

日龄对浙东白鹅肉质特性及风味品质的影响

李桂萍^{1,2}, 孙梅好², 李博宏¹, 王兆斌¹, 伏志奇¹, 毛卿庭³, 黄芹伟³, 陈黎^{1*}

(1. 浙江-乌克兰家禽种质资源保护、挖掘利用联合实验室, 浙江省农业科学院, 浙江杭州 310021;
2. 浙江师范大学生命科学学院, 浙江金华 321004; 3. 嘉兴市味德丰生态农业科技发展有限公司, 浙江嘉兴 314000)

摘要: 为研究日龄对浙东白鹅肉质和风味的影响, 本试验随机选取 90 日龄和 120 日龄浙东白鹅各 20 只 (公母各半), 进行肉品质、肌内脂肪含量和挥发性风味物质测定。结果显示: 120 日龄鹅胸肌剪切力高于 90 日龄 ($P<0.01$), 亮度 (L^*) 和红度 (a^*) 低于 90 日龄 ($P<0.05$); 120 日龄浙东白鹅肉胸肌水分含量低于 90 日龄 ($P<0.01$), 肌内脂肪含量高于 90 日龄 ($P>0.05$); 90 日龄和 120 日龄鹅肉中分别检测出 43 种和 48 种挥发性物质, 其中醛类、酯类和醇类是主要成分, 2 个日龄浙东白鹅的特征性风味物质种类基本相同, 但含量存在显著差异。

关键词: 日龄; 肉质; 肌内脂肪; 挥发性风味; 浙东白鹅

中图分类号: S835.5

文献标识码: A

DOI 编号: 10.19556/j.0258-7033.20241213-02

随着我国畜牧业的迅速发展以及人们生活水平的提高, 消费者对肉制品的需求已从追求数量转向注重质量^[1]。鹅肉因其低胆固醇、高蛋白、丰富的氨基酸和不饱和脂肪酸含量丰富及风味独特等优点, 逐渐受到消费者青睐^[2]。我国是世界上第一鹅肉生产和消费大国, 肉鹅养殖作为我国畜禽产业的重要组成部分, 市场前景广阔^[3]。我国对鸡、猪、牛等畜禽肉质的研究较为深入, 但鹅肉风味和品质的研究较为滞后, 尤其是日龄对鹅肉品质和风味的影响几乎没有系统性研究。因此, 探索日龄对鹅肉品质的影响, 尤其是营养成分、肉质及风味物质方面的变化, 对于提升鹅肉品质和满足市场需求具有重要意义。

家禽肉质受品种、性别、饲养管理、屠宰加工等多种因素影响。此外, 日龄也会对家禽肉质产生影响。袁英良等^[4]研究发现, 随着饲养日龄增加, 吉林地方黑羽肉鸡剪切力及营养物质含量增加。白蒙^[5]研究表明, 公鸭胸肌 pH、亮度 (L^*) 和水分含量随日龄增加逐渐

下降, 失水率、蛋白质、脂肪和胶原含量呈上升趋势。尽管日龄对家禽肉质影响已有研究, 但在鹅肉领域, 尤其是日龄对鹅肉风味与品质的影响仍缺乏系统性探讨。因此, 本研究以 90 日龄和 120 日龄浙东白鹅为研究对象, 比较 2 组鹅胸肌营养成分和肉质, 并采用气相色谱-质谱联用 (GC-MS) 技术检测其挥发性风味物质, 以期作为鹅肉产业化发展提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验动物及饲养管理 200 只 1 日龄浙东白鹅饲养于嘉兴味德丰农业科技有限公司, 饲养期间鹅群管理方式一致。鹅群采用半水上散养模式, 提供自由采食和饮水, 自然光照。基础饲料组成及营养成分见表 1。

1.2 样品采集 饲养到 90 日龄和 120 日龄时, 选取同一日龄的 20 只 (公母各半) 体重正常的浙东白鹅, 屠宰前 12 h 停止喂食, 自由饮水。在屠宰当天使用颈动脉放血法将鹅只处死。屠宰后取右侧胸肌, 剔除表面脂肪和结缔组织, 冰上运至实验室, 置于 -20°C 冰箱备用。

1.3 肉品质指标测定 屠宰时选取左侧胸肌进行肉品质测定, 测定指标包括肉色、pH 和剪切力。用色差仪 (LS170 型) 测定表面 L^* 、红度值 (a^*) 和黄度值 (b^*), 待数值稳定后读数, 每个样品各测取 3 次, 取平均值; 取宰后 45 min 胸肌, 在胸肌表面随机选取 3 个部位划开,

