

美国现代食品科技系列

10

肉制品与水产产品的风味

(第二版)

[加] F. Shahidi 著 · 李洁 朱国斌 译

FLAVOR OF MEAT, MEAT PRODUCTS AND SEAFOODS



中国轻工业出版社

CHINA LIGHT INDUSTRY PRESS

美国现代食品科技系列 10

肉制品与水产品的风味

(第二版)

[加] F. Shahidi 著

李 洁 朱国斌 译

 中国轻工业出版社

图书在版编目(CIP)数据

肉制品与水产品的风味(第二版)/(加)夏海迪(Shahidi, F.)著;
李洁,朱国斌译. —北京:中国轻工业出版社,2001.8

(美国现代食品科技系列 10)

ISBN 7-5019-3261-1

I. 肉… II. ①夏…②李…③朱… III. ①肉制品—食品
加工②水产品—食品加工 IV. TS205

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2001)第 038683 号

《肉制品与水产品的风味》(第二版, F. Shahidi)一书的中文版经英文
版权所有 ASPEN PUBLISHERS, INC., Gaithersburg, Maryland, USA
许可,由中国轻工业出版社出版发行。版权所有,翻印必究。

责任编辑:沈力匀

策划编辑:李炳华 李亦兵 责任终审:滕炎福 封面设计:崔 云

版式设计:刘 静 责任校对:燕 杰 责任监印:胡 兵

*

出版发行:中国轻工业出版社(北京东长安街6号,邮编:100740)

网 址: <http://www.chlip.com.cn>

联系电话:010—65241695

印 刷:中国人民警官大学印刷厂

经 销:各地新华书店

版 次:2001年8月第1版 2001年8月第1次印刷

开 本:787×1092 1/16 印张:23.25

字 数:555千字 印数:1—3000

书 号:ISBN 7-5019-3261-1/TS·1971

定 价:50.00元

著作权合同登记 图字:01-2000-1822

·如发现图书残缺请直接与我社发行部联系调换·

前 言

对于肉类食品而言,风味是其整体可接受性中一个重要的感官方面。肉类的复杂风味体系,尤其是海产品,都是由具有滋味和香味活性的成分组成的。尽管肉类食品的滋味活性成分一般都是非挥发性的,它们的香味活性成分实际上都是挥发性的。我们接受还是拒绝一种食品基本取决于它的风味,而且首先是其香味。此外,不同风味活性化合物的阈值对所有食品的累积感官属性都有重要的影响。

尽管肉类和肉类制品在生鲜状态时几乎没有、或只有一种类似血腥的滋味,但新鲜的海产品有一种更易于觉察的香味。新鲜海产品的风味基本上受脂肪氧化酶衍生的、以脂质为基础的挥发性物质影响的,并在较低程度上受环境引入成分如卤化物和胺的影响。在热加工过程中,很多低相对分子质量的香味活性化合物通过脂质氧化作用——斯特雷克氨基酸反应和美拉德反应形成。热加工的方式和其他成分的存在以及添加剂对制备的肉类食品的风味也有着深刻的影响。

本书的第一版发表于1994年,并于1995年和1997年重印,引起了食品行业专家、政府图书馆和学术机构的强烈兴趣。在此版本中,给出了早期资料的最新描述,而有些部分则完全是由不同的科学家重新撰写的。对该专题著作也加以扩展,其中包括了对其他加工肉类和海产品风味属性的讨论。第一章提供了肉类食品风味研究领域的总体评述,而第二章探讨其风味化学,第三章到第八章简要论述了各种类型肉类食品的风味,即牛肉、猪肉、禽肉、羊肉、鱼和贝类的风味。在第九章到第十五章中,描述了肉类成分和加工过程对风味的作用。本书的最后部分,即第十六章至第十八章,总结了肉类、肉类制品和海鲜风味质量的评价方法。

