

市售盐水鸭挥发性风味物质研究分析

李聪^{1,2}, 徐宝才^{2,3}, 李世保^{1,2}, 郝敬芝⁴

(1. 马鞍山雨润食品有限公司, 安徽马鞍山 243071)(2. 肉品加工与质量控制国家重点实验室, 江苏南京 211806)
(3. 江苏省肉类生产与加工质量安全控制协同创新中心, 江苏南京 210095)(4. 江南大学食品学院, 江苏无锡 214122)

摘要: 为探明南京盐水鸭挥发性风味物质, 以不同品牌 and 不同产品执行标准的 6 种市售盐水鸭为研究对象, 采用固相微萃取-气相色谱-质谱联用技术 (SPME-GC-MS)、电子鼻和全自动氨基酸分析仪三种技术, 对不同品牌盐水鸭的气味和滋味从微观及宏观角度进行分析。SPME-GC-MS 结果表明: 从 6 种盐水鸭中共鉴定出 65 种挥发性化合物, 其中醛类 16 种、烃类 19 种、酯类 4 种、酮类 5 种、醇类 6 种、酸类 4 种与其它 11 种。6 种样品共有化合物为 10 种 (醛类 7 种、烃类 2 种与醇类 1 种)。采用“OAV 值”法确定盐水鸭关键风味化合物主要为醛类。由于各样品间挥发性化合物成分不完全相同, 导致各品牌盐水鸭整体香气存在差异, 该试验结果与电子鼻分析结果一致。氨基酸分析结果显示, 盐水鸭样品氨基酸总含量在 700~1400 ng/20 μ L 之间, 氨基酸种类和含量无明显差异 ($p>0.05$), 市售盐水鸭在滋味上差异不大。

关键词: 盐水鸭; 固相微萃取-气相色谱-质谱法; 电子鼻; 风味物质; 风味强度值

文章编号: 1673-9078(2016)12-350-358

DOI: 10.13982/j.mfst.1673-9078.2016.12.053

Analysis of Volatile Flavor Compounds in Commercially Available Salted Duck

LI Cong^{1,2}, XU Bao-cai^{2,3}, LI Shi-bao^{1,2}, HAO Jing-zhi⁴

(1. Maanshan Yurun Food Co. Ltd. Maanshan 243071, China) (2. State Key Laboratory of Meat Processing & Quality Control, Nanjing, 211806, China) (3. Collaborative Innovation Center of Meat Production and Processing, Nanjing 210095, China) (4. Jiangnan University, School of food Science and Technology, Wuxi 214122, China)

Abstract: To identify the different volatile flavor compounds among Nanjing salted ducks, six kinds of commercially-available salted ducks of different brands and products were used as samples. Solid-phase microextraction-gas chromatography-mass spectrometry (SPME-GC-MS), electronic nose, and an automatic amino acid analyzer were used to perform a comprehensive analysis of the aroma and taste of different brands of salted duck from a macroscopic and microscopic perspective. The result of SPME-GC-MS showed that there were 65 types of volatile compounds in the six brands of salted duck. Among them, there were 16 aldehydes, 19 hydrocarbons, four esters, five ketones, six alcohols, four acids, and 11 other compounds. Ten compounds were found in all six samples (seven aldehydes, two hydrocarbons, and one alcohol). Using the OAV method, we confirmed that the aldehydes were the key flavor compounds of salted duck. The differences in the volatile compounds among the six samples led to differences in the overall aroma among the different brands. The results are consistent with the electronic nose experiment. The result of amino acid analysis showed that the total content of amino acids in the salted ducks was 700~1400 ng/20 μ L. There were no significant differences in amino acid type and content among the samples of salted duck ($p>0.05$), and the difference in taste among the salted ducks was not significant.

Key words: salted duck; solid-phase microextraction-gas chromatography-mass spectrometry; electronic nose; flavor compounds; odor activity value

收稿日期: 2016-01-04

基金项目: 十二五国家科技支撑计划 (2014BAD04B07)

作者简介: 李聪 (1986-), 男, 助理研究员, 中级工程师, 主要从事食品加工与辅料研究工作

通讯作者: 徐宝才 (1973-), 男, 博士, 研究员级高工, 主要从事食品安全与检测、食品加工与辅料等研究工作

盐水鸭又叫桂花鸭, 是南京著名的特产, 中国地理标志产品。南京盐水鸭是我国传统特色肉制品中仅有的几种低温肉制品之一, 以其颜色洁白、组织细嫩、口感滑润、咸淡适中、风味独特和较高的营养价值深受国内外消费者的喜爱。传统的盐水鸭要求“熟盐搓、老卤复、吹得干和煮得足”。目前, 市场上销售的盐水