收稿日期: 2024-12-13; 修回日期: 2025-04-03

资助项目: 浙江省农业新品种选育重大科技专项 (2021C02068-10); 浙江省“尖兵领雁”项目子课题 (2024C02004)

作者简介: 李桂萍 (2000-), 女, 江西乐平人, 硕士研究生, 研究方向为家禽遗传育种, E-mail: 2425904812@qq.com

* 通信作者: 陈黎 (1984-), 江苏徐州人, 研究员, 研究方向为家禽遗传育种, E-mail: chenli0429@163.com

表 1 基础饲料组成和营养成分（风干基础）

指标	含量
原料组成,%	
玉米（粗蛋白质 8%）	54.68
豆粕（粗蛋白质 46%）	19.00
麸皮	11.00
菊花梗粉	7.00
石粉	1.00
磷酸氢钙	1.50
DL- 蛋氨酸（98%~99%）	0.15
氯化钠	0.35
多维	0.10
多矿	0.15
70% 氯化胆碱	0.07
大豆油和亚麻籽油	5.00
合计	100.00
营养成分	
粗蛋白质,%	15.28
代谢能,MJ/kg	11.86
粗纤维,%	5.37
钙,%	0.91
有效磷,%	0.38
赖氨酸,%	0.80
蛋氨酸,%	0.39

注：①多维和微量元素为每千克饲料提供：维生素 A 9 000 IU，维生素 D₃ 2 000 IU，维生素 E 40 mg，维生素 K₃ 0.8 mg，维生素 B₁ 2.0 mg，维生素 B₂ 4.0 mg，泛酸钙 11 mg，维生素 B₆ 4.0 mg，生物素 0.2 mg，叶酸 0.5 mg，维生素 B₁₂ 12 μg，硒 0.5 mg，铁 80 mg，锰 30 mg，铜 4 mg，锌 65 mg，碘 0.3 mg。②营养成分含量均为计算值。

将 pH 仪（PHB-4 型）电极头依次插入划口内部，待数值稳定后读数，计算 3 个不同划口处读数平均值；将待测肉样沿肌纤维方向修成长 1.0 cm、厚 0.5 cm 长条形肉样（剔除筋膜、脂肪），用数显式肌肉嫩度仪（C-LM3 型）测定剪切力，每个肉样测 3 次，最终取平均值。

1.4 肌肉营养指标测定参照 参照《食品中水分的测定》（GB 5009.3—2016）^[6] 中的直接干燥法测定肌肉样品中水分含量。参照《食品中脂肪的测定》（GB 5009.6—2016）^[7] 中的索氏提取法测定肌肉干样中脂肪含量。

1.5 挥发性成分测定 采用配用 HP-5MS 色谱柱（30 m×0.25 mm×0.25 μm）的顶空固相微萃取气相色谱-质谱仪（HS-SPME-GC-MS），参考吴利真等^[8] 的方法，对不同日龄鹅肉中的挥发性化合物进行检测，每组随机选取 6 个样本。称取 5 g 样品剪碎后放入 20 mL 顶空瓶中，置于

60℃下水浴平衡 15 min，使用老化后的 75 μm CAR/SPME 纤维头萃取针顶空萃取挥发性风味物质 40 min。萃取完成后，将注射针插入 GC 进样口。气相色谱条件：HP-5MS 色谱柱（30 m×0.25 mm×0.25 μm）载气为氦气，热解析温度 250℃，时间 15 min 不分流。柱升温程序：初温 50℃，保持 3 min；以 5℃/min 升温至 100℃保持 2 min；以 4℃/min 升温至 140℃保持 1 min；以 4℃/min 升温至 180℃保持 5 min；再以 5℃/min 升温至 250℃保持 5 min。载气为氦气，固定流速 1.5 mL/min。质谱条件：电离方式为电子轰击（EI），电子能量 70 eV，离子源温度 230℃，四极杆温度 150℃，全扫描 30~550 Da。定性方法：通过与 NIST14 数据库匹配对照，鉴定所检测的挥发性化合物，并依据相同色谱条件下的正构烷烃（C7-C30）保留时间计算化合物的保留指数（retention index, RI），将化合物 RI 与文献报道的 RI 进行比较^[9]。定量方法：通过峰面积归一法计算相对百分含量。RI 的计算方法为：

$$RI=100[(RT_x-RT_n)/(RT_{n+1}-RT_n)+n]$$

式中：RT 表示保留时间（min），x 表示目标化合物，n、n+1 表示目标化合物前后两个正构烷烃的碳原子数，即 $RT_n < RT_x < RT_{n+1}$ 。

1.5 统计与分析 采用统计软件 SPSS 18.0 中独立样本 t 检验进行数据方差分析，以平均值 ± 标准误的形式表示结果， $P < 0.05$ 说明存在显著差异， $P < 0.01$ 说明存在极显著差异， $P > 0.05$ 说明不存在显著差异。

