

肉制品风味物质研究与分析进展

周芳伊^{1,2}, 张泓¹, 黄峰¹, 胡宏海¹, 张雪¹, 刘倩楠¹, 张春江^{1,*}

(1.中国农业科学院农产品加工研究所, 农业部农产品加工综合性重点实验室, 北京 100193;

2.河北大学质量技术监督学院, 河北保定 071002)

摘要: 研究肉制品风味物质的组成和含量对于评价肉制品质量、指导肉制品生产、改进加工工艺等具有重要意义。本文就肉制品风味物质的提取方法和分析技术及其应用情况进行了综述, 分析比较了各种提取方法、分析及测定技术的优缺点, 以为肉制品风味物质的研究提供参考。

关键词: 肉制品; 风味物质; 分析

Advances in Research and Analysis of Flavor Compounds in Meat Products

ZHOU Fangyi^{1,2}, ZHANG Hong¹, HUANG Feng¹, HU Honghai¹, ZHANG Xue¹, LIU Qiannan¹, ZHANG Chunjiang^{1,*}

(1.Comprehensive Key Laboratory of Agro-Products Processing, Ministry of Agriculture, Institute of Agro-Products Processing Science & Technology, Chinese Academy of Agricultural Science, Beijing 100193, China;

2.College of Quality and Technical Supervision, Hebei University, Baoding 071002, China)

Abstract: Analysis of the flavor compounds of meat products is important for evaluating meat quality, guiding meat production, and improving processing technology. In this paper, various extraction methods and analytical techniques for meat flavor and their applications are reviewed, and their advantages and disadvantages are pointed out aiming to provide references for future studies in this field.

Key words: meat products; flavor compounds; analysis

中图分类号: TS251.1

文献标志码: A

文章编号: 1001-8123 (2015) 07-0034-04

doi: 10.7506/rlyj1001-8123-201507008

随着生活水平的提高, 人们的消费意识也在不断变化, 更加注重食品的营养价值和风味品质。风味特性是肉制品的重要品质之一, 风味的好坏直接影响消费者的购买意向。本文综述了肉制品风味物质的形成途径以及不同加工方式对其产生的影响, 同时比较了常用的风味化合物的提取、测定以及分析方法, 以为肉制品的风味研究提供参考。

1 肉制品风味物质的形成

1.1 风味物质的生成途径

肉制品的风味成分与果蔬等经自然成熟而来的一些香气成分不同, 不是由单一化合物而是一系列的挥发性化合物共同作用的结果^[1]。风味作为肉制品最重要的食用品质之一, 风味成分复杂, 形成途径多样。肉制品特异性风味与原料特性有关, 如品种、年龄、饲养因素、屠宰因素、温度等^[2]。深加工肉制品风味物质的产生主要发

生在加热熟化过程, 如高压炖煮、微波加热、卤制、发酵、烧烤等^[3]。目前肉制品中检测到的挥发性香气成分多达千余种, 主要包括醛类、酮类、醇类、酚类、呋喃、吡嗪等, 这些物质主要来源于美拉德反应、脂肪氧化、氨基酸及硫胺素的降解等过程^[4]。肉制品中风味物质的主要前体物质、反应方式及主要芳香成分见表1。已有研究表明: 脂质氧化是南京板鸭风味形成的最主要来源^[5]; 小分子多肽, 游离氨基酸和游离脂肪酸是火腿滋味物质的核心成分^[6]; 含硫化物通过Strecker分解形成硫醇, 风味阈值较低, 对符离集烧鸡整体风味贡献很大^[7]。