最后,我希望在此真诚地感谢所有作者的合作和他们值得称赞的贡献。

Fereidoon Shahidi

编委

- M.E. Bailey** Department of Food Science and Human Nutrition, 21 Agricultural Building, University of Missouri Columbia, Columbia, MO 65211, USA
- G. Bertelsen** Department of Dairy and Food Science, The Royal Veterinary and Agricultural University, Rolihedsvej 30, DK-1958 Frederiksberg C, Denmark
- K.L. Bett** Southern Regional Research Center, USDA, Agricultural Research Service, 1100 Robert E. Lee Boulevard, New Orleans, LA 70124, USA
- T.J. Braggins** MIRINZ, East Street (Ruakara Campus), PO Box 671, Hamilton, New Zealand
- K.R. Cadwallader** Department of Food Science and Technology, Mississippi Agricultural and Forestry Experiment Station, Mississippi State University, MS 39762-5953, USA
- J. Chen** Department of Food Science, Rutgers University, New Brunswick, NJ 08903, USA
- C.-W. Chen** Department of Food Science, Rutgers University, New Brunswick, NJ 08903, USA
- T. Cheraghi** Department of Food Science, Wageningen Agricultural University, Wageningen, The Netherlands
- E. Durnford** Department of Biochemistry, Memorial University of Newfoundland, St. John's, Newfoundland, Canada, A1B 3X9
- M. Flores** Instituto de Agroquímica y Tecnología de Alimentos (CSIC), Aparto de Correos 73, 46100 Burgassot, Valencia, Spain
- C.-T. Ho** Department of Food Science, Rutgers University, New Brunswick, NJ 08903, USA
- A.J. Macleod** Department of Chemistry, King's College London, Strand, London WC2R 2LS, UK
- G. MacLeod** 12 The Coppice, Rhine Field Road, Brockenhurst, Hants. SO42 7QZ, UK
- J.A. Maga** Department of Food Science and Human Nutrition, Colorado State University, Fort Collins, Colorado 80523, USA

-
- A. Mikkelsen** Department of Dairy and Food Science, The Royal Veterinary and Agricultural University, Rolihedsvej 30, DK-1958 Frederiksberg C, Denmark
- D.S. Mottram** University of Reading, Department of Food Science and Technology, Whiteknights, Reading, RG6 2AP, UK
- B.S. Pan** Department of Marine Food Science, Fisheries Science College, National Taiwan Ocean University, Keelung, Taiwan, Republic of China
- N. Ramarathnam** GENOX Corporation, 1414 Key Highway, Baltimore, MD 21230, USA
- J.P. Roozen** Department of Food Science, Wageningen Agricultural University, Wageningen, The Netherlands
- J. Rozum** Red Arrow Products Company Inc., Manitowoe, WI 54221, USA
- F. Shahidi** Department of Biochemistry, Memorial University of Newfoundland, St. John's, Newfoundland, Canada, A1B 3X9
- L.H. Skibsted** Department of Dairy and Food Science, The Royal Veterinary and Agricultural University, Rolihedsvej 30, DK-1958 Frederiksberg C, Denmark
- A.M. Spanier** Southern Regional Research Center, USDA, Agricultural Research Service, 1100 Robert E. Lee Boulevard, New Orleans, LA 70124, USA
- S. Spurvey** Department of Biochemistry, Memorial University of Newfoundland, St. John's, Newfoundland, Canada, A1B 3X9
- A.J. St. Angelo** Southern Regional Research Center, USDA, Agricultural Research Service, 1100 Robert E. Lee Boulevard, New Orleans, LA 70124, USA
- F. Toldrá** Instituto de Agroquímica y Tecnología de Alimentos (CSIC), Aparto de Correos 73, 46100 Burgassot, Valencia, Spain
- S.M. van Ruth** Department of Food Science, Wageningen Agricultural University, Wageningen, The Netherlands
- B.T. Vinyard** Southern Regional Research Center, USDA, Agricultural Research Service, 1100 Robert E. Lee Boulevard, New Orleans, LA 70124, USA
- O.A. Young** MIRINZ, East Street (Ruakara Campus), PO Box 617, Hamilton, New Zealand

