

# 淘汰藏鸡基本营养及挥发性成分分析

李晓敏<sup>1</sup>, 王 晴<sup>1</sup>, 黎 琪<sup>1</sup>, 索朗扎西<sup>2</sup>, 李国伟<sup>3</sup>, 张岂凡<sup>4</sup>, 张晓琳<sup>1,5</sup>, 檀馨悦<sup>1,\*</sup>

(1.中粮营养健康研究院有限公司, 营养健康与食品安全北京市重点实验室, 北京 102209;

2.洛扎县农牧综合服务中心, 西藏 洛扎 851205; 3.中粮集团办公室, 北京 100000; 4.中粮东海粮油工业(张家港)有限公司, 江苏 张家港 215600; 5.北京市畜产品质量安全源头控制工程技术研究中心, 北京 102209)

**摘要:** 对比600日龄淘汰下蛋藏鸡和市场上相近日龄三黄鸡和白凤乌鸡肉的基本营养物质和挥发性成分种类及含量。结果表明: 淘汰下蛋藏鸡蛋白质含量最高(18.95 g/100 g), 显著高于白凤乌鸡(17.00 g/100 g) ( $P < 0.05$ ), 与三黄鸡无显著性差异; 白凤乌鸡水分含量最高(64.95 g/100 g), 脂肪含量最低(14.60 g/100 g); 三黄鸡水分含量最低(58.75 g/100 g), 脂肪含量最高(21.55 g/100 g); 3种不同品种鸡肉通过顶空固相萃取-气相色谱-质谱联用内标法共鉴定出76种挥发性物质, 主要由醛类、醇类、酮类和烃类物质组成; 藏鸡作为西藏特色品种, 挥发性物质种类最多(65种), 高于白凤乌鸡(47种)和三黄鸡(60种), 其总含量(3 070.84  $\mu\text{g}/\text{kg}$ ) 低于白凤乌鸡, 略高于三黄鸡, 从挥发性物质种类和含量上来说, 淘汰藏鸡风味优于三黄鸡。

**关键词:** 淘汰藏鸡; 基本营养成分; 挥发性成分; 固相微萃取-气相色谱-质谱联用

## Basic Nutrients and Volatile Components of Spent Tibetan Hen Meat

LI Xiaomin<sup>1</sup>, WANG Qing<sup>1</sup>, LI Qi<sup>1</sup>, SUOLANG Zhaxi<sup>2</sup>, LI Guowei<sup>3</sup>, ZHANG Qifan<sup>4</sup>, ZHANG Xiaolin<sup>1,5</sup>, TAN Xinyue<sup>1,\*</sup>

(1.Beijing Key Laboratory of Nutrition & Health and Food Safety, COFCO Nutrition and Health Research Institute, Beijing 102209, China; 2.Agriculture and Animal Husbandry Comprehensive Service Center of Luozha County, Luozha 851205, China; 3.The Office of COFCO, Beijing 100000, China; 4.COFCO East China Sea Grain and Oil Industry (Zhangjiagang) Co. Ltd., Zhangjiagang 215600, China; 5.Beijing Engineering Research Center of Livestock Products Quality and Safety Source Control, Beijing 102209, China)

**Abstract:** This study aimed to compare the types and contents of basic nutrients and volatile substances in the meat of 600-day-old spent laying Tibetan hens with those in Sanhuang chicken and Baifeng silky fowl of similar ages. The results showed that the protein content of the meat of spent laying hens was highest (18.95 g/100 g), which was significantly higher than that of Baifeng silky fowl (17.00 g/100 g) ( $P < 0.05$ ), but had no significant difference from that of Sanhuang chicken. The moisture content of Baifeng silky fowl meat was highest (64.95 g/100 g), and the fat content was lowest (14.60 g/100 g). The water content of Sanhuang chicken meat was lowest (58.75 g/100 g), and the fat content was highest (21.55 g/100 g). A total of 76 volatile compounds were identified by solid phase microextraction combined with gas chromatography-mass spectrometry (SPME-GC-MS) using internal standards, the major ones being aldehydes, alcohols, ketones and hydrocarbons. Tibetan chicken meat had the largest number of volatile substances (65 versus 47 for Baifeng silky fowl meat and 60 for Sanhuang chicken meat). The total content of volatile substances in Tibetan chicken meat (3 070.84  $\mu\text{g}/\text{kg}$ ) was lower than that in Baifeng silky fowl meat but slightly higher than that in Sanhuang chicken meat. In terms of the types and contents of volatile substances, the flavor of spent laying Tibetan hen meat was better than that of Sanhuang chicken meat.

**Keywords:** spent Tibetan hens; nutrient composition; volatile components; solid-phase microextraction combined with gas chromatography-mass spectrometry

DOI:10.7506/rlyj1001-8123-20230201-009

中图分类号: TS251.5

文献标志码: A

文章编号: 1001-8123 (2023) 04-0001-06

收稿日期: 2023-02-01

基金项目: 西藏自治区科技计划项目(QYXTCXZX-SNS-2021-1); 中粮集团脱贫攻坚项目(2021-G2-T003)

第一作者简介: 李晓敏(1987—)(ORCID: 0000-0002-9583-1776), 女, 高级工程师, 硕士, 研究方向为食品微生物开发利用及肉制品。E-mail: lixiaomin1@cofco.com

\*通信作者简介: 檀馨悦(1992—)(ORCID: 0000-0003-3035-622X), 女, 工程师, 硕士, 研究方向为食品技术。E-mail: tanxinyue@cofco.com

引文格式:

李晓敏, 王晴, 黎琪, 等. 淘汰藏鸡基本营养及挥发性成分分析[J]. 肉类研究, 2023, 37(4): 1-6. DOI:10.7506/rlyj1001-8123-20230201-009. <http://www.rlyj.net.cn>

