

# 小尾寒羊发酵香肠挥发性风味成分的分离与鉴定

张未风<sup>1,2</sup>, 赵改名<sup>1</sup>, 张春晖<sup>2</sup>, 张德权<sup>2</sup>

(1. 河南农业大学食品科学技术学院, 河南郑州 450002) (2. 中国农业科学院农产品加工研究所, 北京 100193)

**摘要:** 本研究以小尾寒羊为原料, 接种 BactofermSM-181 发酵剂, 制作羊肉发酵香肠, 采用顶空固相微萃取-气相色谱-质谱 (SPME-GC-MS) 联用技术, 对小尾寒羊发酵香肠加工及贮藏过程中挥发性成分进行了分析。结果表明, 小尾寒羊发酵香肠加工及贮藏过程中鉴定出的挥发性风味物质共有 65 种。包括烃类、萜类、酯类、醇类、醛类、酸类、酮类、吡嗪等。总的来说, 萜类和醇类物质含量较高。

**关键词:** 发酵香肠; 气相色谱-质谱; 挥发性化合物

文章编号: 1673-9078(2012)11-1575-1580

## Isolation and Identification of Volatile Compounds of Small Tail Han Sheep Fermented Sausage

ZHANG Wei-feng<sup>1,2</sup>, ZHANG Chun-hui<sup>2</sup>, ZHAO Gai-ming<sup>1</sup>, ZHANG De-quan<sup>2</sup>

(1. College of Food Science and Technology, Henan Agricultural University, Zhengzhou 450002, China)

(2. Institute of Agro-products Processing Science and Technology CAAS, Beijing 100193, China)

**Abstract:** In this study, sausages were manufactured with small-tail Han sheep meat inoculated with the Bactoferm SM-181 as starter. The volatile flavor compounds of small-tail Han sheep meat-fermented sausages during the processing and storage were analyzed by solid-phase micro extraction-gas chromatography-mass spectrometry (SPME-GC-MS). The results showed that a total of 65 flavor compounds were detected and could be clustered in the following chemical families: hydrocarbons, terpenoids, alcohols, aldehydes, ketones, carboxylic acids, esters and pyrazines. The contents of terpenoids and alcohols were higher than the others.

**Key words:** fermented sausage; gas chromatography-mass spectrometry; volatile flavor compounds

发酵香肠是发酵肉制品的典型代表, 是指将绞碎的肉、动物脂肪、盐、发酵剂和香辛料等混合后灌进肠衣, 在自然或人工控制条件下, 经过微生物发酵产生酸或醇, 使肉的pH值降低, 经过或不经过成熟干燥, 使水分活度下降而制成的一类风味独特的肉制品<sup>[1]</sup>。因其具有风味独特、营养价值高, 安全方便、保质期长等特点, 消费群体不断扩大, 已成为世界各地食品新产品开发的首选对象, 发展前景非常广阔。我国的发酵香肠主要以新鲜的猪肉为原料加工而成。目前有关羊肉发酵香肠挥发性化合物的研究报道较少。

羊肉营养价值很高, 具有高蛋白、低脂肪、低胆固醇的特点。同时具有良好的滋补强壮的药用价值。有研究表明羊肉中氨基酸的含量基本接近理想蛋白质中的含量, 对发育中的儿童及病人有特殊的营养作用

收稿日期: 2012-08-10

基金项目: 公益性行业(农业)科研专项(200903012); 国家现代肉羊产业技术体系(CARS-39)

