

## 复合生物保鲜剂对冷鲜牛肉的保鲜效果研究

董文丽, 巩雪, 常江  
(哈尔滨商业大学, 哈尔滨 150028)

**摘要:** **目的** 为了延长冷鲜牛肉的货架期, 提高冷鲜牛肉贮藏期间的品质, 研究复合生物保鲜剂的保鲜效果。**方法** 利用多种生物保鲜剂对冷鲜牛肉进行处理, 并在室温下进行贮藏, 每隔 3 d 对冷鲜牛肉的含水量、pH 和 TVB-N 值进行测定, 并根据单因素实验所得结果, 选择效果明显的保鲜剂按照一定比例组成复合生物保鲜剂, 对冷鲜牛肉进行处理, 并检验其保鲜效果。**结果** 生物保鲜剂处理后的冷鲜牛肉的储存期和品质均较未处理的试样有明显提升, 其中壳聚糖、茶多酚和溶菌酶的保鲜效果更明显, 因此, 选择这 3 种保鲜剂作为复合保鲜剂对冷鲜牛肉进行处理, 在 4 °C 条件下贮藏, 并在第 6 天对其挥发性盐基氮进行了测定, 分析结果表明, 当壳聚糖、茶多酚和溶菌酶的质量分数分别为 5%, 1%, 3% 时, 冷鲜牛肉的 TVB-N 取极小值 59.2 mg/kg, 仍然保持比较新鲜的状态。**结论** 复合生物保鲜剂对冷鲜牛肉具有比较明显的保鲜作用, 能够有效地延长肉品的货架期。

**关键词:** 冷鲜牛肉; 生物保鲜剂; 保鲜; 品质

**中图分类号:** TB485.9 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2020)03-0013-08

**DOI:** 10.19554/j.cnki.1001-3563.2020.03.003

## Quality Change of Chilled Beef under the Action of Compound Biological Preservative

DONG Wen-li, GONG Xue, CHANG Jiang  
(Harbin university of Commerce, Harbin 150028, China)

**ABSTRACT:** The paper aims to research the fresh keeping effect of compound biological preservative to prolong the shelf life of cold fresh beef and improve its quality during storage. Cold fresh beef was treated with various biological preservatives and stored at room temperature. The moisture content, pH and TVB-N of cold fresh beef were determined every 3 days. According to the results of single factor experiment, the fresh-keeping agent with obvious effect was selected to form compound biological preservative according to a certain proportion, and the fresh beef was treated to test its fresh-keeping effect. The storage period and quality of cold fresh beef treated with biological preservative were significantly higher than those of untreated samples, and the preservation effect of chitosan, tea polyphenols and lysozyme was more obvious. Therefore, these three preservatives were selected as compound preservatives to treat cold fresh beef, stored at 4 °C. Its volatile base nitrogen was determined on the 6th day. When the mass fraction of tea polyphenols and lysozyme was 5%, 1% and 3%, the minimum TVB-N of chilled beef was 59.2 mg/kg, which remained fresh. The composite biological preservative has obvious fresh-keeping effect on the cold fresh beef, and can effectively prolong the shelf life of the meat product.

**KEY WORDS:** cold fresh beef; biological preservative; fresh keeping; quality

收稿日期: 2019-08-29

基金项目: 哈尔滨商业大学校级科研项目 (17XN067)

作者简介: 董文丽 (1965—), 女, 哈尔滨商业大学教授、硕导, 主要研究为食品包装新材料及保鲜包装技术。

随着人们生活水平的提高和健康意识的增强,冷鲜牛肉凭借着丰富的营养价值、较好的感官品质和较高的食用安全性,越来越受到消费者的喜爱<sup>[1-2]</sup>,但由于冷鲜牛肉未经过任何的处理,因此货架期比较短,营养成分易发生腐败变质<sup>[3-4]</sup>,所以,保鲜包装技术在冷鲜肉流通过程中起到了至关重要的作用。近几年,合理地利用食品保鲜剂延长其货架期,逐渐成为了冷鲜肉保鲜的重要手段。

目前,在冷鲜牛肉保鲜领域应用较多的是化学保鲜剂,但大量或长期的食用化学保鲜剂会危害人体健康,甚至致癌,无法满足食品的安全性要求<sup>[5]</sup>,因此,无毒且防腐抗菌效果明显的生物保鲜剂在冷鲜牛肉中的使用,越来越得到各方面重视,以生物保鲜剂代替化学保鲜剂,成为了冷鲜肉保鲜的发展方向<sup>[6-8]</sup>。生物保鲜剂具有低毒性、低能耗、低成本的特点,对冷鲜肉保鲜起着重要作用<sup>[9-10]</sup>。生物保鲜剂按来源不同分为植物源保鲜剂、动物源保鲜剂、微生物源保鲜剂。植物源保鲜剂有肉桂精油(*Cinnamon essential oil*)、迷迭香(*Rosmarinus officinalis*)、茶多酚(*Tea polyphenols*)等;动物源保鲜剂有壳聚糖(*Chitosan*)、蜂胶(*Propolis*)、乳铁蛋白(*lactoferrin*)、溶菌酶(*lysozyme*)等;微生物源保鲜剂有乳酸链球菌素(*Nisin*)、纳他霉素(*Natamycin*)、乳酸菌(*lactic acid bacteria*)等<sup>[11-13]</sup>。文中以溶菌酶、乳酸链球菌、壳聚糖、茶多酚和肉桂精油等常见的生物保鲜剂,对冷鲜牛肉进行处理及优化设计,以得到冷鲜牛肉复合生物保鲜剂的最佳配比。

