

王俊钢,刘成江,李宇辉,等. 发酵肉制品中风味物质研究进展[J]. 江苏农业科学,2014,42(9):251-253,281.

发酵肉制品中风味物质研究进展

王俊钢¹, 刘成江¹, 李宇辉¹, 郭安民¹, 韩冬印²

(1. 新疆农垦科学院农产品加工研究所, 新疆石河子 832000; 2. 新疆雨润食品有限责任公司, 新疆石河子 832000)

摘要:风味物质是判断发酵肉制品品质优劣的重要指标。综述了发酵肉制品的风味物质组成,部分风味物质的气味特征、阈值以及一些酶在风味物质形成过程中的作用,并对影响发酵肉制品风味物质形成的因素进行了简要阐述。目前,从发酵肉制品中分离得到了近百种芳香化合物,但并非所有的都能决定发酵肉制品的特征风味,只有少数成分决定特征风味,不同发酵肉制品风味不同,其风味物质形成是一个动态变化过程,加工过程和贮藏过程对发酵肉制品的风味物质均产生影响。

关键词:发酵肉制品;风味;影响因素

中图分类号: TS251.1 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2014)09-0251-03

发酵肉制品以新鲜畜禽肉为原料,通过人工接种或者自然发酵的方式,借助微生物发酵,经过一系列腌制、发酵、干燥等工艺手段得到的一类具有特殊风味且保质期长的肉制品^[1-2]。发酵肉制品种类很多,形式多种多样,在我国有很长的发展历史。我国著名的发酵肉制品有浙江的金华火腿、云南的宣威火腿、上海咸肉、新疆的熏马肠、四川腊肉、广东腊肉等;国外比较著名的发酵肉制品有黎巴嫩大香肠和法国的萨拉米香肠等。因发酵肉制品经过腌制和干燥等过程,降低了制品的水分活度,因此其品质稳定、风味独特,在常温状态下即可达到较长的保质期,深受消费者青睐。

风味是指人对味、嗅、视、听等感觉而引起的物理化学反应和心理感觉,是这些感觉的综合效应^[3]。风味物质主要有2类,即挥发性和非挥发性风味化合物。随着国际市场对发酵肉制品品质要求越来越高以及食品工业对天然风味物质需求的增加,发酵肉制品的风味日益受到人们的关注^[4]。发酵肉制品的风味组成特征是产品的一个重要质量指标,人们通过对发酵肉制品中风味成分的监测所得到的信息来了解其成熟度,以及贮藏过程中品质变化趋势。目前,我们对风味物质鉴定技术尚不成熟,因此出现了很多避开风味谈品质的现象。近年来,相关学者对发酵肉制品的风味进行了研究^[5-8],并取得了良好进展,四川腊肉、宣威火腿、金华火腿等风味物质及其产生机理已研究阐明^[5,9-10],风味物质控制已经成为提升发酵肉制品质量的重要指标。此外,分析技术进步也给风味物质的研究提供了技术保障,特别是气相色谱-质谱联用(GC-MS)分析技术的发展^[11],使得畜产品加工由简单的粗加工向精细加工方向发展。目前,我国对发酵肉制品风味的研究尚处在初级阶段。本研究通过论述近年来国内外发酵肉制品风味物质,阐述了发酵肉制品生产、加工、贮藏过程中风味物质及其相关变化;分析影响发酵肉制品风味物质形成因素,并对发酵肉制品风味物质提取和鉴定分析的方法以及分

析仪器的发展作了简单阐述。为探索发酵肉制品中风味物质变化机理,提升发酵肉制品品质等问题提供参考。

1 发酵肉制品中风味物质组成

食品风味是指人在品尝食品过程中嗅觉、味觉和三叉神经感觉特征等一系列复杂感觉,它包括人能感觉到的香气、味道、口感以及食品的外部特征^[3]。芳香物质能刺激消费者的感官和心理^[3,12],使食品呈现自身的特征,对人们购买欲、食欲和消化系统具有很大的影响。发酵肉制品中的风味物质一般是一些蛋白质水解、脂肪氧化或者微生物作用产生^[13],发酵肉制品的产地、选用的原料、加工工艺对其风味物质的组成也有很大影响。