2 结 果

2.1 不同日龄浙东白鹅的肉品质差异 由表 2 可知，浙东白鹅胸肌 pH_{45 min}、剪切力和肉色均随饲养日龄的增加而发生变化，与 90 日龄相比，120 日龄鹅肉剪切力增加（ $P < 0.01$ ），L* 值和 a* 值下降（ $P < 0.05$ ）；两日龄间 pH_{45 min} 和肉色 b* 值无显著差异。

表 2 不同日龄浙东白鹅的常规肉品质指标

组别	pH _{45min}	剪切力,N	肉色		
			L*	a*	b*
D90	6.17±0.087	30.73±1.044	37.53±0.694	9.87±0.379	4.21±0.263
D120	6.35±0.087	34.88±0.598	35.79±0.448	8.95±0.259	4.55±0.213
P 值	0.144	0.001	0.035	0.045	0.324

2.2 不同日龄浙东白鹅的肌内脂肪含量差异 由表 3 可知，120 日龄鹅胸肌水分含量低于 90 日龄（ $P < 0.01$ ），肌内脂肪含量高于 90 日龄（ $P < 0.05$ ）。

表 3 不同日龄浙东白鹅的肌内脂肪含量比较 %

指标	90D	120D	P 值
肌内脂肪	2.94±0.26	3.74±0.23	0.028
水分	75.45±0.51	72.15±0.76	0.002

2.3 不同日龄浙东白鹅挥发性物质差异 由表 4 可知, 90 日龄和 120 日龄浙东白鹅中分别检测到 43 种和 48 种共计 53 种挥发性物质, 其中醛类 15 种、酯类 3 种、酮类 2 种、醇类 5 种、烃类 24 种及其他类 4 种。从化合物种类上对比, 90 日龄与 120 日龄鹅肉中醛类、酯类、

酮类、醇类的种类数目没有太大差别, 120 日龄鹅肉中烃类化合物种类有所增加; 从主要成分上对比, 2 个日龄鹅肉中最主要物质都包含己醛、壬醛、己酸乙基酯、正辛醇、1- 辛烯 -3- 醇、2- 戊基呋喃和二甲醚。在检测到的挥发物质中, 醛类、酯类和醇类是主要成分, 分别占 2 个日龄总挥发性成分的 86.64% 和 74.76%。

3 讨 论

3.1 不同日龄浙东白鹅的肉品质差异分析 pH 是评价

表 4 不同日龄浙东白鹅挥发性物质相对含量 (n=6)

指标	保留指数	鉴定方式	D90,%	D120,%	P 值
戊醛	744.00	MS	2.37±0.45	2.59±0.21	0.661
己醛	610.77	MS	28.84±1.44	23.34±0.95	0.010
庚醛	883.03	MSRI	1.62±0.09	1.19±0.08	0.005
(E) -2- 庚烯醛	905.36	MSRI	0.08±0.03	-	-
苯甲醛	943.93	MSRI	1.36±0.17	1.63±0.21	0.328
(E) -2- 辛烯醛	1044.63	MSRI	0.27±0.07	0.22±0.05	0.607
(E) -4- 癸烯醛	1178.36	MSRI	0.12±0.02	0.09±0.01	0.232
壬醛	1091.95	MSRI	7.79±0.71	4.93±0.46	0.007
癸醛	1190.49	MSRI	0.10±0.01	0.07±0.01	0.052
(E) -2- 十六醛	1348.72	MS	-	0.07±0.03	-
(E) -2,4- 癸二烯醛	1300.85	MSRI	0.12±0.05	-	-
十三醛	1487.04	MSRI	0.06±0.01	0.03±0.01	0.172
肉豆蔻醛	1592.79	MSRI	0.08±0.02	0.05±0.02	0.302
十五醛	1694.46	MSRI	0.11±0.05	0.10±0.04	0.894
十六醛	1796.42	MSRI	0.82±0.25	0.90±0.20	0.808
醛类			43.7±1.32	35.23±1.12	0.001
己酸乙基酯	971.79	MS	19.03±2.69	14.53±2.04	0.212
甲酸辛酯			0.13±0.06	0.14±0.05	0.769
硫代碳酸二乙基甲酯	1360.11	MSRI	0.61±0.08	0.40±0.12	0.180
酯类			19.76±2.61	15.06±2.07	0.188
2- 丁酮	650.00	MS	0.44±0.11	0.49±0.10	0.733
2- 庚酮	871.10	MSRI	0.88±0.20	-	-
酮类			1.31±0.24	0.49±0.10	0.010
庚醇	957.86	MSRI	0.07±0.02	0.09±0.03	0.547
正辛醇		MSRI	9.02±2.25	11.90±2.00	0.363
1- 辛烯 -3- 醇	963.57	MSRI	13.64±1.07	11.78±1.48	0.331
6- 甲基 -2- 庚醇	700.31	MS	-	0.32±0.18	-
反式 -2- 辛烯 -1- 醇	1057.38	MSRI	0.40±0.05	0.38±0.04	0.786
醇类			23.13±2.08	24.47±2.39	0.683
环氧丙烷	-	MS	0.29±0.07	0.43±0.21	0.575
氯代正戊烷	-	MS	0.27±0.12	-	-
乙基苯	839.91	MSRI	0.14±0.05	0.35±0.10	0.079
对二甲苯	800.48	MSRI	-	0.71±0.32	-

