

DOI:10.13995/j.cnki.11-1802/ts.032821

引用格式:刘春节,张涛,曾治国,等.畜禽肉类腥味物质检测与去除方法研究进展[J].食品与发酵工业,2023,49(14):338-345.

LIU Chunjie,ZHANG Tao,ZENG Zhiguo, et al. Research progress on detection and removal methods of fishy substances in livestock and poultry meat[J]. Food and Fermentation Industries,2023,49(14):338-345.

## 畜禽肉类腥味物质检测与去除方法研究进展

刘春节<sup>1</sup>,张涛<sup>2</sup>,曾治国<sup>2</sup>,尚永彪<sup>1,3\*</sup>

1(西南大学 食品科学学院,重庆,400715)2(丰都县肉牛产业发展服务中心,重庆,408200)

3(川渝共建特色食品重庆市重点实验室,重庆,400715)

**摘 要** 畜禽肉是我国动物性食品消费的主要组成部分,包括猪肉、牛肉、羊肉、鸡鸭鹅肉、兔肉等。畜禽肉通常都具有一定的腥味,如果加工不当会影响到产品品质进而影响到消费者对产品的接受程度。此前关于腥味物质的研究主要集中在水产加工领域,近年来畜禽肉类中腥味物质的研究也越来越受关注。该文综述了不同畜禽肉类腥味物质的主要成分及其含量、腥味物质检测方法及去除方法,以期后续关于畜禽肉类的研究提供参考,同时为畜禽肉的加工过程中如何降低腥味提供科学指导。

**关键词** 畜禽肉;腥味物质;检测方法;去腥方法

畜禽肉是生活中不可或缺的优质食材,肉用畜禽种类丰富,包括猪、牛、羊、兔、鸡、鸭、鹅等。畜禽肉营养丰富且口感独特,是人们补充蛋白质、脂肪等营养物质的主要选择,在人们的日常饮食组成中占有重要地位。随着生活水平的不断提高,人们对畜禽肉的品质要求也越来越高,肉的风味品质更是越来越受广大消费者的重视。据调查数据显示,独特的风味是消费者选择某种畜禽肉的重要参考原因之一,但消费者对于该种畜禽肉中的异味、腥味的接受度不同也是制约当今畜禽肉类加工行业发展的重要原因<sup>[1]</sup>。现代畜禽肉类加工行业中,各种畜禽肉中都含有令人不愉快味或者特征味,这是导致消费者无法普遍接受该种畜禽肉的重要原因之一。这些不愉快味如猪肉中存在的氨味、油脂味、热异味;牛羊肉中存在的膻味、青草味;兔肉的兔腥味;鸡鸭肉中的腥臭味、不快味等,种种不愉快味严重地制约了消费者对这些畜禽肉的选择,这些不被接受的味道通常被描述为腥味。显然,畜禽肉中腥味物质的系统研究性研究对畜禽养殖及加工业的发展具有重要的科学和市场意义。本文综述了不同畜禽肉类腥味物质的主要成分及含量,总结归纳了目前为止关于腥味物质的检测方法和去除方法,以期后续关于畜禽肉的研究提供参考,也为畜

禽肉的加工过程中如何降低腥味提供科学指导。

### 1 畜禽肉类中的腥味物质

#### 1.1 畜禽肉类所含腥味物质的成因

畜禽肉包括很多种类,不同的肉都或多或少带有腥味,腥味的最终呈现主要是由畜禽肉产品本身的味、加工生产产生的味、吸收外界物质形成的味3个因素决定的<sup>[1]</sup>。有研究表明,某些畜禽本身带某种化合物就会造成该种畜禽肉带有腥味,如粪臭素、雄烯酮等会造成猪肉带有腥味。也有研究发现不同加工处理过程也会使得畜禽肉品发生反应造成该种畜禽肉有腥味,如屠宰过程使得牛肉带有血腥味,鸡鸭在宰杀后发生脂类氧化产生醛类物质使得鸡鸭肉带有腥味。还有研究发现畜禽肉腥味可能受到外界贮藏环境或加工环境的影响,如不同温度贮藏的兔肉腥味物质不同,屠宰场的肉比超市和商场的肉带有更重的血腥味<sup>[2]</sup>。

#### 1.2 畜禽肉所含腥味物质成分及含量

近年来,学者们分别对猪肉、牛肉、羊肉、兔肉、鸡肉、鸭肉、鹅肉等畜禽肉中的腥味物质组成成分及含量开展了分析研究,不同种畜禽肉类所含腥味物质成分及含量见表1。

第一作者:硕士研究生(尚永彪教授为通信作者,E-mail:shangyb64@sina.com)

基金项目:重庆市技术创新与应用发展专项(cstc2020jcsx-tpyzxX0011)

收稿日期:2022-06-28,改回日期:2022-08-01

表 1 不同畜禽肉类腥味物质成分及其含量  
Table 1 Fishy substances and their contents in  
different livestock and poultry meats