发酵肉制品的风味很大一部分是由氨基酸和还原糖之间发生的美拉德反应和脂质的热降解反应形成的。风味物质主要成分有烷烃、醇类、醛类、酮类、酸类、酯类、酚类、芳香烃、含氧杂环化合物、含氮化合物、含硫化合物、含氯化物等。这些成分味道各异,有的浓郁,有的清淡,有的味道甚至很难被闻到,只有将它们作为一个整体时,才具有发酵肉制品特殊的香味特征。发酵肉制品的特征风味不是简单由芳香物质的浓度所决定的,有些特征风味浓度非常低但是对整个食品的风味贡献很大。人们在衡量某种挥发性组分的作用时往往综合考虑实际含量浓度和该物质的阈值浓度(该物质能被嗅觉感知的最低浓度),从而引入了对数阈值单位来衡量芳香物质的实际作用效果。

对数阈值浓度 = $\lg[\text{实际浓度}/\text{阈值浓度(水中)}]$ 。

对数阈值浓度值越大,说明该物质在其制品中所发挥的作用越大。以重庆腊肉为例,对数阈值浓度最高的是酚类物质,其次是羰基类化合物,贡献最小的是醇类化合物^[14]。

2 发酵肉制品中风味物质的产生途径

2.1 蛋白质水解

蛋白质的水解对发酵肉制品风味的贡献相当大。在加工贮藏过程中,蛋白质发生了不同程度的水解,产生分子质量大小不同的肽类和游离的氨基酸。另外,某些氨基酸还通过Strecker降解过程,产生醛类和酮类化合物^[15]。其中,肽类主

收稿日期:2013-11-27

基金项目:国家自然科学基金(编号:31160329)。

作者简介:王俊钢(1982—),男,硕士,助理研究员,研究方向为畜产品加工。E-mail:wjgong728@163.com。

要是肌肉蛋白质在内源酶的作用下水解产生,研究表明,组织蛋白酶 B 或 B+L 在整个加工过程中都保持活性,而钙激活中性蛋白酶在腌制过程结束之后就已经完全失去活性,蛋白酶 D 也只在加工前期起作用。多肽大多呈苦味,特别是分子小于 1 800 Da 的寡肽,一般情况下,组织蛋白酶活性高就导致蛋白质水解严重,发酵肉制品就容易感到苦味。游离氨基酸与发酵肉制品的风味形成密切相关,是酸味、甜味和苦味的前体物质。谷氨酸和天冬氨酸具有鲜味,L-氨基酸呈甜味、苦味或者酸味,带有亲脂性侧链时呈苦味^[7]。而蛋氨酸、亮氨酸、异亮氨酸这 3 种氨基酸的苦味阈值特别低,因此发酵肉制品中的苦味很大程度上来源于这 3 种氨基酸。此外,发酵肉制品中另一部分重要的风味物质也可以通过游离氨基酸的 Strecker 降解反应或美拉德反应产生,从发酵肉制品中分离得到的挥发性化合物中,带有侧链的化合物一般都有氨基酸的参与,比如带侧链的醛和甲基酮等。

