



# 冷却肉保鲜方法及其机理的研究进展

张海峰<sup>1</sup>, 金文刚<sup>1</sup>, 白杰<sup>1,2</sup>

(1. 宁夏大学农学院, 宁夏银川 750021; 2. 宁夏食品检测中心, 宁夏银川 750021)

**摘要:** 冷却肉保鲜就是运用各种手段抑制或杀灭各种有害微生物, 从而保持冷却肉的品质并使之达到一定的保藏期。本文对目前冷却肉的保鲜方法及其研究机理做了较为系统的论述, 为今后冷却肉保鲜技术的研究与开发提供了理论依据。

**关键词:** 冷却肉; 保鲜方法; 机理

## Study on New Preserving Method and Mechanism of Chilled Meat

Zhang Hai-feng<sup>1</sup>, Jin Wen-gang<sup>1</sup>, Bai Jie<sup>1,2</sup>

(1. School of Agricultural, Ningxia University, Yinchuan 750021, China;

2. Ningxia Testing and Analytical Center of food Yinchuan 750021, China)

**Abstract:** Protection of chilled meat is to make use of various measures to repress or kill various harmful microorganism, thus keeping the quality of chilled meat and making it can be hide for a long period. This article introduced the current freshing measures and its mechanism of chilled meat, in order to provide theories for the research and developments in future.

**Key words:** Chilled meat; Preservation; Mechanism

中图分类号: TS205 文献标识码: B 文章编号: 1001-8123(2008)08-0074-05

### 0 前言

随着人民生活水平不断提高和市场肉品供应的丰富, 人们对消费的肉品的要求新鲜、安全、卫生, 因此, 近年来冷却肉逐渐成为市场的新宠。冷却肉(chilled meat)是指严格执行兽医卫生检疫制度, 屠宰后的胴体迅速进行冷却处理, 使胴体温度(以后腿肉中心为测量点)在24 h内降为0~4℃, 并在后续加工、流通、包装和销售过程中始终保持0~4℃范围内的生鲜肉。冷却肉虽然在生产、销售中要求始终处于在0~4℃条件下, 此时大多数微生物的生长繁殖被抑制, 可以确保肉的安全卫生, 但并不能完全抑制微生物的生长繁殖, 特别在贮存和销售过

程中由于外界各种环境因素的影响常会出现表面褪色现象, 严重影响其外观及可接受性。冷却肉的货架期成为限制冷却肉快速发展的主要瓶颈。降低冷却肉初始菌数和抑制残留微生物的生长繁殖是延长冷却肉保质期的关键问题。因此, 本文对目前延长冷却肉货架期采用的方法及其保鲜机理进行了综述。

### 1 气调保鲜

气调保鲜是冷却肉保鲜的重要方法, 其机理是通过在包装内充入一定的气体, 破坏或改变微生物赖以生存繁殖的条件, 以减缓冷却肉的生化变质, 达到保鲜防腐的目的。气调保鲜最常使用的

收稿日期: 2008-04-14

作者简介: 张海峰(1981-), 陕西宝鸡人, 男, 汉族, 在读硕士研究生, 主要从事农畜产品加工与贮藏研究。E-mail: haifeng198171@163.com

通讯作者: 白杰(1958-), 研究员, 硕士生导师, 主要从事畜产品加工与贮藏研究。E-mail: baijie.cn@126.com. Tel: 13909510820

气体有二氧化碳( $\text{CO}_2$ )、氧气( $\text{O}_2$ )和氮气( $\text{N}_2$ ),此外还包括低浓度的CO,或是这些气体的各种组合,但每种气体对冷却肉的保鲜作用不尽相同。

$\text{N}_2$ 性质稳定,没有异味,价格便宜,在水中的溶解度极小且不溶于油脂。使用 $\text{N}_2$ 主要是利用它来排除氧气,制造缺氧的微环境而减缓肉品氧化,同时抑制需氧微生物的活动。不同浓度的氮气对有害微生物的影响不同,氮气浓度越高,对细菌和霉菌的抑制力越强。