作者简介: 张未风(1987-), 女, 硕士研究生, 研究方向为肉制品质量控制

通讯作者: 赵改名教授

<sup>[2]</sup>。其中小尾寒羊更是世界著名的绵羊品种之一。其肉质细嫩、肥而不腻、鲜而不膻, 备受消费者的青睐。因此本实验以小尾寒羊为原料制成发酵香肠, 并应用顶空固相微萃取-气相色谱-质谱联用技术对小尾寒羊发酵香肠的挥发性风味化合物进行了分析, 通过气相色谱-质谱联用技术鉴定风味提取物质, 确定小尾寒羊发酵香肠主要风味物质, 旨在为下一步羊肉发酵香肠工业化生产和新产品的开发提供理论依据, 从而提高羊肉制品附加值, 丰富羊肉产品种类, 提高羊肉产品在国内外市场的竞争力, 促进我国肉制品加工业的健康发展。

### 1 材料与amp;方法

#### 1.1 实验材料

小尾寒羊后腿肉, 购自内蒙古草原翔马食品厂。

BactofermSM-181 发酵剂、食盐、亚硝酸钠、葡萄糖、胡椒粉等: 市售

#### 1.2 主要仪器

自动 SPME 进样器, 65  $\mu$ mPDMS/DVB 萃取头,

气相色谱-质谱联用仪 GC-MS-QP2010plus, 日本岛津公司制造。

### 1.3 实验方法

#### 1.3.1 小尾寒羊发酵香肠的制作

配方: 羊肉 100%、盐 2.3%、葡萄糖 1%、料酒 1%、味精 0.2%、胡椒粉 0.25%、姜粉 0.2%、陈皮 0.1%、亚硝酸钠 50 mg/kg、发酵剂 0.125 g/kg。

原料修整→冷冻(绞肉)→斩拌→抽真空→灌装→发酵→成品

##### 操作要点:

##### (1) 原料接收、修整

选用符合食品标准的羊后腿肉, 要求无杂物、无淤血、无浮毛, 修干净所有的筋腱、肌膜。

##### (2) 冷冻(绞肉)

将修整好的原料肉绞至约 3 cm 见方的小块, 入冷库(-18℃)中冷冻 24 小时, 直至肉块冻透。

##### (3) 斩拌

先将冻羊肉加入斩拌锅中, 低速斩 3~5 圈, 然后加入胡椒粉、混合香辛料、葡萄糖及发酵剂, 斩拌至肉颗粒约 5 mm, 最后加入食盐和亚硝混合盐, 低速混合后出斩拌锅。

##### (4) 灌装

采用专用肠衣进行灌装, 要求灌装紧密、饱满。

##### (5) 发酵

灌装结束后要及时挂杆, 挂杆时要求肠体间间隙适中, 不能挂杆过密, 以防通风不畅。挂杆后入发酵室, 进入发酵室之前应保证肠体清洁。发酵温度、发酵相对湿度、发酵时间如下:

温度: 22℃, 相对湿度: 92%, 时间: 24 h; 温度: 20℃, 相对湿度: RH90%, 时间 48 h; 温度: 18℃, 相对湿度 88%, 时间 24 h; 温度: 16℃, 相对湿度 85%, 时间 72 h。

#### 1.3.2 实验设计

肠体冷却后用保鲜膜包裹并于 4℃ 条件下贮藏待测。每间隔 15 d 取一次样品测定。若取出的样品不能及时进行测定则将样品冻藏于-40℃ 的冰箱中。

#### 1.3.3 挥发性风味物质的测定方法

将样品粉碎, 称取 1 g 样品放入 SPME 样品瓶中, 盖好瓶盖, 上机测定。测定条件如下:

色谱条件: 载气为氦气, 色谱柱为 RTXX-5 弹性石英毛细管柱, 柱长 60 m, 内径 0.25 mm, 膜厚 0.25 μm, 进样口温度为 200℃, 进样模式采用不分流进样, 柱流量为 1 mL/min。采用两阶段式程序升温: 初始温度 40℃, 保持 3 min, 以 5℃/min 的速度升温至 120℃, 再以 10℃/min 的速度升温至 230℃, 保持 5

min。

质谱条件: 正离子电子轰击, 发射电流为 200 μA, 电子能 70 eV, 接口温度为 250℃, 离子源温度为 200℃, 延迟时间 5 min, 采集模式为 scan, 扫描质荷比 35~500。

