



REFENG YU REBENG GANZAO GONGYI ZAI
GUANGSHI LAROU JIAGONG ZHONG DE
YINGYONG YANJIU

热风与热泵干燥工艺在 广式腊肉加工中的

应用研究

张雪娇 唐道邦 胡一鸿 金晨钟 ○ 著



西南大学出版社

热风 and 热泵干燥工艺 在广式腊肉加工中的应用研究

张雪娇 唐道邦 胡一鸿 金晨钟 ◎ 著

西南交通大学出版社

· 成都 ·

内容简介

干燥是广式腊肉加工过程中的重要工序,对产品品质的影响最为关键。本书对比研究了广式腊肉在传统热风 and 新型热泵烘烤过程中风味化合物及各项理化指标的动态变化,初步探讨了这两种烘烤方式对广式腊肉风味及品质的影响机理,并在此基础上,建立了热泵干燥广式腊肉的数学模型,为实现广式腊肉在干燥过程中品质的可控可调提供理论基础。同时,本书从热力学第一定律和第二定律出发,从量与质的角度对干燥过程进行热力学分析,从理论上阐述热泵干燥的节能原理。

本书可作为肉制品加工生产企业技术人员、农业科技特派员和大中专院校食品专业师生的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

热风与热泵干燥工艺在广式腊肉加工中的应用研究 /
张雪娇等著. —成都:西南交通大学出版社, 2018.7
ISBN 978-7-5643-6270-6

I. ①热… II. ①张… III. ①电热干燥—应用—腌肉
—食品加工—研究 IV. ①TS251.5

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2018) 第 149212 号

热风与热泵干燥工艺
在广式腊肉加工中的应用研究

张雪娇
唐道邦
胡一鸿
金晨钟

著

责任编辑 张宝华
封面设计 何东琳设计工作室

印张 8 字数 128千

成品尺寸 170 mm × 230 mm

版次 2018年7月第1版

印次 2018年7月第1次

印刷 四川煤田地质制图印刷厂

书号 ISBN 978-7-5643-6270-6

出版发行 西南交通大学出版社

网址 <http://www.xnjdcbs.com>

地址 四川省成都市二环路北一段111号
西南交通大学创新大厦21楼

邮政编码 610031

发行部电话 028-87600564 028-87600533

定价 48.00元

图书如有印装质量问题 本社负责退换

版权所有 盗版必究 举报电话: 028-87600562

前 言

目前,广式腊肉加工生产企业多采用传统的隧道式热风烘烤工艺,产品质量不稳定,因此,实现广式腊肉干燥过程控制的自动化和标准化,以提高产品质量、降低劳动力成本和能耗,已成为亟待解决的技术问题。广式腊肉的干燥过程并不是简单地进行脱水,它涉及色泽、风味等多种影响产品品质的反应,因此,优化干燥工艺必须全面考虑脱水对产品品质的影响。近年来,国内对广式腊肉加工过程的研究主要集中在寻求新的腌制剂和发色剂、改良传统加工工艺、分析加工过程中理化指标的变化和脂肪抗氧化等方面,但对于广式腊肉干燥工艺对品质的影响、干燥模型等的研究较少。

在广式腊肉制作过程中,干燥工艺是影响其品质好坏的关键环节。目前,生产企业大多采用传统的隧道式热风干燥工艺,此工艺干燥效率低、能耗高、干燥不均匀、干燥工艺参数不易控制,在干燥过程中控温排湿需依赖操作人员经验,易造成产品质量不稳定,腊肉酸价、过氧化值容易超标。因此,探索新干燥方式以实现广式腊肉干燥过程的工程化和科学化对提升整个产业效益有重要的作用。

