天然保鲜剂在肉类食品保鲜中的应用与展望

张顺亮，成晓瑜，陈文华，戚 彪，乔晓玲 *
(中国肉类食品综合研究中心，北京 100068)

摘 要：我国肉类食品的保鲜问题一直是限制其发展的一个重要因素，而化学保鲜剂的使用又使人们的健康受到威胁。要使我国肉类食品生产走集风味和安全于一体的路线，有必要采用天然保鲜剂。天然保鲜剂具有无毒、高效、抑菌谱广等特点，本文介绍几种新型天然保鲜剂的理化性质、抑菌谱、抑菌原理，简述它们目前在肉类食品保鲜中的研究及应用情况，进而对我国肉类食品天然保鲜剂的发展前景进行展望。

关键词：天然保鲜剂；肉类食品保鲜；应用；展望

Applications and Prospects of Natural Preservatives in Meat Preservation

ZHANG Shun-liang，CHENG Xiao-yu，CHEN Wen-hua，QI Biao，QIAO Xiao-ling*
(China Meat Research Center, Beijing 100068, China)

Abstract：Meat preservation is always an important factor limiting the development of Chinese meat products. Chemical preservatives have been recognized to threaten consumers' health. Hence, the priority of natural preservatives over chemical preservatives is necessary to ensure both the flavor and safety of Chinese meat products. Natural preservatives have the benefits of nontoxicity, high efficiency and broad antimicrobial spectrum. This paper describes physicochemical properties, antimicrobial spectra, antimicrobial mechanisms of several natural preservatives, briefly introduces their current research and application status, and predicts development prospects of natural preservatives in our country.

Key words：natural preservatives；meat preservation；application；prospects
中图分类号：TS205.9 文献标识码：A 文章编号：1001-8123(2011)08-0037-05

肉类食品在生产与贮存过程中极易受微生物侵染、氧化作用等影响而发生腐败现象。鲜肉在0～4℃低温条件下一般只能保存7～10d左右，熟肉制品(如肠类、酱卤类等)在常温条件下的保质期也较短。若肉类食品被微生物污染，将会使蛋白质分解，产生有害物质腐胺、组胺和色胺等，是食物中毒的重要原因。为了延长肉类食品的保质期，必须采用一定的处理方式以达到抑制肉中微生物生长和酶活力的目的，保证肉类食品的颜色和气味的正常。目前肉类食品的保鲜技术主要有：低温保藏、辐照、气调包装和添加保鲜剂等。其中，添加保鲜剂具有操作简便、成本低、效果好等特点。

保鲜剂的应用可有效防止有害微生物的破坏，在一定时期内保持肉类食品的特色和新鲜度。根据来源不同，食品保鲜剂分为化学合成保鲜剂与天然保鲜剂。目前使用的化学合成保鲜剂在具有较高防腐保鲜效果的同时又往往给人类健康带来不良的影响，甚至会出现致癌、致畸、致突变等危害。而天然防腐保鲜剂主要来源于动植物原料，以及利用微生物进行发酵得到的产物，具有无毒、安全、抑菌谱广等优点，是肉类食品保鲜剂研究开发的一个新的方向。

1 天然保鲜剂在肉类食品中的应用

由于天然保鲜剂具有的独特优势，近年来，国内外学者对其性质、应用、安全性等进行了深入研究。在肉类食品研究中使用较多的天然保鲜剂主要有：茶多酚、乳酸链球菌素、溶菌酶、壳聚糖、天然香辛料提取物等[1]。

1.1 茶多酚

茶多酚(tea polyphenol，TP)是茶叶中的主要成分，属于天然多酚类物质，具有良好的抗氧化能力。TP主

收稿日期：2011-08-17
基金项目：科技部农业科技成果转化基金项目(2010GB2T010705)
作者简介：张顺亮(1985—)，男，工程师，硕士，研究方向为畜产品加工与贮藏。E-mail：feodour@yahoo.cn
* 通信作者：乔晓玲(1964—)，女，高级工程师，本科，研究方向为肉品科学和加工技术。E-mail：cmecsen@126.com

