

肉桂块和肉桂粉对卤鸡腿肉挥发性风味成分影响的比较

刘 欣, 赵改名*, 柳艳霞, 李苗云, 黄现青, 孙灵霞, 刘永安
(河南农业大学 河南省肉制品加工与质量安全控制重点实验室, 河南 郑州 450002)

摘 要: 采用顶空固相微萃取和气质联用分析比较添加肉桂块和肉桂粉对卤制鸡腿肉挥发性风味成分的影响。结果表明: 空白组、肉桂块组和肉桂粉组鸡肉中分别鉴定出54种、62种、63种挥发性风味成分。3组样品中醛、醇、酮、含硫含氮及杂环化合物的种类和含量均占香味成分的绝大部分, 而烃、酯及醚类则较少。两肉桂组与空白组相比, 新增苯丙醛、肉桂醛、甲氧基肉桂醛、香叶基丙酮、吡啶、衣兰油烯、去氢白菖烯、甘葡环烃、香豆素这9种物质。除肉桂块组中二甲基砜消失外, 肉桂块与肉桂粉组在风味物质种类及含量上都差别不大。

关键词: 肉桂块; 肉桂粉; 鸡腿肉; 挥发性风味成分; 顶空固相微萃取-气质联用

Effects of Cinnamon Pieces and Powder on Volatile Flavor Components of Stewed Chicken Leg

LIU Xin, ZHAO Gai-ming*, LIU Yan-xia, LI Miao-yun, HUANG Xian-qing, SUN Ling-xia, LIU Yong-an
(Henan Key Laboratory of Meat Processing and Quality Control, Henan Agricultural University, Zhengzhou 450002, China)

Abstract: The effects of cinnamon pieces and powder on volatile flavor components of stewed chicken leg were comparatively analyzed by using HS-SPME/GC-MS. The results indicated that 54, 62 and 63 volatile flavor compounds were identified in the blank, cinnamon piece and cinnamon powder groups, respectively. Aldehydes, alcohols, ketones, sulfur- and nitrogen-containing compounds and heterocyclic compounds were the most dominant aroma compounds and only minute amounts of hydrocarbons, esters and ethers were detected. Compared with the blank group, 9 new flavor compounds (hydrocinnamaldehyde, cinnamaldehyde, methoxycinnamic aldehyde, geranylacetone, pyridine, muurolene, calamenene, azulol and coumarin) were found in the cinnamon groups. In terms of the composition of volatile flavor compounds, there was only minor difference between both cinnamon groups, except for the absence of dimethyl sulfone in the cinnamon piece group.

Key words: cinnamon pieces; cinnamon powder; chicken leg; volatile flavor compounds; HS-SPME-GC-MS

中图分类号: TS251

文献标志码: A

文章编号: 1002-6630(2013)14-0223-04

doi:10.7506/spkx1002-6630-201314045

我国是鸡肉生产和消费大国, 特别是鸡肉独特和浓郁的风味使得我国有“无鸡不成宴”的传统。鸡肉也是我国传统酱卤肉制品最主要的原料肉之一, 以其细嫩多汁、味道鲜美、低脂高蛋白等特点而受到人们的钟爱。其中风味是重要的食用指标, 支配着人们对产品的选择和喜好, 所以人们对肉品风味的探索一刻也没有停止。Gasser等^[1]研究表明, 鸡肉汤的特征风味化合物是(*E,E*)-2,4-癸二烯醛、 γ -十二碳内酯等。宋焕禄等^[2]对鸡汤, 何香等^[3]对蒸煮鸡肉, 李建军等^[4]对烘烤鸡肉挥发性风味化合物进行过相关报道。这些研究多集中于对鸡肉本身风味的研究, 而未涉及香辛料对鸡肉挥发性风味成分的影响。

