

低脂肪低亚硝酸盐肉制品研究进展

孟 彬, 于福满, 王小乔, 喻洪湛, 程榆茗, 姜无边, 夏毅强

(湖北宝迪农业科技有限公司, 湖北 安陆 432600)

摘 要: 介绍低脂肪、低亚硝酸盐肉制品的国内外研究进展, 并且详细叙述了在食品安全及人们健康日益受到关注的今天, 人们对低脂肪、低亚硝酸盐肉制品的现实需求。

关键词: 低脂肪; 低亚硝酸盐; 肉制品

Research Progress of Low-fat and Low-nitrite Meat Products

MENG Bin, YU Fu-man, WANG Xiao-qiao, YU Hong-zhan, CHENG Yu-ming, JIANG Wu-bian, XIA Yi-qiang
(Hubei Baodi Agriculture and Technology Co. Ltd., Anlu 432600, China)

Abstract: The current pig industry chain of our country involves breeding, slaughtering, frozen fresh meat processing, the processing and circulation of cooked meat products. The development of green, healthy, safe and nutritional meat products, especially low-fat and low-nitrite ones, plays a vital role in the development of green and healthy pig industry chain.

Key words: lower-fat; lower-nitrite; meat products

中图分类号: TS251.93

文献标识码: A

文章编号: 1001-8123(2011)09-0043-04

中国经济日新月异、科学研究水平大幅提高, 带动了居民生活品质的大幅提升。生猪屠宰和猪肉制品加工行业和人民的生活息息相关, 到目前为止, 作为一种重要的消费品, 其需求与供给特点正在发生本质性的变化。随着人口增长、收入提高、城市化以及饮食习惯的改变等给生猪屠宰和肉制品加工行业快速发展带来了很多机会, 在肉制品行业巨大的市场空间和近年来冷鲜肉、精深加工肉制品的发展趋势下, 养殖、屠宰业不断走向集中, 行业整合趋势明显, 行业竞争日趋激烈。中国目前猪肉行业的产业链包括生猪养殖、屠宰、生鲜冻肉加工、熟肉制品加工和流通环节, 开发绿色、健康、安全、营养的猪肉产品, 是“猪业链”中重要的组成部分, 将对绿色肉品产业链的发展起着重要的作用。

1 研究现状

1.1 低脂肪肉制品国内外研究现状

1966 年瑞典率先提出摄取脂肪热量应减至 30% 以下, 并应增加多不饱和脂肪酸摄取量; 1970 年美国有关单位, 营养健康团体及心脑血管协会等科学团体不断建议消费者为了健康应减少脂肪摄入量。1994 年 5 月, 美国食品与药物管理局(food and drug administration, FDA)开始实施强制性营养标示, 其中包括要声明食品中总脂肪含量^[1]。由于顾虑肉类制品中的脂肪和胆固醇含

量, 美国牛肉馅(含脂达 30%)的消费量已经明显下降, 而低脂肪产品成为首选。迄今为止, 有关低脂肪肉制品的生产方法可以考虑培育瘦肉率高的畜禽、脱除原料肉中的脂肪、使用脂肪替代品替代部分脂肪。

通过畜禽品种改良、改进畜禽的饲养措施可以提高瘦肉率。利用分子生物学技术, 如给动物施用外源生长激素、促生长因子和 β - 肾上腺素兴奋剂, 可以提高肌肉脂肪含量和瘦肉率。McKeith 等^[2]实验证明, 生长激素注射后, 猪肉胴体的总脂肪量可减少 50%。

