

红肉、加工肉摄入与人类健康关系的研究进展

刘登勇^{1,2}, 魏法山³, 高娜¹

(1.渤海大学肉品科学与技术研究所, 辽宁 锦州 121013; 2.中国畜产品加工研究会, 江苏 南京 210095;
3.河南省产品质量监督检验院, 河南 郑州 450004)

摘要:通过对相关文献的系统分析和归纳总结, 深入讨论了红肉、加工肉制品对人类健康的影响, 肯定了红肉、加工肉对人体营养供给方面的积极作用。结合流行病学研究结果, 讨论了红肉、加工肉摄入与心血管系统疾病, 以及结/直肠癌、前列腺癌、乳腺癌等多种癌症的相关性, 并科学分析了可能的致病原因; 认为红肉、加工肉摄入对人类健康的负面影响并不突出, 合理膳食、均衡营养有利健康。

关键词: 红肉; 加工肉; 健康; 营养; 癌症; 心血管疾病

Progress in Understanding the Link between Red and Processed Meat Consumption and Human Health

LIU Dengyong^{1,2}, WEI Fashan³, GAO Na¹

(1.Institute of Meat Science and Technology, Bohai University, Jinzhou 121013, China;
2.Chinese Association of Animal Products Processing, Nanjing 210095, China;
3.Henan Province Product Quality Supervision and Inspection Center, Zhengzhou 450004, China)

Abstract: By systematically analyzing research papers published in recent years, the effects of red and processed meat consumption on human health are discussed in depth. As a result, the positive role of red and processed meat in nutrition supply to the human body is affirmed. According to the results of epidemiologic studies, the consumption of red and processed meat is indeed associated with cardiovascular disease, colorectal cancer, prostate cancer and breast cancer. However, there is no evidence that red and processed meat consumption has a remarkable negative effect on human health. A rational diet and well-balanced nutrition are conducive to good health.

Key words: red meat; processed meat; human health; nutrition; cancer; cardiovascular disease

中图分类号: 251.1

文献标志码: A

文章编号: 1001-8123 (2015) 12-0029-06

doi: 10.15922/j.cnki.rlyj.2015.12.006

2015年10月26日, 世界卫生组织 (World Health Organization, WHO) 下属的国际癌症研究机构 (International Agency for Research on Cancer, IARC) 发布了一份“致癌物清单”^[1], 将火腿、培根等加工肉列为1类致癌物, 红肉列为2A类致癌物, 引起全球一片哗然。WHO/IARC认为, 致癌物分为5类: 1) 1类 (易致癌): 在人的研究中致癌证据充分, 或在人的研究中致癌证据不够充分, 但在动物实验中致癌证据充分, 且致癌机理明确; 2) 2A类 (可能致癌): 在人的研究中证据有限, 在动物实验中证据充分; 3) 2B类 (有可能致癌): 在人的研究中证据有限, 在动物实验中证据也不够充分; 4) 3类 (致癌性不明确): 在人的研究中证据不足, 在动物实验中证据也不足或有限; 5) 4类 (不致癌) 在人和动物的研究中都不致癌, 证据充分。此前, IARC还曾发布报告称“肉类摄入量与心血管系统疾病

和结/直肠癌相关”^[2]。那么, 到底应该如何理性看待红肉、加工肉摄入与人类健康的关系? 人类是否应该由此进入素食时代?

火的发明, 促进人类逐渐摆脱茹毛饮血的野蛮时代, 开始踏上文明化发展征程。腌制是最古老的食物贮藏和加工手段, 有效保障了多余食物的分时供应。加热熟化、腌制等都是最基本的食品加工/烹饪手段, 如果人类排斥红肉、加工肉, 那么只能不食或生食肉类, 而且仅限于生食白肉。我国是世界第一肉类生产和消费大国, 中国人每年消费掉全球过半的猪肉。2014年, 我国猪肉产量5 671万t, 占全国肉类总产量的65.1%, 约占全球猪肉总消费量的52%^[3]。对于绝大部分汉族人民来说, 猪肉是历经数千年优选出来的重要膳食原料, 猪也是中华文化体系的重要元素; 对于北方牧区和民族集聚区, 牛羊肉更是居民膳食和生存不可或缺的物质和精神依

