

牛脂氧化制备肉味香精的研究进展

彭秋菊, 孙宝国, 梁梦兰, 谢建春

(北京工商大学化学与环境工程学院, 北京 100037)

摘 要: 综述了脂质氧化降解及其与 Maillard 反应之间的相互作用在生成不同肉类的特征香味中的重要作用; 并对牛脂氧化产物成分进行了初步的统计, 约有 10 类 241 种有机化合物, 同时总结了主要氧化产物的形成机理; 重点介绍了牛脂氧化制备肉味香精的工艺和牛脂氧化的条件。

关键词: 牛脂; 氧化; 肉味香精

Research Development about Preparation of Meat Flavor by Tallow Oxidation

PENG Qiu-ju, SUN Bao-guo, LIANG Meng-lan, XIE Jian-chun

(School of Chemical and Environmental Engineering, Beijing Technology and Business University,
Beijing 100037, China)

Abstract: The importance of the degradation of lipids and the interactions of Maillard reactions with lipids in developing a species characteristic flavour of cooked meat was discussed. There have been 241 compounds of 11 categories found during the oxidation of tallow in the preliminary statistics. The proposed formation mechanisms of major components identified in oxidized tallow were summarised. The focal point was to introduce the technology of meat flavour developed from oxidized tallow and the conditions of oxidation about tallow.

Key words: tallow; oxidation; meat flavor

中图分类号: TS202.3

文献标识码: A

文章编号: 1002-6630(2005)02-0245-06

肉是人类饮食的重要组成部分, 它是优良蛋白质的来源, 并提供一些维生素和矿物质。牛肉作为最重要的肉类来源之一, 有着庞大的消费群体, 与其它肉类香味相比, 牛肉香味的研究更加广泛。

Shahidi^[1]称, 已有约 1000 种化合物从牛肉的挥发成分中被鉴定出。这些挥发成分涵盖了有机化合物种类的大多数, 如烃类、醇类、醚类、醛类、酮类、羧酸类、酯类、胺类、内酯类、呋喃类、吡啶类、吡嗪类、吡咯类、噁唑和噁唑啉类、噻唑和噻唑啉类、噻吩类以及其它含硫和含卤素化合物。由此可见, 肉的香味不可能由单一或一类化合物所构成。但是, 一般认为, 含硫化合物、杂环化合物(包括含硫杂环化合物)和羰基化合物是肉香味的主要成分。

肉的香味是由于受热而产生的, 因为生肉很少有或根本没有香味, 它被描述为咸的、血腥的和“血似”的味道并带有一点芳香。早在 20 世纪 50~60 年代, 人们已经开始了对肉类香味的研究, 当时主要是识别肉中经加热产生特征香味的那些成分。目前很多研究表明,

肉类香味的主要前体物质可以分为两大类: 水溶性成分和脂质。在蒸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与还原糖之间发生的 Maillard 反应和脂质的热降解, 以及脂质—Maillard 反应间的相互作用^[2,3]。

1 脂质在肉香味形成中的作用

牛和猪的脂肪在空气中加热时, 一开始就会产生肉的特征香味, 而在氮气中加热时, 则不能生成肉的加热香味。这说明某种程度的脂肪氧化在香味生成上很重要。感官试验结果可作出同样的说明: 烧烤不含脂肪的牛肉时, 能判别出是牛肉的比率为 45.2%; 如果用含有 10% 脂肪的牛肉做烧烤时, 则判断比率就会增加到 90.2%^[4]。Hornstern 和 Crowe^[5,6]以及 Pearson 等人^[7]也发现牛肉、猪肉和羊肉中水溶性的提取物在加热时具有类似的香味, 而加热脂肪则产生特征性肉香味。动物脂肪组织除了含有脂质物质之外, 还含有少量的蛋白质、氨基酸、盐和还原糖, Wasserman 和 Spinelli^[8]认为脂质物质和动物脂肪中的水溶性成分对于特征香味的形成都有重要作用。

收稿日期: 2003-09-29

基金项目: 北京市自然科学基金和北京市教育委员会科技发展计划联和项目(KZ200310011005)

