

鸡肉品质评价与贮藏保鲜研究进展

陈珈玉¹, 韩春元², 肖宇¹, 姚建楠², 刘永峰^{1,*}

(1.陕西师范大学食品工程与营养科学学院, 陕西 西安 710119; 2.陕西好邦食品有限公司, 陕西 咸阳 713702)

摘要: 肉类是人类饮食中的重要组成部分, 其中富含的蛋白质是人体健康的必需物质, 然而肉品极易腐败, 因此其贮藏保鲜成为了重要课题。鸡肉是我国禽肉中最主要的肉类之一, 富含脂肪、蛋白质、无机盐等营养成分, 其中任一成分的变质都可能影响肉品的食用价值。本文以鸡肉质量和鲜度为参照, 分析影响肉品新鲜的因素和肉质变化机理, 并结合导致肉品变质的主要因素, 如微生物污染、脂肪氧化和蛋白质氧化, 从温度、包装、保鲜剂以及其他相关的保鲜技术对肉品保鲜进行论述, 以期探寻新型鸡肉保鲜方法提供参考。

关键词: 鸡肉; 贮藏保鲜; 研究进展; 品质评价; 包装

Research Progress on Quality Evaluation, Storage and Preservation of Chicken Meat

CHEN Jiayu¹, HAN Chunyuan², XIAO Yu¹, YAO Jiannan², LIU Yongfeng^{1,*}

(1.College of Food Engineering and Nutritional Science, Shaanxi Normal University, Xi'an 710119, China;

2.Shaanxi Haobang Food Ltd., Xianyang 713702, China)

Abstract: Meat, an important part of our diet, is rich in protein, which is essential for human health. However, meat is very susceptible to spoilage, so its storage and preservation has become an important issue. Chicken is one of the most important poultry meats in China, which is rich in fat, protein, inorganic salts and other nutrients. The deterioration of any component may affect the edible value of meat. This paper analyzes the factors affecting meat freshness and the mechanism of meat quality changes, and reviews meat preservation technologies such as low temperature, packaging and preservatives considering the main factors causing meat quality deterioration such as microbial contamination, fat oxidation and protein oxidation. It is anticipated that this paper will provide reference for exploring new chicken meat preservation methods.

Keywords: chicken meat; preservation; research progress; quality evaluation; packaging

DOI:10.7506/rlyj1001-8123-20230529-053

中图分类号: TS251.5

文献标志码: A

文章编号: 1001-8123 (2023) 07-0045-07

引文格式:

陈珈玉, 韩春元, 肖宇, 等. 鸡肉品质评价与贮藏保鲜研究进展[J]. 肉类研究, 2023, 37(7): 45-51. DOI:10.7506/rlyj1001-8123-20230529-053. <http://www.rlyj.net.cn>

CHEN Jiayu, HAN Chunyuan, XIAO Yu, et al. Research progress on quality evaluation, storage and preservation of chicken meat[J]. Meat Research, 2023, 37(7): 45-51. (in Chinese with English abstract) DOI:10.7506/rlyj1001-8123-20230529-053. <http://www.rlyj.net.cn>

随着社会经济发展和人民生活水平提高, 人们日益注重饮食的搭配、食品的营养成分和热量的高低, 鸡肉含有丰富的蛋白质、较低的胆固醇水平, 符合当下人们的饮食需求^[1]。我国是世界第二大鸡肉生产消费国, 鸡肉的消费量逐年增加^[2]。鸡肉中的水分约占70%、蛋白质含量高达20%, 易腐败变质, 不当食用会影响人体健康。

此外, 在新冠疫情的影响下, 全国乃至全球的物流迟缓使得鸡肉在宰杀、运输、贮藏等环节中的保鲜控制和销售端的货架期备受关注。鸡肉宰后贮藏与保鲜对于保持肉品品质有着重要作用。

传统加工方法如腌制、干燥、发酵和罐装等可以延缓肉类变质, 从而延长其保质期^[3]。然而, 为了尽可能

收稿日期: 2023-05-29

基金项目: 陕西省重点研发计划项目 (2022NY-043; 2021QFY10-05)

第一作者简介: 陈珈玉 (2000—) (ORCID: 0009-0008-0734-0768), 女, 硕士研究生, 研究方向为肉品科学。

E-mail: chenji223@qq.com

*通信作者简介: 刘永峰 (1981—) (ORCID: 0000-0002-6304-6618), 男, 教授, 博士, 研究方向为畜产品科学与营养。

E-mail: yongfeng200@126.com

保留外观、成分、嫩度、风味、多汁性和营养价值，人们开始使用别的方法，如低温贮藏、气调包装、添加保鲜剂等，不同的保存方法会使肉品的感官、水分含量、营养物质含量等发生不同程度的变化。国内外的学者围绕鸡肉的防腐保鲜进行了广泛、深入的研究，使得肉品保鲜技术，如气调包装、天然防腐剂、辐射、电磁、高压以及这些保鲜技术的联用日趋成熟^[4-5]。本文从肉品腐败机理出发，分析鸡肉变质的原因、肉品新鲜度的感官指标和理化指标，论述低温贮藏、包装技术、保鲜剂、辐射以及其他新技术在鸡肉保鲜中的作用，为鸡肉保鲜提供理论和实践参考。

1 鸡肉腐败的原因

不同条件下肉品会经历不同程度的变质，包括感官、营养价值及安全性的下降。腐败是一个复杂的变化，生物、物理和化学活动都可能导致肉品变质。鸡肉从屠宰到消费链条较长，任一环节的不良贮藏条件都可能会引起腐败。随着贮藏时间延长，肉品中的微生物繁殖，内源酶作用加剧，脂肪和蛋白质氧化，或贮藏温度波动都可能导致肉品腐败。肉品腐败机理见图1。

