

红外电烤箱复热冷藏烤全羊风味物质的分析

苏里阳, 王方定, 刘小菊, 邢云霞, 魏小溪, 李晓楠, 杨海燕*
(新疆农业大学食品科学与药学院, 新疆 乌鲁木齐 830052)

摘 要: 为探究红外电烤箱烤制全羊的主要香气成分, 利用固相微萃取法对红外电烤箱烤制全羊及冷藏复热后羊肉的风味成分进行萃取, 通过气相色谱-质谱联用仪检测分析并运用主成分分析法对香气成分分析。结果表明: 冷藏复热后的烤全羊风味成分比烤制结束时共增加66种, 种类增加最多的3类物质为芳香烃类、醛类、醇类, 分别增加了22、12、10种。冷藏复热后烤全羊香气成分共有9类, 通过主成分分析后可分为醛类、酸类和其他物质; 酚类; 烃类、芳香烃、酯类; 醇类和酮类四大类, 它们共同构成了烤全羊肉中香气成分特征。

关键词: 红外电烤; 复热; 烤全羊; 风味成分

Flavor Compounds of Refrigerated Roasted Whole Sheep Reheated in an Electric Infrared Oven

SU Liyang, WANG Fangding, LIU Xiaojü, XING Yunxia, WEI Xiaoxi, LI Xiaonan, YANG Haiyan*
(College of Food Science and Pharmacy, Xinjiang Agricultural University, Ürümqi 830052, China)

Abstract: The main aroma compounds of whole sheep roasted in an electric infrared oven and reheated refrigerated roasted whole sheep were extracted by solid phase micro-extraction and analyzed by gas chromatography-mass spectrometry and principal composition analysis. The results showed that reheated refrigerated roasted whole sheep had 66 more flavor components than freshly roasted whole sheep, with the largest increase being observed for the numbers of aromatic hydrocarbons, aldehydes, alcohols (by 22, 12 and 10, respectively). Reheated refrigerated roasted whole sheep contained nine classes of aroma compounds and they could be divided into four categories including aldehydes, acids and other substances; phenols; hydrocarbons, aromatic hydrocarbons and esters; and alcohols and ketones by principal component analysis. All these compounds together contributed to the characteristic aroma of roasted whole sheep.

Key words: electric infrared oven; reheating; roasted whole sheep; flavor components

DOI:10.7506/rlyj1001-8123-201701006

中图分类号: TS251.7

文献标志码: A

文章编号: 1001-8123 (2017) 01-0032-05

引文格式:

苏里阳, 王方定, 刘小菊, 等. 红外电烤箱复热冷藏烤全羊风味物质的分析[J]. 肉类研究, 2017, 31(1): 32-36.

DOI:10.7506/rlyj1001-8123-201701006. <http://www.rlyj.pub>

SU Liyang, WANG Fangding, LIU Xiaojü, et al. Flavor compounds of refrigerated roasted whole sheep reheated in an electric infrared oven[J]. Meat Research, 2017, 31(1): 32-36. (in Chinese with English abstract) DOI:10.7506/rlyj1001-8123-201701006. <http://www.rlyj.pub>

烤全羊在新疆具有悠久的历史, 是新疆传统风味肉制品。它外表金黄、外脆里嫩, 除了羊肉特有的清香外, 还伴有独特的烧烤风味, 受到广大群众的喜爱^[1-2]。为满足现代生活方式对食物营养、健康、快捷的需求, 如何保证包装冷藏后的烤全羊在复热后保留原有全羊风味、口感不产生巨大的变化成为亟待解决的问题。红外电烤箱代替传统馕坑烤制, 不但提高了食品安全性, 同时确定了烤制的温度和时间, 摆脱了人为经验为主、

产品率低的劣势^[3]。在国外, 有学者认为羊肉产生膻味的主要物质为4-甲基壬酸与4-甲基辛酸^[4], 而在国内则认为是由己酸、辛酸和癸酸按照一定比例混合形成的^[5]。目前, 已有不同的方法用于肉制品挥发性成分的分离及萃取, 如同时蒸馏萃取法(simultaneous-distextraction, SDE)、动态顶空(dynamic headspace, DH)进样法及顶空固相微萃取法(head space solid-phase micro-extractions, HS-SPME)^[6]。詹萍^[7]、李伟^[8]、陈海涛^[9]等