降低原料肉中动物脂肪的方法包括加热吸离法、机械热处理分离法、超临界二氧化碳萃取法和紫外线照射法。加热吸离法利用特殊材料制成的垫子将肉制品在加热中流失的油脂吸走, 这不仅减少附着在制品表面的油脂, 还避免制品内部的油脂流失。机械热处理分离法是将待加工的原料通过 2 台分离器, 剔除所附带的其他组织, 再经过 1 台连续热交换器加热到一定温度, 最后将肥油与瘦肉部分分隔。经过这种方法处理的牛肉, 其脂肪含量不会超过 10%。超临界二氧化碳萃取法是指当加压和升温时二氧化碳超过其临界点, 出现独特的溶解特性, 使肉中所含脂肪溶解, 这种方法适用于碎肉和肉糜类制品中。紫外线照射法是肉中胆固醇经紫外线照射, 照射后可产生 VD; 脂肪经照射后, 会引发不饱和脂肪酸的自由基反应, 使脂肪氧化, 而游离基经过增

收稿日期: 2011-09-19

作者简介: 孟彬(1988—), 男, 学士, 研究方向为生物工程。E-mail: mengbin_19881024@126.com

长、聚合和重排,形成更稳定的分子,降低了脂肪和胆固醇含量。但以上方法会对肉的营养价值和食用安全性造成一定影响,因而限制了在食品工业中的应用^[3]。

在低脂肉制品生产过程中,用以上方法单纯降低脂肪含量必然会影响产品的香气和烹调性能。脂肪在肉制品中的主要作用是提供细腻的口感,并增强肠类的保水性和多汁性,使它在蒸煮后不至于过分收缩。Keeton等^[4]发现猪肉饼的脂肪含量在15%以下时,肉饼硬度大、弹性高。要维持碎牛肉制品最佳的适口性,其脂肪含量不能低于15%。将牛肉馅中的脂肪含量从20%降低到10%甚至更低时,会降低产品的嫩度、多汁性和香味^[5],于是脂肪替代品便应运而生。

近年来脂肪替代品发展迅猛,国际上出现了许多经政府批准使用或正在研究开发的脂肪替代物,投放市场的低脂新产品也不断增多,仅美国就有2000余种。脂肪替代品可以使肉制品在低脂条件下仍能保持多汁、滑爽的口感,而且脂肪、胆固醇和热量却明显减少^[6]。广义的脂肪替代品是指加入低脂或无脂食品中,使它们与全脂同类食品具有相同或相近的感官效果的物质。广义的脂肪替代品根据本身是否含有脂肪可分为狭义的脂肪替代品、脂肪增补剂和化学合成的脂肪替代品三大类。狭义的脂肪替代品是指完全由蛋白质和碳水化合物等非脂物质组成,因而本身不含脂肪的替代品。用它们可以制成低脂甚至无脂食品。脂肪增补剂则是一些本身含有一定量脂肪的物质,用脂肪增补剂生产的只是低脂产品而非无脂产品。还有一类是用化学方法合成的脂肪替代品,它们本身是脂肪,却很少作为脂肪在体内储存^[7]。

同时国内外用植物油作为脂肪增补剂的研究成为热点,植物油作为脂肪替代品在降低产品脂肪含量的同时,可改善肉类制品中饱和脂肪酸的含量,其中橄榄油、葵花油、核桃油、大豆油等植物油是特别令人感兴趣的添加品^[8]。如橄榄油富含单不饱和脂肪酸,其总脂肪酸与多不饱和脂肪酸的比例符合脂质营养新观念,VE等抗氧化物的含量适宜,具有较高的生物学价值,多食用橄榄油可减少心脏病、肺癌和结肠癌的发病率而且可利于脂代谢,抑制低密度脂蛋白氧化^[9]。国外早已有将橄榄油作为脂肪替代品用于肉制品生产的研究。Pappa等^[10]研究了用橄榄油替代(0%~100%)猪背膘生产低脂法兰克福香肠。Muguerza等^[11]用预乳化橄榄油替代(0%~30%)猪背膘生产传统西班牙香肠,发现油酸和亚油酸含量升高但胆固醇含量降低。Ansorena等^[12]研究发现橄榄油加入香肠不仅增加了单不饱和脂肪酸含量而且比真空包装的香肠抗氧化性强。Muguerza等^[13]用橄榄油替代20%猪背膘生产发酵肠对质量损失没有影响,气味和味道可接受,但颜色发浅发黄,表面皱缩。后来Muguerza等^[14]又用橄榄油替代20%猪背膘生产希腊香肠

