

# 真空包装盐水鹅在不同温度条件下的贮藏特性及其货架期预测

董洋, 王虎虎, 徐幸莲\*

(南京农业大学 教育部肉品加工与质量控制重点实验室, 江苏 南京 210095)

**摘要:** 为探明真空包装盐水鹅在不同贮藏温度条件下的贮藏特性和货架期。通过分析贮藏于4、25℃和30℃真空包装盐水鹅的感官品质、pH值、 $a_w$ 、挥发性盐基氮(total volatile basic nitrogen, TVB-N)、TBARS、菌落总数等指标的动态变化及其相关性, 并结合回归方程预测货架期。结果表明: 在不同贮藏温度、时间条件下, 各项指标变化差异显著; 贮藏温度与pH值、TVB-N、TBARS、菌落总数、感官指标均呈显著的相关性; 通过回归方程得到其货架期分别为398d(4℃)、83d(25℃)和20d(30℃), 经验证预测贮藏期与实际贮藏期较为相符。  
**关键词:** 盐水鹅; 贮藏特性; 相关性; 货架期

## Storage Characteristics and Shelf Life Prediction of Vacuum-packed Salted Goose under Different Storage Temperatures

DONG Yang, WANG Hu-hu, XU Xing-lian\*

(Key Laboratory of Meat Processing and Quality Control, Ministry of Education, Nanjing Agricultural University, Nanjing 210095, China)

**Abstract:** In order to investigate the storage characteristics and shelf life of vacuum-packed salted goose under different storage temperatures, dynamic changes and correlational analysis of sensory quality, pH,  $a_w$ , total volatile basic nitrogen (TVB-N), TBARS and total bacterial count of vacuum-packed salted goose stored at 4, 25 °C and 30 °C were explored. The results revealed that the storage temperature and storage time had a significant effect on the quality and shelf life of vacuum-packed salted goose. Low storage temperature could extend the shelf life. In addition, storage temperature had an obvious correlation with quality property indexes. Based on multiple regression model analysis, the equations of shelf life prediction for vacuum-packed salted goose under different storage temperatures were developed and exhibited high reliability in validation experiments. The predicted shelf life of vacuum-packed salted goose stored at 4, 25 °C and 30 °C were 398, 83 days and 20 days, respectively. Therefore, this research will provide the reference for the storage and sale of vacuum-packed salted goose.

**Key words:** salted goose; storage characteristics; correlation; shelf life

中图分类号: TS251.6

文献标识码: A

文章编号: 1002-6630(2012)02-0280-06

盐水鹅是我国扬州地区的传统肉制品, 其口味清淡、肉质细嫩、营养丰富, 深受消费者喜爱。据统计, 扬州盐水鹅平均日消费在1.5万只以上<sup>[1]</sup>。盐水鹅工业化生产常采用真空包装后低温二次杀菌, 它不仅可以保证产品肉质细嫩、有弹性, 且可以保证产品外观清爽、风味清淡和营养成分, 但是, 真空包装盐水鹅经常由于杀菌不彻底, 导致其货架期短, 不便于长途运输和贮存<sup>[2]</sup>。

真空包装盐水鹅贮藏期间品质的改变主要是由于物

理因素、化学因素、微生物因素和肉中内源酶的作用而导致的, 由于产品在蒸煮和杀菌过程中可以使肉中的内源酶钝化, 因此物理和化学因素对贮藏期间肉制品品质变化影响较小, 微生物以及由微生物引起的理化品质劣变成为影响产品货架期的主要因素<sup>[3]</sup>。研究真空包装盐水鹅在特定贮藏条件下微生物变化及其品质特性的变化规律是掌握其货架期和保证产品质量安全的基础, 但是目前尚未有对其在不同贮藏温度下的贮藏特性进行系

收稿日期: 2010-11-10

基金项目: 江苏省科技创新与成果转化专项(BA2008088)

作者简介: 董洋(1986—), 女, 硕士研究生, 研究方向为肉品质量安全控制。E-mail: dyywhh@163.com

\*通信作者: 徐幸莲(1962—), 女, 教授, 博士, 研究方向为肉品质量安全控制。E-mail: xlxu@njau.edu.cn

统的研究, 产品在不同温度下的货架期尚不明确。本研究对不同贮藏温度下真空包装盐水鹅的品质特性及变化规律进行分析, 得到各指标之间的相关性, 从而运用回归方程得到真空包装盐水鹅的真实贮藏货架期, 为揭示真空包装盐水鹅的腐败机理、解决企业工业化生产贮藏、销售等实际问题提供理论参考。