要包括儿茶素类、黄酮、黄酮醇类、花青素等[2]，一般是白色无定形粉末状，有涩味，并略有吸潮性，在潮湿的空气中易氧化呈褐色。TP能溶于水及甲醇、乙醇、丙酮等有机溶剂，微溶于油脂，不溶于氯仿，其水溶液的pH值为3.0～4.0。TP对热和酸比较稳定，在碱性或光照条件下易氧化褐变。TP是无副作用、安全性好的天然食品添加剂，可通过口腔黏膜吸收，最后由尿排出体外。

研究表明，TP对兼性厌氧菌、革兰氏阴性好氧杆菌和球菌、革兰氏阳性球菌、产芽孢杆菌等都有明显的抑制作用[3]。TP可抑制肠道的致病菌，并对双歧杆菌有促进作用，改善人体肠道的微生态，增强肠道的免疫功能[4]。影响TP抑菌作用的因素主要有pH值、温度和盐浓度等。唐裕芳等[5]指出，pH值对TP抑菌活性的影响较大。温度对TP的影响不明显，食盐可增强其抑菌活性。

TP抑菌的基础主要是其分子中的酚羟基，酚羟基可与细菌蛋白质分子中的氨基或羧基发生氢结合，其疏水性的苯环结构也可与蛋白质发生疏水结合，茶多酚与蛋白质之间的这种多点结合作用使其具有抑菌性[6]。

吴少雄等[7]的研究表明，添加0.1%的茶多酚在腊肉中，能延缓腊肉的酸败，延长储藏期，还能提高肉品品质。王树林[8]通过研究发现，TP与有机酸混合，可获得良好的保鲜效果，其用量一般以0.002%为宜。在西式火腿的生产过程中，0.1%茶多酚与0.1%壳聚糖联用，可以较好地抑制火腿中杂菌的生长[9]。在冷却牛肉中添加TP，可显著延长货架期[10]。蒋建平等[11]探讨了TP分别与VC、VE、(VC+VE)组成的复合保鲜剂对冷却肉货架寿命的影响，研究结果表明，茶多酚对冷却肉具有显著的保鲜效果，它与VE、VC、(VE+VC)联用时的保鲜效果更好。

1.2 乳酸链球菌素

乳酸链球菌素(Nisin)是一种多肽类细菌素，由34个氨基酸残基组成[12]，其分子质量为3510D，分子式是$C_{14}H_{228}N_{42}O_{37}S_7$，其活性体常为二聚体或四聚体[13]。Nisin的溶解度与其溶液的pH值有关，pH2.5时，溶解度为12%， pH5.0时，溶解度为3mg/L，而当溶液的pH7.0时，溶解度变为49mg/mL。Nisin的稳定性与溶液的温度和pH值有关，Nisin在高酸和加热时都表现出较好的稳定性[14]，其耐热性能优良[15]。当Nisin加入到大分子食品中(如牛奶、肉汤)时，由于受到大分子介质的保护，其稳定性大大增强[16]。Nisin有6种类型，分别为A、B、C、D、E和Z型。其中Nisin A和Nisin Z的抑菌效果较好，二者的区别在于第27位氨基酸不同。有研究表明，在同浓度条件下，Nisin Z的抗菌能力比Nisin A强[17-18]。

Nisin为窄谱抗菌素，早期研究认为它只能抑制革兰氏阳性细菌(如葡萄球菌属、链球菌属、芽孢杆菌属等)的生长和繁殖，对革兰氏阴性菌、酵母和霉菌无效。但近期研究发现，在一定条件下，如加热和使用EDTA处理，Nisin也能抑制一些革兰氏阴性菌的生长，如沙门氏菌、大肠杆菌、放线杆菌等[19]。

