

肉品新鲜度评价及保鲜技术研究进展

左晓佳, 再努热·吐尔孙

(新疆畜牧科学院畜牧业质量标准研究所, 新疆畜产品质量安全重点实验室, 新疆 乌鲁木齐 830000)

摘要: 肉品新鲜度是人们对其品质的重要要求, 然而有关新鲜度分级标准研究较少, 从而导致无法客观评价肉品新鲜度, 这将制约肉品生产和保鲜技术的规范化发展和应用。本文综述了目前已经建立的国内外肉品质分级标准和肉品新鲜度检测技术, 提出新鲜度评价的备选指标, 以期对评定宰后肉品新鲜度等级建立统一分等分级标准提供依据; 同时, 进一步总结肉品保鲜技术的开发现状和局限性, 展望其未来发展, 旨在为保鲜技术创新和评价、技术应用转化落地等提供一定支持。

关键词: 肉品新鲜度; 新鲜度检测及分级; 保鲜技术; 包装技术

Research Progress in Meat Freshness Evaluation and Preservation Technologies

ZUO Xiaojia, Zainure·TUERSUN

(Xinjiang Laboratory of Animal Products Quality and Safety, Institute of Animal Husbandry Quality Standards, Xinjiang Academy of Animal Science, Ürümqi 830000, China)

Abstract: Meat freshness is an important aspect of people's requirements for meat quality. However, there are currently few studies on grading standards for meat freshness, which hampers objective evaluation of meat freshness. This deficiency poses constraints on the standardized development and application of meat production and preservation technologies. This article reviews the existing Chinese and international meat quality grading standards and meat freshness detection technologies, and proposes alternative indicators for meat freshness evaluation in order to provide a basis for establishing a uniform grading standard for meat freshness. Additionally, it summarizes the current status and limitations of meat preservation technologies and presents an outlook on future prospects to promote the innovation and evaluation of meat preservation technologies and provide support for their application and transformation.

Keywords: meat freshness; freshness detection and grading; preservation technologies; packaging technologies

DOI:10.7506/rlyj1001-8123-20231213-112

中图分类号: TS251.5

文献标志码: A

文章编号: 1001-8123 (2023) 12-0069-07

引文格式:

左晓佳, 再努热·吐尔孙. 肉品新鲜度评价及保鲜技术研究进展[J]. 肉类研究, 2023, 37(12): 69-75. DOI:10.7506/rlyj1001-8123-20231213-112. <http://www.rlyj.net.cn>

ZUO Xiaojia, Zainure·TUERSUN. Research progress in meat freshness evaluation and preservation technologies[J]. Meat Research, 2023, 37(12): 69-75. (in Chinese with English abstract) DOI:10.7506/rlyj1001-8123-20231213-112. <http://www.rlyj.net.cn>

我国是畜禽肉品的消费大国。据国家统计局数据显示, 2022年我国牛羊肉表观消费量分别达到560.6万t和987万t, 分别较上年增长6%和1%, 随着消费者对牛羊肉需求的日益旺盛, 肉品质也受到前所未有的重视。我国肉品品质规范相关标准制定初期参考的是国外的标准体系, 基于检测方法标准的支持和品质指标的规范, 等级标准的制定推动了畜牧生产发展; 但国外牛羊肉品质的分级标准

是基于肉品营养质量, 指导养殖生产多过于指导品质保鲜, 这与国外的肉品食用习惯有关; 而我国饮食消费更侧重于消费热鲜肉。新鲜度是衡量肉品食用价值的重要指标, 但在屠宰、加工、贮存和运输等环节发生的物理化学变化及微生物活动, 极易导致肉品变质腐败, 产生安全隐患。对新鲜度的要求是肉品质保证的前提, 而基于新鲜度要求管控肉品生产过程统一的标准体系有待完善。

收稿日期: 2023-12-13

基金项目: 新疆维吾尔自治区重点实验室开放课题项目 (2022D04010)

第一作者简介: 左晓佳 (1985—) (ORCID: 0009-0001-8922-5980), 女, 高级实验师, 硕士, 研究方向为畜产品加工与质量安全。E-mail: Zuoxj85@126.com

随着检测设备和技术的发展,肉品快速无损检测得到长足进步,从宰后到上架整个阶段的实时品控成为可能,同时为肉品新鲜度评价标准体系的形成提供了基础。近几年,保鲜技术的研究和应用发展迅速,基于控制温度的传统保鲜技术,以及基于超高压、低温等离子体、天然生物化学保鲜剂及智能化包装等非热保鲜技术也已成为研究热点,具有良好的应用前景。然而,新鲜度分级标准的缺失导致无法客观评价保鲜技术的应用落地,从而制约了保鲜技术的创新和发展。因此,形成基于肉品质检测、新鲜度分级和保鲜技术相结合的供应链,有助于打造规范化的肉品市场,对于肉类产业健康快速发展具有重要意义。

