

# 日龄对盐水鹅挥发性风味成分和脂肪酸的影响

## Effect of age on volatile flavor and fatty acid of salted goose

张明<sup>1</sup> 于海<sup>2</sup> 周晓燕<sup>1,3</sup> 吴丹枫<sup>1</sup>

ZHANG Ming<sup>1</sup> YU Hai<sup>2</sup> ZHOU Xiao-yan<sup>1,3</sup> WU Dan-feng<sup>1</sup>

(1. 扬州大学旅游烹饪学院, 江苏扬州 225127; 2. 扬州大学食品科学与工程学院, 江苏扬州 225127;

3. 江苏省淮扬菜产业化工程中心, 江苏扬州 225127)

(1. *Tourism and Culinary Institute, Yangzhou University, Yangzhou, Jiangsu 225127, China;*

*2. Food Science and Engineering College, Yangzhou University, Yangzhou, Jiangsu 225127, China;*

*3. Huaiyang Cuisine Industrialization Engineering Center of Jiangsu Province, Yangzhou, Jiangsu 225127, China)*

**摘要:**以不同日龄盐水鹅腿肉为原料,采用气相色谱-质谱联用仪(gas chromatography-mass spectrometer, GC-MS)对鹅腿样进行挥发性风味成分和脂肪酸检测。结果表明,随日龄增长,盐水鹅挥发性风味成分中醛类、酯类、酸类、酮类、苯类、醚类化合物相对含量上升,萜烯烃类和呋喃类化合物相对含量下降;不饱和脂肪酸、多不饱和脂肪酸、必需脂肪酸的相对含量和多不饱和脂肪酸/饱和脂肪酸值(Polyunsaturated fatty acids/Saturated fatty acids, P/S值)降低;日龄为150 d盐水鹅挥发性风味成分和脂肪酸种类均最高。选择150 d日龄扬州大白鹅能够同时保证盐水鹅的风味和营养。

**关键词:**日龄;盐水鹅;挥发性风味;脂肪酸

**Abstract:** The differences of volatile flavor components and fatty acid composition between salted goose at 75, 150 and 300 days old were compared and analyzed to provide theoretical basis for selecting the best slaughtering period in the production of Yangzhou salted goose. The volatile flavor and fatty acid of the leg samples were determined by gas chromatography-mass spectrometer (GC-MS) using saltwater goose leg meat as raw material at different days old. The relative contents of aldehydes, esters, acids, ketones, benzene and ethers in volatile flavor substances of salted goose increased, while the relative contents of terpene hydrocarbons and furans decreased with the increasing of age. The relative contents of unsaturated fatty acids, pol-

unsaturated fatty acids, essential fatty acids and polyunsaturated fatty acids/saturated fatty acids (P/S) were decreased with the increasing of age, and the volatile flavor substances and fatty acids were the highest in 150 day salted goose. Yangzhou White Goose at 150 days old can guarantee the flavor and nutrition of the salted goose simultaneously.

**Keywords:** age; saltwater goose; volatile flavor; fatty acids

扬州盐水鹅历史悠久地方特色鲜明,已成为热销旅游产品。鹅肉作为一种优质的膳食资源,蛋白质含量丰富,不饱和脂肪酸含量高,脂肪含量低。鹅肉味甘性平,有滋补功效<sup>[1]</sup>等观念深入人心,鹅及鹅制品的需求量日增。鹅虽肉质较粗糙,腥气味较重,但是章杰等<sup>[2]</sup>研究表明,卤制能够改善鹅肉质地和风味,提升营养价值。挥发性风味成分是肌肉受热时产生的香味物质,如不饱和醛、酮、含硫化合物以及一些杂环化合物<sup>[3]</sup>。挥发性风味成分是肉品重要的滋味成分,所以很有必要对盐水鹅的挥发性风味成分进行研究。黄可等<sup>[4]</sup>发现70 d鹅与300 d鹅的营养与风味品质均存在差异,但其选择的日龄较少,且尚未有关于日龄是否对盐水鹅的营养和风味品质影响的报道。本研究拟选择3种日龄75, 150, 300 d扬州大白鹅通过同种加工工艺卤制的盐水鹅为研究对象,检测盐水鹅腿肉挥发性风味成分和脂肪酸组成并进行对比分析,为盐水鹅工业化生产的发展提供理论支持。

## 1 材料与amp;方法

### 1.1 材料与amp;仪器

#### 1.1.1 材料

大白鹅胴体:同时间段宰杀,不同日龄扬州,扬州五亭食品有限公司;

花椒、草果、桂皮、小茴香、白芷、香叶、丁香、八角、葱、生姜、料酒、食盐、白糖、鸡精等:扬州欧尚超市。

**基金项目:**“十三五”国家重点研发计划重点专项(编号:2016YFD0401501);江苏省农业科技自主创新项目(编号:CX[16]1007);扬州市科技计划项目(编号:YZ2016057);扬州市科技计划项目(编号:YZ2016047);国家自然科学基金项目(编号:31371792);扬州大学中青年学术带头人资助