收稿日期: 2015-12-03

基金项目: 国家自然科学基金面上项目 (31571861); 公益性行业 (农业) 科研专项 (201303082-2)

作者简介: 刘登勇 (1979—), 男, 副教授, 博士, 研究方向为肉品加工与质量安全控制。E-mail: jz_dyliu@126.com

托；牛排几乎是西餐的代名词。可见红肉、加工肉是非常重要的膳食来源。

加工肉是指以肉或可食内脏为原料加工制造而成的肉制品，根据产品特征和工艺不同可分为十大类：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、其他制品^[4]。所谓“红肉”，是指牛羊肉、猪肉等在加工前呈现红色的肉；与之对应的是“白肉”，主要指禽肉、兔肉、鱼肉等在加工前呈现白色的肉；而此次WHO/IARC报告中的红肉，指的是来自哺乳动物的肉。

1 红肉、加工肉的营养作用

肉类是人们日常膳食的重要组成部分，不仅提供优质的全价蛋白质，还含有丰富的维生素、矿物质、脂肪酸等营养成分。

蛋白质是生命的物质基础。食物中的蛋白质，只有在体内经过消化系统水解成氨基酸，才能被吸收并重新合成人体所需要的各种蛋白质，同时新的蛋白质又在不断代谢与分解，时刻处于动态平衡之中。《中国居民膳食指南》建议成年人每天摄取蛋白质1.0~1.2 g/kg 体质量，其中一半要来自优质蛋白。肉类的蛋白质含量在20%左右，生物价值为0.75（人乳1.0、小麦蛋白质0.5），蛋白质净利用率为80%（蛋100%、小麦52%），消化率为94%~97%（植物蛋白质78%~88%），氨基酸组成与人体最为接近，含有人体必需的所有氨基酸^[5]，营养价值非常高^[4]。研究表明，适当增加红肉蛋白摄入量并不会增加血脂水平，甚至对降低血压也有一定好处^[6]。

肉类是人体获取B族维生素的主要来源，尤其是单纯从素食中无法获取的VB₁₂，人体如果缺乏VB₁₂就会出现精神和生理上的缺陷，摄食动物内脏是人体获取B族维生素的重要途径之一^[7]。肉类也是VA、生物素及叶酸的重要来源，猪肝中VA异常丰富。

肉类可为人体提供多种矿物元素，特别是红肉及内脏富含各种微量元素，且生物利用率更高^[8]。缺铁性贫血是常见的营养缺乏症，尤其是儿童和年轻女孩。与禽肉、鱼肉等白肉相比，红肉是血红素铁的良好来源。如果红肉摄入量低于90 g/d，可使缺铁的几率增加3倍；拒绝食用红肉或红肉摄入量降低至推荐限量（71 g/d）以下，可能影响铁的供应。锌是金属酶类的重要成分，对细胞生长繁殖、骨骼发育和增强免疫都具有重要作用，且具有进一步的抗氧化特性。猪肉中锌含量丰富，易被吸收，是人体锌的良好来源；牛肉和羊肉组织中锌的含量分别为4.1、3.3 mg/100 g。动物肝脏中铬、硒、钴、钼等微量元素的含量异常丰富；猪肝中的微量元素硒，能增强人体免疫力，具有抗氧化、抗衰老、抑制肿瘤细胞产生等功能^[9]。

人类是杂食动物，膳食均衡和多样化是其生命体得以维持和发展的基本原则。现代社会，在发达国家和中国的相当一部分地区，蛋白质和热量摄入不足已成过去时，譬如美国，其民众主要通过牛肉等获取更高浓度的维生素与矿物质^[10]；但在地球上至少还有10亿人没有摄入足够的蛋白质、卡路里、VB₆、VB₁₂及锌、铁等营养物质。除了作为一日三餐的主要膳食原料，肉类之重要性主要体现在下述三方面：1) 提供营养物质，红肉因其特殊的营养性已被广泛食用；2) 带来满足感、大快朵颐的享受感，加工赋予了肉类非常丰富的感官品质；3) 促进情感和文化的交流。在许多国家，肉类都在当地文化和美食学中占据了比其他食品更重要的地位^[11]。尤其是近30年来，受西方国家饮食消费理念的影响，中国人传统的摄食模式和饮食文化都受到了颠覆性的冲击，对肉类食品的消费态度及加工方式都融入了更多的西方元素^[12]，但肉类之于膳食的重要性不减过去。

