

脂肪相关酶类在干腌肉制品风味形成过程中的作用

曹锦轩¹, 吕彤¹, 王颖², 孙杨赢¹, 曾小群¹, 潘道东¹, 欧昌荣¹, 干宁²

(1. 宁波大学食品科学与工程系, 浙江宁波 315211) (2. 宁波大学材料科学与化学工程学院, 浙江宁波 315211)

摘要: 风味是消费者选择食品的主要依据之一。风味的形成是个复杂的生化反应过程, 对其的研究至今依旧还未完全明晰。干腌肉制品由于其具有独特的风味而受到消费者的广泛欢迎, 经过复杂的加工过程形成了其特征性风味物质, 其中较大部分是由脂类水解、氧化而来, 随之还会通过美拉德等反应形成各种风味物质。脂类物质是风味物质形成的前体物质, 脂质的酶控反应是干腌肉制品风味物质产生的决定性因素。本文对国内外各类干腌肉制品中脂肪水解酶、磷脂酶和脂肪氧合酶在加工过程中的活性变化及其在干腌肉制品中的作用进行了归纳; 概述了这几类酶对不同种类风味物质及产品感官品质的影响; 综述了加工因素介导这些酶类对风味物质形成的调控作用。为科学认识干腌肉制品风味物质的形成机理、传统工艺改进和参数优化提供参考。

关键词: 干腌肉制品; 挥发性风味物质; 脂肪水解酶; 磷脂酶; 脂肪氧合酶

文章编号: 1673-9078(2015)1-254-258

DOI: 10.13982/j.mfst.1673-9078.2015.1.043

The Role of Fat-related Enzymes in the Process of Flavor Formation in Dry-cured Meat Products

CAO Jin-xuan¹, LV Tong¹, WANG Ying², SUN Yang-ying¹, ZENG Xiao-qun¹, PAN Dao-dong¹, OU Chang-rong¹, GAN Ning²

(1. Department of Food Science and Engineering, Ningbo University, Ningbo 315211, China)

(2. College of Material Science and Chemical Engineering, Ningbo University, Ningbo 315211, China)

Abstract: Flavor is considered to be one of the most important characteristics that determines the acceptance of food by consumers. The formation of flavor is a complex biochemical process, and is not yet fully understood. Dry-cured meat products are widely welcomed by consumers because of their unique flavor. The characteristic flavor substances of dry-cured meat products are formed through a complex process. Most of them are obtained by lipolysis and lipid oxidation, before forming various flavor substances through the Maillard and other reactions. Lipid substances are the predecessors of flavor compounds. In dry-cured meat products, enzyme-controlled reactions of lipids are decisive factors in the production of flavor substances. The changes in the activities of lipolytic enzymes, phospholipase, and lipoxy genase during the machining process of domestic and foreign dry-cured meat products and their roles in the processing of dry-cured meat products are summarized in this paper. The influences of these enzymes on different kinds of flavor substances and on the sensory quality of dry-cure meats are also summarized. Furthermore, the enzymatic regulating effect of processing factors on the formation of flavor substances is overviewed. This will provide a reference for scientifically understanding the mechanism of the formation of flavor substances in dry-cured meat products, and for improving traditional techniques and optimizing parameters.

Key words: dry-cured meat product; volatile flavor compounds; lipolytic enzymes; phospholipase; lipoxy genase

干腌肉制品作为传统特色肉制品之一, 以其独特

收稿日期: 2014-05-29

基金项目: 国家农业科技成果转化资金项目 (2013GB2C200191); 国家现代农业产业体系 (CARS-43-17); 浙江省重大科技专项 (2012C12016-1); 浙江省自然科学基金 (2012C12016-1); 宁波市自然科学基金 (2012A610147, 2012B82017 & 2013C910017); 宁波大学科研基金 (XYL14016)

