

## 玉米淀粉-壳聚糖可食膜对冷藏兔肉品质的影响

徐明悦<sup>1</sup>, 李洪军<sup>1,2</sup>, 贺稚非<sup>1,2</sup>, 王珊<sup>1</sup>

(1. 西南大学, 重庆 400716; 2. 重庆市特色食品工程技术研究中心, 重庆 400716)

**摘要:**目的 研究玉米淀粉-壳聚糖可食膜对兔肉在冷藏期间品质特性的影响。方法 测定玉米淀粉-壳聚糖可食膜的物理特性,并研究包膜处理对(4±1)℃冷藏兔肉的pH值、剪切力、硬度、挥发性盐基氮(TVB-N)、硫代巴比妥酸值(TBA)、高铁肌红蛋白含量(MetMb)和菌落总数等指标的影响。结果 玉米淀粉-壳聚糖可食膜的抗拉强度为(13.82±0.46)MPa,伸长率为(28.08±0.23)%,水蒸气透过率为(1.24±0.03)×10<sup>-10</sup>g/(m·s·Pa)。玉米淀粉-壳聚糖可食膜可使兔肉冷藏过程中的剪切力和硬度减缓下降,在贮藏中后期显著延缓兔肉pH,TVB-N,TBA, MetMb值的上升(P<0.05),明显抑制兔肉表面微生物菌落总数的增加。结论 玉米淀粉-壳聚糖可食膜可有效减缓生鲜兔肉在冷藏过程中的品质劣变,具有良好的保鲜效果。

**关键词:** 玉米淀粉-壳聚糖可食膜; 兔肉; 品质变化

中图分类号: TS206.4 文献标识码: A 文章编号: 1001-3563(2015)15-0034-06

## Influence of Corn Starch-chitosan Films Coating on Rabbit Meat Quality after Cold Storage

XU Ming-yue<sup>1</sup>, LI Hong-jun<sup>1,2</sup>, HE Zhi-fei<sup>1,2</sup>, WANG Shan<sup>1</sup>

(1. Southwest University, Chongqing 400716, China;

2. Chongqing Special Food Engineering and Technology Research Center, Chongqing 400716, China)

**ABSTRACT:** The objective of this study was to investigate the effects of corn starch-chitosan films coating on rabbit meat quality after cold storage. The physical characteristics of corn starch-chitosan were investigated before coating rabbit meat. The pH, shearing force, hardness, TVB-N, TBA, MetMb and total bacterial colony of rabbit meat with/without coating were measured during (4±1)℃ storage. Our results showed that tensile strength, elongation and WVP of starch-chitosan films were (13.82±0.46) MPa, (28.08±0.23) %, and (1.24±0.03)×10<sup>-10</sup> g/(m·s·Pa). The shear force and hardness were slowed down after coating of corn starch-chitosan films. In addition, the corn starch-chitosan films significantly delayed the rising of pH, TVB-N, TBA, MetMb (P<0.05) and effectively restrained the growth of surface microorganisms. Taken together, corn starch-chitosan films had good preservation effects for fresh rabbit meat storage.

**KEY WORDS:** corn starch-chitosan films; rabbit meat; change of quality

近年来,绿色环保的可食膜在水果保鲜中得到了广泛应用,尹璐<sup>[1]</sup>研究了葛根淀粉-壳聚糖复合膜对荸荠进行保鲜,保鲜效果明显;任艳芳等<sup>[2]</sup>的研究表明,黄连-壳聚糖复合膜可显著延缓夏橙贮藏期内品质的

劣变;张一妹<sup>[3]</sup>的实验说明,壳聚糖可食膜可延长蓝莓的货架期。可食膜的应用逐渐从水果保鲜转移到肉制品的保鲜中。Guerrero等<sup>[4]</sup>研究了大豆蛋白膜能显著改善牛肉品质,延长保鲜期。Chen等<sup>[5]</sup>通过测定壳

收稿日期: 2015-04-21

基金项目: 国家公益性行业(农业)项目(200903012); 三峡库区优质肉牛安全生产关键技术集成与示范项目(2011BAD36B01)

作者简介: 徐明悦(1989—),女,山东章丘人,西南大学硕士生,主攻食品微生物与发酵工程。

通讯作者: 贺稚非(1960—),女,四川人,西南大学教授、博导,主要研究方向为肉类科学与酶工程。

聚糖膜液浸渍的牛肉片的品质变化,可以延长牛肉片货架期5~8 d;杨辉等<sup>[6]</sup>研究发现植物精油/EVOH活性包装膜可使草鱼鱼肉在4℃冷藏保鲜期达8 d。

