

关于加工肉制品归属“1类致癌物”的刍议

周颖, 李沛军, 肖亚庆, 陈从贵*

(合肥工业大学生物与食品工程学院, 安徽 合肥 230009)

摘要: 加工肉制品是人类日常膳食的重要组成部分, 同时也被世界卫生组织归为1类致癌物, 给消费者带来了很大困惑。本文综述了加工肉制品的营养价值、致癌风险及其控制, 并从不同角度质疑了世界卫生组织报告的科学性, 以期正确认识加工肉制品的营养价值与安全风险, 引导消费者科学食肉、平衡膳食。

关键词: 加工肉制品; 营养价值; 致癌风险

Discussion on Processed Meat Products Classified as “Group 1 Carcinogen”

ZHOU Ying, LI Peijun, XIAO Yaqing, CHEN Conggui*

(School of Biotechnology and Food Engineering, Hefei University of Technology, Hefei 230009, China)

Abstract: Processed meat products are an important part of human daily diet, while these products were classified as a Group 1 carcinogen by the World Health Organization (WHO), causing great confusion among consumers. With the aim to provide a correct understanding of the nutritional value and safety risk of processed meat and to lead consumers to adopt scientific consumption of meat and a well-balanced diet, this article reviews the nutrition value, carcinogenic risks and control measures of processed meat, and queries the scientificity of the WHO's report from different perspectives.

Key words: processed meat products; nutritional value; carcinogenic risk

中图分类号: TS251.4

文献标志码: A

文章编号: 1001-8123 (2015) 12-0035-06

doi: 10.15922/j.cnki.rlyj.2015.12.007

2015年10月26日, 世界卫生组织 (World Health Organization, WHO) 下属国际癌症研究机构 (International Agency for Research on Cancer, IARC) 发布报告 (以下简称“WHO报告”), 将培根、火腿、香肠等加工肉制品列为1类致癌物。这一消息立刻引发社会高度关注和广泛热议, 并受到国内外学术界、产业界等普遍质疑。国内以中国畜产品加工研究会名誉会长周光宏为代表, 组织肉品领域专家对此报告提出了质疑, 并建议WHO撤销将加工肉制品列为1类致癌物的结论; 北美肉类协会主席Carpenter称, IARC的表决过于武断、危言耸听^[1]; 澳大利亚农业部长Joyce则认为, 如果按照WHO的做法, 人类将回到穴居社会^[2]。如何科学认识肉制品在促进人类健康中的作用以及可能存在的安全风险, 需要尊重事实, 全面、客观地认识。

1 肉制品的营养价值

进化原理足以证明, 存在于各种动物肉品中的蛋白质、脂肪和微量营养素, 对人体的生长发育以及哺乳动

物的存活都具有非常重要的作用。肉及其制品是补充人类营养的一种重要食物, 在膳食结构中占有重要的地位^[3]。

1.1 动物蛋白质

众所周知, 蛋白质是人体必须的营养素之一, 与人体的生长发育紧密相关。人体摄取蛋白质的数量和质量, 直接影响其生长速率、体质强弱和寿命长短; 蛋白质摄入量低于需要量时, 容易发生蛋白质营养不良症, 如生长发育迟缓、体质量减轻、贫血、对传染病的抵抗力减弱等, 严重时会发生营养性水肿^[4]。

动物和植物都是蛋白质的良好来源, 但只有动物蛋白质能够提供全部种类的人体必需氨基酸^[4]。与一般的植物蛋白相比, 动物蛋白的氨基酸比例合理, 且更容易被人体消化、吸收和利用^[5-6]。联合国粮食及农业组织 (Food and Agriculture Organization, FAO) /WHO利用蛋白质消化率校正的氨基酸记分法, 评价不同来源蛋白质的质量, 其结果显示, 肉蛋白的消化性评分 (满分1.0) 最高, 达到0.92分; 豆类蛋白的评分为0.57~0.71分, 而小麦蛋白仅为0.25分^[7]。可见, 肉蛋白是人体的优质蛋白质来源, 安全的肉制品对促进人类健康具有重要作用。

收稿日期: 2015-12-03

基金项目: 安徽省家禽产业技术体系资助项目 (AHCYTX-10)

作者简介: 周颖 (1991—), 女, 博士研究生, 研究方向为高新技术在肉制品加工中的应用。E-mail: zhouying55170@foxmail.com