2 红肉、加工肉摄入与罹患心血管系统疾病的风险及可能原因

近年来，关于红肉、加工肉消费与人类健康尤其心血管系统疾病和癌症患病风险之间关系的研究报道越来越多^[5,13-14]，此次WHO/IARC报告就是基于这个背景发布的。

可能与肉类摄入有关的心血管系统疾病主要包括冠状动脉疾病、中风和心肌梗塞。Fraser^[15]研究发现，每周吃牛肉超过3份的男性其心脏疾病致死率大大提高；Kaluza等^[16]与Bovalino等^[17]分别研究了摄食肉类对女性罹患心血管病之间的关系，结论均为加工肉制品摄入量与心血管疾病风险呈正相关；Keleman等^[18]研究发现，红肉摄入与心脏病致死率显著相关；Chen等^[19]研究发现，加工肉制品摄入量高的人群中风概率高于摄入量低的人群。这些流行病学研究表明，心血管系统疾病的发生与饮食结构有关，但由于研究对象的性别、年龄、生活习惯、体质量、家族史等因素千差万别，红肉、加工肉是否为主要和最直接的原因，尚需更加深入的确定性研究。

肉类摄入量增加心血管疾病致死率的最主要原因，可能与红肉中脂肪、饱和脂肪酸和反式脂肪酸含量有关。营养学家建议，每日膳食中，脂肪摄入量以不超过总能量的25%为宜，胆固醇摄入量过多对健康有害，但过少也不利于健康，应保持在一个相对平衡的水平。牛肉中的主要饱和脂肪酸有豆蔻酸（十四烷酸）、棕榈酸（十六烷酸）和硬脂酸（十八烷酸），这些脂肪酸均与心血管系统疾病有关。红肉中的反式脂肪酸主要是异油酸（11-十八碳烯酸），摄入反式脂肪酸的主要危害是造成胆固醇升高；但现在越来越多的研究表明，异油酸不

仅不会引起胆固醇和低密度脂肪酸含量的升高,还为体内生成共轭亚油酸提供重要的前体物质。此外,得益于现代畜牧技术的进步,饲养方式更加科学,红肉中总脂肪含量比10年前要低得多,特别是瘦肉中总脂肪和饱和脂肪酸的含量都很低,相当于甚至低于白肉(禽肉);通过对正常人和高血压患者的比较研究发现,摄入瘦肉对血液中总胆固醇、血栓形成因子、脂质氧化和血压都没有显著影响^[20]。

3 红肉、加工肉摄入与罹患癌症的风险

3.1 结/直肠癌

结/直肠癌因发生率高、易致死而备受关注,一般认为其可能与食物和营养因素有关。近10年来,支持结/直肠癌(colorectal cancer, CRC)与红肉摄入之间存在联系的数据占据了一定优势,尤其是加工后的红肉,例如热狗、腊肠、香肠、熏肉、火腿及午餐肉等。Chan等^[21]认为,目前有充分证据可以证明红肉及加工肉摄入与结/直肠癌发病风险增加有关,建议限制红肉与加工肉的消费。Hecke等^[22]和Bernstein等^[23]研究发现,红肉及加工肉摄入与结/直肠癌患病风险之间呈正相关关系。已有研究^[24]发现,每天进食50 g加工后的红肉,患大肠癌的风险增加21%,当摄入100 g/d后对应风险增加29%,因而指出二者之间存在剂量反应关系。Oostindjer等^[25]研究发现,减少红肉及其加工制品的摄入可减少患癌风险,但致癌机理尚不明确。Corpet^[26]通过文献分析发现,过度摄入高温熏煮肉可能会增加结/直肠癌的患病风险,这可能与血红素铁的毒性作用有关;但同时也认为,肉类消费对患癌风险的影响仍是一个存在争议的话题。