**作者简介:**张明,女,扬州大学在读硕士研究生。

**通信作者:**于海(1973—),男,扬州大学教授,博士。

E-mail:402003425@qq.com

**收稿日期:**2018-01-13

### 1.1.2 试验仪器

萃取头:Supelco 75um Carboxen 型,上海楚定分析仪器有限公司;

气质联用仪:Trace ISQ II 型,美国热电公司;

型数显恒温水浴锅:HH-S6 型,江苏金坛市科析仪器有限公司;

立式鼓风干燥箱:HTG 型,上海精密仪器有限公司;

恒温培养振荡器:SPH-100B 型,上海世平实验设备有限公司。

### 1.2 试验方法

1.2.1 样品制备 将不同日龄(75,150,300 d)扬州大白鹅胴体在钱祥羽<sup>[5]</sup>的卤制条件、配方、卤制方法下分别制成盐水鹅,冷却后取其腿备用。

1.2.2 挥发性香气成分的测定 根据文献<sup>[6]</sup>修改如下:将各日龄的盐水鹅腿肉切成碎米粒状,立即称取 10 g,放入 100 mL 锥形瓶中,加入 0.394 4 g/50 mL 辛酸甲酯内标 300  $\mu$ L,先用铝箔纸封口,再用封口膜二次封口。将在 250  $^{\circ}$ C 条件下老化 40 min 后的萃取头插入三角瓶中,水浴 60  $^{\circ}$ C 顶空萃取 40 min,萃取结束后,在气质联用仪进样口插入萃取头,气质联用仪对样品进行挥发性风味分析和鉴定。

(1) GC 条件:选择 TG-WAXMS 石英毛细管柱(30 m $\times$ 0.25 mm $\times$ 0.25  $\mu$ m);升温程序为:起始温度 40  $^{\circ}$ C,保持 1 min,以 5  $^{\circ}$ C/min 升温至 100  $^{\circ}$ C,保持 8 min 再以 8  $^{\circ}$ C/min 升温至 240  $^{\circ}$ C,保持 5 min;载气(He)流量 1 mL/min;进样口在不分流进样 1  $\mu$ L 模式操作。

(2) MS 条件:离子源为 EI 源,电子能量 70 eV;离子源温度 250  $^{\circ}$ C;接口温度 250  $^{\circ}$ C;扫描范围 33~500 u。

1.2.3 脂肪酸的测定 根据文献<sup>[7]</sup>修改如下:取腿样 5 g 于培养皿中,在 103  $^{\circ}$ C 条件下干燥 1 h,称取研磨碎的干样 0.5 g,放置在 10 mL 玻璃离心管内,加 1:1 混合苯-石油醚溶液 2 mL,在 4  $^{\circ}$ C 冰箱静置 24 h。在浸提后的离心管内加入 0.4 mol/L 氢氧化钾-甲醇溶液 2 mL,涡旋振荡 30 s 后静置 30 min,再加入 0.394 4 g/104 mL 的辛酸甲酯内标 300  $\mu$ L,静置后加入 1 mL 超纯水分层,再静置 20 min,取上层清液并加入少许无水硫酸铜,备用。取 100  $\mu$ L 待测样品,加 1 mL 正己烷稀释并混匀,用 0.22  $\mu$ m 滤膜进样。使用气质联用仪测定游离脂肪酸。

(1) GC 条件:选择 TG-WAXMS 石英毛细管柱(30 m $\times$ 0.25 mm $\times$ 0.25  $\mu$ m);升温程序为:起始温度 50  $^{\circ}$ C,保持 2 min,以 4  $^{\circ}$ C/min 升温至 200  $^{\circ}$ C,保持 5 min 再以 4  $^{\circ}$ C/min 升温至 220  $^{\circ}$ C,保持 20 min;载气(He)流量 1 mL/min;分流比 10:1,进样 1  $\mu$ L 模式操作。

(2) MS 条件:离子源为 EI 源,电子能量 70 eV;离子源温度 250  $^{\circ}$ C;接口温度 250  $^{\circ}$ C;质量扫描范围  $m/z$  30~450;溶剂延迟 3 min。