本书对 8 种品牌市售广式腊肉进行了理化分析,阐明了广式腊肉品质的影响因素,以便为制订广式腊肉贮藏措施和改进传统加工工艺提供理论依据;应用热风 and 热泵两种干燥方式分别制作广式腊肉,监测广式腊肉在烘烤过程中的变化情况,初步探究广式腊肉挥发性风味的形成机理及质量关键控制点;建立了广式腊肉热泵干燥的数学模型,以便为改进广式腊肉加工工艺、提高干燥加工过程中水分控制的科学化、实现计算机模拟广式腊肉干燥过程、实现工艺自动化等提供理论依据。

湖南省农田杂草防控技术与应用协同创新中心、湖南省农学与生物科学类专业校企合作人才培养示范基地、湖南省现代农业与生物工程虚拟仿真实验教学中心、农药学湖南省重点学科、农药无害化应用湖南省高校重点实验室、湖南省教育厅科学研究项目(17B139)、湖南省科技计划项目(2016NK3090, 2016NK3093)、湖南人文科技学院校企合作人才培养及社会服务项目(7411620)、湖南人文科技学院优秀学术专著出版项目联合资助。

试验期间，我们得到了广东省农业科学院蚕业与农产品加工研究所广大科研人员的大力支持，特此表示感谢！

鉴于作者水平，书中难免存在不妥之处，恳请广大读者批评指正。

张雪娇

2018年1月于湖南娄底

目 录

1 综 述	1
1.1 广式腊肉概述	1
1.1.1 腊肉起源和特点	1
1.1.2 广式腊肉生产现状及不足	2
1.1.3 广式腊肉国内外研究进展	3
1.2 广式腊肉风味的形成	4
1.2.1 肉的风味	4
1.2.2 广式腊肉的风味形成影响因素	4
1.2.3 广式腊肉风味的来源及形成途径	5
1.2.4 腌腊肉制品风味研究进展	10
1.3 广式腊肉热泵干燥及其数学模型建立	11
1.3.1 热泵干燥技术在食品工业中的应用进展	11
1.3.2 热泵技术在食品工业中应用的特点	12
1.3.3 热泵干燥技术在食品加工中的应用现状	13
1.3.4 热泵薄层干燥数学模型	16
1.4 研究广式腊肉干燥工艺的意义	18
2 市售广式腊肉理化指标间的相关性分析	19
2.1 材料与方法	19
2.1.1 试验材料	19
2.1.2 试验仪器	19
2.1.3 试验试剂	20
2.1.4 试验方法	20
2.1.5 数据处理	21
2.2 试验结果	21
2.2.1 8种理化指标检测结果	21

2.2.2	各指标的相关性分析	22
2.3	小结	25
3	热风 and 热泵干燥工艺对广式腊肉理化指标的影响	26
3.1	材料与方法	26
3.1.1	试验材料	26
3.1.2	试验试剂	26
3.1.3	试验仪器	26
3.1.4	试验方法	27
3.1.5	数据处理	29
3.2	试验结果	29
3.2.1	水分含量的变化	30
3.2.2	总糖含量的变化	30
3.2.3	总酸含量的变化	31
3.2.4	酸价的变化	32
3.2.5	POV 值的变化	34
3.2.6	TBA 值的变化	34
3.2.7	羰基值的变化	35
3.2.8	理化指标间的相关性分析	36
3.3	小结	38
4	热风 and 热泵干燥工艺对广式腊肉挥发性风味物质的影响	40
4.1	材料与方法	40
4.1.1	试验材料	40
4.1.2	试验试剂	40
4.1.3	试验仪器	40
4.1.4	试验方法	41
4.2	试验结果	43
4.2.1	两种干燥工艺过程中广式腊肉挥发性风味成分测定结果	43
4.2.2	醇类化合物的变化	53
4.2.3	酯类化合物的变化	54
4.2.4	烃类化合物的变化	55

