H ₁₆ O ₂		3.45		3.15
	24	乙酸苯乙酯 Acetic acid, phenethyl ester	C ₁₀ H ₁₂ O ₂			0.38	0.23
	25	丁内酯 Butyrdactone,dihydro-	C ₄ H ₆ O ₂		0.43		1.87
	26	1,2-邻苯二甲酸二正丁基酯 1,2-phthalic acid,dibutyl ester	C ₁₆ H ₂₂ O ₄		5.00		0.22
	27	1,2-2-邻苯二甲酸二正丁基酯 1,2-2-phthalic acid,dibutyl ester	C ₁₆ H ₂₂ O ₄	1.81			
	28	1,3-丙二醇双乙酯 1,3-propanediol, diacetate	C ₇ H ₁₂ O ₄	5.35			
	29	异戊酸乙酯 Isovaleric acid, ethyl ester	C ₇ H ₁₄ O ₂	2.84		4.62	
	30	辛酸乙酯 Ethyl caprylate	C ₁₀ H ₂₀ O ₂	0.52		0.19	

2.2 2 种工艺 6 个月陈酿酒香气物质的比较

表 1 显示,传统工艺酿制的树莓酒陈酿至 6 个月时,共检测到 26 种香气物质。与原酒相比,陈酿酒中只有 4 种香气与之相同。变化最显著的成分是 1-戊醇和苯乙醇,前者从无到有,相对含量高达 48.06%;而后者则由 43.01%下降至 27.37%。

续表 1 Continued of the table 1

分类 Assortment	序号 No.	化合物名称 Name of compound	化学式 Molecular formula	相对含量% Relative content			
				传统工艺 Traditional process		CO ₂ 浸渍工艺 Carbonic maceration	
				A	C	B	D
酯类 Ester	31	琥珀酸乙酯 Butanedioic acid, monoethyl ester	C ₆ H ₁₀ O ₄	0.26		0.15	
	32	醋酸-2-苯乙酯 Acetic acid, 2-phenylethyl ester	C ₁₀ H ₁₂ O ₂	0.25			
	33	2-吲哚乙酸乙酯 2-indolyl ethyl acetate	C ₁₂ H ₁₃ NO ₂	0.85			
	34	邻苯二甲酸二乙酯 Diethyl-o-phthalate	C ₁₆ H ₂₂ O ₄	0.83			
	35	邻苯二甲酸二异辛酯 Di-2-ethylhexyl phthalate	C ₂₄ H ₃₈ O ₄	2.96		0.05	
	36	异戊醇乙酸酯 Isopentyl alcohol, acetate	C ₇ H ₁₄ O ₂			0.24	
	37	丁酸乙酯 Ethyl caproate	C ₈ H ₁₆ O ₂			0.07	
	38	琥珀酸二乙酯 Butanedioic acid, diethyl ester	C ₈ H ₁₄ O ₄			0.04	
	39	p-羟基肉桂酸乙酯 p-Hydroxycinnamic acid, ethyl ester	C ₁₁ H ₁₂ O ₃			0.30	
羧酸类 Carboxylic acid	40	苯乙酸 Phenylacetic acid	C ₈ H ₈ O ₂				0.11
	41	甲羟戊酸 Mevalonic acid	C ₆ H ₁₀ O ₃				0.11
	42	顺式十八碳-9,12 二烯酸 cis-9,cis-12-octadecadienoic acid	C ₁₈ H ₃₂ O ₂		0.16		0.39
	43	十五烷酸 Pentadecylic acid	C ₁₅ H ₃₀ O		0.43		0.61
	44	异香草酸 Isovanillic acid	C ₈ H ₈ O ₄		0.11		0.68
	45	脱落酸 Absciscic acid	C ₁₅ H ₂₀ O ₄				1.08
	46	9-癸烯酸 9-decenoic acid	C ₁₀ H ₁₈ O ₂				0.43
	47	棕榈酸 Hexadecanoic acid	C ₁₆ H ₃₂ O ₂	0.63			
酮类 Ketone	48	n-十六烷酸 n-hexadecanoic acid	C ₁₆ H ₃₂ O ₂			0.25	
	49	8-羟基-2-甲氧基-1,4-萘二酮 8-Hydroxy-2-methoxy-1,4-naphthalenedione	C ₁₁ H ₈ O ₄			0.08	
	50	二氢-2-甲基-3(2H)-三苯基酮 Dihydro-2-methyl-3(2H)-triophenone	C ₅ H ₈ OS			0.99	
	51	5,6,12,13-二环氧-8,16-二甲基-1,8-二环氧十六烷-2,10-二酮 5,6,12,13-diepoxy-8,16-dimethyl-1,8-dioxacyclohexadecane-2,10-dione	C ₁₆ H ₂₄ O ₆		0.34		0.24
酚类 Pheonl	52	3-羟基-2 丁酮 3-hydroxy-2-oxobutane	C ₄ H ₈ O ₂		0.62		
	53	2,6-双(1,1-二甲基乙基)-4-甲基酚 2,6-bis(1,1-dimethylethyl)-4-methyl-	C ₁₅ H ₂₄ O		0.57		
	54	4-(2-羟基)苯酚 4-(2-hydroxyethyl)phenol	C ₈ H ₁₀ O ₂	4.25	1.27		3.73
其他 Others	55	2-(2-羟丙基)-1,4-苯二酚 2-(2-hydroxypropyl)-1,4-benzenediol	C ₉ H ₁₂ O ₃				0.35
	56	棕榈酸酰胺 Hexadecanamide(Palmitamide)	C ₁₆ H ₃₃ NO	0.78			
	57	二氢-2(3H)呋喃 Dihydro-2(3H)-Furanone	C ₄ H ₆ O ₂			0.30	
	58	2,3-二氢苯并呋喃 2,3-dihydro benzofuran	C ₈ H ₈ O	0.98		0.15	
	59	N-乙酰基酪胺 N-acetyltyramine	C ₁₀ H ₁₃ NO ₂			0.10	
	60	3-(2-N-乙酰基-N-甲基乙胺基)吲哚 3-(2-N-acetazolamide-N-methyl ethylamino-)indole	C ₁₃ H ₁₆ N ₂ O			0.22	
	61	9-十八烯酰胺 9-octadecenamide	C ₁₈ H ₃₅ NO	10.62		1.07	
	62	芥酸酰胺 Erucylamide	C ₂₂ H ₄₃ NO	4.95		0.15	
	63	1,4-二甲苯 1,4-dimethylbenzene	C ₈ H ₁₀	0.34			
	64	N-[2-(4-羟苯基)乙基]-乙酰胺 N-[2-(4-hydroxyphenyl)ethyl]-Acetamide	C ₁₀ H ₁₃ NO ₂		0.88		0.08
	65	萘 Albocarbon	C ₁₀ H ₈		2.17		1.16
	66	二十九烷 Nonacosane	C ₂₉ H ₆₀	1.02			
	67	丁基羟基甲苯 Butylated Hydroxytoluene	C ₁₅ H ₂₄ O	0.19			
	68	十九烷 Nonadecane	C ₁₉ H ₄₀	0.27			
	69	二十碳烷 Eicosane	C ₂₀ H ₄₂	0.53			
	70	二十一烷 Heneicosane	C ₂₁ H ₄₄	2.43			