我国传统肉制品具有的独特风味正是由于在生产过程中加入了香辛料, 其中最常用的一种香辛料即是肉桂。肉桂为樟科植物肉桂的干燥树皮, 具有补火助阳、引火归源、散寒止痛、活血通经的功效, 主产于广西、广东两省^[5]。肉桂也是卤汁、五香粉的主要原料之一, 能祛腥解腻, 使肉制品具有良好的香辛味^[6], 河南道口烧鸡、安徽符离集烧鸡、山东德州扒鸡等多种卤肉制品中都有使用。目前国内有关于肉桂挥发性成分的研究, 但关于肉桂用于卤制鸡肉的风味研究还未见报道。周峰等^[7]采用水蒸气蒸馏法提取肉桂中的挥发油, 共测定出27种成分, 其中肉桂醛的含量占83.04%。国外有关香辛料

收稿日期: 2012-07-11

基金项目: 国家现代农业产业技术体系(肉鸡)专项(CARS-42); 河南科技攻关项目(92102110020);

河南省教育厅自然科学研究计划项目(2010A550007)

作者简介: 刘欣(1988—), 女, 硕士研究生, 研究方向为肉制品加工与质量控制。E-mail: liuxin1988ai@163.com

*通信作者: 赵改名(1965—), 男, 教授, 博士, 研究方向为肉类加工与产品质量控制技术。E-mail: gmzhao@126.com

对鸡肉风味的研究集中在以感官评定为主的肉品风味改善上,而有关单种香辛料对鸡肉挥发性风味成分影响的研究还未见报道^[8]。块状和粉状的香辛料是在实际生产中常用的两种形态,通常人们会认为使用块状香辛料比较方便,而使用粉状香辛料更易入味,但缺乏理论依据。为此,本实验采用顶空固相微萃取(headspace solid phase microextraction, HS-SPME)和气质联用(gas chromatograph-mass spectrometry, GC-MS)技术测定鸡肉中的挥发性风味成分,通过分析添加肉桂后鸡腿肉中挥发性风味成分的变化,研究肉桂对卤鸡腿肉风味品质的作用,在此基础上又以肉桂块和肉桂粉两种不同添加形态比较其对鸡腿肉风味成分影响的差异,以期在传统肉制品加工工艺的现代化发展及产品品质的提升提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

冻鸡腿(150~170g/只),品种为AA肉鸡(42日龄,河南某肉品公司自养);肉桂购自郑州某大型中药房,产地广西。

1.2 仪器与设备

Trance MS气相色谱-质谱联用仪(配有美国Perkin Elmer公司的Turbo Matrix TD热脱附进样器) 美国Finnigan公司;SPME萃取头(萃取头涂层为Car/PDMS(Carboxen/polydimethylsiloxane),非极性,涂层厚75 μ m) 美国Supelco公司。

1.3 方法

1.3.1 样品制备

实验分为空白组,肉桂块组和肉桂粉组。肉桂块块状(5~8mm)×(5~8mm),肉桂粉用中药粉碎机打碎的肉桂粉末(60目左右)。空白组是只添加3%食盐煮制鸡腿肉,肉桂块和肉桂粉组是分别添加0.1%肉桂块和肉桂粉及3%食盐煮制鸡腿肉。添加量为质量分数,均以肉质量计。清洗后的鸡腿加入食盐及用二层纱布包裹的肉桂,大火煮制10min,小火煮制60min。从加工好的鸡腿中每组随机抽取3只作为分析样品,并在分析测试前于-40℃冰柜中保存。

1.3.2 挥发性成分的富集

将样品切成边长2mm左右的肉粒,称取5.3g于SPME顶空萃取瓶中,在60℃条件下用SPME萃取头萃取静态顶空中的挥发性化合物35min。

1.3.3 挥发性成分的分离和鉴定

色谱条件:色谱柱:DB-WAX毛细管GC柱(30m×0.25mm, 0.25 μ m);升温程序:起始温度40℃,保持3min,5℃/min升温至80℃,10℃/min升温至230℃,于230℃保持8min;载气(He)不分流。

