

# 响应面法优化冷鲜鸡复合生物保鲜剂配比

高磊, 谢晶\*, 叶藻, 张新林, 高忱岳阳, 汪逸麟

(上海海洋大学食品学院, 上海 201306)

**摘要:**为了延长冷鲜鸡的货架期,在单因素实验的基础上,利用Box-Behnken实验设计和响应面法研究了由牛至精油、茶多酚和D-异抗坏血酸钠配制的复合保鲜剂对冷鲜鸡胸肉的保鲜效果。建立了以挥发性盐基氮(TVB-N)含量为响应值的二次回归模型,确定了复合生物保鲜剂中各种组分的最佳配比。将优化的复合生物保鲜剂应用于鸡肉保鲜,通过测定感官评定、质构、色差、pH、菌落总数、TVB-N以及硫代巴比妥酸(TBA)值等指标,对其保鲜效果进行了验证。结果表明:三种生物保鲜剂的最佳添加量为牛至精油 0.786%、茶多酚0.164%和D-异抗坏血酸钠0.031%,此时TVB-N可达81.89 mg/100 g。经复合保鲜剂处理过的冷鲜鸡胸肉在4℃下贮藏时,可将货架期由常规冷藏对照组的7 d延长至11~12 d。

**关键词:**冷鲜鸡,响应面法,复合生物保鲜剂,牛至精油,茶多酚,D-异抗坏血酸钠

## Optimization of complex biological preservatives to improve preservation of chilled chicken by response surface methodology

GAO Lei, XIE Jing\*, YE Zao, ZHANG Xin-lin, GAO Chen-yue-yang, WANG Yi-lin

(College of Food Science and Technology, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China)

**Abstract:** In order to extend the shelf life of chilled chicken, based on single factor experiment results, preservation effects of complex preservatives composed of oregano essential oil, tea polyphenol and D-sodium erythorbate on chilled chicken breast were studied by Box-Behnken experimental design and response surface methodology. Regarding TVB-N (total volatile basis nitrogen) as response value, Design-Expert software was used to construct quadratic regression model, so that the most appropriate ration of each kind of bio-preservative was identified. Chilled chicken breasts were treated with optimized complex biological preservative. Sensory valuation, textural analysis, color, pH value, APC (aerobic plate count), TVB-N and TBA (thiobarbituric acid) were determined to verify the effects of preservation. The results showed that the optimal rations of complex biological preservatives on chilled chicken were that oregano essential oil was 0.786%, tea polyphenol was 0.164% and D-sodium erythorbate was 0.031%, the TVB-N reached to 81.89 mg/100 g. The shelf life of chilled chicken treated by complex preservative was extended to 11~12 days compared to 7 days for the control group stored under 4℃.

**Key words:** chilled chicken; response surface methodology; complex biological preservative; oregano essential oil; tea polyphenols; D-sodium erythorbate

中图分类号: TS251.5

文献标识码: A

文章编号: 1002-0306(2015)22-0313-07

doi: 10.13386/j.issn1002-0306.2015.22.056

鸡肉以肉质细嫩、滋味鲜美等特点受广大消费者的青睐,它含有丰富的营养物质和多不饱和脂肪酸<sup>[1]</sup>,容易腐败变质,限制其货架期。同时,动物性流感H7N9的爆发<sup>[2]</sup>使得冷鲜鸡的市场需求不断增加。因此,研究冷鲜鸡的保鲜技术具有重要的社会价值和指导意义。随着人们的食品安全意识日益加强,生

物保鲜剂因具有安全、无毒等特点,更易被广大消费者所接受。牛至精油具有极强的抑菌作用,同时还能延缓脂肪氧化,可有效地延长食品货架期<sup>[3]</sup>;茶多酚具有极强的清除自由基作用,成为食品重要的抗氧化剂<sup>[4]</sup>;D-异抗坏血酸钠是食品中非常重要的抗氧化剂,也是肉制品加工过程中常用的发色助剂和护色

收稿日期: 2015-03-09

作者简介: 高磊(1991-),男,硕士研究生,研究方向:食品保鲜, E-mail: leogaosh@163.com。

\* 通讯作者: 谢晶(1968-),女,博士,教授,研究方向:食品物流, E-mail: jxie@shou.edu.cn。

基金项目: 2014年度国家星火计划资助项目(2014GA680003)。

剂,可改善食品的感官品质<sup>[5]</sup>。根据栅栏技术的原理<sup>[6]</sup>,综合利用每个栅栏因子间的协同作用,复合保鲜剂往往会产生较单一生物保鲜剂更好的保鲜作用<sup>[7]</sup>。Khanjari等<sup>[8]</sup>将鸡肉浸泡在由1 g/100 mL N,O-羧甲基壳聚糖与1%牛至精油组成的复合保鲜剂后于4℃贮藏,结果表明,货架期较对照组相比延长了5 d;张立彦等<sup>[9]</sup>将鸡肉先经浓度8 mg/L臭氧浸泡清洗20 min,随后浸涂含1.5%壳聚糖、0.3%茶多酚及0.5% V<sub>c</sub>的复合保鲜剂后于4℃贮藏,使货架期延长至28 d。

响应曲面法是一种集数学和统计学方法于一体的优化法,它能精确、有效地确定各因素间的最佳条件,近年来常应用于解决多变量的问题<sup>[10-11]</sup>,而目前利用响应面法对冷鲜鸡复合保鲜剂进行复配优化的研究相对较少。同时,挥发性盐基氮含量较菌落总数更能直接地反映冷鲜肉的腐败变质情况<sup>[12]</sup>。因此,本研究选用牛至精油、茶多酚和D-异抗坏血酸钠配制复合生物保鲜剂。在单因素实验的基础上,将TVB-N含量作为响应值,采用Box-Behnken实验设计与响应面分析对其进行配比优化,并通过测定感官评分、菌落总数以及理化指标对其保鲜效果进行验证,旨在为冷鲜鸡的保鲜技术提供一定的参考,推动鸡肉产业的发展。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料与仪器