3.2 前列腺癌

John等^[27]对40~79岁的726名病例和527名对照进行研究,并考虑到红肉加工方式及温度,认为食用更多红肉尤其加工肉会增加前列腺癌的发病率。但Camila等^[28]的研究结果显示,红肉、加工肉对前列腺癌的影响具有不确定性,还存在着诸多未知的复杂因素。Alexander等^[29]通过对几家大型流行病学研究机构过去10年出版的关于肉类摄入量与前列腺癌之间关系的所有文献进行荟萃分析,其中包括红肉相关研究15项,加工肉相关研究11项,结果表明,并不支持二者之间存在独立的正相关性。

3.3 乳腺癌

Mourouti等^[30]对250名初期乳腺癌女性患者通过采取面对面的问卷调查形式,对其日常红肉、加工肉的摄入量进行详细记录,评估其饮食习惯;结果显示,每周摄入1~2次加工肉,患乳腺癌的风险增加2.7倍,而与红肉摄入没有显著的相关性。2015年法国Pouchieu等^[31]的最新研究有类似结论,即加工肉摄入与罹患乳腺癌的风险呈

正相关,但红肉对其无显著影响;他们同时指出,适当补充抗氧化剂对患病风险有一定调节作用,但其作用机制仍需进一步研究。Farvid等^[32]重点关注了肉类摄入对青春早期罹患乳腺癌风险的影响,认为红肉及加工肉摄入量与患乳腺癌风险的相关性在绝经前更高,即随着摄入量的增高,绝经前妇女的乳腺癌发病率也随之增高,但因受数据不足等因素的限制,尚需深入研究。

3.4 其他癌症

与红肉、加工肉摄入可能相关的其他癌症包括食道癌、膀胱癌、胰腺癌、胃癌、肾癌等,但因受诸多因素影响,目前尚无定论,缺乏大量的确证研究。有关食道癌,Qu等^[33]和Zhu等^[34]的研究结论基本一致,均认为红肉尤其加工肉制品摄入可能增加食道癌的患病风险,但受研究方法、研究对象及研究者主观偏见等因素的影响,其结论可能存在偏颇,研究尚需完善。Li等^[35]从流行病学角度研究发现,摄入红肉、加工肉与患膀胱癌的风险是相互矛盾的,为此他们对红肉、加工肉摄入与患膀胱癌患病风险进行了荟萃分析,其中包括14个红肉模型(9 084例)和11个加工肉模型(7 562例),涉及到1 558 848人,结果表明,摄食红肉和加工肉使患膀胱癌的风险分别增加了25%和33%,但建模分析却发现,红肉摄入与膀胱癌患病风险之间缺乏联系,其真实情况究竟如何,尚需进一步研究。关于胰腺癌、胃癌、肾癌等也有一些研究报道,但同样是限于流行病学调查,结果存在矛盾和不确定性,且多数基于荟萃分析,其结论各异,无法定论。

4 红肉、加工肉致癌的可能因素

4.1 脂肪

癌症发病原因多种多样。高脂肉类因其能量密度比较高,可能是诱发癌症发生的一个原因;但并非这些癌症均与高脂肪摄入有关,Xu等^[36]通过荟萃分析发现,前列腺癌与脂肪摄入无关。

摄食红肉本身与罹患癌症之间并无函数关系,其本质可能是摄入了大量脂肪,总脂肪水平摄入过高,特别是动物性脂肪摄入过高可增加患癌风险^[37];经过各种高温烹调和加工处理以后,可能会产生一定的致癌物质^[38];最近还有报道表明,植物油经高温烹调后更容易产生反式脂肪酸等有害物质。

高脂肪含量膳食促进癌症发病的机制可能与胰岛素抗性或胆汁酸有关。脂肪通过抑制胰岛素和分泌的胆汁酸而进入十二指肠中,激活细菌7- α -羟化酶后生成二级胆汁酸,这些脱氧胆酸和石胆酸在一些动物实验中能够促进结/直肠致癌物的形成^[39]。

脂肪也可能影响体内雌激素和催乳激素间的平

衡。催乳激素和雌激素之间的比例较高时，会刺激乳腺肿瘤细胞的增生。如果脂肪长期摄入并不断增加，会导致血液催乳激素增加，两者比例随之增加，促进肿瘤生长，从而导致罹患乳腺癌的风险增加^[37]。