兔肉因其具有“三高三低”的营养特点,备受消费者的青睐。目前,对兔肉的研究主要集中在不同喂养方式、保藏方式及日龄对兔肉品质和风味影响的研究<sup>[7-11]</sup>。可食膜应用于兔肉冷藏保鲜中的研究还未见报道。文中将前期实验优化制备的玉米淀粉-壳聚糖可食膜用于伊拉兔肉的冷藏保鲜研究,旨在研究玉米淀粉-壳聚糖可食膜对兔肉冷藏过程中品质的变化影响,以期达到延长保鲜期的效果。

## 1 实验

### 1.1 材料与试剂

材料:玉米淀粉,重庆佳仙;壳聚糖(脱乙酰度≥90%),上海源叶;150日龄伊拉去势公兔后腿肉,购自重庆市高校草食动物工程研究中心种兔场,宰杀分割后迅速使中心温度达到4℃,排酸1 d后,取样。

试剂:甘油、冰乙酸、三氯乙酸、硫代巴比妥酸、酵母浸膏、氯化钾、硼酸、磷酸二氢钠、磷酸氢二钠、氧化镁、蛋白胨、葡萄糖、琼脂、氯化钠等,均为分析纯,成都市科龙化工试剂厂。

### 1.2 仪器与设备

仪器与设备:CT-3质构分析仪,美国Brookfield公司;TA.XT2i物性测定仪,英国Stable Micro System公司;UB-7 pH计,德国Sartorius AG公司;台式高速冷冻离心机,德国Eppendorf公司;电子分析天平,赛多利斯科学仪器有限公司;HH-6富华数显恒温水浴锅,金坛市富华仪器有限公司;722型可见分光光度计,上海元析仪器有限公司;ZWY-2102C恒温培养振荡器,上海智城分析仪器制造有限公司。

### 1.3 方法

#### 1.3.1 玉米淀粉-壳聚糖可食膜的制备与性能测试

1) 膜的制备。参照Zhong等<sup>[12]</sup>的方法,并稍作修改制备可食膜,将4 g玉米淀粉、1 g壳聚糖和0.75 g甘油溶于100 g水中,在80℃糊化30 min,过滤,超声脱气30 min,45℃干燥6 h,成膜后放入人工气候箱(相对湿度50%,温度25℃)平衡24 h备用。

2) 力学性能。参照GB 13022—1991《塑料薄膜拉伸性能试验》的方法,并对其改进,采用XLW智能电子

拉力试验机测量。每个样品做3个平行试验,每个平行试验重复6次。

3) 透湿性。根据GB 1037—1988《塑料薄膜和片材透水蒸气性试验方法杯式法》方法,采用拟杯子法并加以改进,放入人工气候箱中(相对湿度75%,温度25℃),每隔1 d称量,连续测定3 d,每个可食膜做3个平行试验。水蒸气透过率计算公式为:

$$\text{水蒸气透过率} = \frac{m \times L}{A \times t \times \Delta p} \quad (1)$$

式中: $m$ 为水分透过量(g); $L$ 为膜厚(m); $A$ 为膜面积(m<sup>2</sup>); $t$ 为水分透过时间(s); $\Delta p$ 为膜两侧水分蒸气压(Pa)。

#### 1.3.2 取样与指标测定

1) 取样。取兔后腿肉作为研究对象,对照组为取样当天的兔肉(记为K)。实验组为未包裹玉米淀粉-壳聚糖可食膜兔肉(记为W)和包裹玉米淀粉-壳聚糖可食膜兔肉(记为G),每隔1 d测定各项指标,所有试验3次平行,每个平行重复测定3次。

2) pH值。pH值按照GB/T 9695.5—2008《肉与肉制品pH测定》进行。

3) 剪切力。用TA.XT2i物性测定仪测定剪切力,参数设置如下:测前速率为1.50 mm/s,测中速率为1.50 mm/s,测后速率为10 mm/s,距离为30 mm,触发力为40 g。测定时将兔肉沿肌纤维方向切取1 cm × 1 cm × 4 cm的肉条,用物性测定仪连接的V型刀头按垂直肌纤维方向剪切。