表1 肉制品中风味物质的形成

Table 1 Formation of flavor compounds in meat products

前体物质	反应方式	主要芳香成分	参考文献
酯类	脂质氧化、水解	醇类、醛类、酮类、呋喃和内酯等	[8]
糖类	美拉德反应、焦糖化	酮类、醛类、醇类、呋喃及其衍生物等	[9]
硫胺素	热降解	呋喃、呋喃硫醇、噻吩和含硫脂肪族化合物等	[10]
氨基酸及肽类	美拉德反应、Strecker分解	噻唑、噻吩及含硫化物、吡嗪等	[11]
含硫化物	热降解、美拉德反应、Strecker分解	硫醇、硫醚、多硫化物、噻吩、噻唑等	[12]

收稿日期: 2015-03-05

基金项目: “十二五” 国家科技支撑计划项目 (2014BAD04B08); 国家农业科技创新工程项目

作者简介: 周芳伊 (1991—), 女, 硕士, 研究方向为食品质量检测技术。E-mail: zhoufangyi1991@foxmail.com

*通信作者: 张春江 (1976—), 男, 高级工程师, 博士, 研究方向为肉类食品加工装备。E-mail: chjiang1976@126.com



1.2 加工方式对风味成分的影响

1.2.1 超高压处理

超高压处理作用于肉制品中非共价键,使酶、蛋白质变性失活,并且破坏肌肉中溶酶体,使蛋白酶溶出加速肌肉蛋白的水解增加肉中可溶性物质和游离氨基酸的含量以改善肉风味^[13]。丁晔等^[14]发现,经过超高压处理后的羊肉有明显的脱膻效果,提高了清蒸羔羊肉的整体风味品质。沈旭娇等^[15]对真空包装盐水鸭胸肉分别经200 MPa/20 °C、200 MPa/30 °C、200 MPa/40 °C、400 MPa/20 °C、400 MPa/30 °C、400 MPa/40 °C不同条件下使用PNE3型便携式电子鼻进行检测,结合主成分分析(principal component analysis, PCA)和线性判别方法(linear discriminant analysis, LDA)进行气味分析,结果表明,在200 MPa/20 °C条件下处理的产品更接近产品原有的味道。

1.2.2 微波加热

微波加热是将电能转化为高频微波,使食物中的小分子,如水分子和脂肪小分子吸收微波后剧烈振动而产生热能的一种加热方式,振动产生的能量使肉制品完成熟制^[16]。微波加热具有加热速度快、时间短、对食品中营养成分破坏小等优点。微波加热是由里向外同时受热,与传统加热方式如炖煮、烘焙等由外向里的热传导方式不同,更有利于风味前体物与氨基酸的美拉德反应进行,因此形成肉制品的风味和质地方面也存在很大区别。罗章等^[17]对牦牛肉进行微波加热、高压炖煮和常温水煮3种不同的热处理方法,结果表明,微波加热形成风味物质种类最多,高压炖煮次之,常温水煮最差,这些风味化合物的产生主要来源于脂肪的氧化和美拉德反应。马文睿等^[18]分析了鸡肉在腌制、油炸和微波复热过程中风味物质变化规律,采用固相微萃取技术共检测出110种挥发性风味物质,其中原料肉中检测出36种,腌制后检测出48种,油炸后检测出46种,微波复热后检测出57种,短时间的微波加热使含氮杂环化合物含量升高,并且产生了2,5-二甲基吡嗪、2,3-二甲基吡嗪、2,3,5-三甲基吡嗪、3,5-二甲基-2-乙基吡嗪等具有烤肉香气的新物质。

1.2.3 卤制

卤制肉制品因风味独特、肉感细腻,深受消费者的喜爱。天福号酱肘子、道口烧鸡、月盛斋酱牛肉以及德州扒鸡等都是其代表产品。原料肉先经清水预煮去除血水后,然后加入食盐、酱油、老汤以及香辛料煮制而成,某些产品还需经烟熏等工艺。酱卤肉因加入香辛料种类、数量不同,形成特有的风味。肉在卤制过程中,蛋白质和脂肪等大分子物质缓慢水解、氧化降解,被分解成多肽、游离氨基酸、核苷酸,以及磷脂类物质,赋予肉制品丰富的滋味和芳香味。酱卤肉制品的核心工艺