4.2 杂环胺

不当的加工处理方式可能会产生有害物质^[40]。肉类在高温加工下可能会产生杂环胺类化合物，特别是在烧烤和长时间煎炸的情况下，当加工温度达到或超过200℃时，杂环胺就会大量生成。存在于加工肉制品中的杂环胺主要包括氨基咪唑氮和氨基咪唑两大类，大多具有致癌、致突变作用，特别是2-氨基-3-甲基咪唑并[4,5-f]喹啉(2-amino-3-methylimidazo[4,5-f]quinoline, IQ)，已被国际癌症研究中心归类为“对人类高可疑致癌物(2A级)”^[41]。杂环胺进入人体后，一部分经过新陈代谢随尿液排出体外，残留物经一系列生物化学反应后产生致突变和致癌作用。已有实验证明，在食品烹调过程中形成的杂环胺不仅可诱导细菌突变，还可诱导哺乳动物细胞的DNA损害，导致动物的多个器官发生肿瘤，如肝、血管、大肠、小肠、胰腺、乳腺等，其中肝脏为主要靶器官^[42]。Zheng Wei等^[43]研究表明，摄入过量肉类尤其是红肉及其加工制品与乳腺癌、前列腺癌患病风险增加有关，其原因可能与杂环胺相关。

日常膳食中普遍存在杂环胺物质，完全避免是不可能的。除了尽量采用低温烹调，减少高温烧烤/油炸食物摄入外，通过加入有抗氧化活性的香辛料提取物，或者添加一些水果、蔬菜，亦或采用茶叶、橄榄油腌泡等方法，均可不同程度抑制杂环胺的生成^[44-46]。

4.3 多环芳烃

多环芳烃(polycyclic aromatic hydrocarbons, PAHs)是指由2个或2个以上苯环以线状、角状或簇状排列而成的化合物，目前有16种PAHs被美国环境保护署(Environmental Protection Agency, EPA)认为是优先监测的污染物质，其中3,4-苯并(a)芘(benzo(a)pyrene, Be(a)p)和二苯并(a,h)蒽被IARC归为强致癌物质^[47]，PAHs具有较强诱癌作用，在体内主要通过动物混合功能氧化酶系中芳烃羟化酶(aryl hydrocarbon hydroxylase, AHH)的作用，代谢活化为多环芳烃环氧化物，与DNA、RNA和蛋白质等生物大分子结合而诱发突变和肿瘤，导致胃癌、肺癌、皮肤癌、血癌等^[48]。

多环芳烃主要产生于有机物的不完全燃烧。食物在煎炸、烟熏、烧烤等烹饪加工过程中，都可能导致PAHs的产生。烟熏食品因其独特风味深受广大消费者青睐，但其中不可避免含有PAHs^[49]。动物和人体实验表明，多环芳烃不仅在接触的组织器官中存在，而且会分散到其他器官中。通过食物途径摄入的多环芳烃，可能与胃癌、结肠癌有关；而且，其他生活方式如抽烟等也会摄

入多环芳烃^[50]。随着食品科技的发展，采用液熏技术加工而成的烟熏风味肉制品，其PAHs含量非常低甚至无法检出。

4.4 亚硝基化合物

迄今为止，研究过的300多种亚硝基化合物(nitroso compounds, NOC)中，90%对动物有不同程度的致癌性和明显的亲器官性，引起了人们高度重视和很多学者的深入研究^[51]。N-亚硝基化合物可分为N-亚硝胺和N-亚硝酰胺两大类，后者化学性质较活泼。亚硝胺可引起食管上皮细胞相关癌基因、抑癌基因发生改变，大大促进癌变。DNA碱稀释过滤法表明，N-亚硝基化合物借诱发DNA互补碱基对之间的交联而启动细胞的癌变。目前尚无N-亚硝基化合物对人类直接致癌的资料。流行病学调查结果表明，与人类紧密相关的肿瘤主要是食管癌^[52]和胃癌^[53]等消化系统肿瘤。动物实验支持N-亚硝胺的致癌性，肺、肝、肾、乳腺、胃、胰腺、膀胱和食道等是N-亚硝胺在动物和人体的可能靶器官^[54]。特别是在中国和日本，N-亚硝胺被认为是重要的致癌物。