LI Xiaomin, WANG Qing, LI Qi, et al. Basic nutrients and volatile components of spent Tibetan hen meat[J]. Meat Research, 2023, 37(4): 1-6. (in Chinese with English abstract) DOI:10.7506/rlyj1001-8123-20230201-009. <http://www.rlyj.net.cn>

藏鸡主要分布在青藏高原半农半牧地区, 是一种地方品种, 又名“藏原鸡”, 有“高原珍禽”之称。藏鸡性情活泼好斗, 肌肉和羽翼发达, 耐粗饲, 抗逆能力强, 对高原恶劣气候和生态环境有良好适应力<sup>[1]</sup>。有研究显示, 藏鸡肉质营养丰富、口感细腻, 烹饪后香味浓郁, 具有较好的药用价值<sup>[2]</sup>。李富贵等<sup>[3]</sup>对低海拔饲养条件下300日龄的藏鸡进行包括氨基酸组成和基本营养物质含量等在内的肉品质分析, 发现其风味氨基酸和脂肪含量较高, 肌肉多汁、风味较好; 杨小林<sup>[4]</sup>、邱思<sup>[5]</sup>等分别对180、300日龄的藏鸡肌纤维组织进行质构测定, 发现藏鸡的肌纤维密度高, 嫩度大。以上研究大多针对较短日龄藏鸡, 对于长日龄藏鸡及其肉中挥发性物质研究却较少。

顶空固相微萃取(headspace solid phase microextraction, HS-SPME)结合气相色谱-质谱(gas chromatography-mass spectrometry, GC-MS)联用技术目前广泛应用于肉及肉制品挥发性物质分析中, 具有操作简便、耗时较短且灵敏度高的特点<sup>[6-7]</sup>。鸡肉的挥发性物质包括醇类、醛类、酮类、呋喃及其衍生物等约500种, 主要由蛋白质、脂质、碳水化合物等形成的挥发性香味前体物质在烹饪过程中产生, 涉及美拉德反应、脂类及硫胺素的热降解等一系列复杂化学反应<sup>[8-9]</sup>。鸡肉风味作为最主要食用品质之一, 受品种、性别、日龄、饲料、加工方式等诸多因素影响, 直接影响人们的选择和喜好<sup>[10]</sup>。

本研究原材料选自集约化养殖600日龄的淘汰下蛋藏鸡, 生活在西藏山南地区, 以饲料、黄粉虫为饲料原料, 并以市场上消费者经常购买、熟知的特色鸡种三黄鸡和白凤乌鸡为对照, 通过对比淘汰下蛋藏鸡和其相近日龄的三黄鸡、白凤乌鸡肉的基本营养物质和熟制后挥发性物质种类及含量, 探究不同品种鸡肉熟化后挥发性物质, 旨在分析淘汰藏鸡与其他品种鸡肉产品的风味成分差异, 以期探究淘汰藏鸡肉风味特点、产品开发和消费者选择优质肉类提供参考。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料与试剂

藏鸡: 600日龄, 淘汰蛋鸡, 体质量约1.1 kg, 以饲料、黄粉虫为饲料原料, 半舍饲喂养, 采样; 白凤乌鸡: 600~700日龄, 体质量约1 kg, 以五谷杂粮为主要

饲料原料, 散养, 网购; 三黄鸡: 720日龄, 体质量约1 kg, 以纯粮为饲料原料, 散养, 网购。

2-甲基-3-庚酮 美国Sigma-Aldrich公司; 石油醚、硫酸、盐酸、高氯酸(均为分析纯) 国药集团化学试剂有限公司。

### 1.2 仪器与设备

DHG-9108A电热鼓风干燥箱 上海精宏实验设备有限公司; Kjeltac<sup>TM</sup> 8200凯氏定氮仪 丹麦福斯分析仪器公司; QP2020 GC-MS仪(配有Sniffer 9100嗅觉检测端口) 日本岛津公司; SPME进样器、萃取头(PDMS/DVB, 涂层厚度65 μm) 美国Supelco公司; HHS电热恒温水浴锅 上海博讯实业有限公司。

### 1.3 方法

#### 1.3.1 样品预处理

营养成分分析: 将鸡胸肉和鸡腿肉去皮、去除可见脂肪, 均质后混合均匀备用; 挥发性成分分析: 将鸡胸肉和鸡腿肉去皮、去除可见脂肪, 清洗干净, 料水比为1:1.5(m/V), 加盐1%(以肉质量计), 置于聚乙烯塑料袋, 在100℃下煮制30 min, 取出。

#### 1.3.2 营养成分分析

水分、蛋白质、脂肪检测方法分别参照GB 5009.3—2016《食品安全国家标准 食品中水分的测定》(干燥法)、GB 5009.5—2016《食品安全国家标准 食品中蛋白质的测定》(凯氏定氮法)、GB 5009.6—2016《食品安全国家标准 食品中脂肪的测定》(酸水解法)。

#### 1.3.3 挥发性成分测定

将样品粉碎至肉糜状, 取2 g肉糜, 加入1 μL 0.816 μg/μL 2-甲基-3-庚酮内标溶液(正己烷稀释), 置于20 mL的顶空样品瓶中, 密封瓶口, 进样装置设置温度为60℃, 平衡时间20 min, 插入萃取纤维, 顶空萃取时间40 min, GC-MS进样口250℃解吸5 min。

GC-MS条件: 色谱柱为非极性DB-5毛细管色谱柱(30 m×0.25 mm, 0.25 μm); 升温程序: 初温40℃保持5 min, 以5℃/min升至150℃, 保持3 min; 再以8℃/min升至230℃, 保持5 min; 载气为高纯氦气(纯度>99.99%), 流速2.3 mL/min, 不分流模式; 电子轰击离子源, 电子能量70 eV, 接口温度250℃, 离子源温度230℃, 质量扫描范围m/z 30~500, 扫描模式为全扫描; 毛细管流出物以体积比1:1进入质谱和嗅闻仪, 嗅闻仪传输管线温度为250℃, 由专业的感官评价小组人员依次记录挥发性化合物的保留时间和气味特征。