2.2 脂类物质水解氧化

发酵肉制品中挥发性风味物质约有 60% 来自于脂类物质的水解氧化。脂类物质在发酵肉制品加工过程中形成风味成分一般是经过水解、氧化进一步与其他化合物反应,其中风味物质中的醇、甲基酮、呋喃、烷烃以及直链醛都可经过脂类物质的变化产生^[16]。中性脂肪、磷脂的氧化水解是脂类物质形成风味物质的基础,氧化和水解有着密不可分的关系,水解一般有酶的参与,而脂类物质的氧化多与脂肪酸的饱和度有关系。脂肪水解生成脂肪酸,脂肪酸之后再发生氧化反应与蛋白质之间的反应,这一步反应才是生成风味物质的关键。挥发性脂肪酸形成的酯类物质可以使得肉制品具有果香甜味,长链的脂肪酸所产生的酯则会带来一种更具脂香特征的风味物质^[17]。发酵肉制品一般加工时间较长,比如金华火腿就需要 1 年多的加工时间,为脂肪组织的不饱和脂肪酸分解氧化提供了时间上的保证,在这漫长的时间里,生成了醇、醛、酮和部分呋喃类化合物。脂肪通过氧化,使得烷氧基自由基和 1 个脂肪分子反应,生成了 1 个醇和 1 个烷基自由基,后者再参与到游离基的链传递过程,随着碳链的增长,风味也变得越来越强,从而产生了脂肪香、清香、木香等特征^[18]。烷氧基自由基还可以分解生成醛和另一个烷自由基,这就是醛的产生。当烷氧基被另一个烷游离基氧化后,就生成了酮和烃类化合物。有的醛类化合物味道清香,有的则具有类似橘子皮的味道。大多数酮则具有清香味。

2.3 微生物分解作用

肉中碳水化合物是微生物生长繁殖的营养物质。碳水化合物经过微生物的分解形成乳酸或异性发酵生产了醋酸,使得肉制品呈现出酸味。同时,碳水化合物经过微生物作用,产生双己肽等分子量相对较低的化合物,这些化合物也可以使得发酵肉制品呈现出一定的特殊风味。聂晓华等分别将植物乳杆菌和戊糖片球菌以及 2 者混合添加到发酵肉香肠中发现其挥发性风味物质组成有着明显的不同^[19]。李平兰等研究发现,将戊糖乳杆菌 31-1 和木糖葡萄球菌添加到发酵香肠中,发现成熟过程中游离氨基酸的绝对含量有明显增加,微生物酶对个别游离氨基酸变化具有较大的影响^[20]。

3 影响发酵肉制品中风味物质形成的因素

3.1 原料肉

不同动物(猪、马、牛、羊等)原料肉的风味存在很大差异,而且同种动物其不同解剖部位其风味也不尽相同,因此发酵肉制品的风味也千差万别。Lorenzo 等在研究脂肪含量对发酵香肠风味影响研究时发现,脂肪含量分别为 5%、10%、20% 的发酵香肠的挥发性风味物质有明显不同^[21],这可能是由于组织肌肉中的酯酶以及蛋白酶的活性使得在发酵肉制品加工过程中产生的游离脂肪酸和氨基酸数量不同,从而导致了发酵肉制品风味的差异。原料肉产地对发酵肉制品风味也有很大的影响,西班牙伊比利亚火腿就是选用西班牙当地最接近野猪的品种伊比利亚黑蹄猪制成的,其风味独特,被誉为世界上最好吃的猪肉。我国浙江产的金华火腿在选用猪肉上也特别考究,只有用浙江原产的土猪“两头乌”才能生产出最优质的金华火腿。

3.2 发酵剂

发酵剂在很多发酵肉制品中都需要外源性添加,以保证具有特殊的风味,很多微生物都可以作为发酵剂添加到发酵肉制品中,像乳酸菌、酵母菌和霉菌是添加最多的微生物,有时单独使用,有时混合使用,世界上最著名的意大利萨拉米香肠、德国香肠、丹麦红肠等都是添加了外源性发酵剂。国内的金华火腿、宣威火腿、四川腊肉都没有添加外源性微生物,而是利用当地环境中的微生物,自然发酵而成。生产发酵肉制品的发酵剂能够改善产品品质,促进肉产品特有的颜色,形成良好的风味。黄艾祥曾对宣威火腿加工过程中微生物作用与宣威火腿的品质进行了研究^[10]。优质发酵剂的使用不但可以提高肉制品的营养性和安全性,而且使得生产工艺易于标准化。特殊功能性发酵剂能够产生芳香性化合物、促进肉的发色、产生易于人体消化吸收的小分子物质、细菌素和其他抗菌成分等,同时可以抑制生物胺等有毒有害物质的产生。