NOC存在于培根、烟熏肉等加工肉制品中，主要是因为腌制加工过程中往往会添加硝酸盐或亚硝酸盐，这是NOC的主要前体。但硝酸盐或亚硝酸盐来源广泛，很多蔬菜中含量也很丰富，都是其生长过程中天然产物；即使是在腌制肉制品中，对其使用量和残留量也有严格限定，且都是经过长期动物实验而得出的结果，合理使用则没有健康风险。

4.5 亚铁血红素化合物

膳食血红素摄入及其在胃肠道中的亚硝基化反应，可能是红肉增加致癌风险的原因之一^[49]。血红素是卟啉大环中间含一个铁原子的一种化合物。过量的铁与癌症发病几率存在强相关，被认为是一个致癌金属，可能有协同致癌作用。腌肉制品中的亚硝基化反应可能增加亚铁血红素的毒性。亚铁血红素能够促进致癌物质的生成：亚铁血红素在肠道内代谢可能生成具有细胞毒性并促进致癌物生成的因子；亚铁血红素能够在肠道内诱导食物中的脂肪，过氧化脂质会促生结肠直肠癌^[45]；亚铁血红素能够催化内源N亚硝化过程，这一过程能够增加NOCs的生成。但产生这些危害的前提是过量摄入，自然界几乎所有物质过量摄入都是不利的，均衡膳食才能符合生命体的营养和健康需求。

5 结语

由此可见：1) WHO/IARC制造的这次“红肉、加工肉致癌”事件，充其量只是对近些年有关肉类消费健康风险方面流行病学研究文献的一次阶段性小结，在指导



合理膳食、均衡营养方面具有一定的参考价值；但由于缺乏系统的确证性研究，其关于致癌风险分类的结论不足为据。2) WHO/IARC的“致癌物清单”回避剂量而谈致癌风险，有违科学常规。