## 1 实验

### 1.1 原料

以市售新鲜牛里脊肉为主要原料,包装袋材料为PA/PE。

### 1.2 试剂及设备

主要试剂:溶菌酶,食品级,澳博生物科技有限公司;Nisin、壳聚糖、茶多酚,食品级,英博生物科技有限公司;肉桂精油,食品级,澳博生物科技有限公司;氯化钠,分析纯,广东光华化学厂有限公司;硼酸,分析纯,天津博迪化工股份有限公司;盐酸,分析纯,天津博迪化工股份有限公司;氧化镁,分析纯,哈尔滨试剂化工厂;海砂,分析纯,天津市河东区红岩试剂厂;体积分数为95%的乙醇,天津市天力化学试剂有限公司。

实验设备:HH-4数显恒温水浴锅,国华电器有限公司;JJ-1精密定时电动搅拌机,天津市泰斯特仪器有限公司;98-1-B型电子调温电热套,天津市泰斯特仪器有限公司;JY10002电子天平,上海舜宇恒平

科学仪器有限公司;DS-150恒温恒湿试验箱,苏州市易维试验仪器有限公司;半微量定氮器,淄博市现代科学器材有限公司;微量滴定管,泰兴市铭泰科教仪器设备有限公司;笔式酸度计,苏州英格泰电子科技有限公司;台盛电热鼓风干燥箱,吴江市台盛烘箱制造厂。

## 1.3 方法

### 1.3.1 新鲜牛肉处理

新鲜牛肉处理流程:冷鲜牛肉→分割(每块20~25g)→保鲜剂浸泡3min→沥干→包装→贮藏。

### 1.3.2 主要指标测定方法

冷鲜牛肉的腐败变质是一种复杂、持续的过程,多种因素会对冷鲜牛肉的腐败变质造成影响,所以应综合评价多方面的因素对其腐败变质的影响,测定指标有含水量、pH值和挥发性盐基氮值。

#### 1.3.2.1 含水量的测定

参照GB 5009.3—2016《食品中水分的测定》,采用直接干燥法,将浸泡过生物保鲜剂的试样从包装袋中取出,然后放入烧杯中,向烧杯中加入4g海砂、2mL乙醇,将烧杯放于水浴上预干,待乙醇全部蒸干后将其放入干燥箱中,温度控制在(103±2)℃,烘干恒质量至冷却,用电子称测量试样质量,计算公式如下:

$$X_2 = \frac{m_2 - m_3}{m_2 - m_1} \times 100\%$$

式中: $X_2$ 为试样水分质量分数(%); $m_2$ 为干燥前试样(包含烧杯及海砂)总质量(g); $m_3$ 为干燥后试样(包含烧杯及海砂)总质量(g); $m_1$ 为烧杯及海砂总质量(g)。

#### 1.3.2.2 pH测定

根据GB 5009.237—2016《食品pH的测定》,用电子称称取1g粉碎试样放入烧杯中,向烧杯中加入新煮沸后冷却的蒸馏水至50mL,并用玻璃棒不断搅拌至均匀,浸渍30min过滤,过滤后取滤液5mL倒入100mL烧杯中,利用笔式酸度计测定pH值。

#### 1.3.2.3 挥发性盐基氮测定

根据GB 5009.228—2016《食品安全国家标准 食品中挥发性盐基氮的测定》,将试样绞碎并搅匀,称取约5g置于烧杯中,向烧杯注入50mL水,并搅拌均匀后,浸渍30min,置入凯式定氮器进行测定,计算方法为:

$$X = \frac{14(V_1 - V_2)c}{m \times 5\%} \times 100\%$$

式中: $X$ 为试样中挥发性盐基氮含量; $V_1$ 为测定试样消耗盐酸标准溶液体积(mL); $V_2$ 为空白试样消耗盐酸标准溶液体积(mL); $c$ 为盐酸标准溶液浓度(mol/L); $m$ 为试样质量(g)。

### 1.3.3 方案

将分切后的冷鲜牛肉分别用质量分数为 0.1%，1%，2%的溶菌酶，0.005%，0.05%，0.5%的乳酸链球菌素，1%，3%，5%的壳聚糖，0.1%，1%，2%的茶多酚，以及 0.5%，1.5%，2.5%的肉桂精油等保鲜剂进行浸泡处理，并在室温下进行密封，置于 4℃下进行冷藏，每 3 d 对牛肉的含水量、pH 值和挥发性盐基氮等指标进行测定，并与未处理的牛肉各指标进行对比，分析各生物保鲜剂保鲜效果的优劣。