关于Nisin的保鲜作用机理主要有以下几种观点：1)Nisin是疏水性的带正电荷的肽类，在一定膜电位下吸附于细菌的细胞膜上，并通过C端作用形成通透孔道，导致细胞内K^+等流失，细胞外水分子流入，细胞自溶而死亡[20-21]。2)Nisin分子中的脱氢丙氨酸和β-甲基脱氢丙氨酸可以与敏感菌株细胞膜中某些酶的巯基发生作用，使细胞质内物质外流，造成细菌细胞裂解[22]；3)Nisin作用于细胞的细胞膜上，使细菌细胞壁中肽聚糖的生物合成受阻，同时也抑制细胞膜和磷脂化合物的合成，引起细胞裂解[23]；4)Nisin利用离子间的相互作用，以及利用C端和N端对细胞膜结构产生的作用，形成穿膜孔道，从而导致细胞内物质外流，使细胞解体死亡。

孔保华等[24]研究发现，将Nisin添加于红肠中，Nisin可显著降低细菌总数，并延长产品保存期。张洪震等[25]将不同浓度的Nisin溶液用于猪肉的保鲜，结果表明，Nisin对猪肉具有一定的抑菌保鲜作用，并且该作用随Nisin浓度的增加而增强。陈果忠[26]将Nisin添加到低温肉制品中，研究了肉的感官指标和细菌数的变化。结果表明， Nisin在低温肉制品中使用能有效抑制细菌繁殖速度，从而延长肉制品的货架期。罗欣等[27]研究发现，在牛肉冷藏保鲜中，Nisin有显著的抑菌作用，细菌总数明显降低，且保鲜效果随Nisin浓度增加而增强，其有效保鲜用量为0.075g/kg，且与乳酸钠之间存在协同作用，而与山梨酸钾发生拮抗作用。

由于Nisin是窄谱抗菌素，单独使用未必起到好的效果，通常将Nisin和其他几种保鲜剂联合使用。赵春燕等[28]通过研究不同浓度的Nisin、纳他霉素、乳酸的复配保鲜剂对冷却肉的作用效果，发现不同浓度的Nisin、纳他霉素和乳酸处理冷却肉，可起到不同程度的保鲜效果，复配的最优水平组为Nisin 0.008%、纳他霉素0.012%、乳酸3%。

1.3 溶菌酶

溶菌酶(lysozyme)化学名称为*N*-乙酰胞壁质聚糖水解酶，又称胞壁质酶，存在于大多数动植物体内，某些微生物也能产生溶菌酶[29-30]。蛋清中含量最丰富(3.5%)，多数商品溶菌酶是从蛋清中提取纯化的。溶菌酶为白色晶体，味甜，易溶于水和盐溶液，在乙醇作用下产生沉淀。溶菌酶非常稳定，其最适温度为45～50℃，最适pH值为6～7，等电点为10.7～11.0。溶菌酶受热后易失去活性，但在酸性条件下却是稳定的，在

pH3时，能耐100℃高温达45min。溶菌酶由129个氨基酸残基组成，能催化革兰氏阳性菌细胞壁肽聚糖的β-1,4-糖苷键水解，使细菌细胞壁破坏而达到溶菌的作用[31]。溶菌酶是一种无毒、无副作用的蛋白质，已在肉制品、乳制品、饮料、糕点、水产品、果蔬制品中使用。

溶菌酶对地衣型芽孢杆菌、革兰氏阳性菌、枯草杆菌、大肠杆菌、好气性孢子形成菌等均有良好的抗菌作用，对普通变球菌、副溶血性弧菌等革兰氏阴性菌也有一定程度的抑制作用[32]。

溶菌酶专一性地作用于肽聚糖分子的*N*-乙酰氨基葡萄糖(NAG)及*N*-乙酰胞壁酸(NAM)之间的β-1,4糖苷键，使其断裂[33]。而肽聚糖是细菌细胞壁的主要组成成分，经过溶菌酶作用后，就会损害细胞壁结构的完整性，从而失去对细胞的保护作用，导致渗透压不平衡，细胞破裂，从而导致细菌体细胞溶解而死亡。