目 录

1. 肉类食品的风味概述	1
1.1 引言	1
1.2 肉类食品中的风味挥发性物质	1
1.3 加工和贮存对肉类食品风味的影响	2
1.4 方法论及其他	2
参考文献	3
2. 肉类风味化学	5
2.1 引言	5
2.2 肉类风味前体	5
2.3 产生肉类香味的反应	6
2.4 对肉的风味有贡献的化合物	8
2.5 某些肉香味挥发性物质的形成途径	10
2.6 脂质和美拉德反应间的相互作用	12
2.7 总结	17
参考文献	17
3. 牛肉的风味	24
3.1 引言	24
3.2 味道活性化合物	24
3.3 风味增强剂	24
3.4 芳香成分	25
3.5 结论	46
参考文献	46
4. 猪肉的风味	54
4.1 引言	54
4.2 猪肉的前体和风味化合物	54
4.3 猪肉风味的主要生成途径	55
4.4 最近鉴定的猪肉风味化合物和它们的感官性质	65
4.5 影响猪肉风味的因素	68

参考文献	69
5. 家禽肉的风味	74
5.1 引言	74
5.2 鸡肉汤的基本气味物质	74
5.3 鸡肉风味中的含硫化合物	75
5.4 鸡肉风味中的醛类化合物	78
5.5 鸡肉风味中的杂环化合物	79
5.6 鸭肉和火鸡肉的风味	83
5.7 结论	84
参考文献	84
6. 羊肉的气味和风味	90
6.1 引言	90
6.2 感官评价小组和化学分析评价羊肉的气味和风味	90
6.3 羊肉气味和风味的组织来源	91
6.4 羊肉气味和风味中涉及的化学成分	92
6.5 影响羊肉气味和风味的因素	97
6.6 结论	105
参考文献	106
7. 鱼肉的风味	117
7.1 引言	117
7.2 非常新鲜的鱼香	117
7.3 具有品种专一性的特征香味	121
7.4 后生的或由加工引起的风味	121
7.5 变质的鱼的气味	123
7.6 由于环境而产生的风味	127
7.7 非挥发性含氮化合物	129
7.8 非挥发性不含氮化合物	131
7.9 总结	131
参考文献	132
8. 甲壳类鱼肉的风味	143
8.1 引言	143
8.2 甲壳类鱼肉中的挥发性成分	143
8.3 甲壳类鱼肉中的非挥发性风味化合物	159
8.4 总结	164

参考文献	164
9. 肉类的鲜味风味	176
9.1 引言	176
9.2 定义	176
9.3 历史背景	177
9.4 结构研究	177
9.5 稳定性	178
9.6 协同作用	179
9.7 滋味属性	179
9.8 食品中的呈现	181
9.9 鲜味化合物和肉类的风味	182
9.10 酵母提取物	186
9.11 水解蛋白质	186
9.12 肽类	187
9.13 结论	188
参考文献	188
10. 肉中脂质衍生的异常风味	192
10.1 引言	192
10.2 肌肉组织中的脂质氧化	193
10.3 抑制肉及肉制品中脂质氧化的关键控制点	195
10.4 总结和展望	211
参考文献	211
11. 在肉类副产物中由脂质衍生的异常风味：抗氧化剂及美拉德试剂的效应	226
11.1 引言	226
11.2 肉类副产物中脂肪酸和氨基酸组成	226
11.3 挥发性化合物	227
11.4 存贮过程中肉类副产物的挥发性组成的变化	227
11.5 抗氧化剂对挥发性组分的作用	230
11.6 美拉德反应试剂对挥发性组分的作用	230
11.7 总结	231
参考文献	232
12. 美拉德反应和肉风味的产生	234
12.1 引言	234
12.2 美拉德反应	235