*通信作者: 陈从贵 (1963—), 男, 教授, 硕士, 研究方向为肉制品加工及副产物综合利用。E-mail: ccg1629@163.com

1.2 动物脂肪

动物脂肪中含有丰富的饱和脂肪酸(saturated fatty acid, SFA)与多不饱和脂肪酸(polyunsaturated fatty acid, PUFA)。长期以来, SFA被认为可能会增加血液中的胆固醇含量^[8], 由此被认为会增加冠心病与心血管疾病的风险, 但也有研究者对此提出了质疑^[9-10]。国际肥胖研究学会秘书长、丹麦哥本哈根大学人类营养学系主任Astrup教授和哈佛医学院营养学系主任Willett教授, 于2010年5月在哥本哈根共同主持了一个大型专题会议, 研讨SFA和心血管病之间的关系; 与会的17位国际著名油脂营养学家一致认为: SFA与心血管疾病之间不存在显著相关性^[11]。美国油脂化学家学会(American Oil Chemist's society, AOCS)于2009—2010年, 连续两届都将“SFA与健康”列为AOCS年会的一个热点论题, 讨论油脂的营养价值, 这足以说明SFA在促进人类健康中的作用^[12]。

PUFA具有重要的生理功能和广泛的生物学功能, 在预防和治疗癌症方面具有重要的作用, 可以诱导细胞凋亡, 并在一定程度上减弱癌细胞的侵袭力, 其研究与应用已越来越受到人们的关注^[13-14]。来伟旗等^[15]在人体抗氧化实验研究中发现, 连续175 d服用PUFA胶囊的受试者, 其血清中的超氧化物歧化酶(superoxide dismutase, SOD)显著增多, 较受试前提高21%, 并与对照组存在显著差异。细胞培养结果表明, 共轭亚油酸(conjugated linoleic acid, CLA)对人类黑色素肿瘤、结直肠癌(colorectal cancer, CRC)细胞及乳腺癌细胞培养物有毒杀作用, CLA中的顺-9、反-11异构物能够结合到鼠前胃赘瘤细胞和人类乳腺癌细胞的磷脂中, 使癌细胞生长受到抑制, 显示抗癌作用^[16]。牛肉和羊肉肌肉内部脂肪中含有约50%的PUFA^[17]。 ω -3是非常重要的PUFA, 不同食物来源对人体 ω -3 PUFA摄入量的贡献调查结果表明, 澳大利亚成年人中几乎一半的 ω -3 PUFA来源于肉, 其中, 牛肉和羊肉占了总摄入量的28%, 猪肉和禽肉分别贡献了4%和10%^[18]。可见, 肉制品也可对人类提供所需的PUFA。

1.3 微量营养素

肉及其制品不仅含有丰富的铁、锌、硒、叶酸、VA、VB₆、VB₁₂等微量营养素, 而且这些微量营养素的生物利用率也很高。例如, 每100 g低脂猪肉中, 含1.8 mg铁、2.6 mg锌; 每100 g猪肝中含360 mg镁、20 mg铁和60 μ g硒; 人体每天摄入100 g的肉和肝脏, 可以满足铁、锌、硒、VB₆、VB₁₂等微量营养素日推荐摄食量的50%, 以及100%的VA; 肉中叶酸的生物活性几乎高出植物源的10倍^[19-20]。可见, 吃肉有利于减少一些微量营养素的缺乏症, 而且肉中的微量元素硒、VB₆、VB₁₂、VD等, 也都是潜在的抗癌物质^[21]。

缺铁性贫血(iron deficiency anemia, IDA)位列目前

世界四大营养素缺乏症之首^[22], WHO于2001年指出, 全球约有40~50亿人(占世界人口的66%~80%)处于铁缺乏状态, 20亿人贫血的主要原因是铁缺乏^[23]。在我国, 以植物性食物为主的膳食结构是造成铁缺乏与缺铁性贫血的主要原因^[24]。研究表明, 女性人群的红肉摄入量低于90 g/d时, 其缺铁的几率将增加3倍^[25]。肉中血红素铁的生物利用率高于植物性非血红素铁^[26]。刘绣云等^[27]将血红素添加于饼干中, 对缺铁性贫血的人群进行观察实验, 结果证明血红素铁强化食品可达到较好的纠正缺铁性贫血的作用。

锌是人体必需的另一种微量元素, 是许多金属酶的成分, 对骨生长和免疫具有重要影响, 且有助于全身抗氧化防御^[28]。猪肉和禽肉中锌含量丰富, 且易被人体吸收, 是人体锌的良好来源^[29]。肉中锌的生物利用率高于蔬菜^[19], 降低红肉摄入量或者不食用红肉, 可能会导致锌缺乏^[26]。

