

基于模糊数学的天然保鲜剂对冷鲜肉保鲜效果评价

詹毅¹, 孙劲松², 刘洋², 肖龙泉², 王新惠^{2,*}

(1.成都大学旅游与文化产业学院, 四川 成都 610100; 2.成都大学食品与生物工程学院, 四川 成都 610100)

摘要:为研究天然保鲜剂对冷鲜肉的保鲜效果,应用模糊数学综合感官评价法对不同天然保鲜剂处理过的冷鲜肉进行综合感官评价,并通过测定冷鲜肉的总挥发性盐基氮(total volatile base nitrogen, TVB-N)含量、pH值和菌落总数变化情况,验证冷鲜肉模糊数学综合感官评价方法的科学性和合理性。结果表明:天然保鲜剂茶多酚、乳酸链球菌素(Nisin)、壳聚糖、纳他霉素及海藻糖均能有效延长冷鲜肉的保质期,其中海藻糖效果最好,能使冷鲜肉保质期达到8 d左右,其次为茶多酚、Nisin及纳他霉素,冷鲜肉保质期能达7 d左右,壳聚糖效果稍差,冷鲜肉保质期约6 d;通过分析腐败指标和感官得分的相关性发现,TVB-N含量和菌落总数与感官得分之间具有显著负相关性,相关系数绝对值均大于0.9,说明该模糊数学综合感官评价法具有较好的科学性和合理性。

关键词:冷鲜肉;天然保鲜剂;模糊数学;综合感官评价

Evaluating the Effect of Natural Preservatives on the Preservation of Chilled Pork based on Fuzzy Mathematics

ZHAN Yi¹, SUN Jinsong², LIU Yang², XIAO Longquan², WANG Xinhui^{2,*}

(1.School of Tourism and Cultural Industry, Chengdu University, Chengdu 610100, China;

2.School of Food and Bioengineering, Chengdu University, Chengdu 610100, China)

Abstract: In order to explore the effect of natural preservatives on chilled meat preservation, comprehensive sensory evaluation of chilled pork treated with different natural preservatives was carried out using fuzzy mathematics, and changes in total volatile basis nitrogen (TVB-N) content, pH value and total viable count (TVC) were measured to verify the scientificity and rationality of the fuzzy comprehensive sensory evaluation method. It was found that the shelf life of chilled pork could be prolonged by adding tea polyphenols, nisin, trehalose, natamycin or chitosan. Among these, trehalose was the most effective, which could prolong the shelf life up to about 8 days, followed by tea polyphenols, nisin and natamycin, resulting in a shelf life of about 7 days. The shelf life of chitosan-treated pork was about 6 days. By analyzing the correlation between spoilage indexes and sensory score, it was found that TVB-N content and TVC were significantly negatively correlated with sensory evaluation with absolute values of correlation coefficient greater than 0.9, which indicates that the fuzzy comprehensive sensory evaluation method is scientific and reasonable.

Keywords: chilled pork; natural preservatives; fuzzy mathematics; comprehensive sensory evaluation

DOI:10.7506/rlyj1001-8123-20200924-234

中图分类号: TS251.1

文献标志码: A

文章编号: 1001-8123 (2020) 11-0072-06

引文格式:

詹毅, 孙劲松, 刘洋, 等. 基于模糊数学的天然保鲜剂对冷鲜肉保鲜效果评价[J]. 肉类研究, 2020, 34(11): 72-77.

DOI:10.7506/rlyj1001-8123-20200924-234. <http://www.rlyj.net.cn>

ZHAN Yi, SUN Jinsong, LIU Yang, et al. Evaluating the effect of natural preservatives on the preservation of chilled pork based on fuzzy mathematics[J]. Meat Research, 2020, 34(11): 72-77. DOI:10.7506/rlyj1001-8123-20200924-234. <http://www.rlyj.net.cn>

收稿日期: 2020-09-24

基金项目: 国家自然科学基金面上项目(31772093); 四川省科技厅项目(2020YFS0504)

第一作者简介: 詹毅(1983—)(ORCID: 0000-0003-1797-3223), 男, 实验师, 硕士, 研究方向为应用数据分析。

E-mail: qingxing2017525@163.com

*通信作者简介: 王新惠(1982—)(ORCID: 0000-0003-4293-156X), 女, 教授, 博士, 研究方向为肉制品加工。

E-mail: 494271363@qq.com



冷鲜肉相较于热鲜肉和冷冻肉具有滋味鲜美、营养价值高、食用安全性较高的特点,因此深受消费者喜爱。但冷鲜肉的货架期较短,我国每年冷鲜肉的腐败率高达10%~15%,造成巨大的经济损失^[1]。因此,冷鲜肉保鲜技术研究成为企业和科研人员关注的重点。