$\text{CO}_2$ 是气调保鲜中最关键的一种气体。纯 $\text{CO}_2$ 对大多数需氧型微生物和霉菌有较强的抑制作用,但对厌氧菌无抑制作用。有报道 $\text{CO}_2$ 能够阻碍假单胞菌等微生物的新陈代谢,影响微生物的酶法脱羧。混合气体中 $\text{CO}_2$ 的浓度大于20%时可使需氧菌的生长速度下降1倍。 $\text{CO}_2$ 可以溶解在水和油脂中,为了避免包装中因气体量减少导致食品包装发生萎缩现象,影响食品外观,一般混合气体中 $\text{CO}_2$ 的比例要达到30%以上才能达到预期效果,但 $\text{CO}_2$ 浓度过高抑菌效果则不明显。采用纯 $\text{CO}_2$ 保鲜时可有效避免 $\text{O}_2$ 存在条件下肉中脂肪的氧化,在0℃条件下冷却肉的保鲜期可达15d,但由于没有与 $\text{O}_2$ 接触,冷却肉的颜色暗淡,因此,一般不采用纯 $\text{CO}_2$ 包装。

$\text{O}_2$ 在气调保鲜中主要起保持肉色鲜红的作用,由于肌肉中肌红蛋白与氧分子结合后形成氧合肌红蛋白而呈现鲜红色,因此,保持较高的 $\text{O}_2$ 分压有利于形成良好的肉色。但 $\text{O}_2$ 过多容易引起需氧菌的迅速繁殖造成鲜肉的腐败和使肉中脂肪氧化加快。有资料报道,包装环境内氧的分压大于31.9KPa时就能促进并保持还原肌红蛋白转变为亮红色的氧合肌红蛋白的氧化反应。这要求包装容器内的氧的体积分数要达到30%以上。含氧混合气体保鲜中,一定浓度的 $\text{O}_2$ 会使 $\text{CO}_2$ 对假单胞菌、肠杆菌科菌和热死环丝菌的抑菌作用大大减弱,致使细菌总数快速增长,故含氧的混合气体保鲜仅适合保质期在1周以内的冷却肉。含氧气调包装的优势菌是假单胞菌属。

CO具有抑制细菌生长和抗氧化活性的作用,CO的抑菌效果随着浓度的提高而增强,但考虑到高浓度的CO气体具有一定的毒性,所以在气调包装中还是使用低浓度CO比较安全。在气调包装气体中低浓度CO与肌红蛋白结合可形成比氧合肌红蛋白( $\text{MbO}_2$ )更稳定的一氧化碳肌红蛋白( $\text{MbCO}$ )有助于保持冷却猪肉鲜红的颜色,提高冷却猪肉的感官效果。有研究表明:CO-MAP可抑制腐败细菌

的生长,除对乳酸菌抑制作用较弱外,对假单胞菌、肠杆菌科菌和热死环丝菌均具有很强的抑制作用。CO-MAP包装贮存末期的优势菌为乳酸菌。

$\text{O}_3$ (臭氧)是一种高效消毒剂,具有强大的杀菌作用,可以杀灭各种微生物。据报道,臭氧对革兰氏阳性菌和革兰氏阴性菌,真菌和病毒都具有杀灭作用,但臭氧杀菌作用受臭氧浓度、pH值温度食品添加剂(表面活性剂、糖等)和有机物质等因素影响。肖岚等通过实验测定冷却猪肉在贮藏期间的感官品质、微生物和理化指标来评价臭氧的保鲜效果。结果表明,臭氧处理可有效地改善冷却猪肉在贮藏期的保鲜效果,且对冷却猪肉的保鲜效果随其浓度的增加而增加,臭氧的有效保鲜浓度为4mg/L。

## 2 真空保鲜

真空保鲜是通过将包装内的空气抽出降低氧气含量,抑制好氧细菌的生长繁殖并保持肉中的肌红蛋白处于还原状态的淡紫色,当肉从袋中拿出遇氧能迅速恢复鲜红色。高阻隔性膜不仅阻止肉品与外界接触而造成污染,也阻止肉表面因脱水而造成的重量损失,相对延长肉的货架期。真空包装的作用主要有三个方面:抑制微生物生长,防止二次污染;减缓脂肪氧化速度;使肉品整洁,提高竞争力。真空包装是采用非透气性材料,降低肉品周围的空气密度,从而控制肉中肌红蛋白和脂肪氧化及需氧微生物的生长。真空包装可有效地延长冷却肉的货架期,采用真空包装冷却肉在0-4℃条件下可储存21-28d。真空包装在贮藏末期的优势菌是乳酸菌。国外鲜肉的真空包装有三种:1分割肉用收缩薄膜的包装袋包装,然后抽真空并热封封口,再用热水使包装袋收缩;2采用热成型真空包装机和高阻隔性塑料薄膜包装。单快牛肉或猪肉放入热成型的塑料盒内然后加盖膜抽真空热封;3真空贴体包装。