收稿日期: 2016-07-13

基金项目: “十二五”国家科技支撑计划项目(2014BAD04B00)

作者简介: 苏里阳(1987—), 男, 硕士研究生, 研究方向为畜产品加工技术。E-mail: 1498656725@qq.com

*通信作者: 杨海燕(1962—), 女, 教授, 博士, 研究方向为农产品加工与综合利用。E-mail: yanghaiyan163@163.com



采用固相微萃取 (SPME) 结合气相色谱-质谱联用法 (gas chromatography-mass spectrometry, GC-MS) 提取分析羊肉中的香气成分。SPME结合GC-MS分析技术, 以其快速、灵敏、准确的特点^[10], 近年来在食品中风味物质的检测方面得到了广泛的应用, 如在羊肉^[11]、猪肉^[12]、腊肠^[13]等肉制品的风味物质的检测分析中都有所报道。

本实验选择红外电烤炉对低温冷藏1周的烤全羊在220℃条件下进行复热, 随后采用SPME萃取其挥发性风味物质, 并利用GC-MS测定其风味物质种类、含量变化, 利用主成分分析法找出主要风味物质, 为口感、风味以及工艺的改进提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

检疫合格的阿勒泰羊胴体; 市售食盐; 山楂核烟熏香味料III号 济南华鲁食品有限公司。

1.2 仪器与设备

ITQ900气质联用仪 美国赛默飞世尔科技; CAR/PDMS固相微萃取装置 美国Supelco公司; 格兰仕P70D10EP-QA (S0) 微波炉 格兰仕微波炉电器有限公司; YXD10A远红外食品电烤箱 淄博市周村众意炊事机械厂。

1.3 方法

1.3.1 烤全羊加工工艺

全羊胴体→高温清洗 (65~70℃, 20 min) →质量分数为3%的盐水注射1 kg→熏烤 (初期在130℃条件下熏烤2.5 h, 之后升温至220℃熏烤1 h) →冷却分割→真空铝箔包装→冷藏 (0~4℃)

烤制过程中将配制好的体积分数为2.5%的2 kg烟熏液装盆置于羊体正下方进行熏蒸烤制。

1.3.2 复热

选取除去皮、筋后的烤全羊后腿肉50 g于红外电热烤箱中, 在温度为220℃条件下复热10 min。

1.3.3 挥发性物质的检测

1.3.3.1 固相微萃取

采用常海军等^[14]的方法并作适当修改, 取样品 (粉碎至肉糜状) 5 g于15 mL萃取瓶内, 50℃水浴恒温15 min后将固相微萃取器插入样品瓶推出萃取头, 60℃萃取40 min进样, 解吸5 min, 进行GC-MS分析。

1.3.3.2 GC-MS色谱条件

采用赵冰等^[15]的方法并作修改。色谱条件: 色谱柱: TR-5MS (30 m×0.25 mm, 0.25 μm), 升温程序: 40℃保持4 min; 然后以5℃/min升高至140℃, 保持3 min; 然后以10℃/min升至200℃, 保持3 min; 再以12℃/min升温至250℃, 保留7 min。

质谱条件: 离子源温度200℃; EI离子源; 电子能量70 eV; 扫描方式: Scan; 质量扫描范围 m/z : 30~45 u; 灯丝发射电流200 μA; 扫描间隔0.5 s。

1.3.4 风味组分的质谱分析

根据气相色谱定性分析样品的挥发性组分。采用面积归一化法得到烤全羊风味物质中的相对百分含量^[15]。

2 结果与分析

2.1 烤全羊冷藏复热后风味物质的检测结果

表1 烤全羊冷藏复热后挥发性风味物质GC-MS分析
Table 1 Volatile flavor compounds identified from reheated refrigerated roasted whole sheep by GC-MS