质谱条件:电子电离源(electron ionization, EI);电子能

量70eV;离子源温度200℃;GC与MS接口温度为250℃;质量扫描范围33~500u;电子检测器检测电压350V。

1.3.4 挥发性成分的定性与定量

定性:将GC-MS分析图谱与WILLEY、REPLIB、MAINLIB、NISTDEMO四个图谱库资料进行匹配检索,匹配度大于800(最大值1000)作为鉴定结果,并结合国内外相关研究报道进行最终定性。定量:按峰面积归一化法计算相对含量。

2 结果与分析

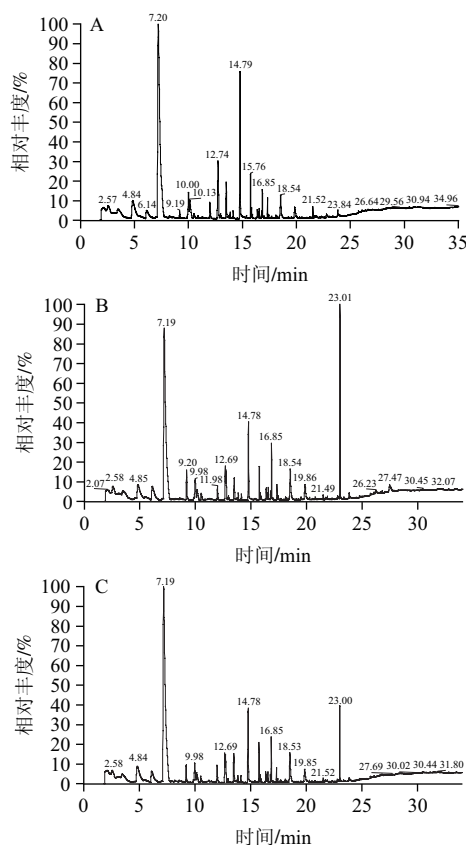


图1 空白组(A)、肉桂林块组(B)和肉桂粉组(C)鸡肉挥发性风味物质的总离子流图

Fig.1 Total ion chromatogram of volatile flavor compounds in the blank group (A), cinnamon piece (B) and cinnamon powder group (C)

图1是空白组、肉桂块组和肉桂粉组鸡肉挥发性风味物质的总离子流图。各图谱经检索分析,并结合相关文献得出:空白组鸡肉中共鉴定出54种物质,包括醛类14种、醇类14种、酮类6种、烃类4种、酯类3种、醚类4种、含硫含氮及杂环化合物等9种,其出峰面积占总峰面积的95.15%;肉桂块组鸡肉中共鉴定出62种物质,包括醛类17种、醇类14种、酮类7种、烃类4种、酯类3种、醚类4种、含硫含氮及杂环化合物等13种,其出峰面积占总峰面积的96.05%;肉桂粉组鸡肉中共鉴定出63种物质,

包括醛类17种、醇类14种、酮类7种、烃类4种、酯类3种、醚类4种、含硫含氮及杂环化合物等14种,其出峰面积占总峰面积的97.44%。3组样品鉴定出的物质出峰面积占总峰面积的比例均大于95%,可以说明检测出的风味成分基本能代表其风味特性。

表1 不同组鸡肉中挥发性成分的分析结果
Table 1 Volatile flavor compounds of chicken in different groups