12.3	美拉德反应和肉类风味化合物·····	238
12.4	作为鲜肉风味防腐剂的美拉德反应产物·····	243
12.5	总结·····	244
	参考文献·····	245
13.	腌肉的风味·····	253
13.1	引言·····	253
13.2	亚硝酸盐腌制肉·····	253
13.3	腌肉中的亚硝酸盐作为抗氧化剂的作用·····	254
13.4	腌肉风味的化学性质·····	255
13.5	脱脂肉的风味·····	270
13.6	总结·····	273
	参考文献·····	274
14.	干腌火腿的风味分析·····	278
14.1	引言·····	278
14.2	干腌火腿的感官特征·····	278
14.3	在干腌火腿中的芳香贡献因素·····	279
14.4	在干腌火腿中滋味的贡献因素·····	287
14.5	感官分析和风味成分之间的相关性·····	289
14.6	总结·····	291
	参考文献·····	291
15.	加工肉食中的烟熏风味·····	297
15.1	引言·····	297
15.2	纤维素的热解·····	298
15.3	半纤维素的热解·····	299
15.4	木质素的热解·····	300
15.5	烟熏食品中色泽的形成·····	300
15.6	经加工肉食中的烟熏风味·····	301
15.7	常规气态烟雾剂和液态烟雾剂的对比·····	302
15.8	烟熏调味剂的演变·····	303
15.9	用烟熏制剂保存食品·····	304
15.10	总结·····	305
	参考文献·····	305
16.	肉类食品风味的仪器分析方法·····	307
16.1	引言·····	307

16.2 挥发性风味化合物的提取·····	307
16.3 挥发性风味化合物的仪器分析·····	308
16.4 总结·····	315
参考文献·····	315
17. 对肉类、肉类产品和海产品的脂质氧化以及异常风味发展的评价 ·····	323
17.1 引言·····	323
17.2 脂肪酸分析·····	325
17.3 氧的吸收·····	326
17.4 共轭双烯化合物·····	326
17.5 过氧化物值·····	326
17.6 2-硫代巴比妥酸的检验 ·····	327
17.7 Kries 检验 ·····	329
17.8 茴香胺值·····	330
17.9 Totox 值 ·····	331
17.10 羰基化合物 ·····	331
17.11 己醛、丙醛和其他羰基化合物·····	332
17.12 戊烷和其他烷 ·····	333
17.13 脂质氧化定量方法的最新进展 ·····	333
17.14 总结 ·····	334
参考文献·····	334
18. 肉类风味研究中的感官和统计分析·····	343
18.1 引言·····	343
18.2 感官评价·····	343
18.3 肉类的感官分析·····	345
18.4 化学的和仪器的参数·····	347
18.5 感官、化学和仪器分析之间的相关性 ·····	350
18.6 总结·····	357
参考文献·····	357

1. 肉类食品的风味概述

F. Shahidi

1.1 引言

在肉类和海鲜产品的整体可接受性中,风味是十分重要的感官性质。具有风味的挥发性化合物的优势效应对食品的感官性质产生巨大的影响,同时,相对分子质量大的那些成分的味觉属性以及非挥发性前体物质对肉类食品风味的贡献也应当予以考虑。

尽管生肉很少有香味,并且只具有一种类似血腥的味道,但其中却蕴含着丰富的具有味觉属性的化合物,以及香味的前体物质和风味增强剂^[1,3]。不过,海产品多少有所不同,它们在生鲜状态时就携有其自身的风味。在鳕鱼中胺的存在以及在诸如鲱鱼和鲱鱼等肥鱼中的自氧化尤其令人感兴趣。鱼和贝类在生鲜状态时的风味还受到脂肪氧合酶衍生的;以脂质为基体的挥发性化合物的影响。此外,贝类具有各种不同的风味特征,主要源于在它们的非挥发性滋味活性成分方面所存在的差异。肉类风味的非挥发性前体物质包括游离氨基酸、肽类、还原糖、维生素和核苷酸。这些成分与其他另一种成分的相互作用和(或)它们通过斯特雷克尔氨基酸反应和美拉德反应的降解产物产生大量的中间体和(或)挥发性物质,这些物质能够导致肉类食品在热处理过程中产生理想的香味。脂质在肉类和海产品中独特的、因品种而异的整体风味中也承担着重要的作用^[9,10,15]。