4.2.5	羰基类及其他化合物的变化	56
4.3	小结	58
5	热风 and 热泵干燥工艺对广式腊肉主要滋味物质的影响	61
5.1	材料与方法	61
5.1.1	试验材料	61
5.1.2	试验试剂	61
5.1.3	试验仪器	61
5.1.4	试验方法	62
5.2	试验结果	63
5.2.1	热泵干燥过程中广式腊肉游离脂肪酸分析	63
5.2.2	热风干燥过程中广式腊肉游离脂肪酸分析	65
5.2.3	广式腊肉烘烤过程中游离氨基酸含量变化	66
5.3	小结	69
6	建立广式腊肉的热泵薄层干燥数学模型	71
6.1	材料与方法	71
6.1.1	试验材料	71
6.1.2	主要仪器设备	71
6.2	试验方法	71
6.2.1	干燥模型建立方法	71
6.2.2	数学模型测定指标与建立方法	72
6.2.3	数据处理	74
6.3	试验结果	75
6.3.1	干燥温度对广式腊肉干燥速率的影响	75
6.3.2	风速对广式腊肉干燥速率的影响	76
6.3.3	广式腊肉热泵干燥数学模型建立	77
6.4	小结	80
7	热泵干燥过程热力学分析	82
7.1	热泵干燥过程的理论分析	82
7.1.1	干燥过程的物理模型	82
7.1.2	热泵干燥过程的空气循环过程分析	82
7.1.3	干燥箱内传热状况和空气参数变化	83

7.2	干燥过程的热力学分析	84
7.2.1	干燥过程中干燥箱内质量和能量的分析	84
7.2.2	干燥箱内的变质量热力学分析	84
7.3	干燥过程的烟效率分析	85
7.4	小结	85
8	广式腊肉加工操作方法与要点	87
8.1	GHRH-20 型热泵干燥机简介	87
8.1.1	设备简介	87
8.1.2	性能介绍	88
8.2	书中理化指标国家标准测定方法	89
8.2.1	水分含量的测定	89
8.2.2	总糖含量的测定	91
8.2.3	总酸含量的测定	96
8.2.4	酸价的测定	101
8.2.5	过氧化值的测定	102
8.3	广式腊肉加工操作要点	106
8.4	小结	106
附录 A	缩略词表	109
附录 B	广式腊肉烘烤过程中挥发性物质总离子图	110
附录 C	广式腊肉烘烤过程中游离脂肪酸相对含量总离子图	113
参考文献		116

1 综 述

1.1 广式腊肉概述

1.1.1 腊肉起源和特点

在我国南方，腊肉是冬季长期贮藏的腌肉制品，它是将原料肉（一般是猪肉）用食盐、硝酸盐或亚硝酸盐、糖和调味香料等腌制后，再经晾晒或烘烤、烟熏处理等工艺加工而成的生肉类制品（周光弘，2002），具有色泽美观、风味浓郁、干爽易存的特点。由于其加工制作大多在腊月间进行，因此称为腊肉。长期以来，腊肉一直是我国主要的传统肉制品之一，很受消费者喜爱。腊肉的品种很多，选用鲜猪肉的不同部位可以制成各种不同品种的腊肉。我国腊肉产地主要分布在长江流域以南数省，如广东、湖南、湖北、四川、云南、贵州、江西、浙江、江苏等地（郭锡铎，2005）。不同的腊肉品种，其风味也各具特色。广式腊肉的特点是选料严格，制作精细，色泽美观，肉质细嫩，甘甜爽口；湖南腊肉肉质透明，皮呈酱紫色，肥肉亮黄，瘦肉棕红；四川腊肉的特点是色泽鲜明，皮肉红黄，肥膘透明或乳白，腊香带咸，腊味醇厚。