保留时间/min	英文名称	中文名称	相对含量/%		
			空白组	肉桂块组	肉桂粉组
	aldehydes	醛类	57.79	67.01	69.90
4.82	pentanal	戊醛	4.91	3.12	3.70
7.19	hexanal	己醛	32.79	32.08	41.18
9.98	heptanal	庚醛	4.06	4.84	4.81
12.69	octyl aldehyde	辛醛	4.82	5.35	5.09
14.78	nonanal	壬醛	7.31	6.67	6.86
15.38	(E)-2-octenal	反式-2-辛烯醛	0.10	0.18	0.17
16.46	decanal	癸醛	0.43	0.45	0.37
16.85	benzaldehyde	苯甲醛	1.93	3.37	2.90
17.01	(E)-2-nonenal	反式-2-壬烯醛	0.07	0.08	0.08
17.94	undecanal	十一醛	0.02	0.08	0.02
20.16	hydrocinnamaldehyde	苯丙醛	ND	0.06	0.08
19.28	dodecanal	十二醛	0.13	0.09	0.02
20.51	tridecanal	十三醛	0.19	0.12	0.11
21.69	tetradecanal	十四醛	0.36	0.26	0.24
23.01	cinnamaldehyde	肉桂醛	ND	9.55	3.68
23.83	hexadecanal	十六醛	0.67	0.58	0.44
26.80	methoxycinnamic aldehyde	甲氧基肉桂醛	ND	0.12	0.18
	alcohols	醇类	9.31	8.51	8.26
9.20	1-butanol	丁醇	2.49	2.44	1.47
9.59	1-penten-3-ol	1-戊烯-3-醇	0.05	0.05	0.06
11.98	1-pentanol	戊醇	1.30	1.32	1.68
14.13	1-hexanol	己醇	0.36	0.38	0.47
15.75	1-octen-3-ol	1-辛烯-3-醇	1.65	1.57	1.89
15.85	1-heptanol	庚醇	0.29	0.34	0.36
16.37	2-ethylhexanol	2-乙基己醇	0.81	0.88	0.82
17.33	1-octanol	辛醇	1.11	0.71	0.69
18.10	(E)-2-octen-1-ol	反式-2-辛烯醇	0.13	0.15	0.16
19.14	4-butoxybutan-1-ol	4-丁氧基-1-丁醇	0.05	0.04	0.04
21.24	benzyl alcohol	苯甲醇	0.17	0.07	0.05
22.14	1-dodecanol	十二醇	0.10	0.04	0.03
22.31	2,2'-oxybis-ethanol	二乙二醇	0.26	0.13	0.12
25.75	triethylene glycol	三乙二醇	0.54	0.39	0.42
	ketones	酮类	6.91	5.31	5.97
3.49	2-butanone	2-丁酮	2.33	2.03	1.97
11.48	6-methyl-2-heptanone	6-甲基-2-庚酮	0.09	0.06	0.12
12.98	acetol	羟丙酮	0.41	0.29	0.27
13.50	2,3-octanedione	2,3-辛二酮	3.38	2.54	3.25
13.72	6-methyl-5-hepten-2-one	甲基庚烯酮	0.44	0.19	0.15
15.93	acetol acetate	过氧化乙酰丙酮	0.26	0.18	0.19
20.96	geranylacetone	香叶基丙酮	ND	0.02	0.02
	hydrocarbons	烃类	3.96	3.38	3.24
6.12	methylbenzene	甲苯	2.68	2.90	2.53
8.19	ethylbenzene	乙苯	0.21	0.23	0.21
8.59	dimethylbenzene	二甲苯	1.04	0.43	0.47
22.57	phenol	苯酚	0.03	0.03	0.03
	esters	酯类	0.22	0.18	0.12
6.98	n-butyl acetate	乙酸丁酯	0.11	0.12	0.06
18.32	butyrolactone	γ -丁内酯	0.04	0.03	0.03
27.85	isobutyl phthalate	邻苯二甲酸二异丁酯	0.07	0.03	0.03
	ethers	醚类	5.00	2.80	2.42
4.58	butyl ether	丁醚	0.21	0.13	0.04
18.21	2-(2-ethoxyethoxy)ethanol	二甘醇单乙醚	0.16	0.11	0.12
19.85	1-(4-methoxyphenyl)-1-methoxypropane	1-(4-甲氧基苯基)-1-甲丙醚	4.38	2.46	2.16
26.64	2-(2-(2-ethoxyethoxy)ethoxy)ethanol	三乙二醇单乙醚	0.25	0.10	0.10
	others	其他	11.38	8.86	7.43