## 2 结果与分析

按 SPME 法对样品的挥发性风味物质进行萃取后, 直接上机分析, 得到总离子流图(图 1)。小尾寒羊发酵香肠挥发性风味成分种类与相对含量变化见表 1。

由表 1 可知, 在小尾寒羊发酵香肠加工及贮藏过程中鉴定出的挥发性风味成分共有 65 种, 主要物质有酯类、萜类、烃类、醇类、醛类、酮类、吡嗪等。随着加工和贮藏时间的延长挥发性风味成分总体上经历了先上升后下降的趋势, 在 0 d、15 d、30 d 时产生较多的挥发性风味成分。在发酵香肠 5 个不同时期中共同拥有的风味物质有 18 种, 主要是萜类物质和烃类物质, 其中含量较高的为茴香脑、反式石竹烯、姜烯、α-姜黄烯、β-倍半水芹烯。茴香脑和反式石竹烯在原料肉馅中的含量非常高, 分别为 18.49% 和 12.39%。随着发酵香肠的制作完成, 两种物质的含量都明显下降。在发酵香肠的贮藏过程中茴香脑呈现先降低后升高的趋势, 不过变化不大。反式石竹烯随着贮藏时间的延长呈下降趋势。与原料肉馅相比, 发酵香肠在贮藏过程中增加的挥发性风味物质有 32 种, 主要物质为烃类、萜类、酯类、酸类、醇类、吡嗪等。减少的挥发性风味物质有 5 种, 如 4-异丙基甲苯、反-1,2-甲基乙烯基环丁烷、反-松香芹醇。

原料肉馅阶段小尾寒羊发酵香肠中鉴定出的挥发性风味成分为 33 种, 主要由烃类、萜类、醛类、酯类、醇类等组成。其中含量较高的是萜类和烃类, 分别占总含量的 56.12%、25.51%。从单种物质来看, 含量较高的有茴香脑、反式石竹烯, 其分别占总含量的 18.49%、12.39%。从物质种类来看, 最多的是萜类和烃类, 其种类数分别为 13 和 12 种。醛类、醇类、酮类物质均为 1 种, 酯类物质有 2 种, 其他物质 3 种。

0 d 时小尾寒羊发酵香肠中共鉴定出挥发性风味成分 40 种, 主要由烃类、萜类、醛类、醇类、酸类、吡嗪等成分组成。含量较高的是萜类和醇类, 分别占总含量的 54.19%、23.6%; 从单种物质来看, 含量较高的物质有 2,3-丁二醇、反式石竹烯、香芹烯, 其分别占总含量的 23.42%、12.38%、9.62%。从物质种类来看, 种类最多的是萜类, 其次为烃类, 种类数分别为 15 和 13 种。醇类、酸类及其他物质均为 2 种, 酯类有 3 种, 此外, 醛类、酮类、吡嗪各含 1 种。与原

料肉馅相比,新增加的挥发性风味成分有 15 种,其中含量较高的有 2,3-丁二醇、香芹烯、壬酸、3,7,11-三甲基-1,3,6,10-十二碳-四烯等。消失的挥发性风味成分