参考文献：

- [1] IARC. Monographs evaluate consumption of red meat and processed meat[EB/OL]. (2015-10-26)[2015-12-01]. http://www.iarc.fr/en/media-centre/pr/2015/pdfs/pr240_E.pdf.
- [2] FUND W C. Food, nutrition, physical activity and the prevention of cancer: a global Prospective[M]. Washington DC, USA: World Cancer Research Fund/American Institute for Cancer Research, 2007: 26-32.
- [3] 工业和信息化部消费品工业司. 2014年度食品工业发展报告[M]. 北京: 中国轻工业出版社, 2015.
- [4] 周光宏. 肉品加工学[M]. 北京: 中国农业出版社, 2008.
- [5] KLURFELD D M. Research gaps in evaluating the relationship of meat and health[J]. *Meat Science*, 2015, 109: 86-95.
- [6] HODGSON J M, BURKE V, BEILIN L J, et al. Partial substitution of carbohydrate intake with protein intake from lean red meat lowers blood pressure in hypertensive persons[J]. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 2006, 83(4): 780-787.
- [7] 宋华静. 肉类营养与搭配平衡与健康[J]. *肉类工业*, 2014(2): 49-51.
- [8] LAWRIE R A, LEDWARD D A. Lawrie's meat science[M]. 7th ed. England: Woodhead Publishing Limited, 2006.
- [9] 吴非. 怎样吃肉才靠谱[J]. *大家健康*, 2010(5): 70-71.
- [10] 杨月欣. 肉类食物的营养秘密[J]. *饮食营养*, 2011(1): 36-37.
- [11] LECERF J M, 黄亚宇, 霍云龙, 等. 肉类消费: 营养功效与健康影响[J]. *肉类研究*, 2015, 29(2): 25-28.
- [12] SWATLAND H J. Meat products and consumption culture in the East[J]. *Meat Science*, 2010, 86(1): 95-102.
- [13] KOUVARI M, TYROVOLAS S, PANAGIOTAKOS D B, et al. Red meat consumption and healthy ageing: a review[EB/OL]. (2015-11-20)[2015-12-01]. <http://dx.doi.org/10.1016/j.maturitas>.
- [14] 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): 1-13.
- [15] FRASER G E. Associations between diet and cancer, ischemic heart disease, and all-cause mortality in non-Hispanic white California seventh-day adventists[J]. *American Journal of Clinical Nutrition*, 1999, 70(3): 532S-538S.
- [16] KALUZA J, ÅKESSON A, WOLK A. Long-term processed and unprocessed red meat consumption and risk of heart failure: a prospective cohort study of women[J]. *International Journal of Cardiology*, 2015, 193: 42-46.
- [17] BOVALINO S, CHARLESON G, SZOEKE C. Does increased red and processed meat consumption lead to an elevated cardiovascular disease risk in women?[J]. *Nutrition*, 2015, doi:10.1016/j.nut.2015.09.015.
- [18] KELEMEN L E, KUSHI L H, JACOBS D R, et al. Associations of dietary protein with disease and mortality in a prospective study of postmenopausal women[J]. *American Journal of Epidemiology*, 2005, 161(3): 239-249.
- [19] CHEN G C, LÜ D B, PANG Z, et al. Red and processed meat consumption and risk of stroke: a meta-analysis of prospective cohort studies[J]. *European Journal of Clinical Nutrition*, 2013, 67(1): 91-95.
- [20] 戴瑞彤, 刘毅. 红肉消费的弊与利[J]. *肉类研究*, 2010, 24(2): 3-6.
- [21] CHAN D S M, ROSA L, DAGFINN A, et al. Red and processed meat and colorectal cancer incidence: meta-analysis of prospective studies[J]. *PLoS One*, 2011, 6(6): e20456.
- [22] HECKE T V, VOSSSEN E, HEMERYCK L Y, et al. Increased oxidative and nitrosative reactions during digestion could contribute to the association between well-done red meat consumption and colorectal cancer[J]. *Food Chemistry*, 2015, 187: 29-36.
- [23] BERSTEIN A M, SONG M, ZHANG X, et al. Processed and unprocessed red meat and risk of colorectal cancer: analysis by tumor location and modification by time[J]. *PLoS One*, 2015, 10(8): e0135959.
- [24] 斯托克夫斯基. 癌症, 关红肉什么事?[J]. *糖尿病临床*, 2013(9): 429-432.
- [25] 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(4): 583-596.
- [26] CORPET D E. Red meat and colon cancer: Should we become vegetarians, or can we make meat safer?[J]. *Meat Science*, 2011, 89(3): 310-316.
- [27] JOHN E M, STERN M C, RASHMI S, et al. Meat consumption, cooking practices, meat mutagens, and risk of prostate cancer[J]. *Nutrition and Cancer*, 2011, 63(4): 525-537.
- [28] CAMILA N, DÍAZ M D P, ALDO-RENATO E, et al. Dietary habits and prostate cancer prevention: a review of observational studies by focusing on South America[J]. *Nutrition and Cancer*, 2011, 64(1): 23-33.
- [29] ALEXANDER D D, MINK P J, CUSHING C A, et al. A review and meta-analysis of prospective studies of red and processed meat intake and prostate cancer[J]. *Nutrition Journal*, 2010, 9(2): 1-17.
- [30] MOUROUTI N, KONTOGINNI M D, PAPAVALAGELIS C, et al. Meat consumption and breast cancer: a case-control study in women[J]. *Meat Science*, 2015, 100: 195-201.
- [31] POUCHIEU C, DESCHASAUX M, HERCBERG S, et al. Prospective association between red and processed meat intakes and breast cancer risk: modulation by an antioxidant supplementation in the SU.VI.MAX randomized controlled trial[J]. *International Journal of Epidemiology*, 2014, 43(5): 1583-1592.
- [32] FARVID M S, EUNYOUNG C, CHEN W Y, et al. Adolescent meat intake and breast cancer risk[J]. *International Journal of Cancer*, 2015, 136: 1909-1920.
- [33] QU X, BEN Q, YING J. Consumption of red and processed meat and risk for esophageal squamous cell carcinoma based on a meta-analysis[J]. *Annals of Epidemiology*, 2013, 23(12): 762-770(e1).
- [34] ZHU H C, YANG X, XU L P, et al. Meat consumption is associated with esophageal cancer risk in a meat- and cancer-histological-type dependent manner[J]. *Digestive Diseases and Sciences*, 2014, 59(3): 664-673.
- [35] LI F, AN S, HOU L, et al. Red and processed meat intake and risk of bladder cancer: a meta-analysis[J]. *International Journal of Clinical & Experimental Medicine*, 2014, 7(8): 2100-2110.
- [36] XU C, HAN F F, ZENG X T, et al. Fat intake is not linked to prostate cancer: a systematic review and dose-response meta-analysis[J]. *PLoS One*, 2015, 10(7): e0131747.
- [37] 郑稼琳, 滕越. 高脂肪膳食与癌症[J]. *中国食物与营养*, 2005(5): 54-55.
- [38] FERGUSON L R. Meat and cancer[J]. *Meat Science*, 2010, 84(2): 308-313.
- [39] 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(7): 176-180.
- [40] BERJIA F L, POULSEN M, NAUTA M. Burden of diseases estimates associated to different red meat cooking practices[J]. *Food & Chemical Toxicology An International Journal Published for the British Industrial Biological Research Association*, 2014, 66(4): 237-244.