4) 硬度。硬度采用美国Brookfield公司生产的CT-3质构分析仪测定,通过Texture Loader软件加以控制。测定参数如下:目标为50%,触发点负载为5 g,测试速度为1.00 mm/s,返回速度为1 mm/s,循环次数为2.0,探头为TA44。肉块切成规则的正方体(1 cm × 1 cm × 1 cm)。

5) 挥发性盐基氮(TVB-N)。按照GB/T 5009.44—2003《肉与肉制品卫生标准的分析方法》,按半微量定凯氏氮法进行测定,单位为mg/100 g。

6) 硫代巴比妥酸值(TBA)。参照张慧芸等<sup>[13]</sup>和Faustman等<sup>[14]</sup>的方法并稍作修改,单位为mg/kg。称取肉样5 g,加入25 mL三氯乙酸溶液,振摇30 min,过滤,取5 mL滤液与5 mL TBA溶液混匀,沸水浴中保持30 min,取出自然冷却,再加入5 mL氯仿,混匀静置,取上清液,于532 nm波长处测吸光度,计算公式:

$$\text{TBA} = \frac{A_{532 \text{ nm}}}{m} \times 9.48$$

式中: $A_{532 \text{ nm}}$ 为溶液在532 nm处的吸光度; $m$ 为样品质量(g)。

7) 高铁肌红蛋白(MetMb)含量测定。参照张慧芸等<sup>[13]</sup>的方法,对 Krzywick 等<sup>[15]</sup>的方法进行修改。称取 10 g 肉馅加入有 10 mL 冰冷磷酸缓冲液(pH 6.8, 40 mmol/L)的离心管中,以 4 000 r/min 的速率均质 18 s,然后在 4 ℃,9000 r/min 的条件下冷冻离心 20 min,取上清液,测定 700,572,527 nm 波长处的吸光度。以磷酸缓冲液为对照。MetMb 含量的计算公式: $w_{\text{MetMb}} = (1.395 \frac{A_{572 \text{ nm}} - A_{700 \text{ nm}}}{A_{527 \text{ nm}} - A_{700 \text{ nm}}}) \times 100\%$ ,其中, $A_{527 \text{ nm}}$ , $A_{572 \text{ nm}}$ , $A_{700 \text{ nm}}$ 分别为溶液在 527,572,700 nm 处的吸光度。

8) 菌落总数。采用 GB 4789.2—2010《食品微生物学检验菌落总数测定》方法测定,单位为 cfu/g。

#### 1.4 数据处理

采用 SPSS19.0 统计分析软件中的 ANOVA 进行方差分析和显著性检验( $0.01 < P < 0.05$  表示差异显著, $P < 0.01$  表示差异极显著),并用 Origin 8.1 作图。

## 2 结果与讨论

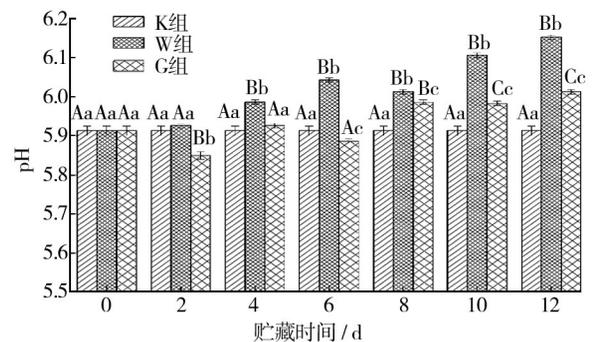
### 2.1 玉米淀粉-壳聚糖可食膜性能

抗拉强度和伸长率是反映薄膜塑性的重要指标,水蒸气透过率是薄膜阻隔性能的衡量指标。其中,抗拉强度是表征材料承受最大拉应力时表现出的最大均匀塑性形变的抗力;伸长率是薄膜材料在拉伸过程中增长的长度与初始长度的百分比,伸长率越大,材料塑性越大;WVP 是在一定温度和相对湿度下,单位时间内水蒸气通过薄膜的速率。文中制备的玉米淀粉-壳聚糖可食膜抗拉强度为  $(13.82 \pm 0.46)$  MPa,伸长率为  $(28.08 \pm 0.23)\%$ ,WVP 为  $(1.24 \pm 0.03) \times 10^{-10}$  g/(m·s·Pa)。