湖南农业大学研制开发的含有溶菌酶HN safety-010低温肉制品保鲜剂添加到原料肉中进行低温加热，可延长低温肉制品保鲜期一倍以上的时间[32]。张凤凯等[34]在软包装肉制品真空包装前添加一定量的溶菌酶保鲜剂，然后巴氏杀菌(80～100℃，25～30min)，可获得良好的杀菌效果，有效地延长小包装方便肉制品的保鲜期。马美湖等[35]对溶菌酶、Nisin、山梨酸钾在冷却肉中的保鲜效果进行了研究，通过正交试验，确定三者复合使用能延长冷却肉的保质期。顾仁勇等[36]研究发现，0.05%溶菌酶、0.05%Nisin、0.1%山梨酸钾混合液能有效延长猪肉的保鲜期，在0～4℃真空包装条件下能达到30d以上。

1.4 壳聚糖

壳聚糖又称聚氨基葡萄糖、甲壳素、几丁聚糖等，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。壳聚糖广泛存在于节足动物以及菌类、藻类植物的细胞壁中。自然界中甲壳素有3种构型：α、β和γ，其中α型最为常见。

壳聚糖为含氮多糖类物质，化学名为(1,4)-2-氨基-2-脱氧-β-*D*-葡聚糖，分子式为$C_{30}H_{50}O_{49}$，为白色粉末，不溶于水及绝大多数有机溶剂，溶于盐酸、硫酸等强酸。壳聚糖的安全性高，对人体没有拮抗作用，在美国已被FDA批准为食品添加剂应用于各种食品中[37]。

壳聚糖的抑菌范围广、抗菌活性强。对于壳聚糖的抗菌活性，国外已有文献进行了报道[38]，其对大肠杆菌、金黄色葡萄球菌、枯草杆菌、变形杆菌、酵母菌都有较强的抑制能力。壳聚糖对许多病原真菌也有一定程度的直接抑制作用[39]。其抗菌活性与其浓度和分子质量有关，也与分子结构中游离的氨基含量有关。

壳聚糖防腐保鲜的机理[37]：壳聚糖分子结构上的游离氨基具有多聚阳离子性，可以与微生物细胞表面的脂多糖、糖醛酸磷壁质、磷壁质酸等酸性物质互相吸附形成复杂的高分子电解质，使细胞的渗透性增大，造成细菌胞内物质渗出，生长被抑制或死亡。同时壳聚糖能够渗透到细菌的细胞膜中，与细胞中的DNA结合，使细胞核中DNA向RNA转录受阻和干扰蛋白质的合成，细菌的繁殖受到限制，从而使细菌处于完全休眠或半休眠状态，起到抑制细菌生长的作用。

段静芸等[40]利用不同浓度的壳聚糖，以及不同气体配比的气调包装对冷却肉进行保鲜处理。结果表明：壳聚糖在鲜猪肉中有明显的保鲜作用，且浓度越高，保鲜效果越好，以溶于1%醋酸的l%壳聚糖溶液为冷却鲜猪肉的保鲜液，保鲜期可达7d，且冷却肉的感官品质较好。孙向军等[41]利用较低的醋酸浓度，将壳聚糖应用于冷却肉的涂膜保鲜，结果表明，壳聚糖在0.5%和1%醋酸中溶解性好，能抑制微生物的生长。壳聚糖还可以用于低温肉制品和高温肉制品的防腐保鲜，蒋千里等[42]进行了壳聚糖作为低温肉制品保鲜剂的应用研究，结果表明，壳聚糖明显延长了低温肉制品的保质期，壳聚糖对低温肉制品抑菌效果与浓度有关，浓度越高抑菌效果越好。