### 1.3.4 实验初始值测定

对购买的冷鲜牛肉各指标的初始值进行测定，测得含水量为 70.67%，pH=5.81，挥发性盐基氮含量为 50 mg/kg。

## 2 结果与分析

### 2.1 生物保鲜剂对冷鲜牛肉含水量的影响

冷鲜牛肉中的蛋白质在流通过程中被分解，会使锁水能力下降，含水量会降低，从而影响牛肉的质构和品质。不同生物保鲜剂对冷鲜牛肉水分含量（质量分数）的影响见图 1。

5 种不同生物保鲜剂在不同浓度条件下对冷鲜牛肉进行处理，在 18 d 的贮藏过程中，冷鲜牛肉的水分含量呈下降趋势，相对于空白对照组，添加生物保鲜剂的冷鲜牛肉的水分含量数值下降速度缓慢，有效延长了冷鲜牛肉的贮存时间。水分含量曲线下降的原

因在于贮藏过程中，牛肉纤维中的蛋白质发生腐败变质，使蛋白质结构发生变化，导致蛋白质变性，从而影响了蛋白质的锁水能力，以至水分含量呈下降趋势。由图 1 可以看出，5 种生物保鲜剂对冷鲜牛肉水分保持效果各不相同，其中：茶多酚（2%）> 茶多酚（1%）> 茶多酚（0.1%）；壳聚糖（5%）> 壳聚糖（3%）> 壳聚糖（1%）；溶菌酶（2%）> 溶菌酶（1%）> 溶菌酶（0.1%）；Nisin（0.005%）> Nisin（0.05%）> Nisin（0.5%）；肉桂精油（1.5%）> 肉桂精油（0.5%）。

### 2.2 生物保鲜剂对冷鲜牛肉 pH 值的影响

不同生物保鲜剂对冷鲜牛肉挥发性盐基氮的影响见图 2。由图 2 可以看出，经过不同生物保鲜剂处理的冷鲜牛肉，pH 基本呈上升趋势，相对于空白对照组，添加生物保鲜剂的冷鲜牛肉的 pH 数值上升速度缓慢，有效延长了冷鲜牛肉的贮存时间。根据肉样新鲜度判定标准：pH=5.8~6.2 属于一级鲜肉，pH=6.3~6.6 属于次级鲜肉；pH 6.7 属于变质肉<sup>[14]</sup>。由图 2 可以看出，空白对照组在第 3 天时，pH 值为 6.30，成为次鲜肉，在第 9 天时 pH 值为 6.90，成为了变质肉；经过生物保鲜剂处理的冷鲜牛肉 pH 值增大趋势有所减缓，并呈现出先增大后降低的趋势。这主要是由于冷鲜牛肉中蛋白质在腐败分解过程中生成氨及胺类化合物等碱性物质，随着碱性物质的增多 pH 值增大，但有时冷鲜牛肉在贮藏过程中会发生酸化反应，蓄积大量有机酸，使 pH 值降低。由图 2 得出，

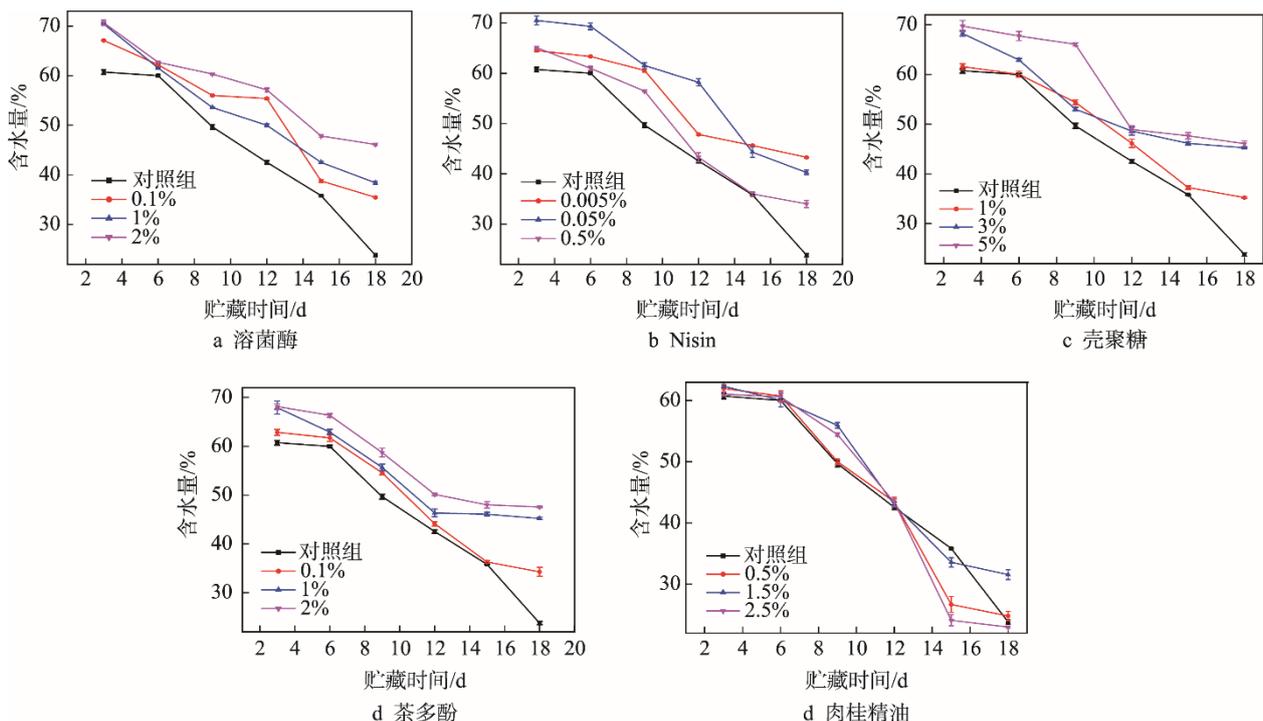


图 1 不同生物保鲜剂对牛肉含水量的影响

Fig.1 Effect of different biological preservative concentrations on water content of beef