有 8 种,如反-1,2-甲基乙烯基环丁烷、十六烷、壬醛等。

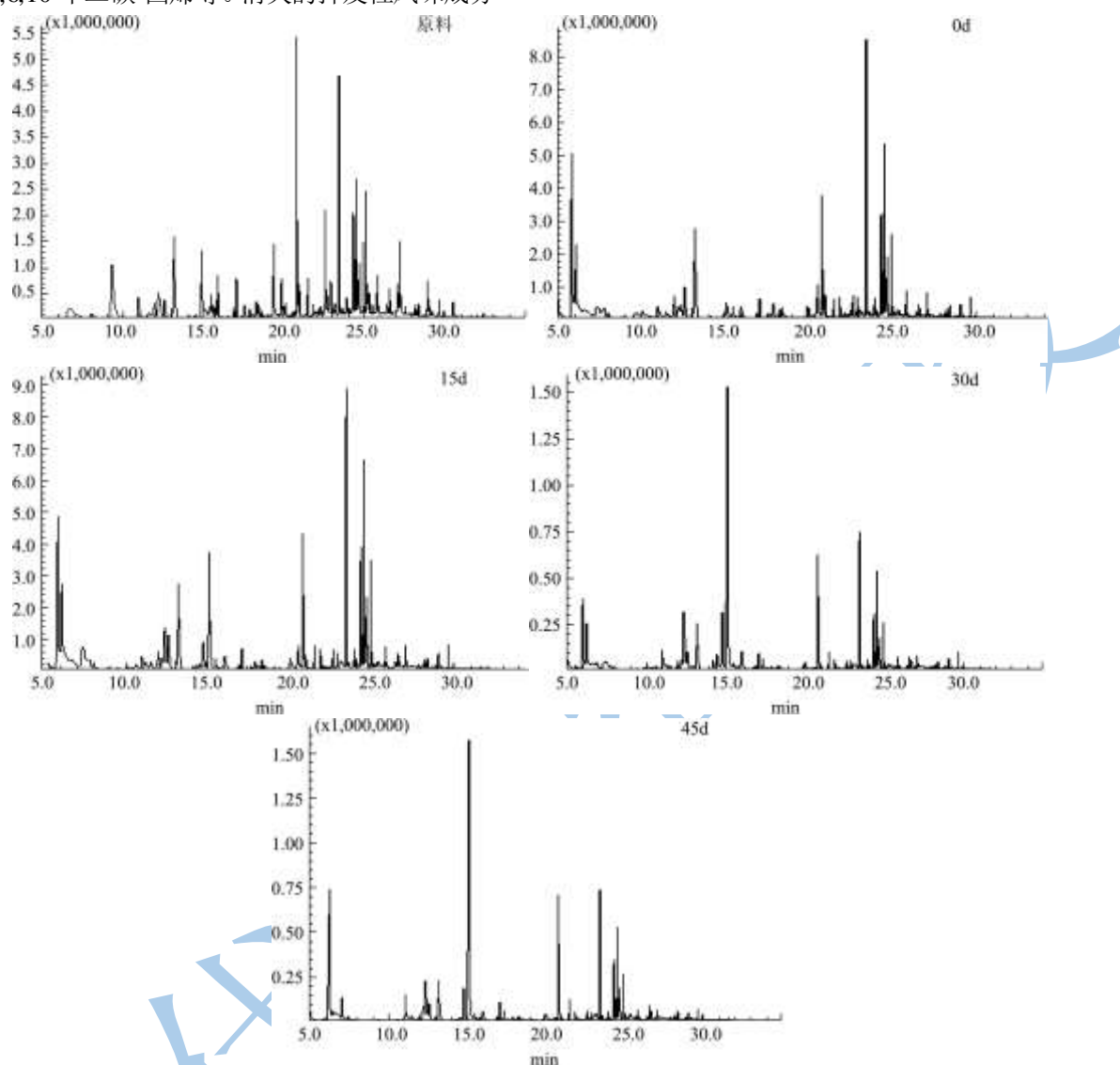


图 1 小尾寒羊发酵香肠加工及贮藏过程中挥发性风味成分总离子流图

Fig.1 Total ion chromatogram of Volatile flavor compounds during the processing and storage of fermented sausage of small-tail