种类	保留时间/min	挥发性风味物质	复热后相对含量/%				
			冷藏0 d	冷藏1 d	冷藏3 d	冷藏5 d	冷藏7 d
醇类	1.10	丙烯醇	7.48	—	—	5.82	—
	1.10	1,3-丙二醇	1.48	3.91	3.98	—	2.13
	1.34	乙硫醇	—	—	—	4.95	—
	4.20	4-甲基环己醇	—	—	3.19	—	1.03
	4.20	顺-4-甲基环己醇	—	—	1.87	—	—
	4.81	环丁基甲醇	—	—	—	—	1.62
	8.58	顺-2-己烯-1-醇	—	—	—	—	0.94
	9.31	2-甲基环戊醇	—	—	—	3.50	2.06
	13.52	顺-3-庚烯-1-醇	—	—	—	1.24	—
	13.57	顺-2-甲基环己醇	—	—	—	—	1.41
	18.67	5,7-十二烷二烯-1,12-二醇	—	—	—	1.40	1.87
	23.53	植物醇	—	1.58	—	—	—
醛类	1.10	丙醛	1.68	3.76	—	—	—
	1.57	戊二醛	—	—	6.12	—	—
	1.67	正戊醛	—	—	—	3.54	—
	2.55	戊二醛	—	7.68	—	—	—
	4.59	2-甲基丁醛	—	—	—	1.29	—
	9.52	己醛	—	—	1.17	—	—
	11.52	糠醛	—	7.23	—	—	—
	11.62	3-糠醛	—	5.60	—	—	—
	16.25	苯甲醛	—	—	2.13	1.60	—
	23.21	3-乙基苯甲醛	—	—	3.29	—	—
	23.21	4-乙基苯甲醛	—	—	3.73	—	—
	25.98	对异丙基苯甲醛	—	3.01	—	—	—
酯类	32.00	视黄醛	—	1.22	2.33	2.23	—
	0.85	甲酸烯丙酯	—	—	—	1.39	—
	1.21	2-羟基-γ-丁内酯	1.95	—	1.21	—	—
	2.47	乙酸异戊酯	—	—	—	1.79	—
	2.74	乙酸乙酯	—	—	1.43	—	2.05
	2.92	醋酸正戊酯	—	4.02	1.26	1.94	3.15
	20.20	(2R,4S)-4-氟-1,2-吡咯烷二羧酸-1-(1,1-二甲基乙基)酯	5.29	—	—	—	—
	20.85	苯甲酸甲酯	4.55	—	—	—	—
	32.55	异戊酸香叶酯	—	—	1.51	—	0.99
	33.68	邻苯二甲酸二乙酯	—	—	1.43	1.86	1.53
	42.83	胆甾醇苯甲酸酯	—	—	—	1.35	—
	2.64	三氯甲烷	6.85	—	—	—	—
烃类	7.62	螺[2,4]庚-4,6-二烯	—	—	—	3.05	—
	7.82	环庚三烯	2.91	3.08	2.15	1.95	2.53
	31.33	1-苯基辛烷	6.10	7.38	—	—	—