续表 1 Continued of the table 1

分类 Assortment	序号 No.	化合物名称 Name of compound	化学式 Molecular formula	相对含量% Relative content			
				传统工艺 Traditional process		CO ₂ 浸渍工艺 Carbonic maceration	
				A	C	B	D
其他 Others	71	二十八烷 Octacosane	C ₂₈ H ₅₈	1.33			
	72	二十七烷 Heptacosane	C ₂₇ H ₅₆	3.14			
	73	二十六烷 Hexacosane	C ₂₆ H ₅₄	1.63			
	74	4,7-二甲基十一烷 4,7-dimethylundecane	C ₁₃ H ₂₈		0.54		
	75	十五烷 Pentadecane	C ₁₅ H ₃₂		0.40		
	76	二十一烷 Heneicosane	C ₂₁ H ₄₄		0.55		0.21
	77	十四烷 Tetradecane	C ₁₄ H ₃₀		0.13		0.48
	78	2,4,5-三甲基-1,3-二氧戊烷 2,4,5-trimethyl-1,3-dioxolane	C ₆ H ₁₂ O ₂		0.56		1.23
	79	1-甲氧基己烷 1-methoxy hexane	C ₇ H ₁₆ O		2.12		
	80	癸烷 n-decane	C ₁₀ H ₂₂		0.21		0.48
	81	2,6,10-三甲基十四烷 2,6,10-trimethyltetradecane	C ₁₇ H ₃₆		0.23		0.11
	82	十八烷 n-octadecane	C ₁₈ H ₃₈		0.14		0.18
合计 Total				99.99	97.49	99.96	94.51

CO₂ 浸渍发酵的树莓酒经过 6 个月陈酿后,检测到 34 种香气物质,与其原酒相同的只有 3 种成分。与传统工艺相同,变化最为显著的同样是 1-戊醇和苯乙醇。1-戊醇在原酒中未检测到,在 6 个月时相对含量为 20.49%;苯乙醇的相对含量则由原酒中的 80.02%降为 47.63%。CO₂ 浸渍工艺中微量化合物有较复杂的变化,如酯类化合物均为 10 种,但仅有 2 种(3-羟基丁酸乙酯和乙酸苯乙酯)相同,相同物质的相对含量由 0.66%上升至 0.77%。