很多学者对壳聚糖复合保鲜剂在肉类食品保鲜中的应用进行了研究。罗爱平等[43]利用可食性胶原蛋白和壳聚糖与乳酸链球菌素配制成的复合保鲜液对冷却牛肉涂膜保鲜进行比较，结果表明，壳聚糖复合保鲜剂要优于胶原蛋白保鲜，利用复配的保鲜剂低温肉制品的保质期能达到150d。孙京新等[44]利用壳聚糖(0.03%)、双乙酸钠(0.3%)溶液处理盐水鸭，用真空包装和微波照射后，放在室温(25℃)环境中贮藏。结果表明，用壳聚糖、双乙酸钠(SDA)处理后的鸭肉，其货架寿命明显大于对照组，可达12d。

1.5 天然香辛料提取物

香辛料(spices)是来源于植物的种子、花蕾、叶茎、根块等，或其提取物，具有香、辛、麻、辣等典型风味的食用植物香料的简称，它能够赋予食品以风味，使食品风味协调，增强典型风味，起到帮助消化和吸收的作用。在食品加工中，常用的香辛料主要有辣椒、大蒜、葱、生姜、花椒、桂皮、丁香、砂仁、茴香、肉桂、胡椒等[45]。香辛料在改善肉类食品风味的同时，并具有抗菌活性，能够减少肉中病原微生物的数量，延长货架期[46]。香辛料含有挥发油、辣味成分以及有机酸、纤维、黏液物质、胶质等成分，通常需要采用一定的方法将其中的有效功能成分提取出来，制成保鲜液。

香辛料可抑制多种革兰氏阳性菌和革兰氏阴性菌的生长[47]，其抗菌成分主要有丁香酚、二丙烯硫醚、水芹烯、香芹酮、茴香脑、百里酚、异冰片、肉桂醛、

香草醛、柠檬烯和水杨醛等。如迷迭香中抗菌成分有鼠草酚、迷迭香酚和迷迭香双醛等，对大肠杆菌、金黄色葡萄球菌的生长均有明显抑制作用[48]。丁香的抑菌成分主要集中在丁香油中，对食品中金黄色葡萄球菌、枯草芽孢杆菌和大肠杆菌的生长均有不同程度的抑制作用[49]。

香辛料提取物能抑菌防腐，真正起作用的是其精油，精油中有效成分能透过细胞而进入菌体，精油中的类萜类降低生物膜的稳定性，从而干扰了能量代谢的酶促反应，从而起到抑菌的作用。

朱剑凯[50]利用天然香辛料丁香、小茴香、肉豆蔻的乙醇提取液作为保鲜剂，对冷却牛肉进行处理，然后将样品在0～4℃条件下保存冷藏。实验结果表明，香辛料的提取物对冷却牛肉具有良好的保鲜效果，保藏期可以达到18d以上。刘柳等[51]研究了肉桂、丁香和迷迭香3种香辛料的提取物在培养基中单独使用和复配使用时对单增李斯特菌的抑制效果，将其最优组合应用于冷却肉，结果表明，所选择的香辛料肉桂、丁香和迷迭香的乙醇提取物对该单增李斯特菌均有抑制效果，并且复配时能达到更好的抑制效果，通过正交试验确定了复配的最佳质量浓度：肉桂1.16mg/mL、迷迭香2.38mg/mL、丁香3.17mg/mL。顾仁勇[52]对牛至、山苍子、丁香、连翘和肉桂5种精油的抑菌效果进行了检验，结果表明，这5种精油对细菌、霉菌和酵母具有抑制能力，且均对霉菌的抑制最强，肉桂精油的综合抑菌能力最强，丁香次之；将5种精油复配后用于冷却肉的贮藏中，保鲜效果良好。