续表 4 不同日龄浙东白鹅挥发性物质相对含量 (n=6)

指标	保留指数	鉴定方式	D90,%	D120,%	P 值
(z)-3-乙基-2-甲基-1,3-己二烯	1016.11	MS	0.03±0.02	0.04±0.02	0.800
十一烷	1060.40	MSRI	0.06±0.04	0.49±0.22	0.108
3-甲基十一烷	1155.08	MSRI	0.10±0.03	0.19±0.04	0.099
十二烷	1184.59	MSRI	0.51±0.13	1.20±0.29	0.056
十三烷	1285.15	MSRI	0.45±0.10	0.56±0.13	0.527
3-甲基-十三烷	1355.27	MSRI	0.08±0.03 ^a	0.18±0.03 ^b	0.048
十四烷	1384.33	MSRI	0.64±0.11	0.75±0.22	0.633
2,6,10-三甲基十三烷	1400.46	MSRI	-	0.17±0.10	-
十五烷	1483.02	MSRI	0.52±0.05	0.72±0.21	0.363
2,6,10-三甲基十四烷	1500.35	MSRI	-	0.26±0.13	-
2-甲基十五烷	1500.44	MSRI	-	0.45±0.23	-
3-甲基十五烷	1500.51	MSRI	-	0.28±0.10	-
十六烷	1681.11	MSRI	0.76±0.09	2.75±0.96	0.066
2,6,10-三甲基十五烷	1600.32	MSRI	-	1.45±0.77	-
8-己基十五烷	1600.47	MS	-	0.23±0.11	-
十七烷	1681.11	MSRI	0.50±0.07	1.51±0.56	0.128
2,6,10,14-四甲基十五烷	1686.64	MSRI	0.33±0.14	1.67±0.59	0.119
十八烷	1781.00	MSRI	0.30±0.04	0.61±0.20	0.184
2,6,10,14-四甲基十六烷	1789.61	MSRI	-	0.95±0.36	-
十九烷	1948.55	MSRI	0.14±0.03	0.17±0.05	0.623
烃类			5.12±0.39	16.14±3.73	0.032
棕榈酸		MS	0.14±0.06	-	-
3-甲基噻吩		MSRI	0.08±0.04	-	-
2-戊基呋喃	977.50	MSRI	4.02±0.42	2.70±0.29	0.027
二甲醚	-	MS	2.55±1.42	5.78±4.23	0.487
其他			6.87±1.42	8.48±4.18	0.709

肌肉品质的重要参考，pH 升高在一定范围内可以增加肌肉蛋白水解酶的活性，减少渗出造成的水分损失，提高肌肉保水性，增强肉的新鲜度和风味；相反，pH 过低会降低肉的嫩度和储存时间^[10]。研究表明，黄羽肉鸡和大恒肉鸡胸肌 pH 均随着随着饲养日龄的增加而上升^[11-12]。本研究中，120 日龄鹅胸肌 pH 高于 90 日龄。pH 能反映屠宰后肌肉糖原分解的速率，受糖酵解产生的乳酸和 ATP 分解产生的磷酸的影响，并与磷酸果糖激酶活性相关^[13]。本研究中 120 日龄浙东白鹅具有更高的 pH，这可能与磷酸果糖激酶（Phosphofructokinase，PFK）和乳酸脱氢酶（Lactate Dehydrogenase，LD）的活性随着日龄增加而降低有关，酶活下降使得日龄较大的鹅宰后糖酵解能力更低^[14]；还可能是因为 120 日龄鹅产生了更大的宰前应激反应，消耗了肌肉中的部分糖原，从而导致宰后肌肉中糖原含量较低，糖原分解速率