动物类别	化合物类别	化合物名称	含量/ ( $\mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ )	呈现的腥臭味等特征味	参考文献		
猪肉	醛类	己醛	597.23	鱼腥味、油脂味、青草味、蘑菇味、土腥味、膻味	[3-4]		
		壬醛	61.80				
		庚醛	157.26				
		辛醛	99.03				
		1-辛烯-3-醇	3.58				
		己酸	8.70				
	醇类	雄甾烯酮	37.4				
	酸类	3-甲基吡啶	40.4				
其他类	2-戊基呋喃	254.20					
牛肉	醇类	1-辛烯-3-醇	26.34	蘑菇味、青草味、脂肪味、薄荷味、肝脏味	[5-7]		
		2-乙基己醇	29.91				
	酸类	己酸	16.13				
		壬酸	13.35				
	醛类	己醛	16.97				
		壬醛	104.05				
	烯炔类	右旋萜二烯	206.12				
羊肉	醛类	壬醛	126.26	青草味、油脂味、焦香味、不愉快味、脂肪味、膻味、金属味、蘑菇味	[8-9]		
		己醛	412.52				
		庚醛	29.13				
		辛醛	42.35				
		苯甲醛	33.14				
	醇类	戊醇	19.83				
		1-辛烯-3-醇	54.88				
		辛醇	14.38				
	酮类	3-羟基-2-丁酮	1.72				
2,3-辛二酮		53.17					
兔肉	醛类	己醛	50.53	青草腥、肝脏腥、金属味、醋酸味、膻味、腐臭味、泥土味	[10-11]		
		壬醛	29.23				
		2-癸烯醛	5.16				
	酸类	己酸	82.50				
	杂环类	2-戊基呋喃	52.59				
鸡肉	醛类	辛醛	141.97	脂肪味、草腥味、鸡肉腥味、霉味、蘑菇味、特殊臭味、不愉快味	[12-13]		
		苯甲醛	395.75				
		壬醛	607.68				
		己醛	2 965.72				
		2,4-癸二烯醛	13.32				
	酮类	苯乙醛	12.18				
		2-庚酮	78.06				
		2-辛酮	24.00				
		甲苯	297.75				
		辛烷	62.34				
		醇类	1-戊醇			113.09	
	1-辛烯-3-醇		1.63				
	其他类	2-戊基呋喃	611.53				
二甲基三硫醚		4.06					

续表 1					
动物类别	化合物类别	化合物名称	含量/ ( $\mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ )	呈现的腥味等特征味	参考文献
鸭肉	醛类	己醛	194.91	青草味、蘑菇味、油脂味、塑料味、杏仁味、鸭腥味、焦味	[14-16]
		2-庚烯醛	28.17		
		苯甲醛	23.83		
		壬醛	20.13		
		2,4-癸二烯醛	1.37		
	酸类	乙酸	15.22		
		壬酸	15.79		
	烷烃类	邻二甲苯	19.94		
	醇类	1-辛烯-3-醇	20.56		
	含硫化合物	二甲基二硫	82.42		
其他类	3-甲硫基丙醛	4.32			
鹅肉	其他类	2-戊基呋喃	6.95	油脂味、塑料味、青草味、脂肪味、中药味、鹅腥味	[17-18]
		2,5-辛二酮	8.57		
		3-羟基-2-丁酮	6.48		
		2-庚酮	2.49		
		2-辛酮	2.10		
	醛类	壬醛	18.08		
		己醛	26.05		
		辛醛	12.03		
		2-庚烯醛	2.31		
		癸烯醛	3.25		
	酯类	己酸乙酯	14.46		
	烷烃类	十一烷	15.84		

2 畜禽肉类腥味物质的检测方法

进行正确严谨的腥味物质的检测操作通常包括3个步骤,分别是富集与分离、检测与分析、鉴定与展示。近年来有越来越多的学者的研究都涉及对气味检测分析,使得检测方法也在不断更新迭代。目前最常用的检测方法主要是电子鼻检测技术、色谱检测技术和其他提取检测技术,这些检测方法各有特点但在应用上存在不同程度的局限性。

2.1 电子鼻检测技术

电子鼻,也被称为电子扫描仪,是一种通过模拟人类嗅觉进行气味分析判断的仪器,由气味提取器、气体传感阵列、信号处理系统等部分组成,气体传感阵列可根据不同风味化合物的响应给出风味信号图案,借助数据分析和处理反映出气味物质的信息<sup>[19]</sup>。TIKK等<sup>[20]</sup>应用电子鼻检测技术来检测猪肉,结果表明猪肉的热异味与脂质二级氧化产物有关。电子鼻检测技术的特点是无损检测且分析快速,操作简单、结果准确,是食品行业重要的分析检测工具,常应用于对畜禽肉进行品种识别、品质鉴定、工艺优化。

2.2 色谱检测技术

2.2.1 气相色谱-离子迁移谱(gas chromatography-ion mobility spectrometry,GC-IMS)

GC-IMS 是气相色谱与离子迁移谱结合的检测技

术,对高电负性和高质子亲和力的化合物响应灵敏度很高,气相色谱分离将被测样品分离后以单个组分的形式进入离子迁移区,再与试剂中的离子反应生成产物离子,产物离子再进行二维分离后到达被检测区域,最终保留时间、漂流时间和信号强度等信息组成的三维谱图在显示器上表示出来,解析该谱图便能得到样品物质信息。WANG 等<sup>[21]</sup>采用 GC-IMS 技术对不同年龄羔羊进行了挥发性成分分析并构建了风味指纹图谱,观察了不同年龄羔羊风味物质的差异,GC-IMS 还提供了 66 种羔羊的挥发性风味化合物的特征和强度信息,结果表明羊肉的主要风味化合物成分为醇类、酮类和醛类,基于所鉴定的挥发性成分及建立的羊肉风味指纹图谱,有助于羊肉挥发性成分的快速综合分析。CHEN 等<sup>[22]</sup>应用 GC-IMS 分析了肉干不同加工阶段的挥发性化合物变化情况,并建立了气味指纹图谱,还应用 GC-IMS 对生肉、腊肉进行了检测分析,结果表明不同加工阶段的肉的气味存在显著性差异,可以被有效区分。利用 GC-IMS 检测技术既能实现高效分离,也能实现痕量快速检测,同时不需要对样品进行前处理,具有分离效果好、检出限低、稳定性好、灵敏度高、可大批量分析快速样品检测等优势。适用于有复杂体系构成的食品及农产品的品质分析及易挥发组分的检测和识别,常用于现场快速检测以及大批量样品的检测。