是卤煮,温度、时间、火候不同皆对风味产生很大影响。唐春红等^[19]采用气相色谱-质谱及电子鼻,并结合功能指数和模糊数学的方法,对经过白煮、定量卤制及传统卤制处理的白羽肉鸡鸡腿的挥发性风味化合物成分进行测定分析,结果表明,定量卤制的挥发性风味化合物含量更高,种类更多,功能指数更高,定量卤制方法对鸡腿肉有较明显的风味优势。武苏苏等^[20]为了研究卤鸡腿肉挥发性风味物质随煮制时间风味的变化规律,以鸡腿肉为原料,在道口烧鸡配方的基础上将香辛料加倍,对不同煮制时间的鸡腿肉的挥发性成分进行测定,结果表明,鸡肉挥发性风味物质的种类及含量随煮制时间不同而产生变化,在煮制前期变化较快,主要是由于香辛料的引入,后期逐渐变慢,当煮制时间到90 min,此时风味前体物质热反应趋于稳定,形成的风味无明显变化。

1.2.4 发酵

发酵是肉制品加工的特异性方法之一,以新鲜畜肉为原料在人工控制或自然条件下,借助微生物发酵作用,经过一系列腌制、发酵、干燥等工艺手段,生产出风味独特、品质稳定,具有较长保质期的发酵肉制品^[21]。发酵肉制品中的风味物质由肉中蛋白质水解、脂肪氧化或者微生物作用产生,发酵肉制品的产地、选用的原料、加工工艺等也会对其风味产生有很大影响。周才琼等^[22]发现微生物分泌的酶类使脂肪和蛋白质降解成醛、酮、醇、酸等物质,并发生一定程度的酯化反应,而形成酸肉的特有风味,其中2,4-癸二烯醛、葵酸乙酯、桉油醇、2-乙氧基乙基硫烷基醋酸和2-甲氧基苯酚等是酸肉特征香气的主要风味物质。赵改名等^[23]以杂交猪后腿为原料,按照传统金华火腿加工工艺从6个不同加工时期取样,研究其挥发性风味化合物的形成规律,通过气相色谱-质谱联用(gas chromatography-mass spectrometry, GC-MS)分析发现,随着加工的进程产生了大量的醛、醇、烃、酮、酸和脂等风味物质,肌肉中的烃、醛、酯、吡啶、呋喃等挥发性化合物在晒腿和成熟中期含量较高,而含硫化合物、内酯和吡嗪等在整个加工过程中逐渐上升。王恺等^[24]研究了不同发酵剂对发酵香肠挥发性风味物质的影响,结果表明,植物乳杆菌与弯曲乳杆菌发酵更有利于良好风味的形成。

1.2.5 烧烤

烧烤是历史最悠久的肉类加工方式,烧烤肉制品由于其独特的香味而深受消费者的青睐。烧烤肉风味主要是在烧烤条件下肉中天然组分发生美拉德反应而产生的。秦刚等^[25]采用偏最小二乘回归和电子鼻分析不同烤制温度条件下荣昌猪肉风味物质变化,结果表明,在烤制中心温度达到80 °C时烤肉的基本风味已经形成,并且在不同烤制阶段对肉类风味所引起主要贡献的化合物种类不同,在荣昌猪肉的烤制加工过程中吡嗪化合物变化

比较显著。戴欣玮等^[26]采用碳烤和电烤两种加工方式,研究其对广式烤鸭挥发性风味成分组成的影响,共检测出包括烃类、醛类、酮类、醇类、酯类、酸类、含氮含硫化物和杂环类及呋喃类等161种风味物质,碳烤烤鸭风味化合物总量高于电烤烤鸭,主要体现在烃类、醛类、酮类和酸类物质上,顺-2-甲基-7-十八烯、糠醛、(E)-2-癸烯醛、(Z)-2-辛烯-1-醇、3-甲基噻吩、2-乙基噻吩、二乙基二硫醚、3,5-辛二烯-2-酮、3-辛酮和茴香脑等10种有机物是碳烤烤鸭的特有物质。

