

传统腌腊肉制品挥发性风味物质的研究进展

唐 静, 张迎阳, 吴海舟, 章建浩*

(国家肉品质量安全控制工程技术研究中心, 教育部肉品加工与质量控制重点实验室, 农业部农畜产品加工与质量控制重点开放实验室, 南京农业大学食品科技学院, 江苏 南京 210095)

摘 要: 本文以干腌火腿、腊肉、风鸭、发酵香肠和风干鱼制品为代表, 对中国传统腌腊肉制品的挥发性风味物质进行了探讨。从总体上阐述了我国传统腌腊肉制品挥发性风味的形成机理, 详尽列表总结分析了不同制品的特征风味化合物, 分析它们之间的共性与异性, 并从原料特性及加工工艺两个主要方面分析了差异性形成的可能原因。一方面, 丰富了传统腌腊肉制品的形成机制, 另一方面, 为生产调控肉制品的风味提供理论依据。

关键词: 传统腌腊肉制品; 挥发性风味物质; 原料特性; 加工工艺

Recent Progress on Volatile Flavor Compounds of Traditional Chinese Cured Meat Products

TANG Jing, ZHANG Ying-yang, WU Hai-zhou, ZHANG Jian-hao*

(National Center of Meat Quality and Safety Control, Key Laboratory of Meat Processing and Quality Control, Ministry of Education, Key Laboratory of Agricultural and Animal Products Processing and Quality Control, Ministry of Agriculture, College of Food Science and Technology, Nanjing Agricultural University, Nanjing 210095, China)

Abstract: This article reviews recent advances in the investigation of volatile flavor compounds of traditional Chinese cured meat products such as dry-cured ham, Chinese bacon, dry-cured duck, fermented sausages and dry-cured fish products as typical representatives. In this review, we discuss the formation mechanism of volatile flavor compounds in traditional Chinese cured meat products, elaborate the characteristic flavor compounds of different types of cured meat products, analyze their commonness and differences, and elucidate the possible mechanism for the differences with respect to raw material properties and processing technology. We hope that this paper can not only enrich the current understanding of the formation mechanism of volatile flavor compounds in traditional dry-cured meat products, but also can provide the basic theory for improving their flavor.

Key words: traditional cured meat products; volatile flavor compounds; raw material characteristics; processing

中图分类号: TS251.1

文献标志码: A

文章编号: 1002-6630 (2014) 15-0283-06

doi:10.7506/spkx1002-6630-201415057

中国传统肉制品是指3 000多年以来, 中国人民为了便于贮藏、改善风味、提高适口性、增加品种等目的而世代相传发展起来的肉禽类制品, 因其颜色、香气、味道和造型独特而著称于世^[1], 其中以金华火腿、广东腊肠、腊肉、南京风鸭等腌腊肉制品为杰出代表。风味是腌腊肉制品整体可接受性中一个重要的感官方面, 是影响消费者购买的主要因素之一。国家科技支撑计划自“十五”、“十一五”、“十二五”以来, 就一直大力支持食品风味的研究, 特别是“十二五”计划中的“动物源食品加工共性关键技术研究(2012BAD28B01)”中包含了传统腌腊肉制品风味调控机制的研究。关于腌

腊肉制品特征挥发性化合物的研究仍是传统腌腊肉制品研究的热门课题。本文阐述了传统腌腊肉制品中挥发性化合物的形成过程与机理, 分析比较几种具有代表性的腌腊肉制品特征化合物的差异性及其形成原因, 将不仅有助于丰富腌腊肉制品风味的形成机制, 还能为客观地评价传统腌腊肉制品的风味提供理论依据。

1 传统腌腊肉制品风味的形成机理

生肉几乎没有香味, 只是略带血腥味^[2], 但传统腌腊肉制品如干腌火腿、腊肉等风味独特, 闻名于世, 所以

收稿日期: 2013-08-09

基金项目: “十二五”国家科技支撑计划项目(2012BAD28B01); 公益性行业(农业)科研专项(201303082-2); 江苏高校优势学科建设工程资助项目

作者简介: 唐静(1990—), 女, 硕士研究生, 研究方向为畜产品加工与质量控制。E-mail: 2012108079@njau.edu.cn

*通信作者: 章建浩(1961—), 男, 教授, 博士, 研究方向为肉制品加工和质量控制。E-mail: nau_zjh@njau.edu.cn

说从风味的前体物质直到风味化合物的形成经历了一个复杂的过程。

1.1 腌腊肉制品的前体物质

风味前体物质，即指某些化合物本身没有风味，但在一定条件下可转化为风味的化合物^[3]。腌腊肉制品风味的前体物质主要分为两大类：水溶性成分和脂质。水溶性风味前体物质主要有：游离糖、磷酸糖类、核苷酸结合的糖、游离氨基酸、肽、核苷酸和其他的含氮组分等（如硫胺素）。脂溶性前体物质主要有：甘油三酯、游离脂肪酸、磷脂和羰基化合物等^[2]。表1列出了腌腊肉制品风味化合物的主要前体物质及可能的中间物。