### 2.2.2 气相色谱-质谱联用法(GC-MS)

GC-MS 是气相色谱和质谱技术相结合的检测技术<sup>[23]</sup>。气相色谱主要起分离作用,质谱发挥检测作用。待测样品先被气相色谱气化,气化的混合物被毛细管柱分离后进入质谱的离子源,接受电子流的轰击而后离子化,再检测从而得到色谱图。可控制电脑对数据进行数据处理或将质谱数据进行矫正,给出总离子流出色谱图与质量色谱图,将各成分在未知物质质谱库中检索,从而获得物质检测结果。GKARANE 等<sup>[24]</sup>以羊肉为原料,应用 GC-MS 检测技术探究了日粮组成、食用时间对羊肉挥发性风味化合物的影响。ZHAO 等<sup>[25]</sup>依靠 GC-MS 检测技术并结合溶剂辅助蒸发处理手段,对黑猪肉汤中的挥发性风味进行了分析测定,最后确定了 104 种黑猪肉汤中含有的挥发性化合物成分。GC-MS 检测技术优点在于检测灵敏度高,鉴别能力强,检出限低和消耗溶剂少,是非常成熟的检测技术。缺点是检测环境要求真空,分析前样品需要复杂的预处理,使得检测时间较长。本方法常用于痕量物质分析,且被广泛用于复杂组分的分离鉴定

以及挥发性和半挥发性样品的检测。

### 2.2.3 气相色谱-嗅闻技术联用(gas chromatography-olfactometry, GC-O)

GC-O 是在色谱柱末端安装与检测器相平行的分流口,分流后的样品组分一部分被检测器检测,一部分由专业的嗅闻人员以嗅觉检测仪器或人鼻作为检测器,对嗅探口处的香气进行记录和描述。GC-O 检测技术有稀释法、时间强度法、频率检测法、峰后强度法几类<sup>[26]</sup>。SONG 等<sup>[27]</sup>通过同时蒸馏提取和动态顶空取样结合 GC-O 技术,对牛肉中的风味前体物质和酶解牛肉的风味物质进行了对比分析。GC-O 检测技术优点在于可以确定风味化合物的气味特征及其对食品整体风味的影响,检测范围广泛,使得分析效果更加具有实际运用性。缺点是嗅闻人员的描述容易产生误差,无法定性分析,所以常与 GC-MS 联用,可将气味物质的化学结构和气味特征建立联系,成本较高。

## 2.3 其他提取与分析技术

### 2.3.1 顶空分析法

顶空分析法是一种提取气味物质的技术,分为动态和静态 2 种。静态顶空分析法是直接从样品上方的体积中取样。CARDADOR 等<sup>[28]</sup>用微波辅助和静态顶空提取技术结合 GC-MS 对肉制品中的消毒副产物进行了探究,首次建立了一种关于肉消毒副产物残留的检测方法。动态顶空分析法是使用惰性气体通过样品将其中的挥发性风味物质吹出的方法,又叫吹扫-捕集法。潘晓倩等<sup>[6]</sup>以牛肉为原料,利用吹扫-捕集法结合色谱-质谱联用技术检测了不同温度解冻时牛肉挥发性物风味物质的组成与变化。取样得到的气体输送至检测设备进行分析,常与气相色谱-质谱法联用。静态顶空优点是样品容易制备,更适用与挥发性强的原料,检测不会造成分析假象。缺点是灵敏度低,大体积进样不利于分离,通常用于检测非极性化合物。动态顶空优点是分析准确,污染小,缺点是操作成本高,回收率不稳定,适用于挥发性较低的样品原料,通常用于检测沸点低、溶解度低的挥发性或半挥发性有机物。

### 2.3.2 萃取技术

萃取技术包括固相微萃取技术、超临界 CO<sub>2</sub> 流体萃取技术、同时蒸馏提取技术。固相微萃取技术包括顶空固相微萃取、直接固相微萃取和膜保护萃取 3 种模式,该技术是利用微纤维表面的吸附剂从样品中分离分析物,能即时采样与富集,与液相、气相、气质等



分析器联用。LIU 等<sup>[29]</sup>利用顶空固相微萃取技术结合 GC-MS 检测技术以南京盐水鸭为研究对象,探索了南京盐水鸭在加工制作过程中的挥发性风味化合物变化情况,最终共计鉴定出 92 种挥发性物质,其中 57 种首次在鸭肉中被鉴定,并表明南京盐水鸭的主要挥发性风味化合物是脂肪酸降解产物。固相微萃取技术能有效节省分析时间,分析速度快,能基本实现在线分析,使检测效率得到了很大提高,但缺点是不方便加入内标定量,通常用于检测小分子、低沸点化合物。

超临界 CO<sub>2</sub> 流体萃取技术是利用流体 (CO<sub>2</sub>) 在超临界状态下兼有气体扩散性和液体溶解性的特殊性质,从复杂样品中萃取分离目标成分的方法。ARO 等<sup>[30]</sup>利用超临界萃取法并结合 GC-MS 检测技术,对海鲱鱼贮藏不同时间过程中的挥发性物质的变化情况进行了研究分析,结果共鉴定出 30 种化合物,含量最高的是十七烷和 1-十七烯。谢跃杰等<sup>[10]</sup>利用超临界 CO<sub>2</sub> 流体萃取技术提取出了兔肉腥味物质,确定了兔肉腥味物质的组成和含量。超临界萃取的主要优点是绿色环保,萃取无溶剂残留,安全性高,可有效防止热敏物质的氧化和逸散,能有效保持物质的生物活性。缺点是检测成本较高,极性物质不易收集,检测范围广,但远未普及。本方法适用于非极性化合物的检测。