鸭的生产工艺主要有三种,不同加工工艺对盐水鸭的风味有显著的影响^[1]。而盐水鸭有不同的执行标准,如企业标准、地方标准、行业标准以及国家标准。生产工艺相同,但产品执行标准的异同是否会造成盐水鸭风味具有差异性未见报道。

风味是肉品的重要食用品质之一,由气味和滋味两部分组成^[2]。目前,对食品气味进行分析多采用感官评价、电子鼻分析或气相色谱-质谱联用(gas chromatography-mass spectrometry, GC-MS)的方法^[3],对滋味进行分析多采用氨基酸自动分析仪、高效液相色谱、理化指标并结合感官评定进行评定。感官评价法因个人喜好偏差会带来误差。电子鼻是采用传感器模拟人的嗅觉来分析样品气味总体信息的一种新型仪器,能够分析识别和检测复杂风味成分,具有快速和客观等优点^[4,5]。固相微萃取-气质联用方法(SPME-GC-MS)是对食品中挥发性物质的分析较为常用的方法。具有操作时间短,样品量小,无需萃取溶剂,集采样、萃取、浓缩和进样于一体,能够尽可能减少被分析的挥发性物质的损失,较为真实地反映风味成分等优点^[6,7]。能对样品中风味物质的种类和含量进行检

测,但它不能分析这些物质作为一个整体时对样品风味的贡献。两种分析手段结合有利于从宏观和微观上全面研究食品的风味^[8]。氨基酸是肉品主要滋味之一,目前氨基酸分析方法有纸层析法、气相色谱法、比色法、高效液相色谱法和毛细管电泳法等,这些方法操作繁琐,定量不准确,全自动氨基酸分析仪操作简单、准确度高和重现性好等优点,被广泛应用^[9]。目前,市售不同品牌盐水鸭的风味差异性分析未见报道。

本研究采用 SPME-GC-MS/法结合电子鼻、氨基酸自动分析法对市售不同品牌的盐水鸭进行分析,从微观和宏观角度探明不同品牌盐水鸭挥发性风味物质及分析其风味差异性,同时为进一步建立盐水鸭风味指纹图谱提供数据支持。

1 材料与方法

1.1 试验材料与试剂

表1为不同品牌盐水鸭样品信息,购于南京市新街口沃尔玛超市。

2-辛醇,色谱纯,科密欧化学试剂有限公司。

表1 不同品牌盐水鸭样品信息

Table 1 Information on different brands of salted duck

样品编号	产品名称	净含量/g	品牌	货架期/d	执行标准
1	500g 桂花牌盐水鸭	500	桂花鸭	90	Q/GHY 0001S
2	桂花风味樱桃谷盐水鸭	400	好人缘	180	NY/T843
3	桂花风味盐水鸭	400	宝迪	90	DBS 32/002-2014
4	桂花风味盐水鸭	1000	白鹭	90	NY/T843
5	南京盐水鸭	800	白鹭	90	DBS 32/002-2014
6	雨润盐水鸭	450	雨润	90	GB/T23586

1.2 试验仪器与设备

ME204E-02 型电子天平:凯特勒托利多公司; Alpha M.O.S FOX 4000 电子鼻系统:法国;气质联用仪 Trace Ultra GC 和 DSQII MS, SPME Triplus 自动进样器, Thermol 公司制造; 75 μm 碳分子筛/聚二甲基硅氧烷(CAR/PDMS)萃取头,美国 Supelco 公司制造; sigma 公司制造;氨基酸自动分析仪 835-50 日本日立公。

1.3 试验方法

1.3.1 样品前处理方法

电子鼻:与《基于电子鼻和电子舌分析不同品牌盐水鸭风味的差异性》(该文已被《中国食品学报》录用,预计于2016年12月见刊)一文前处理方法一致。

GC-MS:取适量盐水鸭鸭胸肉,迅速切成约1 cm³

小块,置于液氮中迅速冷却,然后研磨成粉末状,取适量加入20 mL 顶空进样瓶,加入0.01 mL(质量浓度为82.5 $\mu\text{g/mL}$)2-辛醇,加盖。利用自动进样器完成进样操作。萃取前先在相应的萃取温度下预热10 min,然后将老化后的萃取头插入顶空瓶中开始吸附,待吸附完成后将萃取头插入气质联用仪进样口,在250 $^{\circ}\text{C}$ 下解吸4 min。每个样品做3次重复。