由于人们对食品安全的重视,化学添加剂的使用受到了极大限制,天然保鲜剂因其卫生安全性好、消费者接受度高成为未来保鲜、防腐剂的研究重点。目前针对冷鲜肉效果相对较好的天然保鲜剂包括茶多酚、乳酸链球菌素、壳聚糖、纳他霉素及海藻糖等^[2-3]。其中茶多酚是茶叶中多酚类物质的总称,主要包括儿茶素、黄酮醇类和黄酮类等,具有抗氧化、抑菌等作用^[4]。乳酸链球菌素是一种天然生物活性抗菌肽,在1969年被世界卫生组织和联合国粮农组织批准为一种安全的食品添加剂^[5]。壳聚糖是由甲壳素脱乙酰化而成,广泛存在于软体动物和节肢动物体内,其化学结构与纤维素相似,安全性高、抗菌性好,是具有乳化、增稠等功能性的食品保鲜剂^[6]。纳他霉素是一种常用于乳酪制品中,对霉菌和酵母菌有较强抑制作用的食物保鲜剂,通常用纳他霉素和其他防腐保鲜剂复配使用,达到更好的保鲜效果^[7]。海藻糖是一种具有抗干燥、抗冷冻、抗高温并且能够抑制脂肪酸败、防止淀粉老化和蛋白质变质的非还原性双糖^[8]。除此之外,香辛料和植物提取物也是一种可安全应用在肉制品中的天然保鲜剂。Wang Xinhui等^[9]发现,葡萄籽提取物应用于香肠中,对脂肪氧化和微生物的繁殖具有较好的抑制作用。天然保鲜剂是未来冷鲜肉和其他肉制品保藏技术研究发展的重要方向,但目前关于不同天然保鲜剂对冷鲜肉的感官和理化性质影响研究较少,保鲜效果有何差别尚不明确。

感官特点是消费者直接判断冷鲜肉质量好坏的标准,传统的感官评价是通过专业人员通过对肉的颜色、状态、黏度及气味等指标进行评价,再将每个指标得分求和,从而判断肉的腐败程度^[10-11]。该方法的评判标准大多基于评价人员的主观感受,而人的主观感受很容易受到外界环境干扰,并且各项指标的权重相同,不符合实际情况。模糊数学又称Fuzzy数学,是研究和处理模糊性现象的一种数学理论和方法。模糊数学综合评价法能很好地减少感官评价指标间和感官评价主体间的主观评定误差,提高评价结果的科学性、合理性和客观性^[12-13]。基于模糊数学的综合评价是研究和处理模糊性的一种数学方法,该方法已经广泛运用在各个行业中,其中包括对食品感官的评价^[14-15]。模糊数学感官综合评价法可以将不同属性特征进行量化和数学化,构建一个可以反映其本质特征的评价模式来对产品进行客观、合理的评价。李玉珍等^[16]总结了建立模糊数学模型的主要步骤,其中包括确定感官评价论域、确定感官评语论域、指标权重

域及评价指标隶属函数、确立模糊矩阵和计算模糊关系综合评价值等。

本研究通过模糊数学综合感官评价方法对常见的冷鲜肉天然保鲜剂保鲜效果进行对比,探究不同天然保鲜剂对冷鲜肉的保鲜效果差异,并分析腐败指标与感官得分变化的相关性,从而验证模糊数学综合感官评价方法的科学性和合理性。为筛选合适的天然保鲜剂提供理论参考,为冷鲜肉感官评价体系提供新的思路和研究方法。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

猪里脊肉 市售。

纳他霉素、壳聚糖、乳酸链球菌素、海藻糖、茶多酚(均为食品级)、氯化钠(分析纯) 成都市科隆化学有限公司。

1.2 仪器与设备

UV756CRT分光光度计 上海佑科仪器仪表有限公司; Testo 205便携式pH计 德国仪表(深圳)有限公司; KDN-1000全自动凯氏定氮仪 四川汇巨仪器设备有限公司; LD-5台式离心机 四川蜀科仪器有限公司; SF-400C电子分析天平 上海民桥精密科学仪器有限公司; 超净工作台 成都宜恒实验仪器有限公司; DNP-9272A电热恒温培养箱 成都川弘科生物技术有限公司。