作者简介: 彭秋菊(1977-), 女, 硕士研究生, 主要从事肉味香精的研究。

脂质对肉香味的贡献主要从以下两个方面来实现。

1.1 脂质降解生成肉香味挥发组分

在煮沸的和稍加烧烤的肉中，发现脂质的降解产物在挥发性化合物的提取物中占据主导地位，其成分有几百种之多，包括烃、醇、醛、酮、羧酸、内酯和烷基呋喃由脂质降解产生的其他熟牛肉芳香化合物是几种苯的衍生物和苯甲酸、烷基苯和萘。涉及到的主要反应是不饱和及饱和脂肪酸的氧化和降解作用。

这些化合物中的许多种对熟肉的总体香味所起的作用可能很小，因为它们的香味阈值相对较高。然而，含有6~10个碳原子的饱和及不饱和醛是所有烹煮肉中最主要的挥发性成分，它们对于肉香味的形成可能具有重要的作用。例如，2,4-癸二烯醛就具有油炸食品的香味。一般认为不同种类的肉的特征香味来自于动物脂肪部分，那么，醛类作为脂肪氧化降解的主要成分，其中很可能含有某种特征香味物质。最近，据Guth和Grosch^[9,10]报道，在炖牛肉的挥发性成分中，12-甲基-十三醛的浓度为430 μg/kg，但是在小牛、羊和鹿肉中的含量较低，而在猪、鸡和驴肉中则为痕量。他们评价该化合物具有脂香和牛肉的香味，认为它在牛肉的特征风味中起重要作用。

1.2 脂质和 Maillard 反应间的相互作用

在肉中，已经发现一些挥发性化合物能够通过脂质和 Maillard 反应间的相互作用形成。这些化合物的存在已经由Whitfield^[11]进行了研究。这些化合物是含有长链烷基取代基(C₅~C₁₅)的O-、N-、S-杂环。烷基通常是由脂质氧化产生的脂肪族醛衍生而来，氮和硫则来源于氨基酸。在牛肌肉内的磷脂只占肌肉组分的1%，但是这些磷脂衍生物的成分与水溶性物质之间的相互作用对于整体肉香的芳香化合物的生成起了非常重要的作用^[12]。在Maillard反应体系中，牛肉磷脂的增加会导致肉香芳香物质显著的增加，并且常规Maillard反应的杂环化合物的浓度显著地降低，以及特殊的脂质—Maillard反应的新杂环化合物的浓度明显地增加^[13]。

2 牛脂氧化产物分析及机理研究

2.1 牛脂氧化产物分析

1960年，Ellis等人^[14]对牛脂温和氧化所产生的挥发性羰基化合物进行了分析，由于当时分析手段有限，仅发现8种烷基醛、5种烷基-2-烯醛和5种烷基-2,4-二烯醛。1968年，Watanabe和Sato^[15]对牛脂中所含有的内酯物进行了分析、鉴定，共得到18种饱和的γ-和δ-内酯。1970年，Yamato等人^[16]对加热牛脂中的挥发性羰基化合物又进行了研究，发现有3种脂肪族酮、8种饱和醛、6种2-烯醛、1种2,4-二烯醛、1种芳香族醛和2种α-二羰基化合物，并认为α-二羰基化合物活性

高，在香味形成中的作用比其它单羰基化合物要显著。1984年，Ohnishi和Shibamoto^[17]将牛脂加热到200℃，得到了112种挥发性化合物，主要成分是烷烃、醇、醛、烷基环己烷和甲基酮。1987年，Umano和Shibamoto^[18]又对300℃下牛脂的挥发性成分进行了分析，得到87种化合物。1992年，Um等人^[19]把牛脂加热到100℃，然后用超临界CO₂对其进行萃取，并用气相色谱—质谱分析，主要成分有烃、醛、酮、羧酸、酯以及内酯。表1列出了已报道的牛脂加热时产生的挥发性成分的化学分类。