## 3 保鲜剂保鲜

冷却肉保鲜中常使用到的保鲜剂根据来源可分为微生物源防腐剂、植物源抗菌防腐剂和动物源防腐剂。

微生物源防腐剂是指由微生物代谢产生的抗菌物质,主要有有机酸、多肽或前体肽。其作用机理是在细胞膜上形成微孔导致细胞膜通透性增加和能量产生系统的破坏,从而抑制微生物的生长。利用单一或混合有机酸溶液喷淋或浸渍处理鲜肉,

能快速抑制冷却肉表面的腐败菌生长和繁殖,延长产品保质期。有机酸分子既能透过微生物的细胞进入细胞内部而分离细胞内电荷的分布,导致细胞代谢紊乱或死亡,还能降低肉的水分活度和基质的pH值,特别是低分子的有机酸在6℃对G<sup>-</sup>和G<sup>+</sup>均有抑制作用。但有机酸保鲜液处理的样品存在汁液流失过多、口味偏酸和肉表面色泽变淡等缺点。余群力等人在醋酸喷涂法延长冷却羊肉货架寿命试验研究中发现3.5%~4.5%醋酸溶液可显著(P<0.01)地降低肉样细菌总数、TVBN值,控制pH值上升,对肉样感官指标也有良好的作用,延长肉样保鲜期12d左右;1.5%~2.5%醋酸溶液可程度不同(0.05>P>0.01)地降低细菌总数、TVBN值,减缓pH值上升,可延长肉样货架寿命5d左右;0.5%醋酸溶液对肉样保鲜无效果(P>0.05)。

植物源防腐保鲜剂包括生姜、大蒜、丁香、桂皮、迷迭香和茶多酚等及其提取物质,这些食用香辛植物除了调味增香、抗氧除臭的作用外也具有抗菌防腐作用,能够抑制传染性微生物的生长。它们的特点是毒性低、来源丰富和价格低廉,还赋予冷却肉在感官上特殊的风味及生理保健功能。从香辛植物提取的油状物质精油也具有杀菌作用。精油是多种成分的混合物,其中丁香酚、柠檬醛、萜类物质的含量在很大程度上决定了其抗菌能力。除此之外还与所含物质结构及功能基因有关,通常含有石炭酸结构烯丙醇异硫氰酸盐的精油对G<sup>+</sup>菌和许多真菌有良好的抑制作用。

## 4 涂膜保鲜

涂膜保鲜是将肉浸渍于涂膜液中,或将涂膜液喷涂于肉表面,在肉表面形成一层膜,从而改变了表面气体环境,有效地防止汁液流失,并能影响细胞内物质的通透性,损伤细胞,从而抑制微生物生长,以达到防腐保鲜目的。应用较多的成膜物质有壳聚糖、海藻酸钠、羟甲基纤维素、淀粉和蜂胶等。

壳聚糖是由甲壳素经脱乙酰基化反应得到的一种多糖类有机聚合物,是自然界中存在的唯一的碱性多糖。它是性能稳定、无毒,具有很好的成膜性,对冷却肉有明显抑菌作用。酸溶性壳聚糖的保鲜效果好于水溶性壳聚糖。段静芸等人在壳聚糖在鲜猪肉中有明显的保鲜作用,且脱乙酰度越高,壳聚糖的保鲜效果越好;2.5%的水溶性壳聚糖能使冷却肉保质期达到5d左右,而1.5%的壳聚糖醋酸溶液(醋酸浓度1.5%)能使保质期达到6d,但

酸溶性壳聚糖会使肉样产生酸味,影响感官,而水溶性壳聚糖保鲜液无此缺陷。海藻酸钠本身也是一种食物纤维,具有减肥、降低血脂、清除体内有毒物质和抗肿瘤等生理保健功能。蜂胶具有抑制和杀死细菌、真菌、病毒,原生虫,增强免疫功能的作用,对某些细菌外毒素有中和作用,蜂胶还具有抗氧化作用并能在产品表面能形成涂膜,对人体无毒无害,国外有利用此膜保鲜冷却肉报道。