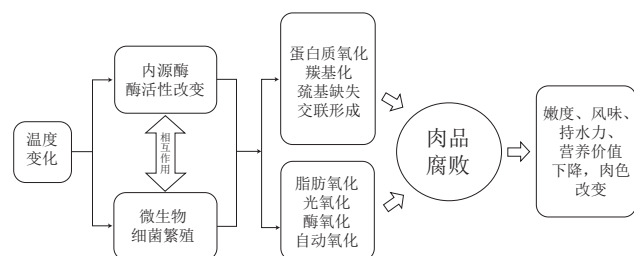


图1 肉品腐败机理

Fig. 1 Meat spoilage mechanism

1.1 鸡肉腐败机理

1.1.1 脂肪氧化

脂质氧化主要有3种途径：自动氧化、光氧化和酶氧化。自动氧化要经历3个阶段：链引发、链传递和链终止，是不饱和脂肪酸和氧发生反应导致的；当肉品直接暴露在阳光下，在敏化剂和光的存在下形成过氧化氢，这一过程称为光氧化，比自动氧化要快得多；参与酶氧化的主要酶是脂氧合酶，酶的数量和浓度在氧化过程中起着重要作用。Srinivasan等^[6]认为，脂肪氧化程度的迅速增加可能与细胞释放的氧化酶和促氧化剂有关。事实上，肉类成分和加工贮藏条件都可以促进或抑制氧化反应，肉类的氧化稳定性取决于抗氧化和促氧化化合物的平衡。氧化过程包括多种相互作用的机制，与蛋白质、色素和维生素的氧化过程相互关联，其发生会导致肉类的营养价值和感官质量降低、必需脂肪酸和维生素损

失。在氧化过程中还会产生多种有毒化合物，涉及多种人类病理，造成许多疾病的发生^[7]。

影响肉中脂肪氧化的主要因素是脂肪含量和脂肪酸组成，虽然主要的脂质含量在甘油三酯部分，但磷脂在脂质氧化的发展过程中也必不可少，磷脂比甘油三酯含有更多的不饱和脂肪酸。脂肪酸是鸡肉重要风味物质的前体物，由饱和脂肪酸（saturated fatty acid, SFA）、单不饱和脂肪酸（monounsaturated fatty acid, MUFA）和多不饱和脂肪酸（polyunsaturated fatty acid, PUFA）组成，它们的存在和变化对肉质有很大影响。脂肪酸对氧化的敏感性随其不饱和程度提高而增加，与MUFA相比，PUFA更容易氧化。不饱和脂肪酸被氧化会引起肉品风味劣变，产生酸败味。因此，不饱和脂肪酸含量越高，鸡肉酸败速度越快，货架期越短^[8]。肉制品的脂肪氧化与肉中自由基的链式反应密切相关，并且脂肪与蛋白质的氧化之间也相互关联，二者产物还会促进相互氧化^[9]。瞿丞等^[10]研究腌制鸡肉时发现，食盐添加量的增大对脂质和蛋白质氧化有促进作用，进而对鸡肉的品质产生影响。

1.1.2 蛋白质氧化

肉类富含蛋白质和促氧化因子，不当的加工处理可能引发蛋白质不同程度的氧化，主要表现为羰基羰基化和巯基损失。蛋白质氧化是蛋白质共价修饰的一种模式，由活性自由基（如羟自由基）及相关氧化产物引发，通过自由基的连锁反应发生，导致蛋白质量和加工品质下降，对人体健康产生不利影响。禽肉蛋白的氧化应激会导致一定程度的羰基化，其形成是蛋白质氧化的标志，是蛋白质氧化最显著的改变和直接氧化攻击的主要来源^[11]。Feng Xianchao等^[12]研究发现，食盐浓度越高，蛋白质表面的赖氨酸残基越易受到攻击，致使蛋白质羰基含量上升。半胱氨酸的巯基极易在过氧化氢存在的条件下被氧化，巯基的氧化会形成二硫键和其他各种各样的氧化产物，这些氧化产物的存在改变了原有蛋白质结构，导致蛋白质性质改变^[13]。

此外，蛋白质氧化还会改变肉的质地和持水性，进而影响肉类的食用品质。嫩度和持水性是肉类的重要品质特性，会直接影响肉品的品质与口感，对肉类的经济价值也有重要影响^[14]。蛋白质氧化通常通过蛋白质交联的形成或蛋白质水解使结构蛋白减少，从而导致肉类韧性的增加。氧化修饰可能导致蛋白质交联并影响蛋白质净电荷，从而影响肌肉蛋白质的空间结构。在贮存和加工过程中，肌红蛋白可以引发肌肉蛋白的氧化，使肉的嫩度、持水能力和营养价值下降^[15]。

1.2 鸡肉腐败的影响因素

1.2.1 微生物生长与内源酶作用

肉品腐败涉及多种因素，微生物是常见的动物源食品质量恶化原因，且新鲜屠宰的肉类在加工和运输过程

中难以避免会受到其污染。微生物腐败取决于葡萄糖、乳酸、氨基酸和其他可作为生长能源的含氮化合物的可用性。微生物的类型和数量也是影响肉品腐败的重要因素。此外,腐败菌并不单独引发腐败,通常是与其他微生物不断地相互竞争或协同作用,影响产品的腐败进程。张莉等^[16]发现,嗜温细菌,如芽孢杆菌属、葡萄球菌属和肠球菌属细菌等具有腐败协同作用,一旦温度合适会在短时间内快速繁殖,使鸡肉发生腐败。