1 国内外肉品质相关标准

1.1 肉品分等、分级标准

目前,肉品品质标准将大理石花纹、脂肪、生理成熟度等品质指标和产肉率按照一定的标准划分成不同等级,这种划分方式可以促进饲养、屠宰、肉制品加工协调发展。例如,美国农业部发布的牛肉分级标准是从胴体质量和牛肉品质综合评价。评价胴体质量的依据是脂肪厚度、眼肌面积、胴体质量和肾、盆腔及心脏脂肪在胴体脂肪中的占比;牛肉品质的评价依据是大理石花纹和生理成熟度^[1]。日本牛肉胴体产量等级分为A、B、C 3个等级,品质等级依据包括大理石花纹、色泽、坚实度、脂肪颜色,其中每个指标还要细分更小的等级^[2]。欧盟按照瘦肉占胴体质量的百分比和肌肉发育程度将牛肉分为S(超级)、E(优良)、U(良好)、R(好)、O(一般)、P(差) 6个等级;按膘度分为5(非常丰富)、4(丰富)、3(中等)、2(少量)、1级(非常少),但是忽略了感官指标对肉品质的影响^[3]。加拿大牛肉分级依据包括生理成熟度、背膘厚度、肌肉和脂肪颜色。其中,生理成熟度分为A、B、C、D、E 5个等级,牛胴体脂肪覆盖度分为1、2、3、4级,A1级为最优质的牛肉^[4]。澳大利亚肉类和畜牧业协会提出的牛肉分级系统将牛肉品质作为评价依据,把性别、年龄、胴体处理因素以及消费者的偏好纳入评定系统中,根据收集到的相关信息,利用统计学方法建立数据库^[5]。我国肉类产业起步较晚,对其的研究主要基于机器视觉技术^[6]、提取大理石花纹^[7]等,近几年陆续制定、发布了关于牛、羊、猪、鸡、鸭等的质量分级标准。我国参照国外的标准,以牛肉胴体大理石花纹和生理成熟度为指标,将眼肌横切面处的大理石花纹分为7个等级,将生理成熟度分为5个等级,最终经综合评价将牛肉胴体分为特级、优一级、优二级和普通级4个级别^[8];但是这些标准都是按照国外大理石花纹和生理成熟度的分级制定,对我国肉产品的行业状

况和消费者实际情况考虑不足,进而出现优质牛羊肉产品一直处于进口大于出口的局面。因此,为满足我国消费者倾向于多汁、口感鲜嫩的肉品购买需求,在对肉品品质进行分等、分级时还要考虑肉品新鲜程度,制定出适合我国特色的新鲜度等级标准。

肉品新鲜度的分等、分级是提高肉品质量和指导消费的必要手段。国外习惯食用牛排、汉堡等快餐式肉产品,牛羊肉多数加工为肉馅肉饼或分割调理成牛排,肉品蛋白脂肪等营养组成是肉品质的基本要求,其标准的制定发展也会依据消费习惯而相应倾斜,因为对新鲜度要求并不高,所以与新鲜度分等、分级的相关标准较少;而我国的烹饪方式导致人们习惯食用宰杀后不经加工的热鲜肉,肉品新鲜程度直接影响消费者的选择。目前,仅有浙江省对海捕虾的新鲜度分级进行了规定^[9],对新鲜度评价也只存在少数指标的规定,如GB 2707—2016《鲜(冻)畜、禽产品》^[10]提出畜禽肉挥发性盐基氮(total volatile basic nitrogen, TVB-N)含量合格值应不超过15 mg/100 g。新鲜肉pH 5.8~6.2,次级鲜肉pH 6.3~6.6,变质肉pH 6.7以上^[11]。有研究报告,电导率小于 $0.5 \times 10^3 \mu\Omega$ 即为新鲜肉,电导率为 $0.5 \times 10^3 \sim 0.7 \times 10^3 \mu\Omega$ 为次鲜肉,电导率大于 $0.7 \times 10^3 \mu\Omega$ 为腐败肉^[12]。有部分学者基于多种指标融合的方式对新鲜度进行评价研究。例如,邱洪涛等^[13]利用基于Caffe框架与Resnet残差神经网络的新鲜度分级方法,将猪肉微生物菌落总数、大肠杆菌数和pH值作为指标将猪肉新鲜度分为7个等级。因此,肉品新鲜度的评定应该综合考虑代表气味(TVB-N含量)、肉色、口感(嫩度和弹性)、微生物生长情况(菌落总数)等常规品质指标,以及pH值、电导率等其他直观表征肉品物理化学性质变化的标志性指标作为分级依据,完善我国肉品的新鲜度分级标准,进一步对保鲜技术的发展和评价起到积极作用。

1.2 肉品质检测标准

1.2.1 感官评价

感官评价是指专业的评定人员通过视觉、嗅觉、触觉及听觉等感官,结合物理、化学、统计学等学科对食品进行定性与定量分析,选择相关的描述词评价食品的感官特性。美国多家食品公司(可口可乐、雀巢、芬美意等)都拥有庞大的感官评价体系;我国感官评价研究起步比国外晚,20世纪70年代开始有学者开展相关研究,1990年开始被大量运用在食品科学研究中。目前,感官评价在国内的应用包括餐饮、药材、生鲜产品、食品加工等领域。GB/T 10220—2012《感官分析方法学总论》^[14]中规定感官评价的检验方法有差别检验法、标度和类别检验、描述性检验。描述感官特性可参考GB/T 10221—2021《感官分析术语》^[15]。虽然感官评价标准被广泛使用,但是评价者之间存在主观差异,同一