冷鲜鸡胸肉 购于上海临港农工商超市(临港新城店)冷鲜肉专柜,均为当天出厂的新鲜冷鲜鸡,利用冰袋保藏,0.5 h内送到实验室,取其胸肉以作样品;100%纯天然牛至精油 美国多特瑞公司;茶多酚(食品级,多酚含量≥98%) 陕西普维生物制品有限公司;D-异抗坏血酸钠(食品级) 郑州启源食品添加剂有限公司;营养琼脂培养基 青岛高科技工业园海博生物技术有限公司;乙醇、氯化钠、轻质氧化镁、硼酸、盐酸、三氯乙酸、硫代巴比妥酸、溴甲酚绿、甲基红(均为分析纯) 国药集团化学试剂北京有限公司。

TA.XT plus质构仪 英国Stable Micro System公司;Kjeltec8400全自动凯氏定氮仪 丹麦FOSS公司;PB-10C标准型pH计 德国赛多利斯公司;CHROMA METER CR-400色差计 日本KONICA MINOLTA公司;LDZX-50KE高压灭菌锅 上海申安医疗器械厂;VS-1300L-U洁净工作台 苏净集团苏州安泰空气

技术有限公司;Ymnl-9D无菌均质器 南京以马内利仪器设备有限公司;DHP-9162型电热恒温培养箱 上海一恒科技有限公司;BCD-252MHV冰箱 苏州三星电子;SJH-4S数控精密恒温水浴锅 宁波天恒仪器厂;UV-3000 PC紫外-可见分光光度计 上海美谱达仪器有限公司;H2050R-1高速冷冻离心机 湖南湘仪实验室仪器开发有限公司。

### 1.2 实验方法

1.2.1 样品预处理 将新鲜的冷鲜鸡去头去脚后用温水洗净,在无菌操作下,分割成大小均匀的肉块(约10 g),随机分成14组(每组8块)。将牛至精油溶解于含20%乙醇的蒸馏水中,然后依次加入茶多酚和D-异抗坏血酸钠,使其充分溶解,制成复合保鲜剂。最后将鸡肉浸渍在配好的复合保鲜剂溶液中2 min,取出于室温沥干后,将其分装到无菌自封袋中于4℃冰箱中保藏。

1.2.2 响应面实验设计 在预实验的基础上,利用Box-Behnken采用三因素三水平的响应面分析方法设计实验。将牛至精油、茶多酚和D-异抗坏血酸钠保鲜剂的添加量作为响应变量,以第0、2、4、6、8、10、12 d肉样中挥发性盐基氮含量的总和(通过预实验已确定贮藏期在10~12 d)作为响应值,通过响应面分析对该复合生物保鲜剂的最佳添加量进行优化,并与不添加保鲜剂处理的对照组进行比较验证,实验因素水平设置见表1。

表1 响应面因素水平表  
Table 1 Factors and levels used in RSM design

| 因素          | 水平   |      |      |
|-------------|------|------|------|
|             | -1   | 0    | 1    |
| A 牛至精油(%)   | 0.4  | 0.6  | 0.8  |
| B 茶多酚(%)    | 0.1  | 0.2  | 0.3  |
| C 异抗坏血酸钠(%) | 0.03 | 0.04 | 0.05 |

### 1.2.3 指标测定

1.2.3.1 感官评定 根据GB 2707-2005《鲜(冻)肉卫生标准》<sup>[13]</sup>,由5名受过专业培训的感官评定人员按评分表<sup>[14]</sup>对肉样进行感官评价。把各项评分相加,总分≥40分的为一级鲜度,30~39分的为二级鲜度,20~29分的为三级鲜度,20分以下的为变质品,评定标准见表2。

1.2.3.2 质构的测定 将肉样用无菌手术刀分割成

表2 鸡肉感官评分标准  
Table 2 Sensory evaluation criteria for chilled chicken

| 评定项目 | 评定             |                  |               |               |
|------|----------------|------------------|---------------|---------------|
|      | 9~10           | 6~8              | 4~5           | 1~3           |
| 色泽   | 肌肉有光泽,红色均匀     | 颜色稍暗             | 颜色暗红发白        | 颜色暗红发白严重      |
| 气味   | 具有鲜鸡肉固有的气味,无异味 | 鲜味淡,无异味          | 稍有异味或氨味       | 腐败臭味          |
| 弹性   | 弹性好,指压后凹陷立即恢复  | 弹性较好,指压后凹陷一段时间恢复 | 弹性差,指压后凹陷不易恢复 | 弹性很差,指压后凹陷不恢复 |
| 粘度   | 外表微湿润,不粘手      | 稍有粘手             | 较粘手           | 十分粘手          |
| 出水   | 无出水现象          | 少量出水             | 出水较多          | 出水很多          |

形状均匀的肉块(2 cm×2 cm×1 cm),每组测定6块,选取弹性、咀嚼性和回复性等指标进行研究。测试参数<sup>[15]</sup>:测试模式:TPA;探头:P/5圆柱形不锈钢探头;测试速率:1 mm/s;测试距离:5 cm;循环次数:2次;间隔时间:5 s。

1.2.3.3 色差的测定 用手持式色差计分别对固定位置进行色差测试。

1.2.3.4 pH的测定 准确称取样品5 g置于烧杯,加入45 mL蒸馏水,搅匀静置30 min后,用pH计进行测定。

1.2.3.5 菌落总数(aerobic plate count, APC)的测定 参照GB/T 4789.2-2010《食品卫生微生物学检验菌落总数测定》<sup>[16]</sup>,采用平板倾注法计数测定,结果以菌落总数的对数表示。

