

# 树莓汁的品质与香气成分的研究

韩宗元<sup>1</sup>, 李晓静<sup>1</sup>, 杨玉红<sup>1</sup>, 王楠<sup>1</sup>, 刘云囡<sup>1</sup>, 王家庆<sup>1</sup>, 肖志刚<sup>2,\*</sup>

(1. 沈阳工学院 生命工程学院, 辽宁抚顺 113122;

2. 沈阳师范大学粮食学院, 辽宁沈阳 110034)

**摘要:** 树莓果汁营养价值丰富, 采用相关性分析和模糊综合评判法, 研究树莓汁的品质。结果表明: 还原糖、总酸、可溶性固形物、 $V_c$ 、氨基态氮、SOD 都对树莓汁感官品质有显著的影响 ( $p < 0.05$ )。由模糊综合评判可知, 自制树莓汁只有 1 个峰值为 0.29, 品质良好; 市售树莓汁 A 有 2 个峰值, 分别为 0.29、0.265, 品质良好; 市售树莓汁 B 只有 1 个峰值为 0.26, 品质良好。通过 GC-MS, 3 种树莓汁的香气成分中, 酮类物质和醇类物质是主要香气成分。自制树莓汁中, 鉴定出酮类物质 11 种, 其中树莓酮 (11.84%)、4-三甲基环己烯基-3-丁酮 (10.34%)、 $\alpha$ -紫罗酮 (10.15%) 是主要的风味物质; 其次是醇类物质, 鉴定出 4 种, 其中苯乙醇 (5.44%) 是主要风味物质。结论: 树莓汁中的营养指标和香味物质对树莓汁感官评价有重要的影响。

**关键词:** 树莓汁, 营养品质, 感官评价, 相关性, 模糊综合评判, 香气成分

## Study on the quality and aroma components in raspberry juice

HAN Zong-yuan<sup>1</sup>, LI Xiao-jing<sup>1</sup>, YANG Yu-hong<sup>1</sup>, WANG Nan<sup>1</sup>,

LIU Yun-nan<sup>1</sup>, WANG Jia-qing<sup>1</sup>, XIAO Zhi-gang<sup>2,\*</sup>

(1. College of Life and Engineering, Shenyang Institute of Technology, Fushun 113122, China;

2. Shenyang Normal University, College of Grain Science and Technology, Shenyang 110034, China)

**Abstract:** Due to nutritional value, nutrition quality and sensory evaluation of raspberry juice was carried out by correlation analysis, and the quality of raspberry juice was compared and classified by fuzzy comprehensive evaluation. The results showed that reducing sugar, total acids, soluble solids,  $V_c$ , amino nitrogen and SOD had a significant correlation with sensory evaluation ( $p < 0.05$ ). By fuzzy comprehensive evaluation, raspberry juice consisted of only one peak of 0.29 with good quality; commercially available raspberry juice A had two peaks of 0.29, 0.265 with good quality; commercially available raspberry juice B included only one peak of 0.26 with good quality. By GC-MS, its main aroma components were ketones and alcohols. Homemade raspberry juice had eleven kinds of ketones in which raspberry ketone, 3-Buten-2-one, 4-(2,6,6-trimethyl-2-cyclohexen-1-yl) and  $\alpha$ -Ionone accounted for 11.84%, 10.34%, 10.15%, respectively and four kinds of alcohols in which Benzene alcohol accounted for 5.44%. In conclusion, nutrition quality and aroma components have an important effect on sensory quality.

**Key words:** raspberry juice; nutrition quality; sensory evaluation; correlation; fuzzy comprehensive evaluation; aroma components

中图分类号: TS255

文献标识码: A

文章编号: 1002-0306(2016)15-0270-06

doi: 10.13386/j.issn1002-0306.2016.15.044

树莓果含有维生素 C、维生素 E、超氧化物歧化酶 (SOD)、鞣花酸、水杨酸、铁和硒等矿物质, 因为树莓具有极高的营养价值, 可以将树莓加工成果汁、果酒、果酱等健康食品<sup>[1]</sup>, 所以将树莓加工成树莓果汁, 并且在树莓果汁加工过程中, 保证其营养品质与感官品质具有重要的意义。

树莓果汁在加工过程中, 其营养品质和感官品质极易受到影响, 所以对加工过程进行系统研究来

降低树莓果汁的营养损失, 提高感官品质。白立敏等<sup>[2]</sup>研究得出柠檬酸、 $V_c$  对树莓汁色泽的稳定没有影响, 并且具有护色作用<sup>[3]</sup>。冀晓龙等<sup>[4]</sup>研究表明超高压杀菌既可以起到良好的杀菌作用, 也能有效保持梨汁的抗氧化性。Oulé 等<sup>[5]</sup>提出超临界二氧化碳对橙汁的感官品质和物理性质无影响,  $V_c$  保留为原果汁 88%, 明显优于巴氏杀菌后。因此超高压杀菌、柠檬酸护色等方法能够提高树莓汁营养品质和感官