### 1.3.4 定性定量方法

定性方法：根据计算机谱库（NIST05、NIST05s）检索，选取匹配度不小于80（最大值为100）的化合物进行定性分析。

定量方法：以2-甲基-3-庚酮为内标（质量浓度为0.816 μg/μL），鸡肉中挥发性化合物的含量按下式计算。

$$C = \frac{\rho_0 \times V_0 \times S}{S_0 \times m}$$

式中：C为挥发性化合物含量/(μg/kg)；ρ<sub>0</sub>为内标物质量浓度/(μg/μL)；V<sub>0</sub>为内标化合物进样体积/μL；S为挥发性化合物峰面积/(AU·min)；S<sub>0</sub>为添加的内标化合物峰面积/(AU·min)；m为试样质量/kg。

### 1.4 数据处理

使用Microsoft Excel 2013软件处理数据和制表，采用SPSS 20.0统计软件对数据进行单因素方差分析，并进行Duncan's多重比较，将显著性水平设置为0.05，结果以平均值±标准差表示。

## 2 结果与分析

### 2.1 基本营养成分分析

表1 不同品种鸡肉样品基本营养成分

Table 1 Basic nutritional components of Tibetan chicken, Baifeng silky fowl and Sanhuang chicken meat

项目	g/100 g		
	藏鸡	白凤乌鸡	三黄鸡
水分含量	63.25±0.55 <sup>b</sup>	64.95±0.95 <sup>a</sup>	58.75±0.75 <sup>c</sup>
蛋白质含量	18.95±0.85 <sup>a</sup>	17.00±0.70 <sup>b</sup>	17.70±1.10 <sup>ab</sup>
脂肪含量	15.20±0.60 <sup>b</sup>	14.60±1.30 <sup>b</sup>	21.55±0.65 <sup>a</sup>

注：同行小写字母不同，表示差异显著（P<0.05）。表2同。

由表1可知：三黄鸡肉水分含量最低，为58.75 g/100 g，显著低于藏鸡和白凤乌鸡；白凤乌鸡肉水分含量最高，为64.95 g/100 g。藏鸡肉蛋白质含量最高，为18.95 g/100 g，显著高于白凤乌鸡的17 g/100 g（P<0.05），与三黄鸡无显著性差异。三黄鸡肉的脂肪含量最高，为21.55 g/100 g，表现出更好的脂肪沉积能力；藏鸡肉和白凤乌鸡肉脂肪含量无显著性差异。整体来说，藏鸡肉呈现蛋白质含量高、水分含量低的特点。有研究表明，在一定范围内，鸡肉脂肪含量越高，口感和食用品质越好，藏鸡肉脂肪含量低可能与其活泼好斗的特性和饲养方式有关<sup>[1]</sup>；蛋白质含量一般随着饲养日龄延长而增加<sup>[12-13]</sup>，但也有研究表明，随着饲养日龄的延长可能出现鸡体的分解代谢大于合成代谢，蛋白质合成能力下降的情况<sup>[11]</sup>，这可能是三黄鸡虽然日龄最长，但其蛋白质含量却低于藏鸡的原因。

### 2.2 挥发性成分分析

表2 不同品种鸡肉挥发性成分GC-O-MS定性及定量分析结果

Table 2 Qualitative and quantitative analysis results of volatile components in Tibetan chicken, Baifeng silky fowl and Sanhuang chicken meat by GC-O-MS