表1 挥发性风味化合物的主要前体物质及可能的中间物^[2]
Table 1 The main precursors and possible intermediate compounds of volatile flavor compounds in cured meat products^[2]

第一前体物	前体物	中间物
基本成分	脂类	醛、醇、脂肪酸、烃类
	蛋白质	氨基酸
	碳水化合物	含硫化合物
		糖类
非基本成分	维生素	硫胺素
		巯基酮

1.2 腌腊肉制品风味形成途径

腌腊肉制品风味的形成是一个复杂的过程，经历多种途径。迄今为止，还未发现一种或一类化合物能够形成腌腊肉制品特有的风味。国内外学者认为肉制品风味的产生途径主要有以下几种^[2,4]：1) 脂质氧化；2) 前体物质的降解；3) 美拉德反应，以及它们两两之间的交互作用。

1.2.1 脂质氧化

肉制品的风味60%来源于脂质氧化^[5]。因此，脂肪组织对畜禽肉风味的形成具有决定性作用，其变化是产生风味物质的主要途径^[6-8]。脂质氧化主要包括两个方面：一是不饱和脂肪酸的双键氧化生成过氧化物，进一步分解为香阈值很低的酮、醛、酸等挥发性羰基化合物；二是羟基脂肪酸水解后生成羧酸，经过加热脱水、环化生成具有肉香味的内酯化合物^[4]。

1.2.2 前体物质的降解

前体物质的降解主要包括油脂、蛋白质、糖类和硫胺素的降解。油脂降解包含3种情况：1) 反部分脂肪及其热解产物就是挥发性风味物质。如猪脂肪加热后产生了挥发性羰基化合物如辛醛、2,4-壬二烯醛、2,4-庚二烯醛等^[9]；2) 脂肪能溶解脂溶性风味物质，如肌内脂肪可以作为肌肉组织形成芳香挥发性物质的溶剂，并为进一步反应提供场所^[10]；3) 脂肪富含脂肪酸和磷脂，它们都是肉制品挥发性风味形成的重要前体物质或中间产物^[3]，如甲酸、丙酸、丁酸等挥发性的脂肪酸。蛋白质降解产生氨基酸，除了生成H₂S、NH₃、半胱氨酸等物质外，还伴随着噻唑类、噻吩类及其衍生物。如胱氨酸、半胱氨

酸加热形成的噻唑、噻吩及其衍生物，都是香味化合物的重要组成部分^[3]。糖类的降解反应有：裂解、分子内脱水、异构，反应中单糖和双糖等产生低分子醛、酮、焦糖素等；纤维素、淀粉等400℃以下生成呋喃、糠醛（戊糖脱水生成糠醛）、麦芽酚等，中间产物多为二酮、醛、醇、呋喃及其衍生物，如呋喃酮与H₂S反应产生非常强烈的肉香^[11]。硫胺素降解产物非常复杂，主要有呋喃类、咪唑类、噻吩类和含脂肪族硫化物等^[12]，如2,3-二硫呋喃等^[9]。

1.2.3 美拉德反应

美拉德反应利用氨基酸和还原糖之间的反应，可以产生多种肉类挥发性风味化合物，如吡嗪类、噻吩类、咪唑、吡啶以及环烯硫化物^[13]。不同的α-氨基酸和还原糖的加热反应，能按Strecker降解生成各种特殊醛类，如乙二醛、乙醇醛等^[14]。因此美拉德反应不仅与褐变有关而且也与香气的产生有关，更是烹煮过程中产香的主要反应之一。

2 传统腌腊肉制品主要的特征挥发性风味物质

我国传统腌腊肉制品种类众多，风味各具特色，主要是由于不同加工原料在不同加工工艺下产生不同的挥发性呈香物质以及非挥发性呈滋味物质，但影响肉制品风味特征主要的因素还是挥发性物质^[15]。由于同类产品具有相似的风味特征，因此对比分析不同类别产品挥发性风味物质之间的差异，将有助于界定不同产品的特征性风味物质。近年来，国内外学者对传统腌腊肉制品的挥发性风味物质进行了大量的研究^[16-17]。表2综合了近20年来，国内外学者研究干腌火腿、腊肉、风鸭、发酵香肠、风干鱼制品等特征挥发性物质的结果。

表2 传统腌腊肉制品已知挥发性风味化合物及其风味特征
Table 2 Characteristic volatile flavor compounds from traditional salted and dried meat products and their aroma characteristics

