

南京盐水鸭挥发性风味化合物的研究

刘 源, 周光宏*, 徐幸莲, 章建浩

(南京农业大学 农业部农畜产品加工与质量控制重点开放实验室, 江苏 南京 210095)

摘 要: 采用顶空固相微萃取(HS-SPME)和气质联用(GC-MS)分析技术研究了南京盐水鸭的挥发性风味成分, 共鉴定出 99 种风味化合物, 包括醛类(23 种)、含 N、O、S 杂环(11 种)、酯类(2 种)、醇类(10 种)、酸类(7 种)、烃类(24 种)、酮类(8 种)、萜类(7 种)及其它类化合物(7 种), 其中在鸭肉中新鉴定出 40 种挥发性风味成分。所鉴定的化合物主要是脂肪氧化降解产物, 醛类物质、含硫含氮化合物以及呋喃类物质可能是构成盐水鸭风味的重要挥发性物质。

关键词: 盐水鸭; 香味; 固相微萃取; 气质联用

Study on Volatile Flavor Compounds of Nanjing Water Boiled Salted Duck

LIU Yuan, ZHOU Guang-hong*, XU Xing-lian, ZHANG Jian-hao

(Key Opening Laboratory of Agricultural and Animal Products Processing, Agriculture Ministry, Nanjing Agricultural University, Nanjing 210095, China)

Abstract: Volatile flavor compounds of traditional Chinese Nanjing water boiled salted duck were analyzed by headspace solid phase microextraction (HS-SPME) combined with GC-MS. Results indicated that total 99 volatile flavor compounds were identified including aldehydes (23 kinds), N-, S-, O-containing compounds (11 kinds), esters (2 kinds), alcohols (10 kinds), acids (7 kinds), hydrocarbons (24 kinds), ketones (8 kinds) and other compounds (7 kinds), whereas forty compounds were firstly identified in duck meat. The major volatiles identified were degradation products of fatty acids. Results showed that the important flavor compounds contributed to water boiled salted duck meat were possibly some aldehydes and N-, S-, O-containing compounds.

Key words: water boiled salted duck meat; volatile flavor compounds; SPME; GC-MS

收稿日期 2004-12-03

*通讯作者

基金项目: 国家“863”计划(2002AA248031); 江苏省“十五”攻关项目(BE2001400)

作者简介: 刘源(1979-), 男, 博士研究生, 研究方向为肉品质量与控制。

采用本文方法可以方便快速检测微量 I^- , 与手工比色光度法相比, 操作简单、快速, 无有毒试剂污染, 检测成本低。方法的灵敏度高、选择性好, 是很好的检测 I^- 的仪器分析方法。

参考文献:

- [1] 刘占广. 碘盐含碘量分析综述[J]. 海湖盐与化工, 1999, 28(6): 33-35.
- [2] Gorelova A V, Gerasimova I L. Photometric determination of sodium and cesium iodides in workplace air[J]. Fadeev A I Gig Tr Prof Zabol, 1991, (9): 36-37.
- [3] Diaz V Fonzalez, Gonzalez C R Tallo, Montelongo, et al. Indirect spectrophotometric determination of iodide in table salts and pharmaceutical products[J]. Analyst, 1981, 106(1268): 1224-1227.
- [4] Rainer Kadnar, Josef Rieder. Determination of anions in oilfield waters by ion chromatography[J]. Journal of Chromatography A, 1995, 706: 301-305.
- [5] 杨森, 魏国勤, 戴建国. 利用声称多卤化物测定水中微量碘化物的光吸收法[J]. 环境与健康杂志, 1988, 26(5): 22-24.
- [6] 刘翠格, 默丽萍, 魏永臣. 加碘酸钾食盐中碘含量的紫外分光光度法测定[J]. 河北师范大学学报(自然科学版), 2003, 27(5): 497-530.
- [7] 胡章记. 倍增反应紫外吸光度法测定食盐中微量碘[J]. 化学研究, 2002, 13(1): 43-44.
- [8] 王晓东. 吸光度法测定微量碘[J]. 理化检验(化学分册), 1998, 34(5): 222-223.
- [9] 吕明玉, 刘绍璞. $[I_2Br]^-$ 与某些碱性三芳基甲烷染料的水相显色反应及其应用于碘的分光光度测定[J]. 分析化学, 2001, (3): 323-326.
- [10] 吕明玉, 刘绍璞. 痕量碘离子的铬(VI)-碱性咕吨染料体系分光光度法测定[J]. 分析测试学报, 2001, 20(3): 35-37.
- [11] 高景芝, 李蓓, 杨彬. 动力学光度法测定饮用水中微量碘[J]. 化学通报, 1999, (4): 51-53.
- [12] 朱庆仁. 抑制动力学分光光度法测定痕量碘[J]. 分析实验室, 23, (6): 60-62.