### 2.2 pH 值

兔肉在贮藏过程中的变化见图 1。W 组的 pH 值随着贮藏天数的延长逐渐上升,从第 4 天开始 W 组的 pH 值极显著高于 K 组的 pH 值( $P < 0.01$ ),而 G 组的 pH 值在第 2 天下降,其原因可能是由于膜中含有冰醋酸。之后 pH 值呈逐渐上升趋势,第 8 天后 G 组的 pH 值极显著高于 K 组的( $P < 0.01$ );在贮藏的同一天,W 组的 pH 值显著高于 G 组的( $P < 0.05$ )。在整个贮藏期内,兔肉的鲜度 pH 值都符合国家要求(一级鲜肉 pH 值为 5.8~6.2)。第 2 天后 pH 值上升,文中实验趋势与李兴艳、王振华和薛山等<sup>[16-18]</sup>的研究中兔肉后腿中 pH 值变化趋势相同。出

现这种变化趋势主要是由于兔肉中的蛋白质在微生物和自身酶的作用下,被分解成胺类化合物等碱性物质,同时还与兔肉的贮藏环境有一定关系<sup>[19-20]</sup>。



注:A表示极显著差异,a表示显著差异,下同。

图1 玉米淀粉-壳聚糖可食膜对兔肉冷藏期间pH值变化的影响  
Fig.1 Effect of corn starch-chitosan on pH value of rabbit meat during refrigeration

### 2.3 剪切力与硬度

剪切力是肌肉成熟过程中嫩化程度客观的评定指标<sup>[21]</sup>。由图 2 可知,W 组和 G 组在贮藏过程中剪切力较初始值有极显著降低( $P < 0.01$ ),2 种处理之间总体上存在显著差异( $P < 0.05$ ),但略有波动,这可能与兔腿的个体差异有关。G 组剪切力值下降较为平缓。

硬度是指使食品达到一定变形所需的力,是食品保持形状的内部结合力<sup>[22]</sup>。兔肉硬度的变化趋势与剪切力的变化趋势相同,说明二者具有一定的相关性,见图 3。

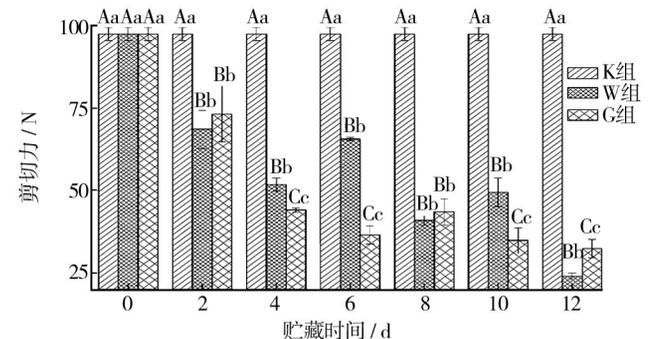


图2 玉米淀粉-壳聚糖可食膜对兔肉冷藏期间剪切力变化的影响  
Fig.2 Effect of corn starch-chitosan on shearing force of rabbit meat during refrigeration

### 2.4 挥发性盐基氮

挥发性盐基氮(TVB-N)是用来衡量动物性食品在加工及贮藏过程中蛋白质分解程度的一个重要指标,它是指样品蛋白质在微生物和内源酶作用下发生

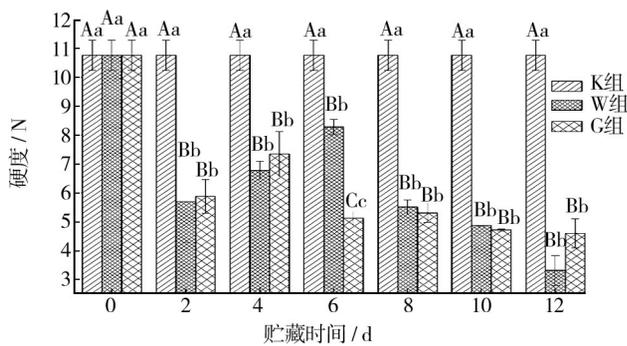


图3 玉米淀粉-壳聚糖可食膜对兔肉冷藏期间硬度的影响  
Fig.3 Effect of corn starch-chitosan on hardness of rabbit meat during refrigeration