腊肉在我国具有悠久的加工和食用历史，我国劳动人民在实际生产和生活中已积累起丰富的腊肉加工经验。魏、晋、南北朝时期，许多专家著书立说，这些著作中就记载了我国许多富有民族特色的制作技艺，如新疆的烤肉、涮肉，江苏的叉烧、腊味，福建、广东的烤鹅、灌肠、糟肉，等等（郭红蕾等，2005）。北魏贾思勰所著的《齐民要术》中记载，公元六世纪之前，黄河流域已普遍制作五味腊肉。隋代谢讷所著的《食经》、唐朝韦巨源所著的《食谱》均记载了腊肉的制作方法 & 改进工艺，其风味甜中带辣，慢慢咀嚼，回味无穷，为佐酒佳肴。宋、辽、金、元时代，由于各民

族的大融和, 研究饮食的人数增多, 从而推动了肉食品技术的发展, 这个时期人们总结了不少腊肉, 如金华火腿等的制作方法。明清时期的肉制品, 集我国几千年制作技艺的发展成果, 形成了独具风格的中国肉制品的特点, 袁枚所著的《隋园食单》一书, 对当时民间肉类的腊制、干制、烧制等加工方法进行了较为系统的阐述, 是我国食品加工制作鼎盛时期的经验总结。

1.1.2 广式腊肉生产现状及不足

中华人民共和国成立以后, 我国腌腊肉制品加工业得到了迅速发展, 设备和加工能力得到了改造和提升, 产品质量得到了极大改善。中国肉类协会资料显示, 2004 年我国各类腌腊肉制品产量达 200 余万吨, 销售收入为 400 多亿元, 占我国肉制品总产量的三分之一 (周光宏等, 2003)。

在我国腊味肉制品中, 以广式腊味、湖南腊味、四川腊味的消费市场最大, 其中广式腊味占全国腊味市场的 50%~60% (蒋爱民, 1996), 广式腊味在广东的市场比例更是高达 80% 左右。据不完全统计, 广东省腊味生产企业上千家, 年产值 100 余亿人民币, 在广东省食品工业产值内占有相当大的比重 (郭锡铎, 2005)。

在我国, 广式腊肉属于传统肉制品, 但一直以来由于对广式腊肉缺乏系统的理论研究, 致使工业化生产难度大, 产品种类始终比较单一; 由于广式腊肉的加工多为手工作坊式加工, 缺乏必要的生产条件、企业标准和管理制度, 导致生产周期长, 生产过程控制多凭经验, 生产条件难以精确控制, 致使每批产品的品质很难保持一致, 也很难符合标准的要求, 即很难把控产品的质量; 在广式腊肉制作中, 干燥工艺最为关键, 讲究“三分制作, 七分烘烤”, 目前, 生产企业大多采用传统的隧道式热风干燥工艺, 此工艺干燥效率低、能耗高、干燥不均匀、干燥工艺参数不易控制、产品质量不稳定; 广式腊肉酸价、过氧化值容易超标, 造成储藏期短, 极大地限制了广式腊肉的市场推广, 使其只能局限于本地区销售, 并且多在秋冬两季才有生产, 而春夏两季由于温暖、潮湿, 一般极少生产, 产量受到了很大限制; 广式腊肉中食盐和蔗糖含量较高, 习惯上使用硝酸盐或亚硝酸盐进行防腐、护色及抑制肉中肉毒梭菌的生长, 使产品存在健康安全隐患, 不符合现代食品消费发展的潮流, 无疑会影响其生产数量和市场竞争力。