1.2.3.6 TVB-N的测定 参照GB/T 5009.44-2003《肉与肉制品卫生标准的分析方法》,采用半微量定氮法<sup>[17]</sup>。

1.2.3.7 硫代巴比妥酸(thiobarbituric acid, TBA)值的测定 参考Ali等<sup>[18]</sup>的方法进行测定。

### 1.3 数据处理方法

实验均做3次平行,数据以“平均值±标准差”(x±s)表示,利用SPSS 19.0进行差异显著性分析( $p<0.05$ 表示显著差异),采用Duncans法进行多重比较;采用Design-Expert 8.0.6软件进行响应曲面图和等高线图的绘制;曲线采用OriginPro 9.0绘制。

## 2 结果与分析

### 2.1 Box-Behnken实验结果

表3 复合生物保鲜剂浓度的响应面实验方案与结果

Table 3 The design and results of RSM of composite biological preservative

| 实验号 | A  | B  | C  | Y: TVB-N值 |
|-----|----|----|----|-----------|
| 1   | -1 | -1 | 0  | 90.86     |
| 2   | 1  | -1 | 0  | 81.32     |
| 3   | -1 | 1  | 0  | 83.92     |
| 4   | 1  | 1  | 0  | 88.06     |
| 5   | -1 | 0  | -1 | 84.91     |
| 6   | 1  | 0  | -1 | 82.8      |
| 7   | -1 | 0  | 1  | 93.2      |
| 8   | 1  | 0  | 1  | 79.33     |
| 9   | 0  | -1 | -1 | 83.56     |
| 10  | 0  | 1  | -1 | 86.47     |
| 11  | 0  | -1 | 1  | 90.08     |
| 12  | 0  | 1  | 1  | 92.01     |
| 13  | 0  | 0  | 0  | 77.93     |
| 14  | 0  | 0  | 0  | 79.83     |
| 15  | 0  | 0  | 0  | 78.22     |

具体的响应面实验方案与结果如表3所示,其中共15个实验点,13~15是中心实验点,用于估算实验误差。中心实验平均值为(78.67±0.84) mg/100 g,误差较小,符合实验设计的要求。对实验数据进行回归拟合,得到TVB-N值对牛至精油、茶多酚和D-异抗坏血酸钠3个因素的二次多项回归方程为:

$$Y=78.67-2.67A+0.58B+2.11C+3.42AB-2.94AC-0.24BC+2.20A^2+5.17B^2+4.19C^2$$

### 2.2 模型显著性检验

为了进一步验证模型的可靠性,对回归方程进行方差分析,结果见表4。总模型方程显著( $p<0.05$ );相关系数 $R^2=92.91\%$ ,表明模型相关度好;变异系数(C.V.)=2.68%,数值较小,表明模型的可信度较高;失拟项 $p=0.1170>0.05$ ,表明模型与实验结果拟合度高,该模型预测值与实际值能较好地吻合,适用于冷鲜鸡品质变化的预测和分析。从表4可知,牛至精油和D-异抗坏血酸钠两个因素对冷鲜鸡的TVB-N值均有显著影响( $p<0.05$ ),且AB、AC存在显著的交互作用( $p<0.05$ )。

表4 响应面回归模型的方差分析

Table 4 The variance analysis of regression model

| 方差来源                     | 平方和    | 自由度 | 均方    | F值    | p值     | 显著性 |
|--------------------------|--------|-----|-------|-------|--------|-----|
| 模型                       | 337.91 | 9   | 37.55 | 7.28  | 0.0208 | *   |
| A                        | 57.14  | 1   | 57.14 | 11.09 | 0.0208 | *   |
| B                        | 2.69   | 1   | 2.69  | 0.52  | 0.5023 |     |
| C                        | 35.62  | 1   | 35.62 | 6.91  | 0.0466 | *   |
| AB                       | 46.79  | 1   | 46.79 | 9.08  | 0.0297 | *   |
| AC                       | 34.57  | 1   | 34.57 | 6.71  | 0.0488 | *   |
| BC                       | 0.24   | 1   | 0.24  | 0.047 | 0.8376 |     |
| A <sup>2</sup>           | 17.87  | 1   | 17.87 | 3.47  | 0.1217 |     |
| B <sup>2</sup>           | 98.69  | 1   | 98.69 | 19.15 | 0.0072 | **  |
| C <sup>2</sup>           | 64.82  | 1   | 64.82 | 12.58 | 0.0165 | *   |
| 残差                       | 25.77  | 5   | 5.15  |       |        |     |
| 失拟项                      | 23.72  | 3   | 7.91  | 7.71  | 0.1170 |     |
| 纯误差                      | 2.05   | 2   | 1.03  |       |        |     |
| 总误差                      | 363.68 | 14  |       |       |        |     |
| $R^2=92.91\%$ C.V.=2.68% |        |     |       |       |        |     |

注:\*\* 极显著( $p<0.01$ );\* 显著( $p<0.05$ )。

### 2.3 复合保鲜剂各用量的响应曲面分析

利用Design-expert 8.0.6软件绘制模型的响应面图,从而可以较直观地反映各因素对响应值的影响程度。等高线的形状可反映因素间交互作用的强弱,椭圆形表示两个因素交互作用显著,而圆形则表示不显著<sup>[19]</sup>,结果见图1~图3。

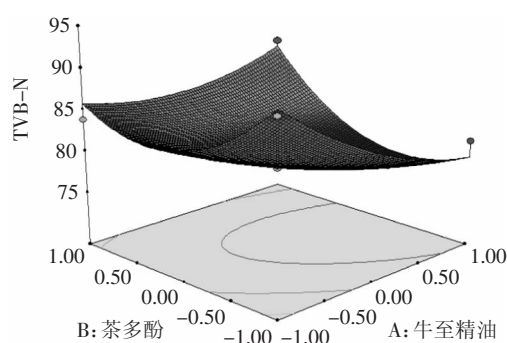


图1 牛至精油和茶多酚的交互作用对TVB-N含量的影响  
Fig.1 Effect of interaction between oregano essential oil and tea polyphenols on TVB-N value