作者简介: 曹锦轩 (1982-), 男, 博士, 讲师, 主要研究方向为肉品加工与质量控制

通讯作者: 潘道东 (1964-), 男, 博士, 教授, 主要研究方向为畜产品加工与质量控制

的“色、香、味、形”深受全世界人民喜爱。我国名优干腌肉制品主要有涪陵咸肉、南京板鸭、重庆白市驿板鸭、金华火腿等^[1], 西方发达国家著名的干腌肉制品主要有西班牙的伊比利亚火腿、意大利的帕尔玛火腿和 San Danielle 火腿、法国的巴约纳火腿和科西嘉火腿等^[2]。干腌肉制品主要工艺大体为“干盐腌制、湿盐腌制、风干、后熟、脱盐漂洗、煮制、包装和杀菌”等工序^[3], 其主体挥发性香气成份主要为醛类、酮类、酯类、醇类等^[4-6], 其中报道较多、有代表性的化合物有己醛、苯甲醛、1-戊烯-3 醇、1-辛烯-3 醇、甲基酮、脂

肪酸乙酯等^[6-7]。脂质是肉制品中含量仅次于蛋白质的主要化学成分,大量研究表明,脂质是干腌肉制品主体性挥发性成份的主要前体物质^[7-8],在干腌肉制品加工过程中,脂肪逐渐水解产生大量游离脂肪酸,其中一些不饱和脂肪酸受到自由基的氧化产生了羰基化合物^[9-10],脂肪水解和脂肪酸的氧化,均受到脂肪相关酶类的催化影响^[8,11]。在干腌肉制品的加工过程中,脂肪相关酶类均保持一定活性,部分酶类活性较高^[12-13]。脂肪相关酶类主要包括脂肪水解酶类、磷脂酶和脂肪氧化酶类,其中脂肪水解酶类主要包括中性脂酶、酸性脂酶^[12,14]。在干腌肉制品的特征性挥发性化合物形成过程中,脂肪酶类发挥了关键性作用。然而目前关于脂质氧化与干腌肉制品形成风味化合物的研究报道集中于干腌肉制品中挥发性风味物质的分离、鉴定^[15]以及不同加工因素对风味物质形成的影响^[6],在干腌肉制品加工过程中脂肪相关酶类对脂质分解、氧化方面的研究比较零散。为了更系统、明确地阐述脂质氧化与干腌肉类风味物质形成之间的联系,本文对国内外相关文献进行了整理和归纳,以图抛砖引玉,为今后干腌肉制品的实际生产加工,以及关于干腌肉制品风味形成机理的研究作为一个参考。

1 脂肪水解酶及磷脂酶在干腌肉制品加工过程中的活性变化研究进展

1.1 脂肪水解酶、磷脂酶在干腌肉制品风味形成过程中的作用

在干腌肉制品加工过程中,磷脂和游离脂肪酸是决定肉品风味的两个重要因素,磷脂组分、脂肪水解及氧化程度对脂质氧化产物影响深远。在肌肉和脂肪组织中脂肪水解由脂肪水解酶和磷脂酶控制,释放游离脂肪酸,其中产生最多的是不饱和脂肪酸,不饱和脂肪酸进一步氧化产生挥发性化合物形成产品风味^[7-8]。不饱和脂肪酸水解反应较氧化反应更为重要,这是由于水解反应是干腌火腿风味形成的限速反应^[16]。

在孙为正等的研究中^[17],在广式腊肠的成熟阶段脂肪降解酶占据重要作用,一直保持活力,对游离脂肪酸的产生具有重要贡献,因为在广式腊肠中仅含有少量的微生物,火腿中的环境微生物很难存活。徐为民等^[18]的研究也表明,干腌肉制品加工过程中游离脂肪酸含量升高可能是由于脂肪降解酶的作用。Toldrá等^[8,18]的研究显示肌肉中游离脂肪酸产生的时期与磷脂降解的时期一致,证实了磷脂是干腌肉制品风味形