收稿日期: 2016-01-08

作者简介: 韩宗元 (1988-), 男, 硕士, 讲师, 研究方向: 食品科学与工程, E-mail: longnv0206@163.com。

\* 通讯作者: 肖志刚 (1972-), 男, 博士, 教授, 研究方向: 粮油精深加工, E-mail: zhigangx@sina.com。

基金项目: 国家星火计划 (2015GA650007); 校大学生创新项目 (DC2015023、DC2015025); 校重大课题支持基金 (ZD201602)。

品质。胡璇等<sup>[6]</sup>研究表明模糊综合评判法可以在多种食品感官评价中起到重要作用,具有较高的精确度。模糊综合评判法可以客观地、准确地对食品的感官品质进行评价,因此可以用于树莓果汁的感官鉴别。

本实验对树莓果汁的营养品质和感官品质进行研究,通过分析营养品质和感官品质的相关性,确定树莓果汁的 $V_c$ 、SOD、氨基态氮、可溶性固形物、总酸、还原糖对口感、色泽、气味和喜欢程度的影响,并通过模糊综合评判法,建立数学模型,分析树莓果汁的品质。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料与仪器

树莓 自主栽培种植,品种秋福,2015年8月收;白砂糖 食品级,市售;氢氧化钠、盐酸、硫酸、95%乙醇、草酸、硫脲、活性炭、 $V_c$ 、2,4-二硝基苯胍、甲醛溶液、Tris、EDTA·2Na、邻苯三酚 分析纯,天津迪博化工股份有限公司;市售产品 A 100%红树莓鲜果汁,纯净水,果葡糖浆,椴树蜜,白砂糖等;市售产品 B 100%红树莓果汁,纯净水,果糖。

FA2004型电子分析天平 上海舜宇恒平科学仪器有限公司;WGL-45B型电热恒温鼓风干燥箱 天津泰斯特仪器有限公司;pHS-3C型酸度计 上海雷磁仪器厂;UV759CRT型紫外可见分光光度计 上海佑科仪器公司;XMTD-4000型电热恒温水浴锅 北京市永光明医疗仪器厂;九阳榨汁机 深圳市金美盾科技有限公司;气相色谱-质谱联用仪 美国安捷伦科技有限公司。

### 1.2 实验方法

1.2.1 树莓汁加工 称取500g红树莓,先进行清洗,将清洗好的树莓在组织搅拌机中破碎,然后将果肉和汁液都放到50℃水浴锅中软化15min;软化后进行冷却,再放入榨汁机中进行榨汁,然后把树莓汁在纱布上过滤,过滤后添加25%白糖进行调配,最后高温灭菌121℃5s,冷却到室温,放到冰箱4℃保存。

1.2.2 感官评价测定 采用标度法<sup>[7]</sup>进行感官评定,分值越高,则表示其感官品质越好。感官评价指标包括口感、气味、色泽、喜欢程度4项,感官指标及其评分标准如下:口感范围1~100分(10分:差;60分:一般;90分:极好),气味范围1~100分(10分:差;60分:一般;90分:极好),色泽范围1~100分(10分:差;60分:适中;90分:极好),喜欢程度范围1~100分(10分:不喜欢;60分:一般;90分:极喜欢)。选择20名感官评定人员进行感官评价,其中包括10名男士,10名女士,对树莓果汁进行感官评分。

1.2.3 模糊综合评判方法 建立因素集 $U$ 、评语集 $V$ 、权重集 $X$ ,对树莓汁的每一个因素建立一个从 $U$ 到 $V$ 的模糊关系 $R$ ,从而得出单因素的评价集,最后进行综合模糊评判,求出 $R$ 与 $X$ 后,进行模糊变换 $B=XR$ ,再进行归一化处理得到 $B^{[8]}$ 。因素集 $U_1=\{\text{口感 } u_1, \text{ 气味 } u_2, \text{ 色泽 } u_3, \text{ 喜欢程度 } u_4\}$ ;评语集 $V_1=\{\text{优秀, 良好, 中等, 一般}\}$ ,其中优秀91~100分,良好

81~90分,中等71~80分,一般61~70分。权重集 $X_1=\{0.3, 0.2, 0.2, 0.3\}$ ,口感30分,气味20分,色泽20分,喜欢程度30分,共计100分。

1.2.4 理化指标测定 用GB/T 12456-2008《食品中总酸的测定》、GB/T 5009.86-2003《食品中 $V_c$ 的测定》、GB/T 12143-2008《饮料中氨基态氮的测定》、GB/T 10786-2006《食品中可溶性固形物的测定》、GB/T 5009.7-2008《食品中还原糖的测定》、GB/T 5009.171-2003《食品中SOD的测定》进行检测。