个试样不同的评定人员给出的评估结果存在差异,因此需要结合化学和物理指标的检测结果才能提供更全面的肉品质评价。

1.2.2 理化指标

对肉品新鲜度检测常用的理化指标包括TVB-N含量、pH值、电导率、色泽、嫩度等。TVB-N含量是屠宰后的热鲜肉经历尸僵、排酸后,在腐败菌作用下蛋白质和油脂被进一步降解,产生尸胺、腐胺等碱性含氮物质,其含量与肉品腐败程度成正比。TVB-N含量与食物的腥臭味有关,严重影响肉品的口感。其测定可采用GB 5009.228—2016《食品安全国家标准 食品中挥发性盐基氮的测定》^[16]中规定的半微量定氮法、自动凯氏定氮仪法、微量扩散法等标准方法。对消费者来说,判断肉品是否新鲜最直观的因素是颜色品质,而肉品的颜色往往会受到宰后pH值的影响。屠宰后的热鲜肉pH值约为7,之后肌肉内的肝糖原开始分解成葡萄糖,葡萄糖进一步生成乳酸,即为排酸过程。乳酸在肌肉中的积累,使pH值降低^[17]。pH值测定可采用GB 5009.237—2016《食品安全国家标准 食品pH值的测定》^[18]中的标准方法,该方法简单快速,对肉品质的评估有重要意义。此外,肉品腐败过程中微生物会分解培养基中不导电的大分子物质为导电的小分子物质,从而使培养基的电导率发生变化,而培养基电导率的变化状况与培养基中的微生物种类和数量有关。因此,电导率也是简便判定肉新鲜度的重要指标。宁初光等^[19]用简单的数显电导率仪快速测定食品中的菌落总数,结果表明电导法检测食品中细菌总数与国标平板计数法无显著差异。除此之外,对于嫩度、失水率、过氧化值等新鲜度指标国家分别规定了NY/T 1180—2006《肉嫩度的测定 剪切力测定法》^[20]、NY/T 3905—2021《冷冻肉解冻失水率的测定》^[21]、GB 5009.227—2016《食品安全国家标准 食品中过氧化值的测定》^[22]等检测方法。TVB-N含量、pH值、嫩度、电导率、过氧化值等肉品新鲜度的检测标准已被广泛应用于肉品研究和评估中,因此可以纳入新鲜度评定系统中,完善我国宰后肉品新鲜度等级的评定。

1.2.3 微生物检测

肉品中微生物的污染一直是肉品保鲜领域的难题,也是肉类变质的主要原因之一。肉及肉制品在贮藏条件不当的情况下极易受到微生物污染。肉类丰富的营养成分,为微生物提供了良好的生长环境。微生物在肉品中能够快速生长,产生多种水解酶,分解肌肉中的蛋白质,产生尸胺、腐胺等物质,使肉品质发生变化,从而严重影响肉品感官,甚至造成食品安全事故。微生物检测可采用国家标准菌落总数的测定^[23]。一般建议标准为新鲜肉 1×10^4 CFU/g以下、次新鲜肉 $1 \times 10^4 \sim 1 \times 10^6$ CFU/g、变质肉 1×10^6 CFU/g以上^[24]。黎财慧等^[25]研究真空包装低

温熟制鸽子在不同温度条件下贮藏的菌落总数的变化,提出菌落总数作为建立货架期模型指标的可靠性。感官、TVB-N含量、pH值、嫩度等理化指标以及微生物等传统的食品新鲜度检测方法已有成熟的检测标准,对完善我国新鲜度分等分级体系,保障食品质量与安全具有重要的指导意义。

1.2.4 智能检测技术

理化指标的检测设备复杂,对样品带来不可逆的破坏,并且无法对肉品新鲜度变化实时把控。随着检测技术的发展,无损、便携、快速的智能检测技术可以实现宰后实时反馈肉品新鲜度的变化。常见的智能检测技术包括电子鼻、电子舌、计算机视觉等仿生技术,以及高光谱成像、近红外光谱、拉曼光谱等光谱技术。

仿生技术是通过传感器将感受到的嗅觉、味觉、视觉信息以电信号的形式输出,进一步进行分析与评定的过程。电子鼻技术在国内外相对比较成熟,各种便携式的电子鼻运用在肉品检测中。Ramírez等^[26]用电子鼻评估有氧条件下冷藏贮存新鲜猪肉的保质期,电子鼻得到的信息与感官属性、总生物胺含量和微生物数量显著相关。电子舌在新鲜度检测的应用研究中,Gil等^[27]采用由16个电势传感器组成的电子舌测定鱼的pH值、TVB-N含量、生物胺和微生物数量,发现电子舌传感器信号与pH值、TVB-N含量、生物胺和微生物数量等的相关性较好,相关系数分别达0.993、0.976、0.972和0.954,而与颜色和纹理等指标的相关性较差。此外,使用该电子舌确定肌昔5'-单磷酸、肌昔和次黄嘌呤的含量^[28]。计算机视觉技术是以人类视觉原理为基础,通过使用计算机及相关设备模拟生物视觉,具有无损、高度清晰、自动化等优点。Sun Xin等^[29]开发一种客观测量猪里脊肉的计算机视觉系统,结果表明计算机视觉系统对猪肉颜色评分准确率达到92.5%,对猪肉大理石花纹评分的预测准确率达到75%。徐紫嫣等^[30]用手机摄像头采集不同鲜度的虾的图片,建立4个鲜度级别的标准。Weng Xiaohui等^[31]将计算机视觉、电子鼻和人工触觉感官技术相结合,选取猪肉和鸡肉进行验证实验,采用支持向量机对3种技术的融合数据进行分析,结果表明,与单一技术相比,融合技术效果更好。单一仿生技术在肉制品评价中不能完全反映其整体信息,在将来的研究中可以将电子舌与电子鼻、计算机视觉技术相融合,从味觉、嗅觉、视觉全方位检测肉的品质,为实时检测肉品新鲜度提供理论依据。