5种生物保鲜剂对冷鲜牛肉pH影响效果优劣顺序为：壳聚糖（5%）>壳聚糖（3%）>壳聚糖（1%）；溶菌酶（2%）>溶菌酶（0.1%）>溶菌酶（1%）；茶多酚（2%）>茶多酚（1%）>茶多酚（0.1%）；肉桂精油（2.5%）>肉桂精油（1.5%）>肉桂精油（0.5%）；Nisin（0.05%）>Nisin（0.05%）>Nisin（0.5%）。

### 2.3 生物保鲜剂对冷鲜牛肉挥发性盐基氮值的影响

挥发性盐基氮值（TVB-N）是指冷鲜牛肉中的蛋白质在被微生物分解后产生的氨及胺类等碱性含氮物质的含量。不同生物保鲜剂处理的冷鲜牛肉在贮藏期间的TVB-N值变化规律见图3。

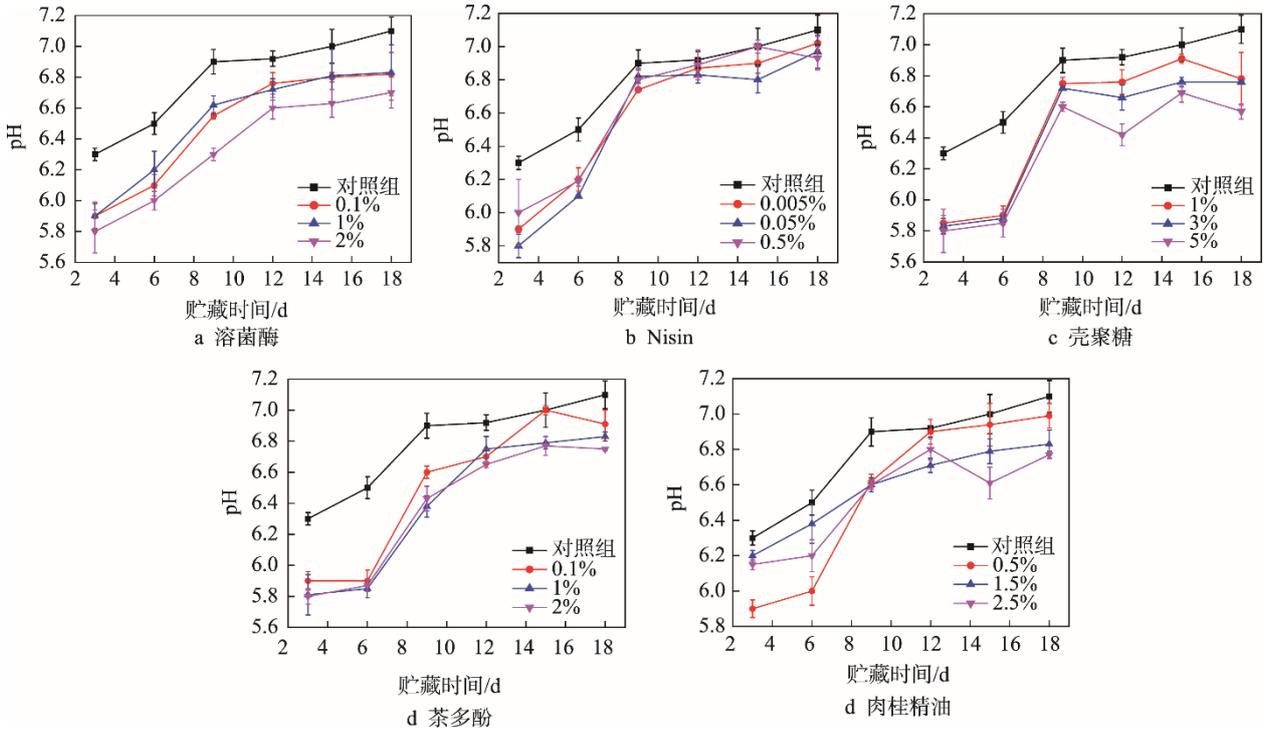


图2 不同生物保鲜剂对牛肉 pH 的影响

Fig.2 Effect of different biological preservative concentration on beef pH

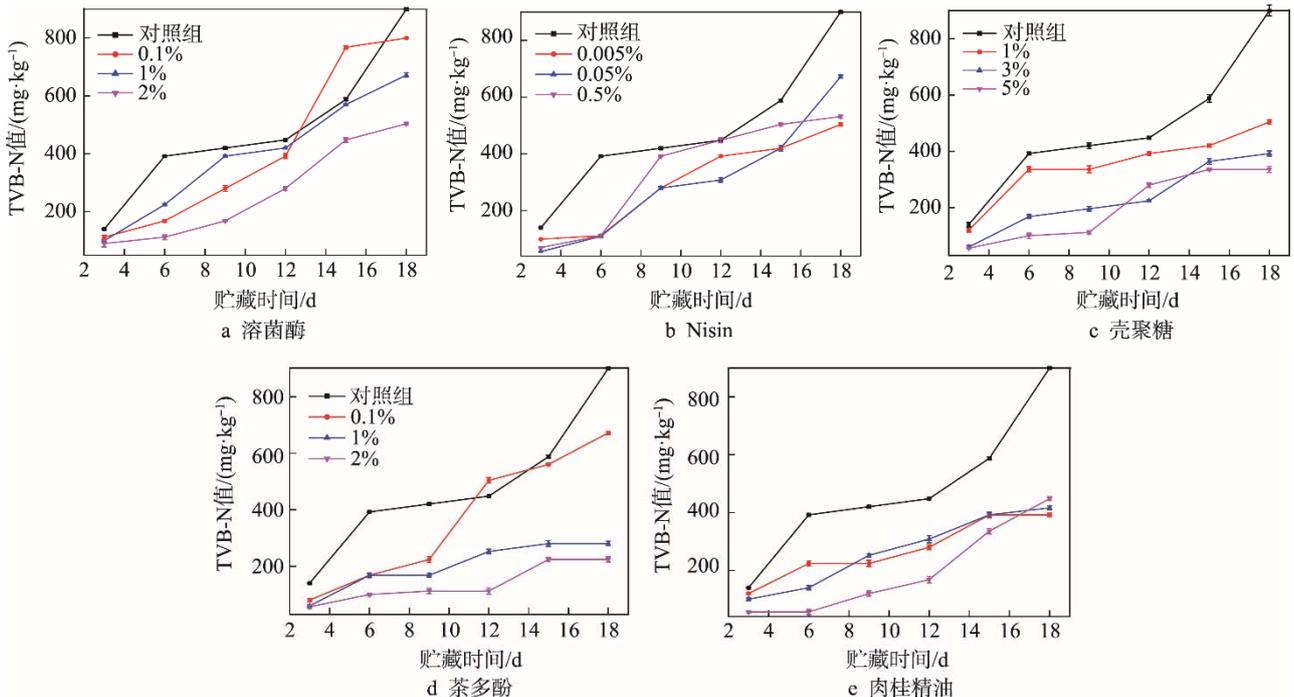


图3 不同生物保鲜剂对牛肉 TVB-N 的影响

Fig.3 Effect of different biological preservative concentration on beef TVB-N

由图 3 可以看出,经过不同生物保鲜剂处理的冷鲜牛肉,挥发性盐基氮呈上升趋势,相对于空白对照组,添加生物保鲜剂的冷鲜牛肉的挥发性盐基氮数值上升速度缓慢,生物保鲜剂有效延长了冷鲜牛肉的贮存时间。根据肉样新鲜度判定标准:TVB-N 含量  $\leq 150.0$  mg/kg 属于一级鲜肉;TVB-N 含量为  $150.0\sim 200.0$  mg/kg 属于次级鲜肉;TVB-N 含量  $200.0$  mg/kg 属于变质肉<sup>[15]</sup>。根据图 3 所示,空白冷鲜牛肉试样在第 3 天后挥发性盐基氮数值超过临界值 ( $200$  mg/kg) 成为变质肉,而利用生物保鲜剂处理的冷鲜肉 TVB-N 值的增大趋势有明显的减缓。