续表1

种类	保留 时间/min	挥发性风味 物质	复热后相对含量/%				
			冷藏0 d	冷藏1 d	冷藏3 d	冷藏5 d	冷藏7 d
芳香 烃类	34.17	正十九烷	—	—	1.34	—	—
	43.19	双酚A	—	—	—	4.21	2.83
	3.62	苯	5.24	—	—	—	—
	8.09	甲苯	—	—	2.33	2.69	2.15
	11.67	乙基苯	—	—	3.77	1.63	0.96
	12.33	焦化二甲苯	2.79	1.92	2.32	2.38	1.74
	12.33	邻二甲苯	2.13	—	2.14	2.31	2.20
	12.44	间二甲苯	—	1.92	1.89	1.85	1.77
	17.10	对乙基甲苯	—	—	—	—	1.01
	18.06	均三甲苯	—	—	4.94	—	—
	18.06	偏三甲苯	—	—	1.66	—	—
	18.06	连三甲苯	—	—	1.53	—	—
	20.20	间二乙基苯	—	—	1.49	—	2.95
	20.22	1,2-二乙苯	—	—	—	—	2.20
	20.22	对二乙基苯	—	—	—	—	1.20
	22.50	1,2,3,4-四甲基苯	—	—	—	—	1.26
	22.50	1,2,4,5-四甲基苯	—	—	—	—	1.21
	22.50	4-异丙基甲苯	—	—	—	—	1.07
	22.59	正戊基苯	9.83	2.54	3.62	—	—
	24.07	甘菊蓝	3.04	2.25	2.73	2.40	2.37
	24.07	萘	4.71	5.29	5.30	3.68	4.88
	27.82	β -甲基萘	3.61	4.44	2.78	2.85	2.68
	28.25	α -甲基萘	—	3.23	2.24	2.63	2.68
	29.05	正庚基苯	10.21	2.54	8.44	8.67	—
	29.92	联苯	—	5.24	—	—	4.70
	29.92	2-乙基萘	—	4.22	—	—	1.86
	30.15	异丙基萘	—	—	—	3.89	2.74
	30.52	1,6-二甲基萘	—	—	—	—	1.23
	30.79	2,6-二甲基萘	—	—	1.15	—	1.01
	30.80	1,4-二甲基萘	1.68	1.19	1.87	1.33	1.01
	30.80	2,3-二甲基萘	—	1.23	—	1.33	—
	30.92	1,7-二甲基萘	—	—	—	1.35	1.32
	35.14	十一烷基苯	1.98	—	—	—	—
	35.14	十四烷基苯	1.67	—	—	—	—
	35.45	2,2',5,5'-四甲基联苯基	—	—	—	1.24	1.85
酚类	26.95	4-乙基愈创木酚	6.53	—	—	—	—
	29.29	二氢丁香酚	5.29	—	—	—	—
	33.98	对仲丁基-2,6-二叔丁基苯酚	—	—	—	1.60	1.67
酸类	18.67	2,5-十八二烯酸	—	—	—	5.59	—
	30.14	5,8,11,14-二十碳五烯酸	—	—	—	—	1.33
	31.49	2,5-二甲氧基苯甲酸	—	1.15	—	—	—
酮类	2.92	4-羟基-2-丁酮	—	—	—	7.12	2.91
	16.33	1-苯基-2,2-双(乙酰氧基)-苯乙酮	—	—	—	1.35	—
	17.08	<i>p</i> -氯苯丁酮	—	—	—	1.29	—
	34.34	偏二苯基丙酮	3.00	—	—	1.64	—
	0.57	硫酰羟胺	—	—	—	—	4.76
其他	16.33	苯基丙醇水合物	—	—	—	1.14	1.12
	16.72	2-正戊基呋喃	—	—	4.73	3.68	3.16
	28.24	1-氯吡啶四氟硼酸盐	—	1.64	—	—	—
	31.30	2,5-二叔丁基-1,4-苯醌	—	1.34	—	—	—

注：—，未检测到。

由表1可知，利用红外电热烤箱烤制出的全羊经GC-MS检测分析，共检出23种风味物质。其中种类

最多的为芳香烃物质达到11种，占总种类相对含量的46.89%，其次是酯类、烃类、醇类、酚类、酮类、醛类，分别为3、3、2、2、1、1种，分别占总种类相对含量的11.79%、14.25%、8.96%、11.82%、3.00%和1.68%。

芳香烃类中主要为正庚基苯（10.21%）、正戊基苯（9.83%）、苯（5.24%）、萘（4.71%）、 β -甲基萘（3.61%）。酯类主要为吡咯烷二羧酸-1-（1,1-二甲基乙基）酯（5.29%）和苯甲酸甲酯（4.55%），酯类物质对烤全羊风味也有较大贡献，赋予烤全羊特殊的水果香味^[16]。酯类的形成通常来自于醇类和羧酸类在微生物作用下的酯化反应^[17-18]。烃类主要为三氯甲烷（6.85%）、1-苯基辛烷（6.10%）；醇类主要为丙烯醇（7.48%）、1,3-丙二醇（1.48%）；酚类主要为4-乙基愈创木酚（6.53%）、二氢丁香酚（5.29%）。酚类和酯类是腊肉中较为重要的风味物质，酚类物质主要来自于烟熏，所以酚类物质的变化与烟熏原料、烟熏时间及温度等因素有关^[19-20]。酮类为偏二苯基丙酮（3.00%）；醛类为丙醛（1.68%）。由于酸类物质是膻味物质的主要呈味因素，在实验中酸类物质未检出，与杨小波^[21]研究温度对脱膻效果的影响结果较为一致，说明采用高温清洗对红外电热烤箱烤制全羊脱膻具有显著效果。