物质类别	物质名称	保留时间/min	匹配度	含量/(μg/kg)			鉴定方式	风味描述
				藏鸡	白凤乌鸡	三黄鸡		
醛类	己醛	6.76	95	891.24±47.90 <sup>b</sup>	1 343.20±74.91 <sup>a</sup>	745.38±33.24 <sup>c</sup>	MS、O	青草味
	(E)-2-己烯醛	8.63	95	1.57±0.20	ND	ND	MS	
	庚醛	10.49	96	89.18±6.49	80.40±11.97	94.01±4.20	MS、O	烟草味、油腻味
	(E)-2-庚醛	12.47	90	30.07±1.78 <sup>b</sup>	ND	22.82±2.31 <sup>b</sup>	MS	
	苯甲醛	12.54	97	77.89±4.25 <sup>b</sup>	129.89±16.93 <sup>a</sup>	71.61±2.50 <sup>b</sup>	MS	
	辛醛	14.17	97	130.53±11.03	151.24±26.75	151.10±19.93	MS、O	草本味、柑橘味
	苯乙醛	15.43	91	2.48±0.10	ND	2.48±0.27	MS、O	泥土味、金属味
	(E)-2-辛烯醛	15.98	92	83.78±9.12 <sup>b</sup>	47.22±4.18 <sup>b</sup>	53.47±9.59 <sup>b</sup>	MS	
	壬醛	17.54	96	403.83±38.47 <sup>b</sup>	484.76±29.92 <sup>a</sup>	484.80±21.73 <sup>a</sup>	MS、O	黄瓜味、甜味
	顺-4-癸醛	20.23	89	15.36±1.14 <sup>a</sup>	16.88±1.07 <sup>a</sup>	9.51±1.24 <sup>a</sup>	MS、O	果香、花香
	癸醛	20.58	95	31.49±3.29	30.39±1.10	31.44±3.11		
	(E,E)-2,4-壬二烯醛	20.79	95	4.31±0.19 <sup>b</sup>	7.01±0.07 <sup>a</sup>	2.30±0.49 <sup>a</sup>	MS、O	柑橘味
	(Z)-3,7-二甲基-2,6-辛二烯醛	21.60	84	0.56±0.07	ND	0.82±0.17	MS	
	(E)-2-癸烯醛	22.17	94	ND	29.92±1.69 <sup>a</sup>	11.84±1.50 <sup>b</sup>	MS	
	(E,E)-2,4-癸二烯醛	23.06	86	8.12±0.53	ND	ND	MS	
	十一醛	23.44	97	8.90±0.94 <sup>a</sup>	7.47±0.46 <sup>a</sup>	5.86±0.26 <sup>a</sup>	MS	
	(E)-2-十二烯醛	24.93	90	38.42±1.22 <sup>b</sup>	41.35±3.13 <sup>b</sup>	15.24±1.41 <sup>b</sup>	MS	
	十二醛	26.10	88	20.74±0.44 <sup>b</sup>	31.24±3.30 <sup>a</sup>	14.26±0.73 <sup>a</sup>	MS	
4-戊基-苯甲醛	27.41	89	6.72±0.91 <sup>a</sup>	7.47±1.08 <sup>a</sup>	3.55±0.42 <sup>a</sup>	MS		
十三醛	28.83	96	16.10±1.68 <sup>b</sup>	25.68±0.93 <sup>a</sup>	9.30±1.03 <sup>a</sup>	MS		
十四醛	31.98	96	14.01±0.20 <sup>b</sup>	52.80±3.69 <sup>a</sup>	8.52±0.47 <sup>a</sup>	MS		
十六醛	34.30	93	19.40±3.03 <sup>b</sup>	94.70±4.22 <sup>a</sup>	15.37±0.32 <sup>a</sup>	MS		
十八醛	37.73	90	0.64±0.08	ND	ND	MS		
醇类	1-戊醇	5.65	96	39.68±1.69 <sup>a</sup>	4.65±0.89 <sup>b</sup>	38.79±1.42 <sup>a</sup>	MS	
	1-己醇	9.35	98	20.59±0.53 <sup>b</sup>	19.21±0.42 <sup>b</sup>	17.51±0.42 <sup>b</sup>	MS、O	油腻味
	(Z)-2-壬烯-3-醇	12.18	84	ND	ND	2.11±0.09	MS	
	4-甲基环己醇	12.19	83	1.01±0.09	ND	ND	MS	
	1-庚醇	13.07	97	33.21±1.32 <sup>b</sup>	34.97±0.90 <sup>b</sup>	38.46±2.37 <sup>a</sup>	MS	
	1-辛醇	13.45	93	407.43±4.02 <sup>b</sup>	460.34±46.01 <sup>a</sup>	360.16±3.77 <sup>a</sup>	MS、O	薄荷味、甜味
	2,3-二甲基-2,3-丁二醇	14.44	93	2.73±0.33	ND	2.96±0.46	MS	
	4-乙基环己醇	15.88	85	40.03±5.71 <sup>b</sup>	ND	2.26±0.52 <sup>b</sup>	MS	
	环辛醇	16.37	93	102.17±7.02 <sup>b</sup>	88.23±2.96 <sup>b</sup>	65.91±3.87 <sup>a</sup>	MS、O	薄荷味、辛辣味
	1-辛醇	16.47	95	102.59±4.19 <sup>b</sup>	126.08±8.54 <sup>a</sup>	158.72±2.61 <sup>a</sup>	MS	
	(Z)-3-壬烯-1-醇	18.89	87	1.41±0.08 <sup>a</sup>	ND	0.91±0.10 <sup>a</sup>	MS	
	1-壬醇	19.58	95	18.07±1.51 <sup>b</sup>	25.00±2.28 <sup>a</sup>	17.29±1.26 <sup>b</sup>	MS、O	肥皂味
	2-乙基-1-己醇	22.31	82	ND	ND	14.92±0.71	MS	
	2-丁基-1-辛醇	22.32	83	28.93±1.81 <sup>b</sup>	34.40±0.96 <sup>a</sup>	ND	MS	
	1-癸醇	22.47	89	5.69±0.44 <sup>b</sup>	7.14±0.22 <sup>a</sup>	4.93±0.02 <sup>a</sup>	MS	
	(R)-5-甲基-2-(1-甲基乙氧基)-4-己烯-1-醇	27.06	82	1.82±0.26	ND	ND	MS	
	1-十二醇	27.76	96	7.40±0.45 <sup>b</sup>	10.75±0.28 <sup>b</sup>	4.68±0.10 <sup>a</sup>	MS	
	n-十三醇-1-醇	30.93	88	7.84±0.35 <sup>b</sup>	33.64±0.73 <sup>a</sup>	4.15±0.34 <sup>a</sup>	MS	
2-己基-1-癸醇	38.97	87	ND	14.55±0.94	ND	MS		
2-庚酮	10.08	92	14.64±2.26 <sup>b</sup>	16.85±0.40 <sup>b</sup>	11.44±0.64 <sup>b</sup>	MS		
2,3-辛二酮	13.55	93	129.36±4.16 <sup>b</sup>	189.38±10.86 <sup>a</sup>	105.01±10.97 <sup>a</sup>	MS		
3-辛酮	13.62	86	30.17±1.68	ND	29.10±0.92	MS		
3-辛基-2-酮	15.35	87	2.76±0.41 <sup>b</sup>	4.60±0.47 <sup>a</sup>	2.81±0.03 <sup>a</sup>	MS		
2-正己基环戊酮	18.53	84	ND	ND	1.34±0.07	MS、O	糊味	
酮类	3-十一烷酮	22.74	83	4.73±0.73 <sup>b</sup>	6.66±0.55 <sup>a</sup>	3.88±0.55 <sup>a</sup>	MS、O	