Han sheep meat

15 d 时小尾寒羊发酵香肠中鉴定出来的挥发性风味成分为 43 种,主要为烃类、萜类、醛类、酸类、醇类、酯类、吡嗪等。含量较高的是萜类和醇类,分别占总含量的 48.99%、20.93%。从单种物质来看,含量较高的物质有 2,3 丁二醇、反式石竹烯、2,3,5,6-四甲基吡嗪、香芹烯,其分别占总含量的 20.93%、10.22%、8.88%、7.8%。从物质种类数来看,萜类物质有 17 种,种类数最多。其次为烃类有 13 种。酯类物质有 4 种,酸类和吡嗪均为 2 种,酮类和醇类物质各 1 种。与 0d 时相比,发酵香肠中新增加的挥发性风味成分有 10 种,主要为酯类、萜类、吡嗪、烃类,如丙位癸内酯、2,2,4-三甲基-1,3-戊二醇二异丁酸酯、2,3,5-三甲基吡

嗪等。消失的挥发性风味成分有 7 种。

30 d 时小尾寒羊发酵香肠中鉴定出的挥发性风味成分共 45 种,主要由烃类、萜类、醛类、酯类、酸类、醇类等成分组成。含量较高的是吡嗪和萜类,分别占总含量的 43.53%、35.6%。从单种物质来看,含量较高的物质有 2,3,5,6-四甲基吡嗪、茴香脑、2,3-丁二醇、反式石竹烯、2,3,5-三甲基吡嗪,其分别占总含量的 34.61%、7.04%、9.8%、6.73%、8.92%。从物质种类数来看,萜类物质有 16 种,种类数最多,其次为烃类物质有 12 种,酯类 6 种,醇类、酸类、吡嗪各 2 种,酮类 1 种。

表1 小尾寒羊发酵香肠加工及贮藏过程中挥发性风味成分的相对含量

**Table 1 Contents of volatile flavor compounds during the processing and storage of small tail Han sheep fermented sausage**

序号	中文名称	各组分相对百分含量/%				
		原料	0d	15d	30d	45d
1	Oxime-, methoxy-phenyl-	11.65	-	-	-	-
2	月桂烯	1.43	1.85	1.34	0.88	0.43
3	3-萜烯	2.09	3.37	3.28	2.35	1.85
4	4-异丙基甲苯	0.88	-	-	-	-
5	反-1,2-甲基乙烯基环丁烷	10.72	-	-	-	-
6	芳樟醇	1.41	0.74	0.52	0.34	0.56
7	壬醛	0.66	-	-	-	0.14
8	2-茨醇	0.97	0.32	0.2	0.32	-
9	α-松油醇	1.21	0.53	0.47	0.27	0.25
10	十二烷	0.84	0.5	0.13	0.08	-
11	4-烯丙基苯甲醚	0.67	0.25	0.18	0.19	0.16
12	反-松香芹醇	0.42	-	-	-	-
13	茴香脑	18.49	6.32	6.12	7.04	7.57
14	甲基壬基甲酮	0.89	0.66	0.63	0.41	0.45
15	正十五烷	3.23	0.81	0.34	-	-
16	δ-榄香烯	0.47	0.84	0.69	0.47	0.44
17	(1-羟基-2,4,4-三甲基戊-3-基)-2-甲基丙酸酯	0.25	0.12	-	0.08	-
18	十四烷	1.38	0.93	-	0.19	-
19	反式石竹烯	12.39	12.38	10.22	6.73	6.42
20	十六醇	0.45	0.18	-	-	-
21	十六烷	1.27	-	-	-	0.33
22	α-律草烯	1.08	0.88	0.66	0.43	0.36
23	α-姜黄烯	5.93	5.62	5.34	3.55	3.71
24	姜烯	6.32	6.67	7.2	4.45	3.97
25	1H-Cycloprop[e]azulene, decahydro-1,1,7-trimethyl-4-methylene-	3.16	-	-	-	-
26	1-甲基-4-(1-亚甲基-5-甲基-4-己烯基)环己烯	2.6	2.32	2.5	1.5	1.48
27	β-倍半水芹烯	3.91	3.48	3.82	2.3	2.3
28	十九烷	1.43	-	0.64	-	-
29	正二十一烷	1.61	0.27	0.23	0.16	0.27
30	姥鲛烷	0.55	0.31	0.3	0.22	0.27
31	植烷	0.33	0.19	0.23	-	-
32	邻苯二甲酸二异丁酯	0.53	0.51	0.5	0.43	0.32
33	7,9-Di-tert-butyl-1-oxaspiro(4,5)deca-6,9-diene-2,8-dione	0.78	0.82	0.78	0.78	0.45
34	(2R,3R)-(-)-2,3-丁二醇	-	23.42	20.93	9.8	17.65
35	2-乙基正丁酸	-	1.63	3.35	0.93	-
36	邻-异丙基苯	-	0.71	0.57	0.34	0.33