1.1.3 广式腊肉国内外研究进展

在国内,我们将经过烟熏或烘烤的肉称为腊肉;在国外,同样也有烟熏肉制品,其加工原理和中国的腊肉生产有许多相同之处,称之为烟熏肉。目前,国内外对于腊肉(烟熏肉)的研究主要集中于以下几个方面:第一,腊肉加工过程中脂肪变化情况的研究。傅樱花等(2004;2006)对腊肉加工过程中脂肪分解及氧化、游离脂肪酸的变化情况进行了研究;芮昕等(2009)对腊肉生产过程中皮下脂肪的游离脂肪酸的含量情况和组成进行了分析;白卫东等(2010)对广式腊味在储存过程中酸价和过氧化值的变化情况进行了研究,发现酸价和过氧化值在评价广式腊味脂肪的氧化程度上并不一致。第二,提高腊肉的抗氧化能力,延长产品货架期的研究。李春荣等(2007)研究发现,TBHQ(特丁基对苯二酚)具有较好的抗氧化性能,能有效抑制腊肉中过氧化值的升高,但对酸价的抑制作用不大。梁丽敏等(2007)以酸价和过氧化值为测评指标,对3种不同包装材料对广式腊肉的储藏保鲜效果进行了研究。彭雪萍等(2007)研究发现,苹果多酚与BHT(二丁基羟基甲苯)复配液对腊肉的抗氧化效果明显,使腊肉保鲜期延长1个月。Stephanie A. Corondoa 等人(2002)通过研究发现,液体烟熏剂与木材烟熏结合使用比单独使用木材烟熏来抑制烟熏肉的氧化作用明显。第三,腊肉风味物质成分分析及风味改善研究。许鹏丽等(2009)采用固相微萃取、气象色谱-质谱联用技术分析了广式腊肉、广式腊肠的挥发性风味物质,并对风味提取物质进行了鉴定。Yu 等人(2008)采用 SPME-GC/MS 技术对我国传统腊肉中的风味物质成分进行研究,共鉴定出48种挥发性物质。第四,降低腊肉食盐及硝酸盐或亚硝酸盐含量,进一步改进腊肉风味和安全的研究。传统腊肉制品含盐量一般在4%~5%,属于高盐肉制品,食用时偏咸。高盐的目的主要是抑制微生物生长,防止腐败变质,但偏高的盐分导致腊肉的口感差,而添加硝酸盐或亚硝酸盐是为了发色和抑制肉毒梭状杆菌的生长,但会产生亚硝类致癌物质。高盐、高硝食品明显不符合现代食品的发展方向,因此,如何在保证腊肉品质和风味的同时,降低腊肉盐分和亚硝类物质将是腊肉研究的一个新热点。刘洋等(2005)对低盐腊肉在加工过程中的菌相变化进行了初步研究。冯彩萍等(2007)等对活性氧催促低盐腊肉的成熟进行了初步研究。在法兰克福香肠中添加烟熏剂可

降低亚硝酸盐含量 (Pérez-Rodríguez et al, 1998)。第五, 传统腊肉的现代化生产的研究。包括应用现代化的生产手段和技术开发腊肉的新品种, 使腊肉产品标准化和食用方便化等方面的研究。

1.2 广式腊肉风味的形成

1.2.1 肉的风味

肉的风味又称肉的味质, 指的是生鲜肉的气味 (咸味、金属味、血腥味) 及加热后食肉制品的香气和滋味。它是肉中固有成分发生复杂的生物化学变化, 从而产生各种有机物所致。

肉的风味物质比较复杂, 几乎涵盖了大多数的有机化合物, 如碳氢化合物、醇、醛、酮、羧酸、酯、醚、呋喃、吡啶、吡嗪、吡咯、噻唑、噻吩以及其他含硫化合物 (高尧来等, 2004)。在这些物质中最重要的呈味性物质是呋喃、噻唑、吡嗪、吡咯、吡喃酮等含氮、氧、硫的杂环化合物以及含有羰基的挥发性物质。Ouweland 等 (1975) 发现, 天然牛肉香味中鉴定出来的低分子量挥发性物质都可以从美拉德反应中找到原型, 其中吡嗪衍生物占 50%, 并在所有品种的熟肉中都发现有吡嗪。Bailey 等 (1989) 从牛肉的低分子量渗出物的加热系统中也鉴别出 37 种吡嗪。含硫杂环化合物是另一类重要的呈味物质。Macleod (1984) 研究了很多挥发性化合物, 其中具有肉香味的化合物大多数含有硫。她所列举的 78 种具有类似肉香味的化合物中, 其中杂环含硫化合物有 65 种, 脂肪族含硫化合物有 7 种, 不含硫的杂环物质有 6 种。