VB₁₂的缺乏会导致高同型半胱氨酸血症, 高同型半胱氨酸与动脉内皮功能障碍有关, 被视为心血管疾病的一个独立风险因素^[30]。Pawlak等^[31]研究指出, 尽管植物性食物能够为人体提供很多的营养物质, 但它们并不能提供足量的VB₁₂; 素食者容易导致体内VB₁₂的缺乏, 并由此抵消了素食所带来的降低心血管疾病的好处。

因此, 肉制品具有重要的营养价值, 尤其对于一些极易发生营养素缺乏的人群(老年人、孕妇、小孩), 其膳食结构中肉制品理应成为推荐饮食的一部分^[19,32]。

2 肉制品的安全风险及其控制

不可否认的是, 不规范甚至违法的养殖、加工、贮藏等, 也给肉制品带来了食用安全风险。例如, 不科学的烟熏、油炸、腌制等加工生成的亚硝胺与苯并芘, 已经成为世界公认的肉制品安全隐患。由此也早已引起了国内外肉类科技界、产业界以及各国政府的高度关注, 采取各种管理与技术手段, 不断改进与创新肉制品的加工及管理, 以降低肉制品的危害风险, 保障食用安全。

2.1 亚硝酸盐与亚硝胺的安全风险及其控制

亚硝酸盐是肉制品常用的发色剂, 可使肉制品获得理想的色泽和风味, 并延长保质期。它在肉制品发色、抑菌、抗氧化和提高风味四方面的作用, 是任何一种食品添加剂都无法替代的^[33], 尤其是用作为肉毒梭状芽孢杆菌(其产生的肉毒毒素, 是迄今已知化学毒素和生物毒素中毒性最强的一种)的特效抑制剂。美国的一份调查报告显示, 每年有135例癌症死亡与亚硝酸盐有关, 但如果肉制品中不加入亚硝酸盐, 将有22例会由于肉毒毒素中毒而死亡。

亚硝酸盐本身不致癌, 人体摄入少量的亚硝酸盐,



可以通过正常代谢排出。但亚硝酸盐应用于肉制品时，其参与生成的亚硝胺才是引发人们关注的一个安全性问题。亚硝酸盐使用量超过一定标准时，会导致亚硝基（ NO^- ）大量残留，残留的 NO^- 和蛋白质代谢产物仲胺结合，可生成亚硝胺^[34]。而亚硝胺类化合物是国际上公认的一类强致癌物，是体内长期积累、诱发癌变的因子之一。健康人胃内几乎没有亚硝胺合成菌，平衡膳食几乎阻断了亚硝胺的直接形成^[35]。

对于亚硝酸盐的使用量和残留量，各国有着非常严格的限制。我国GB 2760—2014《食品安全国家标准 食品添加剂使用标准》中规定，肉制品中亚硝酸盐（亚硝酸钠、亚硝酸钾）的最大使用量为0.15 g/kg；腌腊肉制品、酱肉制品、熏、烧、烤肉类、油炸肉类等成品中的亚硝酸盐（以亚硝酸钠计，下同）残留量不得超过30 mg/kg，西式火腿（熏烤、烟熏、蒸煮火腿类）和肉罐头类产品分别不超过70 mg/kg和50 mg/kg。其他国家或国际组织对这方面的限制相对宽松，FAO/WHO规定，肉制品中亚硝酸盐的最大使用量为0.20 g/kg，建议在肉制品中的残留量低于125 mg/kg；日本规定肉制品中亚硝酸盐的残留量少于70 mg/kg^[36]。世界食品卫生科学委员会1992年宣布，人体摄入亚硝酸钠的安全标准为0~0.1 mg/kg体重，按此标准使用和食用，对人体不会造成危害。

为了不断降低亚硝胺的安全风险，许多学者长期致力于低硝/无硝肉制品的研发，并主要从两个方面着手：一是减少亚硝酸盐的使用量或者完全不使用亚硝酸盐；二是阻断亚硝胺的形成。肉类工业中早已将异抗坏血酸钠添加于肉制品，用作为抑制亚硝胺生成的阻断剂；选取的亚硝酸盐替代物主要有：抑菌剂（如山梨酸钾、乳酸菌、乳酸链球菌素）、抗氧化剂（如茶多酚、竹叶抗氧化物）、发色剂（如红曲色素、抗坏血酸、氨基酸）、亚硝胺生成阻断剂（如 α -生育酚、烟酰胺、姜蒜汁）^[37]。张雪等^[38]将发酵乳杆菌JCM1173应用于红肠加工，结果表明，在添加水平为 10^8 个/g（生肉）时，NO-Mb含量与添加60 mg/kg亚硝酸盐的对照组相近，表明发酵乳杆菌JCM1173在腌肉发色方面替代亚硝酸盐是可行的。薛丽等^[39]研究发现，在同等条件下添加0.05%的VC，可使香肠中亚硝酸钠残留量降至原配方的86.8%，效果显著。此外，人类膳食中的水果蔬菜等可以抑制亚硝胺的生成，Choi^[40]、Chung^[41]等分别在模拟人体消化系统的条件下和直接的人体实验中均发现，高摄入量（400 mg/d）的硝酸盐搭配草莓、大蒜和甘蓝汁的摄入，可显著降低亚硝胺的生成量，其中草莓和大蒜可降低70%以上。