37	香芹烯	-	9.62	7.8	5.57	4.35
38	间甲基苯酚	-	0.54	0.44	-	-
39	2,3,5,6-四甲基吡嗪	-	1.82	8.88	34.61	34.18
40	壬酸	-	3.84	1.71	0.23	0.23
41	Propanoic acid, 2-methyl-, 3-hydroxy-2,4,4-trimethylpentyl ester	-	0.36	0.16	0.15	0.09
42	α-蒎烯	-	0.93	0.64	0.43	0.4
43	石竹烯	-	0.64	-	-	-
44	氯代十八烷	-	0.7	-	0.23	-
45	3,7,11-三甲基-1,3,6,10-十二碳-四烯	-	2.64	2.62	1.6	1.53
46	1H-3a,7-Methanoazulene, 2,3,6,7,8,8a-hexahydro-1,4,9,9-tetramethyl-, (1.alpha.,3a.alpha.,7.alpha.,8a.beta.)-	-	0.1	-	-	-
47	十七烷	-	1.58	1.13	1.3	0.7
48	十六醛	-	0.6	-	-	-
49	β-蒎烯	-	-	0.4	0.31	0.35
50	2,3,5-三甲基吡嗪	-	-	4.13	8.92	5.89
51	2,3,5-Trimethyl-6-ethylpyrazine	-	-	0.12	0.95	0.76
52	(-)-α-萜澄茄油萜	-	-	0.08	-	-
53	2,2,4-三甲基-1,3-戊二醇二异丁酸酯	-	-	0.08	-	-
54	丙位癸内酯	-	-	0.31	0.25	-
55	石竹素	-	-	0.21	0.16	0.16
56	1,E-11,Z-13-Octadecatriene	-	-	0.03	0.05	0.08
57	1-氯二十二烷	-	-	0.09	-	-
58	2-羟基-2-甲基丙酸乙酯	-	-	-	0.2	1.19
59	2-(2-Methylpropyl)-3,5,6-trimethylpyrazine	-	-	-	0.09	-
60	2,4,7,9-四甲基-5-癸炔-4,7-二醇	-	-	-	0.41	-
61	植烯	-	-	-	0.04	-
62	正二十烷	-	-	-	0.07	-
63	正十三烷	-	-	-	-	0.12
64	1,13-十四烷二烯	-	-	-	-	0.26
65	Oxalic acid, monomorpholide, hexyl ester	-	-	-	0.19	-

注：“-”代表未检。

与 15 d 时相比, 发酵香肠中新增加的挥发性风味成分有 9 种, 如 2-羟基-2-甲基丙酸乙酯、2,4,7,9-四甲基-5-癸炔-4,7-二醇等。消失的挥发性风味物质有 7 种。如间甲基苯酚、2,2,4-三甲基-1,3-戊二醇二异丁酸酯等。