## 1 材料与方 法

### 1.1 材料与试剂

检验合格的 70 日龄仔鹅(扬州鹅) 扬州天歌鹅业有限公司; MgO、硼酸、HCl、2- 硫代巴比妥酸(TBA 溶液)、三氯乙酸(TCA)均为分析纯; PCA 培养基、蛋白胨 北京陆桥技术有限责任公司。

### 1.2 仪器与设备

Microprocessor pH 计 葡萄牙汉纳有限公司; SW-CJ-1F 型超净工作台 苏净集团苏州安泰公司; HZO-F160A 高低温恒温振荡培养箱 上海悦华仪器仪表有限公司; UV-2450 紫外分光光度计 日本岛津公司; AW-1/1A 型智能水分活度测定仪 无锡市碧波电子设备厂; 全自动凯式定氮仪 福斯华科有限公司。

### 1.3 盐水鹅的加工工艺

扬州鹅仔鹅(70 日龄, 检验合格)→宰杀→胴体→清洗→配料(食盐、复合磷酸盐、香辛料、水)  
↓  
腌制→焯沸→煮制→预冷→真空包装→二次巴氏杀菌  
↑  
配料(工厂自制老卤、香辛料包) 入库贮藏

### 1.4 取样及处理

将整只真空包装盐水鹅样品分成 3 组, 分别贮存于 4、25、30℃。30℃贮藏的产品, 于 0、7、14、21、28、35、42d 取胸肉样进行各指标的测定, 4℃和 25℃贮藏的产品于 0、14、28、42、56、70、91、119d 取胸肉样进行各项指标的测定, 每个指标做 3 个重复, 每个重复做 2 个平行。

### 1.5 感官评定

表 1 真空包装盐水鹅感官评价标准表

感官评价	外观	气味及滋味	组织状态
5分(优)	外观清爽, 完整	浓郁的盐香味, 无不良气味	组织紧实、有弹性, 无汁液渗出
4分(良)	外观清爽、完整	较浓的盐香味, 无不良气味	组织较结实、有弹性, 无汁液渗出
3分(中)	外观有少许汁液、完整	固有的盐香味, 无不良气味	组织稍有弹性, 有少许汁液渗出
2分(差)	外观有汁液渗出、表皮少许腐烂、肉质少许变色	无盐香味, 有酸腐味道	组织变软, 无弹性, 有大量汁液渗出
1分(劣)	外观有大量汁液, 胀袋、表皮变烂、肉质变色	无盐香味, 有严重的酸腐味道	组织变烂, 出现黑斑、皮肉分离

根据扬州天歌鹅业有限公司标准并参考相关文献<sup>[4-5]</sup>, 由 6 人组成评判小组, 按照表 1 评定指标对产品进行感官评价。当评分小于 3 分时, 则认为产品感官已达到消费者无法接受的程度。

### 1.6 pH 值测定

参考文献[6]方法: 取 2g 腿肉, 剪碎, 置于 18mL 去离子纯净水中, 混合静止后用 pH 计测量。

### 1.7 挥发性盐基氮(total volatile basic nitrogen, TVB-N)的测定

参考文献[7]方法: 取 5g 剪碎的肉样置于锥形瓶中, 加入 50mL 蒸馏水, 振摇, 浸渍 30min 取滤液备用。将滤液转移到消化管中, 加入 5mL 氧化镁悬浊液, 利用全自动凯式定氮仪测定。设定条件: 硼酸吸收液: 30mL; 蒸馏水: 50mL; 碱液: 0mL。

### 1.8 TBARS 值测定

采用 Lofiego 等<sup>[8]</sup>及 Du 等<sup>[9]</sup>的方法并作修改: 取 5g 鹅皮样品, 剪碎, 加入 25mL 20g/100mLTCA 三氯乙酸和 20 mL 蒸馏水高速分散 1min(1000r/min 20s, 4000r/min 40s); 在暗室中静置 1h 后离心(2000 × g, 10min, 4℃); 过滤后定容至 50mL, 取滤液 2mL 与 2mL 0.02mol/L TBA 溶液混合, 沸水浴 20 min 后用流水冷却 5min, 于 532nm 处测吸光度。同时作空白实验, 空白实验取 10g/100mL TCA 2mL 加入 2mL 0.02mol/L TBA 进行沸水浴 20min, 用流水冷却 5min, 于 532nm 处比色。

TBARS 值用每千克肉中丙二醛(malonaldehyde, MAD)毫克数表, 采用标准品按上述操作做标准曲线。 $y = 1.125x - 0.009$  ( $y$  为 TBARS 值/ $\mu\text{g/mL}$ ),  $x$  为样品在 532nm 波长处的吸光度)。