3.3 生产工艺

世界各地的发酵肉制品品种特别多,生产加工工艺都有所不同,因此其风味也各具特色。不同地区的人们饮食习惯不同,设计出的加工配方也不同,不同地区可生产出具有本民族特色的发酵肉制品。Sara Corral 等研究发现,在加工发酵香肠过程中将盐分降低了 16% 后,其风味物质有所减少;他还用 KCl 来替代 16% 的 NaCl,通过检测发现 KCl 的添加改变了发酵香肠中的挥发性风味物质,主要是一些酸性化合物和醛类化合物有所增加^[22]。王佳媚对此进行相应的研究,结果表明,在一定浓度范围内,低浓度的盐分可以促进干腌火腿挥发性物质的生成^[6]。不同地区不同生活习惯的人往往在加工发酵肉制品过程中会加入某些生物调料,比如黑胡椒、小茴香、花椒等香辛料,都会影响发酵肉制品中风味物质的成分。

3.4 加工环境

在发酵肉制品加工过程中,风味与加工条件及产品的要求关系也十分密切,公司规模化生产和小家小户单独生产的同种产品风味不同,即使是同种产品分别由不同公司生产,风味也完全不同。西班牙的伊比利亚火腿除了原料考究外,加工环境也非常重要,西班牙特殊的地理环境,包括温度、湿度、以及发酵过程中火腿内部的 pH 值,以及添加的亚硝酸盐、抗坏血酸等都会对发酵肉制品的风味有着不同程度的影响,这

就是为什么世界其他地区不能做出正宗的伊比利亚火腿的原因。

4 发酵肉制品中风味物质的研究方法

发酵肉制品中的挥发性风味物质不仅决定着肉类的风味特征,而且对判断发酵肉制品发酵程度有着明显的指示作用。传统“三签法”对金华火腿品质的初步判断非常重要。风味物质的提取、分离、富集和鉴定分析和分析仪器发展同步,风味物质提取技术主要包括:固相萃取技术、顶空-固相微萃取技术(HS-SPME)、同时蒸馏萃取技术(SDE)和热脱附仪等方法。气相色谱仪和质谱仪(GC-MS)的结合应用,使得我们能够清楚地了解这些挥发性成分的主要构成,包括成分和含量。目前,我们已经知道发酵肉制品中的一些挥发性风味物质主要是醇、酮、烃、酸、酯类以及含氧、硫、氮原子的杂环化合物(例如呋喃和噻吩等)。

4.1 SDE 法

SDE 法目前在提取发酵肉制品风味物质上应用最为广泛。SDE 法有着操作方便快捷、成本低、重复性好以及香味物质回收率高等优点。SDE 提取方法特别适用于水溶性和低挥发性化合物的分离浓缩。国内外研究学者通过 SDE 方法,研究发现挥发性物质的种类随着加工时间的延长有所增加,这些挥发性物质中醛类对风味物质的形成起主要作用。通过 SDE 法与其他方法结合能够鉴定出发酵香肠的香气成分,而且使用 GC/MS 还能将这些香气成分进行定量分析^[23]。

4.2 HS-SPME 法

HS-SPME 方法操作简单,操作费用相对较低,很多学者将其作为样品预处理的方法。目前,国外对这项技术研究得相对较为广泛,田怀香也曾经用 HS-SPME 分析技术鉴定了金华火腿中几十种挥发性风味成分^[9]。同时,运用 SPME 与 GC/MS 结合的方法,对传统的金华火腿挥发性风味物质进行研究,检测出几十种风味物质,主要包括醛、醇、脂类、羧酸、酮、脂肪族和芳香族碳水化合物、含硫化合物以及吡嗪类物质等。国内外大量的文献报道指出,SPME 法与其他分析方法结合,能有效分析传统发酵肉制品风味物质。