## 5 超声波保鲜

超声波对微生物有破坏作用是使微生物细胞内容物受到强烈的震荡而使细胞破坏。一般认为在水溶液内,由于超声波的作用,能产生过氧化氢,具有杀菌能力。朱秋劲等在超声波和气调贮藏对冷却牛肉保鲜效果影响的实验中证明新鲜牛肉通过超声波处理,可以很好地促进了牛肉中蛋白质分解酶的游离和分泌,使游离氨基酸量得到增加,促进组织结构变化,从而达到改善肉质的嫩度。

## 6 辐射保鲜

用于杀菌的辐射可以分为二类,一类是非电离辐射(如紫外线、红外线和微波);另一类是电离辐射( $\gamma$ 射线)。微波和红外线能使物质分子产生转动或振动而发热,从而起到杀菌作用; $\gamma$ 射线能量很高,能引起有机物分子的激发或电离,因而具有杀菌作用。辐射杀菌的基本原理是干扰微生物代谢,破坏细胞内膜,引起酶系统紊乱;水分经辐射离子化,促进微生物死亡。微生物对辐射的敏感性受射线种类、照射剂量、照射次数、温度等因素影响。辐射处理可明显抑制冷却肉上的腐败菌,延长产品保质期。此技术具有应用范围广、节能、高效、可连续操作、易实现自动化和辐射后不会留下任何残留物的优点。但冷却肉经辐射后随着辐射剂量的增加有轻微辐射味产生。Naiket al对Buffalo肉片用低剂量 $\gamma$ 射线辐照研究,将其包装于聚乙烯袋中以2.5kgy剂量照射,贮存于0~3℃,其货架期达4周,辐照后微生物数量立即减少2~3个对数期。

## 7 高压保鲜

随着人们对低温处理与不加防腐剂新鲜食品的崇尚,高压处理鲜肉,特别是在冷鲜肉保鲜上具有十分重要的意义。高压能破坏氢键之类弱的结合键,使微生物基本物质变异,产生蛋白质压力凝固及酶失活,还能造成菌体内成分泄漏和细胞膜破裂,导致微生物细胞死亡。一般压强越高效果越

好,微生物致死越明显。高压作用也可使肌球蛋白结构松弛,降低肉的剪切力值,有利于肉的嫩化和加速肉的成熟;同时,高压还可以提高脂肪的熔点,从而防止脂质氧化及由此引起的货架期的缩短。由于高压对食品的加工和贮藏并没有也不会产生什么不良的影响,从长远看是一项很有发展前途和实际应用价值的贮藏技术。有人对存在于鲜肉或肉制品中不同微生物的研究表明,对25℃猪肉施400Mpa压力10min,其培养后达 $10^6$ – $10^7$  CFU/g的大肠杆菌、荧光假单胞菌、沙门氏菌、耶尔森氏杆菌等至少可减少6个对数周期。有研究表明,高温(35℃或50℃)或低温4℃能增强压力效果。20℃下对要加工的鲜肉施200–300Mpa的压力20min,然后贮存于3℃(MAP或VSP包装),微生物的生长可延缓6d;经100–600MPa高压处理5–10min可使一般细菌、酵母、霉菌数减少,直至被杀灭;高压处理的肉3个月后,其新鲜度仍能保持完好。

## 8 减压冷藏保鲜

减压冷藏保鲜是目前一种先进的冷藏保鲜技术。利用减压冷藏法对冷却肉进行批量冷藏,在我国还未见到这方面的具体报道,美国和西欧的一些国家利用减压冷藏技术对冷却肉进行冷藏和运输早已获得成功。在减压系统中,冷藏环境压力从760毫米汞柱降至10毫米汞柱时,氧的含量也会随着降到0.2%以下,这时的低氧环境也可有力的抑制细菌和霉菌对肉类的侵染。当控制温度在-1℃,相对湿度在95%以上,冷却后的肉类可贮藏50天左右,质量仍然很好。同时,在减压冷藏期间,由于酶的作用可使肉进一步成熟,能大大改善冷却肉的风味和嫩度。

## 9 冰温冷藏保鲜

冰温冷藏保鲜方法是在冷却肉肉体体内注入冰点下降剂或在配制的冰点下降剂溶液中进行浸渍,使肉体及汁液冰点下降至-5至-8℃而不发生冻结。其原理是依靠物理和生化手段,使冷却肉在低于其冰点以下的一定温度范围内,不使冷却肉冻结,汁液不生成冰结晶的低温环境中冷藏,以延长冷却肉的保鲜期。其在这样的低温下微生物不利于生长繁殖,但有利于冷却肉的长期贮藏和品质的保持。冰点下降剂一般是在自然条件下利用天然物质制作的,不会对冷却肉的冷藏和肉的成熟产生不良影响,而且在食用中也没有任何副作用。有些冰点下降剂配方中的物质还能进一步增加肉类