下降。

嫩度是影响肉类适口性最重要的因素，反映肌肉中各种蛋白质的结构特性以及结缔组织的分布状态，同时受到肌肉脂肪含量影响。剪切力是衡量肌肉嫩度最常用的指标，剪切力越小，嫩度越大，反之则嫩度越小。Uhlířová 等^[15]研究发现，16 周龄鹅比 8 周龄鹅具有更大的剪切力值；Wang 等^[16]发现鸭胸肌剪切力随着日龄的增加而显著增加。本研究发现 120 日龄鹅胸肌剪切力显著高于 90 日龄。研究表明，禽肉嫩度与肌原纤维特性相关，肌原纤维横截面积越小、密度越大则肉质越嫩^[17]。Li 等^[12]研究发现，年长的禽类比年轻禽类表现出更大的肌纤维直径和面积以及更低的肌纤维密度。因此，与 90 日龄相比，120 日龄浙东白鹅可能有更大的肌纤维面积，因而表现出更高的剪切力值。

肉色是肌肉外观评价的重要指标，通常用 L*、a*

和 b^* 表示。其中 L^* 值与肌肉的失水率相关, 并受到肌肉表面的水分、肉色饱和度和外界光线等因素影响; a^* 值和 b^* 值分别由肌肉中氧合肌红蛋白和高铁肌红蛋白的存在状态及氧化情况决定^[18]。研究发现, 绍兴鸭及樱桃谷鸭肉色 L^* 值随着饲养日龄的增加而逐渐下降; 肉色 a^* 值和肉色 b^* 值随着饲养日龄的增加呈现上升趋势^[19]。白蒙等^[20]研究发现, 优质肉鸭肌肉 L^* 值随日龄增加逐渐降低, 肉色 a^* 值差异不显著。本研究中, 浙东白鹅胸肌肉色 L^* 值和 a^* 值均随饲养日龄增加而下降。研究表明, 肉类 pH 与 L^* 值之间存在相关关系, 120 日龄鹅肉色 L^* 值下降可能与其 pH 较高有关^[21]。

3.2 不同日龄浙东白鹅水分及肌肉脂肪含量分析 水分和肌肉脂肪含量是肉质特性的重要评价指标。肌肉水分含量影响肌肉嫩度及贮存时间, 适宜的水分含量与肌肉的多汁性呈正相关, 水分含量过高则会导致微生物大量繁殖, 影响肉的保存时间^[22]。富含多不饱和脂肪酸的肌肉脂肪更容易被氧化, 其氧化产物与风味形成密切相关。适宜的水分含量和肌肉脂肪沉积可改善鹅肉肉质。Weng 等^[23]研究发现, 120 日龄鹅的肌肉脂肪含量高于 90 日龄和 70 日龄, 而水分含量低于 90 日龄和 70 日龄。郑和洋等^[24]研究发现, 45~360 日龄内麻鸭肌肉脂肪含量随着日龄的增长不断增加。本研究发现, 120 日龄鹅的肌肉脂肪含量高于 90 日龄, 而水分含量低于 90 日龄。营养学上认为, 肌肉含水量越低, 其总营养成分越高^[25]。本试验中 120 日龄鹅肉中具有较低的水分含量和更高的脂肪含量, 由此推断, 120 日龄鹅营养物质含量优于 90 日龄。

3.3 不同日龄浙东白鹅挥发性风味分析 肉品的挥发性化合物主要由风味前体物质在加热过程中经一系列化合反应生产, 加热过程中涉及风味产生的相关反应主要包括美拉德反应、硫胺素降解、脂质的热降解及糖和氨基酸或肽类的相互作用等, 最终形成醛类、酮类、酯类、醇类等物质。

醛类是脂肪酸降解的主要产物, 具有脂肪香味, 由于其含量高、气味阈值低, 通常对肉制品风味具有较大影响^[26]。从相对百分含量来看, 90 日龄鹅肉中总醛含量显著高于 120 日龄。所有醛类中, 己醛含量最高, 己醛由亚油酸的自氧化产物 13- 氢过氧化物断裂生成, 具有苹果味、青草味和树叶香味等^[27]。醛类中含量第二丰富的是壬醛, 由油酸降解形成, 赋予禽肉愉悦的柑橘

和玫瑰香气^[28]。与总醛相似, 90 日龄鹅肉中己醛含量和壬醛含量均显著高于 120 日龄。此外, 2 种日龄鹅肉中均检测到苯甲醛, 苯甲醛是唯一确定的芳香醛, 被鉴定为烤花生的主要单羰基化合物, 具有令人愉快的杏仁香、坚果香和水果香^[29]。在 2 个日龄鹅肉的挥发性物质中, 醛类占比均是最大, 因此可以认为醛类是浙东白鹅的主要呈味物质。