分解,生成氨以及胺类等碱性含氮物质的总称。TVB-N在冷藏过程中的变化见图4。从图4可以看出,随着贮藏时间的延长,TVB-N的含量逐渐上升,W组和G组的TVB-N含量在贮藏过程中均显著高于K组( $P<0.05$ ),趋势与马青青的研究一致<sup>[23]</sup>。W组的TVB-N在贮藏前8天缓慢上升,略高于G组的,在8~12 d时则急剧上升,极显著高于G组的( $P<0.01$ ),第10天含量为15.70 mg/100 g,此时兔肉是二级鲜肉(15 mg/100 g<TVB-N<20 mg/100 g),有轻微的哈喇味,第12天超过25 mg/100 g,此时兔肉已经腐败(TVB-N>25 mg/100 g),哈喇味明显;G组的TVB-N上升趋势低于W组的,在贮藏前10天呈现缓慢上升趋势,在10~12 d呈迅速上升趋势。TVB-N含量增长减缓,一方面归因于玉米淀粉-壳聚糖可食膜隔绝了氧气,抑制了好氧菌的生长;另一方面是由于壳聚糖本身具有抑菌效果,减少了兔肉表面的微生物数量。

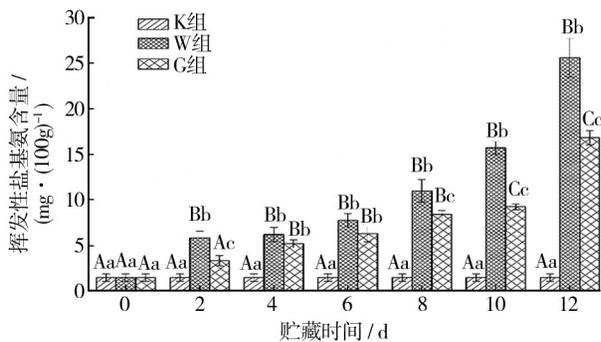


图4 玉米淀粉-壳聚糖可食膜对兔肉冷藏期间TVB-N变化的影响  
Fig.4 Effect of corn starch-chitosan on TVB-N of rabbit meat during storage

### 2.5 硫代巴比妥酸值

硫代巴比妥酸值(TBA)是用来衡量脂肪氧化程

度的一个重要指标,该值越大说明脂肪氧化程度越大。TBA在兔肉贮藏过程中变化趋势见图5。从图5可以看出,W组和G组的TBA都呈上升趋势,第4天后TBA极显著增加( $P<0.01$ ),相同贮藏时间G组的TBA极显著低于W组的( $P<0.01$ )。这主要是由于玉米淀粉-壳聚糖可食膜有效地隔绝了氧气,进而减缓了兔肉中不饱和脂肪酸的氧化。以下研究结果都与文中结果类似,Camo等<sup>[24]</sup>研究了牛至叶提取物涂膜处理可显著延缓牛排氧化;李大虎等<sup>[25]</sup>采用迷迭香-大豆分离蛋白膜可有效延缓鲜猪肉脂质氧化的速度;Georgantelis等<sup>[26]</sup>通过实验证明壳聚糖-迷迭香- $\alpha$ -生育酚复合膜可显著延长鲜猪肉肠和牛肉汉堡的保鲜期,防止脂质过氧化。

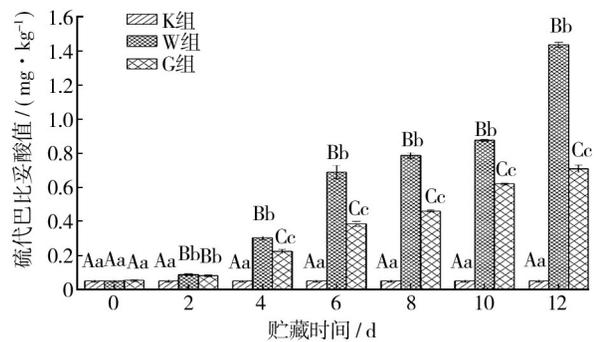


图5 玉米淀粉-壳聚糖可食膜对兔肉冷藏期间TBA变化的影响  
Fig.5 Effect of corn starch-chitosan on TBA of rabbit meat during storage

### 2.6 高铁肌红蛋白含量

高铁肌红蛋白(MetMb)是维持肉色稳定的关键因素,其含量的变化趋势见图6。W组和G组的MetMb含量从第2天开始,均极显著高于初始值,且呈增加趋势( $P<0.01$ );第8天后G组的高铁肌红蛋白含量极显著低于W组的( $P<0.01$ )。由此可见玉米淀粉-壳聚糖可食膜包膜处理可有效延缓兔肉中MetMb的生成,起到护色的效果。