表1 牛脂加热时产生的挥发性成分的化合物类型、成分数目及参考文献

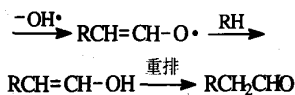
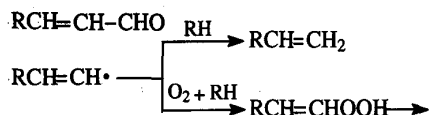
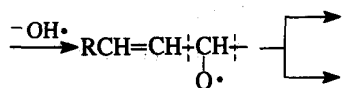
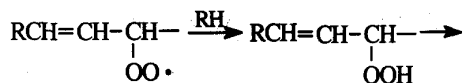
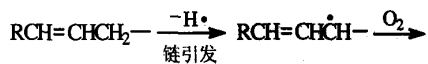
Table 1 The type and the number of volatile compounds from oxidized tallow and references

化合物类型	报道的成分数目	参考文献
The type of compounds	The number of compounds which have been reported	References
烃类 脂肪族	51	[17]、[18]、[19]
脂环族	24	[17]、[18]、[19]
萜类	6	[18]、[19]
醇类 脂肪族	30	[17]、[18]、[19]
醛类 脂肪族	37	[14]、[15]、[17]、[18]、[19]
酮类 脂肪族	22	[16]、[17]、[18]、[19]
脂环族	3	[17]、[18]、[19]
羧酸类 脂肪族	10	[19]
酯类 脂肪族	18	[17]、[19]
内酯类	18	[15]、[19]
苯环类	16	[17]、[18]、[19]
呋喃及其衍生物	6	[17]、[18]、[19]

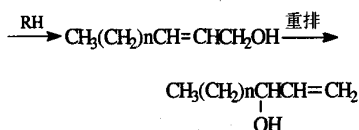
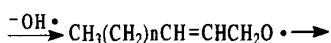
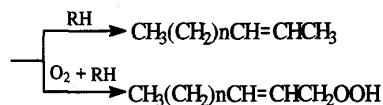
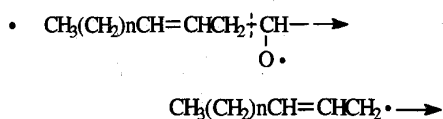
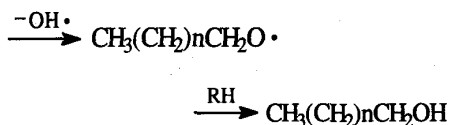
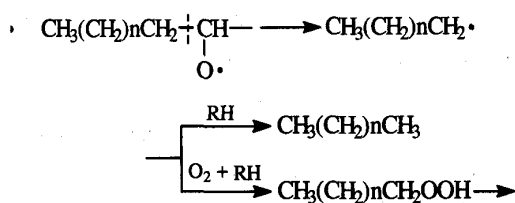
2.2 氧化反应的机理

在肉烹煮过程中，芳香挥发性物质形成的一个重要途径是由热引发的脂质的酰基链的氧化。不饱和脂肪酸链的自氧化也是产生与酸败相关的不理想风味的原因，该风味在脂肪类食品的存储过程中产生。由脂质形成挥发性芳香化合物的反应是按照与热氧化和酸败氧化两者都相同的一般途径进行的，只是在反应历程中的细微差别会产生两个体系中挥发性物质的不同分布^[2]。脂质中不饱和烃基链的氧化性分解涉及一种游离基的反应历程以及中间体氢过氧化物的形成^[20]。氢过氧化物的形成最容易发生在双键的α-位和羰基的α-位上。这些氢过氧化物的分解涉及进一步的游离基反应，以及包括挥发性香味化合物在内的非游离基型产物的形成^[21]。对于一般的游离基反应历程，Frankel的经典著作中已有叙述，在此不再描述，仅介绍脂肪氧化过程中主要化合物的可能形成机理。