成的主要前体物质之一,肌肉磷脂酶是肌肉脂酶中最重要的酶类。相关研究表明^[19],在火腿加工前期来源于磷脂的游离脂肪酸含量大量增加,尤其是油酸、亚油酸、棕榈酸等,这是由于磷脂十分不稳定并且含有高含量的不饱和脂肪酸,不饱和脂肪酸被水解反应影响程度优先于氧化反应^[16],这进一步证明了肌肉磷脂酶在脂肪水解及风味物质形成所起的作用。

1.2 脂肪水解酶、磷脂酶在干腌肉制品风味形成过程中的活性变化

脂肪酶主要存在于肌肉组织和脂肪组织中^[13,17],这类酶的活性在加工过程中可持续15个月,不同种类的脂肪酶活力变化随着加工环境的改变存在一定差异^[4,8]。在加工过程中,干腌火腿在加工前期和中期会发生强烈的脂肪降解反应,磷脂中的脂肪酸组分显著下降,游离脂肪酸含量上升,最初五个月游离脂肪酸产生最多,尤其是多不饱和脂肪酸^[16]。在加工的前3、4个月,中性和碱性脂酶十分活跃,但随后发生缓慢下降(中性脂酶)甚至消失(碱性脂酶)^[2,6]。酸性脂酶的活力随着干腌肉制品加工过程中pH的变化会有很大的不同,当干腌肉制品加工过程保持在酸性范围内时酸性脂酶的活力在整个加工前期持续下降,六个月之后转变为缓慢下降^[14,20],若干腌肉制品不是长期处于酸性环境中酸性脂酶活力加工前期呈增大趋势,6到10个月后又会有下降,但整个过程中变化不显著^[21]。在干熟阶段,中性脂肪相对含量在加工过程中显著上升,这表明中性脂肪十分稳定且在加工过程中占据肌肉总脂肪含量的比例逐渐增大^[22]。中性脂酶和碱性脂酶仍具有活力,豆蔻酸、亚油酸、油酸大量产生。靳国锋等^[12,16]的研究表明,中性脂肪可被酸性脂酶和中性脂酶水解,且与酸性脂酶活力成反比,与中性脂酶活力成正比,且中性脂酶活力削弱速率比酸性脂酶更强烈。这表明,随着腌制的进行,酸性脂酶比中性脂酶具有更高的活力,酸性脂酶是引起中性脂肪降解的最主要酶类。

磷脂是具有较高含量多不饱和脂肪酸的一类脂质,多不饱和脂肪酸对氧化作用十分敏感,极易受酶及自动氧化作用引起降解,产生大量的羰基化合物^[23]。磷脂酶是游离脂肪酸产生的主要内源酶之一,磷脂酶的高活力是羰基化合物产生的重要保障^[14,24]。磷脂酶活力在整个加工过程中显著下降,与中性脂相比,磷脂与游离脂肪酸含量变化相关性更显著,磷脂含量显著下降,游离脂肪酸含量显著上升,直到干腌成熟结束^[4,8]。因此,磷脂酶是干腌肉制品中脂肪降解最重要

的酶类。

2 脂肪氧合酶 (LOX) 在干腌肉制品加工过程中的活性变化研究进展

2.1 LOX 在干腌肉制品风味形成过程中的作用

脂肪氧化包括自动氧化、酶催化氧化以及很多腐败变质的过程。在干腌肉制品中非酶促氧化占主要作用,高浓度的氧化产物会抑制 LOX 的活性,但 LOX 依旧保持较高活性,对风味物质的产生同样具有重要影响^[6]。脂肪氧化主要发生在肉制品加工的中期和后期,是造成肉品在加工及储藏过程中品质下降的主要原因,但正是这种氧化作用给干腌肉制品带来了独特的风味^[25]。LOX 是影响酶促氧化的最重要的内源酶,多数情况下以花生四烯酸为底物,不仅本身可以催化多不饱和脂肪酸,而且可以促进脂质的二次氧化形成风味化合物^[4],产生大量的氢过氧化物连同不同的分解途径,导致许多不同种类的挥发性化合物产生,例如脂肪醛、酮类、酯类等,这些挥发性化合物往往是许多干腌肉类产品的典型风味。Jim 等研究证实了 LOX 在干腌培根加工过程中的脂肪氧化起重要作用^[6]。