氨基酸分析:取适量鸭肉绞碎,精确称量500 μg ,加2 mL 磺基水杨酸和0.5 mL EDTANa₂,混合均匀后超声震荡30 min,静置过夜,取上清液用,并用一级水定容至25 mL。取2 mL 余离心管中,氮吹至完全干燥,用2 mL 浓度为0.2 mol/L 盐酸复溶,用22 μm 薄膜过滤于进样瓶中,上机检测。

1.3.2 GC-MS 技术检测方法

按下述工作参数设定 GC-MS 仪。

气相条件:萃取头热解吸温度为250 $^{\circ}\text{C}$,时间为

2 min, 不分流模式, 解吸过程炉温保持在 40 °C。采用 DB-5MS 非极性毛细管色谱柱(60 m×0.32 mm i.d., 1 μm) 对鸭肉挥发性化合物进行分离。进样口温度 250 °C, 接口温度 250 °C; 起始柱温 40 °C, 保持 2 min, 以 5 °C/min 至 60 °C, 无保留; 再以 10 °C/min 至 100 °C, 无保留; 再以 18 °C/min 至 240 °C, 保留 6 min, 检测温度 240 °C。载气为 He, 流速 0.3 mL/min, 不分流, 恒压 35 kPa。

质谱条件: 离子源温度: 200 °C; 电离方式: EI; 电子能量: 70 eV; 灯丝电流 15 μA; 扫描质量范围为 33~450 u。

1.3.3 电子鼻检测方法

与《基于电子鼻和电子舌分析不同品牌盐水鸭风味的差异性》(该文已被《中国食品学报》录用, 预计于 2016 年 12 月见刊)一文电子鼻检测参数一致。

1.3.4 统计分析方法

试验结果分析: 采用 SPSS 20.0 对试验数据进行方差分析和最小显著差数法 (Least Significant Difference LSD) 进行多重比较, 主成分分析 (PCA) 利用仪器自身携带软件进行处理, 试验重复 5 次取平均值。

定性分析: 利用 Xcalibur (Thermo Scientific) 软件进行鉴定, 检测到的质谱信息与 MAINLIB、REPLIB、NISTDEMO 和 WILLEY 四个标准数据库进行对比, 正相匹配指数 (SI) 和反相匹配指数 (RSI) 均大于 800 (最大为 1000) 的成分做为定性结果^[10]。

定量分析: 根据内标物的峰面积大小确定各成分的准确含量。

关键风味化合物的确定: 根据风味强度值 (OAV aroma active value) 来进行确认, 它是香气物质的浓度与其阈值的比值。阈值是一个参数, 即能嗅到该物质的最小浓度, 它广泛的用于气味模型的获得。化合物的比值大于或者等于 1, 则认为该化合物对其香气有作用, 且 OAV 值越大, 对整体香气的贡献度就越大^[11]。

2 结果与分析

2.1 市售盐水鸭样品 GC-MS 分析结果

由表 2 中可知, 在“桂花鸭”、“白鹭 1 kg”、“好人缘”、“宝迪”、“白鹭 800 g”和“雨润”中检测到的挥发性化合物分别为 36 种、24 种、23 种、28 种、23 种和 29 种。所有样品中共鉴定出 65 种化合物, 其中醛类 16 种、烃类 19 种、酯类 4 种、酮类 5 种、醇类 6 种、酸类 4 种和其它 11 种。6 种样品仅含 10 种共有化合物 (醛类 7 种、烃类 2 种和醇类 1 种), 所含化合物差

异较大, 表明 6 种盐水鸭挥发性风味成分存在差异。所共有的 7 种醛分别为正己醛、庚醛、Z-2-庚烯醛、苯甲醛、正辛醛、反-2-辛烯醛和壬醛; 而癸醛、十二醛、6-溴吡啶-3-甲醛、2-己烯醛、Z-2-壬烯醛和 3-乙基苯甲醛仅在单一样品中检测到; 醛的总含量均高于其它种类化合物, 同时有 11 种醛的 OAV 值大于 1, 表明醛对盐水鸭的整体香气贡献度较大。在 6 个盐水鸭样品中均检测到 1-辛烯-3-醇, 且 OAV 值较大, 其余 5 种醇的含量均低于 1-辛烯-3-醇, 说明 1-辛烯-3-醇对盐水鸭整体香气的贡献度远大于其它醇。在鉴定出的 19 种烃类化合物中, 除正己烷、2,2,4,6,6-五甲基庚烷、十四烷、十五烷和 1,3-辛二烯, 同时在至少 5 个样品中被检测到, 其余 14 种烃, 仅在 1~3 个样品中被检测到; 烃类除正己烷含量较高外, 其余烃类含量大部分低于 500 μg/kg。己酸和茴香脑分别在 5 个样品中被检测到, 己酸含量较低且阈值较高, OAV 值小于 1, 说明酸类对盐水鸭香气整体贡献度较小。