根据调查,饮食状况、代谢途径和动物的品种可以对肉类食品的风味性质产生作用。例如,对以鱼肉作为补充饲料的牛和猪用谷类为主进行肥育饲养,以便防止在它们的肉中染有鱼的风味。此外,带有侧链的脂肪酸如4-甲基辛酸和4-甲基壬酸是羊肉特征的,而猪的性别气味则和雄性猪相关^[4,17]。

1.2 肉类食品中的风味挥发性物质

到目前为止,在牛肉、猪肉和羊肉^[13]以及海产品^[11]的挥发性组成中已经鉴别了近1100种化合物。这些挥发性物质涵盖了大多数种类的有机化合物,如碳氢化合物、醇、醛、酮、羧酸、酯、内酯、醚、呋喃、吡啶、吡嗪、吡咯、噁唑、噁唑啉、噻唑、噻唑啉、噻吩及其他含硫和含卤素的化合物。人们确信,对气味的决定作用是由含硫的开链化合物,含氮、氧和(或)硫的杂环化合物以及含有羰基的挥发性物质造成的^[12,13]。

尽管来源于不同品种肉的很多风味挥发性物质的化学性质从定性角度看是相似的,但它们存在着量上的差别。例如,已经报道了与其他品种相比较,羊肉的香味中含有较高含量的3,5-二甲基-1,2,4-三硫杂戊烷和2,4,6-三甲基全氢化-1,3,5-二噻嗪(噻

啶)。其他含硫化合物也以较高的浓度存在,并被认为是由于羊肉中的硫氨基酸含量比牛肉和猪肉中的高而造成的。与此相类似,在羊肉的挥发性物质中,记录下了较高浓度的烷基取代杂环化合物^[2],巯基噻吩和巯基呋喃是牛肉香味的重要贡献因素^[6]。

与不同种类肉中识别的挥发性化合物的庞大总数相比较,其中只报道了很小的一部分具有肉的香味特征^[12],而它们实质上主要是含硫的化合物,尽管大多数含硫的挥发性物质以肉中的浓度存在时表现出令人愉快的肉香,但处于高浓度时它们的气味则是令人讨厌的,因此在评价肉类食品的风味性质时必须同时考虑挥发性物质的性质和含量两个方面。此外,各种香味成分间可能的协同作用也必须予以考虑。

最后,在评定肉的风味性质时,还必须考虑氨基酸、肽类和核苷酸对滋味的作用。这些化合物不仅与其他组成相互作用生成风味挥发物,它们还对肉类食品的甜味、咸味、苦味、酸味和鲜味有贡献。在汤和肉汁的加工过程中,蛋白质发生部分水解以增强分子的风味感,因此,在该领域的研究将使我们能够优化条件,生产出具有最高满意度的产品。

1.3 加工和贮存对肉类食品风味的影响

对肉和鱼进行诸如腌制^[13]和熏制^[7]的加工会在产品中产生一种特征的风味。亚硝酸盐和肉类食品的相互作用通常会延缓异味挥发性物质的形成,这些异味挥发性物质可以掩盖产品的天然风味。因此,加工风味剂对大量深受喜爱的产品理想的特征都具有举足轻重的作用。