动物死亡后许多内源酶仍保持活性,挥发性盐基氮(total volatile base nitrogen, TVB-N)的产生便与细菌和酶活性的增加有关^[17]。蛋白酶在宰后贮藏过程中对肉的整体质量起着重要作用,例如:钙蛋白酶降解肌原纤维促进肉的嫩化和氨基肽酶水解氨基酸增强肉类风味。细菌在各种肉制品中产生的外源蛋白酶也有类似作用^[18]。此外,内源酶作用下蛋白质或脂肪酸的分解产物丰富了微生物的养料,而微生物生长对pH值的作用可能改变内源酶的活性。某些微生物或这些微生物群自身产生的特定蛋白酶会产生其他有助于蛋白质分解的补充化合物。这一论点与肌肉结构的物理变化促进细菌增殖相一致,细菌会产生氨和硫化物、挥发物和非挥发物碱,最终导致肉品变质^[19]。

1.2.2 温度变化

冷鲜鸡肉的新鲜程度会受到温度的影响。较高的温度会导致肉类货架期显著缩短和过早变质。冷却则可以延缓细菌生长,也是肉类外观和食用质量的要求。冷冻贮藏的鸡肉本身较高的冰点和较窄的冰温带成为限制其冰温贮藏应用的关键因素,在贮藏期间冰晶生长会破坏鸡肉细胞结构,导致鸡肉品质变差^[20]。

冷鲜鸡肉冷藏要求库内温度相对稳定,温度波动会加速食物腐败变质。但在实际的运输、贮藏、加工和销售过程中,由于设施设备的技术欠缺和环境的限制,冷鲜肉通常要反复经历冻结再解冻,温度波动较大,过程中会有不同程度的水分流失,由于水结冰膨胀形成了较大的冰晶,导致肌肉组织被破坏,促使解冻后部分营养成分流失,对肉的品质造成极大威胁^[21]。李慧芝等^[22]研究发现,反复冻融加速了肉类产品的氧化,随着肉类反复冻融次数的增多,自由水含量下降,多种蛋白质和脂质氧化产物含量逐渐增加。因此,肉类在贮运过程中的温度变化也会影响肉质。

2 鸡肉品质评价

评价指标是对肉品品质优劣判定的标准,主要有感官评价、物理评价及化学评价。人类感官的直观评价是有效的,但感官参数结合理化指标进行综合评价更加全面。

2.1 感官评价

感官评价主要以人为主体,通过视觉、嗅觉、触觉对肉色、气味、组织状态等特征进行感官评价。新鲜的鸡肉呈现鲜樱桃红色且有光泽,随着贮藏时间延长逐渐变成深黄色或灰色并且失去光泽。生鲜鸡肉具有一定腥味和金属气味,变质后会有腐败气味^[23]。肉色常采用目测法和色差仪测定,肉的气味采用感官评价或电子鼻测定。

感官分析是评价肉品最直观、快速的方法,因此感官评价可作为肉品货架期的参考依据。但是人的感觉作为评定依据有诸多不稳定因素,如标签和环境,很难得到一致的结果。感官评价技术有3个领域:辨别测试、描述性分析、消费者接受和偏好测试^[24]。

随着我国现代科学食品质量检测技术的发展,电子食物感官检测在对现代肉品的生产过程质量检测数据的分析与食品质量检测技术方面已经得到广泛应用,通过质量评价数据检测技术的模拟及其提供的人类生物感官质量评价,便捷、快速、绿色环保,减少了人为主观质量评价的不良影响^[25]。曹雪慧等^[26]发现,将模糊数学综合评判法用于鸡肉的感官评价,在一定程度上克服了评分法带来的主观性,使评定结果更加客观、合理。

2.2 物理评价

嫩度对鸡肉的口感有重要作用,直接影响消费者的满意度。鸡肉的嫩度和韧性有关,常采用剪切力判定。在一定范围内,剪切力越小,嫩度越好,超过这一范围时,剪切力下降表示鸡肉韧性下降,即鸡肉品质下降^[27]。鸡肉越嫩并非口感越好,嫩度4.8~6.0 N/cm²口感较好^[28]。

肉的弹性可以反映肉的新鲜度和品质。解冻后的肉通常会失去弹性。鸡肉的弹性随贮藏时间的延长呈下降趋势,常用测定方法有手指按压、质构仪及质地剖面分析(texture profile analysis, TPA)。

pH值能够反映鸡肉的品质,是影响屠宰后鸡肉营养品质的重要营养学指标之一。pH值在腐败过程中随时间推移先降低后升高。pH值与鸡肉屠宰后肌糖原的酵解速率和肌肉硬化强度的高低有关,直接影响屠宰后鸡肉的营养和保存时间^[29]。pH值下降的速率太快时容易引起冷收缩,肌肉中大量的蛋白质和脂肪发生变性;下降的速率缓慢也容易引起冷收缩,导致肉汁的损失和脂肪含量增加。pH值为5.8~6.2时为一级鲜肉^[30]。

持水力又叫系水力,是指肉在贮藏加工过程中保持自身水分及外加水分的能力,持水性的好坏会直接影响肉品的口感。束缚水含量越高,持水性越好。刚屠宰的肉持水力最好,经过冻融的肉由于肌肉受到损伤,蛋白质胶体结构被破坏,持水力降低。蒸煮损失、滴水损失和离心损失是目前评定肌肉系水特性的指标^[31]。

2.3 化学评价

TVB-N含量可以判断鸡肉品质的下降程度,含量越高则新鲜度越低。TVB-N是在贮藏过程中鸡肉中内源

酶和细菌共同作用，蛋白被分解而产生的氨及胺类等碱性含氮物质，含量越高则蛋白分解变质越严重^[32]。根据GB2707—2016《食品安全国家标准 鲜（冻）畜、禽产品》，TVB-N含量的测定值小于15.0 mg/100 g时可达到一级鲜肉标准，常使用自动凯氏定氮仪测定。