2 肉制品风味物质的分析方法

2.1 肉制品风味物质提取方法

肉类风味物质主要的提取方法有同时蒸馏萃取法(simultaneous distillation extraction, SDE)、固相微萃取法(solid phase micro extraction, SPME)和超临界流体萃取法(supercritical fluid extraction, SFE)等,主要目的是富集浓缩风味成分,以便进行风味分析。风味成分提取富集操作中,要求尽量减小对风味成分的破坏,更避免在提取步骤中掺入外来气味从而影响风味的分析。三类风味成分提取方法的特点如表2所示。

表2 风味化合物提取技术
Table 2 Extraction techniques for flavor compounds

提取技术	原理	特点	应用
同时蒸馏萃取	样品中的挥发性风味物质蒸馏出之后,再经有机溶剂萃取	时间短,使用萃取剂少,设备和操作简单	发酵香肠 ^[27] 、干腌火腿 ^[28] 风味分析
固相微萃取	通过微纤维萃取头表面的吸附剂对食品中风味物质进行采集	集采样、浓缩、进样于一体,无溶剂使用,灵敏度高	牛肉脂肪挥发性成分提取 ^[29]
超临界流体萃取	以超临界流体替代萃取剂对食品中风味物质进行提取分离	可将物质按极性大小、沸点高低和分子量大小一次萃取出来,萃取效率高	鸡腿菇、花生风味成分分析

2.2 肉制品风味物质的测定方法

电子鼻(electronic nose, EN)、电子舌(electronic tongue, ET)是快速测定肉制品风味的有效手段。目前,已经利用电子鼻和电子舌在肉制品检测领域开展了很多研究,如:品质分级^[30]、产地及品种鉴定^[31-32]、新鲜度鉴定^[32-33]、掺假鉴别^[33-34]、建立预测模型^[35]等。GC-MS是肉制品风味最重要的鉴定方式,能够准确地定性分析大部分的风味物质。赵冰等^[36]利用GC-MS对3种不同厂家生产的广式腊肉风味进行分析,共鉴定出35种相同风味,约占挥发性成分的60%。随着仪器的不断发展,近年来气相色谱-嗅闻技术(gas-olfactometry, GC-O)引入到风味物质检测中。GC-O能够有效的鉴定出风味成分中的关键活性物质,它能弥补GC-MS检测不能确定物质对风味贡献程度的缺点。Bueuo等^[37]采用GC-O从新鲜羊肉和冷冻羊肉中共检测出8种不同的香味物质。3类检测分析方法的使用特点如表3所示。

表3 各种风味物质分析方法的特点
Table 3 Characteristics of different analytical methods used in detection of flavor substances

分析方法	优点	缺点
EN/ET	1) 无需复杂的预处理,分析快,操作简单 2) 能够最大程度避免误差,重复性好 3) 测定过程无需化学试剂,节能环保	1) 无法准确对某一风味物质定量、定性 2) 检测结果受环境影响较大
GC-MS	1) 能够准确对某一风味物质定量、定性 2) 检测灵敏度高	1) 无法确定单一风味活性物质对整体风味贡献大小 2) 不能鉴定低含量的有效风味物质
GC-O	1) 能够确定产品中关键风味物质 2) 检测灵敏度高	1) 不能独立应用,需要配合GC-MS使用 2) 仪器价格较高