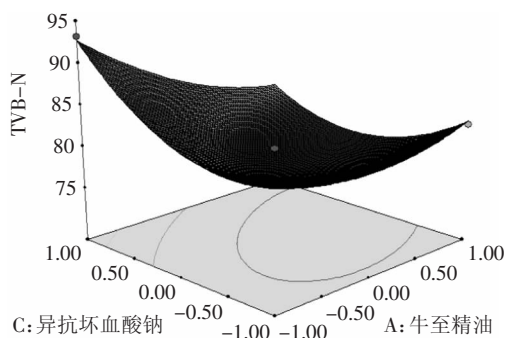


图2 牛至精油和D-异抗坏血酸钠的交互作用对TVB-N含量的影响

Fig.2 Effect of interaction between oregano essential oil and D-sodium erythorbate on TVB-N value

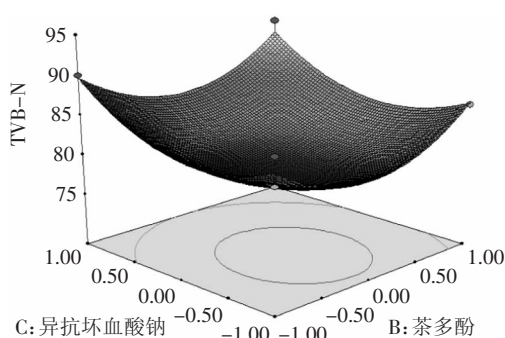


图3 茶多酚和D-异抗坏血酸钠的交互作用对TVB-N含量的影响

Fig.3 Effect of interaction between tea polyphenols and D-sodium erythorbate on TVB-N value

图1为A(牛至精油)和B(茶多酚)对挥发性盐基氮含量的响应面图。由图1所示,当异抗坏血酸钠取0水平时,牛至精油与茶多酚协同作用的等高线为椭圆形,表明AB对TVB-N值的影响显著,两者复合的保鲜剂能产生协同作用。

图2为A(牛至精油)和C(异抗坏血酸钠)对挥发性盐基氮含量的响应面图。由图2所示,当茶多酚取0水平时,牛至精油与茶多酚协同作用的等高线为椭圆形,表明交互作用显著,两者复合的保鲜剂也能产生协同作用,这与报道的牛至精油与其他保鲜剂复合使用产生显著的保鲜效果相吻合<sup>[20-21]</sup>。

图3为B(茶多酚)和C(异抗坏血酸钠)对挥发性盐基氮含量的响应面图。由图3所示,当牛至精油取0水平时,茶多酚与异抗坏血酸钠协同作用的等高线为圆形,交互作用不显著,表明两者复合的保鲜效果与单独作用之和没有显著差异。但两者作为食品行业中重要的抗氧化剂和肉制品加工过程中常用的发

色助剂,将两者结合能较好的保持食品色泽和风味<sup>[5,22]</sup>,改善冷鲜鸡经保鲜剂处理后感官的变化,对其保鲜具有重要作用。

以上结果与表4的分析结果相吻合,通过对回归方程求得得到曲面的极点值:即TVB-N总和最小为77.39 mg/100 g,所对应的牛至精油含量为0.786%,茶多酚含量为0.164%,异抗坏血酸钠含量为0.031%。在此基础上进行验证实验,TVB-N达到81.89 mg/100 g,与理论值相差5.81%,两值接近,此模型可用。

## 2.4 复合保鲜剂对冷鲜鸡保鲜效果的验证

2.4.1 感官评定 感官指标是评价冷鲜肉品质的重要指标之一,直接影响产品的销售,根据制定的感官评定表,对肉样进行感官评定,结果如表5所示。

由表5可知,冷鲜肉在贮藏期间,两组的感官评分值都随贮藏时间的延长而呈下降趋势,且对照组的感官评分值下降速度明显较快。第8 d对照组感官评分值低于20分,为变质品,而处理组得分显著高于对照组( $p<0.05$ ),处于三级鲜度范围,直到第12 d后才不可接受。由此可知,复合保鲜剂能够有效地减缓冷鲜鸡在贮藏期间综合感官品质的劣变,从而延长其货架期。

2.4.2 质构的变化 质构特性作为评价肉样品质的评价指标,主要表征肉样的结构、组织形态和口感等<sup>[23]</sup>。借助质构仪可以对食品的某些感官特性进行更精确和具体的分析,同时可以避免感官评价时因分析人员不同而造成主观误差。

图4反映了冷鲜鸡在冷藏过程中弹性、咀嚼性和回复性的变化。随着贮藏时间的延长,冷鲜鸡的质构特性均有不同程度的降低,代表着鸡肉从新鲜向腐败发展的过程。其中,处理组的质构特性普遍高于对照组(除咀嚼性第2 d外),与感官评定结果相符。弹性从第4 d后,处理组显著高于对照组( $p<0.05$ ),处理组直到第12 d才降至0.64,略低于对照组第8 d的0.68。处理组的回复性显著高于对照组( $p<0.05$ ),直到第12 d对照组的回复性降至0.15还略高于第8 d对照组的值。由于微生物的作用导致肉中肌原纤维蛋白的变化是肌肉失去弹性和回复性的重要原因<sup>[24]</sup>,复合保鲜剂能在贮藏初期有效地降低微生物数量,延缓了肉样的弹性和回复性发生不可逆的劣变。第4 d后处理组的咀嚼性显著高于对照组( $p<0.05$ ),到了贮藏末期,随着水分的不断迁移导致蛋白质脱水变性<sup>[25]</sup>,两组的咀嚼性均降至70以下,表明肉样已失去良好的咀嚼性。显然,利用复合保鲜剂处理冷鲜鸡能有效减少冷藏过程中其质构特性的劣变,保持良好的感官品质。