用亚硝酸盐和盐腌制的肉类产品通常可以保持它们的风味,但亚硝酸盐腌制也会改变香味,并使产品存放适当长的时期。氧化和肉风味的变质过程基本上取决于肉的种类和其脂质的含量。此外,氧化产物和肉类食品成分间的相互作用可以反过来改变它们的色泽、组织和营养价值^[16]。在鳕鱼中,由于蛋白质分子的交联,三甲胺氧化物的降解所形成的甲醛会使肌肉组织在冷藏过程中变得坚韧。因此最近数十年来对质变过程的控制受到相当重视,其中包括自氧化,以及测定其数量的方法。

随着分析方法的改进,有可能对那些对香味有贡献的低阈值新型风味活性化合物进行鉴定。基础研究已经有助于重要发现的实际应用,以改善肉类食品产品的质量,而且这些发现将继续对行业的新发展产生影响。随着可获得的数据日益增多,对与风味感觉和仿真风味剂有关的反应历程进行更深入的理解,并可对此加以利用。

1.4 方法论及其他

用于分析所有肉类食品的方法从根本上说是相同的^[5,8]。但是对肉中重要而独特的香味化合物的鉴别却面临着严峻的挑战,因为这些化合物的浓度相当低,通常在低于十亿分之几的水平。在进行气相色谱之前挥发性物质的分离和取样可以按多种方式进行,其中包括平衡和动态顶空取样、常压或减压蒸馏并用相应的溶剂萃取,直接溶剂萃取或在真空下升华,以及直接进样注射。每一种分离技术都有其自身的优势和弱点,每一种方法都会产生有一定偏差的结果,因为它相对于其他方法选择化合物的某些基团而舍弃另一些,

而有些方法则容易造成假象。

为消除上述的某些倾向性,比较好的方法是依赖于两种或更多种上述技术来分离挥发性物质。对挥发性提取物随之进行的分析通常采用气相色谱(GC)和气相色谱-质谱联用(GC-MS)。除此之外,气相色谱-嗅觉测量(GC-O)已经被证实对鉴别肉和海产品中影响特征的化合物也是有用的。使用电子香味传感器来分析风味则是近来的一项新发展。

参 考 文 献

- [1] Bender, A. E. and Ballance, P. E. (1961). A preliminary examination of the flavour of meat extract. *J. Sci. Food Agric.*, 12, 683-687.
- [2] Buttery, R. G., Ling, L. C., Teranishi, R. and Mon, T. R. (1977). Roasted lamb fat: Basic volatile components. *J. Agric. Food Chem.*, 25, 1227-1229.
- [3] Crocker, E. C. (1948). The flavor of meat. *Food Res.*, 13, 179-183.
- [4] Gower, D. E., Hancock, M. R. and Bannister, L. H. (1981). In *Biochemistry of Taste and Olfaction*, eds. R. H. Cagan, and M. R. Kave, Academic Press, New York, pp. 7-31.
- [5] Ho, C-T. and Manley, C. H. eds. (1993). *Flavor Measurement*. Marcel Dekker, New York.
- [6] MacLeod, G. (1986). The Scientific and Technological Basis of Meat Flavours. In *Development in Food Flavours*, eds. G. G. Birch and M. G. Lindley. Elsevier Applied Science, London. pp. 191-223.
- [7] Maga, J. A. (1987). The flavor chemistry of wood smoke. *Food Reviews International* 3, 139-183.
- [8] Marsili, R. ed. (1997). *Techniques for Analyzing Food Aroma*. Marcel Dekker, New York.
- [9] Mottram, D. S. and Edwards, R. A. (1983). The role of triglycerides and phospholipids in the aroma of cooked beef. *J. Sci. Food Agric.*, 34, 517-522.
- [10] Mottram, D. S., Edwards, R. A. and MacFie, H. J. H. (1982). A comparison of the flavor volatiles from cooked beef and pork meat systems. *J. Sci. Food Agric.*, 33, 934-944.
- [11] Pan, B. S. and Kuo, J.-M. (1994). Flavour of shellfish and kamaboko flavourants. In *Seafoods: Chemistry, Processing Technology and Quality*, eds. F. Shahidi and J. R. Botta. Blackie Academic & Professional, Glasgow, pp. 85-114.
- [12] Shahidi, F. (1989). Flavour of cooked meats. In *Flavour Chemistry: Trends and Developments*, eds. R. Teranishi, R. E. Buttery, and F. Shahidi, ACS Symp, Ser. 388, American Chemical Society, Washington, DC, pp. 188-201.
- [13] Shahidi, F. (1992). Prevention of lipid oxidation in muscle foods by nitrite and nitrite-free compositions. In *Lipid Oxidation in Food*, ed. A. J. St. Angelo, ACS Symposium Series 500, American Chemical Society, Washington, DC, pp. 161-