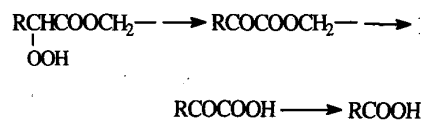
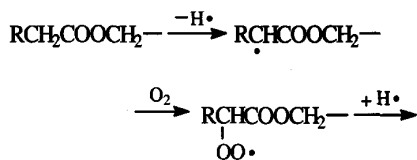
2.2.1 脂肪族醛和烯烃的生成^{[2][20]}



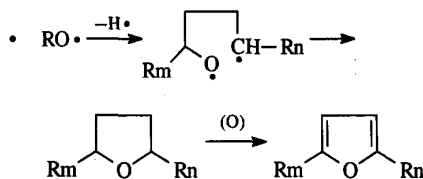
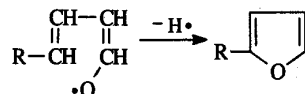
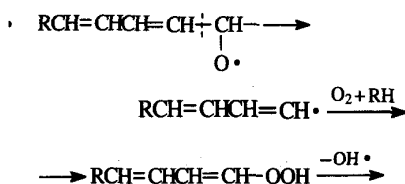
2.2.2 脂肪醇和烃的生成^[2]



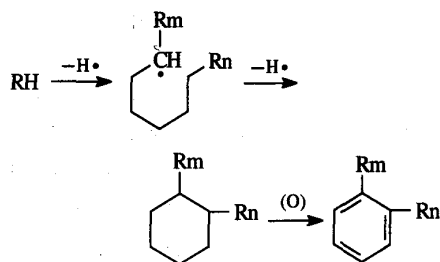
2.2.3 脂肪酸的生成^[22]



2.2.4 呋喃的生成^{[2][23]}

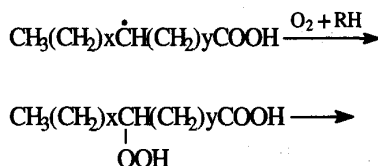


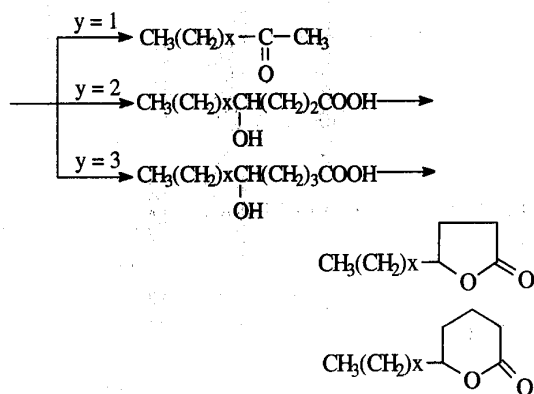
2.2.5 苯衍生物的生成^[23]



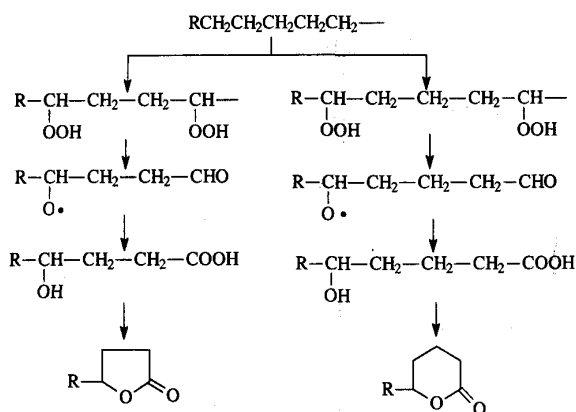
2.2.6 甲基酮和内酯的生成^{[2][24]}

I 甲基酮基长链内酯的生成





II 短链内酯的生成



3 牛脂氧化制备肉味香精

国外对肉味香精的研究已经有三十多年的历史,并且已经形成独立的产业,国际上许多香精公司如美国的IFF公司,英国的BBA,瑞士的Firmenich公司等都大量生产肉味香精。肉味香精在国内是近十几年发展起来的新型食品香精,其应用领域涉及鸡精、方便面调料、方便米粉调料、香肠、火腿肠、罐头、烤鸡、各类熟食制品、香辣酱、速冻水饺及各种休闲食品。2001年,我国肉味香精的消费约10亿人民币,相关食品工业的产值约300亿人民币。根据美国俄亥俄州的Freedonia集团预测,2000~2004年世界肉味香精消费额年增长率为6.9%,我国的肉味香精消费额今后几年还将以高于世界年增长率的速度增长。