发现可降低氧化过程,增加单不饱和脂肪酸含量。Severini等^[15]用橄榄油部分代替猪背膘生产意大利腊肠只对含水率和坚实度有些影响,并不影响腊肠的感官和理化性能,也没有因为脂氧化降低货架期,可能是由于橄榄油所含多酚和生育酚自身具有的抗氧化效果的原因。国内将橄榄油作为脂肪替代品用于肉制品生产的研究不多,张立栋等^[16]用预乳化的橄榄油作为发酵香肠中猪肥膘的替代物,分别做了10%、20%、30%、40%四个不同的替代组,随着橄榄油替代比例的增加,胆固醇的含量明显地减少,不饱和脂肪酸的含量则有所上升,脂肪的总量有所减少。

1.2 低亚硝胺肉制品国内外研究现状

目前报道的N-亚硝胺包括N-亚硝基二甲胺(NDMA)、N-亚硝基二乙胺(NDEA)、N-亚硝基吡啶(NPIP)、N-亚硝基吡咯烷(NPYR)和N-亚硝基二丁胺(NDBA)等。N-亚硝胺的致癌机理主要是其在体内经过羟基化、脱醛、脱氮作用,形成亲电子的烷基自由基,后者可使核酸烷基化,引起细胞突变,因而显示致癌性^[17]。在已检测的300种N-亚硝胺类化合物中,已证实至少有90%可诱导一种动物致癌,其中NDMA和NDEA至少对20种动物具有致癌活性^[18]。因此,控制食品中N-亚硝胺的前体化合物硝酸盐、亚硝酸盐以及胺类物质便成为世界各国普遍关注的一个重要问题。

从理论上讲,由于大多数食品都含有蛋白质,以及氮氧化物在环境中的分布广泛,这两点使得几乎所有的食品都有产生N-亚硝胺的可能,但是胺类物质通常是在蛋白质腐败分解时才会产生,所以蛋白质含量丰富且容易腐败的食品是高含量N-亚硝胺的主要风险。据目前已有的研究结果,烟熏、油炸、焙烤和腌制等贮藏和加工后得到的相应食品中均含有一定量的N-亚硝基化合物,其中,啤酒、肉(腌制肉等)和鱼可能是N-亚硝胺含量较高的主要食品^[19]。通常N-亚硝胺存在量为10~40 μg/kg。在大多数情况下,NDMA是其主要产物,但也检测出其他种类的N-亚硝胺^[20-24]。在1978年美国农业部规定了美国市场上销售的肉制品所含有的NPYR不得高于10 μg/kg^[25],我国在GB 9677—1998《食品中N-亚硝胺限量卫生标准》中规定,肉制品中NDMA不得高于3 μg/kg, NDEA不得高于5 μg/kg。

虽然硝酸盐、亚硝酸盐能在一定条件下与胺类物质反应产生N-亚硝胺,但由于它的特殊作用,到目前为止,在腌肉制品的生产中,还没有更好的硝酸盐及亚硝酸盐的替代品。因此,在使用硝酸盐的同时如何抑制和消除N-亚硝胺的产生则是人们研究的焦点。

目前,对于阻断N-亚硝胺形成的研究,除了抗坏血酸盐、异抗坏血酸盐和α-生育酚的功效得到肯定外^[26],一些富含VC、VE的天然植物提取物或者含有抗氧化活性的物质也被研究是否具有抑制亚硝化反应的功