## 2 结果与分析

### 2.1 日龄对盐水鹅挥发性风味的影响

由表 1 可知,日龄为 75 d 的盐水鹅腿肉共检测出相对峰

面积 $>0.02\%$ 的挥发性风味成分 60 种,包括醇类 16 种,醛类 13 种,酯类 7 种,酮类 6 种,酸类 5 种,烷烃类 4 种,苯环类 3 种,醚类 3 种,萜烯类 2 种,呋喃类 1 种。日龄为 150 d 的盐水鹅腿肉共检测出相对峰面积 $>0.02\%$ 的挥发性风味成分 75 种,包括醇类 20 种,醛类 18 种,酯类 10 种,酸类 6 种,烷烃类 6 种,苯环类 4 种,酮类 3 种,醚类 3 种,萜烯类 3 种,呋喃类 1 种,酚类 1 种。日龄为 300 d 的盐水鹅腿肉共检测出相对峰面积 $>0.02\%$ 的挥发性风味成分 47 种,包括酯类 12 种,醇类 10 种,醛类 9 种,酸类 6 种,酮类 5 种,苯环类 2 种,醚类 3 种。醛类化合物可能源于原料肉中脂类的氧化分解<sup>[8]</sup>,醛类物质阈值较低,对肉制品风味有一定的贡献作用。不同日龄盐水鹅醛类相对含量顺序为:300 d $>$ 150 d $>$ 75 d,随着日龄的增长盐水鹅醛类含量增加,醛类作为肉类重要挥发性风味成分,日龄 300 d 的盐水鹅风味较突出。日龄 300 d 盐水鹅己醛的相对含量最高,阈值较低。己醛是由亚油酸氧化产生,为鹅肉带来浓郁的香气,也有一定的腥味<sup>[9]</sup>,Flores 等<sup>[10]</sup>研究表明,己醛会给肉制品带来刺激性的辛辣味,是肉制品重要的风味成分。日龄 150 d 盐水鹅的庚醛、壬醛和辛醛的含量最高,庚醛呈腌肉味、烧烤、油味、脂味和水果味;壬醛具有柑橘、玫瑰等香气,油脂气味较浓郁,使肉香更浓郁<sup>[11]</sup>;辛醛也是香味的重要来源,能赋予鹅肉香甜、令人愉快的气味<sup>[12]</sup>;日龄 75,150,300 d 盐水鹅醛类分别有 13,18,9 种,日龄 150 d 盐水鹅含醛类种类最多,且饱和醛类含量最高,饱和醛大多具有愉快的香气且阈值较低,来自于鹅肉中的脂肪氧化,此物质具有果香味和油脂味<sup>[13]</sup>。醇类物质是由脂肪氧化产生,其阈值较高,对肉品风味而言贡献较小,对肉制品的整体风味起协同作用<sup>[14]</sup>。日龄 75,150,300 d 盐水鹅醇类相对含量分别为 24.26%,30.92%,2.21%,种类分别为 16,20,10 种,日龄 150 d 的盐水鹅醇类相对含量最高,种类最多。日龄 300 d 盐水鹅未检测出正戊醇和正己醇,日龄 150 d 盐水鹅正戊醇和正己醇相对含量远远高于 75 d 盐水鹅,正戊醇的气味是香油味和淡甜味;己醇具有甜味和果香味<sup>[15]</sup>。日龄 150 d 盐水鹅 1-辛烯-3-醇相对含量最高,有蘑菇、薰衣草、玫瑰和干草香气,并带有点金属气味,是可口的汤味料<sup>[16]</sup>,为脂肪族不饱和醇,且其阈值较低,对风味有重要作用。日龄 150 d 盐水鹅不饱和醇相对含量最高,Ma 等<sup>[17]</sup>研究发现不饱和醇类物质具有蘑菇香气。酯类物质主要是游离脂肪酸和脂肪氧化产生的醇酯化反应形成, $C_1 \sim C_{10}$ 脂肪酸酯化产生的酯有果香味,而长链脂肪酸酯化生成酯更多呈现油脂味<sup>[18]</sup>。不同日龄盐水鹅酯类相对含量顺序为:300 d $>$ 150 d $>$ 75 d,随着日龄的增长,盐水鹅酯类相对含量和酯类种类数量呈增长趋势。日龄 300 d 盐水鹅己酸乙酯相对含量极为丰富,己酸乙酯带有强烈的甜的果香、较强的酒香,有花香低调,扩散能力强,香气较为持久<sup>[19]</sup>。

羧酸类化合物是中性脂肪和磷脂的降解,氨基酸脱氨反应或微生物作用产生的。如表 1 所示,虽然不同日龄的盐水鹅挥发性风味成分中检测出的酸相对含量较小,但是日龄 300 d 盐水鹅月桂酸相对含量明显高于日龄 75,150 d 盐水

鹅,月桂酸具有改善食品风味的作用。酮类化合物主要是脂肪或醇类的氧化降解和美拉德反应产生的,虽然其阈值远远高于醛类化合物,但是其对肉制品的风味影响较小,主要是辅助风味成分,使肉制品的香味更加饱满,同时具有层次感<sup>[20]</sup>。日龄 300 d 盐水鹅酮类化合物相对含量明显高于日龄 75,150 d 盐水鹅。