刘晓丽等[53]利用超临界CO_2萃取丁香、肉桂及黑胡椒精油，配制成复合保鲜剂，应用于冷却猪肉保鲜，结果表明：0.5%丁香、0.5%肉桂精油、0.5%黑胡椒精油复配的保鲜剂对猪肉的保鲜效果较好，结合真空包装，于4℃贮藏可以延长冷却猪肉的保鲜期至15d。夏秀芳等[54]研究了不同浓度的肉桂、丁香、迷迭香提取物对冷却肉的保鲜效果，结果表明，三者的提取液对冷却肉均有一定的保鲜效果，均能有效地延长肉的货架期。

2 展 望

2.1 随着科技的进步，许多发达国家已先后取消或限制人工合成防腐剂的使用，在肉类食品保鲜中以天然物质代替化学合成物质已成为保鲜剂研究的趋势[55]。天然保鲜剂是一种高效安全的食品添加剂，随着人们对食品安全和营养品质要求的不断提高，在肉类食品中添加天然保鲜剂必将成为一种发展趋势。

2.2 纯天然保鲜剂一般存在效价低、抗菌时效短、抗菌谱窄等不足之处。对于不同的天然保鲜剂，其作用机理和作用对象不同。因此，在实际应用中，应注意采用有效的方法取长补短，可与其他类型的天然保鲜剂混合使用，以增强抗菌作用。

2.3 天然保鲜剂使用不当可能会对肉的色泽、风味等产生不良影响。此外，天然保鲜剂的作用机理、抗菌谱、腐败菌对保鲜剂的抗性、毒理学评价等方面的研究尚不够深入，需要加强对天然保鲜剂的研究，同时注意天然保鲜剂之间的相互作用关系。

2.4 目前在对天然保鲜剂的各方面进行深入研究的同时，须对保鲜剂的使用标准和规定等内容不断地进行完善和补充，使天然保鲜剂的研究工作更趋深入和完善。

2.5 我国具有开发天然食品保鲜剂的资源优势，但是目前我国《食品添加剂使用卫生标准》中批准的可用于肉类食品的天然保鲜剂品种较少，因此应该加快对肉类食品天然保鲜剂的研究和开发，并扩大生产规模。

参考文献：

[1] 刘书亮, 夏静华, 叶劲松, 等. 三种天然保鲜剂对肉中腐败菌和致病菌的抑制效果[J]. 食品与发酵工业, 2010(3): 46-50.
[2] 杨四润, 马燕, 周红杰. 茶多酚的应用[J]. 农学学报, 2011(4): 44-48.
[3] 潘素君, 李向荣, 谭周进, 等. 茶多酚的抑菌作用研究[J]. 湖南农业科学, 2009 (11): 96-97; 100.
[4] 陈庆余. 茶对人体有害病菌病毒的抑制机能[J]. 茶叶通讯, 1998(4): 32-36.
[5] 唐裕芳, 张妙玲, 冯波, 等. 茶多酚的抑菌活性研究[J]. 浙江林学院学报, 2005(5): 553-557.
[6] 杨连松, 徐美清. 茶多酚抑菌作用和防腐效果探索[J]. 安徽农业科学, 1996, 24(4): 373-375.
[7] 吴少雄, 刘光东. 茶多酚对腊肉制品抗氧化作用的研究[J]. 肉类工业, 1999(8): 33-34.
[8] 王树林. 鲜肉保鲜技术的应用及研究现状[J]. 肉类工业, 2002(12): 18-22.
[9] 王仲礼. 添加剂在低温肉制品保鲜中大有所为[J]. 肉类工业, 2005 (12): 27-29.
[10] 黄红兵, 周光宏, 徐幸莲, 等. 天然防腐剂在冷却牛肉保鲜中的应用[J]. 食品与发酵工业, 2004(8): 107-112.
[11] 蒋建平, 陈小文, 陈洪, 等. 茶多酚保鲜技术在延长冷却肉货架寿命中的应用[J]. 肉类工业, 2004(10): 17-19.
[12] 唐仁勇, 刘达玉, 郭秀兰, 等. 乳酸链球菌素及其在肉制品中的应用[J]. 成都大学学报, 2010, 29(1): 14-17.
[13] 黄现青, 张建威, 高晓平, 等. 乳酸链球菌素检测及其在肉品中的应用[J]. 肉类工业, 2011(3): 38-40.
[14] 刘静, 李湘利. Nisin及其在食品工业中的应用研究进展[J]. 农产品加工, 2008, 4(9): 16-18.
[15] 汤凤霞, 蔡慧农. 微生物防腐剂Nisin的研究与应用[J]. 食品科技, 2002, 28(11): 46-47.
[16] JAQUETTE C B, BEUCHAT L R. Combined effects of pH, Nisin and temperature on growth and survival of psychrotrophic *Bacillus cereus*[J]. Food Protection, 1998, 61(5): 563-570.
[17] JACK R W, JUNG G. Lantibiotics and microcins: polypeptides with unusual chemical diversity[J]. Current Opinion in Chemical Biology, 2000, 4(3): 310-317.
[18] LARID R, KHEADR E E, BENECH R O, et al. Liposome encapsulated Nisin Z: optimization, stability and release during milk fermentation[J].