效。根据目前文献报道,能够起到阻断 NDMA 合成或清除亚硝酸根作用的物质主要有酚类、还原糖和多糖类、维生素类和氧化还原酶类等。蔬菜和水果的提取物(洋葱、大蒜、草莓、绿茶和甘蓝菜等)对 *N*-亚硝胺的形成和毒性有一定的抑制作用^[27-28],大蒜中的某些物质能消除 *N*-亚硝胺的前体物亚硝酸盐。Ikken 等^[29]对 9 种蔬菜水果的水提取物进行艾姆斯试验(Ames test),结果显示,洋葱提取物对 NDMA 的抗诱变率最高,苹果提取物对 NPYR 的抗诱变率显著,胡萝卜提取物则对 NDMA 表现出较好的抗诱变效果,而大蒜提取物对 NPIP 的抗诱变效果最好。

近几年来,国内对一些天然植物提取液阻断 *N*-亚硝胺的合成或消除合成 *N*-亚硝胺的前体物的报道较多。有研究表明,大蒜^[30-31]、柚子皮^[32-33]和生姜^[34]等香辛料的提取物对 NDMA 的合成具有阻断作用。王永辉等^[32]从柚皮中提取活性物质可阻断西式火腿中 *N*-亚硝胺的形成。杨华等^[33]研究得出,桂皮和白芷、洋葱和柚子皮以及茶多酚复配物能降低西式火腿中 *N*-亚硝基化合物形成。李晓雁等^[35]研究表明,茶多酚、洋葱和桂皮 3 种物质复配能有效地抑制猪肉发酵香肠中 *N*-亚硝胺的生成。此外,还有一些植物也对 NDMA 具有阻断效果,如中华猕猴桃汁、壳聚糖及其衍生物、沙棘汁、大枣汁、苦瓜汁、茶叶等。时艳玲等^[36]研究表明韭菜籽、芫荽籽、姜和小茴香油对 NDMA 的合成均有阻断作用,且阻断效果明显优于等剂量的 VC,对亚硝酸盐也有消除作用。

复合亚硝基血血红蛋白(dinitrosyl ferrohemochrome, DNFB)是由一氧化氮与肌红蛋白或血红蛋白发生反应而生成的,也叫腌肉色素(cooked cured-meat pigment, CCMP)。研究人员发现由动物血液中的血红素制得的腌肉色素是一种良好的、安全的着色剂。复合亚硝基血血红蛋白制备过程中虽然也需要用到亚硝酸盐,但亚硝酸盐的添加量是严格按照其与血色素等摩尔浓度反应而添加的,通过严格控制反应条件,使制备的复合亚硝基血血红蛋白色素基本没有亚硝基残留。

当前,国内外在香肠、火腿、培根等肉制品生产中,为了使产品具有理想的玫瑰红色,增强防腐性,延长保存期,并赋予产品独特的后熟风味,均采用硝酸盐或亚硝酸盐作为发色剂。但硝酸盐或亚硝酸盐的使用量超过一定的标准时,残留的亚硝基能同肉中蛋白质的分解产物仲胺类物质结合,生成亚硝胺。通过猪血液制备复合亚硝基血血红蛋白色素可以部分替代肉制品中亚硝酸盐的使用,以降低腌肉和灌肠制品中亚硝酸盐的残留,因而提高食品的安全性。

2 现实需求

2.1 生产低脂肪系列肉制品是保证人们健康的需要

无论学生还是上班族,如果早晨没有摄入足够的能

量,身体这部“机器”就会在疲劳状态下运转,进而出现各种不适甚至疾病。所以,早餐一定要吃得营养健康。随着生活节奏的加快,西式早餐越来越多地渗透进中国人的生活中,不仅深受年轻的上班族的喜爱,其丰富的营养价值也得到了中老年人的青睐。早餐西化不仅是现代快节奏生活方式的需要,也是全球化经济的标志之一。

汉堡包即为西方五大快餐之一,以其新、奇的口味风靡全国。原始的汉堡包是剁碎的牛肉末和面做成的肉饼,也称为牛肉饼,后来花样翻新,逐渐与三明治合流,成为现在将猪肉、牛肉、鱼肉等肉饼夹在一剖为二的小面包当中的汉堡。但近年来随着垃圾食品被人们认识,汉堡被称之为垃圾食品,主要问题是脂肪过多、纤维太少,VC 和其他抗氧化成分不足,且含三大致癌物质之一的亚硝酸盐。