在不同日龄的盐水鹅腿肉挥发性风味中,醚类化合物的相对含量较低。如表 1 所示,随着日龄的增长,醚类化合物的相对含量越来越高。

烷烃类主要来自脂肪酸烷氧自由基的均裂,其中萜烯类化合物除外<sup>[21]</sup>。烷烃类化合物中芳香烃类物质以及烯烃类物质是鹅肉制品香气的主要风味成分物质。如表 1 所示,日龄为 300 d 的盐水鹅中未检测出挥发性风味烷烃类化合物

和烯烃类化合物,日龄为 150 d 盐水鹅中烃类化合物的相对含量和数量比日龄为 75 d 的盐水鹅高。日龄 75 d 盐水鹅烯烃类化合物的相对含量高于日龄 150 d 日龄盐水鹅,但是日龄 150 d 盐水鹅烯烃类化合物相对含量高于日龄 75 d 盐水鹅。仅日龄 150 d 盐水鹅含有右旋萜二烯和 2-蒎烯,右旋萜二烯具有辛香、柑橘香味<sup>[22]</sup>,2-蒎烯具有树脂香气<sup>[23]</sup>。日龄为 75,150 d 盐水鹅含有呋喃类化合物 2-正戊基呋喃,日龄 300 d 盐水鹅未检测出呋喃类化合物,2-正戊基呋喃具有豆香、果香、青香及类似蔬菜的香气<sup>[24]</sup>。含硫、含氮杂环化合物是熟肉制品的重要特征风味成分<sup>[25]</sup>,其气味具有较低的阈值,虽然含量较少,但是对肉制品的风味品质起到了非常重要作用。仅日龄 150 d 盐水鹅检测出酚类化合物 2,4-二叔丁基苯酚。

表 1 不同日龄盐水鹅中挥发性风味成分及相对含量

Table 1 Volatile flavor components and relative content in salted goose of different ages

化合物名称	相对含量/%			保留时间/ min
	75 d	150 d	300 d	
己醛	37.60	39.60	46.15	5.11
庚醛	1.37	2.68	0.09	7.67
壬醛	0.64	0.71	0.02	12.50
正辛醛	0.58	0.89	0.05	9.86
反-2-辛烯醛	0.32	0.39	0.02	13.37
苯甲醛	0.18	0.26	—	16.14
反-2-十二烯醛	0.08	0.11	—	10.11
(Z)-2-壬烯醛	0.06	0.17	—	8.10
4-异丙基苯甲醛	0.06	0.49	0.02	26.45
1-甲基-3-环己烯-1-甲醛	0.04	0.42	—	12.95
(E,E)-2,4-癸二烯醛	0.02	0.03	—	15.31
(Z)-3-苯基-2-丙烯醛	0.02	—	—	31.11
3-甲氧基苯甲醛	0.02	0.02	—	30.85
肉桂醛	—	0.09	—	31.02
反式-2-癸烯醛	—	0.02	—	22.28
4-(1-甲基乙基)-1,3-环己二烯-1-甲醛	—	0.02	—	26.47
(E,E)-2,4-十二碳二烯醛	—	0.02	—	24.36
癸醛	—	0.02	—	3.83
5-甲基-2-(1-甲基乙基)-4-己烯醛	—	0.02	—	25.19
异戊醛	—	—	0.07	4.00
10-十八烯醛	—	—	0.02	14.98
甲基壬乙醛	—	—	0.02	11.92
6,7-十二烷二醇	15.50	18.44	—	10.74
1-辛烯-3-醇	4.31	5.19	0.10	13.79
正己醇	1.69	3.45	—	11.24
正戊醇	0.87	1.70	—	8.67
2-(2-氨基丙氧基)-3-甲基-苯甲醇	1.37	1.18	—	3.61
反式-2-辛烯-1-醇	0.18	0.21	—	20.65
4-甲基-2-庚醇	0.05	0.17	0.03	2.78
4-萜烯醇	0.02	0.11	—	19.63