1.3 方法

1.3.1 样品处理

查阅文献^[17-19],确定冷鲜肉中保鲜剂添加量的最佳使用范围。保鲜剂实验用量稍大于文献所述的最佳用量,从而使保鲜效果达到最佳。最佳用量分别确定为:纳他霉素0.15 g/100 mL、壳聚糖1.5 g/100 mL、乳酸链球菌素0.08 g/100 mL、海藻糖4.0 g/100 mL、茶多酚0.5 g/100 mL,同时以无菌水作为空白对照组。

将同一整块猪肉分割成大小均匀、质量约50 g的小肉块,形状尽可能为相同的长方体。分为6组,分别为空白组、纳他霉素组、壳聚糖组、乳酸链球菌素组、海藻糖组及茶多酚组,每组5个样品。使用生理盐水去除血渍后使用保鲜剂浸泡处理,浸泡时间5 min,然后将猪肉挂晾去掉多余水分,置于无菌袋中,于4℃条件下冷藏9 d。于贮藏1、3、5、7、9 d时测定其pH值、总挥发性盐基氮(total volatile base nitrogen, TVB-N)含量和菌落总数,判断猪肉样品的腐败程度,同时在每一取样时间点进行一次模糊数学综合感官评价实验。

1.3.2 pH值测定

使用肉类pH计对每份样品的3个不同部位进行测定,稳定后读pH值,取平均值。评价标准为:新鲜:pH≤6.2,次级新鲜:pH 6.2~6.7,变质肉:pH>6.7^[20]。

1.3.3 TVB-N含量测定

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》中的半微量定氮法测定样品TVB-N含量。每个样品测3次，取平均值。以15 mg/100 g为限，TVB-N含量低于该值则为新鲜肉，大于该值即为变质肉^[21]。

1.3.4 菌落总数测定

根据GB 47892—2010《食品安全国家标准 食品微生物学检验 菌落总数测定》进行测定。限定值为6 (lg (CFU/g))，大于该值即为变质肉^[22]。

1.3.5 感官评价

选择15名感官评价员组成感官评定小组，并且在评价前对小组成员进行感官评价标准培训，从而使评价员可以进行客观评价，不掺杂个人情绪，增强评价的一致性。所有评价员在单独的房间进行评价，评价过程中禁止互相讨论，分别对冷鲜肉的色泽、气味、黏度和组织状态4个指标对进行评价，根据GB/T 22210—2008《肉与肉制品 感官评定规范》及文献[23]，制定冷鲜肉感官评价标准如表1所示。

表1 冷鲜肉感官评定标准

Table 1 Criteria for sensory evaluation of chilled meat

描述	色泽	气味	黏度	组织状态
新鲜	鲜红	正常鲜肉味	不黏手	有弹性
良好	鲜红或褐红	有少量异味	稍有黏手感	弹性略差
中等	褐红	异味浓	黏手	弹性不佳
变质	暗红或发白	较强腐败味	黏手感较强	弹性较差

1.3.6 模糊数学评价方法的建立

评价因素集的建立：分别选择冷鲜肉的色泽 (u_1)、气味 (u_2)、黏度 (u_3) 及组织状态 (u_4) 作为冷鲜肉的评价因素，得到冷鲜肉的评价因素集 $U=\{u_1, u_2, u_3, u_4\}$ 。

评价评语集的建立：评价评语集 D 是评价员对因素集 U 的评价，由感官评价员根据感官评价标准确定。冷鲜肉的感官评价评语分别为新鲜 (d_1)、良好 (d_2)、中等 (d_3)、变质 (d_4)，得到评价评语集 $D=\{d_1, d_2, d_3, d_4\}$ 。

评价对象集的确定：评价对象集 M 是指所研究的样品集合，本研究中评价对象是进行过6种不同处理的共30个样品，即空白 (K) 组、纳他霉素 (NT) 组、壳聚糖 (CT) 组、乳酸链球菌素 (NS) 组、海藻糖 (DT) 组和茶多酚 (GP) 组，得到评价对象集 $M=\{K, NT, CT, NS, DT, GP\}$ 。