中图分类号: TS251.68

文献标识码: A

文章编号: 1002-6630(2006)01-0166-06

南京盐水鸭是中国传统特色肉制品中典型的低温肉制品之一, 具有颜色洁白、组织细嫩、口感滑润、风味独特的特点。目前对盐水鸭的研究主要集中在工艺保鲜方面, 对其风味的研究还是空白。国际上禽肉风味的研究已有大量报道, 在禽肉中已有 450 多种风味成分被表征, 但主要是对鸡肉及火鸡肉, 对鸭肉的风味研究很少^[1,2]。Wu 和 Liou(1992)^[3]采用传统的同时蒸馏萃取气质联用(SDE-GC-MS)方法对煮制鸭肉、鸭脂肪、广式烤鸭鸭肉、广式烤鸭脂肪的挥发性成分进行分析检测, 共鉴定出 67 种成分, 主要成分是脂肪酸的降解产物如醛、醇、酮、烷烃、酯、呋喃; Lesimple 等(1995)^[4]采用同样方法对鸭肉加工过程中原料鸭肉、腌制鸭肉、烟熏鸭肉、干烟熏鸭肉的挥发性风味成分进行了分析, 共检测到 62 种成分, 其中 34 种化合物是烟熏产物^[3,4]。江新业等^[5]也采用 SDE-GC-MS 方法分析了北京鸭、樱桃谷鸭肉汤的挥发性香气成分, 分别得到了 46 种和 42 种风味化合物, 从挥发性组分看, 都是醇类含量较高, 其次为醛酮, 而酸酯含量较低。本文作者对鸭肉风味分析的固相微萃取方法进行了条件优化^[6]。目前尚无采用顶空固相微萃取方法对鸭肉风味的研究报道。

本文采用固相微萃取和气质联用技术分析鉴定南京盐水鸭的挥发性风味成分, 旨在确定其主体风味成分并为南京盐水鸭工艺现代化提供目标参数。

1 材料与方法

1.1 试验样品

盐水鸭, 购于南京桂花鸭公司; 对照鸭肉采用樱桃谷瘦型鸭于 90℃煮制 40min。

1.2 仪器

手动 SPME 进样器、75μm CAR/PDMS 萃取头 美国 Supelco 公司; Finnigan Trace MS 气相色谱-质谱联用仪 美国 Finnigan 公司。

1.3 挥发性风味成分萃取

将盐水鸭及对照鸭肉真空包装后在 -18℃冷冻 24h 后切成薄片, 迅速置于液氮罐中 0.5h, 然后研磨成粉末。将研磨好的样品放入 15ml 样品瓶中, 用 75μm CAR/PDMS 萃取头插入到样品瓶中, 推出纤维头于 45℃吸附 40min^[6], 然后将萃取头插入气相色谱仪于 250℃解吸 2min, 抽回纤维头后拔出萃取头, 同时启动仪器采集数据。试验设两个重复。

1.4 气质分析条件

采用 DB-5MS 毛细管色谱柱(60m×0.32mm i.d., 1μm)对鸭肉挥发性化合物进行分离。萃取头热解吸温度为 250℃, 时间为 2min, 不分流模式, 解吸过程炉温保