的某些营养成分和改善其风味。

## 10 栅栏保鲜技术

一般认为,任何单一保鲜措施都很难控制冷却肉中微生物的繁殖和理化变化,必须采用综合保鲜技术才能达到理想的保鲜效果。目前研究较多的是栅栏技术(Hurdle Technology)。该技术是由德国Leistner在长期研究的基础上率先提出。食品要达到可贮性和卫生安全性,这就要求在其加工中根据不同的产品采用不同的防腐技术,以阻止残留的腐败菌和致病菌的生长繁殖。已知的防腐方法根据其防腐原理归结为高温处理(H),低温冷藏或冻结(t),降低水分活性(A<sub>w</sub>),酸化(pH),降低氧化还原值和添加防腐剂等几种,即可归结为少数几个因子。我们把存在于肉制品中的这些起控制作用的因子,称作栅栏因子(Hurdle Factor)。研究表明,各栅栏因子之间具有协同作用,当肉制品中有两个或两个以上的栅栏因子共同作用时,其作用效果强于这些因子单独作用的叠加。这主要是因为不同栅栏因子进攻微生物细胞的不同部位,如细胞壁、DNA、酶系统等,改变细胞内的pH值、A<sub>w</sub>、氧化还原电位,使微生物体内的动平衡被破坏(即“多靶保藏”效应),但是对于某一个单独的栅栏因子来说,其作用强度的轻微增加即可对肉制品的货架稳定性产生显著的影响(即“天平”原理)。栅栏因子共同防腐作用的内在统一,称作栅栏技术。贺红军利用自制的大然生物保鲜剂,结合真空包装和辐照保鲜技术,从细菌总数、TBA、TVB-N和感官指标等方面,考察了综合保鲜技术对冷却肉的保鲜效果。结果表明,生物保鲜剂和辐照技术对冷却肉的保鲜具有协同作用,经真空包装,保质期可以达到21天以上。罗爱平等筛选了茶多酚、乳酸菌肽、胶原蛋白、壳聚糖等组成的复合天然保鲜膜,结合真空包装技术对冷却牛肉的保鲜效果进行研究。并测定菌落总数、大肠菌群、水分活度、汁液渗出率、pH、嫩度、H<sub>2</sub>S、TVB-N等指标。主要以TVB-N来判定冷却肉最终新鲜度。结果表明:对照组的保质期仅为6d,试验三、五组均可使冷却肉的保质期达到18d以上,试验五组对冷却肉的保鲜效果明显优于其它组,可使保质期达到21d以上。

## 11 展望

冷却肉作为一种全新的肉类产品与传统的热鲜肉和冷冻肉相比具有:安全卫生、质地柔软、富

有弹性、口感细嫩、滋味鲜美、汁液流失少、营养价值高等优点。冷却肉因其自身的优点,日益成为肉类消费的主流,但因其货架期较短及颜色易变的缺点又阻碍着它的进一步发展,延长冷却肉的货架期及对其色泽的保护就成为其发展的关键。单一的保鲜方法通常都存在着一定的缺陷,因此,当前国内外保鲜剂开发的方向是综合保鲜技术,这既可以起到互补和相乘效果,有效地抑制微生物生长和其它不利因素。因此,在冷却肉的生产、流通、销售过程中,采取合理有效的保鲜方法,将有助于推动冷却肉的加速发展。