通常认为, 不同种类肉的特征性风味来自脂肪, 它是区分不同种类肉的重要依据。而醛类是脂肪降解的主要产物之一, 可能构成肉品种的特征性风味^[12]。不同品牌盐水鸭醛的含量差异明显, 醛类的总量最低和最高的品牌分别为“宝迪”(7499.31 μg/kg)和“白鹭 800 g”(69449.57 μg/kg); 醛类总含量相当的品牌如下: “桂花鸭”和“白鹭 1 kg”、“宝迪”和“白鹭 800 g”、“好人缘”和“雨润”。脂肪烃也是脂肪氧化降解产生的, 检测到的 19 种烃中, 有 5 种烃属于芳香烃, 而芳香烃可能是由带芳香基的游离氨基酸氧化产生的。烃类总含量范围在 1250.68~24021.85 μg/kg, 其中“桂花鸭”、“雨润”和“宝迪”三个品牌烃类总含量相当; “白鹭 800 g”与“好人缘”两个品牌烃类含量相差不大; “白鹭”两个规格的产品烃类总含量差异最大。“宝迪”和“雨润”未检测到酯类, 而其余四个品牌酯类的总含量相当。醇类主要来自脂肪的氧化降解, 因其阈值较高, 其风味在肉制品中被认为并不很重要。但一些不饱和醇如 1-戊烯-3-醇和 1-辛烯-3-醇气味阈值较低, 可能对香味起重要作用, 6 个样品中均检测到 1-辛烯-3-醇, 其含量相当的品牌如下: “桂花鸭”和“白鹭 1 kg”、“宝迪”和“白鹭 800 g”、“好人缘”和“雨润”。文献报道称, 大多数烃类、醇、酸及酯类化合物香味阈值较高, 一般认为对肉香贡献不大, 但有一些化合物是形成杂环化合物的重要中间体, 因此对形成肉香具有不可忽视的基底作用。因此可知, 市售盐水鸭风味的差异性主要取决于醛的种类和含量, 其次为醇类、酸类和酯类的种类和含量, 烃类影响最小。挥发性化合物茴香脑和桉叶油醇是加工中的辅料如生姜和八角等的成分造成同

种品牌和不同品牌样品间醛类、烃类与醇类等总含量 和种类差异的可能原因是加工方式的不同所致。

表2 盐水鸭中主要气味成分组成及含量

Table 2 Main odor component compositions and their contents in salted duck

中文名称	阈值 /(μg/kg)	桂花鸭		白鹭 1 kg		好人缘	
		含量/(μg/kg)	OAV	含量/(μg/kg)	OAV	含量/(μg/kg)	OAV
戊醛	12	461.73	38.48	299.13	24.93	1594.64	132.89
正己醛	4.5	16734.55	3718.79	20847.56	4632.79	29585.97	6574.66
庚醛	3	639.68	213.23	1416.92	472.31	1884.9	628.3
Z-2-庚烯醛	13	97.69	7.51	305.61	23.51	978.25	75.25
苯甲醛	350	0.46	0.001	0.91	0.003	2.44	0.007
正辛醛	0.7	418.89	598.41	1204.02	1720.02	1852.05	2645.79
反-2-辛烯醛	3	119.41	39.80	341.82	113.94	671.16	223.72
壬醛	1	375.65	375.65	1314.53	1314.53	1857.18	1857.18
癸醛	0.1	174.50	1745.00				
十二醛	2	67.86	33.93				
6-溴吡啶-3-甲醛		86.99					
反式-2-壬醛	900			73.26	0.08	96.3	0.11
2-己烯醛	27					90.50	3.35
Z-2-壬烯醛	4.1						
3-乙基苯甲醛							
5-乙基环戊-1-烯甲醛						511.19	
总量		19177.40		25803.74		39124.57	
正己烷		3193.04		22257.25		22270.74	
庚烷							
甲苯		609.16				268.72	
正辛烷							
间二甲苯		178.92					
对二甲苯		111.59					
2,2,6-三甲基辛烷		457.64					
2,2,4,6,6-五甲基庚烷		323.10		491.17		577.00	
4,7-二甲基十一烷		329.71					
2,6-二甲基癸烷		121.15					
十二烷		136.33					
十三烷		245.23					
十四烷		316.02		76.80		74.59	
十五烷		348.49		66.28		61.13	
1,3-辛二烯				26.80		174.61	
3-乙基-2-甲基-1,3-己二烯							
1,3-二氯苯							
2-亚丙烯基环丁烯						119.68	
1,4-二氯苯		1499.12		1103.55			
总量		7869.50		24021.85		23546.47	