硫代巴比妥酸反应物（thiobarbituric acid reactive substance, TBARs）值可以反映肉类脂肪的氧化程度，TBARs值越大，则氧化程度越高，酸败越严重，营养价值也越低。当TBARs值超过0.5 mg/kg时，鸡肉已经腐败变质。李莎莎等^[33]在实验中发现，TBARs值升高是因为贮藏期间肉中的脂肪与包装袋中的氧气结合发生氧化酸败，脂质氧化产生的二级产物含量显著升高。此外，脂质过氧化（lipid peroxidation, LPO）也被用于评定脂肪氧化程度。

氨基酸是评价肉品蛋白质营养价值和影响鸡肉风味的重要指标之一。鸡肉中含有多种氨基酸，是鸡肉挥发性风味物质的前体物质，多种重要香味呈味物质都来源于各种游离氨基酸参与的美拉德反应，从而使人们产生不同的味觉。测定方法有氨基酸分析仪、高效液相色谱法或液相色谱-质谱联用法。总氨基酸含量的高低反映了鸡肉的营养价值高低，能影响鸡肉风味品质^[34]。

菌落总数是判定鸡肉新鲜度的重要指标之一，微生物会导致肉品在贮藏过程中腐败，同时也是感官品质和肉色变坏的重要原因。例如，单核细胞增生李斯特氏菌、沙门氏菌和大肠杆菌等超过限量标准会对消费者的健康造成较为严重的影响^[35]。菌落总数常用平板计数琼脂测定，鲜禽产品的菌落总数 $\leq 1 \times 10^6$ CFU/g。

常用的肉品评价指标如表1所示。

表1 常用的肉品评价指标
Table 1 Commonly used meat freshness indicators

特征	作用	指标/测定方法	鲜度标准	参考文献
肉色	直接评定肉品外观，决定消费者接受程度	目测法、色差仪测定	颜色为粉红色且有光泽	[23]
气味	判断肉品新鲜度	感官评价、电子鼻测定	无腐败味	[23]
游离氨基酸	影响鸡肉风味的重要指标	氨基酸分析仪、高效液相色谱法、液相色谱-质谱联用	/	[34]
嫩度	影响肉品的口感	剪切力、肌原纤维小片化指数	易咬开、嚼碎	[28]
弹性	判断肉品新鲜度和品质	手指按压、质构仪、TPA	施加压力时变形，去压力能复原	[27]
pH	鸡肉酸度的直观表现，影响肉品贮藏	pH计	pH 5.8~6.2为一级鲜肉	[30]
持水力	影响肉品嫩度、色泽、多汁性等特性	煮沸损失、滴水损失、离心损失	束缚水含量越高越好	[31]
TVB-N含量	判断细菌和酶作用导致鸡肉腐败的品质下降程度	自动凯氏定氮仪法	小于15.0 mg/100 g为一级鲜肉	[32]
菌落总数	反映鸡肉腐败变质程度	平板计数琼脂测定	$\leq 1 \times 10^6$ CFU/g	[6]
脂肪氧化	评价脂肪氧化程度	TBARs值、LPO活力测定	<0.5 mg/kg	[33]
蛋白质氧化	评价蛋白质氧化程度	羰基含量、巯基含量、蛋白质疏水性	/	[15-17]

注：/ 目前没有明确的鲜度标准。

3 鸡肉贮藏保鲜技术

3.1 低温贮藏技术

低温贮藏是最常见的肉类保鲜方式。根据温度的不同，贮藏方式可分为冷藏保鲜、冷冻保鲜和冰温保鲜。冷藏保鲜是肉类最重要也是最常用的贮藏与流通方式，贮藏温度为0~4℃；冷冻保鲜温度通常在-18℃以下；冰温通常指在0℃以下、食品冰点以上的温度区域。在冰温保鲜的状态下，肉品可维持较低的生理活性，微生物的生长繁殖受到抑制，腐败速率变慢。采用冰温同时加快空气流速的方法进行冷冻，能将水分流失控制在较小的程度内。邵磊^[36]通过实验发现，-18℃的贮藏条件对鸡胸肉品质影响最小，菌落总数更少，蛋白质含量降低速率最慢，TBARs值降低，且TVB-N含量可以达到一级鲜肉的标准，pH值也能够达到二级肉标准（6.3~6.6），没有出现变质。

肉类经低温保鲜能够在一定时间内维持其原有品质，但在低温条件下贮藏不能完全避免肉品品质劣变。因此，将低温贮藏与其他技术结合对肉类进行保鲜很有必要。王正荣等^[37]研究发现，放入4片食品鲜度保持卡后能较好地维持鸡胸肉的品质，使鸡胸肉的保质期延长9 d。食品鲜度保持卡是一种乙醇缓释剂，乙醇是食品工业中常用的一种食品添加剂，放入后在冰温贮藏期间能够不同程度降低鸡胸肉的pH值、菌落总数、TVB-N含量等，还可以有效维持鸡胸肉的保水性，控制脂质氧化程度。

低温贮藏在延长肉品货架期的同时也会对其品质产生不利影响。抗冻保护剂通过在冷冻过程中引起的肌原纤维蛋白功能和结构的改变，可以减缓肉品在冷冻过程的品质劣变。此外，李敏涵等^[38]还发现，糖类、蛋白质、盐类、多酚类等都可以用作安全的抗冻保护剂。尽管低温贮藏可以维持肉品品质，但是也应该在较短时间内食用。超过一定期限后，肉品的口感和营养物质含量大幅度下降，甚至有可能危害健康。