名称	气味描述	干腌火腿	腊肉	风鸭	发酵香肠	风干鱼制品
醛类						
(E,E) 2,4-庚二烯醛	油炸味	-	+	-	+	-
2-庚烯醛	苦味	-	-	-	+	-
2-甲基丁醛	焦糖味	+	+	-	+	-
2-壬烯醛	青香、黄瓜香、甜瓜香	-	-	-	-	+
2-辛烯醛	油脂香	+	-	-	-	+
3-甲基丁醛	苹果香、青草味	+	-	-	+	-
苯甲醛	苦杏仁味、焦糖味	+	+	+	-	+
苯乙醛	干草味	+	-	-	+	-
庚醛	腌制味、烤肉香、油脂香、柑橘香	+	+	+	-	+
己醛	青草香	+	+	+	+	+
壬醛	柠檬味	+	+	+	+	+
戊醛	刺激味	+	-	+	-	-
辛醛	焦香、油脂香	+	+	+	+	+
合计	13	10	7	6	8	7

续表2

名称	气味描述	干腌火腿	腊肉	风鸭	发酵香肠	风干鱼制品
醛类						
2,3-戊二酮	黄油味	+	-	-	-	-
2,3-辛二酮	油脂香	-	-	+	-	-
2-丁酮	辛辣甜味	-	-	+	+	-
2-庚酮	蓝莓味	+	+	+	+	+
2-己酮	苹果花香	-	-	-	+	-
2-十五酮		-	+	-	-	-
2-戊酮	奶油香、青香	-	-	-	+	-
2-辛酮	霉香、酮香、蘑菇香	-	-	-	-	+
3-甲基-6-异丙烯基-2-环己烯-1-酮	薄荷香味	-	+	-	-	-
3-羧基-2-丁酮	红草莓甜冻酱香味	+	+	-	+	-
十八酮		-	+	-	-	-
4-羧基-5-甲基-3 (2H) 呋喃酮	果香焦糖香气	-	-	-	+	-
合计	12	3	5	3	6	2
醇类						
1-戊醇	杂醇油气味	-	+	+	-	+
1-戊烯-3-醇	水果香味	+	-	-	-	+
1-辛烯-3-醇	蘑菇香、泥土香	-	-	+	+	+
2-甲基-3-呋喃硫醇	肉香 (<1 pg/μL, 烤肉香 >1 pg/μL)	-	-	-	-	-
3-甲基-1-丁醇	辛辣恶臭味	-	-	-	-	+
4-松油醇	丁香味	-	+	-	-	-
苯乙醇	玫瑰香	-	+	-	-	+
己醇	芳香气味	-	-	-	-	+
乙醇	芳香气味	-	+	-	+	-
合计	9	1	4	2	2	6
酚类						
4-甲基愈创木酚	药香、丁香味	-	+	-	+	-
4-乙基愈创木酚	药香、丁香味	-	+	-	+	-
丁子香酚	丁香味	-	+	-	+	-
愈创木酚	药香、丁香味	-	+	-	+	-
合计	4	0	4	0	4	0
酯类						
乙酸芳樟酯	柠檬油香	-	-	-	-	+
乙酸松油酯	柠檬和薰衣草的混合气味	-	-	-	-	+
乙酸橙花酯	橙花和玫瑰香气	-	-	-	-	+
己酸乙酯	果香、酒香香气	-	+	-	-	-
乙酸乙酯	熟卷心菜味	+	+	-	+	-
合计	5	1	2	0	1	3
酸类						
乙酸	强烈的刺激味	-	+	-	-	-
合计	1	0	1	0	0	0
含硫化合物						
二甲基二硫化物	硫磺、洋葱似的气味	+	-	+	-	+
二甲基三硫化物	大蒜气味	-	-	+	-	-
2-甲基噻吩	大蒜味	-	-	-	-	-
合计	3	1	0	2	0	1
含氮化合物						
2,6-二甲基吡嗪	烤坚果香、烤肉香	+	-	-	-	-
合计	1	1	0	0	0	0
烃类						
甲苯	刺激性气味	-	-	-	-	+
δ-松油烯	松木树脂	-	+	-	-	-
β-月桂烯	香脂香味	-	+	-	-	-
1-柠檬油精	柑橘香	-	+	-	-	+

续表2

名称	气味描述	干腌火腿	腊肉	风鸭	发酵香肠	风干鱼制品
罗勒烯	丁香气味	-	+	-	-	+
合计	5	0	4	0	0	3
呋喃类						
2-戊基呋喃	豆香、果香、泥土、青香	+	+	+	+	-
合计	1	1	1	1	1	0
总计		18	28	14	22	22