与传统工艺处理得到的陈酿酒相比,CO₂ 浸渍工艺中的香气物质比传统工艺中的多出 8 种,占香气物质种数的 30.77%。2 种工艺生产的陈酿酒中,有 21 种相同的香气物质,分别占各自香气物质总数的 80.77%和 61.76%;在香气物质含量方面,其他非共有的香气物质含量在传统工艺与 CO₂ 浸渍工艺树莓陈酿酒中分别占到 4.25%和 7.52%。

3 结论与讨论

采用 2 种不同工艺发酵的树莓原酒,香气种类差异非常明显。传统工艺酿造的原酒香气物质种类多于 CO₂ 浸渍工艺,而经过陈酿后,CO₂ 浸渍工艺酿造的陈酿酒香气物质种类又明显高于传统工艺。这说明在树莓酒的酿造和陈酿过程中,不断发生着化学变化,树莓酒中的化学物质由于各种化学、生物的作用而进行着改变。

以 2 种工艺酿造的树莓酒,在香气特征上均是以苯乙醇为基本呈香物质,其他少量化合物参与影响特征香气。苯乙醇的香味独特,具有玫瑰香(rose)、紫罗兰香(violets)、茉莉香(jasmine)、茴芹

香(anise)、果味(fruity)等多种风味,大部分在发酵和前期陈酿过程中聚合、分解,转化为其他香气物质,赋予树莓酒丰富、基本的香气特征。在传统工艺和 CO₂ 浸渍工艺下酿制的树莓陈酿酒中,苯乙醇的含量分别为 27.37%和 47.63%,所以在陈酿酒中依然有树莓的果香,而且 CO₂ 浸渍工艺下的陈酿酒果香更加浓郁。相对于传统发酵工艺,CO₂ 浸渍工艺生产的原酒中苯乙醇含量也明显高于传统工艺,而且仅有 12 种香气物质与传统发酵酒相同,充分说明 CO₂ 浸渍工艺带来的香气差异性是非常明显的,采用 CO₂ 浸渍发酵可以改善树莓酒的风格。

前人研究^[5,19]表明,CO₂ 浸渍酿造法酿成的葡萄酒具有特殊的浸渍香气,口味更为柔和,但是不适合陈酿。本试验表明,经过陈酿后,传统工艺酿造的树莓酒香气种类减少,而 CO₂ 浸渍法酿制的树莓酒则增加,而且后者在陈酿后的香气成分中出现了多种具有优雅果香和醇香的酯类化合物,如丁二酸单乙酯、乙酸乙酯、醋酸异戊酯等。这表明 CO₂ 浸渍工艺酿造的树莓酒更适合于陈酿。

此外,据国外报道,树莓含有一种对香味产生具有重要影响的化合物,其化学名称为 1-(对-羟基苯基)-3-丁酮,一般称之为“树莓酮”^[20-22]。而本试验中并未检测出该成分,这可能是由于土壤条件、栽培技术、酿造原料不同等原因造成的,使得该类特征化合物含量在本试验检测阈值以下。因此,关于其具体含量及存在与否尚有待进一步研究证实。

[参考文献]

[1] 刘建华,张志军,李淑芳. 树莓中功效成分的开发浅论[J]. 食

品科学,2004,25(10):370-373.

Liu J H,Zhang Z J,Li S F. Discussion about development of efficacy components of raspberry [J]. Food Science, 2004, 25 (10):370-373. (in Chinese)

[2] 和加卫,杨正松,唐开学,等. 树莓果实储藏与加工性状研究 [J]. 西南农业学报,2005,18(2):186-189.

He J W,Yang Z S,Tang K X,et al. The processing characteristics and storage of raspberry fruit [J]. Southwest China Journal of Agricultural Sciences, 2005, 18 (2): 186-189. (in Chinese)

[3] 徐怀德,陈铁山,郭波莉. 黑莓干酒酿造工艺研究 [J]. 西北林学院学报,2004,19(4):132-134.

Xu H D,Chen T S,Guo B L. Study on the processing technology of blackberry dry wine [J]. Journal of Northwest Forestry University, 2004, 19(4): 132-134. (in Chinese)

[4] 刘春菊,宣景宏,孟宪军. 树莓的营养价值及发展前景 [J]. 北方果树,2004(S1):57-58.

Liu C J,Xuan J H,Meng X J. The nutritional value and development prospects of raspberry [J]. Northern Fruits, 2004 (S1):57-58. (in Chinese)

[5] 李程. 辽宁省树莓发展现状与前景分析 [J]. 北方果树,2003 (4):30-31.