脂肪的高热量使得其过量摄入可能引起各种疾病,如肥胖症、高血脂、心脏病、动脉硬化、糖尿病、胆石病、痛风病等,这就需要脱脂、低脂或纯瘦肉产品。脱脂肉制品相比普通肉制品能量减少 40%,即只含 15%~18% 的脂肪;低脂肉制品脂肪含量少于 10%;纯瘦肉制品脂肪含量不到 5%,而且仅有不到 2% 的饱和脂肪。但是脂肪作为三大营养素之一,本身具有许多特殊的性质,它对产品的组织特性,如鲜嫩度、黏性、口感、湿润性、硬度、咀嚼性、光滑度等起着非常重要的作用,而且脂肪是唯一能够修饰食品风味的物质,食品中大部分香味成分都是脂溶性的,脂肪常作为这些风味物质的载体,脂肪的减少将影响消费者对产品的接受程度。因此需要一种既能减少摄入热量又能在风味、口感、质地等方面能代替脂肪的新物质。富含不饱和脂肪酸的植物油替代普通肉制品中的部分饱和脂肪是提高肉制品品质和安全的一个有效途径。橄榄油含有丰富的单不饱和脂肪酸,单不饱和脂肪酸含量为 56%~87%,饱和脂肪酸仅占 8%~25%,除此之外还含有 4%~22% 的多不饱和脂肪酸,作为一种脂肪替代品已用于低脂肉制品中。橄榄油还含有大约 1% 的 α -亚麻酸, α -亚麻酸是长链不饱和 ω -3 脂肪酸 EPA、DHA 的前体,用橄榄油部分替代普通肉制品中的脂肪不仅能降低脂肪含量而且可抑制肿瘤细胞生长,降低癌症发病率。

2.2 生产低亚硝胺系列肉制品是保证肉食品安全的需要

肉制品中的硝酸盐、亚硝酸盐能使腌肉呈鲜亮的红色,同时具有延长肉制品货架期和防止肉毒梭状芽孢杆菌生长的作用,并能产生特殊的香味,改善腌肉风味。但是硝酸盐及亚硝酸盐,在一定条件下产生的亚硝基与肉中蛋白质的分解产物胺类物质结合可形成 *N*-亚硝胺。*N*-亚硝胺是目前国际上公认的一种强致癌物,对人和动物具有致癌、致畸和致突变的危害。1994 年联合国粮农组织和世界卫生组织规定亚硝酸盐的每日摄入量(ADI



值)为每千克体质量 0.2mg, 人体摄入 0.3~0.5g 亚硝酸盐即可引起中毒, 3g 可致死。虽然如此, 但由于它的特殊作用, 到目前为止, 在腌肉制品的生产中, 还没有更好的硝酸盐及亚硝酸盐的替代品。美国著名教授西奥多·拉布扎先生就曾指出“迄今为止, 亚硝酸盐的优点超过了它的危害”^[32]。因此, 在使用硝酸盐的同时如何抑制和消除 N-亚硝胺的产生则是人们研究的焦点。有研究表明, 天然香辛料提取物对 N-亚硝胺的形成和毒性有一定的抑制作用。香辛料是肉制品生产中必需的辅料, 香辛料提取物的加入不仅不会影响肉制品的风味, 而且香辛料提取物还是天然防腐剂, 可以在肉制品生产中起到防腐的作用。

提高食品质量、保障食品安全是改善人民生活水平的重要战略措施, 也是一个国家经济发展到一定水平的必然趋势。低脂低亚硝胺的早餐肉饼新产品的开发即适应了我国食品安全与健康的发展需求, 同时也符合人们对营养与保健食品的不断追求, 对其进行研究与开发拥有广阔的发展前景。