权重集的建立：通过15名评价员对感官因素采用二元对比法，将评价因素集 U 的因素进行一对一比较，重要的得1分，次要的得0分，根据得分结果确定权重集^[24]，得到冷鲜肉感官指标的权重集为 $A=\{a_1, a_2, a_3, a_4\}=\{0.32, 0.29, 0.21, 0.18\}$ 。其中 a_1 、 a_2 、 a_3 、 a_4 分别对应色泽 (u_1)、气味 (u_2)、黏度 (u_3)、组织状态 (u_4) 的权重。

由15名感官评价员参照感官指标评价表使用评语集中的元素对样品进行评价，每个指标的每种评语对应的人数除以评定人员总人数得到模糊矩阵 R 。冷鲜肉感官指标综合评价结果用模糊性关系评价集 Y 表示， $Y=A \times R$ ，其中 A 为权重集， R 为模糊矩阵。将评语集赋值 $D=\{d_1, d_2, d_3, d_4\}=\{90, 80, 60, 40\}$ ，由公式 $T=Y \times D^T$ 计算出感官综合得分。

1.4 数据处理

利用Excel 2018、SPSS Statistics 25等软件进行数据处理和分析，使用Origin 2018软件作图。

2 结果与分析

2.1 模糊数学综合感官评价结果

以贮藏期终点9 d的样品为例，冷鲜肉感官评价结果如表2所示。

表2 贮藏9 d冷鲜肉的感官评价结果

Table 2 Sensory evaluation results of chilled meat on the 9th day of storage

组别	色泽各评语对应人数				气味各评语对应人数				黏度各评语对应人数				组织状态各评语对应人数			
	d_1	d_2	d_3	d_4	d_1	d_2	d_3	d_4	d_1	d_2	d_3	d_4	d_1	d_2	d_3	d_4
空白组	0	0	1	14	0	0	0	15	0	0	2	13	0	0	1	14
纳他霉素组	0	6	6	3	0	3	9	3	1	3	8	3	0	9	5	1
壳聚糖组	0	5	8	2	0	0	9	6	0	2	5	8	1	6	6	2
乳酸链球菌素组	0	9	5	1	0	3	8	4	0	2	7	6	0	8	5	2
海藻糖组	1	8	6	0	1	4	8	2	0	3	7	5	2	7	6	0
茶多酚组	0	5	5	5	0	7	5	3	0	6	5	4	0	7	5	3

以空白组样本为例，对因素集中元素“色泽 (u_1)”根据评语集中不同评语对应人数除以评定人员总人数得到 u_1 的模糊关系集合 $u_1=\{0, 0, 0.07, 0.93\}$ ，同理可以得到 u_2 、 u_3 和 u_4 的模糊关系集合 $u_2=\{0, 0, 0, 1\}$ ， $u_3=\{0, 0, 0.13, 0.87\}$ ， $u_4=\{0, 0, 0.07, 0.93\}$ ，从而得到该组样本的模糊关系矩阵 R_K 及其他5组的模糊关系矩阵如下：

$$R_K = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0.07 & 0.93 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0.13 & 0.87 \\ 0 & 0 & 0.07 & 0.93 \end{bmatrix} \quad R_{NT} = \begin{bmatrix} 0 & 0.40 & 0.40 & 0.20 \\ 0 & 0.20 & 0.60 & 0.20 \\ 0.07 & 0.20 & 0.53 & 0.20 \\ 0 & 0.60 & 0.33 & 0.07 \end{bmatrix}$$

$$R_{CT} = \begin{bmatrix} 0 & 0.33 & 0.53 & 0.13 \\ 0 & 0 & 0.60 & 0.40 \\ 0 & 0.13 & 0.33 & 0.53 \\ 0.07 & 0.40 & 0.40 & 0.13 \end{bmatrix} \quad R_{NS} = \begin{bmatrix} 0 & 0.60 & 0.33 & 0.07 \\ 0 & 0.20 & 0.53 & 0.27 \\ 0 & 0.13 & 0.47 & 0.40 \\ 0 & 0.53 & 0.33 & 0.13 \end{bmatrix}$$

$$R_{DT} = \begin{bmatrix} 0.07 & 0.53 & 0.40 & 0 \\ 0.07 & 0.27 & 0.53 & 0.13 \\ 0 & 0.20 & 0.47 & 0.33 \\ 0.13 & 0.47 & 0.40 & 0 \end{bmatrix} \quad R_{GP} = \begin{bmatrix} 0 & 0.33 & 0.33 & 0.33 \\ 0 & 0.47 & 0.33 & 0.20 \\ 0 & 0.40 & 0.33 & 0.27 \\ 0 & 0.47 & 0.33 & 0.20 \end{bmatrix}$$