同时蒸馏提取法是水蒸汽蒸馏与有机溶剂的萃取相结合的方法,样品组分的蒸汽与萃取溶剂蒸汽充分混合,冷凝后实现分离,反复循环,实现高效萃取。CHANG 等<sup>[31]</sup>采用同时蒸馏提取法对鲮鱼肉进行了检测分析,最终在鲮鱼肉中提取出挥发性化合物 24 种,其中 7 种化合物对鲮鱼的风味有显著影响。同时蒸馏提取法的优点是效率高、重复性良好、定性和定量效果好、操作简便且成本低。缺点是对蒸汽压低的组分萃取不完全,易产生副产物,对极性物质的萃取效果较差。本方法适用于大分子质量、高沸点的挥发性和半挥发性物质,是风味成分提取最常用的方法。

### 3 畜禽肉类腥味物质去除方法

为了去除畜禽肉类的腥味物质,使消费者能够获得好的食物体验,人们不断尝试各种各样的去腥方法,这些方法包括物理法去腥、化学法去腥和生物法去腥等。

#### 3.1 物理法去腥

物理法去腥主要是采用物理手段对肉品进行处

理,比如包埋掩盖、吸附脱除、辐射变性等处理操作,这些物理操作处理过程能有效去除腥味物质,并在一定程度上改善畜禽肉产品的风味品质。

##### 3.1.1 包埋法

包埋法是利用包埋剂将对挥发性物质中相对分子质量小的物质的包裹住脱除,或利用聚合物薄膜将腥味物质包裹以达到从而使得腥味降低脱腥效果,密闭的薄膜不仅可以将气味掩盖,还能减少光和氧的影响,保证产品活性物质稳定。常见的包埋剂都拥有笼子一般的结构,如  $\beta$ -环状糊精,微胶囊等。PAN 等<sup>[32]</sup>使用 3%  $\beta$ -环状糊精对虎河豚皮明胶进行脱臭,发现使用  $\beta$ -环状糊精后,腥味的强度、种类和挥发性化合物的水平都有所下降。SERFERT 等<sup>[33]</sup>以鱼油为研究对象,利用微胶囊包埋技术并添加  $\beta$ -环状糊精及其他香料物质对鱼油进行处理,使得鱼油结构发生重构,不仅将鱼油的鱼腥味显著降低,还使鱼油获得了更好的气味特征与更长的货架期。使用包埋法去腥的优点在于操作简单,比较适用于工业化产品去腥处理。但局限性在于包埋剂对大分子的包埋效果不佳,所以去腥效果有限,包埋法的处理过程受限于设备,很难在非工业场所推广,主要用于液体产品的腥味去除。

##### 3.1.2 吸附法

吸附法是利用吸附剂对气体或液体的吸附作用脱除腥味物质。吸附剂分为 2 种,一种是简单的物理吸附,如分子筛、活性炭等;另一种是具有选择性的化学吸附,如壳聚糖、树脂等。LIANG 等<sup>[34]</sup>以牡蛎为研究对象,利用不同分子质量的壳聚糖对牡蛎水解物进行脱臭和脱脂,显著降低了牡蛎的腥味。KIM 等<sup>[35]</sup>探究了活性炭包装和普通包装的猪肉经过辐照后的挥发性气味物质变化情况,结果表明,活性炭包装的猪肉的挥发性化合物含量比普通包装的更低。吸附法去腥优点在于成本低、吸附能力强,操作简单,缺点是会使产品本身的蛋白质等营养物质也被吸附,去腥主要作用于表面,使用吸附法去腥有一定使用限制,需要注意吸附剂的选择和操作条件的控制。

##### 3.1.3 辐照法

辐照法去除腥味主要是依靠辐照处理,高能电磁波使得被辐照的物质分子结构发生变化,所以产品风味特征就会发生一些改变。KIM 等<sup>[36]</sup>在 0~4℃ 下,以 3kGy 剂量辐照新鲜鸡肉、火鸡、绵羊、牛肉和猪肉产品,发现辐照处理可以减少微生物并延长这些产品的货架寿命超过 2 周,经过辐照处理后肉的硫代

巴比妥酸的水平增加,脂肪氧化量增加,结果表明辐照处理对肉的异味消除是有作用的,且对不同肉类的影响作用是相似的。LI 等<sup>[37]</sup>探究了不同辐照剂量对生鲜猪肉脂质氧化、表面颜色和挥发性物质的影响,结果表明低剂量的辐照处理对异味有一定降低作用,但超过一定限度之后会造成新的异味。辐照法去腥不涉及热处理,是一种绿色技术,但关于食品被辐照技术处理后的安全性还存有争议,所以本方法在使用时有不少注意事项。辐照法在食品领域应用广泛,多是对肉制品进行处理。

### 3.2 化学法去腥

化学方法去除畜禽肉中的腥味物质主要是通过添加一些化学用品或试剂对肉进行处理,使得腥味物质成分被去除或显著降低。主要有酸碱盐法、抗氧化剂法和美拉德反应法等方法。化学方法去除腥味常会因化学物质添加后未能去除残留而造成食品安全问题,所以在使用化学方法去腥时要控制化学试剂的用量。