肉制品加工中，尽管目前还未找到一种可以完全替代亚硝酸盐作用的物质，但实际上，其致癌性也已经通过国家强制标准的严格限制，得到了最大程度的控制，

它的有益作用也远远大于其有害作用^[33]。因此，肉制品只要严格限量使用，并依照膳食平衡原理，合理搭配果蔬类食物，就可有效控制使用亚硝酸盐所产生的安全风险。

2.2 多环芳烃（polycyclic aromatic hydrocarbons, PAHs）类化合物的安全风险及其控制

烟熏、煎炸和烧烤等加工方式，可以赋予肉制品特殊的香气和色泽，同时延长肉制品的保质期，深受消费者喜爱。但产品中可能含有的PAHs类化合物，则是一个必须面对并加以解决的安全性问题。PAHs主要来源于加工过程中有机物的不完全燃烧，或者脂肪、蛋白质等的高温分解及其产物的表面沉积^[42]。苯并芘是PAHs中第一个被发现的化学致癌物，被IARC归为强致癌物质，也被作为PAHs中的指标化合物^[43-44]。

我国标准GB 2762—2012《食品安全国家标准 食品中污染物限量》中规定，苯并（a）芘在熏烤肉中残留量不得超过5 $\mu\text{g/kg}$ 。一般认为，使人或动物发生突变、畸形或癌变的PAHs毒性剂量为1 000 mg/kg，远高于GB 2762中的苯并（a）芘残留限值，因此烟熏食品中苯并芘的危害程度并非比想象的严重^[45]。Puangsombat等^[46]指出，即食肉制品实际上只贡献了很少的杂环胺摄入量，而且肉制品中的亚硝酸钠和抗坏血酸钠还会抑制其生成；另外，加工介质的优选、加工方式的改进、加工温度与时间的控制都可有效控制PAHs的生成。Djinovic等^[47]研究表明，通过控制烟熏条件（温度、湿度等），可使传统烟熏牛肉火腿中的PAHs含量从3.9 $\mu\text{g/kg}$ 降至1.9 $\mu\text{g/kg}$ ，远低于标准限值。对于易受PAHs污染的Ghanaian烟熏腌鱼，Essumang等^[48]通过改进传统烤炉，利用活性炭过滤器除去熏烟中的PAHs，使得最终产品的PAHs残留量比对照组平均减少21%~69%，苯并芘含量低于2 $\mu\text{g/kg}$ ，且产品具有很好的感官特性。杨潇等^[49]利用不产生苯并芘的液熏法，生产卤煮牛肉，可使产品中PAHs的生成抑制率达到96%；美国约有90%的烟熏食品利用液熏法加工，烟熏香味料的用量每年达10 000 t，日本年用量为700 t^[50]。采用液熏法这种新工艺，可大大降低传统烟熏肉制品的安全风险，代表着烟熏肉制品加工的技术发展方向。

3 WHO报告将肉制品归为“1类致癌物”欠科学

WHO报告称，对人类而言，有足够证据表明，食用加工肉制品会导致CRC，并将加工肉制品归为“1类致癌物”。这种不区分原料品质、加工方法、食用人群和地区，也未提供直接大样本科学实验的草率结论，其科学性理应受到质疑。

3.1 忽视了加工肉制品的多样性及其风险差异

周光宏等^[51]根据我国肉制品最终产品的特征及其加

加工工艺,将肉制品分为10大类:香肠制品、火腿制品、腌腊制品、酱卤制品、熏烧烤制品、干制品、油炸制品、调理肉制品、罐藏制品和其他制品。而在WHO报告中,被认定为“1类致癌物”的加工肉制品,是指经过盐渍、腌制、发酵、烟熏或其他加工方式处理以提高其风味或贮藏特性的肉类食品,原料包括猪肉、牛肉或其他红肉、禽肉、动物肝脏以及其他副产品(如血等)。有学者认为,这里所谓的致癌物“加工肉制品”,并没有一个公认的精确定义^[17,52],描述的“其他加工方式”是否包括除“盐渍、腌制、发酵、烟熏”以外的所有加工手段?肉制品加工方法不同,生成亚硝胺、苯并芘等致癌物的可能性有着显著的差异;不同种类的肉制品,其致癌风险理应区别对待。