3 结 语

在食品安全日益受到关注的今天, 低脂肪滴亚硝酸盐肉制品的出现无疑会促进和带动我国食品健康产业的发展, 提高企业产品的附加值, 并进一步实现农业增效, 农民增收, 带动饲料业、畜禽养殖业、屠宰加工业以及包装行业、物流业的发展, 进一步拓宽我国肉类食品生产领域, 增加新品种, 并为其他肉类产品的加工和相关企业发展提供示范和借鉴作用, 促进和形成我国肉品加工公共技术平台建设。

参考文献:

- [1] 庄荣玉, 励建荣. 美国食品所标示的有关膳食脂肪与冠心病关系的健康声明及对中国出口食品的指导意义[J]. 食品与发酵工业, 1999(1): 69-73.
- [2] MCKEITH F K, MERKEL R A. Technology of developing low-fat meat products[J]. J Anim Sci, 1991, 69(2): 116-124.
- [3] 杨龙江. 大力开发低脂肉制品[J]. 中国食品工业, 2000(10): 55-57.
- [4] KEETON J T. Effects of fat and NaCl/phosphate levels on the chemical and sensory properties of pork patties[J]. J Food Sci, 1983, 48(3): 878-881.
- [5] 徐松滨, 李威娜. 肉类食品的低脂改良[J]. 肉类工业, 2005(10): 13-15.
- [6] FOEGEDING E A, RAMSEY S R. Effects of gums on low fat meat batters [J]. Food Sci, 1986, 51(1): 33-36; 46.
- [7] 汪海洪, 高大维. 低脂食品的发展与脂肪替代品[J]. 食品与发酵工业, 1997, 23(1): 52-56.
- [8] FERNANDEZ-GINES J, FERNANDEZ-LOPEZ J, SAYAS-BARBERA E, et al. Meat products as functional foods: a review[J]. Journal of Food Science, 2005, 70(2): 37-43.
- [9] BLOUKAS J G, PANERAS E D, FOURNITZIS G C. Effect of replacing pork backfat with olive oil on processing and quality characteristics of fermented sausages[J]. Meat Science, 1997, 45(2): 133-144.
- [10] PAPPAS I C, BLOUKAS J G, ARVANITOYANNIS I S. Optimization of salt, olive oil and pectin level for low-fat frankfurters produced by replacing pork backfat with olive oil[J]. Meat Sci, 2000, 56(1): 81-88.
- [11] MUGUERZA E, GIMENO O, ANSORENA D, et al. Effect of replacing pork backfat with pre-emulsified olive oil on lipid fraction and sensory quality of Chorizo de Pamplona: a traditional Spanish fermented sausage [J]. Meat Sci, 2001, 59(3): 251-258.
- [12] ANSORENA D, ASTIASARÁN I. Effect of storage and packaging on fatty acid composition and oxidation in dry fermented sausages made with added olive oil and antioxidants[J]. Meat Sci, 2004, 67(2): 237-244.
- [13] MUGUERZA E, FISTA G, ANSORENA D, et al. Effect of fat level and partial replacement of pork backfat with olive oil on processing and quality characteristics of fermented sausages[J]. Meat Sci, 2002, 61(4): 397-404.
- [14] MUGUERZA E, ANSORENA D, BLOUKAS J G, et al. Effect of fat level and partial replacement of pork backfat with olive oil on the lipid oxidation and volatile compounds of greek dry fermented sausages[J]. J Food Sci, 2003, 68(4): 1531-1536.
- [15] SEVERINI C, de PILLI T, BAIANO A. Partial substitution of pork backfat with extra-virgin olive oil in salami products: effects on chemical, physical and sensorial quality[J]. Meat Sci, 2003, 64(4): 323-331.