续表1

保留时间/min	英文名称	中文名称	相对含量/%		
			空白组	肉桂块组	肉桂粉组
5.48	2-methoxy-[1]benzothieno[2,3-c]quinolin-6[5H]-one	2-甲氧基-[1]苯并噻吩[2,3c]喹啉-6[5H]-酮	0.78	0.86	0.67
10.51	4-ethynyl-4-methyl-1,5-hexadiene-3-ol	4-乙炔基-4-甲基-1,5-己二烯-3-醇	2.08	0.95	0.87
11.10	pyridine	吡啶	ND	0.08	0.07
11.25	2-pentylfuran	2-戊基呋喃	0.17	0.18	0.21
14.53	dimethyltrisulfide	二甲基三硫	0.04	0.04	0.05
16.55	4-nitrophthalamide	4-硝基邻苯二甲酰胺	1.02	0.65	0.59
17.70	methyl sulfoxide	二甲基亚砜	0.15	0.08	0.14
18.54	4-(benzoyloxy)-2H-pyran-3-one	4-(苯甲酰基)-2H-吡喃-3-酮	6.85	4.04	4.07
19.5	muurolene	衣兰油烯	ND	0.20	0.11
20.78	calamenene	去氢白菖烯	ND	0.16	0.10
21.52	dimethyl sulfone	二甲基砜	0.08	ND	0.28
21.87	benzyl nitrile	苯乙腈	0.26	0.27	0.08
24.79	azunol	甘菊环烃	ND	0.12	0.12
27.04	coumarin	香豆素	ND	0.06	0.05

注: ND. 未检测到。

由表1可知,与空白组相比,添加肉桂的两组鸡肉中新增了苯丙醛、肉桂醛、甲氧基肉桂醛、香叶基丙酮、吡啶、衣兰油烯、去氢白菖烯、甘菊环烃、香豆素这9种物质;肉桂块组鸡肉中减少了二甲基砜这一种物质。3组样品中醛、醇、酮、含硫含氮及杂环化合物的种类和含量均占香味成分的绝大部分,而烃、酯及醚类则较少。

醛类物质主要来源于脂肪氧化,一般阈值较低,具有脂肪香味^[9],是肉品特征风味物质。Noleau等^[10]指出,醛(特别是烯醛和二烯醛)是鸡肉脂肪受热时的特征香味呈味物,若除去这类羰基化合物,就失去鸡肉的独特香气而成为近似于牛肉的气味。本实验3组鸡肉样品检测出的挥发性风味成分中,醛类所占的比重最大(>50%),主要是直链饱和醛,可能是比较重要的风味成分^[11]。其中,己醛的含量都是最高的(>30%),且其阈值较低(0.0045mg/kg),具有清香青草气味,是鸡肉中重要的气味物质^[12]。另外戊醛、庚醛、辛醛、壬醛的含量也较高,是鸡肉主要的挥发性风味化合物。与空白组相比,肉桂组鸡肉中新增了苯丙醛、肉桂醛、甲氧基肉桂醛这3种醛类,这3种物质都是肉桂中主要的醛基物质^[13],具有典型的肉桂辛香气息,为肉桂添加的直接引入。肉桂块与肉桂粉组鸡肉中醛类物质的种类相同,含量上肉桂粉组高于肉桂块组,较空白组都有明显增加。

醇类物质一般认为来自于脂肪氧化,一级脂肪醇虽然在肉风味中含量比较高,但由于其风味阈值较高,对肉的风味贡献很小^[14]。醇类的形成还与酶的作用有关,醇还原酶可将脂肪酸和氨基酸分解代谢以后产生的醛类物质还原为相应的醇。不饱和脂肪酸在氧化裂解生成醛的过程中,会产生醇和醛的混合物^[15]。本实验中,添加肉桂后鸡肉中醇的种类没有增加,含量有所下降;肉桂粉组与肉桂块组醇类物质种类相同,含量略低于肉桂块组。其中1-辛烯-3-醇阈值较低(0.001mg/kg),具有类似蘑菇的香味,是可口的调味料^[16]。