目前肉味香精生产技术主要有如下三种:

- (1) 由辛香料、天然香料和合成香料通过调香制备^[25]。
- (2) 以植物蛋白水解物(HVP)或动物蛋白水解物(HAP)为主要原料,通过热反应制备^[26]。
- (3) 以脂肪氧化为主要原料,通过热反应制备^[27~31]。

第一类调香法制备的肉味香精成本低,但由于所用香料品种的限制,生产的肉味香精香味往往不够细腻。

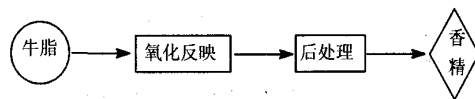
第二类制备方法中用大豆蛋白水解物热反应法生产的肉味香精,尽管所用原料来自天然,成本较低,但还属于模拟肉香味,其香味真实性都不理想;而用肉蛋白水解物通过热反应法生产的肉味香精其肉香比较浓郁,但不同种类的肉(猪肉、牛肉、鸡肉、羊肉)的特征香味(即风味)不足。

国外近年的研究表明,脂肪氧化产物中的小分子醛、酮、羧酸等含羰基化合物及其与氨基酸、肽、多肽、蛋白质等氨基化合物进行Maillard反应的产物,有较强的挥发性,并产生具有特征香味的物质,因此第三种方法用动物脂肪为起始原料,以脂肪氧化制备的肉味香精,各种肉的特征性香味突出。该方法最早出现于七十年代末,有人将动物脂肪加热到150~170℃,通入空气或氧气使之氧化,然后与发酵酱油混合加热,最终得到了具有浓郁烤牛肉香味的香精^[27]。国外致力于该方法研究和开发的公司主要有英国的UNILEVER PLC、荷兰的UNILEVER NV和QUESTINT BV以及瑞士的SOCIETE DES PRODUITS NESTLE S.A.,其中,数英国的UNILEVER PLC和荷兰的UNILEVER NV研究得最多、最广。国内在这方面的研究较少,1993年李祥报道以精炼牛脂、发酵酱油、胱氨酸(半胱氨酸)为主要原料,利用Maillard反应,在一定的温度和氧化条件下制成了牛肉香精^[30];2001年欧阳杰、武彦文报道以脂肪为原料,经过空气氧化,过氧化值达到8~10meq/kg后,再加入糖类、含硫化合物、氨基酸混合物于100℃下加热反应2h,得到了集肉香、脂香和烤香于一体的脂肪香精^[31]。国内在这方面的研究较晚,因此,国内大部分生产肉味香精的企业都是以前两种方法生产的,产品质量有待提高。

3.1 牛脂氧化制备肉味香精的工艺

牛脂氧化后,可以直接用作香精,也可再经过水解或热反应制备成肉味香精。通过大量的文献调研,本文将牛脂氧化为基础来制备肉味香精的工艺概括为以下四种。

3.1.1 氧化

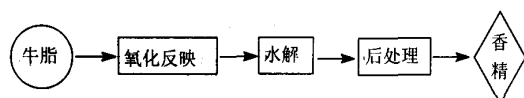


该工艺中氧化反应主要有两种方式。

一种是温和氧化^[32~34],向体系中加入水、金属盐、抗氧化剂和氧化剂,使牛脂在100℃左右氧化,然后经过分离、纯化等处理后得到产品。该方法主要适用于制备具有黄油味的乳制品,因为牛脂本身就具有淡淡的奶香。欧洲专利^[35]曾用乳脂为原料,经氧化来制备乳香精,但是,牛脂相对于乳脂而言比较经济实惠。

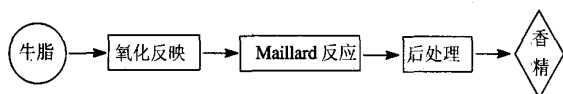
另一种是高温氧化^[36,37], 温度选择在 300℃ 左右, 利用空气中的氧使牛脂氧化。这种方法可得到烧烤的香味^[37]。