续表 1

化合物名称	相对含量/%			保留时间/ min
	75 d	150 d	300 d	
苯乙醇	0.06	0.09	—	28.79
alpha-松油醇	0.02	0.07	—	24.03
2,4-二甲基环己醇	0.06	0.07	—	16.62
反-2-甲基环戊醇	0.02	0.04	0.04	6.37
2-癸烯醇	—	0.04	—	10.42
2,6-二甲基-1,7-辛二烯-3-醇	—	0.03	—	7.74
正辛醇	—	0.03	—	17.59
1-辛炔-3-醇	—	0.02	—	10.14
4-甲基-5-癸醇	—	0.02	—	21.86
2-甲基-1-十六烷醇	—	0.02	—	4.81
(1S,2S,3R,5S)-(+) -2,3-萘烷二醇	—	0.02	—	11.03
2-环己烯-1-醇	—	0.02	—	21.04
6-甲基-1-庚醇	0.05	—	—	17.62
2,7-二甲基-2,6-辛二烯-1-醇	0.02	—	0.02	6.92
2-亚甲基 5 $\alpha$ -胆甾 3 $\beta$ 醇	0.02	—	0.02	16.67
(1 $\alpha$ ,2 $\beta$ ,5 $\alpha$ )-2-甲基-5-(1-甲基乙炔基)-环己烷-1-醇	0.02	—	—	7.79
(7E)-十四碳烯-1-醇	—	—	1.92	8.87
顺式-2-壬烯-3-醇	—	—	0.02	13.09
顺式-1-甲基-4-(1-甲基乙炔基)环己醇	—	—	0.02	7.91
1-壬烯-3-醇	—	—	0.02	13.89
2-甲基-1-十六烷醇	—	—	0.02	14.24
(Z)-戊-2-烯基己酸酯	—	—	9.11	10.91
己酸乙炔基酯	0.04	0.07	2.32	11.39
14-(2-辛基环丙基)十四烷酸甲酯	—	0.02	1.59	3.10
花生酸苄酯	0.04	—	0.28	4.94
6-氧代庚酸甲酯;	—	—	0.13	12.51
2-丙烯酸,1-甲基十一烷基酯	—	—	0.12	8.56
12,15-十八烷二炔酸甲酯	0.03	0.02	0.02	9.58
2'-己基-1,1'-二环丙烷-2-辛酸甲酯	0.02	0.03	0.02	27.95
9-十八碳烯-12-炔酸甲酯	0.05	0.02	0.02	8.83
(E)-10-十七碳烯-8-炔酸甲酯	0.02	0.06	0.02	26.67
丁二酸二乙酯	—	0.02	0.02	23.71
硫代乙酸 2-二甲氨基乙酯	—	—	0.02	28.53
1-甲基丙酯	—	0.33	—	1.47
油酸苄基酯	—	0.22	—	4.68
己酸-2-苯乙酯	0.06	0.02	—	9.01
月桂酸	0.04	0.08	2.24	14.22
2-羟基肉豆蔻酸	0.02	0.02	—	28.37
胞壁酸	0.02	0.02	—	2.80
反式-2-己烯基己酸	0.02	0.02	—	21.66
17-十八炔酸	0.02	0.02	—	25.30
胍乙酸	—	0.09	0.03	11.99
3-壬炔酸	—	—	0.02	7.89
蝶呤-6-羧酸	—	—	0.02	9.43
1,6-丙二胺四乙酸	—	—	0.02	30.30
7-羧基辛酸	—	—	0.02	13.40

续表 1

化合物名称	相对含量/%			保留时间/ min
	75 d	150 d	300 d	
4-甲基-2-己酮	0.03	0.06	1.22	7.28
胡椒酮	0.02	0.06	—	24.74
甲基(2,2-二甲基环己基)酮	0.02	—	—	19.82
3,6-二甲基 5 辛烯-2-酮	0.02	—	—	22.18
4,4-二甲基二氢-2(5 <i>H</i> )-呋喃酮	0.02	—	—	21.70
2-叔丁基-5-丙基-[1,3]二氧戊环-4-酮	0.02	—	0.02	23.62
右旋香芹酮	—	0.02	—	25.03
8-羟基-2-辛酮	—	—	0.02	11.93
2-壬酮	—	—	0.02	11.74
2-甲基-3-辛酮	—	—	0.02	11.11
八(乙二醇)(十二烷基)醚	0.02	0.05	0.12	30.79
十二烷基七聚乙二醇醚	0.02	0.05	0.08	38.82
4-烯丙基苯甲醚	0.02	0.03	0.05	23.13
苯	1.56	1.27	1.81	3.62
4-异丙基甲苯	0.09	0.28	0.02	9.35
茴香脑	0.02	0.14	—	27.45
邻异丙基甲苯	—	0.04	—	9.20
癸烷	0.04	0.02	—	15.60
1,1-十二烷基十六烷	0.02	—	—	12.77
6-甲基-十八烷	0.02	0.06	—	12.15
3-甲基十一烷	0.02	0.02	—	8.68
rel-(2 <i>R</i> *,3 <i>S</i> *)-2,3-环氧庚烷	—	0.04	—	15.44
1-乙酰基-2,2-二甲基环己烷	—	0.04	—	19.93
十五烷	—	0.02	—	10.35
3-乙基-2-甲基-1,3-己二烯	0.28	—	—	12.94
十八烯	0.05	—	—	4.05
2-蒎烯	—	0.02	—	6.89
右旋蒎二烯	—	0.02	—	7.65
3-乙氧基-3,7-二甲基-1,6-辛二烯	—	0.02	—	17.46
2-正戊基呋喃	0.32	0.31	—	8.46
2,4-二叔丁基苯酚	—	0.03	—	36.62
醛类	40.99	45.96	56.46	—
醇类	24.26	30.92	2.21	—
酯类	0.26	0.81	13.67	—
酸类	0.12	0.12	2.35	—
酮类	0.13	0.14	1.30	—
醚类	0.06	0.13	0.25	—
苯环类	1.67	1.73	1.83	—
烷烃类	0.10	0.20	—	—
萜烯烃类	0.33	0.06	—	—
其他	0.32	0.34	—	—