1.2.2 广式腊肉的风味形成影响因素

对腌制风味形成的过程和风味物质的性质的研究目前尚没有一致结论, 一般认为这种风味是在组织酶、微生物酶的作用下, 由蛋白质、浸出物和脂肪变化的混合物形成。在腌制过程中发现有羰基化合物的积聚, 而且随着这些物质含量的增加, 风味也有所改善, 因此, 腌肉中少量羰基化

合物使其气味部分地有别于非腌肉。据报道,腌肉在贮藏过程中游离脂肪酸总量几乎呈直线上升,但腌肉在腌料存在的情况下所发生的脂肪氧化与鲜肉中常发生的脂肪酸败不同(孟岳成,1990)。

腌肉在腌制过程中加入的亚硝酸盐也参与其风味的形成,但与风味有关的化学变化还不完全清楚。有研究以腌火腿和鲜火腿为材料,对风味的挥发性成分进行了分离,发现两者在数量上存在着差异。研究还发现,无论是来自腌火腿还是非腌火腿,其成分在通过2,4-二硝基苯胺后,仍然具有腌肉的气味,类似的是腌制或非腌制的鸡肉和牛肉也都有类似腌火腿的气味。据此得出结论:基本的肉香味并不取决于来自其前体物质甘油三酯的不同,而是取决于脂肪氧化产生的羰基类化合物的不同。他们认为,亚硝酸盐的存在导致风味的不同是由于它干扰了不饱和脂肪酸的氧化,可能使血红素催化剂失活(孟岳成,1990)。

Swain(1972)对熟火腿的挥发性成分进行了详细研究,发现腌火腿用亚硝酸盐或不用亚硝酸盐处理,挥发性成分的含量不同,而基本成分是一致的,即亚硝即酸盐似乎有阻碍高分子醛($>C_5$)形成的作用。

Mottram(1974)分析了湿腌培根的挥发性成分,表明保留时间在4~70 min有40几个峰,有许多峰非常复杂而且不仅仅代表一种物质,即腌肉和非腌肉在挥发性成分上的差异并不显著。

另外,盐水浓度也会影响风味的形成,用低浓度盐水腌制的猪肉制品风味比用高浓度盐水腌制的效果好。

1.2.3 广式腊肉风味的来源及形成途径

食品风味的形成与其存在较多的挥发性风味物质、非挥发性的前体物质及增效剂等因素有关。尽管鲜肉只有轻微的血腥味,但是其中蕴含着丰富的风味前体物质和风味增强剂。

肉中的挥发性风味物质主要来源于碳水化合物、脂质和蛋白质等风味前体物质。脂质的降解、氧化可以形成大量的挥发性风味物质;还原糖与氨基酸、肽可以发生美拉德反应形成一些风味物质。腌腊肉制品存在许多风味前体物质。脂质是芳香族风味化合物(醛、酮、醇)的前体物质(Alford et al, 1971; Demeyer et al, 1974),腌腊肉制品的主要组分——蛋白质,在

加工过程中可降解成大量游离氨基酸等物质 (Langner et al, 1970), 这些物质可转化成许多具有芳香风味的化合物。另外, 其他比较重要的风味来源于加工过程中所加入的香辛料和调味品, 这些风味化合物一方面赋予产品风味, 另一方面由于其具有抗氧化性, 可部分抑制产品的脂质氧化 (Hammer, 1977)。

1.2.3.1 脂质的水解氧化对腌腊肉制品风味的作用

脂质占腌腊肉制品成分的 25%~55%, 脂质降解产生的挥发性物质是形成肉制品风味的重要基础。研究表明, 火腿风味成分中的醇、酮、烃类物质和直链醛主要是脂肪氧化产生的, 约 60%以上的挥发性风味物质来自脂肪氧化 (章建浩等, 2003)。