挥发性盐基氮曲线上升的原因在于冷鲜牛肉被细菌污染,细菌在适宜的生存环境中迅速生长繁殖,细菌分泌的酶破坏了蛋白质结构,使蛋白质分解成碱性含氮物质。由图 3 得出,5 种生物保鲜剂对冷鲜牛肉挥发性盐基氮影响效果的优劣顺序为:壳聚糖 (5%) > 壳聚糖 (3%) > 壳聚糖 (1%); 溶菌酶 (2%) > 溶菌酶 (1%) > 溶菌酶 (0.1%); 茶多酚 (2%) > 茶多酚 (1%) > 茶多酚 (0.1%); 肉桂精油 (0.5%) > 肉桂精油 (2.5%) > 肉桂精油 (1.5%); Nisin (0.005%) > Nisin (0.5%) > Nisin (0.05%)。

### 3 冷鲜牛肉生物保鲜剂包装参数优化

#### 3.1 实验设计

##### 3.1.1 实验因素水平

根据单因素实验结果发现,壳聚糖、茶多酚和溶菌酶等生物保鲜剂对冷鲜牛肉的各品质指标影响比较显著,故作为复合保鲜剂的各组分,添加比例范围分别为 3%~5%, 1%~2%, 2%~3%, 利用 Design Expert 10.0 软件进行实验设计,因素水平见表 1。

##### 3.1.2 实验安排与结果

根据中心组合设计方法的设计原理,进行了实验安排和设计,并在储存的第 6 天对冷鲜牛肉的各品质指标进行了测定,实验安排与实验结果见表 2。

### 3.2 实验结果分析

#### 3.2.1 回归方程的建立及响应面优化

##### 3.2.1.1 回归模型的建立及回归分析

根据实验结果,利用 Design Expert 10.0 软件进行多元回归分析,响应值  $Y$  与溶菌酶 ( $X_1$ )、壳聚糖 ( $X_2$ ) 和茶多酚 ( $X_3$ ) 的回归方程为: $Y=80.22-12.73X_1-29.67X_2-18.60X_3+3.50X_1X_2+0.28X_1X_3+6.92X_2X_3+0.59X_1^2-0.73X_2^2+1.72X_3^2$ 。