在肉品生产过程中脂肪氧化与脂肪酸的组成有关,这也是 LOX 作用产物多样性的原因之一。己醛是已被鉴别出的挥发性风味物质中最充足的化学物质,被认为是氧化的标志,其独特的香味及低气味阈值对干腌肉制品的风味形成具有重要作用。另外,脂肪氧化导致干腌肉制品加工过程中游离脂肪酸及磷脂中长链多不饱和脂肪酸含量的显著下降^[13]。碳水化合物通过脂肪氧化大量生成,由于碳水化合物具有很高的气味阈值,其中短链酸对芳香气味的生成具有重要的作用^[7,26-28]。但很多物质如甲基酮类通过脂肪氧化生成,抑制了很多香味物质的生成。

2.2 LOX 在干腌肉制品风味形成过程中的活性变化

目前关于 LOX 在干腌肉制品中的活性变化研究文献较少,不同来源 LOX 的酶学特性各不相同,包括主要催化的底物,最适反应温度, pH 等。底物不同, LOX 所表现出来的活性也不尽相同,如以亚油酸为底物其所表现出来的活性则高于催化花生四烯酸所表现出来的活性。并且肌肉中的 LOX 在加工过程中表现出较高

的催化活性,而皮下脂肪中则没有检测出其活性^[14]。

判定 LOX 的活性的指标是 POV 值及 TBARS 值,在盐腌阶段,高含量的盐分抑制脂肪降解酶及磷脂酶活力但提高 LOX 活力, LOX 活力显著上升,并达到活力最大值,在最后成熟阶段,随着温度的升高,脂肪氧合酶活力下降^[16],但相比原料中的活性依旧高很多。POV 及 TBARS 值均降低,提高温度会降低氧化指数, LOX 与 TBARS 联系紧密,另外,脂肪氧化产生的氢过氧化物会引起硫醇类的氧化,减慢 LOX 的活性,但与生肉中 LOX 活性相比依旧保持较高活力^[12,14]。

3 加工因素介导脂肪相关酶类对风味物质形成的调控作用

脂质水解和氧化反应显著影响干腌肉制品的感官品质,水解酶和氧合酶的活力由于不同的内在因素及生产技术等的不同显著不同。合理调控工艺时间、温度和盐分等工艺调控因子可以降低最终产品的 POV 值和 TBARS,提高产品的风味品质。

3.1 原料肉及底物浓度

猪肉的年龄和遗传系统^[4]对酶系统具有重要影响,中性脂的脂肪酸组成与饲养系统及基因链组成具有很大的关系^[29],且生肉质量较大的火腿相比生肉质量较小的火腿具有更高的脂酶活力,这对肉品的最终品质具有重要影响。另外,肌红蛋白可以强烈抑制中性脂酶、酸性脂酶的活力,对其它酶类具有轻微的抑制作用。

不同浓度的底物如花生四烯酸和亚油酸的浓度不同,对 LOX 的催化反应初速度具有不同的影响,如靳国峰的研究^[4]表明初始阶段随着亚油酸底物浓度逐渐增加, LOX 所表现出的活性逐渐增大,底物浓度到达一定程度后,随着其逐渐增大, LOX 的催化活性反而下降。