尽管来源于不同品种肉的很多风味挥发性物质的化学性质从定性角度看是相似的,但它们存在着量上的差别^[10]。由表2可知,干腌火腿、腊肉、风鸭、发酵香肠和风干鱼制品中特征挥发性化合物总数分别为18、28、14、22、22种。干腌火腿的特征挥发性化合物主要成分为醛类和酮类^[18-24],腊肉的特征挥发性化合物主要成分为酚类、醛类和酮类^[4,7-8,25-28]。风鸭的特征挥发性化合物主要成分为醛类和酮类^[29]。发酵香肠的特征挥发性化合物主要成分为醛类和酮类^[30-33]。风干鱼制品的特征挥发性化合物主要成分为醛类、醇类和酯类^[16,34-38]。

无论火腿、腊肉、风鸭,还是发酵香肠、风干鱼制品,每种腌腊肉制品的特征挥发性化合物均含有醛类、酮类和醇类。其中,醛类的种类多且占总数的比例较大,特别是己醛,还有辛醛、壬醛、2-甲基丁醛等。腊肉和发酵香肠中的酮类种类较其他3种要多,但2-庚酮、3-羧基-2-丁酮在大部分制品中都为特征性风味化合物,而部分酮只有某种腌腊肉制品含有,如2-戊酮、2-己酮、4-羧基-5-甲基-3 (2H) 呋喃酮仅为发酵香肠的特征物质,2,3-戊二酮、2-辛酮、2-十五酮仅分别为干腌火腿、风干鱼制品、腊肉的特征物质。腊肉和风干鱼制品中的醇类种类较其他3种要多,火腿仅有1-戊烯-3-醇,风鸭仅有1-戊醇、1-辛烯-3-醇。酚类仅为香肠和腊肉的特征风味物质。腊肉中酯类的种类和含量较其他4种最多。烃类物质仅为风干鱼制品和腊肉的特征化合物。风鸭中的含硫化合物种类较多,且占总量的比例较大,而香肠和腊肉中并未出现此类化合物。呋喃类虽然只有2-戊基呋喃一种,却是干腌火腿、腊肉、风鸭和发酵香肠共有的特征挥发性化合物。

综上所述,干腌火腿、腊肉、风鸭、发酵香肠和风干鱼制品的特征挥发性化合物种类和数量差异性显著,醛类、酮类、醇类等的种类也不尽相同。虽然大部分挥发性化合物都存在于这5种制品中,但并不是每种都是特征化合物,对该制品的风味有较大的贡献。

3 传统腌腊肉制品加工中引起特征挥发性风味物质差异的因素

腌腊肉制品的风味物质是由多种复杂的化合物组合形成的,其来源及形成途径复杂多样,影响因素众多。不同品种的腌腊肉制品,风味差异显著,其差异

性的影响因素大致可以归结为两大类因素：原料特性和加工工艺。

3.1 原料特性

3.1.1 原料脂肪种类比例的影响

干腌火腿、腊肉和发酵香肠的原料均为猪肉。风鸭取料樱桃谷鸭。风干鱼制品原料为淡水鱼或海水鱼。猪肉中的脂肪含量为10%左右^[10]，其中饱和脂肪酸主要为月桂酸、豆蔻酸、棕榈酸、硬脂酸、花生酸等，不饱和脂肪酸主要为十四碳一烯酸、棕油酸、十六碳二烯酸、油酸、亚油酸、二十碳二烯酸、花生四烯酸等。鸭肉中的脂肪酸以软脂酸、硬脂酸、油酸、亚油酸和花生四烯酸为主，饱和脂肪酸占30%左右^[39]。鱼中的饱和脂肪酸主要由豆蔻酸、棕榈酸、硬脂酸系列组成，亦含有少量奇数碳，如：十七烷酸。饱和脂肪酸含量占脂肪酸总量的18.1%~25.2%之间，其中棕榈酸含量最高。不饱和脂肪酸主要由C16、C18、C20、C22系列组成，约占脂肪酸总量的74.2%~81.6%，且含1个双键或2个，最多可达6个^[40]。

猪肉的脂肪酸种类最丰富，而风鸭的种类最少，故由脂肪酸水解氧化生成醛的种类，猪肉多于鸭肉，与表2一致。

虽然鱼肉中的脂肪含量一般比较低，大多数只有1%~4%，如黄鱼含0.8%、鲫鱼含1.1%、带鱼含3.8%、鲈鱼含4%、鲢鱼含4.3%，但其不饱和脂肪酸相对含量高于鸭肉，故氧化生成了其特有的特征风味物质——1-戊烯-3-醇，见表2。醇类的阈值较高，一般认为对风味贡献不大，但1-戊烯-3-醇是沙丁鱼、白鲑鱼及鲭鱼中的典型风味^[36]，Kawai等^[41]认为它是由15-脂加氧酶和脂氢过氧化物裂解酶共同催化二十碳五烯酸（eicosapentaenoic acid, EPA）产生的。羰基化合物的阈值低，对鲜味的贡献大于醇类，鱼肉中的甲基酮（C3~C17）如2-庚酮、2-辛酮具有不同的清香和水果香气，是高品质风干鱼制品鲜味的来源。而表2显示了甲基酮是大多数腌腊肉制品的特征化合物，表明虽然各腌腊肉制品的脂肪种类比例不尽相同，是引起特征风味差异性的原因之一，但其部分氧化产物是相同的。