酮类物质也大多来自于脂肪氧化和美拉德反应,其阈值要远高于其同分异构体的醛类,一般认为对风味贡献不大^[14]。肉桂粉组酮类物质种类与肉桂块组一致,含量上稍高于肉桂块组;而与空白组相比,肉桂组鸡肉中酮类物质含量下降,却增加了一种酮类物质香叶基丙酮。香叶基丙酮含量很低(0.02%),但其阈值也较低(0.06mg/kg),具有木香以及热带水果的果香,在肉桂挥发油香气成分中未见有报道,可能是肉桂在煮制过程中产生的,对整体鸡肉风味的改善起到一定的作用。

烃类物质主要来自于脂肪酸烷基自由基的均裂^[8],其中芳香烃被认为是蒸煮鸡肉的主要风味成分。烃类物质的香味阈值较高,对肉品风味的直接贡献不大,但它们可能有助于提高肉品整体风味。3组样品中烃类物质的含量都较低(<4%),与空白组相比,肉桂组烃类物质种类不变,含量也变化不大。

脂肪氧化产生的脂肪酸和醇缩合可形成酯。一般认为,除内酯和硫酯以外的酯阈值一般较高,而在肉中含量有限,对肉风味贡献不大。在本实验3组样品的香气成分中,检出有3种酯类物质,其中有一种内酯 γ -丁内酯,具有牛奶和奶油的气味。整体酯类物质所占的比例非常小(<0.5%),与空白组相比,肉桂组酯类物质种类不变,含量略有下降。

醚类物质具有独特的芳香味。与空白组相比,肉桂组醚类物质的种类没有变化,但含量下降。肉桂块与肉桂粉组相比,醚类物质种类相同,含量也比较接近。其中1-(4-甲氧基苯基)-1-甲丙醚含量最高。

含硫含氮及杂环化合物具有较低的气味阈值,是熟肉香味的重要贡献因素^[11],主要来源于氨基酸和还原糖之间的美拉德反应、氨基酸的热解和硫胺素的降解^[17]。与空白组相比,肉桂粉组含硫化合物种类没有变化,肉桂块组少了二甲基砜一种,这也是肉桂块与肉桂粉组鸡肉在检出挥发性物质种类上唯一的区别。二甲基砜存在于人体的各组织中,在奶类、肉类等食品中含量也较高且挥发性强;二甲基砜在鸡肉中生成的机理尚不明确,其释放过程可能与挥发性物质的浓度有关,当释放浓度太低时则会因挥发而浓度过低,难以检测出来。此外,二甲基砜具有生理活性,这对产品的整体风味可能也会有影响。2-戊基呋喃是亚油酸氧化产生,具有豆香、果香、青香及类似蔬菜香韵,气味阈值低(0.006mg/kg);二甲基三硫是由含硫氨基酸如蛋氨酸、胱氨酸、半胱氨酸等通过氨基酸Strecker降解产生,具有肉香、洋葱、蔬菜样香气,气味阈值很低(0.00001mg/kg),它们都被认为是鸡肉的关键挥发性风味物质^[18]。其他化合物中,与空白组相比肉桂组新增了吡啶、衣兰油烯、去氢白菖烯、甘菊环烯、香豆素。衣兰油烯、去氢白菖烯、甘菊环烯、香豆素在肉桂挥发油中都已鉴定出^[19-20],其增加属于肉桂添加的直

接引入。其中香豆素是一种重要香料,广泛分布于高等植物中,具有新鲜干草香和香豆香,是优良的定香剂。吡啶的结构与苯非常相似,因此具有一定的芳香性,其增加可能是肉桂与鸡肉中成分发生反应所得,具体原因有待进一步研究。