对所建立的回归方程进行方差分析,结果见表 3。

根据方差分析结果,回归方程  $F=13.21$ ,  $P=0.0002 < 0.01$ ,说明所建立的方程极显著,失拟项  $P=0.7413 > 0.05$ ,呈不显著性。模型的相关系数  $R^2=0.92$ ,说明回归方程拟合度较高,能够较好地反映 TVB-N 值随实验因素变化的规律。根据表 3 分析结果,壳聚糖 ( $X_1$ ) 对响应值  $Y$  的影响极显著,溶菌酶 ( $X_3$ ) 对响应值  $Y$  的影响显著,壳聚糖 ( $X_1$ ) 与茶多酚 ( $X_2$ ) 和壳聚糖 ( $X_1$ ) 与溶菌酶 ( $X_3$ ) 的交互作用极显著。

##### 3.2.1.2 生物保鲜剂对冷鲜牛肉 TVB-N 影响的响应面分析

根据建立的回归方程,得出实验因素与响应值之间的响应面和等高线见图 5。

由图 4 可以看出,冷鲜牛肉的 TVB-N 与各因素之间的响应面比较陡峭,说明所建立的回归方程具有较强的显著性;图 4a, b 的等高线形状比较接近于椭圆形,说明 2 个实验因素之间的交互作用比较显著。以上结果均与方差分析结果相同,因此,所建立的回归方程能够很好地反映冷鲜牛肉 TVB-N 值与各因素之间的变化规律。

根据所得实验结果,利用 Design-Expert 10.0 软件进行分析,得到了实验因素与响应值的最优参数,当复合生物保鲜剂中的壳聚糖的质量分数为 5%、茶多酚质量分数为 1%和溶菌酶质量分数为 3%时,冷鲜牛肉的 TVB-N 取极小值  $59.2$  mg/kg。在此条件下进行 3 次平行实验,测得冷鲜牛肉的 TVB-N 的平均值为  $57.1$  mg/kg,这与通过回归方程得到的理论结果比较接近,说明回归模型可以很好地反映冷鲜牛肉与各生物保鲜剂质量分数之间的变化关系。

表 1 实验因素水平

Tab.1 Level table of experimental factors

水平	因素 (质量分数)		
	$X_1$ 壳聚糖/%	$X_2$ 茶多酚/%	$X_3$ 溶菌酶/%
$-\alpha$	2.32	0.66	1.66
-1	3	1	2
0	4	1.5	2.5
1	5	2	3
$\alpha$	5.68	2.34	3.34

表2 实验安排与结果  
Tab.2 Experimental arrangements and results

序号	$X_1$ 壳聚糖/%	$X_2$ 茶多酚/%	$X_3$ 溶菌酶/%	$Y$ TVB-N/(mg·kg <sup>-1</sup> )
1	5.00	2.00	2.00	50.7
2	3.00	2.00	2.00	58
3	5.00	2.00	3.00	87
4	4.00	1.50	2.50	73.4
5	4.00	1.50	1.66	83.4
6	5.00	1.00	3.00	56.6
7	3.00	1.00	3.00	100.7
8	4.00	1.50	2.50	72.9
9	4.00	1.50	2.50	73.3
10	3.00	2.00	3.00	99.8
11	4.00	1.50	2.50	72.8
12	4.00	1.50	2.50	72.5
13	4.00	1.50	3.34	86
14	4.00	1.50	2.50	73.7
15	2.32	1.50	2.50	104.9
16	5.68	1.50	2.50	70.3
17	5.00	1.00	2.00	51.2
18	4.00	2.34	2.50	71.8
19	3.00	1.00	2.00	114.3
20	4.00	0.66	2.50	74.5

表3 方差分析结果  
Tab.3 Results of variance analysis

方差来源	总和	自由度	均方	$F$ 值	$P$ 值	显著性
模型	125.79	9	13.98	13.21	0.0002	**
$X_1$	60.43	1	60.43	57.11	< 0.0001	**
$X_2$	1.11	1	1.11	1.05	0.3304	—
$X_3$	7.67	1	7.67	7.25	0.0226	*
$X_1X_2$	24.43	1	24.43	23.08	0.0007	**
$X_1X_3$	23.94	1	23.94	22.62	0.0008	**
$X_2X_3$	0.16	1	0.16	0.15	0.7084	—
$X_1^2$	4.94	1	4.94	4.67	0.0560	—
$X_2^2$	0.48	1	0.48	0.45	0.5179	—
$X_3^2$	2.67	1	2.67	2.52	0.1436	—
残差	10.58	10	1.06	—	—	—
失拟项	9.56	5	1.91	9.55	0.7413	—
纯误差	1.02	5	0.20	—	—	—
总和	136.38	19	—	—	—	—

注：\*\*表示极显著相关 ( $P < 0.01$ ), \*表示显著相关 ( $P < 0.05$ )