与醛类相似, 酯类也具有较低的气味阈值, 具有水果风味, 由肉制品中的醇类和羧酸的酯化反应合成^[30]。共检测到 3 种酯类化合物, 其中己酸乙酯在两个日龄中均检测到较高含量。己酸乙酯具有令人愉快的果香, 黄芩等^[31]研究报道, 己酸乙酯为对腊肉整体风味贡献较大的酯类化合物。此外, 共检测到 2 种酮类物质, 酮类是脂肪酸通过 β - 氧化产生的重要风味化合物之一, 具有清香气味或奶油味, 本实验中 90 日龄鹅肉酯类和酮类化合物含量高于 120 日龄。

醇类通常具有令人愉悦的气味, 可能由脂质氧化酶对脂肪酸的作用、脂肪的氧化分解及羰基化合物还原生成^[32]。2 个日龄鹅肉中共检测到 5 种醇类化合物, 其中 1- 辛烯 -3- 醇与正辛醇含量较高。1- 辛烯 -3- 醇具强烈的蘑菇香气, 研究表明, 其可能是由亚油酸降解生成, 也有研究称其是由花生四烯酸热降解而产生^[33-34]。正辛醇具有强烈油脂气味和柑橘气味, 由油酸氧化分解产生^[35]。1- 辛烯 -3- 醇和正辛醇气味阈值较低, 可能对浙东白鹅风味具有较大贡献。

本试验在 90 日龄和 120 日龄鹅肉中分别检测到了 5.12% 和 16.14% 的烷烃类物质。烷烃类化合物产生于脂质氧化过程, 由于气味阈值较高, 烷烃类对食品整体的风味贡献较小, 但对挥发性物质有累加或协同的作用^[36]。此外, 2 个日龄鹅肉中分别检测到 4.02% 和 2.70% 的 2- 戊基呋喃。2- 戊基呋喃是典型的呋喃类挥发性风味物质, 产生于亚油酸甲酯的氧化降解, 具有豆香、果香及类似蔬菜的气味^[37]。由于气味阈值较低, 相对百分含量较高, 故推测 2- 戊基呋喃可能是构成浙东白鹅风味的重要物质。

气相色谱 - 质谱分析显示, 不同日龄鹅肉的挥发性风味成分存在差异。与 90 日龄相比, 120 日龄鹅肉香气中烃类含量和醇类含量增加, 醛类和酯类含量下降。不同日龄鹅肉的挥发性物质差异可能与不同生长阶段鹅肉脂肪沉积差异相关, 120 日龄鹅肉中肌肉脂肪含量显

著高于90日龄,进而影响了鹅肉脂质氧化及风味前体物质的代谢途径。综上所述,这些多样性构成了浙东白鹅特有的挥发性风味。

4 结 论

本研究结果显示,120日龄浙东白鹅肉风味浓郁且脂肪含量较高,适合偏好油润口感的消费者,而90日龄鹅肉较嫩且水分含量高,更适合追求嫩滑口感的消费者。

参考文献:

- [1] 陈晓雨,窦露,华晓青,等.丁酸梭菌对绵羊生长性能、肉品质及骨骼肌发育的影响[J].动物营养学报,2023,35(6): 3800-3811.
- [2] 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.
- [3] 侯水生.高质量发展我国肉鹅产业[J].中国禽业导刊,2022,39(9): 2-5.
- [4] 袁英良,唐丹,初春玲,等.不同日龄吉林地方黑羽鸡肌肉品质与上市时间分析[J].畜禽业,2023,34(10): 20-23.
- [5] 白蒙.饲料类型和日龄对小体型肉鸭生产性能和肉品质的影响[D].扬州:扬州大学,2022.
- [6] 孔芳,李永刚,刘小红,等.GB 5009.3—2016《食品安全国家标准食品中水分的测定》的关键问题探讨及方法优化[J].食品安全质量检测学报,2025,16(13): 189-194.
- [7] 张晓婷,潘建君,王知,等.食品中脂肪测定国家标准的分析与探讨[J].食品工业科技,2018,39(20): 348-351.
- [8] 吴利真,廖志强,史阳凯,等.冷鲜鹅胸肉微生物群落分析及其对挥发性风味的影响[J].食品科学,2024,45(6): 87-96.
- [9] Zhang Y Y, Tang L, Zhang Y, et al. Comparison of different volatile extraction methods for the identification of fishy off-odor in fish by-products[J]. Molecules, 2022, 27(19): 6177.
- [10] Guo Y, Chen J, Liu S, et al. Effects of dietary Acremonium terricola culture supplementation on the quality, conventional characteristics, and flavor substances of Hortobagy goose meat[J]. J Anim Sci Technol, 2022, 64(5): 950-969.
- [11] Yuan C, Jiang Y, Wang Z, et al. Indigenous, yellow-feathered chickens body measurements, carcass traits, and meat quality depending on marketable age[J]. Animals (Basel), 2022, 12(18): 2422.
- [12] Li J, Yang C, Peng H, et al. Effects of slaughter age on muscle characteristics and meat quality traits of Da-Heng meat type birds[J]. Animals (Basel), 2019, 10(69): 1-11.
- [13] Wang C, Matarneh S K, Gerrard D, et al. Modelling of energy metabolism and analysis of pH variations in postmortem muscle[J]. Meat Sci, 2021, 182(3): 108634.
- [14] Yalçın M Y, şeker M. Effect of salt and moisture content reduction on physical and microbiological properties of salted, pressed and freeze dried turkey meat[J]. LWT-Food Sci Technol, 2016, 68(4): 153-159.
- [15] Uhlířová L, Tůmová E, Chodová D, et al. The effect of age, genotype and sex on carcass traits, meat quality and sensory attributes of geese[J]. Asian-Australas J Anim Sci, 2017, 31(3): 421.
- [16] Wang X, Jiang G, Kebreab E, et al. (1)H NMR-based metabolomics study of breast meat from Pekin and Linwu duck of different ages and relation to meat quality[J]. Food Res Int, 2020, 133(7): 109126.
- [17] Khoshhooi A A, Mobini B, Rahimi E. Comparison of chicken strains: muscle fibre diameter and numbers in Pectoralis superficialis muscle[J]. Global Veterinaria, 2013, 11(1): 55-58.
- [18] 刘大鹏.肉鸭胸肌肌纤维形态与肉色的遗传分析[D].北京:中国农业科学院,2020.
- [19] 何宗亮,伍冠锁,郝正林,等.品种和饲养日龄对鸭肉品质和营养价值的影响[J].中国畜禽种业,2023,19(8): 21-27.
- [20] 白蒙,董钊琦,杨宝龙,等.饲料类型和日龄对小体型优质肉鸭生长性能、屠宰性能和肉品质的影响[J].中国家禽,2022,44(4): 58-64.
- [21] Purslow P P, Warner R D, Clarke F M, et al. Variations in meat colour due to factors other than myoglobin chemistry; a synthesis of recent findings[J]. Meat Sci, 2020, 159(1): 107941.
- [22] 钟雅静,朱少平,陈艾玲,等.亲鸽饲料添加茶多酚对乳鸽生长性能、屠宰性能、肉品质及肌肉抗氧化能力的影响[J].中国家禽,2021,43(8): 41-47.
- [23] Weng K, Huo W, Gu T, et al. Effects of marketable ages on meat quality through fiber characteristics in the goose[J]. Poultry Sci, 2021, 100(2): 728-737.
- [24] 郑和洋,潘道东,孙杨赢,等.日龄对麻鸭肌肉脂肪、肉质及挥发性风味的影响[J].食品工业科技,2015,36(17): 300-304.
- [25] 诸琼姐.海水与淡水养殖浙东白鹅肉质营养和风味的比较[J].食品工业科技,2024,45(12): 248-253.
- [26] Chen X, Luo J, Lou A, et al. Duck breast muscle proteins, free fatty acids and volatile compounds as affected by curing methods[J]. Food Chem, 2021, 338(5): 128138.
- [27] 聂景贵,张宵,李栩栩,等.中国传统糟制技术及糟制品研究进展[J].中国食品学报,2023,23(10): 379-392.
- [28] Chen Y, Li P, Liao L, et al. Characteristic fingerprints and volatile flavor compound variations in Liuyang Douchi during fermentation via HS-GC-IMS and HS-SPME-GC-MS[J]. Food Chem, 2021, 361(28): 130055.
- [29] 刘源.鸭肉风味及其在加工过程中的变化研究[D].南京:南京农业大学,2006.
- [30] Hu Y, Zhang L, Zhang H, et al. Physicochemical properties and flavour profile of fermented dry sausages with a reduction of sodium chloride[J]. LWT, 2020, 124(8): 109061.
- [31] 黄苓,孙震,曾小群,等.多食材替代亚硝酸盐对腊肉挥发性风味的影响[J].中国食品学报,2021,21(3): 324-333.
- [32] 张瑞,白云鹏,贾莉,等.牛至精油对平凉红牛半腱肌肉品质、脂肪酸及挥发性风味物质的影响[J].动物营养学报,2022,34(7): 4452-4463.
- [33] Wang F, Gao Y, Wang H, et al. Analysis of volatile compounds and flavor fingerprint in Jingyuan lamb of different ages using

基于 GC-IMS 与 GC-MS 技术研究金华猪猪肉挥发性风味物质

盖凯丽^{1,2}, 秦凯鹏², 张若楠², 门小明², 王彬彬², 丁向彬¹, 徐子伟^{2*}, 齐珂珂^{2*}

(1. 天津农学院动物科学与动物医学学院, 天津市农业动物繁育与健康养殖重点实验室, 天津 300392;