3.2 包装技术

为了使肉品免受各种因素影响而无法食用，包装是肉品必不可少的贮藏保鲜技术，可以使得肉类在加工、贮藏、运输过程中避免机械、化学和生物危害，同时保证肉品的水分和营养成分不流失，从而延长保质期并减少浪费。市场上主要有气调包装、真空包装、活性包装、抗菌包装等。

气调包装不仅可以将肉品与外界空气隔绝，还可以抑制微生物的生长，并维持肉的色泽，是一种重要的肉品保鲜技术。肉品气调包装的保鲜机理是根据不同肉类保鲜的特点和要求，通过更换包装内的空气，填充一定比例的混合气体，抑制有害细菌生长，从而达到保鲜防腐的效果。马利华等^[39]在对贮藏期间蛋白质氧化对不同

肉品产生的影响进行研究时发现,气调包装通过调整环境中的 O_2 、 CO_2 分压,有效降低了肉品贮藏期间的蛋白质氧化程度,减少出汁。 CO_2 对肉类腐败菌代表性菌株的呼吸和生长都有抑制作用,随着 CO_2 浓度的增加,对于不动杆菌抑制作用持续增强,而对 CO_2 敏感的兼性厌氧菌不受 CO_2 的影响。

闫文杰等^[40]以冷鲜鸡胸肉为材料进行研究,发现经聚乙烯无菌袋和高温蒸煮袋真空包装处理后,感官指标、汁液流失率、水分活度、TVB-N含量、菌落总数和球蛋白沉淀的变化在贮藏过程中显著优于托盘包装处理,高温蒸煮袋真空包装处理对抑制鸡胸肉品质下降的效果最显著,贮藏9 d时的感官状态依然为二级鲜肉。

抗菌包装是一种积极的包装概念,使用抗菌物质可以控制微生物种群,并针对特定的微生物提供相应的包装,对肉制品的货架期和食品安全产生重大影响。在合成聚合物和可食性膜等膜结构中,Stefania等^[41]已经评估了许多类别的抗菌化合物:有机酸及其盐、酶、细菌素和杂环化合物,如三氯生、银沸石和杀菌剂。

随着保藏技术的发展,新的包装技术不断涌现。活性包装通过改变包装环境来保持食品品质并延长货架期,同时提高了食品的安全性和感官特性。活性包装主要包括 O_2 的清除、水分的吸收和控制、 CO_2 的清除和释放、乙醇的产生以及抗微生物系统^[42]。部分包装还用到以非生物可降解材料为主的复合包装、纳米复合包装以及由天然可食用物质制成的可食性膜。在简单的包装技术基础上还出现了智能包装,它通过检测、传感、记录、跟踪等一系列环节提供的信息来控制包装内环境,从而延长食品保质期,增强安全性,提高质量^[43]。

3.3 保鲜剂应用

保鲜剂主要通过控制肉制品中微生物的生长繁殖、脂肪氧化及色泽变化来延长产品的货架期,通常分为天然保鲜剂和化学保鲜剂。天然保鲜剂有乳酸链球菌素、溶菌酶、壳聚糖、茶多酚、香辛料等,化学保鲜剂有山梨酸钾、双乙酸钠、叔丁基对二苯酚(*tert*-butylhydroquinone, TBHQ)等。为了延缓肉类腐败、抑制脂肪氧化,通常会在肉品中添加防腐剂、抗氧化剂及品质改良剂等。

天然保鲜剂安全性高,对人体危害小。苹果多酚是一种天然植物多酚,由于其具有降低肉制品中脂质氧化、抑制有害微生物生长的作用,正在成为肉品保鲜中的抗氧化剂、抑菌剂和护色剂。相比于人工合成抗氧化剂,它具有更高的安全性,并且资源丰富^[44]。壳聚糖作为一种广泛应用的天然保鲜剂,可以减缓脂质氧化,抑制微生物繁殖,并且有良好的生物相容性,比传统的合成保鲜剂更具有优势。将壳聚糖涂在肉品表面可以形成保鲜膜,它会使肉品内氧气减少、 CO_2 增加,抑制微生物

代谢及水分流失,从而延长保质期^[45]。乳酸菌能够通过多种途径抑制某些腐败菌的生长,其代谢产物作为生物保鲜剂,既可以有效延长肉及肉制品的货架期,起到良好保鲜作用,还能对其风味起到维持甚至改善的效果,并且未检测出毒性^[46]。

常用的化学保鲜剂,如山梨酸钾、双乙酸钠、纳他霉素都具有一定的抗菌效果。其中,山梨酸钾对鲜肉的保鲜期为11 d左右,双乙酸钠为13 d左右,而纳他霉素为15 d,这些防腐剂在严格限量范围内对人体无毒无害^[47]。TBHQ和抗坏血酸等化学添加剂组合在一起可以有效控制肉类和肉制品的腐败,这些化学添加剂具有抗菌和抗氧化能力。TBHQ脂质含量为0.02%时具有控制脂质氧化的能力,而抗坏血酸含量达0.2%时具有控制微生物腐败的能力。添加这2种防腐剂并在冷藏温度(5℃)下黑暗处保存,相比于山梨酸钾、双乙酸钠等,是控制肉类和肉制品变质和延长自身货架期的最佳组合^[9]。

3.4 辐射保鲜技术

微波灭菌技术速度快、利于保持营养成分,操作方便,对产品品质破坏少,适用范围广。Sharma等^[48]发现,用微波炉烘烤过的鸡肉馅饼水分活度会降低,保质期也比一般鸡肉更长一些。