#### 3.2.1 酸碱盐法

酸碱盐处理去腥法原理是酸碱可以与腥味化合物发生反应,盐可以利于腥味物质析出,添加了酸碱盐进行处理后,夹在肉表层的腥臭物质会被溶解萃取出来,从而可以减轻腥味。GONZÁLEZ-FANDOS 等<sup>[38]</sup>评估了不同乳酸浓度处理对鸡腿肉微生物及感官质量的影响,研究表明,与未经处理的对照组相比,乳酸处理过的样品异味更弱,且其他有机酸,如过氧乙酸、过氧酸和山梨酸,也显示出了影响鸡肉产品气味的潜力。XU 等<sup>[39]</sup>研究了不同浓度过氧化氢( $H_2O_2$ )浸泡处理对鲢鱼风味的影响,结果表明  $H_2O_2$  浸泡处理过的鲢鱼的主要腥味物质含量明显降低。在实际生产运用中,使用酸碱盐法不仅去腥效率很高,还能对产品进行处理从而改善某些性质,也可抑制微生物的生存减轻代谢产生的异味,但需要考虑处理后的废弃物和废水的排放问题,否则易造成环境污染,这也增大了生产成本,所以本方法的安全性、经济性需要重点关注。

#### 3.2.2 抗氧化剂法

抗氧化剂法去腥味主要是利用抗氧化剂容易被还原的特性,抗氧化剂提供的氢原子可与产生腥味物质的基团或部分腥味化合物结合,从而消除气味特征。天然抗氧化剂包括黄酮类化合物、萜烯类化合物、茶叶中茶多酚以及儿茶素化合物的作用。FU 等<sup>[40]</sup>探究了干燥方式和添加抗氧化剂对鲢鱼气味的

影响,实验中加入茶多酚,分析结果表明鲢鱼腥味降低,原因是腥味物质大多是脂肪二级氧化产物,而抗氧化剂对鲢鱼肉起到了一定的保护作用。SORIANO 等<sup>[41]</sup>以气调保鲜包装猪肉为研究对象,研究了橡木提取物作为抗氧化剂对猪肉肉饼的抗氧化活性和抗微生物活性的影响,还对贮藏期间猪肉肉饼的挥发性成分进行了监测和感官评价,最后发现经过处理后的猪肉与空白组对比,抗氧化能力提高,脂质氧化产生的异味明显减少,橡木水提取物的添加还使得猪肉肉饼有了香甜味,改善了猪肉肉饼的感官质量。抗氧化剂法的优点在于去腥效果明显,操作简便。缺点在于处理后的产品有部分营养物质损失,不同抗氧化剂处理工艺对不同产品的效果参差不齐且产品稳定性不好。本方法主要适用于易氧化的产品去腥处理与风味调控,主要应用于肉制品加工处理。

#### 3.2.3 美拉德反应法

美拉德反应法去腥是利用氨基酸、小分子肽、蛋白质的氨基,由还原糖的羰基反应生成多种独特的风味化合物(如酚类、醇类、烃类、蛋白质交联产物)来掩盖原料本身异味的一种脱腥方法。KOUAKOU 等<sup>[42]</sup>探究了不同糖添加量用于激活美拉德反应后对鲢鱼腥味的影响,结果表明 10 g 糖足以激活美拉德反应并对鱼肉的腥味有较好的掩盖。SUN 等<sup>[43]</sup>以鸡骨头为研究对象,采用高效液相色谱对其非挥发性和挥发性成分进行分析,探究了鸡骨水解提取物在美拉德反应过程中的风味品质变化,研究结果表明反应过程中鲜味物质先增加后减少再稳定,并且美拉德反应过程使得鸡骨水解提取物中的苦味物质显著降低,证明了美拉德反应是一种去除异味的有效途径。美拉德反应法优点在于可有效掩盖肉品的不良风味,并对肉品的风味、色泽等品质有一定改善作用。缺点在于美拉德反应会造成部分氨基酸及蛋白质等营养成分的损失。本方法主要应用于蛋白质类化合物的脱腥处理及风味改良。

### 3.3 生物法去腥

生物法去腥味是依靠微生物的新陈代谢过程或微生物的酶,对腥味物质的分子结构进行转换和修饰,从而去除腥味的方法。

#### 3.3.1 酵母脱腥法

酵母脱腥包含物理性脱除和生物性脱除。物理性脱除是利用酵母的疏松结构将腥味物质吸附住,且发酵过程中会产生具有掩蔽作用的代谢物。生物性脱除则是酵母或酵母产生的酶将醛、酮等腥味物质当

作底物反应掉。YU 等<sup>[44]</sup>以豪猪猪肝为研究对象,对比了  $\beta$ -糊精包埋法和酵母发酵法对腥味去除的效果,最终结果表明 2 种方法都能更好地减轻豪猪猪肝的腥味物质,其中酵母发酵法效果更好。酵母发酵法对畜禽肝脏肉腥味去除有效,对市面上常被消费的畜禽肉也有明显效果。CAI 等<sup>[45]</sup>探究了发酵处理对鸭腿风味的影响,结果表明酵母发酵可产生谷氨酸,会提高鸭腿肉的鲜味风味,对鸭肉产品感官有改良作用。酵母发酵脱腥法优点是处理过程蛋白质的损失少,酵母的多孔结构有一定的吸附作用使得去腥效果更明显。缺点是酵母的使用量大,容易引入新的异味,且仅适用于发酵肉制产品,所以具有较大局限性。