续表2

物质类别	物质名称	保留时间/min	匹配度	含量/( $\mu\text{g}/\text{kg}$ )			鉴定方式	风味描述
				藏鸡	白凤乌鸡	三黄鸡		
酯类	3-十二烷酮	23.30	86	ND	ND	8.42 $\pm$ 1.71	MS, O	甜味、油腥味
	3-壬基-2-酮	24.31	80	11.05 $\pm$ 0.39 <sup>b</sup>	18.67 $\pm$ 0.56 <sup>c</sup>	11.76 $\pm$ 0.27 <sup>b</sup>	MS, O	油腥味
	(E)-6,10-二甲基-5,9-十二烯-2-酮	27.20	82	3.58 $\pm$ 0.47	ND	3.41 $\pm$ 0.13	MS	
	反-多罗罗酮	28.17	86	ND	2.70 $\pm$ 0.02	ND	MS	
	丁内酯	10.90	90	0.98 $\pm$ 0.13	ND	ND	MS, O	油腥味
	甲基乙基酯	11.51	87	0.64 $\pm$ 0.09 <sup>b</sup>	ND	0.99 $\pm$ 0.09 <sup>b</sup>	MS	
	戊酸1-甲基乙酯	11.99	88	1.14 $\pm$ 0.05 <sup>b</sup>	ND	0.81 $\pm$ 0.06 <sup>b</sup>	MS	
	丙酸2-甲基-2-乙基-3-羧基己基酯	25.24	88	9.99 $\pm$ 0.64 <sup>b</sup>	18.28 $\pm$ 1.01 <sup>c</sup>	7.13 $\pm$ 0.77 <sup>b</sup>	MS	
	邻苯二甲酸二乙酯	31.46	89	3.44 $\pm$ 0.14 <sup>b</sup>	4.59 $\pm$ 0.44 <sup>c</sup>	1.90 $\pm$ 0.33 <sup>b</sup>	MS	
	1,2-苯二甲酸双(2-甲基丙基)酯	36.97	89	4.19 $\pm$ 0.85	ND	ND	MS, O	油腥味
	邻苯二甲酸二丁酯	38.34	91	ND	ND	3.03 $\pm$ 0.29	MS	
	辛基环氧乙烷	13.99	85	20.56 $\pm$ 1.78	20.10 $\pm$ 1.14	19.18 $\pm$ 1.10	MS	
	4-氧基环己烯	14.51	83	ND	ND	0.83 $\pm$ 0.07	MS	
	3-壬烯	15.07	86	28.83 $\pm$ 4.65	34.38 $\pm$ 1.17	34.17 $\pm$ 1.37	MS	
	十二烯	20.48		3.34 $\pm$ 0.38 <sup>b</sup>	6.80 $\pm$ 0.75 <sup>c</sup>	2.40 $\pm$ 0.02 <sup>b</sup>	MS	
	十四烯	25.92		6.66 $\pm$ 0.97	ND	7.25 $\pm$ 1.43	MS	
	1-戊烯	28.32	93	0.94 $\pm$ 0.18	ND	ND	MS	
	十五烯	28.56		3.41 $\pm$ 0.33 <sup>b</sup>	14.74 $\pm$ 1.66 <sup>c</sup>	1.88 $\pm$ 0.17 <sup>b</sup>	MS	
	十七烯	34.04		3.92 $\pm$ 0.35 <sup>b</sup>	74.13 $\pm$ 8.82 <sup>c</sup>	1.66 $\pm$ 0.13 <sup>b</sup>	MS	
炔类	2,6,10,14-四甲基-十五烷	34.17	94	0.97 $\pm$ 0.11 <sup>b</sup>	70.20 $\pm$ 6.98 <sup>c</sup>	ND	MS	
	十九烷	35.89		2.21 $\pm$ 0.25 <sup>b</sup>	64.93 $\pm$ 9.14 <sup>c</sup>	1.57 $\pm$ 0.21 <sup>b</sup>	MS	
	2,6,10,14-四甲基-十六烷	36.05	90	1.14 $\pm$ 0.17	ND	1.23 $\pm$ 0.08	MS	
	3-甲基-十八烷	37.05	87	ND	27.87 $\pm$ 2.84	ND	MS	
	二十一烷	37.47		1.59 $\pm$ 0.50	ND	ND	MS	
	二十二烷	38.87		ND	15.44 $\pm$ 1.02	ND	MS	
	八碳杂环辛烷	39.43	73	1.33 $\pm$ 0.16	ND	ND	MS	
其他	2-n-丁基吡喃	10.18	87	3.30 $\pm$ 0.16 <sup>b</sup>	ND	1.85 $\pm$ 0.05 <sup>b</sup>	MS	
	2-戊基-吡喃	13.81	92	60.20 $\pm$ 10.08	52.12 $\pm$ 4.85	45.03 $\pm$ 0.23	MS	

注: ND. 未检出。

通过GC-MS分析和数据库检索, 对不同品种鸡肉中挥发性物质进行鉴定及定量分析, 由表2可知, 3种样品共鉴定出76种挥发性物质, 其中包括醛类23种、醇类19种、酮类10种、酯类7种、炔类15种和其他物质2种。这高于Qi Jun等<sup>[14]</sup>报道的黄羽肉鸡的挥发性物质种类(42种), 与王春青等<sup>[15]</sup>鉴定出的挥发性物质种类相近(72种)。3种样品共有物质有40种, 包括醛类16种、醇类10种、酮类5种、酯类2种、炔类6种和其他物质1种。在76种挥发性物质中, 通过嗅闻仪鉴定到16种风味物质, 主要风味描述包括青草味、油腻味、草本味、果香及花香味等。

表3 不同品种鸡肉主要挥发性成分种类和含量对比

Table 3 Comparison of types and contents of main volatile components in Tibetan chicken, Baifeng silky fowl and Sanhuang chicken meat

化合物	藏鸡			白凤乌鸡			三黄鸡		
	种类	含量/ ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ )	相对 含量/%	种类	含量/ ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ )	相对 含量/%	种类	含量/ ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ )	相对 含量/%
醛类	22	1 895.15	61.71	17	2 581.63	63.23	20	1 753.67	62.73
醇类	16	820.61	26.72	12	858.96	21.04	15	733.76	26.25
酮类	7	196.28	6.39	6	238.86	5.85	9	177.17	6.34
酯类	6	20.39	0.66	2	22.86	0.56	5	13.86	0.50
炔类	12	74.91	2.44	9	328.61	8.05	9	70.17	2.51
其他	2	63.50	2.07	1	52.12	1.28	2	46.89	1.68
总计	65	3 070.84	100.00	47	4 083.04	100.00	60	2 795.52	100.00