肉品的辐射利用原子能射线能量杀菌,肉品内部不会升温,能够最大程度地减少肉品的风味、滋味损失,防止肉品腐败变质,从而延长产品货架期。在低剂量下仅残留少量化学制剂,对消费者比较安全且能量消耗极低,生产成本降低。辐照能有效杀灭生鲜鸡肉中的微生物,赖宏刚^[49]研究发现,冰鲜鸡肉经过辐照处理能够提高鸡肉的营养价值及鲜度,同时可以延长鸡肉的货架期。辐照杀菌的同时会导致鸡肉的理化特性及感官发生不同程度的变化,可以添加抗氧化剂、改变包装形式,有效提高生鲜调理鸡肉的品质,从而延长生鲜调理鸡肉制品的货架期。

3.5 其他技术

低温等离子体是一种新兴的非热能技术,这种技术安全、温和、操作简便且成本较低,通过抑制或杀灭微生物来延长肉品的保质期,包括其杀菌作用和亚硝酸盐替代作用^[50]。Dirks等^[51]发现,低温等离子体能够有效抑制去皮鸡胸肉及鸡大腿皮肤表面的微生物生长,可将微生物总数降低10 CFU/g。该研究表明,低温等离子体处理可有效抑制原料肉中嗜冷菌和其他微生物的生长,从而延长产品的货架期。

纳米技术在肉类保鲜中已有应用并呈现出良好保鲜效果。因此,利用纳米技术有望开发出低成本、高效、安全的保鲜方法。纳米材料因其特殊结构引起表面效应、小尺寸效应、量子尺寸效应和宏观量子隧道效应的特性可提高保鲜剂的作用效果,并减少保鲜剂的使用。

这种技术采用天然提取物以纳米形式加入到肉类加工或复合包装材料,可以促进保鲜效果,延长货架期,改善肉品的口感和风味^[52]。

肉制品中的栅栏因子可以临时或永久性地打破微生物的内平衡,使其失去生长繁殖能力。栅栏因子及其强度应控制在最佳范围以内,否则会对肉制品产生负影响。肉制品中主要的栅栏因子有热加工、低温贮藏、水分活度、盐类、氢离子浓度和氧化还原电位。科学、有效地优选栅栏因子,将栅栏技术与其他保鲜技术合理、有序地组合在一起是未来肉品保鲜发展的新趋势。

鸡肉的贮藏保鲜技术根据不同保鲜原理分类见表2。

表2 肉品贮藏保鲜技术总结

Table 2 Summary of meat storage and preservation technologies			
保鲜原理	保鲜技术	方法	参考文献
控制温度变化	低温贮藏	冷藏保鲜、冰温保鲜、冷冻保鲜	[36-38]
	抑制微生物和酶	天然防腐剂:乳酸链球菌素、溶菌酶、乳酸菌等	[46]
		化学防腐剂:山梨酸钾、双乙酸钠、复合化学添加剂等	[47]
抑制脂肪、蛋白质氧化	保鲜包装	抗菌包装、复合包装、可食性膜	[41-43]
	物理保鲜	辐射、高压、低温等离子体	[48-51]
	包装技术	真空包装、气调包装、活性包装	[39-40]
	抗氧化剂	天然抗氧化剂:苹果多酚、壳聚糖等 化学抗氧化剂:TBHQ和抗坏血酸组合	[44-45] [9]

4 结 语

目前的鸡肉品质评价与贮藏方法繁多,传统的冷冻保鲜方法会导致营养价值的部分丧失和感官质量的恶化。分析肉类和肉制品腐败的原因,避免微生物繁殖、蛋白质和脂肪氧化、环境温度波动导致肉品腐败,综合评价肉品品质为贮藏保鲜技术提供评价依据,有利于开发和应用最佳的贮藏技术,以保持肉品的新鲜度。

每一种保藏技术都有两重性,也有一定的适用范围,完善的鸡肉品质评价体系和判定标准有利于保鲜技术研究。消费者知识和意识水平的提高使得加工程度低且不含化学添加剂的食品越来越受欢迎。鸡肉的保鲜需要综合多种保鲜技术,减少化学添加,达到最佳保鲜效果。研究肉品变质的机理和影响肉品风味的因素是未来的贮藏保鲜研究方向,在此理论上可以研发新的保鲜技术,开发天然防腐剂、新型包装技术和其他物理技术的应用,并将不同的保鲜技术有效结合起来,从而提高肉品安全性和稳定性。

参考文献:

[1] WALK C L, ROMERO L F, COWIESON A J. Towards a digestible calcium system for broiler chicken nutrition: a review and recommendations for the future[J]. *Animal Feed Science and Technology*, 2021, 276: 114930. DOI:10.1016/j.anifeedsci.2021.114930.

[2] 姜洪麒, 王伟, 杨一, 等. 近红外光谱分析技术在鸡肉品质检测中的应用研究进展[J]. *食品安全质量检测学报*, 2017, 8(11): 4298-4304. DOI:10.3969/j.issn.2095-0381.2017.11.037.

[3] 宋磊, 杜娟. 国内外肉类及其制品加工研究现状及进展[J]. *食品安全质量检测学报*, 2018, 9(20): 5288-5293. DOI:10.3969/j.issn.2095-0381.2018.20.003.

[4] 王鹏, 张晶, 李岩, 等. 酸鲜鸡肉的食用品质研究[J]. *轻工学报*, 2021, 36(2): 17.

[5] 吉莉莉, 王卫. 鸡肉产品生物保鲜技术研究及其应用进展[J]. *食品工业*, 2017, 38(1): 192-195.

[6] SRINIVASAN S, XIONG Y L, BLANCHARD S P, et al. Physicochemical changes in prawns (*Machrobrachium rosenbergii*) subjected to multiple freeze-thaw cycles[J]. *Journal of Food Science*, 2010, 62(1): 123-127. DOI:10.1111/j.1365-2621.1997.tb04381.x.