转下页

接上页

酯类	4-羟基丁酸乙酯		2098.68				
	γ-丁内酯		157.33				
	醋酸-2-乙基己酯		165.75				
	正己酸乙酯		1575.45		4818.57		4573.31
	总量		3997.22		4818.57		4573.31
酮类	苯乙酮	65	159.50	2.45	163.64	2.52	
	2-庚酮	140			17.60	0.13	
	4-甲基-2-己酮						
	2,3-辛二酮						
	1-辛烯-3-酮	10					
	总量		159.50		181.24		
醇类	1-戊醇	730					
	1-辛烯-3-醇	1	101.43	101.43	392.15	392.15	1098.32
	2-乙基己醇	270000	1128.39	0.004			
	正己醇	2500			493.86	0.20	
	6-甲基-2-庚醇						
	反式-2-辛烯-1-醇						
总量		1229.82		886.01		1098.32	
酸类	N-甲基牛磺酸				128.11		101.75
	己酸	3000			9.48	0.003	20.46
	辛酸	3000					0.007
	正戊酸	3000					
	总量				137.60		122.21
其他	氨基甲酸铵						
	蒎烯	6	84.05	14.01			
	苯酚	5900	211.57	0.04			
	1-亚甲基-1-H 茛		97.69				
	1-甲基萘		156.34		39.85		
	2,6-二叔丁基萘醌		620.07				
	茴香脑				111.16		89.51
	桉叶油醇						
	N-乙酰-L-谷氨酰胺						
	4-烯丙基苯甲醚						
2-正戊基噻吩							
总量		1169.73		151.01		89.51	

中文名称	阈值 (μg/kg)	宝迪		白鹭 800 g		雨润	
		含量/(μg/kg)	OAV	含量/(μg/kg)	OAV	含量/(μg/kg)	OAV
戊醛	12			1930.17	160.85	5480.15	456.68
正己醛	4.5	2482.61	551.69	55109.10	12246.47	17219.7	3826.60
庚醛	3	576.29	192.1	3430.69	1143.564	3626.29	1208.76
Z-2-庚烯醛	13	413.15	31.78	690.64	53.126	1444.99	111.15
苯甲醛	350	0.57	0.002	1.21	0.003		
正辛醛	0.7	1677.05	2395.79	3290.58	4700.83	3145.20	4493.14

转下页

接上页								
	反-2-辛烯醛	3	439.61	146.54	712.95	237.65	1112.98	370.99
	壬醛	1	1534.00	1534.00	3651.95	3651.95	3953.68	3953.68
	癸醛	0.1						
	十二醛	2						
	6-溴吡啶-3-甲醛							
	反式-2-壬醛	900	61.75	0.07	104.20	0.12	155.97	0.17
	2-己烯醛	27						
	Z-2-壬烯醛	4.1			114.52	27.93		
	3-乙基苯甲醛						37.40	
	5-乙基环戊-1-烯甲醛		314.28		413.56		526.61	
	总量		7499.31		69449.57		36702.98	

	正己烷		4995.80		670.14		6638.11	
	庚烷						264.78	
	甲苯							
	正辛烷						186.93	
	间二甲苯							
	对二甲苯							
	2,2,6-三甲基辛烷							
	2,2,4,6,6-五甲基庚烷		630.79				1155.75	
	4,7-二甲基十一烷							
	2,6-二甲基癸烷							
烃类	十二烷							
	十三烷							
	十四烷		55.10		54.43		64.22	
	十五烷		52.66				52.69	
	1,3-辛二烯		65.06		106.91		307.35	

	3-乙基-2-甲基-1,3-己二烯				419.20		711.13	

	1,3-二氯苯		514.37					
	2-亚丙烯基环丁烯							
	1,4-二氯苯		537.45					
	总量		6851.23		1250.68		9380.95	

	4-羟基丁酸乙酰酯							
酯类	γ -丁内酯							
	醋酸-2-乙基己酯							
	正己酸乙烯酯				9103.47			
	总量				9103.47			

	苯乙酮	65						
	2-庚酮	140					1032.44	7.38
酮类	4-甲基-2-己酮		15.98					
	2,3-辛二酮		3220.8					
	1-辛烯-3-酮	10					11.07	1.11
	总量		3236.82				1043.50	