干腌火腿、发酵香肠和腊肉的原料均为猪肉，但干腌火腿的原料肉为猪后腿肉，腊肉的原料肉为后腿肉或五花肉，发酵香肠的原料则为猪瘦肉和背膘按一定的比例（1:1~7:3）混合^[42]。猪肉不同部位的肌间脂肪和皮下脂肪含量不同^[43]，在水解过程中占主导地位的脂质种类也不同，脂肪氧化速率也不同，最终导致挥发性化合物的不同。五花肉的肌间脂肪及皮下脂含量高于后腿，由于脂肪酶活性不同，脂间脂肪中主要是甘油酯，甘油酯中的饱和脂肪酸大量降解成游离脂肪酸，从而分解出较多的烃类物质，是腊肉比干腌火腿、香肠中烃类

物质含量高的原因之一^[44]。后腿中的肌内脂含量高于五花肉，即干腌火腿的肌内脂高于腊肉、香肠。在干腌火腿加工的不同阶段，肌内脂中磷脂的百分比发生很大的变化，而甘油酯的含量基本不发生变化。磷脂中的多不饱和脂肪酸发生了大量水解，而饱和脂肪酸发生水解较少。不饱和脂肪酸继续发生反应，能氧化生成更多的羰基化合物。

3.1.2 原料蛋白质组成比例的影响

猪肉中含有约20%的蛋白质^[45]，由肌浆蛋白、肌原纤维蛋白和基质蛋白等组成，分别占30%、50%、10%左右^[46]。淡水鱼含有约18%左右的粗蛋白，其中的不溶性蛋白、盐溶性蛋白和水溶性蛋白分别约占3%、10%和5%左右^[47]。鸭肉蛋白质含量约为18%^[48]。虽然不同原料的总蛋白质含量差异不大，但是不同种类的原料所含蛋白质种类不同，蛋白酶种类和酶活性不同，对腌腊肉制品的风味有一定程度的影响。腌腊肉制品成熟过程中，蛋白质在组织蛋白酶作用下发生水解，使得游离氨基酸含量增加，即肉中风味的前体物质不断增加。

风味前体物质氨基酸能与还原糖之间发生美拉德反应，生成含硫化合物等。含硫化合物在肉中大多数均以很低的浓度存在，但它们的阈值非常低并且具有重要的感官特性^[2,49]。氨基酸的热降解具有硫磺香气、洋葱似的香气，很多均具有肉香味，对腌腊肉制品整体风味有一定的影响。如表2中，风鸭中的含硫化合物最多，构成了其特有的风味^[50]，与其特有的蛋白质种类和含量有关。

另外，不少氨基酸具有呈味作用，同时部分氨基酸也有挥发性，如丙氨酸等，可能对腌腊肉制品的整体风味造成一定影响，是导致火腿、腊肉、风鸭、发酵香肠和风干鱼制品风味差异性的原因之一。

3.2 加工工艺的影响

不同传统腌腊肉制品加工工艺差异显著。干腌火腿以总质量的6.5%~8.0%用盐量，5~10℃，相对湿度75%~85%的条件下腌制1个多月，15~37℃条件下发酵成熟，温度前低后高，经8~10个月甚至更长时间的发酵而成。风干鱼的腌制过程分为盐渍和熟化两个阶段，盐渍完成后，在38℃条件下干制8~12d，终产品的含盐量为15%左右，水分含量为60%左右。由绞碎的肉、脂肪、再加入盐（2.8%~4.5%）、发酵剂（0.5%~1.0%）、糖和调味料混均，真空灌装，32℃发酵28~34h，22~26℃条件下成熟半个月后的成品，称之为发酵香肠。腊肉以新鲜猪肉切块，加入约2.5%的食盐及其他调味料腌制48h，晾干2~3h，在60℃、相对湿度为75%的条件下烟熏36h，得到成品。风鸭由原料鸭经修整清洗，用12%食盐腌制液在4℃、相对湿度为86.4%条件下腌制24h，再在18℃条件下风干至少3d以上制作而成。可见，这5种腌腊肉制品的加工工艺条件（温度、相对湿度