表5 鸡肉在4℃贮藏期间感官品质变化结果

Table 5 Sensory evaluation scores of cold chicken breast stored at 4℃

| 组别  | 贮藏时间(d)                 |                         |                         |                         |                         |            |            |
|-----|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|------------|------------|
|     | 0                       | 2                       | 4                       | 6                       | 8                       | 10         | 12         |
| 对照组 | 46.77±0.24 <sup>a</sup> | 36.55±0.49 <sup>a</sup> | 29.80±0.64 <sup>a</sup> | 22.63±0.30 <sup>a</sup> | 17.26±0.63 <sup>a</sup> | -          | -          |
| 处理组 | 46.50±0.41 <sup>a</sup> | 40.48±0.49 <sup>b</sup> | 35.87±0.11 <sup>b</sup> | 32.38±0.59 <sup>b</sup> | 29.72±0.49 <sup>b</sup> | 23.10±0.80 | 19.67±0.43 |

注: 同列不同字母表示差异显著( $p<0.05$ ); -表示肉样已腐败未评定。

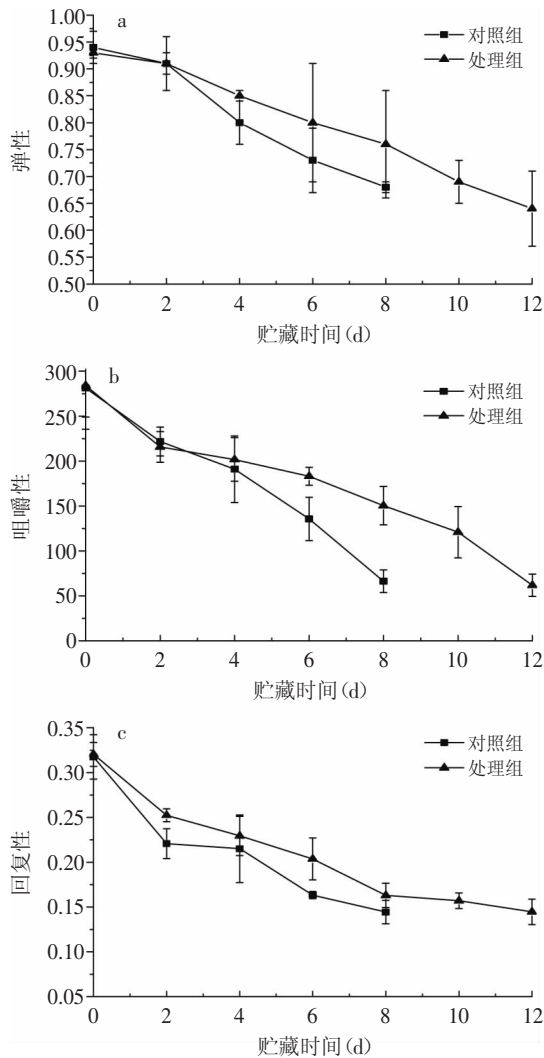


图4 冷鲜鸡在4 °C贮藏期间鸡肉弹性(a)、咀嚼性(b)和回复性(c)的变化结果

Fig.4 Changes in springiness (a), chewiness (b) and resilience (c) of cold chicken breast stored at 4 °C

2.4.3 色差与pH的变化 冷鲜鸡在4 °C贮藏期间, 色差变化结果如表6、表7所示。 $L^*$ 代表的是亮度, 经过8 d和12 d的贮藏, 对照组和处理组的 $L^*$ 值都逐渐减小 ( $p < 0.05$ ), 表明两组肉样表面经贮藏变得暗红, 这主要与肌肉蛋白质的分解有关<sup>[26]</sup>。其中, 处理组的 $L^*$ 值在贮藏初期及末期始终高于对照组, 这是由于鸡肉浸渍在复合保鲜剂后, 其表面的颜色会稍稍变白, 亮度明显增高。 $a^*$ 值代表的是肉的红色, 对照组的变化范围是3.84~5.96, 处理组的是2.80~5.32。一般来说,  $a^*$ 值的变化仅对于色泽鲜红的肉(如猪肉)是比较明显的, 因此, 贮藏期间两组鸡肉 $a^*$ 值的变化无规律, 同样的现象发生在 $b^*$ 值中, 这些结果与Latou等<sup>[27]</sup>所发现的结果相似。

如表6、表7所示, 对照组和处理组样品的pH在4 °C贮藏期间呈总体上升的趋势。两组pH变化均显著 ( $p < 0.05$ ), 其中对照组上升较快, 而处理组上升较为平缓。在贮藏初期pH有下降的过程, 这主要与肉中含氮物质质量的增加有关。屠宰后的鸡肉, 因无氧酵解的进行分解出乳酸和磷酸, 从而导致pH的降低<sup>[28]</sup>。随着贮藏时间的增加, 对照组pH在第8 d已经达到6.75, 肉品出现变质现象。这是由于蛋白质被蛋白酶降解成多肽和氨基酸, 并释放出碱性基团, 使得pH上升。而处理组pH直到第12 d才超过6.70, 可能是因为经复合保鲜剂处理, 降低了微生物的数量, 蛋白质分解产生的碱性物质以及胺类含量较低, 因此该组的pH上升较缓慢。可见, 复合生物保鲜剂能够有效延缓鸡胸肉在4 °C贮藏过程中pH的升高。

2.4.4 APC的变化 两组样品在4 °C贮藏期间菌落总数变化如图5所示。随着贮藏时间的延长, 两组样品的菌落总数随之增长, 且对照组的生长速率较为快速。由于复合保鲜剂中含有少量的乙醇, 因此在第0 d时处理组的菌落总数稍低于对照组。在整个贮藏期间, 处理组的菌落总数均显著低于对照组 ( $p < 0.05$ )。对照组在第8 d菌落总数超出限量标准 $10^8$  CFU/g, 为