45 d 时小尾寒羊发酵香肠中鉴定出的挥发性风味



成分共 37 种, 主要由烃类、萜类、酯类、酸类、醇类、醛类、吡嗪等成分组成。含量较高的是吡嗪和萜类, 分别占总含量的 40.07%、33.12。从单种物质来看, 含量较高的物质有 2,3-丁二醇、2,3,5,6-四甲基吡嗪、反式石竹烯、茴香脑, 其分别占总含量的 17.65%、34.18%、6.42%、7.57%。从物质种类数来看, 萜类种类最多为 15 种, 其次为烃类 10 种, 酯类 3 种, 酮类、醛类、醇类、酸类各 1 种, 吡嗪 2 种。与 30d 时相比, 发酵香肠中新增加的挥发性风味成分有壬醛、十六烷等 4 种, 消失的挥发性风味成分有 12 种。如: 2,4,7,9-四甲基-5-癸炔-4,7-二醇、植烯、2,2,4-三甲基-1,3-戊二醇二异丁酸酯等。

综上所述, 小尾寒羊发酵香肠中的主要风味物质为萜类、醇类和吡嗪。其中萜类物质在 5 个阶段的含量一直较高, 且在香肠整个加工及贮藏过程中含量呈下降趋势。在整个贮藏过程中, 吡嗪的产生主要集中在贮藏后期, 呈现先上升后下降的趋势, 在贮藏 30 d 时含量达到最大。醇类物质呈现先下降后上升的趋势。此外, 烃类物质在小尾寒羊发酵香肠加工及贮藏过程中含量也较高, 但多数烃类物质阈值较高, 因此可能对香肠风味形成的直接贡献较小。和萜类物质一样, 烃类物质在整个贮藏过程中也呈现下降趋势。酯类物质在香肠中含量较低, 其含量随着时间的延长呈现上升趋势。

酯类物质的产生来自于酸和醇之间的酯化作用。样品中鉴定出的酯类物质主要有: 邻苯二甲酸二异丁酯、2,2,4-三甲基-1,3-戊二醇二异丁酸酯、丙位癸内酯、2-羟基-2-甲基丙酸乙酯顺式-4-羟基-6-十二烯酸内酯、丙位十二内酯等。酯类物质的嗅感特征与其对应的羧酸、醇的碳链长短有关, 以 C1-C10 脂肪酸生成的酯通产会赋予产品一种水果甜味<sup>[3]</sup>, 而由长链脂肪酸生成的酯则表现出更多的油脂味<sup>[4-5]</sup>。内酯可能来源于羟基脂肪酸的内酯化作用, 也可能来源于不饱和醛的氧化<sup>[6]</sup>。

醇类物质的产生一方面可能来自样品中脂肪的氧化, 另一方面可能来源于碳水化合物的代谢。由表 1 可见, 样品中鉴定出的醇类物质主要有 2,3-丁二醇、十六醇、2,4,7,9-四甲基-5-癸炔-4,7-二醇等。许鹏丽等在广式腊肠的风味物质研究中也认为醇类物质是腊肠的重要风味物质之一<sup>[7]</sup>。但是醇类物质含量虽较高, 鉴于其嗅觉阈值较高, 因此可能对发酵香肠总体气味的直接贡献不大。

在小尾寒羊发酵香肠中还检出了三甲基吡嗪和四甲基吡嗪。董庆利<sup>[8]</sup>研究发现, 在发酵香肠加工过程中, 氨基酸降解形成醛类, 糖和氨基酸发生美拉德反

应形成含氮杂环化合物, 如呋喃、吡咯、吡啶、吡嗪等。吡嗪具坚果烤香味。是典型的美拉德反应产物, 高温蒸煮时该反应十分明显, 但美拉德反应也可以在较低的温度下进行, 并且相对低的水分活度会有利于该反应的发生。

样品中鉴定出了多种萜类物质, 例如: 芳樟醇、 $\alpha$ -松油醇、3-萜烯、 $\delta$ -榄香烯、 $\alpha$ -蒎烯、反式石竹烯、 $\alpha$ -姜黄烯等。其中反式石竹烯具有较强辛辣气味, 3-萜烯也具有一定的辛辣味, 相关研究表明萜类物质主要来源于香辛料<sup>[9-10]</sup>。 $\alpha$ -姜黄烯主要存在于党参、干姜、黄蒿、生姜西洋参等植物中, 是生姜精油中的主要有效成分, 具有浓郁的芳香气味<sup>[11]</sup>。段文艳、陈洁等<sup>[12]</sup>以三种国外香肠和三种国内香肠为代表, 对其挥发性风味物质进行了研究, 结果发现在三种国外香肠中萜类是主要的挥发性化合物。萜类物质有抗氧化和抑菌的作用, 可以抑制发酵香肠生产过程中脂肪的氧化和微生物的生长, 保证产品的质量和安全。