等)、工艺的复杂程度、工艺的周期等差异显著,这是引起风味差异的主要原因之一。

3.2.1 加工温度的影响

温度对腌腊肉制品挥发性风味的影响大体可以分为两个方面:一是通过影响蛋白质水解酶和脂肪水解氧化酶的活性,对脂肪、蛋白质的水解和氧化造成影响;二是通过影响美拉德反应。如腊肉在烟熏过程中的温度高达60℃,远远高于火腿、香肠等的加工温度。温度高,提高了脂肪酶的活性,使脂肪水解出更多的烃类,表2也反映出这种结果。

3.2.2 盐的影响

腌腊肉制品一般用氯化钠腌制,终产品的氯化钠浓度与制腌制时间、风干成熟时间有关。盐本身具有呈味作用,氯化钠终浓度的大小还会影响脂肪氧化酶、蛋白质水解酶等酶活性,酶又通过催化脂肪氧化和蛋白质水解进一步影响产品的风味。干腌火腿、腊肉、风鸭、发酵香肠和风干鱼制品中氯化钠终浓度不同,可能是引起挥发性风味物质不同的原因之一。

腊肉和香肠等制品中会加入一定量的亚硝酸盐,用来发色、防腐和改善风味。研究表明,添加亚硝酸钠后肉制品风味物质相对含量明显增加,强化了腌肉的风味^[51]。另外,香肠中添加亚硝酸盐后,不仅会产生一些新的挥发性化合物,甚至还会影响烃类物质的形成。表2腊肉中的罗勒烯等可能受亚硝酸盐的影响产生的。

3.2.3 加工周期的影响

从传统的加工工艺上看,5种腌腊肉制品的加工周期为:干腌火腿>发酵香肠>风干鱼制品>腊肉>风鸭。干腌火腿的周期最长,为肌肉和脂肪组织中的脂质水解和氧化提供了充足的时间,所以脂质氧化主要的产物——醛类最多,而风鸭周期最短,醛类最少,与表2的结果一致。有文献^[19]报道,干腌火腿在周期在7个月时,会生成1-辛烯、2-甲基丙醇,而周期长于12个月时,则生成2-丙醇、2-丙酮、己烷等挥发性化合物,表明挥发性化合物的形成受加工周期的影响较大。

3.2.4 特殊工艺的影响

由表2可知,酚类物质是腊肉特有的特征挥发性化合物,这是因为腊肉的制作要进行烟熏。熏烟成分中许多有机化合物附着在制品上,赋予制品特有的烟熏香味,如酚类和烯烃类物质,特别是由木质素降解生成的愈创木酚、4-甲基愈创木酚和4-乙基愈创木酚等是最主要的风味物质之一^[4]。

另外,文献报道中认为,只有腊肉和风干鱼制品的特征挥发性化合物包含烃类物质,腊肉中的烯烃类可能是来自动物饲料和添加的香辛料,而烷烃类则来源于脂肪酸烷氧自由基的均裂,如正构烷烃可能来自脂肪的自动氧化,支链烷烃可能来自支链脂肪酸的氧化^[52]。虽然

烃的香味阈值高使其对腌腊肉制品风味贡献很小,但有些不饱和烃在一定程度上是很强的增味剂,有助于整体风味的形成^[53]。例如鱼制品中的不饱和烃逐渐被氧化分解而生成醛、酮等物质;同时生成少量的酯类物质,最终促进腊肉特征风味的形成^[16]。

3.2.5 其他因素的影响

风鸭的制作要经过卤制,复卤,这不同于其他腌腊肉制品工艺。卤制时,卤水中的调味料会进入鸭肉中,利于风鸭特征风味的形成。同时,卤制也会使得鸭肉组织中的一些水溶性前体化合物有一定的损失,从而影响后期挥发性风味物质的形成。

发酵香肠在成熟过程中脂肪会发生水解,产生游离脂肪酸和低级的甘油酯,这种水解当添加发酵剂或酶时尤为强烈,且不饱和脂肪酸比饱和脂肪酸更容易从甘油酯中释放。据文献^[30,54]报道,缬氨酸、亮氨酸、异亮氨酸通过Strecker降解分别生成2-甲基丙醛、2-甲基丁醛、3-甲基丁醛,苯丙氨酸降解生成苯乙醛。不饱和脂肪酸,亚麻酸、亚油酸、花生四烯酸氧化生成己醛、戊醛、辛醛、壬醛等直链醛,还有甲基酮等。饱和脂肪酸氧化生成2-辛烯醛。这与表2反映的一致,发酵香肠中的酮类种类最多,醛类比腊肉、风鸭和风干鱼制品中的多。

发酵香肠加工过程会添加菌种,其中的乳酸菌等微生物会促进乙酸等的生成,影响终产品的风味。香肠中会添加如胡椒、大蒜或洋葱等香辛料,这些香料会赋予发酵肠特色风味:胡椒可以产生萜类物质;大蒜中的大蒜素可以转化成含有芳香味的含硫化合物及其衍生物^[30]。虽然香肠中含硫化合物并不是特征性化合物,但对其整体风味也有一定的影响。