### 3.3.2 微生物(酶)法

微生物(酶)法主要是微生物在发酵过程中会造成环境中的  $\text{CO}_2$  含量、含氮量及 pH 值的突变,抑制兼性厌氧菌的还原作用,减少三甲胺的形成,代谢过程会产生酶或者消耗掉腥味基团,从而减少肉产品的腥味。HERRANZ 等<sup>[46]</sup>探究了利用乳酸菌发酵对香肠品质的影响,结果表明乳酸发酵增加了香肠中挥发性风味物质的含量,主要是醛类、酯类和游离脂肪酸等物质,对香肠的风味有了明显改善。ZHAO<sup>[47]</sup>等采用保加利亚乳杆菌和安琪酵母对猪肉进行发酵处理,研究结果表明处理后的猪肉 pH 值降低,发酵过程中产生的蛋白酶降解了猪肉中的部分蛋白质,也增加了游离氨基酸和脂肪酸的含量,显著改善了肉质与风味。微生物(酶)法的优点在于处理简单有效,对产品的风味有明显改变。缺点在于改变了产品的酸碱环境,容易引起其他微生物滋长,同时本方法处理后造成的新风味并不能得到普遍认同,安全性也存在争议。本方法主要适用于发酵产品或涉及微生物酶处理的产品。

## 4 总结与展望

当今社会,消费者对畜禽肉类制品的品质、风味、口感等方面的要求越来越高,肉类产品种类繁多并且加工方式更加多元化,通过识别腥味物质并正确选用脱腥方法,在关注安全性与经济性的同时采用多种方法联用对腥味物质进行检测和去除,是高效且必要的,能在生产加工中更好地控制产品质量、提高产品的市场竞争力。同时,原畜禽肉类中腥味较重的肝脏废弃料、边角料等通过去腥处理后风味品质能够得到大幅度提升、给消费者带来新的感官体验,副产物的加工利用能够创造出更多经济效益,有利于畜禽产业

的良性发展。

目前已知的腥味去除方法多样,但都有一定的局限性,正确的选择去除腥味物质的方法需要综合考虑,需要重点关注实用性和经济性以及安全性,同时也要兼顾消费者对不同畜禽肉产品的独特需求。此外,关于特定腥味物质成分的去除以及去腥处理对畜禽肉其他品质的影响研究还相对缺乏,未来可以考虑从分子结构层面探究脱腥的机理,研究更为高效的腥味物质去除方法,探索更有针对性的腥味物质脱除工艺。

## 参 考 文 献

- [1] 黄铭逸,李藏兰,郑江霞. 畜禽产品风味与评价技术的研究进展[J]. 中国畜牧杂志, 2020, 56(7):12-17.  
HUANG M Y, LI C L, ZHENG J X. Research progress on flavors of animal products and the evaluation[J]. Chinese Journal of Animal Science, 2020, 56(7):12-17.
- [2] 黄春红,冷瑞丹. 肉类食品中典型异味物质研究进展[J]. 肉类研究, 2020, 34(3):88-93.  
HUANG C H, LENG R D. A Review of studies on typical off-flavor substances in fish and meat[J]. Meat Research, 2020, 34(3):88-93.
- [3] 周振金. 肉用公猪膻味物质及攻击行为的调控研究[D]. 南京: 南京农业大学, 2015.  
ZHOU Z J. Study on the regulation of odor substances and aggressive behavior of meat boars[D]. Nanjing: Nanjing Agricultural University, 2015.
- [4] 徐梓焱,舒畅,罗中魏,等. 响应面法优化 HS-SPME-GC-MS 法检测猪肉中挥发性风味物质[J]. 食品工业科技, 2021, 42(6):252-259.  
XU Z H, SHU C, LUO Z W, et al. Optimization of the HS-SPME-GC-MS technique for determination of volatile flavor compounds in pork by response surface methodology[J]. Science and Technology of Food Industry, 2021, 42(6):252-259.
- [5] TAKAKURA Y, SAKAMOTO T, HIRAI S, et al. Characterization of the key aroma compounds in beef extract using aroma extract dilution analysis[J]. Meat Science, 2014, 97(1):27-31.
- [6] 潘晓倩,张顺亮,李素,等. 吹扫/捕集-热脱附-气相色谱-质谱联用法分析不同解冻温度对牛肉风味品质的影响[J]. 肉类研究, 2019, 33(1):60-65.  
PAN X Q, ZHANG S L, LI S, et al. Effect of different thawing temperatures on the flavor quality of frozen beef as analyzed by purge/trap-thermal desorption-gas chromatography-mass spectrometry[J]. Meat Research, 2019, 33(1):60-65.
- [7] MACHIELS D, ISTASSE L, VAN RUTH S M. Gas chromatography-olfactometry analysis of beef meat originating from differently fed Belgian Blue, Limousin and Aberdeen Angus bulls[J]. Food Chemistry, 2004, 86(3):377-383.
- [8] BUENO M, RESCONI V C, CAMPO M M, et al. Gas chromatographic-olfactometric characterisation of headspace and mouthspace key aroma compounds in fresh and frozen lamb meat[J]. Food Chemistry, 2011, 129(4):1909-1918.
- [9] 罗玉龙. 放牧与舍饲条件下苏尼特羊肉风味差异及形成机制研