International Dairy Journal, 2003, 13(4): 325-336.
[19] 汤凤霞, 蔡慧农. 微生物防腐剂Nisin的研究与应用[J]. 食品科技, 2002, 28(11): 46-47.
[20] MONTVILLE T J, CHEN Y. Mechanistic action of pediocin and Nisin: recent progress and unresolved questions[J]. Applied Microbiology and Biotechnology, 1998, 50(5): 511-519.
[21] ABEE T, KROVKEL L, HILL C. Bacteriocins: modes of action and potentials in food preservation and control of food poisoning[J]. International Journal of Food Microbiology, 1995, 28(2): 169-185.
[22] KORDEL M, SAHL H G. Susceptibility of bacter, eukaryotic and artificial membranes to the disruptive action of the cationic peptides Pep 5 and Nisin[J]. Fems Microbiology Letters, 1986, 34(2): 139-144.
[23] BRUNO M E C, KAISER A, MONTVILLE T J. Depletion of proton motive force by Nisin in *Listeria monocytogenes* cells[J]. Applied and Environment Microbiology, 1992, 58(7): 2255-2259.
[24] 孔保华, 迟玉杰, 徐晶宇, 等. Nisin在红肠保鲜中的应用[J]. 肉类研究, 1997, 11(1): 42-45.
[25] 张洪震, 张玉华, 曹桂荣. Nisin在猪肉保鲜中的应用研究[J]. 山东商业职业技术学院学报, 2004, 4(3): 79-81.
[26] 陈果忠. 细菌素Nisin延长低温熟肉制品货架期的效果[J]. 甘肃农业科技, 2009(10): 10-13.
[27] 罗欣, 朱燕. Nisin在牛肉冷却肉保鲜中的应用研究[J]. 食品科学, 2000, 21(3): 53-57.
[28] 赵春燕, 王丹, 张颖. Nisin及纳他霉素在冷却肉中的应用研究[J]. 食品科技, 2009(3): 140-143.
[29] 谢宪章. 天然防腐剂溶菌酶有待开发[J]. 食品科学, 1995, 16(12): 6-8.
[30] 刘仲敏, 何伯安. 溶菌酶及其在食品工业中的应用[J]. 食品与发酵工业, 1995(5): 80-82.
[31] IBRAHIM H R, KATO A, KOBAYASHI K. Antimicrobial effect of lysozyme against Gram-negative bacteria due to covalent binding of palmitic acid[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 1991, 39 (11): 2077-2082.
[32] 吴连春, 张秀玲. 溶菌酶的研究与应用[J]. 科技传播, 2011(13): 109-110.
[33] 康怀彬, 张敏, 宗留香. 溶菌酶及其在肉制品加工中的应用[J]. 肉类研究, 2005, 19(4): 41-43.
[34] 张凤凯, 马美湖. 溶菌酶及其食品保鲜剂的应用[J]. 肉类研究, 2001, 15(4): 41-42.