持在 40℃。进样口温度 250℃, 接口温度 250℃; 起始柱温 40℃, 保持 2min, 以 5℃/min 至 60℃, 无保留; 再以 10℃/min 至 100℃, 无保留; 再以 18℃/min 至 240℃, 保留 6min, 检测温度 240℃。载气为 He, 流速 0.3ml/min, 不分流, 恒压 35kPa。

离子源温度 200℃, 电离方式 EI, 电子能量 70eV, 灯丝电流 150μA, 扫描质量范围为 33~450amu。

1.5 化合物定性定量方法

化合物经计算机检索与 NIST 和 Wiley Library V6.0 (320k 质谱图) 数据库匹配。采用正构烷烃混标(C₆-C₂₆) 在相同条件下分析按照 Van 和 Kratz (1963)^[7]的方法计算检测到化合物的卡瓦茨保留指数(KI)。仅报道匹配度和纯度大于 800(最大值 1000)以及 KI 值与文献^[8~10]比较定性的化合物。化合物相对百分含量按峰面积归一化计算。

2 结果与分析

表 1 列出了在盐水鸭及对照鸭肉、脂肪中共检测到的 99 种挥发性化合物及其百分含量, 包括酸类 7 种、酮类 8 种、醛类 23 种、醇类 10 种、酯类 2 种、烃类 24 种、萜类 7 种、呋喃类 3 种、含硫化合物 5 种、含氮化合物 3 种及其它化合物 7 种, 其中在鸭肉中新鉴定出 40 种化合物。由实验结果可知, 在鸭肉中鉴定出来的主要是脂肪降解产物如醛类、醇类、酮类、烃类和呋喃类化合物^{[1][3][11]}。

在盐水鸭肉中共鉴定出 77 种化合物, 与对照鸭肉相比, 其酯类、呋喃类、含硫化合物的含量增加显著, 其百分含量分别增加 49 倍、3.2 倍和 4.27 倍, 这或许就是盐水鸭有良好风味的原因。盐水鸭脂挥发性组分比成品鸭肉少了 1 个, 但其酯类含量最多, 生成的烃类化合物种类也最多。与对照鸭脂相比, 盐水鸭脂的酸含量及醇含量减少, 但其酯类物质含量增加了, 这是脂肪深度降解造成的。在盐水鸭中检测到了 6 种萜类化合物, 它们一部分如 α-蒎烯、L-α-萜品醇等是在加工过程添加的辅料如八角(*Illicium verum* Hook. f.)、生姜(*Zingiber officinale* Roscoe)^[12]的挥发性成分。其它类化合物如柠檬烯、反式茴香脑、茴香醛也是香辛料的成分。在脂肪样品中没有检测到含硫化合物, 这也因为在脂肪中没有含硫的风味前体物质。

3 讨论

由于鸭肉不饱和脂肪酸含量较高, 鸭肉的氧化产物对其风味的作用可能比其它肉类要大。通常认为不同种类肉的特征性风味来自脂肪。醛类是脂肪降解的主要产物, 可能构成肉品种的特征性风味^[1]。在熟鸭肉和脂肪

中，值得注意的是以下几种醛类：己醛、(E, E)-2, 4-癸二烯醛、3-甲基丁醛、苯甲醛、糠醛。己醛具有清香青草气味，来自 ω -6 不饱和脂肪酸^[13, 14]。2, 4-癸二烯醛具有油炸食品的香味脂香^[1]。虽然在鸭肉中 2, 4-

癸二烯醛含量远少于己醛，但其阈值(0.00007mg/kg)也远低于己醛(0.0045mg/kg)^[15]。具有支链的 3-甲基丁醛是由亮氨酸斯特雷克氨基酸反应产的。3-甲基丁醛在帕尔马火腿中具有坚果、奶酪和咸的特征，可能对干腌伊比

表 1 盐水鸭及对照鸭肉挥发性风味成分
Table 1 Volatile flavor compounds in water boiled salted duck and CK duck