Corpet等^[53]指出,关于加工肉制品致癌的结论,绝大多数是基于回顾性病例研究,主要通过对研究对象过去饮食的询问,将癌症病人与非癌症对照组进行比较分析,进而推断出的结论;而这样的结论会因为癌症病人记忆的改变,以及人们对多年前饮食的误判,容易产生偏见。David等^[54]也认为,这种回顾性病例研究存在许多缺陷,例如,不能精确估计肉的摄入量,缺乏预定假设和多重比较,容易和其他因素(体质量、水果/蔬菜摄入、体育运动、吸烟、饮酒等)相混淆,影响了其研究结论的可靠性。还有专家指出,如果能使人类建立良好的生活习惯和科学合理的饮食方式,就可使目前的癌症发病率下降30%~60%^[55]。

总之,加工肉制品多种多样,加工的种类和方式也在不断变化和改进,并朝着绿色化加工方向发展;国家和地区不同,其肉制品的特色各异,对其安全性的评价不应一概而论。WHO将所有加工肉制品归为1类致癌物,不分地域、不分种类、以偏概全,缺乏科学性和严谨性;同时,也是对肉制品工业科技与安全管理水平提高、新型功能肉制品开发与面市、肉制品质量与安全保障能力不断提升这一客观事实的不尊重。

3.2 忽视了不同地域CRC流行病学研究结论的差异

CRC的患病机制是一个逐渐演变的过程,其病因尚不明确,相关因素错综复杂,可能与自身年龄、免疫功能、遗传因素、环境因素(饮食因素、微量元素缺乏、不良生活方式等)密切相关^[56],它与肉制品之间的相关关系还存在很大的争议。

美国和欧洲的研究结果表明,CRC的发生与肉的摄入有关^[57]。然而,也有很多国家和地区的研究表明,加工肉制品的摄入与CRC的发生并无关联性。我国肿瘤登记中心发布的《2012中国肿瘤登记年报》显示,浙江、上海和江苏是国内的CRC高发地区^[58]。李菊花^[59]对CRC发病率最高的浙江嘉善县进行了流行病学调查,通过对10个乡镇CRC病例的对照研究发现,红肉与白肉摄入与

CRC的发生无关联性。Lee等^[57]对上海73 224名妇女进行了7.4年的健康跟踪调查,也没有发现394例CRC确诊患者(结肠癌236例,直肠癌158例)与其肉类摄入量之间存在关联性。夏威夷大学癌症中心Ollberding等^[60]在对165 717名不同种族参与者的前瞻性调查分析中,未发现肉制品摄入量(或肉的总摄入量)与CRC发病率间的关联关系;Sørensen等^[61]针对欧洲数十个国家的类似调查中,也没有发现加工肉制品或油炸肉制品消费与CRC之间的显著联系,除非是非常偏好煎炸肉类的人群才会有增加趋势,而且素食者患病率高于肉食者。

3.3 食肉与长寿之间存在着一定的正相关关系

世界人口的平均身高比1 000年前增长了7 cm,平均寿命也增长了35岁,人类饮食的改善是关键因素^[4]。FAO(2014)调查显示,在调查的10个最长寿国家中,除日本外有9个国家的肉消费水平高,肉的消费量与寿命长短呈正相关^[62]。安徽《新安晚报》记者通过对长寿村老人生活习惯的调查发现,爱吃肉、不爱吃蔬菜和豆制品,也能长命百岁^[63]。

日本东京老龄综合研究所曾调查了100名百岁以上老人,通过分析他们的饮食结构得知,在每天摄取的蛋白质总量中,动物蛋白质所占比例男性和女性分别达到59.6%和57.6%,均高于当时48.7%的全国人均值^[29]。可见,摄取足够的动物蛋白质可明显提高长寿的概率。另一方面,Burkert等^[64]通过对奥地利健康访问调查结果分析发现,从癌症、过敏和心理卫生障碍方面看,素食者都比肉食者的健康状况差。显然,完全的素食会对人的健康带来不利影响。

虽然近年来有流行病学研究报道显示,加工肉制品与癌症的诱发相关^[65],但它对促进人类健康、长寿的作用不容忽视,正如恩格斯所说:“假如不食肉,人就不能发展到现在这地步”。将加工肉制品与砒霜、烟草等划为一类,是否科学、客观?