### 2.7 菌落总数

菌落总数是反映食品在贮藏过程中微生物污染的重要指标。未包膜和包膜处理对兔肉表面菌落总数变化的影响见图7,2种处理兔肉表面菌落总数一直上升,W组的菌落总数在第8天时达到 $1.77 \times 10^6$  cfu/g,且有轻微哈喇味,此时兔肉处于二级鲜肉的标准( $6.00 < \lg(\text{cfu/g}) < 6.70$ ),第10天达到 $1.35 \times 10^8$  cfu/g,此时兔肉已经腐败( $7.00 < \lg(\text{cfu/g})$ ),哈喇味明显。G组表面

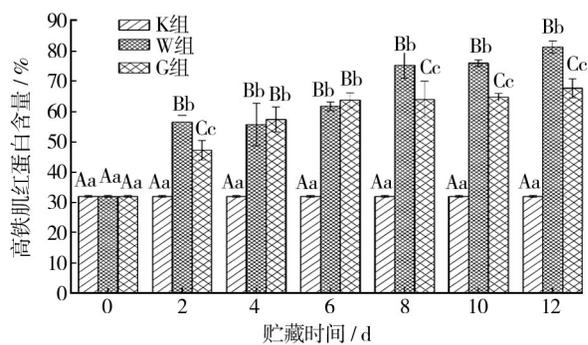


图6 玉米淀粉-壳聚糖可食膜对兔肉冷藏期间MetMb变化的影响

Fig.6 Effect of corn starch-chitosan on MetMb of rabbit meat during storage

菌落总数先下降后缓慢上升,第12天时菌落总数达到 $4.05 \times 10^5$  cfu/g,已有轻微的哈喇味。造成包膜兔肉表面菌落总数较低的原因,一方面是由于玉米淀粉-壳聚糖可食膜中的壳聚糖杀死了兔肉表面部分微生物,同时抑制了微生物的繁殖速度;另一方面玉米淀粉-壳聚糖可食膜能够有效地隔绝氧气,抑制了好氧细菌的生长。这与夏秀芳等<sup>[27]</sup>的研究结果一致。

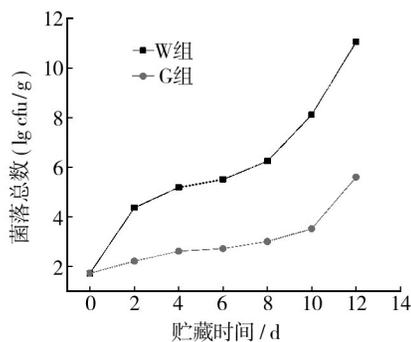


图7 玉米淀粉-壳聚糖可食膜对兔肉冷藏期间菌落总数变化的影响

Fig.7 Effect of corn starch-chitosan on total numbers of colony of rabbit meat during storage

### 3 结语

玉米淀粉-壳聚糖可食膜包裹对冷藏过程中兔肉的pH、剪切力、硬度、TVB-N、TBA、MetMb和菌落总数有一定的作用。包膜处理可显著延缓兔肉pH、TVB-N、TBARS、MetMb值的上升( $P < 0.05$ ),可使剪切力和硬度下降略减缓,兔肉表面的微生物菌落总数得到了明显的抑制。综合各个指标结果可以得出,玉米淀粉-壳聚糖可食膜能有效抑制兔肉表面微生物