模糊关系矩阵与权重集相乘得到模糊关系评价集，即 $Y_j=A \times R_j$ ，其中 $j=K, NT, CT, \dots, GP$ ，得到每组的模糊关

系评价集。模糊关系评价集与赋值集合的转置相乘即得到模糊综合评分, 即 $T_j = Y_j \times D^T$ 。

表3 贮藏9 d各组冷鲜肉模糊数学感官评价结果

Table 3 Fuzzy mathematical sensory evaluation results of chilled fresh meat in control and treatment groups on the 9th day of storage

组别	模糊关系评价集	综合评分	排名
空白组	$Y_K = \{0, 0, 0.06, 0.94\}$	41.23	6
纳他霉素组	$Y_{NT} = \{0.01, 0.34, 0.47, 0.18\}$	63.62	2
壳聚糖组	$Y_{CT} = \{0.01, 0.21, 0.49, 0.29\}$	58.60	5
乳酸链球菌素组	$Y_{NS} = \{0, 0.37, 0.42, 0.21\}$	63.35	3
海藻糖组	$Y_{DT} = \{0.06, 0.37, 0.45, 0.11\}$	67.25	1
茶多酚组	$Y_{GP} = \{0, 0.41, 0.33, 0.32\}$	63.07	4

由表3可知, 海藻糖组模糊数学感官综合评价得分67.25分, 排名第1, 其次分别为纳他霉素组(63.62分)、乳酸链球菌素组(63.35分)、茶多酚组(63.07分), 这4组样品根据评语集D的评价应为“良好~中等”, 而壳聚糖组58.60分、空白组41.23分, 这2组评语集D的评价为“良好~变质”。说明天然保鲜剂对冷鲜肉确实有一定的保鲜效果, 其中海藻糖保鲜效果优于其他4种保鲜剂。纳他霉素、乳酸链球菌素和茶多酚的保鲜效果差异较小, 得分差距仅0.55分。壳聚糖的保鲜效果稍差, 不过相较于空白组, 壳聚糖依然有明显的保鲜效果。

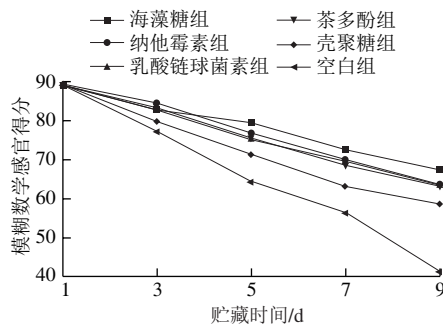


图1 不同处理组冷鲜肉模糊数学感官得分变化情况

Fig. 1 Changes in fuzzy mathematics sensory score of chilled meat in control and treatment groups

按照以上模糊数学综合评价方法对其他时间点的猪肉样品进行评价。由图1可知, 刚刚进行保鲜处理后的样品感官得分差别较小, 从贮藏3 d开始出现明显差别, 空白组下降最快, 而保鲜效果最好的海藻糖组, 在贮藏5 d后始终保持最高得分。并且贮藏9 d时, 实验组的得分均高于空白组, 说明天然保鲜剂具有明显的保鲜效果。

2.2 样品腐败指标变化情况

2.2.1 pH值

由图2可知, 所有组别冷鲜肉pH值均呈现先降低再升高的趋势。贮藏前3 d, 冷鲜肉由于排酸过程导致pH值下降, 贮藏3 d达到最低点, 随后因微生物滋生, 大量碱

性物质生成, pH值逐渐升高^[25]。其中, 空白组贮藏1 d时pH值为6.21, 3 d时达最低值5.61, 9 d时为6.95, 为变质肉, 并且pH值变化范围最大。海藻糖组贮藏1 d时pH值为6.20, 3 d达到最低值5.88, 9 d时达到6.31, 为次级新鲜肉, pH值变化范围最小。此外, 其他处理组贮藏9 d时的pH值也均在次级新鲜肉的标准范围内。

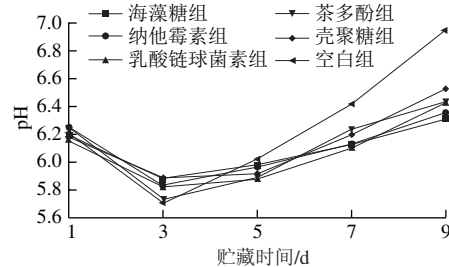


图2 不同处理组冷鲜肉贮藏期间pH值变化情况

Fig. 2 Changes in pH of chilled meat in control and treatment groups during storage