肉的风味物质是由氨基酸和肽类的热解、美拉德反应以及脂质的热降解等反应产生的，加工工艺的变化会使风味物质明显增加^[22]。

用电烤箱复热后芳香烃类物质中正庚基苯、正戊基苯含量减少，分别在冷藏5、7 d复热时未检测到，苯则在冷藏复热后消失、 β -甲基萘含量在初期略微上升随后下降，萘含量基本变化不大；酯类物质中吡咯烷二羧酸-1-（1,1-二甲基乙基）酯和苯甲酸甲酯在冷藏复热后消失，但出现了醋酸正戊酯，为复热后主要的酯类物质；烃类物质中的三氯甲烷和1-苯基辛烷复热后消失，但环庚三烯作为复热前后主要物质含量基本趋于稳定，无明显变化；醇类中丙烯醇复热后消失，而1,3-丙二醇复热后含量由1.48%上升到2.13%；酚类物质中4-乙基愈创木酚和二氢丁香酚复热后消失，但在冷藏5 d复热时出现对仲丁基-2,6-二叔丁基苯酚，最终达到1.67%；酮类物质中偏二苯基丙酮冷藏5 d复热时检测到，减少为1.64%，而4-羟基-2-丁酮作为冷藏复热后期主要酮类物质由7.12%减小为2.91%；醛类物质虽然在冷藏复热后种类增加但最终消失无检出，可能是由于随着冷藏时间的延长醛类物质氧化形成其他化合物所导致的。酸类在冷藏复热后增加了3种，但在冷藏复热后含量较小，在冷藏7 d复热时5,8,11,14-二十碳五烯酸（1.33%）；另外冷藏复热后还检出了5种其他化合物，包括胺类、醌类及杂环化合物，其中硫酰羟胺和2-正戊基呋喃含量较高，分别为4.76%和3.16%。

2.2 烤全羊冷藏复热后风味物质分析

用固相微萃取法对冷藏1、3、5、7 d的烤全羊利用烤箱进行复热10 min后挥发性风味成分进行萃取,经GC-MS检测分析。

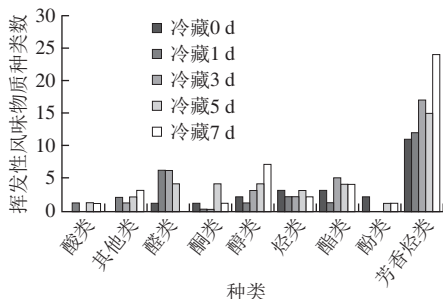


图1 烤全羊复热后挥发性风味物质种类的变化

Fig. 1 Changes in the types of volatile flavor compounds in reheated roasted mutton with refrigeration time

由图1可知,经过冷藏1、3、5、7 d复热后与烤制刚结束时风味物质进行对比发现,风味物质增加种类最多的有芳香烃类、醛类、醇类,其中冷藏7 d复热后增加了22、12、10种,分别增加总种类数的33.33%、18.18%、15.15%。其次为酯类、其他、烃类、酸类、酮类、酚类,分别增加了6、5、3、3、3、1种,分别占总种类的9.09%、7.58%、4.55%、4.55%、4.55%、1.52%。

2.3 烤全羊冷藏复热前后风味物质的主成分总方差分析

表2 因子总方差解析结果

Table 2 Total variance explanation of PCA

主成分	初始特征值		
	合计	方差/%	累积/%
第1主成分	4.037	44.856	44.856
第2主成分	2.443	27.141	71.997

由表2可知,第1主成分特征值为4.037,第2主成分的特征值为2.443,其累积贡献率达44.856%、71.997%,能够较好地代表原始数据所反映的信息,故用这2个因子来反映电热烤箱烤制全羊中9种风味物质的原始信息。第1主成分代表芳香烃类、醇类、酯类、烃类、酮类、酚类6种风味物质的影响,而第2主成分代表酸类、醛类、其他类等3种风味物质,这与张同刚等^[23]研究香辛料对手抓羊肉的风味改善结果较为一致。