由表3可知, 不同品种鸡肉中各类挥发性物质的种类和总含量不同, 其中, 藏鸡的挥发性物质种类最多, 为65种, 在醛类、酯类和炔类物质的数量上较有优势, 总含量介于白凤乌鸡和三黄鸡之间, 为3 070.84  $\mu\text{g}/\text{kg}$ 。白凤乌鸡的挥发性物质总含量最高, 为4 083.04  $\mu\text{g}/\text{kg}$ , 除其他类物质之外, 剩余物质含量均高于藏鸡和三黄鸡, 但其挥发性物质种类最少, 仅为47种。三黄鸡作为脂肪含量最多的品种, 其挥发性物质的含量最少, 为2 795.52  $\mu\text{g}/\text{kg}$ , 这可能与其脂肪的种类和脂肪酸的组成有关<sup>[8]</sup>。各品种间挥发性物质的组成(相对含量)相似, 白凤乌鸡炔类物质的占比高于藏鸡和三黄鸡, 而其醇类物质的占比低于藏鸡和三黄鸡。整体来看, 藏鸡挥发性物质种类和含量高于三黄鸡。

### 2.2.1 醛类化合物分析

醛类化合物通常由脂肪氧化和美拉德反应产生<sup>[16]</sup>, 不同品种鸡肉共检测出23种醛类化合物, 含量较高的饱和醛有己醛、庚醛、辛醛、壬醛、癸醛、十二醛、十三醛、十六醛等, 不饱和醛有(E)-2-庚醛、苯甲醛、(E)-2-辛烯醛、(E)-2-十二烯醛、十四烷醛等。醛类物质总量占挥发性物质总量的60%以上(表3), 与许多物质叠加的风味效应较强, 对肉类风味有重要作用<sup>[16]</sup>。藏鸡检测到的醛类化合物种类最多, 为22种, 特有的3种, 分别为(E)-2-己烯醛、(E,E)-2,4-癸二烯醛和十八醛, (E,E)-2,4-癸二烯醛是鸡肉特征挥发性化合物中最主要的成分, 呈现油脂香味, 具有阈值低、活性高的特点, 对于鸡肉和鸡汤风味具有重要作用<sup>[15,17]</sup>, 在藏鸡中含量为8.12  $\mu\text{g}/\text{kg}$ 。

不同品种鸡肉中醛类物质含量相差较大, 白凤乌鸡中含量最多, 为2 581.63  $\mu\text{g}/\text{kg}$ , 远高于藏鸡的1 895.15  $\mu\text{g}/\text{kg}$ 和三黄鸡的1 753.67  $\mu\text{g}/\text{kg}$ 。含量最多的分别为己醛、壬醛和辛醛, 为鸡肉中主要挥发性化合物<sup>[18]</sup>, 三者含量之和占醛类含量的75%以上, 白凤乌鸡中己醛含量最多, 为1 343.20  $\mu\text{g}/\text{kg}$ , 显著高于藏鸡的891.24  $\mu\text{g}/\text{kg}$ 和三黄鸡的745.38  $\mu\text{g}/\text{kg}$  ( $P < 0.05$ )。己醛主要来源于n-6多不饱和脂肪酸(亚油酸)的氧化, 具有清香、青草的味道<sup>[19]</sup>, Calkins等<sup>[20]</sup>认为, 肉中最初产生的己醛会继续被氧化, 对牛肉的风味贡献有积极作用, 但也有学者认为高浓度己醛反而会产生不愉快气味<sup>[21]</sup>; 辛醛的含量在藏鸡、白凤乌鸡和三黄鸡中相差不大; 壬醛在藏鸡中含量显著低于白凤乌鸡和三黄鸡 ( $P < 0.05$ ), 壬醛主要来源于油酸氧化, 是重要的肉味化合物之一<sup>[20]</sup>。苯甲醛是由氨基酸与还原糖之间发生美拉德反应产生的, 呈现苦杏仁味, 在白凤乌鸡中含量显著高于藏鸡和三黄鸡, 为129.89  $\mu\text{g}/\text{kg}$  ( $P < 0.05$ )。嗅闻仪结果显示, 醛类物质多呈现青草味、柑橘味和甜味等不同风味, 由于醛类普遍具有阈值较低的特点, 因此对鸡肉的风味产生起到不可替代的作用。

### 2.2.2 醇类化合物分析

醇类化合物一般来自于脂质反应(亚油酸在酶作用下产生亚油酸降解酶,亚油酸降解酶通过氧化脂质产生醇类)和氨基酸合成反应(Strecker反应)<sup>[22-23]</sup>,占鸡肉挥发性物质总量的20%以上,为第二大类物质。藏鸡检测到醇类物质种类最多,为16种;白凤乌鸡和三黄鸡中分别为12种和15种,白凤乌鸡中醇类化合物含量最高,为858.96 μg/kg,略高于藏鸡中的820.61 μg/kg,远高于三黄鸡中的733.76 μg/kg。1-辛烯-3-醇、1-辛醇和环辛醇是含量前3的物质,与王春青<sup>[15]</sup>、孔宇<sup>[23]</sup>等结果相似,但在不同品种的鸡肉样品中含量趋势不同,1-辛烯-3-醇在白凤乌鸡中含量最多,1-辛醇和环辛醇分别在三黄鸡和藏鸡中含量较多。1-戊醇在白凤乌鸡中含量显著低于藏鸡和三黄鸡,仅为4.65 μg/kg。嗅闻仪结果显示,1-辛烯-3-醇和环辛醇分别具有蘑菇味和薄荷味,1-己醇和1-壬醇具有油腻味和肥皂味。有研究表明,醇类物质的阈值较醛类高,而不饱和醇的阈值较低,对鸡肉中的风味形成具有一定的作用<sup>[24]</sup>。此外,4-甲基环己醇和(*R*)-5-甲基-2-(1-甲基乙炔基)-4-己烯-1-醇是藏鸡中特有的物质,含量均不高。