2.2.2 TVB-N含量

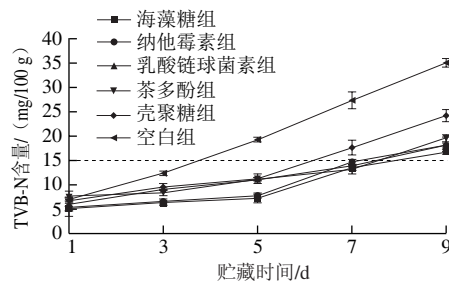


图3 不同处理组冷鲜肉贮藏期间TVB-N含量变化

Fig. 3 Changes in TVB-N content of chilled meat in control and treatment groups during storage

由图3可知, 贮藏期结束时, 空白组冷鲜肉TVB-N含量最高, 达到35.13 mg/100 g, 海藻糖组TVB-N含量最低, 为16.78 mg/100 g。根据国家标准规定的变质肉TVB-N含量(15 mg/100 g)来看, 空白组约4 d达到限定值; 其次为壳聚糖组, 约6 d达到限定值; 然后是纳他霉素组、茶多酚组和乳酸链球菌素组, 在7.0~7.5 d达到限定值; 海藻糖组在8 d左右达到限定值。由此可以推断, 空白组的保质期约为4 d; 壳聚糖组保质期约为6 d; 乳酸链球菌素组、纳他霉素组和茶多酚组保质期约为7 d; 海藻糖组保质期约为8 d。

2.2.3 菌落总数

由图4可知, 空白组冷鲜肉在贮藏5 d时检测出菌落总数超标, 其他组别在7~9 d超标。其中海藻糖组贮藏9 d的菌落总数刚好达到6 (lg (CFU/g)) 附近, 其他实验组为6.05~6.21 (lg (CFU/g))。通过保鲜剂的处理, 冷鲜肉中微生物的生长受到抑制, 其中海藻糖对微生物的抑制能力较好, 其次为乳酸链球菌素、纳他霉素和茶多酚, 最后是壳聚糖。

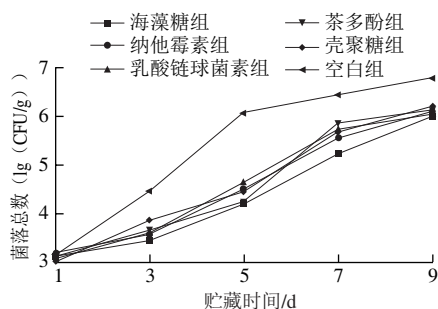


图4 不同处理组冷鲜肉贮藏期间菌落总数变化情况

Fig. 4 Changes in TVC of chilled fresh meat in control and treatment groups during storage

2.3 模糊数学综合感官评价方法的验证

表4 各腐败指标与感官得分的Pearson相关系数

Table 4 Pearson correlation coefficients between spoilage indexes and sensory evaluation for control and treatment groups

指标	海藻糖组得分	纳他霉素组得分	乳酸链球菌素组得分	茶多酚组得分	壳聚糖组得分	空白组得分
TVB-N含量	-0.944*	-0.953*	-0.986**	-0.939*	-0.936*	-0.988**
菌落总数	-0.979**	-0.995**	-0.987**	-0.976**	-0.990**	-0.972**
pH	-0.390	-0.423	-0.504	-0.488	-0.536	-0.720

注: **. 在0.01水平极显著相关; *, 在0.05水平显著相关。

基于模糊数学的感官得分直观反映了冷鲜肉的腐败程度,而研究^[26-27]显示,腐败指标TVB-N含量、pH值和菌落总数等能够有效反映冷鲜肉的腐败程度。对贮藏期间各样品的腐败指标和模糊数学感官得分进行相关性分析,由表4可知,各样品的TVB-N含量与对应的感官得分之间存在显著负相关性,海藻糖组、纳他霉素组、茶多酚组和壳聚糖组相关性显著($P<0.05$),乳酸链球菌素组和空白组相关性极显著($P<0.01$)。菌落总数与对应的感官得分之间存在显著负相关性, P 值均小于0.01。而pH值与模糊数学感官得分之间无显著相关性,这可能是由于冷鲜肉贮藏过程中pH值不是线性变化,从而与感官得分曲线的拟合度不高所致。模糊数学综合感官评价方法得到的感官得分与TVB-N含量和菌落总数之间存在较强的负相关性,相关系数绝对值均大于0.9,相关性较显著,说明模糊数学综合感官评价法基本能够反映冷鲜肉的真正新鲜度状态。