表6 对照组样品在4 °C贮藏期间的色差( $L^*$ ,  $a^*$  and  $b^*$ )和pH变化结果

Table 6 Changes in color ( $L^*$ ,  $a^*$  and  $b^*$ ) and pH of cold chicken breast of treatment group stored at 4 °C

| 指标    | 贮藏时间(d)                 |                          |                          |                         |                         |
|-------|-------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------|-------------------------|
|       | 0                       | 2                        | 4                        | 6                       | 8                       |
| $L^*$ | 60.81±2.25 <sup>a</sup> | 58.03±1.56 <sup>ab</sup> | 58.37±2.47 <sup>ab</sup> | 56.16±1.31 <sup>b</sup> | 55.22±1.84 <sup>b</sup> |
| $a^*$ | 3.87±0.77 <sup>b</sup>  | 4.81±1.21 <sup>ab</sup>  | 5.96±0.42 <sup>a</sup>   | 3.84±0.89 <sup>b</sup>  | 4.78±0.83 <sup>ab</sup> |
| $b^*$ | 13.56±1.24 <sup>b</sup> | 15.66±1.44 <sup>ab</sup> | 15.03±1.48 <sup>ab</sup> | 13.76±1.03 <sup>b</sup> | 16.75±1.76 <sup>a</sup> |
| pH    | 6.15±0.12 <sup>c</sup>  | 6.07±0.14 <sup>c</sup>   | 6.24±0.09 <sup>bc</sup>  | 6.51±0.23 <sup>ab</sup> | 6.75±0.17 <sup>a</sup>  |

注: 同行不同字母表示差异显著 ( $p < 0.05$ )。表7同。

表7 处理组样品在4 °C贮藏期间的色差( $L^*$ ,  $a^*$  and  $b^*$ )和pH变化结果

Table 7 Changes in color ( $L^*$ ,  $a^*$  and  $b^*$ ) and pH of cold chicken breast of control group stored at 4 °C

| 指标    | 贮藏时间(d)                  |                          |                          |                          |                          |                          |                          |
|-------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
|       | 0                        | 2                        | 4                        | 6                        | 8                        | 10                       | 12                       |
| $L^*$ | 65.64±2.01 <sup>a</sup>  | 64.83±3.57 <sup>a</sup>  | 62.50±2.30 <sup>ab</sup> | 63.48±4.45 <sup>ab</sup> | 62.30±3.13 <sup>ab</sup> | 59.03±1.24 <sup>b</sup>  | 58.61±2.89 <sup>b</sup>  |
| $a^*$ | 4.24±1.57 <sup>abc</sup> | 3.86±0.92 <sup>abc</sup> | 2.80±0.64 <sup>c</sup>   | 3.48±1.33 <sup>abc</sup> | 3.29±0.80 <sup>bc</sup>  | 4.87±0.74 <sup>ab</sup>  | 5.32±0.96 <sup>a</sup>   |
| $b^*$ | 14.29±1.58 <sup>ab</sup> | 16.98±1.47 <sup>a</sup>  | 15.20±1.91 <sup>ab</sup> | 13.05±0.96 <sup>b</sup>  | 15.50±1.27 <sup>ab</sup> | 14.68±1.64 <sup>ab</sup> | 15.00±1.42 <sup>ab</sup> |
| pH    | 6.11±0.03 <sup>d</sup>   | 6.02±0.15 <sup>d</sup>   | 6.16±0.14 <sup>cd</sup>  | 6.25±0.17 <sup>cd</sup>  | 6.44±0.17 <sup>bc</sup>  | 6.58±0.20 <sup>ab</sup>  | 6.76±0.15 <sup>a</sup>   |

8.30 lg (CFU/g), 已属腐败肉<sup>[29]</sup>。而处理组直到第12 d才接近限量标准, 为7.98 lg (CFU/g)。处理组的菌落总数的增长在第2~8 d较为平缓, 这是由于贮藏初期微生物的数量较少, 使牛至精油抑菌作用难以明显表现出来, 后来随着微生物数量的增长, 牛至精油的抑菌作用才得到显现。可见, 复合保鲜剂对冷鲜鸡在4℃贮藏期间细菌的抑制作用显著。

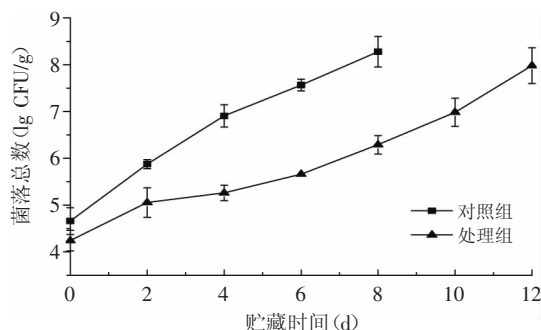


图5 冷鲜鸡在4℃贮藏期间APC的变化结果

Fig.5 Changes in APC of cold chicken breast of control and treatment group stored at 4℃

2.4.5 TVB-N含量的变化 图6所示, 对照组在4℃贮藏过程中TVB-N值上升较快, 在第8 d时TVB-N值已高达21.97 mg/100 g, 超过限量20 mg/100 g, 即肉样已腐败变质<sup>[17]</sup>。经复合保鲜剂处理过的肉样TVB-N值在贮藏初期上升速度平缓, 第6 d后, 由于微生物的大量繁殖导致蛋白质的分解出盐基氮类物质, TVB-N值急剧升高, 到第12 d才超过限量, 达到20.67 mg/100 g。由此可见, 该复合保鲜剂可以明显抑制微生物的繁殖, 从而有效延长了冷鲜鸡的货架期。挥发性盐基氮的变化与肉样中蛋白质含量变化以及pH的变化紧密相关, TVB-N值急剧上升, 这与pH变化相一致。经过12 d的贮藏时间, 冷鲜鸡的TVB-N含量总和为81.89 mg/100 g。