需要说明的是,任何一种单一的食物都不可能提供人体所需的所有营养素。结构不合理的不健康膳食,已成为诱发非传染性慢性疾病的一个主要因素。中国疾病预防控制中心的监测资料显示,我国目前有超过52%的居民蔬菜水果摄入不足,近30%的居民红肉摄入过多,这种不健康的膳食结构也是引起恶性肿瘤、心血管病等非传染性慢性疾病发生率和死亡率上升的一个主要原因^[66]。因此,科学食肉、平衡膳食、适度体育运动等,都是降低癌症发病率的有效途径。

4 结 语

饮食与健康的关系十分密切。基于膳食平衡原理,适量摄入肉制品,将有利于增进人类健康;研究减少肉



制品中已知危害物的残留量,降低肉制品的食用安全风险,让伴随人类进化演变的肉制品,在促进现代人类健康方面继续发挥应有的作用。

癌症(包括CRC)的诱因非常复杂,可能与年龄、遗传因素、免疫功能、环境因素(饮食因素、微量元素缺乏、不良生活方式等)、运动量等密切相关。尽管已有报告显示,在膳食结构中肉制品与癌症发生率之间存在相关性,但目前还缺乏足够的大样本量的群体研究和临床实验;不同地域、不同人群、不同年龄等个体因素与癌症发病率之间的关联结果也很不一致,相关研究仍需不断深化。WHO冒然将加工肉制品归为“1类致癌物”忽视了肉制品对人类健康的重要作用,也忽视了肉制品质量和安全保障水平提高的客观现实,建议WHO撤销将加工肉制品归为“1类致癌物”这一缺乏充分科学依据的报告。

参考文献:

- [1] North American Meat Institute. IARC meat vote is dramatic and alarmist overreach[EB/OL]. (2015-10-26)[2015-12-01]. <https://www.meatinstitute.org/index.php?ht=d/ReleaseDetails/i/116652>.
- [2] XIANG B. WHO report linking meat to cancer “absurd”: Australian minister[EB/OL]. (2015-10-27)[2015-12-01]. http://big5.zlib.gov.cn/gate/big5/news.xinhuanet.com/english/2015-10/27/c_134753232.htm.
- [3] SPEEDY A W. Global production and consumption of animal source foods[J]. *Journal of Nutrition*, 2003, 133: 4048-4053.
- [4] 董寅初. 吃肉与健康[J]. *中国食物与营养*, 1998(2): 5-18.
- [5] 万品珍, 吴传茂. 蛋白质、氨基酸和调整食物结构[J]. *氨基酸杂志*, 1990(3): 17-21.
- [6] 刘洋, 王卫. 动物型蛋白饮料及其研究开发[J]. *食品与发酵科技*, 2013, 49(1): 26-29.
- [7] PEREIRA P M, VICENTE A F. Meat nutritional composition and nutritive role in the human diet[J]. *Meat Science*, 2013, 93: 586-592.
- [8] 陈银基, 鞠兴荣, 周光宏. 饱和脂肪酸分类与生理功能[J]. *中国油脂*, 2008, 33(3): 35-38.
- [9] SIRI-TARINO P W, SUN Q, HU F B, et al. Meta-analysis of prospective cohort studies evaluating the association of saturated fat with cardiovascular disease[J]. *American Journal of Clinical Nutrition*, 2010, 91: 535-546.
- [10] CHOWDHURY R, WARNAKULA S, KUNUTSOR S, et al. Association of dietary, circulating, and supplement fatty acids with coronary risk: a systematic review and meta-analysis[J]. *Annals Internal Medicine*, 2014, 160: 398-406.
- [11] 金青哲, 王兴国, 刘国艳. 食用油中脂肪伴随物的营养与功能[J]. *中国粮油学报*, 2012, 27(9): 125-128.
- [12] 张飞, 柏云爱, 鲁海龙. 饱和脂肪酸与健康研究进展[J]. *中国油脂*, 2012, 37(4): 29-33.
- [13] STEPAHNIE C. Omega-3 polyunsaturated fatty acid in primary and secondary cardiovascular disease prevention[J]. *Official Journal of American of Occupational health Nueeses*, 2009, 57(11): 480.
- [14] 王莉梅, 刘睿杰, 金青哲, 等. 多不饱和脂肪酸在癌症发生中的作用机制研究进展[J]. *中国油脂*, 2014, 39(8): 37-41.
- [15] 来伟旗, 张岭, 刘臻, 等. 多不饱和脂肪酸抗氧化功能的人体试验[J]. *职业与健康*, 2011, 27(23): 2707-2708.
- [16] 胡燕, 陈忠杰. 饱和脂肪酸与人体健康关系探讨[J]. *肉类研究*, 2011, 25(1): 17-20.
- [17] McAFEE A J, MCSORLEY E M, CUSKELLY G J, et al. Red meat consumption: an overview of the risks and benefits[J]. *Meat Science*, 2010, 84: 1-13.
- [18] HOWE P, MEYER B, RECORD S, et al. Dietary intake of long-chain omega-3 polyunsaturated fatty acids: contribution of meat sources[J]. *Nutrition*, 2006, 22(1): 47-53.
- [19] BIESALSKI H K. Meat as a component of a healthy diet: are there any risks or benefits if meat is avoided in the diet?[J]. *Meat Science*, 2005, 70: 509-524.
- [20] HATHWAR S C, RAI A K, MODI V K, et al. Characteristics and consumer acceptance of healthier meat and meat product formulations[J]. *Journal of Food Science Technology*, 2012, 49: 653-664.
- [21] FERGUSON L R. Meat and cancer[J]. *Meat Science*, 2010, 84: 308-313.
- [22] 赵惠君. 儿童缺铁和缺铁性贫血的防治[J]. *实用儿科临床杂志*, 2012, 27(3): 163-165.
- [23] 汪正园. 上海地区贫血性人群铁补充效果研究[D]. 上海: 复旦大学, 2011.
- [24] 栾东凯. 补铁从合理膳食开始[J]. *中国卫生产业*, 2012(2): 190.
- [25] GIBSON S, ASHWELL M. The association between red and processed meat consumption and iron intakes and status among British adults[J]. *Public Health Nutrition*, 2002, 6(4): 341-350.
- [26] 乔发东. 红肉的健康风险与特殊营养功用[J]. *食品研究与开发*, 2012, 33(7): 176-180.
- [27] 刘绣云, 严乐义, 余晓鸣, 等. 猪血饼干防治缺铁性贫血的效果观察[J]. *营养学报*, 1987, 9(2): 122-126.
- [28] 凌云. 肉类与癌症[J]. *国外医学: 卫生学分册*, 2002, 29(5): 280-286.
- [29] 宋华静. 肉品营养与搭配、平衡与健康[J]. *肉类工业*, 2014(2): 49-51.
- [30] Homocysteine Studies Collaboration. Homocysteine and risk of is chemic heart disease and stroke. A meta analysis[J]. *Journal of the American Medical Association*, 2002, 288(16): 2015-2022.
- [31] PAWLAK R. Is vitamin B₁₂ deficiency a risk factor for cardiovascular disease in vegetarians?[J]. *American Journal of Preventive Medicine*, 2015, 48(6): e11-e26.
- [32] HUNG Y, VERBEKE W, de KOK T M. Stakeholder and consumer reactions towards innovative processed meat products: insights from a qualitative study about nitrite reduction and phytochemical addition[J]. *Food Control*, 2016, 60: 690-698.
- [33] 刘彩虹, 樊晓盼, 王思雨, 等. 替代亚硝酸盐生产安全腌肉制品的研究现状[J]. *食品安全质量检测学报*, 2015(2): 535-539.
- [34] 杜娟, 王青华, 刘利强. 亚硝酸盐在肉制品中应用的危害分析及其替代物的研究[J]. *食品科技*, 2007(8): 166-168.
- [35] 皇甫超申, 史齐, 李延红, 等. 亚硝酸盐对人体健康的利害分析[J]. *环境与健康*, 2010, 27(8): 734.
- [36] 刘万臣, 刘爱萍, 赵榕, 等. 肉制品加工及贮存过程中亚硝酸盐含量的变化与安全性分析[J]. *食品科学*, 2010, 31(1): 113-116.
- [37] 周蓓莉, 肖进文, 刘生峰, 等. 传统腌腊制品中亚硝酸盐的危害及其替代物的研究进展[J]. *中国食品添加剂*, 2012(2): 166-171.
- [38] 张雪, 孔保华. 发酵乳杆菌适度发酵替代红肠生产中亚硝酸盐发色效果的研究[J]. *肉类研究*, 2005, 19(6): 123-126.
- [39] 薛丽, 蓝红英. VC对降低香肠亚硝酸钠残留量的研究[J]. *食品科技*, 2006(6): 65-67.
- [40] 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*, 2007, 18: 485-491.
- [41] CHUNG M J, LEE S H, SUNG N J. Inhibitory effect of whole strawberries, garlic juice or kale juice on endogenous formation of N-nitroso dimethylamine in humans[J]. *Cancer Letters*, 2002, 182: 1-10.