## 2.2 日龄对盐水鹅脂肪酸组成的影响

脂肪酸组成比例不仅对肉制品的理化性质和风味特性有重要的影响,而且是对营养价值进行评价的重要标准之一<sup>[26]</sup>。由表 2 可知,日龄为 75,150,300 d 的盐水鹅腿肉中

检测确定的脂肪酸种类分别为 17,22,14 种,日龄为 150 d 盐水鹅所含脂肪酸种类最多。3 种盐水鹅腿肉中脂肪酸均以油酸、棕榈酸、亚油酸和硬脂酸为主,且油酸>棕榈酸>亚油酸>硬脂酸,其它脂肪酸含量较低,不同日龄盐水鹅腿肉主

要脂肪酸构成较为稳定,主要脂肪酸中不饱和脂肪酸的相对含量高于饱和脂肪酸的。但随着日龄增加,盐水鹅亚油酸的相对含量降低。日龄为 75,150,300 d 的盐水鹅腿肉中检测确定的饱和脂肪酸相对含量(29.33%,31.86%,28.91%)相近,而随着日龄增加,盐水鹅腿肉不饱和脂肪酸相对含量下降;日龄为 75 d 盐水鹅腿肉单不饱和脂肪酸相对含量最高,日龄为 150 d 盐水鹅腿肉单不饱和脂肪酸相对含量最低;日龄为 75 d 盐水鹅腿肉多不饱和脂肪酸相对含量最高,日龄为 300 d 盐水鹅腿肉多不饱和脂肪酸相对含量最低。必需脂肪酸是维持机体正常代谢不可缺少而自身又不能合成、或合

成速度慢无法满足机体需要,必须通过食物供给的脂肪酸。必需脂肪酸不仅能吸引水分来滋润皮肤的细胞防止水分的流失,而且具有降低低密度脂蛋白胆固醇,预防动脉硬化的作用<sup>[27-28]</sup>。随着日龄的增加盐水鹅腿肉必需脂肪酸的相对含量下降。有研究<sup>[29-30]</sup>表明,可以用多不饱和脂肪酸/饱和脂肪酸值(P/S值)来衡量脂肪酸组成对营养价值的影响,一般膳食要求 P/S 值为 0.4。本试验中,随着日龄的增加,P/S 值不断下降,日龄为 300 d 盐水鹅腿肉 P/S 值低于一般要求,其营养价值低于日龄 150,75 d 盐水鹅腿肉。试验结果与郑晓等<sup>[31]</sup>研究得出的不同日龄鹅肉中 P/S 值变化趋势一致。

表 2 不同日龄盐水鹅脂肪酸相对含量

Table 2 Fatty acid relative content in salted goose of different ages

化合物名称	75 d	150 d	300 d
油酸	36.43	35.63	37.85
棕榈酸	22.02	24.64	22.93
亚油酸	16.05	14.07	8.65
硬脂酸	6.49	6.20	5.35
(Z)-十六碳烯酸	3.31	4.88	4.51
花生四烯酸	1.74	2.10	1.52
(Z)-13-二十碳烯酸	—	—	0.18
2'-己基-1,1'-二环丙烷-2-辛酸	0.12	0.16	0.12
14-甲基十六烷酸	0.08	0.12	0.10
12-甲基十四烷酸	—	—	0.05
反式-2-十六碳烯酸	—	—	0.03
14-(2-辛基环丙基)十四烷酸	0.03	0.03	0.05
肉豆蔻酸	0.35	0.41	0.31
(E)-10-十七碳烯-8-炔酸	—	0.36	—
亚麻酸	0.29	0.57	0.39
11-岩藻酸	—	0.20	—
顺式-11-二十碳烯酸	0.16	0.19	—
十七酸	0.09	0.10	—
2-己基-甲酯-环丙烷辛酸	—	0.09	—
7,10-十六碳二烯酸	—	0.08	—
反-9-十四烯酸	—	0.02	—
肉豆蔻脑酸	—	0.05	—
(S)-12-甲基十四烷酸	—	0.05	—
十五碳酸	—	0.04	—
环戊烷十三烷酸	0.08	0.02	—
(9E)-十九碳-9-烯酸	2.83	—	—
6,9,12,15-二十二碳四烯酸	0.25	—	—
2-己基-环丙烷辛酸	0.07	—	—
饱和脂肪酸	29.33	31.86	28.91
不饱和脂肪酸	61.06	57.59	53.13
单不饱和脂肪酸	44.89	40.77	42.57
多不饱和脂肪酸	16.17	16.82	10.56
必需脂肪酸	17.99	16.74	10.56
P/S 值	0.55	0.53	0.36