3.1.2 氧化—水解



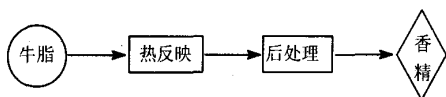
该工艺是以牛脂为原料, 加入水、金属盐、抗氧化剂和氧化剂使之温和氧化, 分离出油相后水解, 再浓缩、干燥得产品^[38]。水解可以发生在脂肪氧化之后或与之同时发生, 但不能发生在氧化之前。该方法主要是制备可用于甜点、涂抹食品、烘烤食品等的香精, 用该法制得的香精气味圆润且回味长久。

3.1.3 氧化—Maillard 反应



该工艺是通过牛脂温和氧化, 然后, 氧化产物再与一些还原糖、氨基酸或含硫化合物发生 Maillard 反应, 从而制得肉味香精。其中, 氧化反应都是采用温和氧化, 有只用空气氧化的^{[27,28][30,31]}, 也有加水、金属盐、抗氧化剂, 使之在空气中氧化^[29]。该工艺是牛脂氧化制备肉味香精最主要的方法, 由此可制得具有脂香、肉香和烤香于一体的肉味香精。

3.1.4 “一锅煮”



“一锅煮”, 即将牛脂、蛋白质、还原糖、氨基酸以及一些辅助调料混合后再加热, 使脂肪氧化和热反应同时发生^[39,40]。

3.2 氧化条件

牛脂氧化通常是在有金属盐溶液和抗氧化剂存在下, 通空气或氧气, 加热反应而成。也有只采用氧气或空气使牛脂氧化的。

3.2.1 氧化剂

氧化剂可选用气体物质, 如空气、氧气和臭氧; 也可以是液体或固体氧化物, 如 H_2O_2 、 $Fe_2(SO_4)_3$ 等^{[28][34]}。一般都采用空气或氧气作为氧化剂。有文献^[27]指出每千克未氧化脂肪使用的空气的导入速率为 0.8~6.0L/min, 如果用氧气, 其导入速率为上述空气速率的 1/3。

3.2.2 抗氧化剂

氧化过程中可以加入适量的抗氧化剂, 这样可使氧

化过程中产生相对少量的不良气味。因为氧化过程受到阻碍后, 更容易停在我们所希望的阶段, 如大量特征香味物质形成之后和诱导期结束之后、大量酸败味形成之前。实际上, 抗氧化剂的抗氧化性可能源于对脂肪诱导期长度的影响, 加入抗氧化剂可使脂肪或其混合物的诱导期至少增长 1.5 倍^{[32][38]}。

抗氧化剂主要有三种类型: (1) 自然型抗氧化剂, 如维生素 E、愈创木胶、去甲二氢愈创木酸、维生素 C 等; (2) 合成性抗氧化剂, 如丁醇改性茴香醚(BHA)、丁基化羟基甲苯(BHT)、叔丁基羟基苯酚(TBHQ)、硫代二丙酸月桂酯、没食子酸等; (3) 螯合剂, 如酒石酸、柠檬酸、乙二胺四乙酸(EDTA)等^{[32][38]}。选择抗氧化剂时最好使用 α -VE 或 VE 的混合物, 因为, α -VE 是普遍存在于动、植物油中的天然抗氧化剂, 而且比较经济^[32]。确定加入的抗氧化剂的用量时, 无需考虑自然存在于脂肪中的抗氧化剂的量, 其用量一般为脂肪质量的 0.1%~2.5%^[38]。

3.2.3 水和金属盐

脂肪氧化很多是在有水的情况下进行的水的用量是脂肪质量的 0.1%~20%^{[29][32][38]}。水中包含 3%~40% 的金属盐, 这种金属盐可以是碱金属盐、碱土金属盐或其混合物, 最好是钠盐、钾盐或它们的混合物^{[29][33,34][38]}。金属盐的存在具有提高氧化速率的效果^[41]。