3.2 加工参数

3.2.1 温度、pH 值及相关参数

温度是肉品加工过程中影响脂质氧化的最主要的工艺因素之一,特别是氢过氧化物的进一步氧化分解。相关文献^[4]中称高温可以降低脂质氧化或氢过氧化物分解形成过氧自由基所需的活化能,从而有助于脂质氧化的发生。除了中性脂酶最佳酶活温度在 45 °C 以外所有的脂酶的最佳酶活温度都在 37 °C^[30]。脂肪降解酶、酯酶、蛋白酶等都受低温的影响,因此在预冻结阶段酶类都呈现较低活力;对于脂肪氧合酶,

在一定范围内升高温度会提高活力,当超过其最适温度后,升高温度反而会引起脂肪氧合酶活力的下降。另外,温度对酶活的促进作用是由于升高温度会增加反应的活化分子数,从而加快反应速率^[14]。因此,在一定温度范围内强化高温工艺,就可以使 LOX 保持较高活性,催化多不饱和脂肪酸氧化形成更多的风味物质^[31]。

pH对酶活性的影响是由于酸碱可以改变酶分子活性中心的构象或相关的解离状态,从而使酶的活性状态发生改变,这种改变对酶催化方向有可能是有利的,也有可能是不利的。干腌火腿中的 pH 值并不是酸性脂酶的最佳 pH 值范围,尽管中性脂酶显示出非常低的活力,但 pH 值对脂肪降解酶的酶活力影响大于脂肪氧合酶^[16]。室温条件下, LOX 具有其最适 pH 范围,在其正常 pH 范围内, LOX 对底物所表现出的催化活性随着 pH 值得升高而升高,在其正常范围之外 LOX 的活性随着 pH 的升高而降低,随着 pH 的降低而升高^[14]。同一品种的不同部位或不同品种肌肉 LOX 的最适 pH 值各不相同。

另外,在较低的水分活度下酸性脂酶活力提高,其他酶活力降低^[8]。不同的工艺时间也是影响肉制品加工过程中脂质氧化程度的一个重要因素,挥发性化合物含量的累积不同,干腌肉制品形成的风味各不相同^[14]。

3.2.2 辅料及添加剂-盐含量及抗坏血酸

盐是肉制品加工过程中的一种重要的添加剂,特别是干腌肉制品。除本身对肌肉中脂质氧化具有影响外, NaCl 也可以通过抑制肌肉细胞中内源抗氧化酶的活性来间接地促进脂质的氧化^[14]。盐含量对肌肉中中性脂酶具有促进其活力的作用^[4],对酸性脂酶和磷脂酶活力具有显著抑制作用^[16],对脂肪氧化酶具有双重作用^[31-32],在低含量情况下具有轻微的促进作用,高含量下具有抑制作用。在 Wang 等人的研究^[33]中,腌制盐含量显著影响干腌火鸡肠中脂肪氧化及挥发性化合物的成分。高含量的盐分抑制脂肪氧化并形成醇类、反醛,提高盐含量会抑制干腌火鸡肠中活跃挥发性物质的形成。另外,胆酸盐等具有乳化作用的盐能增强脂酶活力,然而重金属盐确切无疑地抑制脂酶活力。Ca²⁺能激活大多数脂酶活力^[25]。抗坏血酸的抗氧化作用主要是由于具有还原氧和保护双键的能力,其对脂肪水解酶具有轻微的抑制作用,是非常良好的抗氧化剂^[14]。

4 结论

脂质水解、氧化是干腌肉制品加工过程中风味形

成的必要途径,也是影响产品安全品质的重要因素之一,脂肪相关酶类是脂肪水解和氧化的决定性因素,对干腌肉制品风味形成过程的影响具有很大的作用。酶促反应是干腌火腿风味形成的主要机制,无论是在生产过程前期还是后期脂肪酶都具有一定的活性,为风味物质的产生奠定基础,生产过程中原料及工艺参数对于脂肪相关酶类均有显著影响。因此,如何优化生产工艺、调控好不同加工阶段脂肪酶的活力而使其最大程度的生成特征性风味物质将会成为今后的研究重点之一。此外,脂肪相关酶类在肉品成熟及干腌肉制品加工过程中的活化通路和生物学调控机制也有待进一步研究。