182.

- [14] Shahidi, F., Rubin, L.J. and D'Souza, L.A. (1986). Meat flavor volatiles: A review of the composition, techniques of analysis, and sensory evaluation. *CRC Crit. Rev. Food Sci. Nutr.*, 24, 141 – 243.
- [15] Shahidi, F. and Cadwallader, K.R., eds. (1997). *Flavor and Lipid Chemistry of Seafoods*. ACS Symposium Series 674, American Chemical Society, Washington, DC.
- [16] Spanier, A.M., Miller, J.A. and Bland, J.M. (1992). Lipid oxidation: Effect on meat proteins. In *Lipid Oxidation in Food*, ed. A.J. St. Angelo, ACS Symposium Series 500, American Chemical Society, Washington, DC, pp. 161 – 182.
- [17] Wong, E., Nixon, L.N. and Johnson, C.B. (1975). Volatile medium chain fatty acids and mutton flavor. *J. Agric. Food Chem.*, 23, 495 – 498.

2. 肉类风味化学

D.S. Mottram

2.1 引言

已经证明,无论对感官分析者还是对风味化学家来说,与熟肉相关的风味尤其难以表征。肉的风味受到那些对滋味感觉有作用的化合物以及那些刺激嗅觉器官的化合物的影响,其他感觉如口感和多汁感也会影响风味的总体感觉。但是,正是熟肉中的挥发性化合物决定了其芳香特性并对肉的特征风味起到最重要的作用。在对食品风味进行的一项最深入的研究中,分离出了 1 000 多种挥发性化合物,对肉中发现的挥发性物质的研究表明,牛肉中挥发性物质的数目比其他类肉中多得多,但这主要体现在有关牛肉的出版物与有关猪肉、羊肉和家禽的相比较要多得多^[52]。

肉的风味是由于受热而产生的,因为生肉只有很少或根本没有香味,并只有类似血腥的味道。很多研究的目的在于理解肉香味的化学性质以及烹煮过程中发生的反应的本质,正是这些反应造成了香味化合物的形成。肉类风味的主要前体物质可以分为两大类:水溶性成分(氨基酸、肽类、碳水化合物、核苷酸、硫胺素等)和脂质。在烹煮过程中发生的产生芳香挥发性物质的主要反应是氨基酸和还原糖之间发生的美拉德反应和脂质的热降解。

2.2 肉类风味前体

在 20 世纪 50~60 年代,对肉类风味研究的早期工作主要是识别肉中经加热产生特征风味的那些成分^[41,36,44,72]。研究的结论是,肉类风味前体物质是较小相对分子质量的水溶性成分,而大相对分子质量的原纤维蛋白和肌浆蛋白则不重要。有人提出,主要的风味前体物质是游离糖、糖磷脂、核苷酸合糖、游离氨基酸、肽类、核苷酸和其他含氮成分,如硫胺素。一系列的研究测定了加热过程中这些水溶性化合物发生的数量上的变化,观察到碳水化合物和氨基酸的量完全消耗,其中核糖和半胱氨酸的损失最为显著。随后,对加热氨基酸和糖混合物所产生香味的研究证实了半胱氨酸在肉类风味形成中的重要作用,并由此产生了典型的 Morton 等人的专利^[50],该专利涉及加热半胱氨酸和核糖的混合物而生成类似肉的风味。其后提出的大多数“反应产物”肉类风味剂的专利与硫——通常是半胱氨酸或其他含硫的氨基酸或硫化氢有关^[47,45]。