3.2.4 温度和时间

温度和时间通常是有两个有交互作用的因素。在牛脂氧化过程中, 当温度选择较低时, 则时间会略长一点, 而当温度选择较高时, 则时间会比较短。例如使牛脂在 300℃ 以上氧化, 其时间就选择在 2min 以下^[37]。

4 展 望

用牛脂氧化制备的肉味香精, 具有脂香、肉香和烤香, 饱满而具天然感, 可广泛应用于方便面酱包、油包、膨化食品、肉禽类罐头、涂抹食品、新型蛋白食品和肉类似物中。随着人们生活水平的提高, 人们喜欢吃一些肉制品, 但需要面对体重增长的问题; 而肉味香精可以满足人们的口感, 又不至于使人发胖。因此, 这种高质量的肉味香精必将具有广阔的市场前景。

参考文献:

- [1] Shahidi F. Flavor of meat and meat products[M]. Glasgow: Blackie Academic and Professional, 1994. 1-70.
- [2] F Shahidi. 肉制品与水产品的风味(第二版)[M]. 李洁, 朱国斌, 译. 北京: 中国轻工业出版社, 2001. 5-46.
- [3] Donald S. Mottram. Flavour formation in meat and meat products: a review[J]. Food Chemistry, 1998, 62(4): 415-424.