目前,应用于肉品质检测的光谱技术包括近红外光谱、高光谱成像、激光拉曼光谱技术等,用于肉类TVB-N含量、嫩度、系水力、颜色、香味等新鲜度指标的测定。熊来怡^[32]通过近红外光谱技术检测猪肉蒸煮损失、细菌菌落总数等5种新鲜度指标,分别建立的定量分析模型具有较高的相关系数。宋进^[33]通过高光谱成像

技术获取调理鸡肉的高光谱图像, 利用专业仪器和方法建立调理鸡肉新鲜度参数的预测模型。万新民^[34]采集了猪肉在408~1 117 nm范围的高光谱图像数据, 用剪切仪测得猪肉的剪切力并进行嫩度评价。采用主成分分析方法建立猪肉嫩度等级识别模型, 模型校正集的认识率为96.15%, 预测集的认识率为80.77%, 证实了高光谱技术在鲜肉新鲜度检测中的可行性。Oto等^[35]采用电位荧光光谱法检测出15℃好氧保存3 d的猪肉表面的腺苷三磷酸含量和菌落总数。Yoon等^[36]通过测定样品中激光束的反射率, 在短短几秒钟内鉴定出食品中的细菌数量, 该方法成本效益高、耗时短。

仿生技术和光谱技术的发展证实了综合多指标形成的模型对肉品新鲜度快速自动化检测的可能性, 有助于实现肉品新鲜度的实时反馈。我国已经建立傅里叶变换近红外光谱技术规范^[37], 为建立肉类新鲜度分级相关标准提供依据。

2 保鲜技术

随着人们对牛羊肉的安全性、新鲜外观和保质期的追求日益提升, 对肉品的保鲜技术提出了更高的要求。目前, 冷藏、冷冻、超快速冷冻等控温保鲜技术已得到广泛应用。而超高压、辐照、低温等离子体、超声波等非热保鲜技术近几年也在不断发展, 成为国内外学者研究的热点。此外, 通过添加保鲜剂的方式达到对调理肉产品抑菌抗氧化等保鲜效果也是常用手段。

2.1 控制温度的保鲜方法

在鲜肉贮藏过程中, 低温可以有效抑制肉类物理化学和微生物变化。冷却是将肉品保存在0~4℃, 在此过程中鲜肉处于排酸贮藏阶段, 蛋白发生水解, 剪切力下降, 肉品变得更嫩^[38]; 但是微生物的生长、繁殖和酶的活性仅在一定程度上受到抑制, 肌红蛋白继续氧化, 肉色呈红褐色, 保质期仅3~5 d。冷冻技术是指将宰后肉保存在-15~-18℃的低于冰点的温度, 该温度可以显著延缓肉类贮藏过程中微生物生长和化学变化。虽然冷冻技术是最常见的肉品保存方法之一, 但是在冷冻和解冻过程中产生的冰晶会破坏细胞结构, 缓慢冷冻产生的大且不规则的冰晶导致组织脱水, 导致解冻时细胞内风味物质随水分流失, 影响口感。而快速冷冻产生的小冰晶对组织的破坏性较小。Fernandes等^[39]将羊肉在-18℃下贮藏12个月, 研究发现羊肉微生物指标在整个贮藏过程中表现出良好的稳定性, 虽然嫩度显著降低, 但其他的属性感官得分约为7分(中等)。控温的保鲜方法成本低, 便于操作, 可以有效延长肉及肉制品的货架期。

2.2 非热保鲜方法

超高压技术是一种新型非热保鲜方法, 诸多研究

报道超高压具有杀菌作用。Tikhonov等^[40]提出冷鲜牛肉经过800 MPa压力处理6 min后, 再保存60 d, 牛肉的参数满足肉类食品安全法规的要求。Kim等^[41]将4℃牛肉在550 MPa压力下10℃处理5 min, 4℃保存7 d后发现菌落总数明显低于对照组, 并且实验组中与风味相关的游离氨基酸的数量增加。辐照技术是保存肉类的直接微生物抑制方法, 能高效灭活细菌。肉品受到电子加速器产生的 γ 射线或电子射线的辐照, 使微生物繁殖受到抑制, 起到杀菌作用, 可以延长食品货架期。雷英杰等^[42]研究电子束辐照处理对生鲜猪肉品质的影响, 发现低剂量的辐照对生鲜猪肉色泽有一定促进作用, 7 kGy和9 kGy组第12天时菌落数仍在合格肉标准内, 相比对照组有明显的抑菌作用。低温等离子体技术是一种新兴的环境友好型低温灭菌技术, 主要是通过气体放电产生活性含氧基团从而起到杀菌的作用^[43]。李斯琦^[44]研究不同场强的等离子体电场协同冰温保鲜技术对羊肉贮藏期间的品质影响, 结果表明, 置于-4℃、5 kV/m等离子体电场环境中冰温保鲜的羊肉可保持不冻结的状态, 在贮藏至第8天时肉色保持良好, 硫代巴比妥酸反应物值仅为0.827 mg/100 g, 菌落总数仅为3.781 CFU/g, 与对照组相比差异显著。非电离、非侵入、非污染形式的超声波技术能够让肉类产品快速通过冰点, 减少冰晶尺寸, 降低冰晶对组织的破坏^[45]。研究发现, 超声波显著抑制鸡胸肉脂质的氧化, 超声波和酸性电解水联合处理可以抑制微生物生长, 对鸡胸肉颜色参数无负面影响^[46]。超高压、超声波等非热技术可以大大提高冷冻和解冻速率, 有效解决了肉类在冷冻过程中营养流失的问题。