3 结 语

肉制品风味特征是肉制品品质的一项重要指标,直接影响消费者的选择性。目前单独采用一种分离提取方法难以将肉制品的所有风味化合物全部提取出来,有必要开发高效高通量的肉制品风味成分提取分离技术。对风味化合物的分析,也仅限于成分鉴定,而对于风味物质分析和感官评价的关联性研究,并没有实质性突破,从而难以实现风味控制的数字化,更谈不上对加工过程进行有效控制产生一致的风味。随着提取技术的进步,食品风味物质的分离会更加完善;随着色谱技术和波谱技术的日趋完善,对肉类加工过程中风味变化的分子机理认识不断深入,会推动肉制品风味研究迈上新的台阶。

参考文献:

- [1] 詹萍. 羊肉特征香气成分的鉴定及其肉味香精的制备[D]. 无锡: 江南大学, 2013: 16.
- [2] 顾媛. 荣昌猪肉品理化特性及膻味物质研究[D]. 重庆: 西南大学, 2010: 9.
- [3] 冯宇隆. 北京鸭风味物质的分离鉴定及其脂类对鸭肉风味的影响[D]. 北京: 中国农业科学院, 2014: 4.
- [4] 喻倩倩, 朱亮, 孙承锋, 等. 顶空固相微萃取-气质联用分析烧肉中挥发性风味成分[J]. 食品工业, 2014(7): 251-255.
- [5] 徐为民. 南京板鸭加工过程中脂类物质及挥发性风味成分变化研究[D]. 南京: 南京农业大学, 2008: 107.
- [6] 赵景丽. 金华火腿风味形成过程中游离氨基酸参与的美拉德反应研究[D]. 郑州: 河南农业大学, 2013: 6-9.
- [7] 熊国远, 刘源, 高韶婷, 等. 符离集烧鸡加工过程中挥发性风味成分变化研究[J]. 南京农业大学学报, 2014(6): 103-110.
- [8] TIMÓN ML, CARRAPISO AI, JURADO Á, et al. A study of the aroma of fried bacon and friedloin[J]. Journal of the Science of Food and Agriculture, 2004, 84: 825-831.
- [9] 何苗. 福建风味鸭在贮藏过程中色泽和风味变化及调控研究[D]. 无锡: 江南大学, 2014: 1-2.
- [10] CALKINS CR, HODGEN JM. A fresh look at meat flavor[J]. Meat Science, 2007, 77: 63-80.
- [11] OLESEN P T, MEYER A S, STAHNKE L H. Generation of flavour compounds in fermented sausages: the influence of curing ingredients, *Staphylococcus* starter culture and ripening time[J]. Meat Science, 2004, 66: 675-687.
- [12] BENET I, GUARDIA M D, IBANEZ C. Analysis of SPME or SBSE extracted volatile compounds from cooked cured pork ham differing in intramuscular fat profiles[J]. LWT-Food Science and Technology, 2015, 60: 393-399.