肉中脂质部分,包括脂肪质的组织和瘦肉中含有的脂肪的作用,到今天仍然是某些争议的问题。Hornstein 和 Crowe^[36,37]发现牛肉、猪肉和羊肉中水溶性的提取物在加热时具

有相似的香味,而加热脂肪则产生品种特异的香味。这意味着脂质所产生的挥发性化合物可产生不同种类的特征风味,而瘦肉则决定了所有品种所共有的基本肉类风味。人们还认识到脂肪的自氧化可能产生不合理想的风味化合物并导致酸败。通过外界资源或作为风味形成反应的一部分而获得的脂肪还可以作为香味化合物的溶剂,因此,它能够影响肉中风味的释放^[73]。不过,人们现在意识到这样过于简化了脂肪在肉风味中的作用,而脂质衍生的挥发性物质无论是作为香味化合物还是作为其他化合物的中间体对于理想的肉类香味都有十分重要的作用。

2.3 产生肉类香味的反应

在正常的烹煮肉过程中,存在着范围很宽的温度条件,半熟牛排的中心温度可能只有 50℃,烤肉的中心温度可达到 70~80℃,而烤肉的外表可达到高得多的温度,并发生表面的局部脱水。另一方面,在炖煮过程中,肉保持在 100℃ 的温度下,在有大量水存在的情况下持续数小时。这样,在熟肉中获得各种不同的风味感觉也就不足以为怪了。有些肉可能很淡,而另一些则可能具有强烈的肉味特征,还有一些则分明是烤炙的风味。

由加热而发生的可导致肉类风味的基本反应包括氨基酸和肽类的热解、碳水化合物焦糖化、核糖核苷酸的降解、硫铵降解、糖和氨基酸或肽类的相互作用以及脂质的热降解^[47,52]。这些复杂排列的反应被次级反应的总体寄主作用而变得更为复杂化,该次级反应可以在初级反应的产物间发生,从而产生大量的能对肉类风味起作用的挥发性化合物。在香味化合物形成之前氨基酸和肽类的热分解以及糖的焦糖化在正常情况下需要超过 150℃ 的温度^[18,71]。除了可能在烤炙过程中脱水的某些表面小区域外,该温度高于烹煮肉过程中所遇到的正常温度。

2.3.1 美拉德反应

还原糖和氨基化合物之间的美拉德反应不需要与糖的焦糖化和蛋白质的热解相关联的非常高的温度,并且能够在与烹煮食物相关的温度下生成香味化合物,因此,这是在熟食中产生风味化合物的最重要途径。这种情况在较低的湿度下更易于发生,因此,在肉中,由美拉德反应产生的风味化合物经常是和烹煮的食物中被热源脱去水分的区域联系在一起^[68]。

与风味相关的美拉德反应始终是大量研究的主题^[39,53,59,65],并且在本书的各章进行了讨论。对反应的最初阶段进行了某些细节研究,这一阶段包括还原糖中羰基基团与胺化合物的缩合,产生了糖解胺。随后,这一重新组合和脱水经过脱氧邻酮醛糖产生各种糖的脱水和降解产物,如糠醛和呋喃酮的衍生物、羟基酮和二酮类化合物。该反应在很多研究论文中进行了讨论,但值得注意的是,由 Hodge 在 1953 年提出的反应历程至今仍为我们提供着理解该反应早期阶段的基础^[35,43]。美拉德反应的后续阶段中涉及到这些化合物和其他活性物质如胺、氨基酸、醛、硫化氢和氨之间的相互作用。正是这些步骤产生了使熟食具有特征的香味化合物,并因此而成为风味化学家关注的焦点。

与美拉德反应有关系的一个重要反应是斯特雷克氨基酸反应,其中包括在有二羰