4.3 热脱附仪法

热脱附是一种广泛使用的技术,它可将挥发性和半挥发性化合物从各种基质中萃取和分离出来。而热脱附仪运用动态顶空原理设计,可以对样品进行全能处理,热脱附仪法之前主要用来监测环境中的芳烃和卤代烃等化合物,目前,国外已有学者将此方法运用在食品风味检测上,田怀香也利用热脱附仪技术分析了金华火腿中的挥发性风味物质^[9]。

5 展望

近年来,随着研究水平的提高和分析技术的发展,发酵肉制品中的风味物质研究也越来越成熟,风味物质与产品品质的相关性分析也取得了良好进展^[24]。由于我国幅员辽阔,民族众多,因此发酵肉制品的制作方法也千差万别,导致发酵肉制品品种多样,很难标准化。我国对芳香物质的研究尚处于起步阶段,通过研究各种风味物质阈值,可以了解不同风味物质的作用大小,为了提高产品质量,增加风味,还必须明确这些物质作用。研究发酵肉制品风味,不仅仅是鉴定香气成分,

更应该明确这些物质合成前提及合成途径,找出风味物质在合成途径中的前体物质,还要研究相关酶的活性变化规律和作用机理,指导发酵肉制品加工过程,使能代表发酵肉制品的特征香气成分更加突出。由于发酵肉制品的风味物质成分复杂,形成途径多种多样,多数风味物质形成机理至今尚不清楚,所以还需要对发酵肉制品的风味开展进一步研究。发酵肉制品的特征风味会随着贮藏时间的延长而发生变化,保证发酵肉制品在贮藏期内品质不发生较大变化尤为重要。

随着基因工程、细胞技术、酶工程的发展和完善,发酵肉制品研究必将进入一个崭新的领域。发酵肉制品中微生物作用也将成为今后研究重点。发酵肉制品的关键在于发酵,发酵便是微生物活动的一种体现,生物育种技术的发展将为培育新型微生物提供技术保障,将来发酵性能好、产酶及产香浓郁的功能性微生物将被培育并应用在发酵肉制品的工厂化、规模化加工中。人们在将来便会享受到色、香、味俱佳,安全营养的优质发酵肉制品。

参考文献:

- [1] 张元生,许益民. 微生物在肉类加工中的应用[M]. 北京:中国商业出版社,1991.
- [2] Garcia M L, Casas C, Toledo V M, et al. Effect of selected mould strains on the sensory properties of dry fermented sausages[J]. *European Food Research and Technology*, 2001, 212(3): 287-291.
- [3] 丁耐克. 食品风味化学[M]. 北京:中国轻工业出版社,1996.
- [4] Montel M C, Reitz J, Talon R, et al. Biochemical activities of Micrococaceae and their effects on the aromatic profiles and odours of a dry sausage model[J]. *Food Microbiology*, 1996, 13(6): 489-499.
- [5] Huang Y C, Li H J, Huang T, et al. Lipolysis and lipid oxidation during processing of Chinese traditional smoke-cured bacon[J]. *Food Chemistry*, 2014, 149: 31-39.
- [6] Wang J M, Jin G F, Zhang W A, et al. Effect of curing salt content on lipid oxidation and volatile flavour compounds of dry-cured Turkey ham[J]. *LWT - Food Science and Technology*, 2012, 48(1): 102-106.
- [7] 章建浩,周光宏,朱健辉,等. 金华火腿传统加工过程中游离氨基酸和风味物质的变化及其相关性[J]. *南京农业大学学报*, 2004, 27(4): 96-100.
- [8] Sekhon R K, Schilling M W, Phillips T W, et al. Effects of phosphine and methyl bromide fumigation on the volatile flavor profile and sensory quality of dry cured ham[J]. *Meat Science*, 2010, 86(2): 411-417.
- [9] 田怀香. 金华火腿风味物质研究及其风味基料的研制[D]. 无锡:江南大学,2005.
- [10] 黄艾祥. 云南干腌火腿品质特征形成与微生物作用研究[D]. 重庆:西南大学,2006.
- [11] Pugliese C, Sirtori F, Calamai L, et al. The evolution of volatile compounds profile of “Toscano” dry-cured ham during ripening as revealed by SPME-GC-MS approach[J]. *Journal of Mass Spectrometry*, 2010, 45(9): 1056-1064.
- [12] 王毓宁,李鹏霞,胡花丽,等. 风味莲藕泡菜的加工工艺[J]. *江苏农业科学*, 2013, 41(11): 279-283.
- [13] Dainty R, Blom H. Flavour chemistry of fermented sausages[M]// *Fermented meats*, London: Chapman & Hall, 1995: 176-193.