脂肪水解是腌腊肉制品的重要变化之一, 在高温、酸、碱环境或微生物解脂酶的作用下, 甘油三酯裂解为甘油二酯、单甘酯和游离脂肪酸 (酸价升高)。在通常的肉制品中, pH 值的高低都不足以导致脂肪的酸碱水解, 脂肪的水解主要脂肪酶引起, 这些酶主要包括脂酶和磷脂酶。

温度、水分活度、盐含量等对脂酶的活性影响很大, 从而影响脂类的水解和氧化, 并进一步影响腊肠的风味 (蔡华珍, 2006)。温度通过影响脂酶的活性而影响脂类分解, 有研究指出, 脂酶作用的适宜温度为 30~60℃ (傅樱花等, 2004)。另外, 温度也通过影响三酰甘油的物理状态进而影响脂肪的水解; 有研究指出, 随着水分活度的不断降低, 除了酸性脂酶和中性酯酶不受影响外, 其他酶的活性也随之降低 (Toldra, 1998); 中性脂酶和碱性酯酶能被盐抑制, 而酸性脂酶则被低浓度食盐激活 (Andres et al, 2005)。竺尚武 (2003) 在研究金华火腿时也发现过高的盐分可能抑制相关的酶的活性。

游离脂肪酸的不断氧化致使氧化产物不断积累, 当其积累到一定程度时会使腌腊制品产生令人不愉快的“哈败味”。脂肪的氧化与脂肪酸的不饱和程度密切相关, 其氧化过程分为自动氧化和酶氧化两种途径。

在脂质氧化产生的风味物质中, 羰基化合物是形成腌腊肉制品良好风味的最为重要的一类物质, 其含量比例也较大 (Berdagué et al, 1993)。醛类物质对肉制品风味具有重要贡献。许多具有较低阈值的醛类化合物, 其含量即使低也可产生较强的风味。饱和醛类可增强风味, 而 2-位的烯醛和

2,4-位的二烯醛可赋予食品甜香、果香和酯香。

短链醛类(甲醛、乙醛、丙醛)可能来源于碳水化合物的代谢过程,对腌腊肉制品风味的作用不大(Halvarson, 1973)。高分子量的饱和醛和不饱和醛均来源于脂质氧化,由多不饱和脂肪酸产生的过氧化物分解而产生(Shahidi, 1986)。

腌腊肉制品中也鉴定出许多酮类物质(Berdagué et al, 1993)。在已经鉴定出的酮类物质中,具有奇数和偶数碳原子的甲基酮在腌腊肉制品中均鉴定出(从丙酮到 2-壬酮)(Shahidi, 1986),这些都来自脂质的氧化(Berdagué et al, 1993)和霉菌引起的游离脂肪酸的 β 氧化(Kinsella et al, 1976)。另外, 3-羟基-2-丁酮是乳酸菌发酵糖类物质所产生的,在熟肉制品中,可以赋予产品奶油香气(Hirai et al, 1973)。

醇类物质也是脂质氧化产生的主要物质之一(Shahidi, 1986)。乙醇脱氢酶可以将来源于脂质氧化的醛类还原成相应的醇类物质。通常,初级无支链醇类可以赋予食品青草香与木香(García et al, 1991);而次级醇类,如 1-戊烯-3-醇会赋予食品强烈的青草香, 1-辛烯-3-醇则会赋予食品蘑菇香。次级醇可以通过某些微生物的 β 氧化途径而转化成相应的 β 酮酸, β 酮酸也可以通过脱羧反应再次转化成相应的次级醇;支链醇,如甲基丙醇、2,3-二甲基丁醇则是通过相应支链氨基酸转化而来(MacLeod et al, 1958),这些物质均具有较好的挥发性。在干腌香肠和干腌火腿中检测到的乙醇,还来源于其他途径,如糖类物质的发酵、脂质氧化和氨基酸转化(Berdagué et al, 1993)。