物生长,抑制脂肪氧化和蛋白质劣变,具有良好的保鲜效果,可有效延缓生鲜兔肉在货架期内食用品质的下降。

### 参考文献:

- [1] 尹璐. 葛根淀粉-壳聚糖复合膜的性能研究及在荸荠保鲜中的应用[D]. 上海:上海交通大学,2013.  
YIN Lu. Physicochemical Properties of Chitoan-kudzu Starch Films and Its Applications on Chinese Water Chestnuts[D]. Shanghai:Shanghai Jiaotong University,2013.
- [2] 任艳芳,刘畅,何俊瑜,等. 黄连壳聚糖复合涂膜保鲜剂对夏橙保鲜效果的研究[J]. 食品科学,2012,33(16):291—296.  
REN Yan-fang, LIU Chang, HE Jun-yu, et al. Effect of Cop-tischinensis Franch-chitosan Film on Preservation of Valencia Orange Fruits[J]. Food Science,2012,33(16):291—296.
- [3] 张一妹. 壳聚糖可食膜的制备及其对蓝莓的保鲜作用[D]. 青岛:中国海洋大学,2013.  
ZHANG Yi-mei. Preparation of Chitosan Edible Membrane and the Effects on Preservation of Blueberry[D]. Qingdao: Ocean University of China,2013.
- [4] GUERRERO P, O'SULLIVAN M G, KERRY J, et al. Application of Soy Protein Coatings and Their Effect on the Quality and Shelf-life Stability of Beef Patties[J]. RSC Advances, 2014,98(4):1147—1149.
- [5] CHEN Hai-jun, SHU Jia-wei, LI Peng, et al. Application of Coating Chitosan Film-forming Solution Combined  $\beta$ -CD-Citral Inclusion Complex on Beef Fillet[J]. Journal of Food and Nutrition Research,2014,2(10):692—697.
- [6] 杨辉,杨福馨,欧丽娟,等. 植物精油-EVOH活性包装膜对草鱼鱼肉保鲜效果的研究[J]. 食品科学,2014,35(22):320—324.  
YANG Hui, YANG Fu-xin, OU Li-juan, et al. Preservative Effect of Essential Oils EVOH Active Packaging Films on Grass Carp during Cold Storage[J]. Food Science, 2014, 35 (22):320—324.
- [7] DAL BOSCO A, GERENC S R Z, SZENDR Z, et al. Effect of Dietary Supplementation of Spirulina (Arthrospiraplatensis) and Thyme (Thymus Vulgaris) on Rabbit Meat Appearance, Oxidative Stability and Fatty Acid Profile during Retail