表 2 杜仲叶样品绿原酸测定结果

采摘时间(年-月)	绿原酸含量(mg/g)
2012-04	22.17
2012-05	28.46
2012-06	32.14
2012-07	31.08
2012-08	28.87
2012-09	24.53
2012-10	18.15
2012-11	11.25

压为 20 kV、压力进样为 6 s、毛细管温度为 20 ℃、紫外检测波长为 328 nm 的电泳条件下,测定方法的线性范围宽,可信度高。

测定结果表明,不同采摘时间杜仲叶中绿原酸含量差异显著。4 月份至 6 月份绿原酸含量呈上升趋势,7 月份至 11 月份绿原酸含量逐渐下降,其中 6 月份含量最高。本研究对杜仲叶的采收和有效利用提供了理论指导。

参考文献:

- [1] 李家实,阎玉凝. 杜仲皮与叶化学成分初步研究[J]. 中药通报, 1986,11(8):41-42.
- [2] 赵玉英,耿 权,程铁民. 杜仲化学成分研究概况[J]. 天然产物研究与开发,1995,7(3):46-52.
- [3] 马 越,苏东海,曹奇光,等. 杜仲叶有效成分的提取[J]. 江苏农业科学,2008(6):249-251.
- [4] 张康健,王 蓝,张凤云,等. 杜仲叶与皮有效成分含量的比较研究[J]. 西北林学院学报,1996,11(2):44-48.
- [5] 范维衡,徐远祥,刘常五. 杜仲叶和皮的药理作用研究[J]. 中国药理学杂志,1979,14(9):404-405.
- [6] 管淑玉,苏薇薇. 杜仲化学成分与药理研究进展[J]. 中药材, 2003,26(2):124-129.
- [7] 郭朝晖,周学清,蒋生祥. 甘肃金银花中绿原酸含量与抑菌作用的实验考察[J]. 时珍国医国药,2005,16(12):66-67.
- [8] 孙 波,彭密军,于华忠,等. 紫外可见分光光度法测定杜仲绿原酸含量的方法研究[J]. 中国野生植物资源,1999,18(3):56-57.

(上接第 253 页)

- [14] 吴金凤. 重庆农家腊肉风味物质研究及其安全性评价[D]. 重庆:西南大学,2008.
- [15] 章建浩,朱健辉,王 莉,等. 金华火腿传统工艺过程挥发性风味物质的分析研究[J]. 食品科学,2004,25(11):221-226.
- [16] Du M, Ahn D U. Volatile substances of Chinese traditional Jinhua ham and Cantonese sausage[J]. Journal of Food Science,2001,66(6):827-831.
- [17] Baines D A, Mlotkiewicz J A. The chemistry of meat flavor[J]. Recent Advances in the Chemistry of Meat,1984:119-164.
- [18] Forss D A. Odor and flavor compounds from lipids[J]. Prog Chem Fats and Other Lipids,1972,13:181-258.
- [19] Nie X H, Lin S L, Zhang Q L. Proteolytic characterisation in grass carp sausage inoculated with *Lactobacillus plantarum* and *Pediococcus pentosaceus*[J]. Food Chemistry,2014,145(145):840-844.