转下页

接上页

	1-戊醇	730					0.465	0.001
	1-辛烯-3-醇	1	884.69	884.69	887.49	887.49	1792.15	1792.15
醇类	2-乙基己醇	270000						
	正己醇	2500	8016.60	3.21	1982.08	0.79	2766.353	1.11
	6-甲基-2-庚醇		1720.41					
	反式-2-辛烯-1-醇		62.15					
	总量		10683.85		2869.57		4558.96	
酸类	N-甲基牛磺酸				147.02		9.08	
	己酸	3000	315.07	0.105	3.40	0.001	399.33	0.133
	辛酸	3000			55.98	0.02	75.19	0.03
	正戊酸	3000					338.49	0.112
	总量		315.07		206.40		822.09	
	氨基甲酸铵		431.47					
其他	蒎烯	6						
	苯酚	5900						
	1-亚甲基-1-H 茛							
	1-甲基萘							
	2,6-二叔丁基苯醌							
	茴香脑		69.32		112.94		107.28	
	桉叶油醇		140.04					
	N-乙酰-L-谷氨酰胺		46.76					
	4-烯丙基苯甲醚		85.19					
	2-正戊基噻吩						48.39	
	总量		772.79		112.94		155.66	

2.2 市售盐水鸭样品电子鼻分析结果

市售盐水鸭电子鼻 PCA 分析结果如图 1 所示。图中主成分 1 和主成分 2 的累计方差贡献率为 98.633%，大于 85%，这说明主成分 1 和主成分 2 已经包含了很大的信息量，能够反映样品的整体信息，同时识别指数为 82，表明区分有效。在图 1 中可以看出“好人缘”与其余 5 个样品距离较远，说明其整体香气成分与其余 5 个样品差异明显；“桂花鸭”、“白鹭 1 kg”、“白鹭 800 g”、“宝迪”和“雨润”5 个品牌距离较近，说明这 5 个样品整体香气成分接近；6 种样品电子鼻 PCA 分析无重叠部分，说明电子鼻能对不同品牌盐水鸭的整体香气进行区分。该试验结果与《基于电子鼻和电子舌分析不同品牌盐水鸭风味的差异性》一文结果基本一致。SPME-GC-MS 技术可对样品中挥发性风味物质的具体种类和含量进行检测与比较，但不能分析这些物质作为一个整体时对样品风味特征的贡献，而电子鼻与之相反，得到的不是被测样品中各挥发性物质的定性或定量结果，而是样品的整体风味信息，因此两者配合有利于同时从宏观和微观上研究样品风味，

GC-MS 的分析结果有利于对电子鼻分析结果的解释 [13]。

本研究采用 SPME-GC-MS 法鉴定出的化合物，通过 OAV 值法可确定盐水鸭关键风味化合物，但各样品间关键风味化合物成分不完全相同，故各品牌盐水鸭整体香气存在差异，该试验结果与电子鼻分析结果一致。由此可以看出，电子鼻技术和 SPME-GC-MS 技术二者检测结果相互呼应。

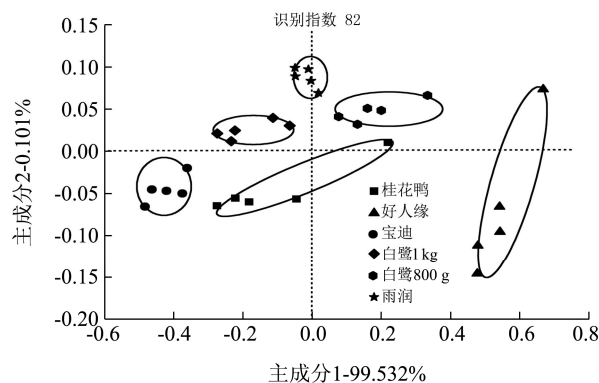


图 1 盐水鸭样品的主成分分析图

Fig.1 PCA of salted duck

2.3 氨基酸自动分析仪检测结果

滋味的产生是由于呈味物质溶于水后进入味蕾孔口刺激味细胞产生的,主要有4种基本味道:甜、酸、咸和苦。此外,其它的一些感觉,如涩味、金属味、痛感(热食食物和冰冻食物)和美味也可感知。肉中的滋味呈味物质主要是氨基酸、肽、蛋白质、核酸代谢产物及无机盐,不同氨基酸反应的味道不同^[14],滋味强度与氨基酸的含量有关。表3为氨基酸自动分析仪分析结果,6种市售盐水鸭样品中共检测出16种氨基