[7] MIN B, AHN D U. Mechanism of lipid peroxidation in meat and meat products: a review[J]. *Food Science and Biotechnology*, 2005, 14(1): 152-163. DOI:10.1016/j.anifeedsci.2022.115483.

[8] 荀文, 王桂瑛, 谷大海, 等. 鸡肉中脂肪酸的研究进展[J]. *食品研究与开发*, 2020, 41(21): 214-219. DOI:10.12161/j.issn.1005-6521.2020.21.034.

[9] 李明杨, 刘帅光, 卢梦娇, 等. 不同抗氧化剂体外抗氧化活性及其对肉品氧化稳定性的影响[J]. *食品科学*, 2022, 43(1): 67-75. DOI:10.7506/spkx1002-6630-20201224-278.

[10] 瞿丞, 贺稚非, 王兆明, 等. 不同食盐添加量腌制对鸡肉脂质氧化、蛋白质氧化及食用品质的影响[J]. *食品科学*, 2020, 41(16): 77-85. DOI:10.7506/spkx1002-6630-20190504-012.

[11] 韦诚, 朱丽娟, 谢月英, 等. 蛋白质在肉类加工保藏中的氧化及其不利影响的研究进展[J]. *食品科学*, 2017, 38(9): 314-321. DOI:10.7506/spkx1002-6630-201709048.

[12] FENG Xianchao, CHEN Lin, LEI Na, et al. Emulsifying properties of oxidatively stressed myofibrillar protein emulsion gels prepared with (-)-epigallocatechin-3-gallate and NaCl[J]. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2017, 65(13): 2816-2826. DOI:10.1021/acs.jafc.6b05517.

[13] 胡春林, 谢晶. 蛋白质氧化对肉食品品质影响的研究进展[J]. *食品科学*, 2021, 42(17): 275-281. DOI:10.7506/spkx1002-6630-20200913-159.

[14] BAO Yulong, ERTBJERG P. Effects of protein oxidation on the texture and water-holding of meat: a review[J]. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 2019, 59(22): 3564-3578. DOI:10.1080/10408398.2018.1498444.

[15] 张丽, 余群力, 孙宝忠. 肌肉蛋白氧化对肉类品质的影响[J]. *食品与发酵工业*, 2017, 43(5): 268-276. DOI:10.13995/j.cnki.11-1802/ts.201705043.

[16] 张莉, 尹德凤, 张大文, 等. 不同贮藏条件下鸡胸肉特征腐败菌分析[J]. *食品与机械*, 2019, 35(12): 113-118. DOI:10.13652/j.issn.1003-5788.2019.12.021.

[17] ABRAHAM J P, POONAM G V, AMALARADJOU M A R, et al. Spoilage bacteria and meat quality[J]. *Meat Quality Analysis*, 2020, 17: 307-334. DOI:10.1016/B978-0-12-819233-7.00017-3.

[18] ALAA E A, BENJAMIN W B, STEPHEN G, et al. Total volatile basic nitrogen (TVB-N) and its role in meat spoilage: a review[J]. *Trends in Food Science and Technology*, 2021, 109: 280-302. DOI:10.1016/j.tifs.2021.01.006.

[19] DAVE D, GHALY A E. Meat spoilage mechanisms and preservation techniques: a critical review[J]. *American Journal of Agricultural and Biological Sciences*, 2011, 6(4): 486-510. DOI:10.3844/ajabssp.2011.486.510.

[20] 周志扬, 王启芝, 唐承明, 等. 不同冰温贮藏条件对鸡肉贮藏期的影响[J]. *肉类工业*, 2020(8): 23-26. DOI:10.3969/j.issn.1008-5467.2020.08.006.