### 1.9 水分活度方法

样品在组织捣碎机中均质, 然后在水分活度自动分析测定以上样品  $a_w$  值。

### 1.10 菌落总数测定

取 25g 肉样, 加入到 225mL 已灭菌的蛋白胨生理盐水中, 在 200r/min、室温振摇 10min, 取 1mL 原液用生理盐水逐级稀释到适当浓度。菌落总数用 PCA 在 37℃培养 48h。

### 1.11 数据处理

数据统计采用 SPSS 18.0 进行  $T$  检验、Duncan 多重比较( $P < 0.05$ )、相关性分析和多元逐步回归分析, 图形制作采用 Origin 8.0。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同贮藏温度条件下产品感官品质的变化

如表 2 所示, 30℃贮藏的产品感官指标在 21d 和 28d 时发生显著变化( $P < 0.05$ ), 且在 21d 达到不可接受的水平。25℃贮藏的产品感官品质在 28d 和 70d 发生显著变

表2 不同贮藏温度对产品感官品质变化的影响  
Table 2 Effect of storage temperature on sensory quality of vacuum-packed salted goose

贮藏温度/℃	感官特性	贮藏时间/d										
		0	7	14	21	28	35	42	56	70	91	119
30	外观	4.70 ± 0.12 <sup>Aa</sup>	4.30 ± 0.15 <sup>a</sup>	3.93 ± 0.23 <sup>Aa</sup>	2.60 ± 0.37 <sup>b</sup>	1.67 ± 0.14 <sup>Ac</sup>	1.60 ± 0.31 <sup>c</sup>	1.06 ± 0.15 <sup>Ac</sup>	—	—	—	—
	气味	4.83 ± 0.08 <sup>Aa</sup>	4.40 ± 0.10 <sup>a</sup>	4.10 ± 0.15 <sup>Aa</sup>	2.67 ± 0.40 <sup>b</sup>	1.60 ± 0.16 <sup>Ac</sup>	1.56 ± 0.29 <sup>c</sup>	1.12 ± 0.11 <sup>Ac</sup>	—	—	—	—
	组织状态	4.76 ± 0.12 <sup>Aa</sup>	4.30 ± 0.15 <sup>a</sup>	3.96 ± 0.14 <sup>Aa</sup>	2.40 ± 0.30 <sup>b</sup>	1.67 ± 0.16 <sup>Ac</sup>	1.56 ± 0.28 <sup>c</sup>	1.02 ± 0.15 <sup>Ac</sup>	—	—	—	—
25	外观	4.70 ± 0.12 <sup>Aa</sup>	—	4.80 ± 0.05 <sup>Ba</sup>	—	4.40 ± 0.11 <sup>Bb</sup>	—	4.16 ± 0.07 <sup>Bb</sup>	4.20 ± 0.10 <sup>Ab</sup>	3.36 ± 0.08 <sup>Ac</sup>	2.70 ± 0.15 <sup>Ad</sup>	2.03 ± 0.03 <sup>Ac</sup>
	气味	4.83 ± 0.08 <sup>Aa</sup>	—	4.76 ± 0.08 <sup>Ba</sup>	—	4.43 ± 0.18 <sup>Bb</sup>	—	4.23 ± 0.08 <sup>Bb</sup>	4.30 ± 0.17 <sup>Ab</sup>	3.53 ± 0.14 <sup>Ac</sup>	2.73 ± 0.15 <sup>Ad</sup>	2.17 ± 0.08 <sup>Ac</sup>
	组织状态	4.76 ± 0.12 <sup>Aa</sup>	—	4.76 ± 0.03 <sup>Ba</sup>	—	4.30 ± 0.17 <sup>Bb</sup>	—	4.20 ± 0.06 <sup>Bb</sup>	4.26 ± 0.12 <sup>Ab</sup>	3.53 ± 0.07 <sup>Ac</sup>	2.70 ± 0.20 <sup>Ad</sup>	2.03 ± 0.04 <sup>Ac</sup>
4	外观	4.70 ± 0.12 <sup>Aa</sup>	—	4.93 ± 0.03 <sup>Ba</sup>	—	4.83 ± 0.03 <sup>Ba</sup>	—	4.86 ± 0.03 <sup>Ca</sup>	4.80 ± 0.05 <sup>Ba</sup>	4.67 ± 0.03 <sup>Ba</sup>	4.76 ± 0.03 <sup>Ba</sup>	4.60 ± 0.00 <sup>Ba</sup>
	气味	4.83 ± 0.08 <sup>Aa</sup>	—	4.96 ± 0.04 <sup>Ba</sup>	—	4.90 ± 0.06 <sup>Ba</sup>	—	4.86 ± 0.04 <sup>Ca</sup>	4.80 ± 0.05 <sup>Ba</sup>	4.73 ± 0.03 <sup>Ba</sup>	4.73 ± 0.03 <sup>Ba</sup>	4.80 ± 0.05 <sup>Ba</sup>
	组织状态	4.76 ± 0.12 <sup>Aa</sup>	—	4.96 ± 0.05 <sup>Ba</sup>	—	4.83 ± 0.03 <sup>Ca</sup>	—	4.80 ± 0.05 <sup>Ba</sup>	4.80 ± 0.00 <sup>Ba</sup>	4.73 ± 0.03 <sup>Ba</sup>	4.70 ± 0.06 <sup>Ba</sup>	4.76 ± 0.04 <sup>Ba</sup>