- [9] 肖文平,毛 威. 紫外-可见分光光度法测定福菊和杭菊中总黄酮及绿原酸含量[J]. 湖北农业科学,2011,50(6):1278-1280.
- [10] 朱 玉,张书胜,张西林,等. 薄层色谱法分析葵花仁粕中的绿原酸[J]. 色谱,2001,19(1):82-84.
- [11] 戈早川,余 倩. 胶束薄层色谱扫描法测定银黄片与银黄注射液中的黄芩苷与绿原酸[J]. 药物分析杂志,1999,19(5):348-350.
- [12] 全俊太,徐圣秋,李伟东,等. 高效液相色谱法测定苍耳草中绿原酸的含量[J]. 中国医院药学杂志,2011,31(20):1739-1740.
- [13] 杨玉琴,张丽艳,刘 毅,等. 反相 HPLC 法测定杜仲皮、枝、叶及含杜仲中成药的绿原酸的含量[J]. 贵阳中医学院学报, 1995,17(3):45-46.
- [14] 赵红艳,李 慧,刘 洋,等. 甘薯不同器官中绿原酸总黄酮含量的测定[J]. 江苏农业科学,2012,40(10):299-300.
- [15] 彭支莲,张 丹,李业洪,等. 正交法优选续断中绿原酸的提取工艺[J]. 江苏农业科学,2013,41(7):269-270.
- [16] 姜晓芳,张翠利,李 钦,等. RP-HPLC 法测定不同产地杜仲叶和皮中 3 种活性成分的含量[J]. 江苏农业科学,2013,41(8):314-316.
- [17] 张红影,徐向东,石红梅,等. 流动注射-鲁米诺-Ag(Ⅲ)化学发光法测定金银花中绿原酸[J]. 光谱实验室,2011,28(1):401-404.
- [18] 贺彩霞,崔 华,赵晓宇,等. 流动注射化学发光分析法测定金银花中的绿原酸[J]. 中国科学技术大学学报,1999,29(5):20-24.
- [19] 陈 义,竺 安. 毛细管区带电泳[J]. 色谱,1990,8(3):154-158.
- [20] 刘志松,方肇伦. 高效毛细管电泳在药物分析中的应用[J]. 色谱,1996,14(5):364-368.
- [21] 汪雪雁,祁克宗,陈珂珂,等. 鸡肉中头孢类抗生素的 MISPE-HPCE 检测[J]. 江苏农业学报,2012,28(1):193-197.
- [22] 文志明,张金兰,徐礼燊. 高效毛细管电泳法在中药化学成分分析中的应用[J]. 中草药,2000,31(2):63-66.
- [23] 韩凤梅,程智勇,杨 新,等. 高效毛细管电泳法分离测定黄芩复方制剂中的黄芩甙[J]. 色谱,2000,18(3):280-282.

- [20] 李平兰,沈清武,孙成虎,等. 微生物酶与肉组织酶对干发酵香肠中游离氨基酸的影响[J]. 食品与发酵工业,2005,31(5):134-138.
- [21] Lorenzo J M, Montes R, Purriños L, et al. Effect of pork fat addition on the volatile compounds of foal dry-cured sausage[J]. Meat Science,2012(3):506-512.
- [22] Corral S, Salvador A, Flores M. Salt reduction in slow fermented sausages affects the Generation of aroma active compounds[J]. Meat Science,2013,93(3):776-785.
- [23] Ansorena D, Gimeno O, Astiasam I, et al. Analysis of volatile compounds by GC-MS of a dry fermented sausage: chorizode Pamplona[J]. Food Research International,2001,34(1):67-75.
- [24] 刘登勇. 气味指纹技术的建立及其在腌腊肉制品中的应用[D]. 南京:南京农业大学,2008.