1.2.5 香味物质的测定 采用气相色谱质谱联用仪测定挥发性香味化合物。色谱条件:色谱柱DB-5MS,进样口温度250℃,载气He,流速1.0 mL/min。采用程序升温方式,升温程序以50℃保持1min,以2℃/min升至100℃保持3min,然后以4℃/min升至220℃在此温度下保持10min,不分流进样。质谱条件:质谱选择检测器以0.72 scans/s,速度扫描50~550 m/z。萃取条件:所有冻存样品解冻后,60℃水浴下平衡10min,萃取头顶空吸附30min后,在GC进样口释放1min。离子源温度230℃;离子源:EI;电子能量:70 eV。

1.2.6 定性定量分析 扫描图谱与NIST02.L谱库对照进行鉴定,并用气相色谱峰面积归一化定量计算出各香气成分样品中的相对含量,为确定关键风味化合物,本研究只分析匹配度大于60%的组分。

### 1.3 数据处理

采用SPSS19、SAS9.13统计分析软件对相关性进行分析,Matlab7.0进行数学模型的建立和数据处理。

## 2 结果与分析

### 2.1 树莓果汁营养品质和感官评价的相关性结果与分析

根据国家标准对还原糖、总酸、可溶性固形物、 $V_c$ 、氨基态氮、SOD进行检测,结果见表1。树莓果汁中主要存在还原糖为葡萄糖,葡萄糖的甜度低于蔗糖甜度<sup>[9-11]</sup>;树莓果汁中含有无水柠檬酸、苹果酸、酒石酸和富马酸等有机酸<sup>[9-11]</sup>,通过对总酸分析去调配果汁中的甜度和总酸的比例,保证树莓汁口感。可溶性固形物包括溶于水的糖、酸、维生素、矿物质等,还原糖、总酸、 $V_c$ 对可溶性固形物的含量影响很大,可溶性固形物含量高低说明树莓果汁营养品质优劣<sup>[12-14]</sup>,并且自制树莓汁的可溶性固形物、 $V_c$ 、氨基态氮和SOD含量均高于市售产品。

对自制树莓汁、市售树莓汁A、市售树莓汁B进行感官评价,结果见表2。根据树莓汁的色泽、气味、口感和喜欢程度进行综合评分,结果表明3种树莓果汁的综合评分均在80~90分之间,自制树莓汁的综合评分略高于其他2种市售产品。

对树莓果汁的营养品质和感官评价指标进行相关性分析,结果见表3。还原糖对树莓汁口感呈显著负相关( $p < 0.05$ ),还原糖的含量越高,导致甜酸比例越大,口感下降;总酸对气味、口感、喜欢程度和综合评分呈显著负相关( $p < 0.05$ ),总酸含量越高,口感越差,对树莓汁的香气物质影响程度越高<sup>[15-16]</sup>,气味越

表1 3种树莓汁的营养品质表

Table 1 Nutritional quality of 3 kinds of raspberry juice

品种	还原糖 (g/100 g)	总酸 (g/kg)	可溶性固形物 (%)	V <sub>c</sub> (mg/100 g)	氨基态氮 (mg/100 g)	SOD (U/mL)
自制树莓汁	3.42 ± 0.01	1.21 ± 0.01	16.24 ± 0.01	35.74 ± 0.11	15.54 ± 0.01	301.25 ± 0.10
	3.36 ± 0.02	1.15 ± 0.01	16.15 ± 0.01	38.21 ± 0.07	15.36 ± 0.01	288.75 ± 0.05
	3.55 ± 0.02	1.07 ± 0.02	16.10 ± 0.01	38.33 ± 0.01	15.31 ± 0.01	294.63 ± 0.06
市售树莓汁 A	6.46 ± 0.01	1.66 ± 0.01	10.27 ± 0.01	10.22 ± 0.01	2.14 ± 0.03	30.24 ± 0.01
	6.85 ± 0.01	1.75 ± 0.01	10.11 ± 0.02	10.58 ± 0.03	2.25 ± 0.01	31.84 ± 0.03
	7.02 ± 0.02	1.52 ± 0.02	9.87 ± 0.03	10.02 ± 0.04	2.33 ± 0.02	31.55 ± 0.04
市售树莓汁 B	4.76 ± 0.08	1.68 ± 0.01	10.38 ± 0.01	18.44 ± 0.02	1.14 ± 0.03	24.18 ± 0.02
	5.02 ± 0.05	1.84 ± 0.02	10.45 ± 0.01	18.65 ± 0.02	1.51 ± 0.03	24.62 ± 0.01
	5.23 ± 0.04	1.93 ± 0.01	10.77 ± 0.02	18.94 ± 0.02	1.76 ± 0.02	24.56 ± 0.03