2.3 生物化学保鲜剂

肉制品中使用的化学保鲜剂主要包括甲酸、醋酸、柠檬酸、抗坏血酸、山梨酸及其盐类和混合磷酸盐等。任杰等^[47]研究发现山梨酸钾可以有效抑制猪肉微生物的生长, 其抗菌效果随pH值的升高而减弱。马国源^[48]研究亚硝酸钠对牦牛肉肌红蛋白氧化的作用机制, 发现牦牛肉肌红蛋白的聚集被抑制, 维持牦牛肉肌红蛋白二结构的稳定, 表明亚硝酸钠可抑制牦牛肉肌红蛋白氧化。我国防腐剂使用有严格规定, 必须严格按照GB 2760—2014《食品添加剂使用卫生规范》规定添加。化学防腐剂的用量超过一定范围时, 会对人体健康产生负面影响。此外, 化学防腐剂的广泛使用也会导致抗菌药物对化学防腐剂产生耐药性^[49]。相反, 生物保鲜剂因其安全, 绿色等优点在食品保鲜中成为研究热点。

生物保鲜剂主要来源于动植物原料, 或通过微生物发酵得到, 在人们长期食用的食品中, 生物保鲜剂成分的毒性远远低于人工合成的保鲜剂。Kumudavally等^[50]研究发现, 在低pH值条件下, 茶多酚处理的新鲜肉在室温

(25±2)℃下保质期延长4 d。张瑞等^[51]研究发现添加0.25%牛至精油并在-3℃条件下贮藏对羊肉的保鲜效果最好,相比不添加牛至精油并在4℃下贮藏的羊肉货架期至少延长3 d。徐瑞等^[52]发现壳聚糖/丁香精油微乳液复合膜可将猪肉保藏期由3 d有效延长至12 d。双乙酸钠对作为新型防腐剂,与乳酸链球菌素共同作用,可以更加有效的抑制微生物的生长,弥补了乳酸链球菌素仅能抑制细菌的缺点^[53]。将Nisin制成纳米粒子,作为抗菌缓释剂添加到可食性薄膜中,有望在确保食品安全的前提下,极大延长肉品的贮藏期^[54]。此外,近几年抗冻蛋白作为新的研究方向,对肉类保鲜的作用不容忽视。冷链过程中由于温度波动导致冰晶发生重结晶,冰晶颗粒变大,破坏食品原本的组织结构,同样造成冷冻食品的品质下降^[55],进而阻碍肉品保鲜的进一步发展。抗冻肽是生物为适应寒冷环境而产生的多肽。而抗冻肽的重结晶抑制效应能够调控冰晶,使形成的冰晶细小均匀^[56]。有研究报告,1~3、3~5 kDa的胶原抗冻肽可被归类为超级活跃胶原抗冻肽,可使冰点下降3~6℃^[57]。Chen Junlin等^[58]研究不同浓度抗冻肽对冷冻鸡肉的保水率、水分分布、微观结构和组织学变化的影响,结果表明抗冻肽能显著维持冷冻肌肉的品质性状。胶原抗冻肽在肉类保鲜中的应用是肉品保鲜策略的新方向。虽然生物保鲜剂无毒高效,深受消费者青睐,但是成本较高,在肉品保鲜中的应用受到限制。因此,可通过多个保鲜剂协同少量使用或者借助包装保鲜技术达到更好的保鲜效果。

2.4 包装保鲜技术

延长肉制品货架期的包装技术主要包括真空包装、气调包装、智能包装等。真空包装是将包装袋内的空气全部抽出,减少包装内的氧气含量,从而抑制微生物生长和防止脂肪氧化。郝艳杰^[59]探究真空热缩包装和真空纹路包装方式对冷鲜牦牛肉保鲜效果的影响,结果表明真空热缩包装的牦牛肉更嫩,色泽变化更为稳定。赵莹鑫等^[60]研究发现真空包装、热收缩包装和贴体包装可提高羊肉嫩度。但是真空包装不能有效抑制厌氧菌的繁殖,因此还需要与其他保鲜技术联合运用。气调包装是采用具有气体阻隔性能的包装材料包装食品,再将一定比例的混合气体充入包装内,使食品具有相对较长货架期的技术。鲜肉气调包装最常用的3种气体是CO₂、O₂、N₂,还可以使用少量CO,每种气体对鲜肉的保鲜作用各不相同^[61]。黄振彬等^[62]采用40% CO₂+60% O₂的气体贮藏牦牛肉,在贮藏期牦牛肉所有指标均符合新鲜肉,使用该气调包装能够有效延长新鲜牦牛肉的货架期。智能包装包括传感器、指示器和射频识别器等技术,根据包装内肉制品的气体、色泽、温度以及食品腐败相关代谢物等的变化实时读取相关数据,更直观地表征肉品的新鲜度。Chen Huizhi等^[63]利用包装上带有不同指示剂标

签托盘将猪肉在5℃下保存8 d,发现指示剂标签能够区分新鲜(红色)、中等新鲜(黄色)和变质(绿色)猪肉,通过统计学模型,随着标签颜色的变化,成功预测出猪肉的TVB-N含量和好氧菌数。真空和气调2种传统包装技术虽然可以有效延长肉品货架期,但是无法实现肉品新鲜度的实时检测,智能包装可以弥补这一缺陷,同时监测包装肉制品的新鲜状态和周围的环境。保鲜技术虽然已发展多年,但尚未大规模的应用于热鲜肉的贮藏,其主要原因是新鲜度分级统一标准的缺乏导致无法客观评价保鲜技术的效果,从而制约了保鲜技术的创新和发展。