2. 浙江省农业科学院畜牧兽医研究所, 浙江杭州 310021)

摘要: 为了探究金华猪猪肉优异风味的关键性挥发性成分, 本试验利用气相色谱-离子迁移谱 (GC-IMS) 与气相色谱-质谱联用技术 (GC-MS) 对 6 头金华猪去势公猪的背最长肌肌肉挥发性风味物质进行了定性、定量检测。结果表明: 2 种技术检测到 12 类物质, 包括醛类、醇类、酮类、酸类、酯类等 104 种挥发性化合物; GC-IMS 技术检测到 70 种化合物, 其中主要为醛类 (42.86%)、醇类 (11.43%)、酮类 (14.29%), GC-MS 技术检测到以醛类 (28.26%)、醇类 (13.04%)、酸类 (26.09%)、酯类 (13.04%) 为主的 46 种化合物; 综合 2 种方法检测结果并结合相对气味活度值 (Relative Odor Activity Value, ROAV) 进行分析, 确定壬醛、正己醛、庚醛、正辛醛、反-2-辛烯醛、(E)-2-壬烯醛、3-甲硫基丙醛、正庚醇及 1-辛烯-3-醇这 9 种化合物是金华猪的关键风味物质 (ROAV≥1), 其中 (E)-2-壬烯醛 (ROAV=100) 和壬醛 (ROAV=100) 为贡献度最高的关键物质。本研究揭示了金华猪优异风味产生的关键挥发性成分, 可为金华猪猪肉品质的有效利用及遗传改良提供参考。

关键词: 金华猪; 挥发性风味物质; GC-IMS; GC-MS; 相对气味活度值

中图分类号: S828

文献标识码: A

DOI 编号: 10.19556/j.0258-7033.20250217-02

随着人们消费水平的迭代升级, 猪肉的品质和口感越来越被重视。肉质风味是一种综合的品味感官印象^[1], 生肉加热后形成香味前体物, 再通过脂质氧化、美拉德

反应以及各种次级反应产生挥发性风味化合物 (Volatile Organic Compounds, VOCs)^[2-3], VOCs 共同作用形成特征香气^[4]。

目前, 猪肉中挥发性风味物质的检测方法有电子鼻^[5-6]、气相色谱-质谱联用技术 (GC-MS)、气相色谱-离子迁移谱 (GC-IMS)^[7]、气相色谱-嗅闻质谱 (GC-O-MS) 等^[8-9]。GC-MS 以其选择性强、灵敏度高的优势被广泛使用, 但对一些痕量化合物的检测存在局限性^[10]。而 GC-IMS 具有分析效率高、样品制备简单、风味物质可视化等优点逐渐被应用。杨智博等^[11]在猕猴桃果酒挥发性风味的研究中表明, 同时使用 GC-MS 和 GC-

收稿日期: 2025-02-17; 修回日期: 2025-03-16

资助项目: 浙江省农业新品种选育重大科技专项(2021C02068);

国家现代农业产业技术体系 (CARS-35)

作者简介: 盖凯丽 (1998-), 女, 山东滨州人, 硕士, 主要从事优质猪育种方向研究, E-mail: 13455436088@163.com

*通信作者: 齐珂珂 (1981-), 女, 河南偃师人, 博士, 副研究员, 主要从事优质猪育种方向研究, E-mail: nkyqkk@163.com; 徐子伟 (1956-), 男, 浙江永康人, 研究员, 博士生导师, 从事优质猪育种方向的研究, E-mail: xzwfyz@sina.com

gas chromatography-ion mobility spectrometry (GC-IMS)[J]. Meat Sci, 2021, 175(1): 108449.

[34] Zhang J, Cao J, Pei Z, et al. Volatile flavour components and the mechanisms underlying their production in golden pompano (*Trachinotus blochii*) fillets subjected to different drying methods: A comparative study using an electronic nose, an electronic tongue and SDE-GC-MS[J]. Food Res Int, 2019, 123(9): 217-225.

[35] 王学敬. 德州扒鸡风味成分分析及其工艺优化 [D]. 南京: 南

京农业大学, 2016.

[36] Zhang L, Badar I H, Chen Q, et al. Changes in flavor, heterocyclic aromatic amines, and quality characteristics of roasted chicken drumsticks at different processing stages[J]. Food Control, 2022, 139(9): 109104.

[37] 张懿, 张璐, 李凤, 等. 油炸食品中挥发性风味物质的研究进展 [J]. 食品科技, 2024, 49(4): 124-132.

(责任编辑: 周会会)