表3 树莓汁的营养品质和感官评价相关性表

Table 3 The correlation between nutrition quality and sensory evaluation of raspberry juice

项目	相关性					
	还原糖	总酸	可溶性固形物	V <sub>c</sub>	氨基态氮	SOD
色泽	-0.2839	-0.1931	0.0504	0.1575	0.0292	0.0460
气味	-0.0523	-0.6800 *	0.5053 *	0.3023	0.5939 *	0.5769 *
口感	-0.7719 *	-0.7679 *	0.8570 **	0.8542 **	0.8464 **	0.8506 **
喜欢程度	-0.3584	-0.7344 *	0.6550 *	0.5430 *	0.7041 *	0.7040 *
综合评分	-0.4641	-0.9149 **	0.7987 *	0.6683 *	0.8561 **	0.8510 **

注: \* 在 0.05 水平 (双侧) 上显著相关, \*\* 在 0.01 水平 (双侧) 上极显著相关。

表2 3种树莓汁的感官评价表

Table 2 Sensory evaluation of 3 kinds of raspberry juice

	色泽	气味	口感	喜欢程度	综合评分
自制树莓汁	85	92	90	85	88
	87	90	88	82	86.75
	85	93	91	86	88.75
市售树莓汁 A	85	89	85	80	84.75
	84	93	83	84	86
	86	90	86	82	86
市售树莓汁 B	88	84	84	81	84.25
	86	82	87	79	83.5
	84	84	86	80	83.5

淡,对综合评分的影响也越大,导致综合评分下降;可溶性固形物对气味、喜欢程度、综合评分呈显著正相关( $p < 0.05$ ),对口感呈极显著正相关( $p < 0.01$ );V<sub>c</sub>对喜欢程度和综合评分呈显著正相关( $p < 0.05$ ),对口感呈极显著正相关( $p < 0.01$ ),V<sub>c</sub>具有预防动脉硬化、治疗贫血、防癌等作用,人们对含有V<sub>c</sub>饮品的喜欢程度很高,并且V<sub>c</sub>具有抗氧化性,能够避免树莓汁中的香味物质被氧化,保持树莓汁良好的口感<sup>[17-19]</sup>;氨基态氮和SOD对气味和喜欢程度呈显著正相关( $p < 0.05$ ),对口感和综合评分呈极显著正相关( $p < 0.01$ ),SOD能消除生物体在新陈代谢过程中产生的有害物质,人体不断地补充SOD具有抗衰老的特殊效果,人们对其喜欢和接受程度很高<sup>[20]</sup>。由此可知,树莓果汁的营养品质和感官评价呈现明显的相关性( $p < 0.05$ ),树莓果汁中还原糖、总酸、可溶性固形物、V<sub>c</sub>、氨基态氮、SOD都与树莓果汁的感官

评价有关,并且还原糖和总酸呈负相关,树莓果汁中二者的值越高,树莓果汁的感官评价越低;可溶性固形物、V<sub>c</sub>、氨基态氮、SOD呈正相关,它们含量越高,树莓汁的感官评价越高。

## 2.2 树莓果汁的模糊综合评判结果与分析

由表4、表5和表6可知,3种树莓汁的评价结果峰值分别为0.29、0.29和0.26,表明这3种树莓汁的品质都为良好。并且由图1可知,通过产品的模糊关系曲线,树莓汁和市售产品A的峰值都是0.29,但模糊关系曲线分布不同,自制树莓汁只有1个峰值,各数值都集中分布于高分区域,表明专家的综合意见比较一致,分歧小;市售产品A有2个峰值,在最高峰值左侧又出现一个次峰0.265,这表明专家的分数的向低位移动,产生重心偏移,综合意见不一致<sup>[8]</sup>。因此,自制树莓汁的品质良好,并且优于市售产品A,所以根据模糊综合评判结果,树莓汁感官评定:自制树莓汁 > 市售产品A > 市售产品B。

表4 树莓汁品质评定结果

Table 4 Quality assessment results of raspberry juice

因素	得分				
	75~78	79~82	83~86	87~90	91~95
口感	3	3	6	6	2
气味	4	4	5	5	2
色泽	3	5	4	6	2
喜欢程度	3	5	5	6	1

注:得分是指20名感官评定人员评价某因素得分的人数,如表4中加粗字体3是指评价口感得分80-83的评定人员有3人。

表5 市售树莓汁产品 A 品质评定结果

Table 5 Quality assessment results of commercially available raspberry juice A

因素	得分				
	75~78	79~82	83~86	87~90	91~95
口感	3	6	6	3	2
气味	3	5	5	6	1
色泽	3	6	3	7	1
喜欢程度	2	6	4	6	2