3 结语

目前,国内外颁布的肉品质相关标准大多是将质量和产量按照一定的标准划分成不同等级,以促进饲养、屠宰、肉制品加工协调发展,然而却忽视了国内外饮食习惯不同所造成的消费结构差异。国外习惯于食用快餐式肉产品,主要注重肉产品的营养配比,而我国居民的消费和烹饪习惯更加青睐于热鲜肉的消费,对肉品口感、味道、新鲜度等提出更高的要求。然而,我国缺乏宰后运输以及贮藏过程中与新鲜度分等分级有关的统一标准,以至于难以客观评价保鲜技术的效果,从而制约了保鲜技术的创新和发展。随着仿生技术和光谱技术等无损快速检测监测技术的发展,使实现综合多指标对肉品宰后新鲜度快速自动化检测和肉品新鲜度的实时反馈监测成为可能。综合我国人民食用肉品的消费习惯,针对能够准确反映新鲜度等级的需求,对肉品质检测参数指标的重新划分,例如结合TVB-N含量、色泽、嫩度以及导电率等标志性指标作为肉品新鲜度分级依据,系统制定肉品新鲜度分等分级统一标准,将会一定程度弥补我国肉品等级产品空白,解决进口高、中、低端产品与我国市场消费结构差异现状,进一步有助于规范化、优质化肉品市场,帮助肉品产业结构和消费结构的优化升级,并对保鲜技术的创新和发展,以及客观评价起到积极作用。

参考文献:

- [1] SMITH G C, TATUM J D, BELK K E. International perspective: characterisation of United States Department of Agriculture and Meat Standards Australia systems for assessing beef quality[J]. Australian Journal of Experimental Agriculture, 2008, 48(11): 1465-1480. DOI:10.1071/EA08198.
- [2] STRONG J. Differences in carcass grading schemes used in the USA, Japan and Australia[J]. Australian Journal of Experimental Agriculture, 2004, 44(7): 675-680. DOI:10.1071/ea02172.
- [3] ROTARU M. Price: strategic instrument of EU market intervention. Case study seurop system[J]. Acta Universitatis Cibiniensis. Series E: Food Technology, 2015, 19(1): 27-34. DOI:10.1515/aucft-2015-0004.