3 结论

通过模糊数学综合评价体系建立冷鲜肉综合感官评价方法,并使用该方法对海藻糖、纳他霉素、乳酸链球菌素、茶多酚和壳聚糖共5种天然保鲜剂的保鲜效果进行研究。通过计算模糊数学综合感官评分发现,天然保鲜剂确实能够给予冷鲜肉更长的保质期,其中保鲜效果最好的是海藻糖,冷鲜肉保质期能达到8 d左右;其次是纳他霉素、茶多酚和乳酸链球菌素,冷鲜肉保质期能达到7 d左右;而壳聚糖是几种天然保鲜剂中效果较差的,但

与空白组4 d左右的保质期相比,壳聚糖仍具有一定的保鲜效果,冷鲜肉保质期达6 d左右。

通过腐败指标的检测发现,海藻糖处理后的冷鲜肉在pH值、TVB-N含量和菌落总数等方面都表现出较好的保鲜效果,纳他霉素组、乳酸链球菌素组和茶多酚组的感官得分相近但低于海藻糖组,其中,纳他霉素在控制pH值和抑制TVB-N含量方面效果较好,乳酸链球菌素的抑菌效果较好。通过腐败指标与感官评分之间的相关性分析发现,感官得分和TVB-N含量及菌落总数的变化呈极显著负相关,相关系数绝对值均达0.9以上,说明模糊数学综合感官评价方法能较真实反映冷鲜肉的腐败程度。本研究可以为冷鲜肉的保鲜技术研究提供参考,对冷鲜肉感官评价提供更科学合理的方法。

参考文献:

- [1] 王永锋. 生鲜产品在途配送质量控制及可追溯系统关键技术研究[D]. 重庆: 重庆大学, 2012: 11-15.
- [2] WANG W D, SUN Y E. Preservation effect of meat product by natural antioxidant tea polyphenol[J]. Cellular and Molecular Biology, 2016, 62(13): 44. DOI:10.14715/cmb/2016.62.13.8.
- [3] NOWAK A, CZYZOWSKA A, EFENBERGER M, et al. Polyphenolic extracts of cherry (*Prunus cerasus* L.) and blackcurrant (*Ribes nigrum* L.) leaves as natural preservatives in meat products[J]. Food Microbiology, 2016, 59: 142-149. DOI:10.1016/j.fm.2016.06.004.
- [4] FAN Wenjiao, CHEN Yunchuan, SUN Junxiu, et al. Effects of tea polyphenol on quality and shelf life of pork sausages[J]. Journal of Food Science and Technology, 2014, 51(1): 191-195. DOI:10.1007/s13197-013-1076-x.
- [5] DE AZEVEDO P O, CONVERTI A, GIERUS M, et al. Application of nisin as biopreservative of pork meat by dipping and spraying methods[J]. Brazilian Journal of Microbiology, 2019, 50(2): 523-526. DOI:10.1007/s42770-019-00080-8.
- [6] ZHANG Lei, ZENG Yuexia, CHENG Zhengjun, et al. Removal of heavy metal ions using chitosan and modified chitosan: a review[J]. Journal of Molecular Liquids, 2016, 214: 175-191. DOI:10.1016/j.molliq.2015.12.013.
- [7] ROMERO V, BORNEO R, PASSALACQUA N, et al. Biodegradable films obtained from triticale (*x Triticosecale Wittmack*) flour activated with natamycin for cheese packaging[J]. Food Packaging and Shelf Life, 2016, 10: 54-59. DOI:10.1016/j.fpsl.2016.09.003.
- [8] 宋树鑫, 王羽, 梁敏, 等. 海藻糖对冷鲜猪肉的保鲜优势探究[J]. 食品科技, 2016, 41(7): 260-265.
- [9] WANG Xinhui, ZHANG Yalin, REN Hongyang. Effects of grape seed extract on lipid oxidation, biogenic amine formation and microbiological quality in Chinese traditional smoke-cured bacon during storage[J]. Journal of Food Safety, 2018, 38(2): e12426. DOI:10.1111/jfs.12426.
- [10] 程述震, 张春晖, 张洁, 等. 电子束辐照对充氮包装冷鲜肉品质的影响[J]. 食品科学, 2016, 37(18): 230-235. DOI:10.7506/spkx1002-6630-201618037.
- [11] 王晓英, 刘长姣, 段连海, 等. 蒲公英总黄酮提取物在冷鲜猪肉涂膜保鲜中的应用[J]. 食品科学, 2014, 35(6): 214-218. DOI:10.7506/spkx1002-6630-201406046.
- [12] DEBJANI C, DAS H. Aggregation of sensory data using fuzzy logic for sensory quality evaluation of food[J]. Journal of Food Science and Technology, 2013, 50(6): 1088-1096. DOI:10.1007/s13197-011-0433-x.