- 究[D]. 呼和浩特:内蒙古农业大学, 2019.
- LUO Y L. Study on the flavor difference and formation mechanism of Su Nite mutton under grazing and house feeding conditions[D]. Hohhot: Inner Mongolia Agriculture University, 2019.
- [10] 谢跃杰, 贺稚非, 李洪军. 超临界 CO<sub>2</sub> 流体萃取兔肉腥味物质[J]. 中国农业科学, 2016, 49(16): 3 208–3 218.
- XIE Y J, HE Z F, LI H J. The Odor of rabbit meat extracted by supercritical carbon dioxide fluid extraction[J]. Scientia Agricultura Sinica, 2016, 49(16): 3 208–3 218.
- [11] 邓大川, 贺稚非, 张东, 等. 顶空气相色谱法测定兔肉中挥发性风味物质己醛和己酸[J]. 食品与发酵工业, 2018, 44(3): 235–240.
- DENG D C, HE Z F, ZHANG D, et al. Determination of volatile compounds hexanal and hexanoic acid in rabbit meat by headspace gas chromatography[J]. Food and Fermentation Industries, 2018, 44(3): 235–240.
- [12] XU Y, CHEN Y P, DENG S L, et al. Application of sensory evaluation, GC-ToF-MS, and E-nose to discriminate the flavor differences among five distinct parts of the Chinese blanched chicken[J]. Food Research International, 2020, 137: 109669.
- [13] 魏庆. 基于脂质和风味组学的泰和乌鸡与白羽肉鸡胸肉食用品质比较研究[D]. 天津: 天津农学院, 2021.
- WEI Q. Comparative study on the edible quality of Taihe black-bone chicken and white-feather chicken breast based on lipid and flavor genomics[D]. Tianjin: Tianjin Agricultural University, 2021.
- [14] 曾凡斌. 不同品种鸭肉在加工过程中风味变化研究[D]. 武汉: 华中农业大学, 2013.
- ZENG F B. Study on flavor changes of different varieties of duck meat during processing[D]. Wuhan: Huazhong Agricultural University, 2013.
- [15] 刘春利. 不同日龄鸭肉主体风味物质的研究[D]. 宁波: 宁波大学, 2013.
- LIU C L. Study on the main flavor substances of duck meat at different ages[D]. Ningbo: Ningbo University, 2013.
- [16] 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.
- LIU Y. Study on the flavor of duck meat and its changes during processing[D]. Nanjing: Nanjing Agricultural, 2006.
- [17] 汪学荣, 邹朝文, 章杰, 等. 不同日龄和部位肉鸡肉挥发性成分的 GC-MS 分析[J]. 肉类工业, 2018(7): 41–47.
- WANG X R, ZOU C W, ZHANG J, et al. GC-MS analysis of volatile components in different day old and sites of stewed goose meat[J]. Meat Industry, 2018(7): 41–47.
- [18] 赵北辰, 段立昆, 刘鸿中, 等. 不同浓度的植物乳杆菌对风鹅风味的作用[J]. 农产品加工, 2019(19): 44–48; 52.
- ZHAO B C, DUAN L K, LIU H Z, et al. Effect of different concentrations of *Lactobacillus plantarum* on volatile flavors of dry-cured goose[J]. Farm Products Processing, 2019(19): 44–48; 52.
- [19] JIA W S, LIANG G, WANG Y L, et al. Electronic noses as a powerful tool for assessing meat quality: A mini review[J]. Food Analytical Methods, 2018, 11(10): 2 916–2 924.
- [20] TIKK K, HAUGEN J E, ANDERSEN H J, et al. Monitoring of warmed-over flavour in pork using the electronic nose-correlation to sensory attributes and secondary lipid oxidation products[J]. Meat Science, 2008, 80(4): 1 254–1 263.
- [21] WANG F, GAO Y Q, WANG H B, et al. Analysis of volatile compounds and flavor fingerprint in Jingyuan lamb of different ages using gas chromatography-ion mobility spectrometry (GC-IMS)[J]. Meat Science, 2021, 175: 108449.
- [22] CHEN M J, CHEN T, QI X P, et al. Analyzing changes of volatile components in dried pork slice by gas chromatography-ion mobility spectroscopy[J]. CYTA-Journal of Food, 2020, 18(1): 328–335.
- [23] MACHIELS D, VAN RUTH S M, POSTHUMUS M A, et al. Gas chromatography-olfactometry analysis of the volatile compounds of two commercial Irish beef meats[J]. Talanta, 2003, 60(4): 755–764.
- [24] GKARANE V, BRUNTON N P, ALLEN P, et al. Effect of finishing diet and duration on the sensory quality and volatile profile of lamb meat[J]. Food Research International, 2019, 115: 54–64.
- [25] ZHAO J, WANG M, XIE J C, et al. Volatile flavor constituents in the pork broth of black-pig[J]. Food Chemistry, 2017, 226: 51–60.
- [26] 何晓娜, 席斌, 王芳, 等. 畜禽肉中风味物质检测方法研究进展[J]. 保鲜与加工, 2021, 21(4): 139–145.
- HE X N, XI B, WANG F, et al. Research progress of detection methods of flavor substances in livestock and poultry meat[J]. Storage and Process, 2021, 21(4): 139–145.
- [27] SONG H L, XIA L J. Aroma extract dilution analysis of a beef flavouring prepared from flavour precursors and enzymatically hydrolysed beef[J]. Flavour and Fragrance Journal, 2008, 23(3): 185–193.
- [28] CARDADOR M J, GALLEGO M. Simultaneous determination of 14 disinfection by-products in meat products using microwave-assisted extraction and static headspace coupled to gas chromatography-mass spectrometry[J]. Journal of Chromatography A, 2017, 1509: 9–15.
- [29] LIU Y, XU X L, OUYANG G F, et al. Changes in volatile compounds of traditional Chinese Nanjing water-boiled salted duck during processing[J]. Journal of Food Science, 2006, 71(4): S371–S377.
- [30] ARO T, BREDE C, MANNINEN P, et al. Determination of semivolatile compounds in Baltic herring (*Clupea harengus membras*) by supercritical fluid extraction-supercritical fluid chromatography-gas chromatography-mass spectrometry[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2002, 50(7): 1 970–1 975.
- [31] CHANG Y F, HOU H, LI B F. Identification of volatile compounds in codfish (*Gadus*) by a combination of two extraction Methods coupled with GC-MS analysis[J]. Journal of Ocean University of China, 2016, 15(3): 509–514.
- [32] PAN J F, JIA H, SHANG M J, et al. Effects of deodorization by powdered activated carbon, beta-cyclodextrin and yeast on odor and functional properties of tiger puffer (*Takifugu rubripes*) skin gelatin[J]. International Journal Of Biological Macromolecules, 2018, 118: 116–123.
- [33] SERFERT Y, DRUSCH S, SCHWARZ K. Sensory odour profiling and lipid oxidation status of fish oil and microencapsulated fish oil[J]. Food Chemistry, 2010, 123(4): 968–975.
- [34] LIANG S Q, ZHANG T, FU X D, et al. Partially degraded chitosan-based flocculation to achieve effective deodorization of oyster (*Crassostrea gigas*) hydrolysates[J]. Carbohydrate Polymers, 2020, 234: 115948.
- [35] KIM J H, LEE J W, SHON S H, et al. Reduction of volatile compounds and off-odor in irradiated ground pork using a charcoal