### 2.2.3 酮类化合物分析

酮类化合物来自于脂肪氧化和美拉德反应,相较于醛类,其种类较少,阈值较高,但对鸡肉特征风味形成有重要作用<sup>[25]</sup>。不同品种鸡肉中酮类物质占总含量的6%左右,共有10种物质检出,其中三黄鸡种类最多,为9种,但含量最少,为177.17 μg/kg;白凤乌鸡种类最少,为6种,含量最多,为238.86 μg/kg。2,3-辛二酮是样品中含量最多的酮类物质,在其他鸡肉样品中也有检出<sup>[17]</sup>,约占酮类物质总含量的60%以上。嗅闻仪结果显示,2-正己基环戊酮、3-十二烷酮和3-壬基-2-酮分别呈现糊味、甜味和油腥味等不同风味。

### 2.2.4 酯类、烃类和其他化合物分析

酯类化合物通常由游离脂肪酸和脂质氧化所产生的醇之间的相互作用生成<sup>[26]</sup>。藏鸡中含有6种酯类物质,种类多于白凤乌鸡和三黄鸡,特有的物质为丁内酯和1,2-苯二甲酸双(2-甲基丙基)酯,含量不高,呈现油脂味。藏鸡酯类总含量为20.39 μg/kg,与白凤乌鸡中22.86 μg/kg相差不大,高于三黄鸡的13.86 μg/kg。有研究表明,短链脂肪酸生成的酯呈典型的果香味,长链脂肪酸生成的酯具有油脂味<sup>[27]</sup>。

烷烃类化合物主要由脂肪酸烷氧自由基的均裂产生,脂肪酸种类不同造成其种类和含量上的差别,由于烷烃类化合物香味阈值较高,对肉的直接风味贡献不大<sup>[28]</sup>。藏鸡中烃类化合物含量最多,为12种,特有的为1-戊烯、二十一烷和八硫杂环辛烷,含量较低;白凤乌鸡和三黄鸡中分别含有9种,其中白凤乌鸡总体含量最

高,为328.61 μg/kg,远高于藏鸡中的74.91 μg/kg和三黄鸡中的70.17 μg/kg。研究<sup>[29]</sup>表明,由于烷烃类含量较为丰富,有助于提升鸡肉的整体风味。

呋喃类化合物是鸡肉中常见的杂环化合物,主要来自美拉德反应和硫胺素的降解,对熟肉香味有重要贡献<sup>[30]</sup>,不同品种鸡肉检测出2种杂环化合物,分别为2-*n*-丁基呋喃和2-戊基-呋喃,有研究<sup>[31]</sup>表明,2-戊基-呋喃具有豆香、清香及蔬菜芳香,其阈值较低,藏鸡中含量为60.20 μg/kg,略高于白凤乌鸡中的52.12 μg/kg和三黄鸡中的45.03 μg/kg,可能对藏鸡肉风味起重要作用。

## 3 结论

鸡肉挥发性物质是一类极其复杂的混合物,影响因素包括营养因素和非营养因素,营养因素主要通过改变蛋白质、脂质、碳水化合物等物质种类和含量而影响挥发性前体物质,进而影响挥发性物质的含量和种类。因此,鸡肉挥发性成分受品种、日龄、性别、饲料和养殖方式等综合因素交互影响。本研究中,淘汰下蛋藏鸡蛋白质含量最高,为18.95 g/100 g,显著高于白凤乌鸡的17 g/100 g ( $P < 0.05$ ),与三黄鸡无显著性差异;白凤乌鸡水分含量最高,为64.95 g/100 g,脂肪含量最低,为14.6 g/100 g;三黄鸡水分含量最低,为58.75 g/100 g,脂肪含量最高,为21.55 g/100 g。

3种不同品种鸡肉通过SPME-GC-MS及内标法共鉴定出76种挥发性物质,由醛类、醇类、酮类和烃类物质等组成,主要的挥发性成分种类相差较小,含量有所差别。藏鸡作为西藏特色品种,挥发性物质种类最多,为65种,高于白凤乌鸡的47种和三黄鸡的60种,其总含量低于白凤乌鸡,略高于三黄鸡,从挥发性物质种类和含量上来说,淘汰藏鸡风味优于三黄鸡。通过对比淘汰藏鸡和市售同日龄特色鸡种白凤乌鸡和三黄鸡肉挥发性成分的差异,尝试从风味特性层面分析淘汰藏鸡的优势,以期淘汰藏鸡精深加工提供理论依据。

### 参考文献:

- [1] 晋美加措,边巴央拉,仁增顿珠,等. 西藏藏鸡资源现状与产业开发展望[J]. 中国畜牧业, 2017(23): 35-36.
- [2] 张燕,吴锦波,何世明,等. 不同品系阿坝藏鸡肌肉氨基酸含量的比较研究[J]. 中国家禽, 2020, 42(2): 17-20. DOI:10.16372/j.issn.1004-6364.2020.02.003.
- [3] 李富贵,刘嘉,穆晓鹏,等. 低海拔饲养条件下藏鸡屠宰性能及肉品质分析[J]. 四川农业大学学报, 2017, 35(4): 562-567. DOI:10.16036/j.issn.1000-2650.2017.04.016.
- [4] 杨小林,苏元君,李星亮,等. 阿坝藏鸡肌肉组织学特性与嫩度分析[J]. 湖北农业科学, 2021, 60(10): 110-113. DOI:10.14088/j.cnki.issn0439-8114.2021.10.022.