Li C. Developing status and prospect of raspberry in Liaoning province [J]. Northern Fruits, 2003(4):30-31. (in Chinese)

[6] 李华. 现代葡萄酒工艺学 [M]. 西安:陕西人民出版社, 2003.

Li H. Modern enology [M]. Xi'an:Shaanxi People's Press, 2003. (in Chinese)

[7] 李华. 葡萄酒品尝学 [M]. 2 版. 西安:陕西人民出版社, 2005.

Li H. Wine tasting [M]. 2nd Ed. Xi'an:Shaanxi People's Press,2005. (in Chinese)

[8] 梁学军. 二氧化碳浸渍法及其在红葡萄酒酿造中的应用 [J]. 中外葡萄与葡萄酒,2001(4):40-43.

Liang X J. CO₂ maceration and its application in red wine processing [J]. Sino-overseas Grapevine & Wine,2001(4):40-43. (in Chinese)

[9] 阮仕立,赵荣华,樊玺. 葡萄酒二氧化碳浸渍过程中有机酸的变化 [J]. 中外葡萄与葡萄酒,2002(5):12-14.

Ruan S L,Zhao R H,Fan X. The change of organic acid during carbonic maceration [J]. Sino-overseas Grapevine & Wine, 2002(5):12-14. (in Chinese)

[10] Dan Y Y,Yukio K,Subden R E. Higher alcohols,diacetyl,acetoin and 2,3-butanediol biosynthesis in grapes undergoing carbonic maceration[J]. Food Research International, 2006 (39): 112-116.

[11] 董伟,王炳文,蔡永革,等. 二氧化碳浸渍对佳美葡萄酒品质的影响 [J]. 酿酒科技,2004(4):84-85.

Dong W,Wang B W,Cai Y G,et al. Effects of CO₂ steeping method on Jiamei grape wine quality [J]. Liquor-making Science & Technology,2004(4):84-85. (in Chinese)

[12] 张运涛. 树莓和蓝莓香味挥发物的构成及其影响因素 [J]. 植物生理学报,2003,39(4):377-379.

Zhang Y T. Composition of aroma volatile in raspberry and blueberry and its affecting factors [J]. Plant Physiology Communications,2003,39(4):377-379. (in Chinese)

[13] De Ancos B,Reglero G,Cano M P,et al. Frozen storage effects onanthocyanins and volatile compounds of raspberry fruit [J]. J Agr Food Chem,2000,48:873-879.

[14] Robertson G W,Griffiths D W,Woodford J A T,et al. Changes in the chemical composition of volatiles released by the flowers and fruits of the red raspberry (*Rubus idaeus*) cultivars Glen Prosen [J]. Phytochemistry,1995,38:1175-1179.

[15] 房玉林,张莉,宋健强,等. 树莓果及其发酵产品挥发性成分的分析 [J]. 林业科学,2007,43(9):133-138.

Fang Y L,Zhang L,Song J Q,et al. Determination of volatile compounds of *Rubus idaeus* fruits and their fermented products [J]. Science Silvae Sinicae,2007,43(9):133-138. (in Chinese)

[16] 李维林,贺善安,顾姻,等. 黑莓果实挥发油化学成分的研究 [J]. 中国药学杂志,1998,33(6):335-336.

Li W L,He S A,Gu Y,et al. The volatile constituents in fruit of blackberry (*Rubus* sp) [J]. China Pharm J, 1998, 33 (6): 335-336. (in Chinese)

[17] 汪正范,杨树民,吴侔天,等. 色谱联用技术 [M]. 北京:化学工业出版社,2001:63-120.

Wang Z F,Yang S M,Wu M T,et al. Chromatographic simultaneous technique [M]. Beijing: Chemical Industry Press, 2001:63-120. (in Chinese)

[18] 丛浦珠,苏克蔓. 质谱分析,化学手册 [M]. 2 版. 北京:化学工业出版社,2000:27-50.

Cong P Z, Su K M. Chromatographic analysis, chemistry handbook [M]. 2nd Ed. Beijing: Chemical Industry Press, 2000:27-50. (in Chinese)

[19] Gomez E,Laencina J. Vinification effects on changes in volatile compounds of wine [J]. J Food Sci,1994,59(2):406-409.

[20] 张运涛. 树莓和蓝莓香味挥发物的构成及其影响因素 [J]. 植物生理学通讯,2003,39(4):377-379.

Zhang Y T. Composition of aroma volatile in raspberry and its affecting factors [J]. Plant Physiology Communications, 2003,39(4):377-379. (in Chinese)

[21] De Ancos B,Reglero G,Cano M P,et al. Frozen storage effects on anthocyanins and volatile compounds of raspberry fruit [J]. J Agr Food Chem,2000,48(4):873-879.

[22] Guichard E. Formation of volatile components of two raspberry cultivars during the ripening [J]. Science des Aliments, 1984,56(4):459-472.