## 参考文献

- [1] 孙旺斌. 冷却肉—我国肉类消费的新趋势[J]. 榆林学院学报, 2005(15):5-8.
- [2] 王金枝, 孔保华, 刁新平. 冷却肉保鲜的研究进展[J]. 黑龙江畜牧兽医, 2004 (5):66-67.
- [3] 白建, 孙好学, 上官鹏军. 冷却肉保鲜技术的新研究[J]. 肉类研究, 2006 (7): 39-42.
- [4] 夏秀芳, 孔保华. 冷却肉保鲜技术及其研究进展[J]. 农产品加工, 2006 (2): 25-27.
- [5] 段静芸, 段静芸, 徐幸莲, 等. 气调包装(MAP)在鲜肉保鲜中的应用[J]. 食品科技, 2002 (1): 62-72.
- [6] 李诚, 廖敏, 刘书亮, 等. 气调包装及天然保鲜剂对冷却鲜猪肉的保鲜效果研究[J]. 食品科学, 2004, 25 (11): 307-401.
- [7] 戴瑞彤. 含CO<sub>2</sub>气调包装对冷却肉货架期和色泽稳定性的影响[J]. 保鲜与加工, 2004, 23 (4): 8-10.
- [8] 马丽珍. 不同气调包装方式的冷却猪肉在冷藏过程中的微生物变化[J]. 农业工程学报, 2004, 7 (4): 160-164.
- [9] 张缙. 冷却牛肉的气调保鲜[J]. 食品科学, 2004, 25 (2):179-183.
- [10] 肖岚, 李诚, 辛松林. 臭氧对冷却肉的保鲜效果[J]. 肉类工业, 2007(3):3-5.
- [11] 付丽, 孔保华. 一氧化碳在冷却猪肉保鲜中的应用[J]. 食品科技, 2005 (8):82-83.
- [12] 段静芸, 徐幸莲, 周光宏. 壳聚糖在冷却鲜猪肉保鲜中的应用研究[J]. 食品工业科技, 2001, 22 (4): 26-28.
- [13] 吉伟之, 熊何建, 马志春, 等. 壳聚糖对猪肉保鲜效果的研究[J]. 食品工业科技, 2000, 21 (3):13-16.
- [14] 林伟忠. 甲壳素/壳聚糖及其在食品工业中的应用[J]. 食品科学, 1996 (2):11-15.
- [15] 刘书亮, 杨勇, 李诚. 复合保鲜液对冷却猪肉保鲜作用的研究[J]. 食品科学, 2004, 25 (4): 168-170.
- [16] 于海燕, 肖杨, 罗永康, 等. 几种天然保鲜剂对冷却猪肉保鲜效果的研究[J]. 肉类研究, 2003 32-35.
- [17] 马美湖, 姜爱华, 葛长荣, 等. 冷却肉生产中保鲜技术的研究—溶菌酶、Nisin、山梨酸钾保鲜正交试验[J]. 食品科学, 2005, 260 (3): 235-236.
- [18] 付丽, 夏秀芳, 孔保华. 生姜乙醇提取物对气调包装冷却猪肉的护色效果[J]. 肉类工业, 2005 (8):23-26.
- [19] 李志春. 天然保鲜液对冷却猪肉的保鲜效果研究[J]. 山西农业科学, 2004, 32(3): 73-77
- [20] 孙向军, 宋立华, 周杰. 冷却肉涂膜保鲜贮藏过程中的微生物变化[J]. 上海交通大学学报, 2002 (20):3-4.
- [21] 邓明, 哈益明, 严奉伟, 等. 冷却肉低剂量辐照后的理化和感官特性变化[J]. 食品科学, 2005, 26 (8): 121-126
- [22] 朱秋劲, 罗爱平, 林国虎, 等. 超声波和气调贮藏对冷却牛肉保鲜效果的影响[J]. 食品科学, 2006 (27):240-245.
- [23] 姜培珍, 徐志成, 陈敏, 等. 辐照消毒技术在真空包装冷却肉中的应用研究[J]. 上海预防医学杂志, 1999, 11(8):353-356.
- [24] 牛乐宝, 葛长荣, 曹振辉. 冷却肉现代保鲜技术[J]. 保鲜与加工, 2004, 4(6):28-29.
- [25] 罗爱平, 朱秋劲, 郑虹, 等. 综合保鲜技术对冷却牛肉的保质研究[J]. 食品科学, 2004, 25 (2): 174-179.
- [26] 蒋建平, 陈洪, 周晓媛. 以茶多酚为主体的抗氧化剂联用对冷却肉保鲜作用的研究[J]. 株洲工学院学报, 2005(19):1-2.
- [27] 张鹰, 曾新安, 温其标. 生物防腐剂及其在食品中的应用[J]. 食品与机械, 2006(22)1:77-79.
- [28] 贺红军, 孙承怪. 生物保鲜和辐射保鲜技术在冷却肉上的应用研究[J]. 肉类研究, 2007 (1): 43-46.
- [29] 罗爱平, 朱秋劲, 郑虹, 等. 综合保鲜技术对冷却牛肉的保质研究[J]. 食品科学, 2004, 25 (21):174-175.