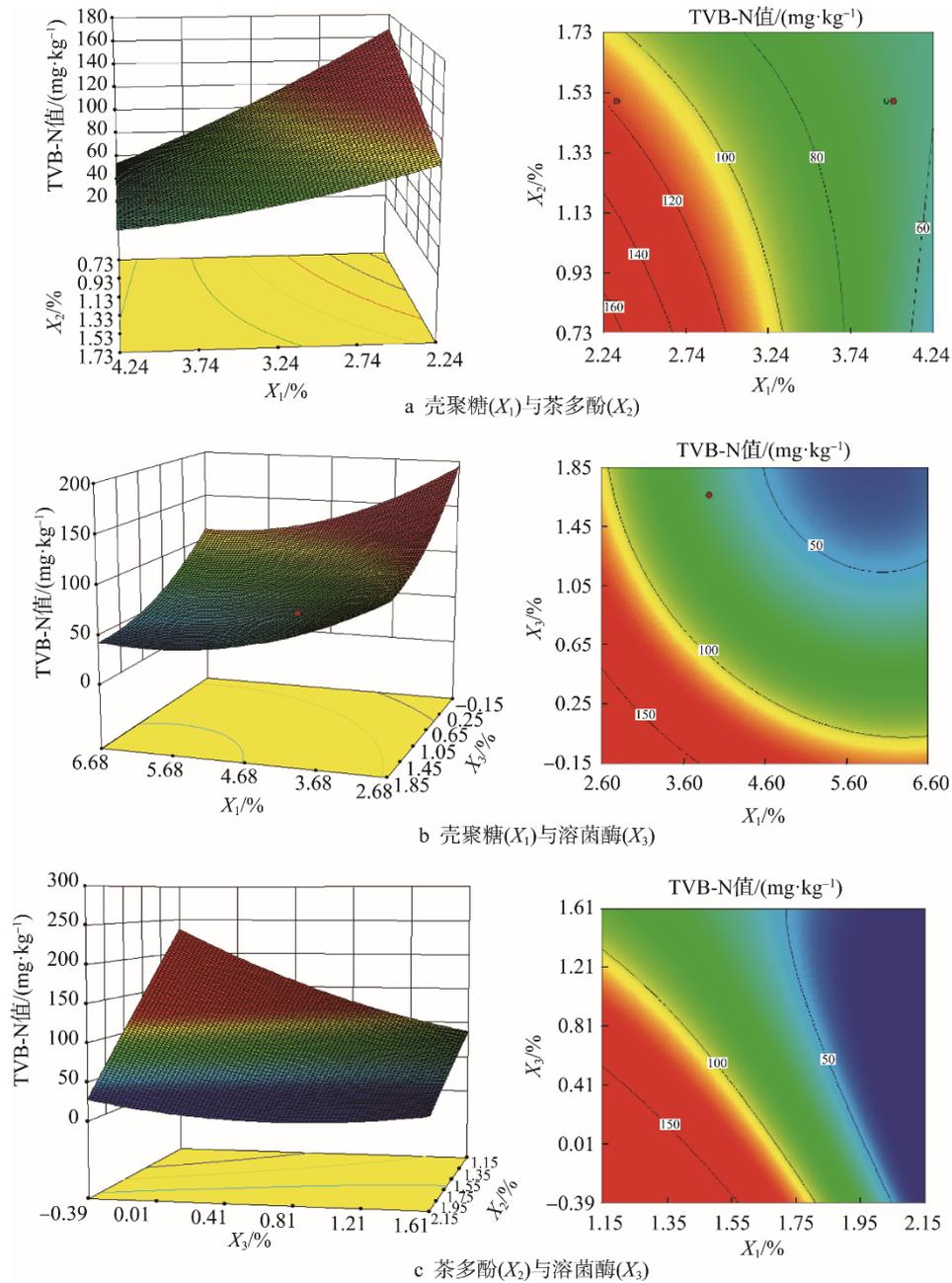


图 4 冷鲜牛肉 TVB-N ( $Y$ ) 与各因素的响应面曲线和等高线

Fig.4 Response surface curves and contours of TVB-N( $Y$ ) and various Factors in Chilled Beef

## 4 结语

通过不同生物保鲜剂的单独作用对冷鲜牛肉进行处理,得到了牛肉含水量、pH 值和 TVB-N 值等品质指标的变化规律,并分别与未处理的冷鲜牛肉各指标进行了对比。结果表明,生物保鲜剂能够有效地延长冷鲜牛肉的储存期,但与保鲜剂的种类和质量分数有非常直接的关系。由此,将对冷鲜牛肉作用比较明显的壳聚糖、茶多酚和溶菌酶等 3 种生物保鲜剂按不同比例进行混合后对冷鲜牛肉进行处理,并在 4 °C 的条件下进行冷藏,在第 6 天对冷鲜牛肉各品质指标

进行测定,得到了复合生物保鲜剂对冷鲜牛肉品质的影响。经过实验分析得知,复合保鲜剂壳聚糖、茶多酚、溶菌酶的质量分数分别为 5%, 1%, 3% 时,冷鲜牛肉的 TVB-N 值为 59.2 mg/kg,此值仅比初始值提高了 18.4%,因此,复合生物保鲜剂能够使冷鲜牛肉在第 6 天仍然保持比较新鲜的状态,达到了保鲜的目的。

### 参考文献:

- [1] 李儒仁, 沈瑞, 荣良燕, 等. 生物保鲜剂延长冷鲜牛肉货架期的效果[J]. 肉类研究, 2018, 32(1): 30—35.