参考文献

- [1] 于新,赵春苏,刘丽.酱腌腊肉制品加工技术[M].化学工业出版社,2012
YU Xin, ZHAO Chun-rong, LIU Li. Sauce cured meat processing technology [M]. Chemical Industry Press, 2012
- [2] 马华荣,黄启超,殷红,等.干腌火腿脂类的研究现状[J].肉类研究,2009,16(5):6-10
MA Hua-rong, HUANG Qi-chao, YIN Hong, et al. Dry-cured ham lipid research status [J]. Meat Research, 2009, 16(5): 6-10
- [3] 赵改名.肌肉蛋白水解酶在金华火腿加工过程中作用的研究[D].南京农业大学,2004
ZHAO Gai-ming. Studies on the effects of muscle proteolytic enzymes in the processing of Jinhua Ham [D]. Nanjing Agricultural University, 2004
- [4] Toldr á F. Proteolysis and lipolysis in flavour development of dry-cured meat products [J]. Meat Science, 1998, 1(49): S101-S110
- [5] Huan Y J, Zhou G H, Zhao G M, et al. Changes in flavour compounds of dry-cured Chinese Jinhua ham during processing [J]. Meat Science, 2005, 71(2): 291-299
- [6] Sabio E, Vidal-Aragón M C, Bernate M J, et al. Volatile compounds in six types of dry-cured ham from south European countries [J]. Food Chemistry, 1998, 4(61): 493-503
- [7] Purriños L, Bermúdez R, Franco D, et al. Development of volatile compounds during the manufacture of dry-cured "Lacón," a Spanish traditional meat product [J]. Food Science, 2011, 76(1): 1750-3841
- [8] Toldr á F, Flores M. The role of muscle proteases and lipases in flavor development during the processing of dry-cured ham [J]. Food Science, 38(4): 331-352
- [9] 阚建全.食品化学[M].北京:中国农业出版社,2002
KAN Jian-quan. Food chemistry [M]. Beijing: China