- [4] AALHUS J L, LÓPEZ-CAMPOS Ó, PRIETO N, et al. Canadian beef grading—opportunities to identify carcass and meat quality traits valued by consumers[J]. Canadian Journal of Animal Science, 2014, 94(4): 545-556. DOI:10.4141/CJAS-2014-038.
- [5] POLKINGHORNE R, THOMPSON J M, WATSON R, et al. Evolution of the Meat Standards Australia (MSA) beef grading system[J]. Australian Journal of Experimental Agriculture, 2008, 48(11): 1351-1359. DOI:10.1071/EA07177.
- [6] 王迪, 董素芬, 程芳, 等. HSV空间下改进的直觉模糊C均值聚类猪肉图像检测[J]. 计量学报, 2021, 42(8): 986-992. DOI:10.3969/j.issn.1000-1158.2021.08.02.
- [7] 仇金宏. 数字图像处理技术在牛肉品质分级中的应用研究[D]. 南京: 南京农业大学, 2010.
- [8] 全国屠宰加工标准化技术委员会. 畜禽肉质量分级 牛肉: GB/T 29392—2022[S]. 北京: 中国标准出版社, 2022: 1-3.
- [9] 浙江省质量技术监督局. 海捕虾质量要求: DB 33/451—2003[S].
- [10] 国家卫生和计划生育委员会. 鲜(冻)畜、禽产品: GB 2707—2016[S]. 北京: 中国标准出版社, 2016: 2.
- [11] 张亚芬, 张晓辉. 肉品检验中pH值测定的意义[J]. 吉林农业, 2014(3): 47.
- [12] 彭涛, 许建平, 傅童生, 等. 电导率测定对猪肉新鲜度的判定[J]. 黑龙江畜牧兽医, 1997(10): 8-9. DOI:10.13881/j.cnki.hljxmsy.1997.10.004.
- [13] 邱洪涛, 孙裴, 侯金波, 等. 基于Caffe的猪肉新鲜度分级设计与实现[J]. 江苏农业学报, 2019, 35(2): 461-468. DOI:10.3969/j.issn.1000-4440.2019.02.029.
- [14] 国家标准化委员会. 感官分析 方法学 总论: GB/T 10220—2012[S]. 北京: 中国标准出版社, 2012.
- [15] 国家市场监督管理总局. 感官分析术语: GB/T 10221—2021[S]. 北京: 中国标准出版社, 2021.
- [16] 国家卫生和计划生育委员会. 食品中挥发性盐基氮的测定: GB 5009.228—2016[S]. 北京: 中国标准出版社, 2016.
- [17] MOELLER S J, MILLER R K, ALDREDGE T L, et al. Trained sensory perception of pork eating quality as affected by fresh and cooked pork quality attributes and end-point cooked temperature[J]. Meat Science, 2010, 85(1): 96-103. DOI:10.1016/j.meatsci.2009.12.011.
- [18] 国家卫生和计划生育委员会. 食品pH值的测定: GB 5009.237—2016[S]. 北京: 中国标准出版社, 2016.
- [19] 宁初光, 杨洋, 吴小勇. 电导率法快速检测食品细菌总数的研究[J]. 现代食品科技, 2012, 28(2): 237-240; 146. DOI:10.13982/j.mfst.1673-9078.2012.02.006.
- [20] 中华人民共和国农业部. 肉嫩度的测定 剪切力测定法: NY/T 1180—2006[S]. 北京: 中国标准出版社, 2006.
- [21] 农业农村部. 冷冻肉解冻失水率的测定: NY/T 3905—2021[S]. 北京: 中国标准出版社, 2021.
- [22] 国家卫生和计划生育委员会. 食品安全国家标准 食品中过氧化值的测定: GB 5009.227—2016[S]. 北京: 中国标准出版社, 2016.
- [23] 国家卫生健康委员会. 食品微生物学检验 菌落总数测定: GB 4789.2—2022[S]. 北京: 中国标准出版社, 2022.
- [24] 孔令明, 侯伟伟, 焦彦桃. 茶多酚等生物保鲜剂结合气调包装对冷却羊肉保鲜效果的研究[J]. 农产品加工, 2009, (9): 71-73.
- [25] 黎财慧, 姚丽锋, 丁琦, 等. 真空包装低温熟制鸽子货架期预测模型的建立[J]. 食品安全质量检测学报, 2023, 14(5): 108-113. DOI:10.19812/j.cnki.jfsq11-5956/ts.2023.05.009.
- [26] RAMÍREZ H L, SORIANO A, GÓMEZ S, et al. Evaluation of the food sniffer electronic nose for assessing the shelf life of fresh pork meat compared to physicochemical measurements of meat quality[J]. European Food Research and Technology, 2018, 244: 1047-1055. DOI:10.1007/s00217-017-3021-0.
- [27] GIL L, BARAT J M, ESCRICHE I, et al. An electronic tongue for fish freshness analysis using a thick-film array of electrodes[J]. Microchimica Acta, 2008, 163: 121-129. DOI:10.1007/s00604-007-0934-5.
- [28] GIL L, BARAT J M, BAIGTS D, et al. Monitoring of physical-chemical and microbiological changes in fresh pork meat under cold storage by means of a potentiometric electronic tongue[J]. Food Chemistry, 2011, 126(3): 1261-1268. DOI:10.1016/j.foodchem.2010.11.054.
- [29] SUN X, YOUNG J, LIU J H, et al. Prediction of pork loin quality using online computer vision system and artificial intelligence model[J]. Meat Science, 2018, 140: 72-77. DOI:10.1016/j.meatsci.2018.03.005.
- [30] 徐紫嫣, 刘婧婧, 丁慧, 等. 基于手机拍照图像的对虾鲜度分级技术研究[J]. 食品安全质量检测学报, 2023, 14(18): 239-244. DOI:10.19812/j.cnki.jfsq11-5956/ts.2023.18.010.
- [31] WENG X H, LUAN X Y, KONG C, et al. A comprehensive method for assessing meat freshness using fusing electronic nose, computer vision, and artificial tactile technologies[J]. Journal of Sensors, 2020, 2020:1-14. DOI:10.1155/2020/8838535.
- [32] 熊来怡. 近红外光谱技术检测猪肉品质及其安全判别研究[D]. 杨凌: 西北农林科技大学, 2012.
- [33] 宋进. 基于高光谱和优化BP神经网络的调理鸡肉新鲜度评价研究[D]. 南京: 南京农业大学, 2020. DOI:10.27244/d.cnki.gnjnu.2020.001155.
- [34] 万新民. 基于近红外光谱分析技术和计算机视觉技术的猪肉品质检测的研究[D]. 镇江: 江苏大学, 2010.
- [35] OTO N, OSHITA S, MAKINO Y, et al. Non-destructive evaluation of ATP content and plate count on pork meat surface by fluorescence spectroscopy[J]. Meat Science, 2013, 93(3): 579-585. DOI:10.1016/j.meatsci.2012.11.010.
- [36] YOON J, LEE K R, PARK Y K. A simple and rapid method for detecting living microorganisms in food using laser speckle decorrelation[J]. arXiv preprint arXiv, 2016, 1603: 07343. DOI:10.48550/arXiv.1603.07343.
- [37] 中国仪器仪表学会. 傅里叶变换近红外光谱仪通用技术规范: T/CIS 17006—2022[S]. 北京: 中国标准出版社, 2022.
- [38] HOPKINS D L, THOMPSON J M. Factors contributing to proteolysis and disruption of myofibrillar proteins and the impact on tenderisation in beef and sheep meat[J]. Australian Journal of Agricultural Research, 2002, 53(2): 149-166. DOI:10.1071/ar01079.
- [39] FERNANDES R D P P, FREIRE M T D A, CARRER C D C, et al. Evaluation of physicochemical, microbiological and sensory stability of frozen stored vacuum-packed lamb meat[J]. Journal of Integrative Agriculture, 2013, 12(11): 1946-1952. DOI:10.1016/S2095-3119(13)60632-2.
- [40] TIKHONOV S, TIKHONOVA N, LAZAREV V, et al. Ultra-high pressure chilled meat processing: a promising storage method[C]//E3S Web of Conferences. EDP Sciences, 2020, 176: 03022. DOI:10.1051/e3sconf/202017603022.
- [41] KIM Y A, VAN BA H, DASHDORJ D, et al. Effect of high-pressure processing on the quality characteristics and shelf-life stability of Hanwoo beef marinated with various sauces[J]. Korean Journal for Food Science of Animal Resources, 2018, 38(4): 679. DOI:10.5851/kosfa.2018.e4.
- [42] 雷英杰, 陈尚茂, 敬榭莹, 等. 电子束辐照处理对生鲜猪肉的保鲜作用[J]. 现代食品科技, 2021, 37(10): 136-144. DOI:10.13982/j.mfst.1673-9078.2021.10.0242.
- [43] 张关涛, 张东杰, 李娟, 等. 低温等离子体技术在食品杀菌中的应用的研究进展[J]. 食品工业科技, 2022, 43(12): 417-426. DOI:10.13386/j.issn1002-0306.2021060170.