4 结 语

研究传统腌腊肉制品挥发性风味物质具有十分重要的理论意义和应用价值,主要表现在以下几个方面:1)对传统腌腊肉制品挥发性风味物质的研究有助于配制风味食物或新产品开发。只有在对传统腌腊肉制品主体风味物质有全面的研究了解,丰富腌腊肉制品风味化学之后,才有可能研制模拟腌腊肉制品风味的食品,满足嗜好腌腊肉制品风味的消费人群的需要,提高传统腌腊肉制品与国外腌制品竞争力,扩大市场。2)对传统腌腊肉挥发性风味物质的研究有助于解释腌腊肉制品的风味形成过程和机理,从而改善传统的生产工艺,缩短生产周期,提高效率,降低生产成本,提高产品的安全性。3)对传统腌腊肉制品挥发性风味物质的研究有助于规定和控制食品的风味质量。目前各国对食品的营养或卫生质量,都制定有相应的检查和监督的法律法规,而对于食

品的风味质量,相应的标准和规定尚不完善。因此,在食品安全事件频发的今天,加强传统腌腊肉制品主体风味物质的研究将会有助于推进腌腊肉制品风味质量的稳定和提高,有利于企业标准化生产和质量检测与控制。

参考文献:

- [1] 周光宏,赵改名,彭增起.我国传统腌腊肉制品存在的问题及对策[J].肉类研究,2003,17(1):3-7.
- [2] MOTTRAM D S. Flavour formation in meat and meat products: a review[J]. Food Chemistry, 1998, 62(4): 415-424.
- [3] 欧全文,王卫,张崑,等.肉类风味的研究进展[J].食品科技,2012,37(12):107-111.
- [4] 陈鑫炳,范素琴.腊肉风味的研究[J].肉类工业,2010(2):31-34.
- [5] BERDAGUÉ J L, MONTEIL P, MONTEL M C, et al. Effects of starter cultures on the formation of flavor compounds in dry sausage[J]. Meat Science, 1993, 35(3): 275-287.
- [6] 曹雁平.食品调味技术[M].北京:化学工业出版社,2010:7.
- [7] 宋翠英.腊肉制品的加工方法及风味形成的探讨[J].肉类研究,2008,22(8):22-25.
- [8] 白卫东,陈耀,刘丽微.广式腊肠,腊肉风味物质研究进展[J].中国食品添加剂,2012(3):208-212.
- [9] LAWRIE R A, LEDWARD D A. Lawrie's肉品科学[M].周光宏,李春保,译.北京:中国农业大学出版社,2009.
- [10] SHAHIDI F.肉制品与水产品的风味[M].李洁,朱国斌,译.北京:中国轻工业出版社,2001.
- [11] 王劫,张水华.肉类风味的研究[J].中国调味品,2001,26(8):31-35.
- [12] 夏延斌.食品风味化学[M].北京:化学工业出版社,2008:1.
- [13] 高尧来,朱晶莹.美拉德反应与肉的风味[J].广州食品工业科技,2004,20(1):91-93.
- [14] van BOEKEL M. Formation of flavour compounds in the Maillard reaction[J]. Biotechnology Advances, 2006, 24(2): 230-233.
- [15] 谭斌,丁霄霖.肉类(牛肉)风味化合物综述[J].中国食品添加剂,2004(6):73-79.
- [16] 曾令彬.腊鱼加工中微生物菌群,理化特性及挥发性成分的研究[D].武汉:华中农业大学,2008.
- [17] DU M, AHN D U. Volatile substances of Chinese traditional Jinhua ham and Cantonese sausage[J]. Journal of Food Science, 2001, 66(6): 827-831.
- [18] 朱健辉.不同等级金华火腿蛋白质和脂肪水解产物与挥发性风味物质分析[D].南京:南京农业大学,2005.
- [19] 章建浩,周光宏.干腌火腿的风味研究[J].食品科学,2003,24(3):158-161.
- [20] 郇延军,周光宏,徐幸莲.中西方干腌火腿风味成分比较及形成机理分析[J].食品与发酵工业,2003,29(11):81-88.
- [21] 郇延军,周光宏,徐幸莲.脂类物质在火腿风味形成中的作用[J].食品科学,2004,25(1):186-190.
- [22] 赵改名,柳艳霞,田玮,等.金华火腿中挥发性风味物质形成过程及变化规律研究[J].食品与发酵工业,2007,33(5):120-125.
- [23] 尹晓婷,宋焕禄,祖道海,等.采用同时蒸馏提取法分析不同加工时期金华火腿香味成分[J].食品与发酵工业,2004,30(10):122-128.
- [24] 乔发东,马长伟.宣威火腿加工过程中挥发性风味化合物分析[J].食品研究与开发,2006,27(3):24-29.
- [25] 张纯,张智勇.腊肉风味成分的分析[J].肉类研究,1992,6(3):33-37.
- [26] 师希雄,魏晋梅,田甲春,等.应用HS-SPME和GC-MS技术检测陇西腊肉中的风味物质[J].食品与发酵工业,2012,38(5):176-179.