- [13] 韩延安, 刘勤华, 白腾辉, 等. 高压处理对鲜肉品质影响的研究进展[J]. 食品工业, 2014, 34(1): 215-218.
- [14] 丁晔, 刘敦华, 雷建刚, 等. 不同处理羊羔肉挥发性风味物质的比较及主成分分析[J]. 食品与机械, 2013, 29(3): 16-20; 33.
- [15] 沈旭娇, 刘登勇, 周光宏, 等. 电子鼻评价超高压-热结合处理对盐水鸭风味品质的影响[J]. 肉类工业, 2014(7): 21-24; 29.
- [16] 韩延安, 刘勤华, 白腾辉, 等. 蒸煮与微波加热对牛肉肌内脂肪中脂肪酸组成的影响[J]. 食品工业, 2014(1): 215-218.
- [17] 罗章, 马美湖, 孙术国, 等. 不同加热处理对牦牛肉风味组成和质构特性的影响[J]. 食品科学, 2012, 33(15): 148-154.
- [18] 马文睿, 赵建新, 严青, 等. 可微波冷冻预油炸鸡肉的风味物质研究[J]. 食品工业科技, 2009, 30(11): 118-121.
- [19] 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.
- [20] 武苏苏, 赵改名, 柳艳霞, 等. 基于主成分分析法的煮制时间对卤制鸡肉风味的影响分析[J]. 食品与发酵工业, 2014, 40(10): 194-199.
- [21] GARCIA M L, CASAS C, TOLEDO V M, et al. Effect of selected mould strains on the sensory properties of dry[J]. European Food Research & Technology, 2001, 212: 287-291.
- [22] 周才琼, 代小容, 杜木英. 酸肉发酵过程中挥发性风味物质形成的研究[J]. 食品科学, 2010, 31(7): 98-104.
- [23] 赵改名, 柳艳霞, 田玮, 等. 金华火腿中挥发性风味物质形成过程及变化规律研究[J]. 食品与发酵工业, 2007, 33(5): 120-125.
- [24] 王恺, 慕妮, 李亮, 等. 不同发酵剂对发酵香肠挥发性风味物质的影响[J]. 食品工业科技, 2013, 34(14): 177-181; 196.
- [25] 秦刚, 李洪军, 贺稚非, 等. 荣昌猪肉在不同烤制温度条件下的挥发性风味物质变化[J]. 食品科学, 2011, 32(18): 190-194.
- [26] 戴欣玮, 滕建文, 韦保耀, 等. 炭烤和电烤广式烧鸭挥发性风味成分对比分析[J]. 食品工业, 2013, 34(8): 134-139.
- [27] ANSORENA D, GIMENO O, ÂN I A, et al. Analysis of volatile compounds by GC-MS of a dry fermented sausage: chorizo de Pamplona[J]. Food Research International, 2001, 34: 67-75.
- [28] GARCIA-ESTEBAN M, ANSORENA D, ASTIASARAN I, et al. Comparison of simultaneous distillation extraction (SDE) and solid-phase micro-extraction (SPME) for the analysis of volatile compounds in dry-cured ham[J]. Journal of the Science of Food and Agriculture, 2004, 84: 1364-1370.
- [29] PAPASTAMATIOU F, GERASOPOULOS D, SIOMOS A, et al. Effect of degree of cutting of leek on physicochemical characteristics of Greek traditional sausages[J]. Meat Science, 2007, 75(4): 648-654.
- [30] 祝贺, 罗欣, 梁荣蓉, 等. 不同等级高档牛肉中挥发性风味物质分析[J]. 肉类研究, 2012, 26(2): 31-33.
- [31] 王霞, 徐幸莲, 王鹏. 基于电子舌技术对鸡肉肉质区分的研究[J]. 食品科学, 2012, 33(21): 100-103.
- [32] CHOU Chichung, LIN Shouping, LI Kuoming, et al. Fast differentiation of meats from fifteen animal species by liquid chromatography with electrochemical detection using copper nanoparticle plated electrodes[J]. Journal of Chromatography B, 2007, 846: 230-239.
- [33] NURJULIANA M, CHEMAN Y B, HASHIM D M, et al. Rapid identification of pork for halal authentication using the electronic nose and gas chromatography mass spectrometer with headspace analyzer[J]. Meat Science, 2011, 88: 638-644.
- [34] 田晓静, 王俊, 崔绍庆. 羊肉纯度电子舌快速检测方法[J]. 农业工程学报, 2013, 29(20): 255-262.
- [35] 李芳, 孙静, 黄沁怡, 等. 禽肉风味指纹和识别模型的建立[J]. 中国食品学报, 2014, 14(2): 255-260.
- [36] 赵冰, 李素, 成晓雨, 等. 广式腊肉挥发性风味物质分析[J]. 肉类研究, 2013, 27(10): 12-16.
- [37] BUENO M, RESCONI V C, CAMPO M M. Gas chromatographic-olfactometric characterisation of headspace and mouthspace key aroma compounds in fresh and frozen lamb meat[J]. Food Chemistry, 2011, 129: 1909-1918.