酸,除半胱氨酸仅在“好人缘”检测到,“宝迪”样品未检测到组氨酸外,其余14种氨基酸在6个样品中均被检测到;各品牌氨基酸总含量在700~1400 ng/20 μL之间;LSD法分析可知,除“好人缘”与其余品牌盐水鸭氨基酸总量差异显著($p<0.05$)外,其余5个品牌盐水鸭之间氨基酸总量差异不显著($p>0.05$),同时同种氨基酸在各样品间差异不显著($p>0.05$)。说明6种市售盐水鸭在滋味上差异不大,该试验结果与《基于电子鼻和电子舌分析不同品牌盐水鸭风味的差异性》一文,电子舌试验结果基本一致。

表3 不同品牌盐水鸭氨基酸含量

Table 3 Amino acid contents of different brands of salted duck

氨基酸名称	桂花鸭/(ng/20 μL)	白鹭 1 kg/(ng/20 μL)	好人缘/(ng/20 μL)	宝迪/(ng/20 μL)	白鹭 800g/(ng/20 μL)	雨润/(ng/20 μL)
Asp	16.96±0.93 ^b	13.45±1.10 ^c	20.38±3.09 ^a	5.28±0.54 ^f	8.21±0.84 ^d	11.54±0.63 ^{ce}
Thr	27.84±0.60 ^b	27.90±1.59 ^b	76.53±14.06 ^a	34.01±2.13 ^b	37.04±3.98 ^b	38.51±0.99 ^b
Ser	61.51±0.27 ^{bd}	61.57±2.70 ^b	80.15±9.69 ^a	54.70±3.73 ^d	73.18±8.13 ^{ac}	59.04±1.80 ^d
Glu	152.82±1.45 ^a	112.80±4.67 ^b	169.33±19.2 ^a	89.06±6.51 ^c	128.59±13.1 ^b	122.38±6.23 ^b
Gly	28.36±1.08 ^a	18.52±1.94 ^d	19.43±2.70 ^d	23.75±2.10 ^b	27.54±2.87 ^{ac}	25.61±0.88 ^{ab}
Ala	80.91±1.21 ^b	76.34±4.19 ^b	96.98±14.25 ^a	56.19±3.50 ^c	88.19±9.26 ^{ab}	75.03±3.36 ^b
Cys	0.00 ^b	0.00 ^b	6.33±3.70 ^a	0.00 ^b	0.00 ^b	0.00 ^b
Val	39.06±5.57 ^b	27.28±1.20 ^b	95.37±21.70 ^a	32.91±7.00 ^b	38.98±4.62 ^b	48.97±2.78 ^b
Met	15.86±3.64 ^b	9.82±1.51 ^c	40.03±7.81 ^a	11.56±1.81 ^c	17.56±7.94 ^b	21.95±1.27 ^b
Ile	23.35±0.15 ^{bc}	18.95±0.99 ^c	52.33±8.62 ^a	19.20±1.31 ^c	21.79±1.43 ^c	29.17±1.55 ^b
Leu	34.85±0.48 ^c	28.41±1.37 ^d	75.76±12.05 ^a	28.79±1.66 ^{cd}	45.54±3.86 ^b	47.00±2.42 ^b
Tyr	39.87±0.98 ^{bc}	32.84±0.71 ^c	54.08±8.8 ^a	31.72±0.95 ^c	38.53±3.78 ^{bc}	41.23±1.52 ^b
Phe	37.75±0.45 ^c	31.31±1.00 ^c	60.72±7.66 ^a	29.21±1.80 ^d	45.48±3.77 ^b	44.51±1.45 ^b
Lys	52.19±1.17 ^d	50.08±2.35 ^d	195.79±28.8 ^a	39.26±3.55 ^d	86.34±9.97 ^c	118.63±13.9 ^b
His	31.36±0.52 ^{bc}	28.33±1.12 ^c	56.55±7.42 ^a	0.00 ^d	24.19±4.51 ^c	34.51±3.75 ^b
Arg	38.68±0.67 ^c	30.27±1.28 ^d	85.52±15.27 ^a	38.44±3.01 ^{cd}	61.11±8.05 ^b	53.63±3.38 ^b
总量	839.95 ^b	744.63 ^b	1302.99 ^a	726.75 ^b	867.43 ^b	905.62 ^b

注:表中字母a、b、c和d表示差异显著性($p<0.05$)。

3 结论

3.1 采用固相微萃取-气-质联用(SPME-GC-MS)、电子鼻(E-Nose)和全自动氨基酸分析仪三种技术,对市售不同品牌盐水鸭的风味和滋味从宏观和微观角度进行全面分析。采用SPME-GC-MS法,6种样品共鉴定出65种挥发性风味化合物,其中共有化合物为10种(醛类7种、烃类2种及醇类1种),各样品间在化合物种类和含量上存在明显差异。采用“OAV值”法确定盐水鸭关键风味化合物主要为醛类。电子鼻分析显示盐水鸭样品的整体香气趋势与SPME-GC-MS技术检测的具体香气物质结果一致。市售盐水鸭在滋味上差异不大,氨基酸分析结果显示,盐水鸭样品氨基酸总含量在700~1400 ng/20 μL之间,氨基酸种类和