KI ^a	化合物 (Compounds)	盐水鸭脂 (%)	盐水鸭肉 (%)	对照鸭脂 (%)	对照鸭肉 (%)	新鉴定 化合物 ^e
酸类(Acids)						
591	乙酸(Aceticacid)	0.19	—	0.49	0.58	+
790	丁酸(Butanoicacid)	0.27	—	—	t	+
879	戊酸(Pentanoicacid)	—	—	1.11	—	+
966	己酸(Hexanoicacid)	1.94	1.88	5.17	0.41	+
1053	庚酸(Heptanoicacid)	—	0.12	0.52	—	+
1151	苯甲酸(Benzoic acid)	0.71	0.46	1.69	1.56	+
1246	壬酸(Nonanoic acid)	0.11	0.18	0.39	—	+
酮类(Ketones)						
569	乙酮(Acetone)	—	—	—	t	+
599	2-丁酮(2-Butanone)	—	0.08	—	0.27	+
861	1-乙酰基-2-丙酮(1-Acetyloxy-2-propanone)	—	0.27	—	—	
888	2-庚酮(2-Heptanone) ^b	0.48	1.77	0.22		
984	2,3-辛二酮(2,3-Octanedione)	2.23	5.05	1.35	1.42	+
988	3-辛酮(3-Octanone) ^b	—	0.43	t	t	
1064	苯乙酮(Acetophenone)	t	—	0.30	0.21	+
1091	2-壬酮(2-Nonanone) ^b	t	0.11	0.13	—	
醛类(Aldehydes)						
651	3-甲基丁醛(3-Methyl butanal)	0.10	0.15	t	t	+
663	2-甲基丁醛(2-Methyl butanal)	4.74	—	—	—	
694	戊醛(Pentanal)	—	4.33	9.09	0.67	+
746	2-甲基-2-丁烯醛(2-Methyl-2-butenal)	—	0.09	—	—	
799	己醛(Hexanal) ^b	32.80	31.70	41.97	9.34	
834	糠醛(Furfural)	t	t	t	t	+
857	2-己烯醛(2-Hexenal)	0.62	0.50	0.87	0.53	+
903	庚醛(Heptanal) ^b	1.99	2.76	4.28	1.22	
961	苯乙醛(Benzaldehyde)	0.52	1.74	2.20	10.26	+
1005	辛醛(Octanal) ^b	1.75	2.53	2.69	2.29	
1011	2-乙基-2-己烯醛(2-Ethyl-2-hexenal)	—	0.37	—	0.18	+
1013	(E, E)-2, 4-庚二烯醛((E, E)-2, 4-Heptadienal) ^b	0.15	—	0.21	—	
1062	2-辛烯醛(2-Octenal) ^b	—	0.32	1.18	0.84	
1107	壬醛(Nonanal) ^b	2.83	6.49	2.66	10.50	
1161	(E)-2-壬烯醛((E)-2-Nonenal) ^b	—	—	0.19	0.32	
1198	(Z)-4-癸烯醛((Z)-4-Decenal)	—	0.16	—	0.36	+
1208	癸醛(Decanal)	—	0.30	—	0.57	+
1262	p-茴香醛(p-Anisaldehyde)	t	t	—	—	
1330	(E, E)-2, 4-癸二烯醛((E, E)-2, 4-Decadienal) ^{b, c}	0.37	0.25	0.24	0.49	
1613	十四醛(Tetradecanal)	t	t	t	1.13	+
713	十五醛(Pentadecanal)	t	t	t	1.26	+
1830	十六醛(Hexadecanal) ^c	t	t	t	9.72	
2053	十八醛(Octadecanal) ^d	t	t	t	t	
醇类(Alcohols)						
766	1-戊醇(1-Pentanol)	1.61	2.03	4.79	0.56	+
868	1-己醇(1-Hexanol) ^b	0.15	0.82	—	0.23	
962	1-庚醇(1-Heptanol)	0.24	0.35	0.68	0.40	+
979	苯酚(Phenol) ^c	0.14	0.16	0.48	0.22	
981	1-辛烯-3-醇(1-Octen-3-ol)	1.37	3.27	2.47	6.09	+
985	Z-2-辛烯-1-醇(Z-2-Octen-1-ol) ^b	0.12	0.36	—	0.97	