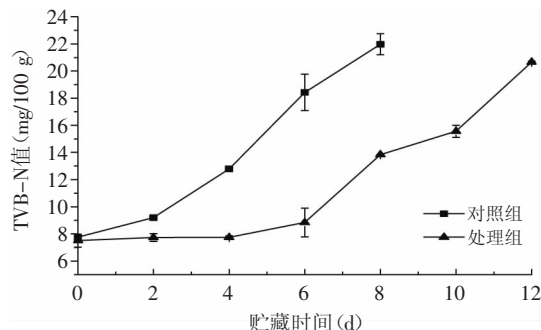


图6 冷鲜鸡在4℃贮藏期间TVB-N含量的变化结果

Fig.6 Changes in TVB-N of cold chicken breast of control and treatment group stored at 4℃

2.4.6 TBA值的变化 TBA值是油脂中不饱和脂肪酸氧化分解所产生的衍生物(如丙二醛等)与TBA反应的结果, TBA值越大氧化程度越高<sup>[30]</sup>, 冷鲜鸡4℃贮藏期间TBA值的变化见图7。由图7可以看出, 随着贮藏时间延长, 两组样品TBA值逐渐增大, 但经复合

保鲜剂处理过的样品的TBA值增长较对照组缓慢。从第2 d开始, 处理组TBA值显著低于对照组( $p < 0.05$ ), 在第8 d时对照组TBA值为0.69 mg/100 g, 而处理组直到第12 d TBA值才达0.64 mg/100 g。可见复合保鲜剂处理能有效延缓冷鲜鸡脂肪氧化的速率( $p < 0.05$ ), 这主要是由于复合保鲜剂中含天然抗氧化剂、自由基清除剂, 能与脂肪酸自由基结合, 减缓自由基连锁反应, 从而抑制脂肪自动氧化。

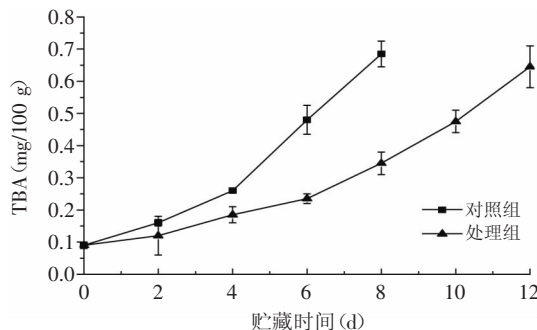


图7 冷鲜鸡在4℃贮藏期间TBA值的变化结果

Fig.7 Changes in TVB-N value of cold chicken breast of control and treatment group stored at 4℃

### 3 结论

3.1 利用牛至精油、茶多酚以及D-异抗坏血酸钠不同的保鲜效果, 配制复合生物保鲜剂。采用Box-Behnken实验设计与响应面分析, 确定该复合生物保鲜剂中各种组分最佳添加比例为牛至精油0.786%、茶多酚0.164%和D-异抗坏血酸钠0.031%, 此时TVB-N达81.89 mg/100 g。

3.2 将复合生物保鲜剂应用于冷鲜鸡肉保鲜, 能有效延缓鸡肉感官品质的劣变, 直到第12 d才达到不可接受范围; pH、菌落总数、TVB-N含量以及TBA值等指标均优于对照组。该复合保鲜剂能够显著延缓冷鲜鸡的腐败变质, 在4℃贮藏条件下可将货架期由对照组的7 d延长至11~12 d。

### 参考文献

- [1] Igene J O, Pearson A M. Role of phospholipids and triglycerides in warmed-over flavor development in meat model systems[J]. Journal of Food Science, 1979, 44: 1285-1290.
- [2] WHO. Number of confirmed human cases of avian influenza A (H7N9) reported to WHO [EB/OL]. (2013-5-30)[2014-8-23]. [http://www.who.int/influenza/human\\_animal\\_interface/influenza\\_h7n9/Data\\_Reports/en/index.html](http://www.who.int/influenza/human_animal_interface/influenza_h7n9/Data_Reports/en/index.html).
- [3] Botsoglou N A, Grigoropoulou S H, Botsoglou E, et al. The effects of dietary oregano essential oil and  $\alpha$ -tocopheryl acetate on lipid oxidation in raw and cooked turkey during refrigerated storage[J]. Meat Science, 2003, 65(3): 1193-1200.
- [4] Sumoto M, O'Grady M N, Kerry J P, et al. Addition of tea catechins and vitamin C on sensory evaluation, colour and lipid stability during chilled storage in cooked or raw beef and chicken patties[J]. Meat Science, 2005, 69(4): 773-779.
- [5] 焦文娟, 张立彦, 熊玲. 猪肉助色剂的研究及配方优化[J].

食品工业科技, 2015, 36(1): 280-284.

[6] Leistner L. Basic aspects of food preservation by hurdle technology[J]. International Journal of Food Microbiology, 2000, 55(1-3): 181-186.

[7] 赵颖, 冯伟. 抗氧化剂延长低温肉制品保存期研究[J]. 中国食品添加剂, 2010(1): 181-185.

[8] Khanjari A, Karabagias I, Kontominas M. Combined effect of N,O-carboxymethyl chitosan and oregano essential oil to extend shelf life and control *Listeria monocytogenes* in raw chicken meat fillets[J]. Food Science and Technology, 2013, 53(1): 94-99.

[9] 张立彦, 贾艳花, 芮汉明. 壳聚糖和茶多酚对鸡肉的保鲜效果及复合保鲜条件的优选[J]. 食品与发酵工业, 2011, 37(12): 177-182.

[10] 赵毓芝, 刘成国, 周玄, 等. 响应面法优化冷鲜肉复合保鲜剂研究[J]. 食品工业科技, 2012, 33(17): 263-269.

[11] 常超, 王凌, 伍金娥, 等. 响应面法优化冷鲜肉复合保鲜剂的研究[J]. 食品科技, 2014, 39(2): 236-240.