含量无明显差异($p>0.05$)。

3.2 本研究为鉴别不同品牌盐水鸭提供理论依据和技术参考,为建立盐水鸭风味指纹图谱提供数据支持。

参考文献

- [1] 谢伟,徐幸莲,周光宏.不同生产工艺对盐水鸭风味的影响[J].食品科学,2010,31(8):110-115
XIE Wei, XU Xing-lian, ZHOU Guang-hong. Effects of different processing procedures on volatile flavor composition of water boiled salted duck [J]. Food Science, 2010, 31(8): 110-115
- [2] 刘源.鸭肉风味及其在加工过程中的变化研究[D].南京:南京农业大学,2006
LIU Yuan. Studies on the flavor compounds of duck meat &

- its changes during the processing abstract [D]. Nanjing: Nanjing Agricultural University, 2006
- [3] Nurjuliana M, Che Man, Y B Mat, et al. Rapid identification of pork for halal authentication using the electronic nose and gas chromatography mass spectrometer with headspace analyzer [J]. *Meat Science*, 2011, 88(4): 638-644
- [4] 张玉玉,黄明泉,陈海涛,等.7 种面酱的电子鼻和电子舌辨别分析[J].*中国食品学报*,2012,12(1):198-204
ZHANG Yu-yu, HUANG Ming-quan, CHEN Hai-tao, et al. Discrimination and analysis of seven kinds of fermented flour paste electronic nose and electronic tongue [J]. *Journal of Chinese Institute of Food Science and Technology*, 2012, 12(1): 198-204
- [5] Tian X J, Wang J, Cui S Q, Analysis of pork adulteration in minced mutton using electronic nose of metal oxide sensors [J]. *Journal of Food Engineering*, 2013, 119(4): 744-749
- [6] Vaz J M. Screening direct analysis of PAHS in atmospheric particulate matter with SPME [J]. *Talanta*, 2003, 60(4): 687-693
- [7] Lin H H, Sung Y H, Huang S D. Solid-phase microextraction coupled with high-performance liquid chromatography for the determination of phenylurea herbicides in aqueous samples [J]. *Journal of Chromatography*, 2003, 1012(1): 57-66
- [8] Cheng H, Qin Z H, Guo X F, et al. Geographical origin identification of propolis using GC-MS and electronic nose combined with principal component analysis [J]. *Food Research International*, 2013, 51(2): 813-822
- [9] 苗雨田,杨悠悠,王浩,等.全自动氨基酸分析仪法测定不同年份黄酒中游离氨基酸的含量[J].*食品安全质量检测学报*,2015, 6(4):1154-1161
MIAO Yu-tian, YANG You-you, WANG Hao, et al. Determination of amino acids content in yellow rice wine of different years with automatic amino acid analyzer [J]. *Journal of Food Safety and Quality*, 2015, 6(4): 1154-1161
- [10] 刘大群,华颖.基于电子鼻与 SPME-GC-MS 法分析不同脱水方式下萧山萝卜干中的挥发性风味物质[J].*现代食品科技*,2014, 30(2):279-284
LIU Da-qun, HUA Ying. Detection of volatile flavor compounds in different dehydrated Xiaoshan pickled radish by SPME-GC-MS and E-Nose methods [J]. *Modern Food Science and Technology*, 2014, 30(2): 279-284
- [11] 何聪聪,苏柯冉,刘梦雅,等.基于 AEDA 和 OAV 值确定西瓜汁香气活性化合物的比较[J].*现代食品科技*,2014,30(7): 279-285
HE Cong-cong, SU Ke-ran, LIU Meng-ya, et al. Identification of aroma-active compounds in watermelon juice by AEDA and OAV calculation [J]. *Modern Food Science and Technology*, 2014, 30(7): 279-285
- [12] Mottram D S. Flavor formation in meat and meat products: a review [J]. *Food Chemistry*, 1998, 62(4): 415-424
- [13] Tikik K, Haugen J, Andersen H, et al. Monitoring of warmed over flavour in pork using the electronic nose -correlation to sensory attributes and secondary lipid oxidation products [J]. *Meat Science*, 2008, 80(4): 1254-1263
- [14] Macleod G. Development in food flavors [M]. London: Elsevier, 1986