- Agriculture Press, 2002
- [10] Sánchez-Peña C M, Luna G, García-González D L, et al. Characterization of French and Spanish dry-cured hams: influence of the volatiles from the muscles and the subcutaneous fat quantified by SPME-GC [J]. *Meat Science*, 2005, 69(4): 635-645
- [11] 张亚军,陈有亮.传统干腌火腿脂类水解氧化机理的研究[J]. *肉类工业*,2003,4(3):18-22
ZHANG Ya-jun, CHEN You-liang. Traditional lipid hydrolysis oxidation mechanism of dry-cured hams [J]. *Meat Industry*, 2003, 4(3): 18-22
- [12] Jin G F, Zhang J H, Yu X, et al. Lipolysis and lipid oxidation in bacon during curing and drying-ripening [J]. *Food Chemistry*, 2010, 123(2): 465-471
- [13] Gandemer G. Lipids in muscles and adipose tissues, changes during processing and sensory properties of meat products [J]. *Meat Science*, 2002, 62(3): 309-321
- [14] 靳国峰.干腌培根加工过程中脂质氧化调控机制研究[D].南京农业大学,2011
JIN Guo-feng. Studies on the regulation mechanism of lipid oxidation during dry-cured bacon processing [D]. Nanjing Agricultural University, 2011
- [15] Pulgar J S D, García C, Reina R, et al. Study of the volatile compounds and odor-active compounds of dry-cured Iberian ham extracted by SPME [J]. *Food Science and Technology International*, 2012, 19(3): 225-233
- [16] Larrea V, Pérez-Munuera I, Hernando I, et al. Chemical and structural changes in lipids during the ripening of Teruel dry-cured ham [J]. *Food Chemistry*, 2007, 102(2): 494-503
- [17] 孙为正.广式腊肠加工过程中脂质水解,蛋白质降解及风味成分变化研究[D].华南理工大学,2011
SUN Wei-zheng. Studies on lipolysis, proteolysis and flavor compounds during processing of Cantonese sausage [D]. South China University of Technology, 2011
- [18] Xu W M, Xu X L, Zhou G H, et al. Changes of intramuscular phospholipids and free fatty acids during the processing of Nanjing dry-cured duck [J]. *Food Chemistry*, 2008, 110(2): 279-284
- [19] 张露娟,王道营,卞欢,等.内源脂肪酶系在腌腊肉制品加工中的作用规律研究进展[J].*江西农业学报*,2010,11(22):146-149
ZHANG Lu-juan, WANG Dao-ying, BIAN Huan, et al. Research progress in role pattern of endogenous lipase system in dry-cured meat products [J]. *Acta Agriculturae Jiangxi*, 2010, 11(22): 146-149
- [20] Motilva M J, Toldrá F, Nieto P, et al. Muscle lipolysis phenomena in the processing of dry-cured ham [J]. *Food Chemistry*, 1993, 48(2): 121-125
- [21] Vestergaard C S, Schivazappa C, Virgili R. Lipolysis in dry-cured ham maturation [J]. *Meat Science*, 2000, 55(1): 1-5
- [22] Yu A N, Sun B G, Tian D T, et al. Analysis of volatile compounds in traditional smoke-cured bacon (CSCB) with different fiber coatings using SPME [J]. *Food Chemistry*, 2008, 110(1): 233-238
- [23] Qiu C Y, Zhao M M, Sun W Z, et al. Changes in lipid composition, fatty acid profile and lipid oxidative stability during Cantonese sausage processing [J]. *Meat Science*, 2013, 93(3): 525-532
- [24] Muriel E, Andres A I, Petron M J, et al. Lipolytic and oxidative changes in Iberian dry-cured loin [J]. *Meat Science*, 2007, 75(2): 315-323
- [25] 刘欣.食品酶学[M].北京:中国轻工业出版社,2006
LIU Xin. *Food enzymology* [M]. Beijing: China Light Industry Press, 2006
- [26] Gata J L, Pinto M C, Macias P. Lipoxigenase activity in pig muscle: purification and partial characterization [J]. *Journal of Agricultural & Food Chemistry*, 1996, 44(9): 2573-2577
- [27] Grossman S, Bergman M. Lipoxigenase in chicken muscle [J]. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 1988, 36(6): 1268-1270
- [28] Triqui R, Reineccius G A. Flavor development in the ripening of anchovy [J]. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 1995, 43(2): 453-458
- [29] Kemp J D, Langlois B E, Johnson A E. Effect of pre-cure freezing and thawing on the microflora, fat characteristics and palatability of dry-cured ham [J]. *Journal of Food Protection*, 1982, 45(4): 344-349
- [30] Motilva M J, Toldrá F, Flores J. Assay of lipase and esterase activities in fresh pork meat and dry-cured ham [J]. *Zeitschrift für Lebensmittel-Untersuchung und-Forschung*, 1992, 195(5): 446-450
- [31] Andres A I, Cava R, Martin D, et al. Lipolysis in dry-cured ham: Influence of salt content and processing conditions[J]. *Food Chemistry*, 2005, 90(4): 523-533
- [32] 徐为民,徐幸莲,周光宏,等.风鹅加工过程中挥发性风味成分的变化[J].*中国农业科学*,2007,40(10):2309-2315
XU Wei-min, XU Xing-lian, ZHOU Guang-hong, et al. Changes of Volatile Flavor Compounds in Dry-Cured Goose During Processing [J]. *Scientia Agricultura Sinica*, 2007, 40(10): 2309-2315
- [33] Wang J M, Jin G F, Zhang W G, et al. Effect of curing salt

content on lipid oxidation and volatile flavor compounds of
dry-cured turkey ham [J]. Food Science and Technology,
2012, 48(1): 102-106

现代食品科技