- [27] 刘士健.腊肉加工过程中主体风味物质变化研究[D].重庆:西南大学,2005.
- [28] 许鹏丽.广式腊肠的品质控制及其特征风味的研究[D].广州:华南理工大学,2010.
- [29] 戚巍威.风鸭工艺改进及对风味品质的影响[D].南京:南京农业大学,2008.
- [30] 吴治海,蒲彪.发酵香肠风味物质研究现状[J].四川食品与发酵,2006,41(3):13-16.
- [31] 牛爽,乔发东,徐静,等.发酵干香肠中挥发性成分的分析[J].食品与发酵工业,2005,31(2):101-104.
- [32] 刘战丽,罗欣.发酵肠的风味物质及其来源[J].中国调味品,2002,27(10):32-35.
- [33] 俞龙浩,南庆贤.广式香肠挥发性风味成分的研究[J].延边农学院学报,1993,15(3):170-173.
- [34] 丁丽丽,吴燕燕,李来好,等.咸带鱼加工过程挥发性风味成分的变化[J].食品科学,2011,32(24):208-212.
- [35] 丁丽丽,吴燕燕,李来好.咸鱼风味的研究进展[J].食品科技,2011,36(9):148-151.
- [36] 吴海燕,解万翠,杨锡洪,等.固相微萃取-气相色谱-质谱联用法测定腌制金丝鱼挥发性成分[J].食品科学,2009,30(18):278-281.
- [37] 张青,王锡昌,刘源.SDE-GC-Olfactometry联用研究鲢鱼肉的挥发性气味活性物质[J].安徽农业科学,2009,37(4):1407-1409.
- [38] 刘昌华.鲈鱼风干成熟工艺及其脂质分解氧化和风味品质特性研究[D].南京:南京农业大学,2012.
- [39] 江新业,宋焕禄.部分家禽肉肌肉内脂肪及脂肪酸含量的测定与分析[J].无锡轻工大学学报,2004,23(5):26-28.
- [40] 周景祥,黄权,吴莉芳,等.鱼类脂肪酸组成及需要[J].中国饲料,2000(3):19-20.
- [41] KAWAI T, SAKAGUCHI M. Fish flavor[J]. Critical Reviews in Food Science & Nutrition, 1996, 36(3): 257-298.
- [42] 于晓萍.发酵香肠工艺研究[D].南京:南京农业大学,2011.
- [43] 霍晓娜,李兴民,李海芹,等.不同部位冷却猪肉中脂肪酸组成与脂肪氧化的变化[J].食品科技,2006,31(12):26-30.
- [44] MOTILVA M J, TOLDRÁ F, NIETO P, et al. Muscle lipolysis phenomena in the processing of dry-cured ham[J]. Food Chemistry, 1993, 48(2): 121-125.
- [45] WARRISS P D. Meat science[M]. Wallingford, UK: CABI Publishing, 2000: 75-78.
- [46] 管斌.食品蛋白质化学[M].北京:化学工业出版社,2005:100-101.
- [47] 刘海梅,严菁,熊善柏,等.淡水鱼肉蛋白质组成及其在鱼糜制品加工中的变化[J].食品科学,2007,28(2):40-44.
- [48] 刘序祥,王馨珠.北京鸭生产手册[J].北京:农业出版社,1989:8.
- [49] DRUMM T D, SPANIER A M. Changes in the content of lipid autoxidation and sulfur-containing compounds in cooked beef during storage[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 1991, 39(2): 336-343.
- [50] MELTON S L. Current status of meat flavor[M]//XIONG Youling, HO C T, SHAHIDI F. Quality attributes of muscle foods. New York: Springer-Verlag New York Inc., 1999: 115-133.
- [51] 董庆利,郭黎洋,屠康,等.不同亚硝酸盐添加量的低温蒸煮香肠的风味研究[J].食品科学,2007,28(12):566-571.
- [52] 江新业,宋焕禄,夏玲君.GC-O/GC-MS法鉴定北京烤鸭中的香味活性化合物[J].中国食品学报,2008,8(4):160-164.
- [53] MIN D, INA K, PETERSON R J, et al. Preliminary identification of volatile flavor compounds in the neutral fraction of roast beef[J]. Journal of Food Science, 1979, 44(3): 639-642.
- [54] 田怀香,王璋,许时婴.金华火腿挥发性风味物质[J].食品与生物技术学报,2005,24(1):69-73.