表6 市售树莓汁产品 B 品质评定结果

Table 6 Quality assessment results of commercially available raspberry juice B

因素	得分				
	75~78	79~82	83~86	87~90	91~95
口感	3	5	5	4	3
气味	5	6	5	2	2
色泽	3	5	3	5	4
喜欢程度	5	5	4	3	3

3 种树莓汁(自制树莓汁、市售产品 A、市售产品 B)的模糊矩阵由表 4、5、6 建立矩阵  $R_1$ 、 $R_2$ 、 $R_3$ , 根据权重矩阵, 通过 Matlab 软件计算得到模糊变换矩阵 B, 再进行归一化处理得到  $B'$ 。

$$R_1 = \begin{bmatrix} 0.15 & 0.15 & 0.30 & 0.30 & 0.10 \\ 0.20 & 0.20 & 0.25 & 0.25 & 0.10 \\ 0.15 & 0.25 & 0.20 & 0.30 & 0.10 \\ 0.15 & 0.25 & 0.25 & 0.30 & 0.05 \end{bmatrix}$$

$$R_2 = \begin{bmatrix} 0.15 & 0.30 & 0.30 & 0.15 & 0.10 \\ 0.15 & 0.25 & 0.25 & 0.30 & 0.05 \\ 0.15 & 0.30 & 0.15 & 0.35 & 0.05 \\ 0.10 & 0.30 & 0.20 & 0.30 & 0.10 \end{bmatrix}$$

$$R_3 = \begin{bmatrix} 0.15 & 0.25 & 0.25 & 0.20 & 0.15 \\ 0.25 & 0.30 & 0.25 & 0.10 & 0.10 \\ 0.15 & 0.25 & 0.15 & 0.25 & 0.20 \\ 0.25 & 0.25 & 0.20 & 0.15 & 0.15 \end{bmatrix}$$

$$B = X * R \quad X = [0.3 \quad 0.2 \quad 0.2 \quad 0.3]$$

$$B_1 = [0.160 \quad 0.210 \quad 0.255 \quad 0.290 \quad 0.085]$$

$$B_2 = [0.135 \quad 0.290 \quad 0.230 \quad 0.265 \quad 0.080]$$

$$B_3 = [0.200 \quad 0.260 \quad 0.215 \quad 0.175 \quad 0.150]$$

归一化处理得树莓汁感官品质评语集  $B'$ :

$$B'_1 = [0.160 \quad 0.210 \quad 0.255 \quad 0.290 \quad 0.085]$$

$$B'_2 = [0.135 \quad 0.290 \quad 0.230 \quad 0.265 \quad 0.080]$$

$$B'_3 = [0.200 \quad 0.260 \quad 0.215 \quad 0.175 \quad 0.150]$$

### 2.3 3 种树莓汁的香气成分分析

由表 7 可知, 自制树莓汁共鉴定出 29 种香气成分, 主要为树莓酮(11.84%)、4-三甲基环己烯基-3-丁酮(10.34%)、 $\alpha$ -紫罗酮(10.15%)、 $\beta$ -紫罗酮(6.73%)、2,2,6-三甲基 1 环己烯基-3-丁烯酮(6.65%)、苯乙醇(5.44%)。市售产品 A 共鉴定出 24 种香气成分, 主要是 4-三甲基环己烯基-3-丁酮(10.88%)、 $\alpha$ -紫罗酮(6.14%)、2,2,6-三甲基 1 环己烯基-3-丁烯-2-酮(5.79%)、4-三甲基环己烯基-2-丁酮(5.52%)、树莓酮(5.22%)。市售产品 B

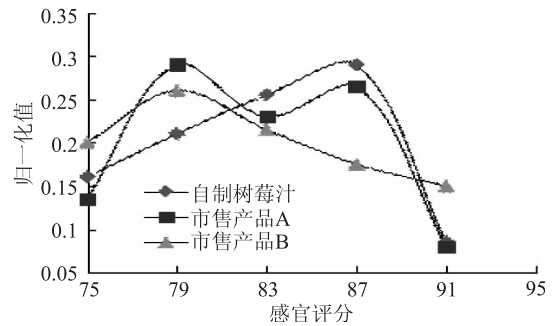


图1 3 种树莓汁模糊关系曲线

Fig.1 Fuzzy relation curve of raspberry juice, commercially available raspberry juice A and B