### 3 结论

在风味成分上,日龄为 150 d 盐水鹅腿肉的挥发性风味成分种类最多,随着日龄的增长,醇类、萜烯烃类、呋喃类化合物相对含量下降,醛类、酯类、酸类、酮类、苯环类、醚类化合物相对含量上升。在脂肪酸组成上,日龄为 150 d 盐水鹅腿肉中确定的脂肪酸种类明显多于日龄为 75,300 d 盐水鹅腿肉,三者饱和脂肪酸的相对含量较为接近,不饱和脂肪酸、多不饱和脂肪酸以及必需脂肪酸的相对含量和 P/S 值随日龄增长而降低,日龄 75,150 d 盐水鹅 P/S 值接近且满足一般要求,日龄 300 d 盐水鹅 P/S 值低于一般要求。选择日龄为 150 d 的扬州大白鹅进行盐水鹅工业化生产能同时满足风味和营养的要求。

### 参考文献

- [1] 胡玉娇,李诚,苏赵,等.泡椒鹅肉工艺优化及挥发性风味物质的构成[J].食品工业科技,2014,35(4):261-266.
- [2] 章杰,新书.卤制对鹅肉理化性质及营养成分的影响[J].食品工业科技,2016,37(23):347-350.
- [3] 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.
- [4] 黄可,秦春青,任亭,等.日龄对鹅肉营养和风味品质的影响[J].肉类研究,2016,30(9):1-7.
- [5] 钱祥羽.扬州盐水鹅品质评价模型的建立及加工工艺优化[D].扬州:扬州大学,2018:51-60.
- [6] 徐为民,徐幸莲,周光宏,等.风鹅加工过程中挥发性风味成分的变化[J].中国农业科学,2007,40(10):2309-2315.
- [7] 喻文娟,侯静文,朱邦尚.外标-气相色谱-质谱法准确测定猪肉中的14种脂肪酸[J].分析仪器,2012(3):10-16.
- [8] REINDL B, STAN H J. Determination of volatile aldehydes in meat as 2,4-dinitrophenylhydrazones using reversed-phase high-performance liquid chromatography[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 1982, 30(5): 849-854.
- [9] 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]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 1999, 47(4): 1619-1625.
- [10] FLORES M, GRIMM C C, TOLDRÁ 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 Agri-