3 结 论

本实验采用顶空固相微萃取结合气质联用法分析比较了肉桂块及肉桂粉对卤制鸡腿肉挥发性风味成分的影响。空白组、肉桂块组和肉桂粉组鸡肉中分别鉴定出54种、62种、63种挥发性风味成分。与空白组相比,添加肉桂的鸡肉中新增了苯丙醛、肉桂醛、甲氧基肉桂醛、香叶基丙酮、吡啶、衣兰油烯、去氢白菖烯、甘菊环烯、香豆素这9种物质,除吡啶外均属于肉桂添加的直接引入。除肉桂块组中二甲基砜消失外,肉桂块与肉桂粉组鸡肉在检出挥发性物质种类及含量上都差别不大,可以为传统肉制品风味调控、香辛料形态选择方面提供一定的参考。

参考文献:

- [1] GASSER U, GROSCH W. Primary odorants of chicken broth[J]. Z Lebensm Unters Forsch, 1989, 190: 3-8.
- [2] 宋焕禄, 杨对成. 固始鸡/A-A鸡鸡汤中香味物质的比较[J]. 精细化工, 2001, 18(12): 691-692.
- [3] 何香, 许时婴. 蒸煮鸡肉的挥发性香气成分[J]. 无锡轻工大学学报, 2001, 20(5): 497-499.
- [4] 李建军, 文杰, 陈继兰, 等. 烘烤鸡肉挥发性风味物的微捕集和GC-MS分析[J]. 分析测试学报, 2003, 22(1): 58-61.
- [5] 国家药典委员会. 中华人民共和国药典: 一部[S]. 2000年版. 北京: 化学工业出版社, 2000.
- [6] 赵改名. 酱卤肉制品加工[M]. 北京: 化学工业出版社, 2008: 48-54.
- [7] 周峰, 籍保平, 李博, 等. 肉桂油有效成分提取、纯化及鉴定研究[J]. 食品科学, 2006, 27(4): 59-61.
- [8] SHAHIDI F, 李洁, 朱国斌. 肉制品与水产品的风味[M]. 北京: 中国轻工业出版社, 2001: 74-310.
- [9] MAARSE H. Volatile compounds in foods and beverages[M]. New York: Marcel Dekker Inc., 1991: 107-177.
- [10] NOLEAU I, TOULEMONDE B. Quantitative study of roast chicken fat[J]. Food Science and Technology, 1987, 20: 7-41.
- [11] MOTTRAM D S. Flavour formation in meat and meat products: a review[J]. Food Chemistry, 1998, 62(4): 415-424.
- [12] ELMORE J S, MOTTERM D S, ENSER M, et al. Effect of the polyunsaturated fatty acid composition of beef muscle on the profile of aroma volatiles[J]. Food Chemistry, 1999, 47: 1619-1625.
- [13] 沈群, 陈飞龙, 罗传波. 桂枝、肉桂挥发油化学成分GC-MS分析[J]. 中药材, 2002, 25(4): 257-258.
- [14] 夏延斌. 食品风味化学[M]. 北京: 化学工业出版社, 2008: 89-117.
- [15] 陈建良, 芮汉明, 陈号川. 不同鸡种的鸡肉挥发性风味特性的比较研究[J]. 现代食品科技, 2009, 25(10): 1129-1134.
- [16] 林翔云. 香精香料辞典[M]. 北京: 化学工业出版社, 2007: 381-382.
- [17] FARMER L J. Poultry meat science[M]. New York: CAB International, 1999: 127-158.
- [18] RUIZ J, VENTANAS J. New device for direct extraction of volatiles in solid samples using SPME[J]. Food Chemistry, 2001, 49(11): 5115-5121.
- [19] 黄亚非, 黄际薇, 陶玲, 等. 不同树龄肉桂挥发油的成分比较[J]. 中山大学学报: 自然科学版, 2005, 44(1): 82-85.
- [20] 郭虹, 林观祥. 肉桂叶挥发性成分分析[J]. 浙江中医药大学学报, 2009, 33(6): 883-884.