- Display[J]. *Meat Science*, 2014, 96(1): 114—119.
- [8] 夏启禹, 贺稚非, 李洪军, 等. 伊拉兔生长过程中肉质特性变化[J]. *食品科学*, 2015, 36(1): 75—78.  
XIA Qi-yu, HE Zhi-fei, LI Hong-jun, et al. Changes on Meat Qualities During the Growth of Ira Rabbit[J]. *Food Science*, 2015, 36(1): 75—78.
- [9] 黄业传, 李洪军, 贺稚非. 不同性别、部位和饲养时间对獭兔肉脂肪酸组成的影响[J]. *食品科学*, 2013, 34(17): 289—294.  
HUANG Ye-chuan, LI Hong-jun, HE Zhi-fei. Effect of Gender, Position and Feeding Time on Fatty Acid Composition of Rex Rabbit Meat[J]. *Food Science*, 2013, 34(17): 289—294.
- [10] 杨佳艺. 冷鲜兔肉贮藏中微生物与理化性质的变化及其相关性研究[D]. 重庆: 西南大学, 2012.  
YANG Jia-yi. The Change of Microorganism and Physico-chemical Characteristics in Chilled Rabbit Meat during Storage and Their Relationships[D]. Chongqing: Southwest University, 2012.
- [11] 陈康, 李洪军, 贺稚非, 等. 不同性别伊拉兔肉挥发性风味物质的 SPME-GC-MS 分析[J]. *食品科学*, 2014, 35(6): 98—102.  
CHEN Kang, LI Hong-jun, HE Zhi-fei, et al. SPME-GE-MS Analysis of Volatile Flavor Compounds in Male and Female Ira Rabbit Meat[J]. *Food Science*, 2014, 35(6): 98—102.
- [12] ZHONG Yu, SONG Xiao-yong, LI Yun-fei. Antimicrobial, Physical and Mechanical Properties of Kudzu Starch-chitosan Composite Films as a Function of Acid Solvent Types[J]. *Carbohydrate polymers*, 2011, 84(1): 335—342.
- [13] 张慧芸, 郭新宇. 丁香精油-壳聚糖复合可食性膜对生肉糜保鲜效果的影响[J]. *食品科学*, 2014, 35(18): 196—200.  
ZHANG Hui-yun, GUO Xin-yu. Effect of Chitosan Films Incorporated with Clove Essential Oil on Quality and Shelf Life of Pork Patties[J]. *Food Science*, 2014, 35(18): 196—200.
- [14] FAUSTMAN C, SPECHT S M, MALKUS L A, et al. Pigment Oxidation in Ground Veal: Influence of Lipid Oxidation, Iron and Zinc[J]. *Meat Science*, 1992, 31(3): 351—362.
- [15] KRZYWICK I. The Determination of Ham Pigment in Meat[J]. *Meat Science*, 1982, 7: 29—36.
- [16] 李兴艳. 兔肉成熟过程中理化及蛋白质功能性质的变化[D]. 重庆: 西南大学, 2014.  
LI Xing-yan. Changes of Physicochemical and Protein Functional Properties during Rabbit Aging[D]. Chongqing: Southwest University, 2012.
- [17] 王振华, 侯诗夏, 尚永彪, 等. 兔肉宰后成熟过程中理化性质的变化[J]. *食品科学*, 2015, 36(3): 80—85.  
WANG Zhen-hua, HOU Shi-xia, SHANG Yong-biao, et al. Research on the Physical and Chemical Properties of Rabbit During Postmortem Aging[J]. *Food Science*, 2015, 36(3): 80—85.
- [18] 薛山, 贺稚非, 李洪军. 伊拉兔宰后肌糖原变化及其与兔肉品质的相关性[J]. *中国农业科学*, 2013, 47(4): 814—822.  
XUE Shan, HE Zhi-fei, LI Hong-jun. Variation of Muscle Glycogen of IRA Rabbit after Slaughter and Its Correlation with Changes of Rabbit Meat Quality[J]. *Scientia Agricultura Sinica*, 2013, 47(4): 814—822.
- [19] 张嫚. 冷却牛肉保鲜技术的研究[D]. 南京: 南京农业大学, 2003.  
ZHANG Man. Research on Preservative Technologies for Chilled Beef[D]. Nanjing: Nanjing Agricultural University, 2003.
- [20] 黄志英, 雷桥, 潘家祯, 等. 抗菌蛋白涂膜协同气调包装对牛肉品质的影响[J]. *食品工业科技*, 2014, 35(13): 271—274.  
HUANG Zhi-ying, LEI Qiao, PAN Jia-zhen, et al. Effect of Antimicrobial Protein Coating Combined with Modified Atmosphere Packaging on the Beef Quality[J]. *Science and Technology of Food Industry*, 2014, 35(13): 271—274.
- [21] 周光宏. 肉品加工学[M]. 北京: 中国农业出版社, 2008.  
ZHOU Guang-hong. Meat Processing[M]. Beijing: China Agriculture Press, 2008.
- [22] 李里特. 食品物性学[M]. 北京: 中国农业出版社, 1998.  
LI Li-te. Food Rheology[M]. Beijing: China Agriculture Press, 1998.
- [23] 马青青. 海藻酸钠涂膜对冷却鸡胸肉保鲜效果的影响[D]. 南京: 南京农业大学, 2011.  
MA Qing-qing. Effects of Edible Coating on Preservation of Refrigerated Chicken Breast[D]. Nanjing: Nanjing Agricultural University, 2011.
- [24] CAMO J, LOR S A, DJENANE D, et al. Display Life of Beef Packaged with an Antioxidant Active Film as a Function of the Concentration of Oregano Extract[J]. *Meat science*, 2011, 88(1): 174—178.
- [25] 李大虎, 应丽莎, 张敏, 等. 含迷迭香的蛋白基薄膜对高氧气调包装的生鲜猪肉护色及抗氧化作用[J]. *食品科学*, 2014, 35(24): 321—326.  
LI Da-hu, YING Li-sha, ZHANG Min, et al. Effect of Protein-based Film Containing Rosemary on Color and Oxidation Stability of Fresh Pork in High-oxygen Modified Atmosphere[J]. *Food Science*, 2014, 35(24): 321—326.
- [26] GEORGANTELIS D, AMBROSIADIS I, KATIKOU P, et al. Effect of Rosemary Extract, Chitosan and  $\alpha$ -tocopherol on Microbiological Parameters and Lipid Oxidation of Fresh Pork Sausages Stored at 4°C[J]. *Meat Science*, 2007, 76(1): 172—181.
- [27] 夏秀芳, 孔保华. 香辛料保鲜液与壳聚糖淀粉复合膜在冷却肉保鲜中的应用[J]. *食品科学*, 2008, 29(11): 590—595.  
XIA Xiu-fang, KONG Bao-hua. Preservation Effects of Chitosan-starch Formed Edible Films on Chilled Meat Shelf-life[J]. *Food Science*, 2008, 29(11): 590—595.