此外, 样品中还鉴定出多种烷烃及少量含氯化合物。其中饱和烷烃属非嗅感物质<sup>[13-15]</sup>, 因此可不予考虑。含氯化合物可能与原料农药污染及样品袋的污染有关。

### 3 结论

本文采用顶空固相微萃取-气相色谱-质谱方法对小尾寒羊发酵香肠加工及贮藏过程中挥发性风味物质进行了分析, 共有 65 种物质被鉴定出, 它们主要包括烃类、萜类、酯类、醇类、醛类、酸类、酮类、吡嗪等。在整个加工及贮藏过程中萜类物质含量始终保持在较高水平, 贮藏初期醇类物质含量仅次于萜类物质的含量, 贮藏后期吡嗪含量显著上升, 位居第二, 醇类物质含量有所下降。

### 参考文献

- [1] 王中帅. 红曲米在发酵香肠中的应用研究[D]. 郑州: 河南农业大学, 2011
- [2] 陈韬, 懂文明, 李兴楼, 等. 云南山羊肉质研究[J]. 畜牧与兽医, 1999, 31(5): 14-16
- [3] 王彦蓉, 丛懿洁, 崔春, 等. 固相微萃取与气质联用法分析萨其马储存过程中挥发性风味成分变化[J]. 现代食品科技, 2012, 28(2): 218-222
- [4] FLORES M, GRIMM C C, TOLDRA F, et al. Correlations of sensory and volatile compounds of Spanish Serrano dry-cured ham as a function of two processing times[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 1997, 45(6): 2178-2186
- [5] BAINES D A, MLOTHIEWICZ J A. The chemistry of meat

- flavor[C].BAILEY A J. Recent Advance in the Chemistry of Meat. London: The Royal Society of Chemistry,1984:119-164
- [6] 周洁,王立,周惠明.肉品风味的研究综述[J].肉类研究,2003,2:16-18
- [7] 许鹏丽,肖凯军,郭祀远.广式腊肠风味物质成分的HS-GC-MS分析[J].现代食品科技,2009,6:699-703
- [8] 董庆利,李保国,管晓.亚硝酸盐对腌腊肉制品风味的影响[J].肉类研究,2008,10:55-59
- [9] F Bianchi, C Cantoni, M Careri, et al. Characterization of the aromatic profile for the and authentication differentiation of typical Italian dry-sausages [J]. Italanta, 2007, 72(4): 1552-15631
- [10] 李祖光,高云芳,刘文涵.黑胡椒风味成分的研究[J].食品科学,2003,10:28-131
- [11] 贾雁高.生姜精油中姜烯成分的分离纯化[D].济南:山东大学,2010
- [12] 段文艳,唐学燕,熊幼翎,等.Salami香肠挥发性成分的比较研究[J].食品工业科技,2010,31(5):89-93
- [13] SHAHIDI F, RUBIN L J, D'SOUZA L A. Meat flavor volatiles: a review of the composition, techniques of analysis, and sensory evaluations [J]. CRC Critical Reviews of Food Science and Nutrition, 1986, 24(2): 141-243
- [14] CHANG S S, PETERSON R J. Recent developments in the flavor of meat [J]. Journal of Food Science, 1977, 42(2): 298-305
- [15] MIN D B S, 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

## 欢迎订阅中文核心期刊 《现代食品科技》

邮发代号：46-349 刊号：ISSN 1673-9078/CN 44-1620