- culture and Food Chemistry, 1997, 45(6): 2 178-2 186.
- [11] 蔡艳梅, 孙宝国, 黄明泉, 等. 同时蒸馏萃取-气质联用分析月盛斋酱牛肉的挥发性风味成分[J]. 食品科学, 2010, 31(18): 370-374.
- [12] 庞雪莉, 胡小松, 廖小军, 等. FD-GC-O 和 OAV 方法鉴定哈密瓜香气活性成分研究[J]. 中国食品学报, 2012, 12(6): 174-182.
- [13] BUTTERY R, TURNBAUGH J, LING L. Contribution of volatiles to rice aroma[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 1988, 36(5): 1 006-1 009.
- [14] 张雷亮, 李晟, 郭鸽, 等. 1-辛烯-3-醇的合成工艺优化研究[J]. 山东化工, 2017, 46(2): 3-4.
- [15] 旬延军. 金华火腿加工过程中脂类物质及风味成分变化的研究[D]. 南京: 南京农业大学, 2005: 24-29.
- [16] 孙圳, 韩东, 张春晖, 等. 定量卤制鸡肉挥发性风味物质剖面分析[J]. 中国农业科学, 2016, 49(15): 3 030-3 045.
- [17] MA Qian-li, HAMID N, BEKHIT A E D, et al. Evaluation of pre-rigor injection of beef with proteases on cooked meat volatile profile after 1day and 21days post-mortem storage[J]. Meat Science, 2012, 92(4): 430-439.
- [18] 宋国新, 余应新, 王林祥. 香气分析技术与实例[M]. 北京: 化学工业出版社, 2008: 21-22.
- [19] 赖宏刚. 冷鲜鸡与酱卤制品辐照综合保鲜技术研究[D]. 扬州: 扬州大学, 2017: 44-54.
- [20] 王庭. 脂质对荣昌猪肉风味的贡献研究[D]. 重庆: 西南大学, 2011: 25-37.
- [21] 陈海涛, 张宇, 孙宝国. SPME 或 SDE 结合 GC-MS 分析贾永信十香酱牛肉的挥发性风味成分[J]. 食品科学, 2012, 33(18): 171-175.
- [22] PINO J A, MESA J. Contribution of volatile compounds to mango (*Mangifera indica* L.) aroma [J]. Flavour and Fragrance Journal, 2006, 21(2): 207-213.
- [23] CZERNY M, CHRISTLBAUER M, CHRISTLBAUER M, et al. Re-investigation on odour thresholds of key food aroma compounds and development of an aroma language based on odour qualities of defined aqueous odorant solutions [J]. European Food Research and Technology, 2008, 228(2): 265-273.
- [24] 金冬双, 龚淑英, 林宇皓, 等. 小叶种夏秋茶渥堆加工过程中香气成分研究[J]. 茶叶科学, 2009, 29(2): 111-119.
- [25] 唐春红, 陈旭华, 张春晖, 等. 不同卤制方法对鸡腿肉中挥发性风味化合物的影响[J]. 食品科学, 2014, 35(14): 123-129.
- [26] KIRMIZIBAYRAK T, ONK K, EKIZ B, et al. Effects of age and sex on meat quality of Turkish native geese raised under a free-range system[J]. Kafkas Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi, 2011, 17(5): 817-823.
- [27] ARONAL A P, HUDA N, AHMAD R. Amino acid and fatty acid profiles of peking and muscovy duck meat[J]. International Journal of Poultry Science, 2012, 11(3): 229-236.
- [28] SARI M, ONK K, SISMAN T, et al. Effects of different fattening systems on technological properties and fatty acid composition of goose meat[J]. Archiv Fur Geflugelkunde, 2015, DOI: 10.1399/eps.2015.79.
- [29] WOOD J D, RICHARDSON R I, NUTE G R, et al. Effects of fatty acids on meat quality: a review[J]. Meat Science, 2004, 66(1): 21-32.
- [30] GOGUS U, SMITH C. n-3 Omega fatty acids: a review of current knowledge[J]. International Journal of Food Science and Technology, 2010, 45(3): 417-436.
- [31] 郑晓, 潘道东, 曹锦轩. 不同日龄浙东白鹅氨基酸及脂肪酸组成与含量分析[J]. 食品科学, 2013, 34(12): 140-142.
- (上接第 36 页)
- [27] YUVARET V, PIYADA A, MANOP S. Gelatinization and rheological properties of rice starch/xanthan mixtures: Effects of molecular weight of xanthan and different salts[J]. Food Chemistry, 2008, 111(1): 106-114.
- [28] ROSELL C M, YOKOYAMA W, SHOEMAKER C. Rheology of different hydrocolloids-rice starch blends: Effect of successive heating-cooling cycles[J]. Carbohydrate Polymers, 2011, 84(1): 373-382.
- [29] VALLONS K J R, ARENDT E K. Effects of high pressure and temperature on the structural and rheological properties of sorghum starch[J]. Innovative Food Science & Emerging Technologies, 2009, 10(4): 449-456.
- [30] VALLONS K J R, ARENDT E K. Understanding high pressure-induced changes in wheat flour-water suspensions using starch-gluten mixtures as model systems[J]. Food Research International, 2010, 43(3): 893-901.
- [31] STOLT M, STOFOROS N G, AUTIO K. Evaluation and modeling of rheological properties of high pressure waxy maize starch dispersion[J]. Journal of Food Engineering, 1999, 40(4): 293-298.
- [32] FREDRIKSSON H, SILVERIO J, ANDERSSON R, et al. The influence of amylose and amylopectin characteristics on gelatinization and retrogradation properties of different starches[J]. Carbohydrate Polymers, 1998, 35(3/4): 119-134.
- [33] 钟秋平, 谢碧霞, 王森, 等. 高压处理对橡实淀粉凝胶体结构特性的影响[J]. 食品科学, 2008, 29(3): 66-70.
- [34] STOLT M, OINONEN S, AUTIO K. Effect of high pressure on the physical properties of barley starch[J]. Innovative Food Science & Emerging Technologies, 2000, 1(3): 167-175.
- [35] 张园园, 刘振民, 郑远荣, 等. 超高压处理对干酪质构的影响[J]. 食品与机械, 2017, 33(3): 47-50.
- [36] PUNCHAARNON S, PATHIPANAWAT W, PUTTANLEK C, et al. Effects of relative granule size and gelatinization temperature on paste and gel properties of starch blends[J]. Food Research International, 2008, 41(5): 552-561.
- [37] MATALANIS A M, CAMPANELLA O H, HAMAKER B R. Storage retrogradation behavior of sorghum, maize and rice starch pastes related to amylopectin fine structure[J]. Journal of Cereal Science, 2009, 50(1): 74-81.