[35] 马美湖, 娄爱华, 葛长荣, 等. 冷却肉生产中的保鲜技术的研究: 溶菌酶、Nisin、山梨酸钾保鲜正交试验[J]. 食品科学, 2005, 26(3): 235-243.
[36] 顾仁勇, 马美湖, 付伟昌, 等. 溶菌酶、Nisin、山梨酸钾用于冷却肉保鲜的配比优化[J]. 食品与发酵工业, 2003(7): 45-48.
[37] 杜红霞. 壳聚糖及其在肉类保鲜中的应用研究[J]. 肉类研究, 2005, 19(7): 35-38.
[38] MUZZARELLI R A A, TARSI R, FILIPPINI O, et al. Antimicrobial properties of *N*-carboxybutyl chitosan[J]. Antimicrob Agents chemother, 1990, 34(10): 2019-2023.
[39] BENHAMOU N, LAFONTAINE P J, NICOLE M. Induction of systemic resistance to fusarium crown and rot in tomato plants by seed treatment with chitosan[J]. Phytopathology, 1994, 84(12): 1452-1444.
[40] 段静芸, 徐幸莲, 周光宏. 壳聚糖在冷却猪肉保鲜中的应用研究[J]. 食品工业科技, 2001(4): 26-28.
[41] 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: 农业科学版, 2002(3): 240-243.
[42] 蒋千里, 马玉山. 壳聚糖对肉制品腐败菌的抑制效果[J]. 山东食品科技, 1999(4): 18-19.
[43] 罗爱平, 李昌军, 肖蕾, 等. 可食天然复合保鲜膜对低温肉制品的保质研究[J]. 食品科技, 2004(5): 75-78.
[44] 孙京新, 李爱民. 南京盐水鸭复合保鲜效果的研究[J]. 肉类工业, 2002 (6): 19-21.
[45] 汤蕾. 植物性香辛料及其在食品工业中的应用[J]. 中国调味品, 2008 (11): 80-83.
[46] GROHS B M, KUNZ B. Use of spice mixtures for the stabilisation of fresh portioned pork[J]. Food Control, 2000, 11(6): 433-436.
[47] 周建新. 植物源天然食品防腐剂的研究现状、存在问题及前景[J]. 食品科学, 2006, 27(1): 263-268.
[48] 李荣贵, 腾大为, 杜贵彩. 迷迭香酸的纯化及抗菌活性研究[J]. 微生物通报, 2000(8): 324-327.
[49] 吴传茂, 吴周和. 丁香提取液的抑菌作用研究[J]. 湖北工学院学报, 2000, 15(3): 43-45.
[50] 朱剑凯. 香辛料和蛋白酶在牛肉嫩化和保鲜中的应用[J]. 肉类工业, 2008(5): 33-35.
[51] 刘柳, 孔保华, 刘骞. 香辛料提取物在培养基及冷却猪肉中对单核细胞增生性李斯特菌的抑制作用[J]. 食品工业科技, 2008, 29(9): 87-90.
[52] 顾仁勇. 五种香辛料精油的提取及用于冷却猪肉保鲜研究[D]. 长沙: 湖南农业大学, 2007.
[53] 刘晓丽, 姚秀玲, 吴克刚, 等. 复合香辛料精油在冷却猪肉保鲜中的应用[J]. 食品科技, 2010(5): 271-273.
[54] 夏秀芳, 孔保华, 于长青. 几种天然香辛料提取物延长冷却肉货架期的研究[J]. 食品与机械, 2008, 24(3): 55-59.
[55] 夏秀芳, 于长青. 低温五香牛肉的研制及延长其货架期方法的研究[J]. 黑龙江八一农垦大学学报, 2006, 18(6): 71-75.