共鉴定出 24 种香气成分, 主要是 4-三甲基环己烯基-3-丁酮(12.36%)、 $\beta$ -紫罗酮(8.39%)、2,2,6-三甲基 1 环己烯基-3-丁烯-2-酮(7.56%)、树莓酮(6.85%)、2,10-二甲氧基苯基环庚酮(5.94%)。由表 7 可知, 通过分析 3 种树莓汁的香气成分可以得出: 自制树莓汁中主要香气成分为酮类物质(11 种), 所占整个香气成分比例最大, 为 53.02%; 醇类物质 4 种, 占 8.62%; 酸类物质 4 种, 占 5.24%。市售产品 A 和 B 中主要香气成分也为酮类物质, 各含有 9 种, 所占整个香气成分比例最大, 分别为 46.42%、53.71%; 醇类物质各含有 4 种, 分别占 5.23%、5.24%。

3 种树莓汁的香气成分中, 酮类物质所占比例皆最大, 所以其主要香气成分为酮类物质。自制树莓汁中, 鉴定出酮类物质 11 种, 其中树莓酮(11.84%)、4-三甲基环己烯基-3-丁酮(10.34%)、 $\alpha$ -紫罗酮(10.15%)是主要的风味物质; 其次是醇类物质, 鉴定出 4 种, 其中苯乙醇(5.44%)是主要风味物质。由表 7 可知, 自制树莓汁的醇类物质、萜烯类物质、酸类物质相对含量均高于市售产品 A 和 B, 但酮类物质相对含量略低于市售产品 B。

树莓果汁香气活性物质主要有 4 类: 萜烯类化合物: 此类化合物是分子式为异戊二烯的整数倍的烯烴类化合物, 树莓汁中主要是单萜, 呈现极强的甜味和比较重要的芳香气味, 如  $\alpha$ -蒎烯、 $\beta$ -蒎烯; 酮类: 呈现果味, 主要有树莓酮、4-三甲基环己烯基-3-丁酮、 $\alpha$ -紫罗酮等, 酮类是树莓汁的主要香气物质, 对树莓汁的风味起到主要作用; 酯类: 呈现果香气味, 主要有乙酸乙酯, 呈现香蕉、菠萝、苹果的香气<sup>[16,21]</sup>; 醇类: 呈现花香, 主要是苯乙醇, 呈现玫瑰花、茉莉花香味。自制树莓汁在加工过程中, 单萜和烯烴类物质容易发生氧化, 造成单萜类物质含量降低, 但自制树莓果汁中酮类物质是主要香气物质, 其含量(53.02%)较高, 对树莓果汁的感官评价起到重要作用。

### 3 结论

通过研究树莓果汁营养品质和感官评价的相关性, 得到以下结果: 自制树莓汁的可溶性固形物、 $V_C$ 、氨基态氮和 SOD 含量均高于市售产品, 3 种树莓果汁的综合评分均在 80~90 分之间, 自制树莓汁的综合评分略高于其他 2 种市售产品。树莓果汁的营养

表7 3种树莓汁香气成分分析  
Table 7 Flavor components in three kinds of raspberry juice

化合物名称	树莓汁相对含量(%)	市售产品 A 相对含量(%)	市售产品 B 相对含量(%)	香气描述 <sup>[16,21]</sup>
酮类物质	53.02	46.42	53.71	
丁二酮	1.14 ± 0.13	0.76 ± 0.11	0.55 ± 0.08	果香
苯乙酮	3.13 ± 0.21	4.14 ± 0.17	3.65 ± 0.11	果香
树莓酮	11.84 ± 0.64	5.22 ± 0.51	6.85 ± 0.38	果香
$\alpha$ -紫罗酮	10.15 ± 1.13	6.14 ± 0.88	4.23 ± 0.24	果香
$\beta$ -紫罗酮	6.73 ± 0.23	3.28 ± 0.19	8.39 ± 0.10	花香
2,10-二甲氧基苯基环庚酮	0.41 ± 0.07	4.69 ± 0.77	5.94 ± 0.63	
2,2,6-三甲基-1-环己烯基-3-丁烯-2-酮	6.65 ± 0.42	5.79 ± 1.14	7.56 ± 1.05	
3-乙氧苯基-2-恶唑烷酮	0.31 ± 0.10	-	-	
4-三甲基环己烯基-2-丁酮	2.22 ± 0.32	5.52 ± 0.43	4.18 ± 0.22	
4-三甲基环己烯基-3-丁酮	10.34 ± 0.41	10.88 ± 0.75	12.36 ± 0.69	
四氢-6-戊烷基-2H-吡喃酮	0.10 ± 0.02	-	-	
醇类物质	8.62	5.23	5.24	
苯甲醇	0.46 ± 0.15	0.21 ± 0.03	0.18 ± 0.01	花香
苯乙醇	5.44 ± 0.41	3.29 ± 0.33	3.87 ± 0.50	玫瑰香、茉莉香
香叶醇	1.26 ± 0.16	0.92 ± 0.09	0.63 ± 0.02	玫瑰花香
4-三甲基环己烯基-3-丁烯-2-环己醇	1.46 ± 0.03	0.81 ± 0.08	0.56 ± 0.02	
酯类物质	2.07	2.44	2.16	
乙酸乙酯	0.54 ± 0.08	0.41 ± 0.02	0.32 ± 0.03	果香
己酸乙酯	0.21 ± 0.02	0.14 ± 0.02	0.08 ± 0.01	果香
4-羟基扁桃酸乙酯	0.38 ± 0.03	0.66 ± 1.02	0.89 ± 1.26	
4-对氟苯甲酸-3-十四烷基酯	0.53 ± 0.05	-	-	
苯甲酸三甲基硅烷基酯	0.41 ± 0.01	1.23 ± 0.06	0.87 ± 0.03	
萜烯类物质	2.43	1.79	0.63	
$\alpha$ -蒎烯	2.07 ± 0.31	1.65 ± 0.26	0.57 ± 0.13	甜香
$\beta$ -蒎烯	0.36 ± 0.07	0.14 ± 0.03	0.06 ± 0.01	甜香
酸类物质	5.24	2.85	2.96	
乙酸	3.31 ± 0.24	1.85 ± 0.33	2.06 ± 0.25	酸味
己酸	1.27 ± 0.18	0.69 ± 0.06	0.48 ± 0.09	酸味
辛酸	0.16 ± 0.02	0.09 ± 0.01	0.05 ± 0.01	令人不愉快酸味
十六烷酸	0.50 ± 0.03	0.22 ± 0.01	0.37 ± 0.01	
其他	1.81	2.56	1.74	
2-甲基萘	0.42 ± 0.03	-	-	樟脑香
二苯并吡喃	0.40 ± 0.03	-	-	
4,6,8-环己三烯	0.99 ± 0.22	2.56 ± 0.10	1.74 ± 0.09	