注：数据表示形式为：平均值±标准误差(n=3)；同列内相同指标间不同大写字母表示差异显著( $P < 0.05$ )，同行内不同小写字母表示差异显著( $P < 0.05$ )；—,没有测定。下同。

化( $P < 0.05$ )，28d时产品的接受度较高；直到70d，产品感官值在4.0以下并且产品无固有的盐香味、肉质弹性下降。在4℃贮藏的产品直到119d时，产品的感官值保持在4.50以上，无异味且肉质有弹性。以上数据可以看出：在感官品质上，低温贮藏与常温及高温贮藏有显著性差异( $P < 0.05$ )，低温可以更好的保持产品的感官风味，有助于延长产品的货架期。

## 2.2 不同贮藏温度条件下产品pH值变化

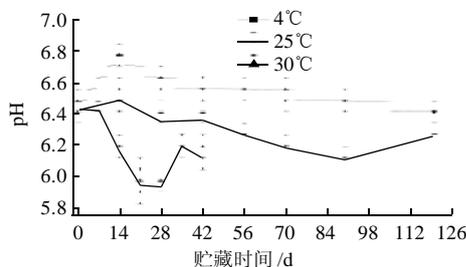


图1 不同贮藏温度对pH值变化的影响

Fig.1 Effect of storage temperature on pH of vacuum-packed salted goose

如图1可知：随着贮藏时间的延长，pH值呈先下降后上升趋势。贮藏温度越高产品的pH值下降的越快，最终pH值达到的值也越低。在14、28d和42d时，产品在30℃贮藏的温度与在25℃和4℃贮藏产品的pH值有显著差异( $P < 0.05$ )。在30℃贮藏时：7、28d和42d时pH值均发生显著变化( $P < 0.05$ )，在21d时产品pH值最低为5.94。在25℃贮藏时：产品在56d之前pH值变化不显著( $P > 0.05$ )。在56d时pH值发生显著变化( $P < 0.05$ )，pH值急剧下降，在91d时pH值上升；在4℃贮藏时：产品一直贮藏到56d时pH值未发生显著变化( $P < 0.05$ )。由以上数据可以看出，pH值对产品的腐败有很大的影响，低温贮藏有助于延长产品的货架期。

pH值的变化主要受两方面的影响：一方面是微生物分解肉制品中的碳水化合物生产乳酸、醋酸等有机酸；另一方面是微生物作用导致蛋白质被分解成低分子的碱性含氮物质<sup>[10]</sup>。本研究中，pH值的变化趋势是先下降后上升的，这与文献报道中其他真空包装低温肉制品的贮藏中pH值变化结论相符合<sup>[11-12]</sup>。真空包装盐水鹅在30℃贮藏初期，微生物快速繁殖，分解肉制品中的大量糖类物质产生乳酸、醋酸等有机酸，并且真空条件适合乳酸菌、大肠杆菌等厌氧菌生长且发酵糖类产酸，所以导致pH值快速下降；在贮藏后期，pH值呈上升趋势，一方面是由于肉制品中有机物被大量消耗，微生物产酸能力下降；另一方面因为蛋白质被分解成大量的低分子碱性含氮物质，由于微生物代谢产物的积累而导致pH值有所上升。在0~42d，30℃与25℃、4℃的pH值变化差异性显著( $P < 0.05$ )；而25℃和4℃pH值变化差异不显著( $P > 0.05$ )；在56d后，25℃和4℃pH值变化差异显著( $P < 0.05$ )。可以看出贮藏温度对pH值变化影响很大，常温和低温贮藏均会抑制微生物的生长，延长产品的货架期，随着贮藏时间的延长，低温贮藏在保证产品货架期方面显示出了突出的优势。