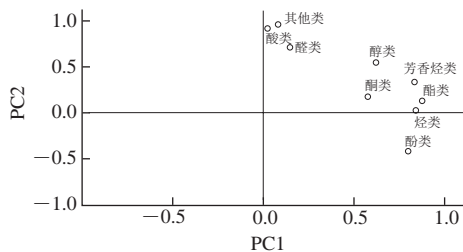


图2 9种风味物质的主成分得分投影图

Fig. 3 Principal component score projection plot for nine types of flavor compounds

由图2可知,第1主成分中的5种风味物质在得分投影图中聚为3簇,第2主成分中的4种风味物质在得分图中聚为1簇。由此可知,9种风味物质对烤全羊冷藏复热后肉中香气品质的影响作用可以分为4种,分别是醛类、酸类和其他物质;酚类;烃类、芳香烃和酯类;醇类和酮类,它们共同构成了烤全羊冷藏复热后肉中香气成分特征。

3 结论

利用红外电热烤箱烤制的全羊经GC-MS检测分析,共检出23种风味物质。其中种类最多的为芳香烃物质,高达11种,占总种类相对含量的46.89%;其次是酯类、烃类、醇类、酚类、酮类、醛类,分别为3、3、2、2、1、1种,分别占总种类相对含量的11.79%、14.25%、8.96%、11.82%、3.00%、1.68%。经过低温冷藏进行220℃烤箱复热后风味物质共增加66种,增加种类最多的有芳香烃类、醛类、醇类,分别增加了22、12、10种,分别占增加种类总数的33.33%、18.18%、15.15%。其次为酯类、其他类、烃类、酸类、酮类、酚类,分别增加了6、5、3、3、3、1种,分别占总种类的9.09%、7.58%、4.55%、4.55%、4.55%、1.52%。

赵冰等^[24]研究熏猪肉中发现酚类物质是烟熏产品的特色挥发性风味物质。詹萍^[25]研究发现烃类和醇类物质由于具有相对较高的风味阈值,对于羊肉风味不占主要因素;脂肪醛、酮类和羧酸类等风味阈值较低的物质,对于羊肉特征风味的整体呈现具有重要作用,但在烤全羊中还有待研究。本实验通过主成分分析法得出第1主成分中5种风味物质为酯类、烃类、芳香烃类、酚类、酮类,第2主成分中的4种风味物质为酸类、其他类、醛类、醇类。但仅根据风味物质含量的多少并不能确定此种物质的主导因素,还应结合阈值的大小在烤全羊风味物质实验中有待后续研究。综合9种风味物质含量和阈值的分析可知,烤全羊冷藏复热后肉中香气品质的影响作用可以分为4类,分别是醛类、酸类和其他类物质;酚类;烃类、芳香烃和酯类;醇类和酮类,这4类物质可能是构建烤全羊冷藏复热后香气成分特征的主要因素。

参考文献:

- [1] 子涵. 烤全羊, 古老美食的诱惑[J]. 海燕·大连旅游, 2011(增刊1): 96-97.
- [2] 郑灿龙. 新疆传统特产烤全羊制作工艺[J]. 肉类工业, 2003(2): 10-11. DOI:10.3969/j.issn.1008-5467.2003.02.006.
- [3] 王庆惠, 李忠新, 沈晓贺, 等. 对改进烤全羊加工技术的一点思考[J]. 新疆农机化, 2013(4): 37-38. DOI:10.13620/j.cnki.issn1007-7782.2013.04.002.
- [4] 丁存振, 赵瑞莹. 我国肉羊屠宰加工工业现状、问题及对策[J]. 肉类研究, 2014, 28(3): 31-35.