- [5] 邱思, 黄姝洁, 刘中科, 等. 藏鸡不同部位肌肉物理特性及加工性能的研究[J]. 食品工业科技, 2011, 32(12): 99-102. DOI:10.13386/j.issn1002-0306.2011.12.135.
- [6] HYANG S C, KYUNG C M. Aroma-active compounds of *Elsholtzia splendens* using AEDA and HS-SPME-GC-O dilution analysis[J]. Flavour and Fragrance Journal, 2008, 23(1): 58-64. DOI:10.1002/ffj.1856.
- [7] 邹金浩, 林耀盛, 杨怀谷, 等. 岭南黄鸡炖鸡汤过程中营养及风味物质的变化[J]. 现代食品科技, 2021, 37(11): 328-337. DOI:10.13982/j.mfst.1673-9078.2021.11.0276.
- [8] 崔小燕, 苟钟勇, 蒋守群, 等. 鸡肉风味的形成机制与调控研究进展[J]. 动物营养学报, 2019, 31(2): 500-508. DOI:10.3969/j.issn.1006-267x.2019.02.002.
- [9] REGUEIRO J, NEGREIRA N, SIMAL-GÁNDARA J. Challenges in relating concentrations of aromas and tastes with flavor features of foods[J]. Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 2017, 57(10): 2112-2127. DOI:10.1080/10408398.2015.1048775.
- [10] 孙月娇. 不同饲养方式对肉鸡肌肉品质和挥发性物质形成的影响[D]. 北京: 中国农业科学院, 2015: 43-45.
- [11] 梁克红, 朱宏, 仇菊, 等. 不同日龄的鸡肉营养品质差异[J]. 食品工业, 2020, 41(7): 313-316.
- [12] ASTRUC T. Connective tissue: structure, function, and influence on meat quality[M]//DIKEMAN M, DEVINE C. Encyclopedia of meat sciences (2nd ed), 2014: 321-328. DOI:10.1016/B978-0-12-384731-7.00186-0.
- [13] 张晓倩, 孙悦, 池福敏, 等. 偏最小二乘回归法分析藏鸡胸肉质地特性[J]. 食品科学, 2022, 43(19): 48-57. DOI:10.7506/spkx1002-6630-20210726-297.
- [14] QI Jun, LIU Dengyong, ZHOU Guanghong, et al. Characteristic flavor of traditional soup made by stewing Chinese yellow-feather chickens[J]. Journal of Food Science, 2017, 82(9): 2031-2040. DOI:10.1111/1750-3841.13801.
- [15] 王春青, 李学科, 张春晖, 等. 不同品种鸡肉蒸煮挥发性风味成分比较研究[J]. 现代食品科技, 2015, 35(1): 208-215. DOI:10.13982/j.mfst.1673-9078.2015.1.036.
- [16] 赵文华, 王桂瑛, 王雪峰, 等. 鸡肉中挥发性物质及其影响因素的研究进展[J]. 食品工业科技, 2019, 40(21): 337-343; 351. DOI:10.13386/j.issn1002-0306.2019.21.055.
- [17] 魏超昆, 刘关瑞, 刘敦华. 淘汰蛋鸡风味特性研究[J]. 中国食品添加剂, 2016(7): 72-79. DOI:10.3969/j.issn.1006-2513.2016.07.004.
- [18] GARCA-GONZLEZ D L, RAM N A, RAM N A R. Volatile and amino acid profiling of dry cured hams from different swine breeds and processing methods[J]. Molecules, 2013, 18(4): 327-347. DOI:10.3390/molecules18043927.
- [19] 尚易. 鸡汤特征香气分析与鸡肉香精制备工艺的研究[D]. 上海: 上海应用技术学院, 2015: 12-14.
- [20] CALKINS C R, HODGEN J M. A fresh look at meat flavor[J]. Meat Science, 2007, 77(1): 63-80.
- [21] MELTON S. Effects of feeds on flavor of red meat: a review[J]. Journal of Animal Science, 1990, 68(12): 4421-4435. DOI:10.2527/1990.68124421x.
- [22] MA Q L, HAMID N, BEKHIT A E D, et al. Evaluation of pre-rigor injection of beef with proteases on cooked meat volatile profile after 1 day and 21 days post-mortem storage[J]. Meat Science, 2012, 92: 430-439. DOI:10.1016/j.meatsci.2012.05.006.
- [23] 孔宇, 李娜, 薛丽丽, 等. HS-SMPE-GC-MS分析不同烧鸡中的挥发性物质[J]. 食品研究与开发, 2017, 38(14): 164-168. DOI:10.3969/j.issn.1005-6521.2017.14.035.
- [24] WETTASINGHE M, VASANTHAN T, TEMELLI F, et al. Volatiles from roasted byproducts of the poultry-processing industry[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2000, 48: 3485-3492. DOI:10.1021/jf000122a.
- [25] 何香, 许时婴. 蒸煮鸡肉的挥发性香气成分[J]. 无锡轻工大学学报, 2001, 20(5): 497-499. DOI:10.3321/j.issn:1673-1689.2001.05.012.
- [26] ANAL J A. Headspace solid phase microextraction dynamics and quantitative analysis before reaching a partition equilibrium[J]. Food Chemistry, 1997, 69(16): 3260-3266. DOI:10.1021/ac970024x.
- [27] 孙红梅, 李侠, 张春晖, 等. 鸡骨素及其酶解液的美拉德反应产物挥发性风味成分比较分析[J]. 分析测试学报, 2013, 32(6): 661-667. DOI:10.3969/j.issn.1004-4957.2013.06.002.
- [28] 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, 29(5): 1173-1177. DOI:10.13982/j.mfst.1673-9078.2013.05.010.
- [29] CHAMPAGNE J R, NAWAR W W. The volatile components of irradiated beef and pork fats[J]. Journal of Food Science, 2010, 34(4): 335-339. DOI:10.1111/j.1365-2621.1969.tb10358.x.
- [30] MOTTRAM D S. Flavour formation in meat and meat products: a review[J]. Mottram, 1998, 62(4): 415-424. DOI:10.1016/S0308-8146(98)00076-4.
- [31] RUIZ J, VENTANAS J C R. New device for direct extraction of volatiles in solid samples using SPME[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2001, 49(11): 5115-5121.