- LI Ru-ren, SHEN Rui, RONG Liang-yan, et al. Effect of Biological Preservatives in Extending the Shelf-life of Chilled Beef[J]. *Meat Research*, 2018, 32(1): 30—35.
- [2] 陶亮, 杞露苹, 马元元, 等. 包装方式对冷鲜牛肉保鲜效果的影响[J]. *肉类工业*, 2013(2): 33—37.  
TAO Liang, QI Lu-ping, MA Yuan-yuan, et al. Effects of Packaging Methods on the Fresh-keeping Effect of Chilled Beef[J]. *Meat Industry*, 2013(2): 33—37.
- [3] SIROCCHI V, DEVLIEGHERE F, PEELMAN N, et al. Effect of Rosmarinus Officinalis L Essential Oil Combined with Different Packaging Conditions to Extend the Shelf Life of Refrigerated Beef Meat[J]. *Food Chemistry*, 2017, 221: 1069—1076.
- [4] KHALEQUE M A, KEYA C A, HASAN K N, et al. Use of Cloves and Cinnamon Essential Oil to Inactivate *Listeria Monocytogenes* in Ground Beef at Freezing and Refrigeration Temperatures[J]. *LWT-food Science and Technology*, 2016, 74: 219—223.
- [5] HOANG Y T H, VU A T L. Sodium Benzoate and Potassium Sorbate in Processed Meat Products Collected in Ho Chi Minh City, Vietnam[J]. *International Journal on Advanced Science Engineering and Information Technology*, 2016, 6(4): 477—482.
- [6] 徐晓瑾. 气调包装生鲜冷鲜牛肉中腐败菌和生物胺的相关性[D]. 上海: 上海海洋大学, 2013.  
XU Xiao-jin. The Correlation Between Spoilage Bacteria and Biogenic Amines in Fresh and Cold Beef Packaged in Modified Atmosphere Packaging[D]. Shanghai: Shanghai Ocean University, 2013.
- [7] DURAN M, ADAY M S, ZORBA N N D, et al. Potential of Antimicrobial Active Packaging Containing Natamycin, Nisin, Pomegranate and Grape Seed Extract in Chitosan Coating to Extend Shelf Life of Fresh Strawberry[J]. *Food and Bioproducts Processing*, 2016, 98(1): 354—363.
- [8] PENA L, CYNTHIA L. Physicochemical and Toxicological Assessment of Antimicrobial  $\epsilon$ -Polylysine-Pectin Complexes[D]. Amherst: University of Massachusetts Amherst, 2015.
- [9] 张海霞. 天然食品防腐保鲜剂的发展现状及前景[J]. *现代食品*, 2015(23): 26—28.
- ZHANG Hai-xia. Present Situation and Prospect of Natural Food Preservatives[J]. *Modern Food*, 2015 (23): 26—28.
- [10] 巩雪, 常江, 李丹婷, 等. 复合生物保鲜剂对冷鲜牛肉抑菌效果研究[J]. *包装学报*, 2018, 10(1): 83—92.  
GONG Xue, CHANG Jiang, LI Dan-ting, et al. Study on Bacteriostatic Effect of Compound Biological Preservative on Cold Beef[J]. *Journal of Packaging*, 2018, 10(1): 83—92.
- [11] 赖小龙, 李文平, 廖鹏运, 等. 生物源食品保鲜剂研究进展[J]. *食品与发酵科技*, 2013, 49(1): 79—84.  
LAI Xiao-long, LI Wen-ping, LIAO Peng-yun, et al. Research Progress of Biogenic Food Preservatives[J]. *Food and Fermentation Technology*, 2013, 49(1): 79—84.
- [12] 赵国萍, 李迎秋, 冯林慧, 等. 天然防腐剂的应用研究进展[J]. *中国调味品*, 2017, 42(8): 155—159.  
ZHAO Guo-ping, LI Ying-qiu, FENG Lin-hui, et al. Progress in the Application of Natural Preservatives[J]. *Chinese Condiments*, 2017, 42(8): 155—159.
- [13] 韩晋辉, 翟培, 孙勇民. 复合生物保鲜剂在冷却肉保鲜中的应用[J]. *食品研究与开发*, 2012, 33(7): 188—190.  
HAN Jin-hui, ZHAI Pei, SUN Yong-min. Application of Compound Biological Preservative in Chilled Meat Preservation[J]. *Food Research and Development*, 2012, 33(7): 188—190.
- [14] 郇延军, 许伟, 赵雅娟, 等. 冷鲜肉品质评价指标的探讨[J]. *食品科学*, 2012, 33(21): 107—110.  
HUAN Yan-jun, XU Wei, ZHAO Ya-juan, et al. Discussions on the Evaluation Index of Cold Meat Quality[J]. *Food Science*, 2012, 33(21): 107—110.
- [15] 姜绍通, 吴洁方, 刘国庆, 等. 茶多酚和大蒜素在冷却肉涂膜保鲜中的应用[J]. *食品科学*, 2010, 31(10): 313—316.  
JIANG Shao-tong, WU Jie-fang, LIU Guo-qing, et al. Application of Tea Polyphenols and Allicin in Chilled Meat Coating Preservation[J]. *Food Science*, 2010, 31(10): 313—316.