- [13] ZHANG Hanping. Application on the entropy method for determination of weight of evaluating index in fuzzy mathematics for wine quality assessment[J]. *Advance Journal of Food Science and Technology*, 2015, 7(3): 195-198. DOI:10.19026/ajfst.7.1293.
- [14] 龚艳, 汤晓艳, 王敏, 等. 基于模糊综合评价法的市售烧烤牛肉质量评价[J]. *食品工业科技*, 2015, 36(13): 364-367. DOI:10.13386/j.issn1002-0306.2015.13.068.
- [15] 林致通, 张东霞, 雷雯, 等. 基于模糊数学与感官质构分析建立鲜凉皮食用品质评价标准[J]. *食品与发酵工业*, 2020, 46(7): 225-233. DOI:10.13995/j.cnki.11-1802/ts.022323.
- [16] 李玉珍, 肖怀秋. 模糊数学评价法在食品感官评价中的应用[J]. *中国酿造*, 2016, 35(5): 16-19. DOI:10.11882/j.issn.0254-5071.2016.05.004.
- [17] 隋岩. 冷却鹿肉绿色保鲜实验研究[D]. 长春: 吉林大学, 2006: 20-31.
- [18] HUGO C J, HUGOU A. Current trends in natural preservatives for fresh sausage products[J]. *Trends in Food Science and Technology*, 2015, 45(1): 12-23. DOI:10.1016/j.tifs.2015.05.003.
- [19] PATIST A, ZOERB H. Preservation mechanisms of trehalose in food and biosystems[J]. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*, 2005, 40(2): 107-113. DOI:10.1016/j.colsurfb.2004.05.003.
- [20] 许立兴, 荆红彭, 赵菲, 等. 冰温贮藏对鸭胸肉品质变化的影响[J]. *食品科学*, 2015, 36(14): 222-227. DOI:10.7506/spkx1002-6630-201514043.
- [21] 刘纯友, 付春婷, 许金蓉, 等. 低温贮藏过程中水牛肉品质变化研究[J]. *食品工业科技*, 2020, 41(2): 279-284; 293. DOI:10.13386/j.issn1002-0306.2020.02.043.
- [22] 李素, 赵冰, 张顺亮, 等. 高氧及CO₂气调包装对冷鲜猪肉品质的影响[J]. *肉类研究*, 2016, 30(11): 16-21. DOI:10.15922/j.cnki.rlyj.2016.11.004.
- [23] 付丽, 胡晓波, 吴丽, 等. 天然保鲜剂的配比优化及其对牛肉保鲜效果的影响[J]. *现代食品科技*, 2018, 34(6): 204-211; 187. DOI:10.13982/j.mfst.1673-9078.2018.6.028.
- [24] 肖夏, 毛露, 张宇, 等. 模糊数学法在建立简阳羊肉汤感官评定方法及配方评价中的应用[J]. *中国调味品*, 2020, 45(3): 33-37.
- [25] ARANCIBIA M Y, LÓPEZ-CABALLERO M E, GÓMEZ-GUILLÉN M C, et al. Chitosan coatings enriched with active shrimp waste for shrimp preservation[J]. *Food Control*, 2015, 54(1): 259-266. DOI:10.1016/j.foodcont.2015.02.004.
- [26] 孙天利. 冰温保鲜技术对牛肉品质的影响研究[D]. 沈阳: 沈阳农业大学, 2013: 6-9.
- [27] FRAQUEZA M J, FERREIRA M C, BARRETO A S, et al. Spoilage of light (PSE-like) and dark turkey meat under aerobic or modified atmosphere package: microbial indicators and their relationship with total volatile basic nitrogen[J]. *British Poultry Science*, 2008, 49(1): 12-20. DOI:10.1080/00071660701821675.