表1 续 (Table 1 continued)

KI ^a	化合物(Compounds)	盐水鸭脂(%)	盐水鸭肉(%)	对照鸭脂(%)	对照鸭肉(%)	新鉴定化合物 ^e
1030	2-乙基-1-己醇 (2-Ethyl-1-hexanol) ^{b,c}	—	0.36	—	—	
1070	1-辛醇 (1-Octanol) ^b	0.18	0.37	0.44	0.94	
1281	反式茴香脑(Trans anethole)	t	0.53	—	—	
1514	丁羟基甲苯 (Butyl hydroxy toluene) ^{b,d}	—	0.33	—	1.76	
酯类(Esters)						
611	乙酸乙酯 (Ethyl acetate) ^b	24.69	15.20	0.32	—	
917	丁内酯(Butyrolactone)	0.48	t	0.28	0.31	+
烃类(Hydrocarbons)						
600	己烷(Hexane)	0.23	—	1.06	—	+
657	苯(Benzene)	0.29	0.14	0.72	—	+
775	甲苯(Toluene) ^b	1.85	0.85	2.21	0.31	
815	2,3-二甲基庚烷 (2,3-Dimethyl heptane)	0.13	—	—	—	
826	1,3-辛二烯 (1,3-Octadiene)	0.21	0.86	0.42	—	+
864	4-甲基辛烷 (4-Methyl octane)	1.28	t	—	—	
877	邻二甲苯 (o-Xylene) ^b	0.56	0.67	0.97	0.45	
1000	癸烷(Decane)	0.28	0.90	0.23	—	+
1010	4-甲基癸烷 (4-Methyl decane)	0.36	—	—	—	
1017	2,5-二甲基壬烷 (2,5-Dimethyl nonane)	0.31	—	—	—	
1022	2,6-二甲基壬烷 (2,6-Dimethyl nonane)	0.35	—	—	—	
1024	p-异甲基苯 (p-Cymene)	0.23	0.08	0.24	t	+
1050	2,3,6,7-四甲基辛烷 (2,3,6,7-Tetramethyloctane)	0.13	—	—	—	
1078	2,4-二甲基-1-癸烯 (2,4-Dimethyl-1-decene)	0.32	—	—	—	
1095	2,4,6-三甲基癸烷 (2,4,6-Trimethyl decane)	0.31	t	—	—	
1100	十一烷(Undecane)	2.11	1.83	0.45	0.25	+
1183	4-甲基-十一烷 (4-Methyl-undecane)	0.26	—	—	—	
1200	十二烷 (Dodecane) ^d	1.44	0.46	0.21	—	
1210	2,6-二甲基十一烷 (2,6-Dimethyl undecane)	0.20	—	—	—	
1233	萘 (Naphthalene) ^b	t	0.11	0.24	0.20	
1263	4,6-二甲基十二烷 (4,6-Dimethyl dodecane)	0.11	—	—	0.20	+
1295	2,7,10-三甲基十二烷 (2,7,10-Trimethyl odecane)	0.15	—	—	—	
1300	十三烷 (Tridecane) ^d	0.12	t	t	0.71	
1400	十四烷 (Tetradecane) ^{c,d}	t	0.10	0.13	0.27	
萜烯类(Terpenes)						
939	α-蒎烯 (alpha-Pinene)	0.41	—	—	—	
1041	柠檬烯d (DL-Limonene)	0.58	0.30	1.19	1.05	+
1195	L-α-萜品醇 (L-alpha-Terpineol)	—	0.07	—	—	
1213	甘菊环 (Azulene)	—	0.05	—	—	
1376	胡椒烯 (Copaene)	—	0.16	—	—	
1383	α-长叶蒎烯 (Alpha-londipinene)	0.15	0.03	—	—	
1452	桉烯 (Junipene)	2.21	0.47	—	—	
含硫化合物(Sulfur compounds)						
500	甲基硫醇 (Methanethiol)	—	t	t	+	
752	二甲基二硫 (Dimethyl disulfide)	—	t	—	t	+
772	2-甲基噻吩 (2-Methylthiophene)	—	0.56	—	—	
908	3-甲基基丙醛 (3-Methylthio-propanal)	—	t	—	t	+
982	二甲基三硫 (Dimethyl trisulfide)	—	0.38	—	0.22	+
呋喃类(Furans)						
851	2-呋喃甲醇 (2-Furan methanol)	t	—	t	—	+
893	2-丁基呋喃 (2-Butyl furan)	0.08	0.10	—	—	
993	2-戊基呋喃 (2-Pentyl furan) ^b	1.44	2.95	1.48	0.95	
含氮化合物(Nitrogen compounds)						
751	嘧啶 (Pyridine)	t	t	t	t	+
997	苯氰 (Benzonitrile)	0.13	—	0.38	—	+
1020	2-乙酰基噻唑 (2-Acetylthiazole) ^b	t	t	0.33	1.02	
其它化合物(Others)						
617	氯仿 (Chloroform)	t	—	0.87	0.17	
872	甲氧基苯酚 (Oxime methoxy phenyl)	1.79	1.07	t	13.91	