注：“-”表示未检测出。

品质和感官评价呈现明显的相关性( $p < 0.05$ ),还原糖和总酸呈负相关,树莓果汁中二者的值越高,树莓果汁的感官评价越低;可溶性固形物、 $V_c$ 、氨基态氮、SOD 呈正相关,它们含量越高,树莓汁的感官评价越高。根据模糊综合评判,树莓汁感官评价结果:自制树莓汁 > 市售产品 A > 市售产品 B。3种树莓汁的香气成分中,酮类物质和醇类物质是主要香气成分。自制树莓汁中,鉴定出酮类物质 11 种,其中树莓酮(11.84%)、4-三甲基环己烯基-3-丁酮(10.34%)、 $\alpha$ -紫罗酮(10.15%)是主要的风味物质;其次是醇类物质,鉴定出 4 种,其中苯乙醇(5.44%)是主要风味物质。结论:树莓汁中的营养指标和香气物质对树

莓汁感官品质有重要的影响。

### 参考文献

- [1]叶永铭,陈福玉,李明,等.澄清树莓汁饮料的研制[J].食品工业科技,2009,3(30):254-257.
- [2]白立敏,辛秀兰,江波,等.树莓清汁饮料的研制及色泽稳定性研究[J].食品与发酵工业,2007,33(12):145-149.
- [3]冀晓龙,王敏,田汉英,等.不同杀菌方式对梨枣汁贮藏过程中品质变化的影响[J].现代食品科技,2013,29(9):2211-2217.
- [4]谢慧明,王颖,周典飞.超高压处理对猕猴桃汁品质的影响[J].食品科学,2012,33(11):17-20.