- [4] Owen R Fennema. 食品化学[M]. 王璋, 译. 北京: 中国轻工业出版社, 1992. 508-514.
- [5] Hornstein I, Crowe P F. Meat Flavour: Lamb[J]. J Agric Food Chem, 1960, (8): 494-498.
- [6] Hornstein I, Crowe P F. Flavour studies on beef and pork[J]. J Agric Food Chem, 1963, (11): 147-149.
- [7] Pearson A M, Wenham L M, Carse W A, et al. Observations on the contributions of fat and lean to the aroma of cooked beef and lamb[J]. J Anim Sci, 1973, 36: 511-515.
- [8] Wasserman A E, Spinelli A M. Effect of some water-soluble components on aroma of heated adipose tissue[J]. J Agric Food Chem, 1972, 20: 171-174.
- [9] Guth H, Grosch W. 12-Methyltridecanal, a species-specific odorant of stewed beef[J]. Lebensm Wiss Technol, 1993, 26: 171-177.
- [10] Guth H, Grosch. Dependence of the 12-methyltridecanal concentration in beef on the age of the animal[J]. Z Lebensm Unters Foesch, 1995, 201: 25-26.
- [11] Whitfield F B. Volatiles from interactions of Maillard reactions and lipids. Crit. Rev[J]. Food Sci Nutr, 1992, 31(1): 1-58.
- [12] Mottram D S, Edwards R A. The role of triglycerides and phospholipids in the aroma of cooked beef[J]. J Sci Food Agric, 1983, 34(3): 517-522.
- [13] Mottram D S, Salter L J. Flavor formation in meat-related Maillard systems containing phospholipids. In Thermal Generation of Aromes[M], eds. Parliament, T H, McGorin, R J, H O, C T. American Chemical Society. Washington, DC. 1989. 442-451.
- [14] Rex Euis A E, George T Currie. Carbonyls in oxidizing fat. IV. The role of various fatty acid components in carbonyl generation [J]. J Food Sci, 1961, 26: 131.
- [15] Kenji Watanabe, Yasushi Sato. Studies on the changes of meat fats by various processings. Part II. Gas chromatographic identification of aliphatic γ - and δ -lactones obtained from beef fats[J]. Agr Biol Chem, 1968, 32(2): 191-196.
- [16] Takeshi Yamato, Tadao Kurata, Hiromichi Kato, et al. Volatile carbonyl compounds from heated beef fat[J]. Agr Biol Chem, 1970, 34(1): 88-94.
- [17] Shinji Ohnishi, Takayuki Shibamoto. Volatile compounds from heated beef fat and beef fat with glycine[J]. J Agric Food Chem, 1984, 32: 987-992.
- [18] Katsumi Umamo, Takayuki Shibamoto. Analysis of headspace volatiles from overheated beef fat[J]. J Agric Food Chem, 1987, 35: 14-18.
- [19] Ki W Um, Milton E Bailey, Andrew D Clarke, et al. Concentration and identification of volatile compounds from heated beef fat using supercritical CO₂ Extraction-Gas Liquid Chromatography/Mass Spectrometry[J]. J Agric Food Chem, 1992, 40: 1641-1646.
- [20] Frankel E N. Lipid oxidation[J]. Prog Lipid Res, 1980, 19: 1-22.
- [21] Forss D A. Odour, flavour compounds from lipids[J]. Prog Chem Fats other lipids, 1972, 13(2): 181-258.
- [22] A Crossley, T D Heyes, B J F Hudson. The effect of heat on pure triglycerides[J]. JAOCS, 1962, 39, 9: 9-14.
- [23] Masahiro Horiuchi, Katsumi Umamo, Takayuki Shibamoto. Analysis of volatile compounds formed from fish oil heated with cysteine and trimethylamine oxide[J]. J Agric Food Chem, 1998, 46: 5232-5237.
- [24] Kenji Watanabe, Yasushi Sato. Conversion of some saturated fatty acids, aldehydes, and alcohols into γ - and δ -lactone [J]. Agr Biol Chem, 1970, 34 (3): 464-472.
- [25] Dubs, Paul, Kuntzel, et al. Odorant or flavoring thiazolyl disaliphides[P]. U.S.P 4, 130, 562. 1976.
- [26] 宋焕禄, 孙宝国. 热反应肉味香精[J]. 精细化工, 1999, 16 (增刊): 247-251.
- [27] Tetsuo Aishima, Akio Nobuhara. Beef flavor substance, processs for producing same and beef-flavoring agent[P]. US P4,094,997. 1978.
- [28] Lee Eldon Chen-Hsiung, Van Pottelsberghe de la Potterie P J, Tandy. Cooked meat or fish flavoring agents[P]. EP136,428. 1985.
- [29] Potman Ronald Peter, Turksma Hessel, Overbeeke, et al. Method for preparing process flavorings[P]. EP450,672. 1991.
- [30] 李祥. 利用美拉德反应合成牛肉香精的试验报告[J]. 中国调味品, 1993, (6): 18-20.
- [31] 欧阳杰, 武彦文. 脂肪香精——一种新型天然肉类香精的制备和研究[J]. 香料香精化妆品, 2001, (5): 12-14.
- [32] Van der Heijden Arnoldus, Cross Graham Andrew, Mostert Krijn, et al. Butter-flavor[P]. WO9501,106. 1995.
- [33] Potman Ronald Peter, Haring Petrus Gerardus Maria. Oxidizing fat in the presence of an antioxidant[P]. EP377,239. 1990.
- [34] Visser Jan, Simmons John. Process for the preparation of flavoring mixtures[P]. USP5,178,892. 1993.
- [35] Haring, Petrus Gerardus Maria. Process for the preparation of a flavoured foodstuff as well as a foodstuff obtainable by such a process [P]. EP298,552. 1989.
- [36] Chen The-kuei, Tandy John Stewart. Flavour production [P]. EP356,799. 1990.
- [37] Schulman, Marvin, Hannah, et al. Process to produce a charcoal broiled flavor[P]. U.S.P4,820,538. 1989.
- [38] Haring, Petrus G, Potman, Rona. Process for preparing a flavor concentrate[P]. EP463,668. 1992.
- [39] Yamada, Noboru. Preparation of flavor fat[P]. 日本公开特许公报 JP03,183,4. CA Vol .115:206598c.
- [40] Doornbos Tamme, van der Heijden, Arnoldus, et al. Butter-like concentrate[P]. GB 2,163,445. 1986.
- [41] Akeroyd R. The role of lipid oxidation in meat flavours[A]. Charalambous. The Shelf Life of Foods and Beverages[C]. Amsterdam: Elsevier Science Publishers B.V. 1986. 451-462.