表1 续 (Table 1 continued)

KI ^a	化合物(Compounds)	盐水鸭脂(%)	盐水鸭肉(%)	对照鸭脂(%)	对照鸭肉(%)	新鉴定化合物 ^e
1032	1,3-二氯苯(1,3-Dichlorobenzene)	—	0.25	0.15	—	
1259	硅氧烷(Siloxanes)	0.02	0.21	0.33	8.65	
1336	邻苯二甲酸酐(Phthalic anhydride)	0.34	0.25	1.27	—	
1433	硅氧烷(Siloxanes)	0.06	1.60	0.12	6.78	
1602	酞酸二乙酯(Diethyl phthalate)	0.08	—	0.29	—	

注: tr: 百分含量少于0.01%; —: 未检测到; ^aKI: 卡瓦茨保留指数; b、c、d 化合物分别报道于文献[3]、[4]、[5]; ^e: 在肉中新鉴定的风味化合物。

利亚火腿以及其它肉制品的整体风味影响显著^[16,17]。苯甲醛可能是氨基酸的斯特雷克尔氨基酸反应生成的,已经被鉴定为烤花生的主要单羰基化合物,具有令人愉快的杏仁香、坚果香和水果香^[18]。对于糠醛,被认为是美拉德反应早期阶段产生的风味活性中间体,是其它杂环化合物的前体^[15]。

2-烷基呋喃类物质是亚油酸氧化产物,通常具有较高的气味阈值而认为其对肉食品风味的贡献并不是很重要,然而2-戊基呋喃的阈值相对较低(大约为4ppb),具有蔬菜芳香^[19]。2-戊基呋喃作为肉品脂质氧化的指示物可能对肉品的整体风味作用巨大。

含硫化合物在肉中大多数以很低的浓度存在,但是它们的阈值非常低并且具有重要的感官特性,所以对肉品风味的贡献很大^{[1][20]}。含硫化合物是含硫氨基酸热降解产生的,如二甲基三硫化物是由蛋氨酸降解产生的,二甲基二硫化物是由半胱氨酸Strecker降解产生的。它们气味阈低,具有硫磺香气、洋葱似的香气,有时具有肉香,很可能通过提供煮肉的部分硫磺香气来形成肉的总体风味^[21]。在熟鸭肉中含有的甲基硫醇、二甲基二硫、2-甲基噻吩、3-甲基硫丙醛、二甲基三硫可能对鸭肉肉香贡献很大。在鸭肉中检出的含氮化合物2-乙酰基噻唑可能不是美拉德反应产物^[22],具有烤香、焦糖香、坚果烤香^[23],也可能是鸭肉的重要风味物质。