- [42] 江燕. 烟熏肉制品中的多环芳香烃[J]. 肉类工业, 2007(12): 44-45.
- [43] 孟晓霞, 彭增起, 冯云. 煎炸对肉制品中杂环胺及多环芳香烃化合物含量的影响及其控制措施[J]. 肉类研究, 2009, 23(6): 52-55.
- [44] 朱小玲. 烹饪过程中多环芳烃的产生及控制[J]. 四川烹饪高等专科学校学报, 2012(5): 22-25.
- [45] 吴永宁. 现代食品安全科学[M]. 北京: 化学工业出版社, 2003.
- [46] PUANGSOMBAT K, GADGIL P, HOUSER T A, et al. Heterocyclic amine content in commercial ready to eat meat products[J]. Meat Science, 2011, 88: 227-233.
- [47] DJINOVIC J, POPOVIC A, JIRA W. Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in traditional and industrial smoked beef and pork ham from Serbia[J]. European Food Research Technology, 2008, 227: 1191-1198.
- [48] ESSUMANG D K, DODOO D K, ADJEI J K. Effective reduction of PAH contamination in smoke cured fish products using charcoal filters in a modified traditional kiln[J]. Food Control, 2014, 35: 85-93.
- [49] 杨潇, 蔡克周, 胡斌, 等. 烟熏液对卤煮牛肉中12种多环芳烃含量的影响[J]. 肉类研究, 2015, 29(7): 6-10.
- [50] 余和平. 液体烟熏香料及其在食品工业中的应用[J]. 食品与机械, 2000(5): 29-30.
- [51] 周光宏, 罗欣, 徐幸莲, 等. 中国肉制品分类[J]. 肉类研究, 2008, 22(10): 3-5.
- [52] GRASSO S, BRUNTON N P, LYNG J G, et al. Products-regulatory, reformulation and consumer challenges[J]. Trends in Food Science and Technology, 2014, 39: 4-17.
- [53] CORPET D E. Red meat and colon cancer: should we become vegetarians, or can we make meat safer?[J]. Meat Science, 2011, 89: 310-316.
- [54] DAVID M K. Research gaps in evaluating the relationship of meat and health[J]. Meat Science, 2015, 109: 86-95.
- [55] 林向阳, 何承云, 高荫榆, 等. 肉类营养与健康[J]. 肉类工业, 2005(1): 42-45.
- [56] 伍雯. 膳食结构改变与结肠癌风险相关性的研究进展[J]. 肠外与肠内营养, 2014, 21(1): 55-59.
- [57] LEE S A, SHU X O, YANG G, et al. Animal origin foods and colorectal cancer risk: a report from the Shanghai women's health study[J]. Nutrition and Cancer, 2009, 61(2): 194-205.
- [58] 于荷. 癌症地图[J]. 家庭科学: 新健康, 2013(4): 6-11.
- [59] 李菊花. 膳食营养素与CRC的病例对照研究[D]. 杭州: 浙江大学, 2007.
- [60] OLLBERDING N J, WILKENS L R, HENDERSON B E, et al. Meat consumption, heterocyclic amines and colorectal cancer risk: the Multiethnic cohort study[J]. International Journal of Cancer, 2012, 131(7): E1125-E1133.
- [61] SØRENSEN M, AUTRUP H, OLSEN A, et al. Prospective study of NAT1 and NAT2 polymorphisms, tobacco smoking and meat consumption and risk of colorectal cancer[J]. Cancer Letters, 2008, 266(2): 186-193.
- [62] RUBY M B, ALVARENGA M S, ROZIN P, et al. Attitudes toward beef and vegetarians in Argentina, Brazil, France, and the USA[J]. Appetite, 2015, 96: 546-554.
- [63] 叶素建. 长寿秘诀大不同, 爱吃肉也活百岁[N]. 新安晚报, 2015-10-18(A03).
- [64] BURKERT N T, MUCKENHUBER J, GROBSCHÄDL F, et al. Nutrition and health-the association between eating behavior and various health parameters: a matched sample study[J]. The Association between Nutrition and Health, 2014, 9(2): e88278- e88278.
- [65] OOSTINDJER M, ALEXANDER J, AMDAM G V, et al. The role of red and processed meat in colorectal cancer development: a perspective[J]. Meat Science, 2014, 97: 583-596.
- [66] 俞顺章. 世界卫生组织再次将慢性病控制提上日程: 学习《中国慢性病防治工作规划(2012—2015年)》心得之四[J]. 上海预防医学, 2015, 27(9): 521-522.