- [5] 俄木曲者, 熊朝瑞, 范景胜, 等. 羔羊肉品风味及其影响因素的研究进展[J]. 中国草食动物科学, 2014(增刊1): 39-42. DOI:10.3969/j.issn.2095-3887.2014.z1.013.
- [6] 喻倩倩, 朱亮, 孙承锋, 等. 顶空固相微萃取-气质联用分析烧肉中挥发性风味成分[J]. 食品工业, 2014(7): 251-255.
- [7] 詹萍, 田洪磊, 李卫国, 等. 羊肉特征风味指纹图谱的构建[J]. 现代食品科技, 2013(10): 2522-2527. DOI:10.13982/j.mfst.1673-9078.2013.10.043.
- [8] 李伟, 罗瑞明, 李亚蕾, 等. 宁夏滩羊肉的特征香气成分分析[J]. 现代食品科技, 2013(5): 1173-1177. DOI:10.13982/j.mfst.1673-9078.2013.05.010.
- [9] 陈海涛, 张宁, 徐晓兰, 等. SPME和SDE-GC-MS分析贾永信腊羊肉挥发性风味成分[J]. 食品科学, 2013, 34(14): 187-191. DOI:10.7506/spkx1002-6630-201314038.
- [10] 苗成林, 孙宝腾, 罗丽萍, 等. 动态顶空进样-气质联用法分析国产沉香化学成分[J]. 食品科学, 2009, 30(8): 215-217.
- [11] 娜仁托娅, 郑晓燕. 羊肉的脂肪酸组成分析及脱膻技术研究[J]. 肉类研究, 2007, 21(10): 15-19.
- [12] 朱新生, 丁霄霖, 刘立国. 固相微萃取法在热反应猪肉风味化合物研究中的应用[J]. 食品工业科技, 2005, 26(3): 53-55. DOI:10.13386/j.issn1002-0306.2005.03.006.
- [13] 吴燕涛, 赵谋明, 吴娜, 等. 葡萄球菌 *Staphylococcus condiment* 对广式腊肠风味的影响[J]. 食品与发酵工业, 2010(3): 151-155. DOI:10.13995/j.cnki.11-1802/ts.2010.03.017.
- [14] 常海军, 彭荣, 唐春红. 重庆城口腊肉挥发性风味化合物分析[J]. 食品科学, 2016, 37(4): 120-126. DOI:10.7506/spkx1002-6630-201604022.
- [15] 赵冰, 成晓瑜, 张顺亮, 等. 土家腊肉挥发性风味物质的研究[J]. 肉类研究, 2013, 27(7): 44-47.
- [16] ANSORENA D, GIMENO O, ASTIASARAN I, et al. Analysis of volatile compounds by GC-MS of a dry fermented sausage: chorizo de Pamplona[J]. Food Research International, 2001, 34(1): 67-75. DOI:10.1016/S0963-9969(00)00133-2.
- [17] MEYNIER A, NOVELLI E, CHIZZOLINI R, et al. Volatile compounds of commercial Milano salami[J]. Meat Science, 1999, 51(2): 175-183. DOI:10.1016/S0309-1740(98)00122-3.
- [18] EDWARDS R A, ORDÓÑEZ J A, DAINTY R H, et al. Characterization of the headspace volatile compounds of selected Spanish dry fermented sausages[J]. Food Chemistry, 1999, 64(4): 461-465. DOI:10.1016/S0308-8146(98)00066-1.
- [19] YU A N, SUN B G. Flavour substances of Chinese traditional smoke-cured bacon[J]. Food Chemistry, 2005, 89(2): 227-233. DOI:10.1016/j.foodchem.2004.02.029.
- [20] XIE J C, SUN B G, WANG S B. Aromatic constituents from Chinese traditional smoke cured bacon of mini-pig[J]. Food Science and Technology International, 2008, 14(4): 329-340. DOI:10.1177/1082013208098331.
- [21] 杨小波. 超高压杀菌对清蒸羊羔肉感官及挥发性风味的影响[D]. 宁夏: 宁夏大学, 2012.
- [22] MDRUGA M S, ELMORE J S, DODSON A T, et al. Volatile flavour profile of goat meat extracted by three widely used techniques[J]. Food Chemistry, 2009, 115(3): 1081-1087. DOI:10.1016/j.foodchem.2008.12.065.
- [23] 张同刚, 刘敦华, 周静. 香辛料对手抓羊肉挥发性风味成分的影响[J]. 中国调味品, 2014(10): 45-49. DOI:10.3969/j.issn.1000-9973.2014.10.011.
- [24] 赵冰, 任琳, 陈文华, 等. 烟熏工艺对熏肉挥发性风味物质的影响[J]. 食品科学, 2013, 34(6): 180-187. DOI:10.7506/spkx1002-6630-201306040.
- [25] 詹萍. 羊肉特征香气成分的鉴定及其肉味香精的制备[D]. 无锡: 江南大学, 2013.