- [16] 张立栋, 张坤生, 任云霞. 橄榄油作为脂肪替代物在发酵香肠中的应用[J]. 食品研究与开发, 2009, 30(3): 102-105.
- [17] 边丽. 危险的致癌物质-亚硝胺[J]. 兵团教育学院学报, 2001, 11(1): 62-65.
- [18] MAGEE P N, BARNES J M. Carcinogenic nitroso compounds[J]. Adv Cancer Res, 1976, 10: 163-246.
- [19] 丁之恩. 亚硝酸盐和亚硝胺在食品中的作用及其机理[J]. 安徽农业大学学报, 1994, 21(2): 199-205.
- [20] HOTCHKISS J H, NITRATE R C. Nitrite and nitroso compounds in foods[J]. Food Technology, 1987, 4: 127-133.
- [21] FAZIO T J, DAMICO N, HOWARD J W, et al. Gas chromatographic determination and mass spectrometric confirmation of N-nitrosodimethylamine in smoke-processed marine fish[J]. J Agr Food Chem, 1971, 19(2): 250-253.
- [22] FIDDLER W, DOERR R C, ERTEL J R, et al. Gas-liquid chromatographic determination of N-nitrosodimethylamine in ham[J]. J Ass Office Anal Chem, 1971, 54: 1160-1163.
- [23] 马俪珍, 南庆贤, 方长法. N-亚硝胺类化合物与食品安全性[J]. 农产品加工: 学刊, 2005(12): 8-14.
- [24] 马俪珍, 王瑞, 方长法, 等. 金华火腿制作及储藏中亚硝胺类化合物的含量变化[J]. 肉品卫生, 2005(11): 19-21.
- [25] GLORIA B M, BARBOUR J F, SCANLAN R A. Volatile nitrosamines in fried bacon[J]. Journal of Agriculture and Food Chemistry, 1997, 45(5): 1816-1818.
- [26] MIRVISH S S. Effects of vitamin C and E on N-nitroso compound formation, carcinogenesis, and cancer[J]. Cancer, 1986, 58(Suppl 8): 1842-1850.
- [27] SHENOY N R, CHOUGHULEY A. Inhibitory effect of diet related sulphhydryl compounds on the formation of carcinogenic nitroso-amines [J]. Cancer Lett, 1992, 65(3): 227-232.
- [28] CHOI S Y, CHUNG M J, LEE S J, et al. N-nitrosamine inhibition by strawberry, garlic, kale, and the effects of nitrite-scavenging and N-nitrosamine formation by functional compounds in strawberry and garlic [J]. Food Control, 2006, 18(5): 485-491.
- [29] IKKEN Y, CAMBERO I, MARIN M L. Antimutagenic effect of fruit and vegetable aqueous extracts against N-nitrosamines evaluated by the ames test[J]. J Agric Food Chem, 1998, 46(12): 5194-5200.
- [30] 王建国, 曹淑娥. 大蒜在不同时期抑制亚硝胺合成的研究[J]. 营养学报, 2002, 24(2): 185-186.
- [31] 刘近周, 彭恕生. 大蒜阻断亚硝胺的化学合成[J]. 营养学报, 1986, 8(1): 9-13.
- [32] 王永辉, 马俪珍, 张建荣, 等. 柚皮浸提液对阻断西式火腿中亚硝胺合成的作用效果[J]. 肉类研究, 2006, 20(2): 45-48.
- [33] 杨华, 马俪珍, 王永辉. 茶多酚和柚子皮等复配对阻断西式火腿中 N-亚硝基化合物合成的效果研究[J]. 肉类工业, 2006(5): 22-27.
- [34] 胡道道. 生姜对亚硝胺合成的阻断作用初探[J]. 食品科学, 1989, 10(6): 35-37.
- [35] 李晓雁, 马俪珍, 王艳梅, 等. 几种添加物复配阻断香肠中亚硝胺生成的效果研究[J]. 肉类研究, 2006, 20(10): 32-35.
- [36] 时艳玲, 王光慈, 陈宗道. 某些香辛料精油抑制 N-二甲基亚硝胺体外合成的研究[J]. 西南农业大学学报, 1997, 19(4): 359-362.