- [5] K.M.Oulé, M.Dickman, J.Arul. Properties of Orange Juice with Supercritical Carbon Dioxide Treatment [J]. *International Journal of Food Properties*, 2013, 16(8): 1693-1710.
- [6] 胡璇, 夏延斌. 基于模糊数学的剁椒感官综合评价方法 [J]. *食品科学*, 2011, 32(1): 95-97.
- [7] Laura Vázquez - Araújo, Edgar Chambers IV, Koushik Adhikari, et al. Sensory and physicochemical characterization of juices made with pomegranate and blueberries, blackberries, or raspberries [J]. *Journal of Food Science*, 2010, 75(7): 398-404.
- [8] 徐树来, 王永华. 食品感官分析与实验第二版 [M]. 北京: 化学工业出版社, 2015: 102-105.
- [9] Pangbom R M. Relative taste of selected sugars and organic acid [J]. *Journal Food Science*, 1963, 28(6): 726-733.
- [10] Doty TE. Fructose sweetness: A new dimension [J]. *Cereal Foods World*, 1976, 21: 62-63.
- [11] Zhang LT. The sweetness of sugars [J]. *Journal of South China University of Technology*, 2002, 30(1): 89-91.
- [12] 张群, 付复华, 吴跃辉, 等. 湖南杂柑品种外观品质与营养品质及感官评价之间的相关性研究 [J]. *食品工业科技*, 2014, 35(23): 100-106.
- [13] Takao K, Bunta W, Shiro S, et al. Characterization of raspberry ketone/zingerone synthase, catalyzing the alpha, beta-hydrogenation of phenylbutenones in raspberry fruits [J]. *Biochemical and Biophysical Research Communications*, 2011, 412(1): 104-108.
- [14] Nicole Roberta Giuggioli, Rossella Briano, Claudio Baudino, et al. Effects of packaging and storage conditions on quality and volatile compounds of raspberry fruits [J]. *CyTA - Journal of Food*, 2015, 13(4): 512-521.
- [15] 任婧楠, 荣茂, 彭勋, 等. 树莓汁中键合态香气物质的酸解 [J]. *食品科学*, 2013, 34(13): 101-104.
- [16] 任婧楠, 潘思轶, 王可兴, 等. 树莓及其加工制品中香气化合物的研究进展 [J]. *食品科学*, 2013, 34(11): 363-368.
- [17] Hamid Hassanpour. Effect of Aloe vera gel coating on antioxidant capacity, antioxidant enzyme activities and decay in raspberry fruit [J]. *LWT - Food Science and Technology*, 2015, 60(1): 495-501.
- [18] Eva M. González, Begoña de Ancos, Pilar M. Cano. Preservation of raspberry fruits by freezing: physical, physico-chemical and sensory aspects [J]. *European Food Research and Technology*, 2002, 215(6): 497-503.
- [19] Richard E Harrison, D.Donald Muir, E.Anthony Hunter. Genotypic effects on sensory profiles of drinks made from juice of red raspberries (*Rubus idaeus* L.) [J]. *Food Research International*, 1999, 31(4): 303-309.
- [20] Eva González, Salud Vegara, Nuria Martí, et al. Physicochemical Characterization of Pure Persimmon Juice: Nutritional Quality and Food Acceptability [J]. *Journal of Food Science*, 2015, 80(3): 532-539.
- [21] 张强, 辛秀兰, 杨富民, 等. 主成分分析法评价红树莓果醋的相对气味活度值 [J]. *现代食品科技*, 2015, 31(11): 332-338.

(上接第 248 页)

- and sugars from honeysuckle by alcohol/salt aqueous two-phase system and optimization of extraction process [J]. *Separation and Purification Technology*, 2013, 118: 776-783.
- [8] Zhang D Y, Zu Y G, Fu Y G, et al. Aqueous two-phase extraction and enrichment of two main flavonoids from pigeon pea roots and the antioxidant activity [J]. *Separation and Purification Technology*, 2013, 102: 26-23.
- [9] 徐春明, 李婷, 王英英, 等. 响应曲面法优化微波辅助双水相提取苦荞麦麸皮中黄酮类化合物的工艺研究 [J]. *中国食品添加剂*, 2014, (2): 80-86.
- [10] 徐春明, 李婷, 王英英, 等. 微波辅助双水相提取苦荞麦粉中黄酮类化合物 [J]. *食品科学技术学报*, 2014, (2): 80-86.
- [11] 陈瑞战. 超高压提取人参皂苷工艺及机理研究 [D]. 长春: 吉林大学, 2005.
- [12] Gao Q H, Wu C S, Yu J G, et al. Textural characteristic, antioxidant activity, sugar, organic acid, and phenolic profiles of 10 promising jujube (*Ziziphus jujuba* Mill.) selections [J]. *Journal of Food Science*, 2012, 77(11): C1218-C1225.
- [13] Sogi D S, Siddiq M, Greiby I, et al. Total phenolics, antioxidant activity, and functional properties of 'Tommy Atkins' mango peel and kernel as affected by drying methods [J]. *Food Chemistry*, 2013, 141(3): 2649-2655.
- [14] Bensch M, Selbach B, Hubbuch J. High throughput screening techniques in downstream processing: preparation, characterization and optimization of aqueous two-phase systems [J]. *Chemical engineering science*, 2011, 62(7): 2011-2021.
- [15] Wu X Y, Liang L G, Zou Y, et al. Aqueous two-phase extraction, identification and antioxidant activity of anthocyanins from mulberry (*Morus atropurpurea* Roxb.) [J]. *Food Chemistry*, 2011, 129(2): 443-453.
- [16] 张杰. 苦荞黄酮超声提取工艺研究 [J]. *应用化工*, 2009, 38(7): 1020-1021.
- [17] Vogrinec M, Timoracka M, Melichacova S, et al. Degradation of Rutin and Polyphenols during the Preparation of Tartary Buckwheat Bread [J]. *J Agric Food Chem*, 2010, 58(8): 4883-4887.