- [44] 李斯琦. 等离子电场中羊肉冰温保鲜及冷冻解冻实验研究[D]. 呼和浩特: 内蒙古农业大学, 2020. DOI:10.27229/d.cnki.gnmnu.2020.001004.
- [45] 黄亚军, 周存六. 超声波技术在肉及肉制品中的应用研究进展[J]. 肉类研究, 2020, 34(5): 91-97. DOI:10.7506/rlyj1001-8123-20200319-079.
- [46] BABAOĞLU A S, POÇAN H B, DEMIRCI T, et al. Ultrasound application and electrolyzed water combination improve the microbial quality and textural parameters of chicken breast meats[J]. Journal of Food Safety and Food Quality, 2021, 72(1). DOI:10.2376/0003-925X-72-12.
- [47] 任杰, 邱春强, 朱伟, 等. 几种主要防腐剂抑菌性和肉品保鲜的作用研究[J]. 肉类工业, 2016(7): 52-56. DOI:10.3969/j.issn.1008-5467.2016.07.012.
- [48] 马国源. 低剂量亚硝酸钠抑制牦牛肉肌红蛋白氧化的作用机制[D]. 兰州: 甘肃农业大学, 2021. DOI:10.27025/d.cnki.ggsnu.2021.000018.
- [49] EIJLANDER R T, ABEE T, KUIPERS O P. Bacterial spores in food: how phenotypic variability complicates prediction of spore properties and bacterial behavior[J]. Current Opinion in Biotechnology, 2011, 22(2): 180-186. DOI:10.1016/j.copbio.2010.11.009.
- [50] KUMUDAVALLY K V, PHANINDRAKUMAR H S, TABASSUM A, et al. Green tea: a potential preservative for extending the shelf life of fresh mutton at ambient temperature (25 ± 2) °C[J]. Food Chemistry, 2008, 107(1): 426-433. DOI:10.1016/j.foodchem.2007.08.045.
- [51] 张瑞, 刘婷, 宫旭胤, 等. 牛至精油结合储藏温度对羊肉保鲜效果的影响[J]. 河南农业科学, 2019, 48(2): 137-143. DOI:10.15933/j.cnki.1004-3268.2019.02.020.
- [52] 徐瑞, 柒梓灵, 魏嘉彧, 等. 壳聚糖/丁香精油微乳液复合膜的制备及其对n-3猪肉的保鲜应用[J]. 塑料工业, 2023, 51(11): 115-122; 128. DOI:10.3969/j.issn.1005-5770.2023.11.018.
- [53] 陈小琴. 羊肉贮藏与加工产业化技术研究[D]. 成都: 西华大学, 2014.
- [54] 李月明, 刘飞, 姜雪晶, 等. 生物可降解膜在肉品保鲜中的应用研究进展[J]. 肉类研究, 2017, 31(6): 51-54. DOI:10.7506/rlyj1001-8123-201706010.
- [55] PACQUIT A, FRISBY J, DIAMOND D, et al. Development of a smart packaging for the monitoring of fish spoilage[J]. Food Chemistry, 2007, 102(2): 466-470. DOI:10.1016/j.foodchem.2006.05.052.
- [56] 陈旭, 蔡茜茜, 汪少芸, 等. 抗冻肽的研究进展及其在食品工业的应用前景[J]. 食品科学, 2019, 40(17): 331-337. DOI:10.7506/spkx1002-6630-20190303-025.
- [57] 刘含, 曹慧, 徐斐, 等. 不同分子量胶原抗冻肽的抗冻性能及机理研究[J]. 食品与发酵工业, 2021, 47(11): 104-110. DOI:10.13995/j.cnki.11-1802/ts.025969.
- [58] CHEN J L, FAN Y Q, ZHANG X G, et al. Effect of antifreeze protein on the quality and microstructure of frozen chicken breasts[J]. Food Chemistry, 2023, 404: 134555. DOI:10.1016/j.foodchem.2022.134555.
- [59] 郝艳杰. 喷淋减菌及真空包装对冷鲜牦牛肉品质的影响[D]. 天津: 天津科技大学, 2021. DOI:10.27359/d.cnki.gtqgu.2021.000306.
- [60] 赵莹鑫, 张德权, 葛岳, 等. 包装方式和宰后不同时间包装对羊肉品质的影响[J]. 食品科学, 2022, 43(15): 199-208. DOI:10.7506/spkx1002-6630-20210530-353.
- [61] 李建雄, 谢晶. 冰温结合气调及保鲜剂技术在肉制品保鲜中的应用[J]. 湖北农业科学, 2008(10): 1212-1215. DOI:10.3969/j.issn.0439-8114.2008.10.034.
- [62] 黄振彬, 朱雪俊. 不同气调包装方式对牦牛肉保鲜效果的影响[J]. 中国调味品, 2023, 48(8): 164-167. DOI:10.3969/j.issn.1000-9973.2023.08.029.
- [63] CHEN H Z, ZHANG M, BHANDARI B, et al. Development of a novel colorimetric food package label for monitoring lean pork freshness[J]. LWT-Food Science and Technology, 2019, 99: 43-49. DOI:10.1016/j.lwt.2018.09.048.