- packaging[J]. Journal of Muscle Foods, 2008, 19(2):194–208.
- [36] KIM Y H, NAM K C, AHN D U. Volatile profiles, lipid oxidation and sensory characteristics of irradiated meat from different animal species[J]. Meat Science, 2002, 61(3):257–265.
- [37] LI C L, HE L C, JIN G F, et al. Effect of different irradiation dose treatment on the lipid oxidation, instrumental color and volatiles of fresh pork and their changes during storage[J]. Meat Science, 2017, 128:68–76.
- [38] GONZÁLEZ-FANDOS E, HERRERA B, MAYA N. Efficacy of citric acid against *Listeria monocytogenes* attached to poultry skin during refrigerated storage[J]. International Journal of Food Science and Technology, 2009, 44(2):262–268.
- [39] XU Y S, YANG Y Y, LIU C K, et al. Modification of volatile profiles of silver carp surimi gel by immersion treatment with hydrogen peroxide ( $H_2O_2$ ) [J]. International Journal of Food Science And Technology, 2021, 56(11):5 726–5 737.
- [40] FU X J, LIN Q L, XU S Y, et al. Effect of drying methods and antioxidants on the flavor and lipid oxidation of silver carp slices[J]. LWT-Food Science and Technology, 2015, 61(1):251–257.
- [41] SORIANO A, ALAÑÓN M E, ALARCON M, et al. Oak wood extracts as natural antioxidants to increase shelf life of raw pork patties in modified atmosphere packaging[J]. Food Research International, 2018, 111:524–533.
- [42] KOUAKOU C, BERGE J P, BARON R, et al. Odor modification in salmon hydrolysates using the maillard reaction[J]. Journal of Aquatic Food Product Technology, 2014, 23(5):453–467.
- [43] SUN H M, WANG J Z, ZHANG C H, et al. Changes of flavor compounds of hydrolyzed chicken bone extracts during maillard reaction[J]. Journal of Food Science, 2014, 79(12):C2415-C2426.
- [44] YU X P, CHEN L, SHENG L, et al. Volatile compounds analysis and off-flavors removing of porcupine liver[J]. Food Science And Technology Research, 2016, 22(2):283–289.
- [45] CAI Z D, RUAN Y F, HE J, et al. Effects of microbial fermentation on the flavor of cured duck legs[J]. Poultry Science, 2020, 99(9):4 642–4 652.
- [46] HERRANZ B, FERNÁNDEZ M, HIERRO E, et al. Use of *Lactococcus lactis* subsp. *cremoris* NCDO 763 and alpha-ketoglutarate to improve the sensory quality of dry fermented sausages[J]. Meat Science, 2004, 66(1):151–163.
- [47] ZHAO C Q, CHEN Z C, LI Y B. Pork jerky fermented with *Lactobacillus bulgaricus* and angel yeast[J]. Pakistan Journal of Zoology, 2018, 50(5):1 763–1 769.

## Research progress on detection and removal methods of fishy substances in livestock and poultry meat

LIU Chunjie<sup>1</sup>, ZHANG Tao<sup>2</sup>, ZENG Zhiguo<sup>2</sup>, SHANG Yongbiao<sup>1,3\*</sup>

1(College of Food Science, Southwest University, Chongqing 400715, China)

2(Fengdu County Service Center for Beef Cattle Industry Development, Chongqing 408200, China)

3(Chongqing Key Laboratory of Speciality Food Co-Built by Sichuan and Chongqing, Chongqing 400715, China)

**ABSTRACT** Livestock and poultry meat is the main component of animal food consumption in China, including pork, beef, mutton, chicken, duck, and goose, rabbit meat, etc. Livestock and poultry meat usually has a certain fishy taste, if it is not processed properly, it will affect the quality of the product and thus affect the acceptance of the product by consumers. Previous research on fishy substances has mainly focused on the field of aquatic processing, and in recent years, the research on fishy substances in livestock and poultry meat has also attracted more and more attention. In this paper, the main components and contents of fishy substances in different livestock and poultry meats, the detection methods and removal methods of fishy substances were reviewed to provide a reference for subsequent research on livestock and poultry meat, and also provide scientific guidance on how to reduce the fishy taste during the processing of livestock and poultry meat.

**Key words** livestock and poultry meat; fishy substances; detection methods; de-fishy method