通过比较本试验结果与Wu和Liou^[3]、Lesimple, et al.^[4]以及江新业等^[5]所采用的SDE-GC-MS的结果可以发现,SPME所萃取到的化合物基本上都是沸点较低、分子较小的化合物,而SDE方法得到较多的长链醛、酸、酯类化合物,但我们在鸭肉中萃取到了更多的对肉品风味贡献巨大的含硫化合物。

Wu和Liou^[3]在煮制鸭肉和脂肪中检测到至今为止还没有在煮肉中报道过的含氮化合物吡啶,并且认为吡啶可能是鸭肉香味的特征成分。在本次试验中没有检测到吡啶,但在对照鸭肉和脂肪中检测到了含氮化合物吡啶、苯氰和2-乙酰基噻唑。笔者认为吡啶可能是鸭肉在预处理即同时蒸馏萃取(SDE)时生成的后续反应产物。由于SDE方法采用的温度是100℃,而且处理时间较长,一般要几个小时容易产生后续反应,从而造成风味分析中的假象^[24]。当然,这个推论需要进一步验证。

4 结 论

4.1 采用HS-SPME-GC-MS在盐水鸭及其对照鸭肉、脂肪中共鉴定出99种风味化合物,其中在鸭肉中新鉴定出40种化合物。

4.2 脂肪氧化降解产物是鸭肉中鉴定出的主要挥发性风味化合物,可能对鸭肉的特征风味贡献巨大。

4.3 醛类物质如己醛、(E,E)-2,4-癸二烯醛等、含硫含氮化合物以及2-戊基呋喃可能是构成盐水鸭肉风味的重要挥发性风味化合物。

参考文献:

- [1] Mottram D.S. Flavor formation in meat and meat products: a review [J]. Food Chemistry, 1998, 62(4): 415-424.
- [2] Mottram D.S. Meat, in volatile compounds in foods and beverages[M]. New York, 1991. 107-177.
- [3] Chung-May Wu, Su-Er Liou. Volatile components of water-boiled duck meat and Cantonese style roasted duck [J]. J Agric Food Chem, 1992, 40: 838-841.
- [4] Lesimple S, Torres L, Mttjavila S, et al. Volatile compounds in processed duck fillet [J]. Journal of Food Science, 1995, 60(3): 615-618.
- [5] 江新业, 宋焕禄, 华永兵, 等. 北京鸭/樱桃谷鸭肉汤中香味物质的比较[J]. 食品与发酵工业, 2004, 30(1): 21-24.
- [6] 刘源, 徐幸莲, 周光宏, 等. 南京盐水鸭风味分析SPME方法研究[J]. 食品科学, 2004, 25(8): 142-145.
- [7] Van den Dool H, Kratz P.D. A generalization of the retention index system including linear temperature programmed gas liquid partition chromatography [J]. J Chromatogr, 1963, 11: 463-471.
- [8] Acree T, Arn H. Flavornet: Gas chromatography-olfatography (GCO) of natural products, Cornell University, [DB/OL]http://www.nysaes.cornell.edu/flavornet/, 1997.
- [9] Garcia-Esteban M, Ansorena D, Astiasarán I, et al. Study of the effect of different fiber coatings and extraction conditions on dry cured ham volatile compounds extracted by solid-phase microextraction (SPME) [J]. Talanta, 2004, 64: 458-466.
- [10] Insausti K, Berlain M.J, Gorraiz C, et al. Volatile compounds of raw beef from 5 local Spanish cattle breeds stored under modified atmosphere [J]. Journal of Food Science, 2002, 67(4): 1580-1589.
- [11] Machiels D, Saskia M, Ruth V, et al. Gas chromatography-olfactometry analysis of the volatile compounds of two commercial Irish beef meats [DB/OL]. www.elsevier.com/locate/talanta, 2003-01-10.
- [12] 刘源, 徐幸莲, 周光宏. 顶空固相微萃取气质联用检测生姜挥发性成分[J]. 中国调味品, 2004, (1): 42-44.
- [13] Elmore J.S, Mottram D.S, Enser M, et al. Effect of the polyunsaturated fatty acid composition of beef muscle on the profile of aroma volatiles [J].