在干腌香肠(Berdagué et al, 1993)和干腌火腿中(Berdague et al, 1991)也鉴定出了许多烷烃类化合物。直链烷烃来源于脂质的自动氧化。干腌火腿(MacLeod et al, 1958)和干腌香肠(Berdagué et al, 1993)中也有大量支链烷烃,在鲜肉中可偶尔检测出(Shahidi, 1986);支链烷烃是由于支链脂肪酸的氧化而生成,或者由于植物中未皂化部分被用作动物饲料而导致的(Rembold et al, 1989)。芳香族烷烃,比如,甲苯、乙苯、1,2,4-三甲基苯、二甲苯等也在干腌香肠和干腌火腿中被检测到(Berdague et al, 1991; Berdagué et al, 1993),甲苯是由苯丙氨酸衍生而来, 1,2-二甲基苯(邻二甲苯)可能由类固醇或者 3-甲基吡啶衍生而来;因为这两种化合物也存在于一些植物当中,所以可能来源于动物饲料(Buscaillon et al, 1993)。动物饲料还可能是其他芳香族烷烃的来源之一,如 1,3-二甲基苯(间二甲苯)

和 1,4-二甲基苯（对二甲苯），这些化合物都可以蓄积于动物脂肪组织中，其在鲜肉、猪背脂肪和腌腊肉制品中均检测到（Barbieri et al, 1992; Berdagué et al, 1993）。Shahidi（1986）认为，无论是饱和烷烃还是非饱和烷烃，对食品风味的形成贡献均较小。

1.2.3.2 蛋白质降解在腌腊肉制品风味形成中的作用

蛋白质水解形成肽、游离氨基酸，并且会发生进一步的变化，对腊肉滋味和风味的形成产生了重要的影响。有研究表明，蛋白质降解指数（PI）在 23%~28% 时风味最好，低于 22% 时不会产生火腿应有的香味（邹延军等，2003），而超常的蛋白质水解（水解指数高于 29%~30%）对风味无益，还导致质地变差，这种无节制的蛋白质水解会产生高浓度的低分子量含氮化合物（肽和游离氨基酸），增大不愉快的滋味（苦味和金属味）（Toldrá et al, 2000）。

导致蛋白质水解的酶类很多，主要是组织蛋白酶及钙激活蛋白酶，水解后形成的氨基酸和肽是腌腊肉制品非蛋白态氮的主要组成部分，主要影响产品的滋味和质构特性。氨基酸和肽有四种基本味感：甜、咸、酸、苦，除此之外鲜味也被认为是一种基本味觉。游离氨基酸可以通过一系列化学反应（斯特勒克（Strecker）降解和美拉德反应等）转化成不同的影响食品风味的化合物，如胺、酮酸、有机酸和氨等。

蛋白质降解主要受到温度、pH 值、盐分含量、硝酸盐和亚硝酸盐含量的影响。在香肠的加工过程中，温度始终影响着游离氨基酸的释放。Waade（1997）用木糖葡萄球菌进行香肠发酵时发现，温度对游离氨基酸的水平影响最重要；Waade（1997）等研究表明，随着盐分含量的增加，肌原纤维蛋白质和肌浆蛋白质的降解作用减小，研究还发现，盐能抑制组织蛋白酶的活性，不同的盐浓度对组织蛋白酶活性的影响不同；硝酸盐一方面能够抑制具有蛋白质降解活性的微生物的生长，另一方面又能促进游离氨基酸的降解，从而降低游离氨基酸的水平（王艳梅等，2004）。

1.2.3.3 美拉德反应在腌腊肉制品风味形成中的作用

美拉德反应（Maillard Reaction）是食品色泽和风味的主要来源。肉中的还原糖（主要是葡萄糖和核糖）与氨基酸、肽、蛋白质在常温或加热时发生美拉德反应，生成很多风味化合物，如酮、醛、呋喃、吡嗪、醇类等，