[12] 施建兵, 谢晶, 高志立, 等. 响应面法优化鲳鱼复合生物保鲜剂配方[J]. 食品科学, 2014, 35(20): 37-41.

[13] 江苏省疾病预防控制中心, 上海市卫生监督所, 杭州市卫生监督所, 等. GB 2707-2005 鲜(冻)畜肉卫生标准[S]. 北京: 中国标准出版社, 2005.

[14] 张全景, 冯小海, 徐虹, 等.  $\epsilon$ -聚赖氨酸在冷鲜猪肉保鲜中的应用[J]. 食品科学, 2011, 32(2): 290-296.

[15] Rababah TM, Feng H, Yang W, et al. Effect of grape seed extracts on physicochemical and sensory properties of goat meat cooked by conventional electric or microwave ovens[J]. Food Science Technology Research, 2012, 18(3): 325-332.

[16] GB/T 4789.2-2010 食品卫生微生物学检验菌落总数测定[S]. 北京: 中国标准出版社, 2010.

[17] GB/T 5009.44-2003 肉与肉制品卫生标准的分析方法[S]. 北京: 中国标准出版社, 2003.

[18] Ali S, Zhang W, Rajput N, et al. Effect of multiple freeze-thaw cycles on the quality of chicken breast meat[J]. Food Chemistry, 2015, 173: 808-814.

[19] Guo Y C, Shuang Q H, Yan H Y, et al. Response surface

methodology with prediction uncertainty: A multi-objective optimisation approach[J]. Chemical Engineering Research and Design, 2012, 90(9): 1235-1244.

[20] Govaris A, Solomakos N, Pexara A, et al. The antimicrobial effect of oregano essential oil, nisin and their combination against *Salmonella Enteritidis* in minced sheep meat during refrigerated storage[J]. International Journal of Food Microbiology, 2010, 137(2-3): 175-180.

[21] Ntzimani A G, Giatrakou V I, Savvaidis I N. Combined natural antimicrobial treatments (EDTA, lysozyme, rosemary and oregano oil) on semi cooked coated chicken meat stored in vacuum packages at 4°C: Microbiological and sensory evaluation[J]. Innovative Food Science and Emerging Technologies, 2010, 11(1): 187-196.

[22] 范文教, 王文睿, 张永奎, 等. 茶多酚对香肠发色效果影响的研究[J]. 食品工业科技, 2012, 33(19): 288-291.

[23] Zbigniew A K, Hyejeong Y, Rutley D L, et al. The effect of high pressure on microbial population, meat quality and sensory characteristics of chicken breast fillet[J]. Food Control, 2011, 22(1): 6-12.

[24] 周然, 刘源, 谢晶, 等. 电解水对冷藏河豚鱼肉质构及品质变化的影响[J]. 农业工程学报, 2011, 27(10): 365-369.

[25] 汤元睿, 谢晶, 李念文, 等. 不同冷链物流过程对金枪鱼品质及组织形态的影响[J]. 农业工程学报, 2014, 30(5): 285-291.

[26] McDougall D B. Changes in colour and opacity of meat[J]. Food Chemistry, 1982, 9(1-2): 75-88.

[27] Latou E, Mexis S F, Badeka A V, et al. Combined effect of chitosan and modified atmosphere packaging for shelf life extension of chicken breast fillets[J]. Food Science and Technology, 2014, 55(1): 263-268.

[28] 张晓娟, 张岗, 吕欣. 羊肉保鲜技术研究进展及发展趋势[J]. 食品工业科技, 2006, 27(2): 198-200.

[29] 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, 35(5): 271-276.

[30] 薛菲. 维生素C与异抗坏血酸钠对辐照盐水鹅品质的影响[J]. 食品工业科技, 2012, 33(18): 325-327.

(上接第301页)

Robusta咖啡生豆中提取绿原酸的产业化提供了一定的理论依据, 也为开拓绿原酸的另一可行性来源提供了科学依据。

### 参考文献

[1] 龙文静. 咖啡豆中咖啡因与绿原酸的研究进展[J]. 广西轻工业, 2010, 1(1): 1-2.

[2] Kasai H, Fukada S, Yamaizumi Z, et al. Action of chlorogenic acid in vegetables and fruits as an inhibitor of 8-hydroxydeoxyguanosine formation *in vitro* and in a rat carcinogenesis model[J]. Food & Chem Toxicol, 2000, 38(5): 467-471.

[3] 张泽生, 乌兰. 金银花中绿原酸的体外抑菌和抗氧化性的研究[J]. 天津科技大学报, 2005, 6(2): 6-8.

[4] 刘军海, 裴爱泳. 绿原酸及其提取纯化和应用前景[J]. 粮食

与油脂, 2003(9): 44-46.

[5] 胡鲜宝, 范贵生, 吕加平. 绿原酸提取纯化及检测方法的研究进展[J]. 农产品加工·学刊, 2009, 11(11): 85-88.

[6] 尤秀丽, 池路花, 曹芸梅, 等. 响应面法优化微波超声双辅助提取金银花绿原酸工艺[J]. 食品工业科技, 2014, 35(12): 272-276.

[7] 许善伟. 高效液相法测定咖啡豆提取物中绿原酸的含量[J]. 广西医学, 2009, 11(11): 1702-1703.

[8] 罗晓燕, 吴九九, 温艳梅, 等. 高效液相色谱法同时测定绿原酸及其五种主要代谢产物[J]. 食品工业科技, 2013(4): 66-68.

[9] 徐向宏, 何明珠. 实验设计与 Design-Expert、SPSS 应用[M]. 北京: 科学工业出版社, 2010: 146-160.

[10] 朱俊向, 吴昊, 杨绍兰, 等. 超声辅助提取冻干番茄粉番茄红素的工艺优化[J]. 北京: 农业工程学报, 2013, 29(18): 284-290.

[11] 李云雁, 胡传荣. 实验设计与数据处理[M]. 北京: 化学工业出版社, 2008: 134-136.