- [21] KIM H W, KIM J H, SEO J K, et al. Effects of aging/freezing sequence and freezing rate on meat quality and oxidative stability of pork loins[J]. *Meat Science*, 2018, 139: 162-170. DOI:10.1016/j.meatsci.2018.01.024.
- [22] 李慧芝, 谢含仪, 赵燕芳, 等. 反复冻融过程对肉类氧化关键指标的影响[J]. *食品科技*, 2020, 45(11): 102-109. DOI:10.13684/j.cnki.spkj.2020.11.017.
- [23] 刘梦竹, 魏琦麟, 向蓉. 鸡肉低温储藏保鲜技术研究进展[J]. *保鲜与加工*, 2022, 22(3): 104-110; 120. DOI:10.3969/j.issn.1009-6221.2022.03.016.
- [24] DANIEL M. Sensory evaluation of meat and meat products: fundamentals and applications[J]. *Earth and Environment Science*, 2019, 333(1): 1-6. DOI:10.1088/1755-1315/333/1/012007.
- [25] 吾斯曼·吐尼亚孜, 葛宇, 陈余, 等. 鸡肉品质评价的研究进展[J]. *农业与技术*, 2020, 40(22): 128-132. DOI:10.19754/j.nyyjs.20201130040.
- [26] 曹雪慧, 刘丽萍. 模糊综合评判在鸡肉感官评价中的应用[J]. *食品科学*, 2012, 33(8): 241-243.
- [27] 巨晓军, 屠云洁, 邹剑敏, 等. 不同货架期对冷鲜鸡肉品质的变化及相关性分析[J]. *中国畜牧杂志*, 2017, 53(11): 101-104. DOI:10.19556/j.0258-7033.2017-11-101.
- [28] 陈宽维, 陈国宏, 李慧芳, 等. 优质鸡内涵与选育[J]. *中国家禽*, 2003(19): 8-10. DOI:10.3969/j.issn.1004-6364.2003.19.002.
- [29] 李培峰, 魏清宇, 叶红心, 等. 边鸡肌肉品质的研究[J]. *动物营养学报*, 2016, 28(7): 2221-2227. DOI:10.3969/j.issn.1006-267x.2016.07.028.
- [30] 刘肱. 不同贮藏温度对冷鲜鸡微生物和肉品质影响研究[D]. 杨凌: 西北农林科技大学, 2015: 21.
- [31] 张惠. 饲养方式对雪山草鸡肉品质的影响[D]. 南京: 南京农业大学, 2012: 25-30.
- [32] 葛庆联, 唐修君, 樊艳凤, 等. 冷藏温度对冰鲜鸡质构特性的影响及新鲜度指标的确定[J]. *食品安全质量检测学报*, 2018, 9(4): 147-152. DOI:10.3969/j.issn.2095-0381.2018.24.025.
- [33] 李莎莎, 计红芳, 张今文, 等. 冰温保鲜过程中鸡肉品质及微观结构的变化[J]. *生产与科研应用*, 2019, 45(16): 201-207. DOI:10.13995/j.cnki.11-1802/ts.020553.
- [34] 李建军, 文杰. 肉滋味研究进展[J]. *食品科技*, 2001(5): 27-28; 42.
- [35] 周星辰. 不同低温贮藏方式对生鲜肉品质与加工特性的影响研究[D]. 成都: 成都大学, 2022: 8-9.
- [36] 邵磊. 鸡脯肉冰温贮藏性能和贮藏品质动力学研究[D]. 安徽: 安徽农业大学, 2011: 17-23.
- [37] 王正荣, 康壮丽, 朱明明, 等. 食品鲜度保持卡对冰温贮藏鸡胸肉品质特性的影响[J]. *食品工业科技*, 2019, 40(19): 273-279, 290. DOI:10.13386/j.issn1002-0306.2019.19.047.
- [38] 李敏涵, 李洪军, 李少博, 等. 抗冻保护剂在肉品及水产品贮藏保鲜中的应用研究进展[J]. *食品科学*, 2021, 42(1): 294-307. DOI:10.7506/spkx1002-6630-20191230-361.
- [39] 马利华, 王卫东, 宋慧, 等. 不同包装对肉品贮藏期间蛋白质氧化影响的研究[J]. *食品科技*, 2017, 42(5): 106-110. DOI:10.13684/j.cnki.spkj.2017.05.022.
- [40] 闫文杰, 李兴民. 不同包装材料对冷鲜鸡胸肉品质的影响[J]. *食品研究与开发*, 2016, 37(17): 29-31. DOI:10.3969/j.issn.1005-6521.2016.17.007.
- [41] STEFANIA Q, LOREDANA V. Antimicrobial food packaging in meat industry[J]. *Meat Science*, 2002(62): 373-380. DOI:10.1016/S0309-1740(02)00121-3.
- [42] 荆莹, 靳焱. 活性包装在肉品保藏中的发展及应用[J]. *食品科技*, 2010, 35(9): 142-145. DOI:10.13684/j.cnki.spkj.2010.09.044.
- [43] 骆双灵, 张萍, 高德. 肉类食品保鲜包装材料与技术的研究进展[J]. *食品与发酵工业*, 2019, 45(4): 220-228. DOI:10.13995/j.cnki.11-1802/ts.017763.
- [44] 马珍, 李吕木. 苹果多酚用作肉品保鲜剂的研究发展[J]. *食品与发酵工业*, 2012, 38(1): 147-151. DOI:10.13995/j.cnki.11-1802/ts.2012.01.042.
- [45] 甄宗圆, 唐子深, 李志杰, 等. 壳聚糖在肉类贮藏及保鲜中的应用进展[J]. *食品与发酵工业*, 2021, 47(18): 308-314. DOI:10.13995/j.cnki.11-1802/ts.026469.
- [46] OLUSEGUN A, OLAOYE, ABIODUN A, et al. Investigation on the potential application of biological agents in the extension of shelf life of fresh beef in Nigeria[J]. *World Journal of Microbiology Biotechnology*, 2010, 26(8): 1445-1454. DOI:10.1007/s11274-010-0319-5.
- [47] 刘存德, 卢元玲, 魏莹, 等. 肉制品加工中不同防腐剂防腐效果的研究[J]. *科教导刊(中旬刊)*, 2014, 4(3): 199; 238. DOI:10.3969/j.issn.1674-6813.2014.11.113.
- [48] SHARMA D P, PANDA P C, AHLAWAT S S. Effect of additives and microwave cooking oil quality of spent chicken meat patties[J]. *Journal of Food Science and Technology Mysore*, 2005, 42(1): 35-39. DOI:10.1111/j.1745-4557.2011.00395.x.
- [49] 赖宏刚. 冷鲜鸡与酱卤制品辐照综合保鲜技术研究[D]. 扬州: 扬州大学, 2017: 68-77.
- [50] 韩格, 陈倩, 孔保华. 低温等离子体技术在肉品保藏及加工中的应用研究进展[J]. *食品科学*, 2019, 40(3): 286-292. DOI:10.7506/spkx1002-6630-20180128-387.
- [51] DIRKS B P, DOBRYNIN D, FRIDMAN G, et al. Treatment of raw poultry with nonthermal dielectric barrier discharge plasma to reduce *Campylobacter jejuni* and *Salmonella enterica*[J]. *Journal of Food Protection*, 2012, 75(1): 22-28. DOI:10.4315/0362-028X.JFP-11-153.
- [52] PALIT S. Recent advances in the application of nanotechnology in food industry and the vast vision for the future[J]. *Nanoengineering in the Beverage Industry*, 2020, 20: 1-34. DOI:10.1016/B978-0-12-816677-2.00001-6.