- [41] 姚瑶, 彭增起, 邵斌, 等. 加工肉制品中杂环胺的研究进展[J]. 食品科学, 2010, 31(23): 447-453.
- [42] ALAEJOS M S, PINO V, AFONSO A M. Metabolism and toxicology of heterocyclic aromatic amines when consumed in diet: influence of the genetic susceptibility to develop human cancer. A review[J]. Food Research International, 2008, 41(4): 327-340.
- [43] ZHENG Wei, LEE S A. Well-done meat intake, heterocyclic amine exposure, and cancer risk[J]. Nutrition and Cancer, 2009, 61(4): 437-446.
- [44] RAHMAN U U, SAHAR A, KHAN M I, et al. Production of heterocyclic aromatic amines in meat: chemistry, health risks and inhibition. a review[J]. LWT-Food Science and Technology, 2014, 59(1): 229-233.
- [45] LILIANA R, HAVENS C M, YELENA F, et al. Concentration-dependent inhibition of *Escherichia coli* O157: H7 and heterocyclic amines in heated ground beef patties by apple and olive extracts, onion powder and clove bud oil[J]. Meat Science, 2013, 94(4): 461-467.
- [46] WONG D, CHENG K W, WANG M, et al. Inhibition of heterocyclic amine formation by water-soluble vitamins in maillard reaction model systems and beef patties[J]. Food Chemistry, 2012, 133(3): 760-766.
- [47] BENFORD D, DINOVI M, SETZER R W. Application of the margin-of-exposure (MoE) approach to substances in food that are genotoxic and carcinogenic e.g.: benzo[a]pyrene and polycyclic aromatic hydrocarbons[J]. Food and Chemical Toxicology, 2010, 48(1): S42-S48.
- [48] 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.
- [49] 冯云, 彭增起, 崔国梅. 烘烤对肉制品中多环芳烃和杂环胺含量的影响[J]. 肉类工业, 2009(8): 27-30.
- [50] 韩鹏飞, 唐偲雨. 红肉和肉制品摄入增加癌症风险的研究进展[J]. 中华全科医学, 2011(12): 1932-1933.
- [51] 曾瑶池, 胡敏予. 食物中N-亚硝基化合物与肿瘤关系的研究进展[J]. 中华肿瘤防治杂志, 2008, 15(2): 151-155.
- [52] LIN K, WU Y, SHEN W. Interaction of total N-nitroso compounds in environment and *in vivo* on risk of esophageal cancer in the coastal area, China[J]. Environment International, 2009, 35(2): 376-381.
- [53] LING X, QU Y H, CHU X D, et al. Urinary levels of N-nitroso compounds in relation to risk of gastric cancer: findings from the shanghai cohort study[J]. PLoS One, 2015, 10(2): e0117326.
- [54] 周中凯, 杨艳, 郑排云, 等. 肠道微生物蛋白质的发酵与肠道健康的关系[J]. 食品科学, 2014, 35(1): 303-309.