## 2.3 不同贮藏温度下产品TVB-N值变化

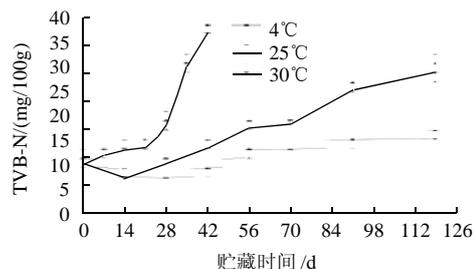


图2 不同贮藏温度对TVB-N值变化的影响

Fig.2 Effect of storage temperature on TVB-N of vacuum-packed salted goose

如图2所示,产品随着贮藏时间的延长,TVB-N呈上升趋势,并且贮藏温度越高,TVB-N值变化越剧烈。产品在30℃贮藏时,在21d之前TVB-N值变化均不显著( $P > 0.05$ );在贮藏后期,变化十分显著( $P < 0.05$ )。产品在25℃贮藏时,TVB-N值在42d才发生显著变化( $P < 0.05$ ),在56d后TVB-N值急剧上升。产品在4℃贮藏时,TVB-N变化均不显著( $P > 0.05$ )。

挥发性盐基氮是肉与肉制品由于自身酶或污染的腐败微生物分解胞外酶作用而产生的氨以及胺类碱性含氮物质,此类物质具有挥发性,挥发性盐基氮是评价畜禽肉和鱼肉新鲜度的重要卫生指标<sup>[13]</sup>。

在本研究中,由于产品加工经过了热处理,所以肉制品中本身的酶已经失活,所以TVB-N的变化主要是残存的微生物作用的结果。30℃贮藏产品的TVB-N值变化较25℃和4℃贮藏产品的TVB-N值变化显著( $P < 0.05$ ),在42d TVB-N值达到了37.33mg/100g,主要是由于高温下,微生物大量繁殖,分解蛋白质的微生物占据主导地位,蛋白质被分解成大量的低分子含氮物质,及在贮藏后期微生物代谢产物的大量积累导致TVB-N值显著上升,达到了严重腐败的程度。在常温和低温贮藏的产品,TVB-N值变化较平缓。25℃贮藏的样品在56d时才达到20.33mg/100g,主要是因为分解蛋白质能力强的细菌在常温下生长较慢,受到抑制,在56d时大量繁殖,促使产品发生腐败,TVB-N值急剧上升。25℃样品在56d时与4℃贮藏的产品TVB-N值变化差异显著( $P < 0.05$ )。低温贮藏的样品TVB-N值在119d的时候仍为18.39mg/100g,因为在低温真空包装的优势菌株为在低氧或厌氧下能够生长的乳酸菌,乳酸菌分解蛋白质能力较弱,所以在低温贮藏的产品的TVB-N值变化较平缓,即使在贮藏后期变化也不显著( $P > 0.05$ ),产品没有腐败迹象。

#### 2.4 不同贮藏温度条件下产品TBARS变化

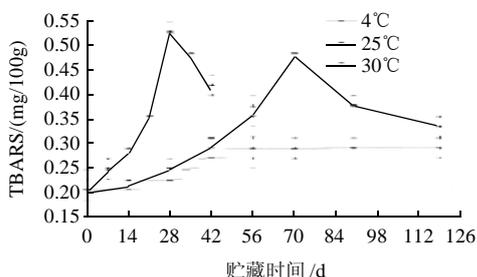


图3 不同贮藏温度对TBARS变化的影响

Fig.3 Effect of storage temperature on TBARS of vacuum-packed salted goose

如图3所示,产品随贮藏时间的延长,TBARS呈先上升后下降的趋势,贮藏温度越高,TBARS值波动越大。在30℃贮藏的产品,TBARS值变化显著( $P < 0.05$ ),在28d时TBARS达到0.525mg/100g,大于国标0.5mg/100g。25℃贮藏的产品,TBARS值在14d呈上升

趋势,在70d时达到最大值0.475mg/100g,小于0.5mg/100g,说明TBARS含量较低,这可能与真空包装和常温贮藏有关。在低温贮藏的产品,TBARS值变化均不显著( $P > 0.05$ )<sup>[14]</sup>。

TBARS值是指动物性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,TBARS值的高低表明脂肪二级氧化产物即最终生成物的多少,随着氧化程度的加深,次级产物不断增多,TBARS值也不断增大,同时热处理会破坏细胞膜的组成成分如:VE、电子和氢质子,这也是导致脂肪快速氧化的重要原因<sup>[15-16]</sup>。因此,在30℃和25℃贮藏初期,TBARS值快速上升,但是在30℃和25℃的贮藏后期,TBARS值都呈下降趋势,原因可能是次级产物MA(丙二醛)与肉制品中的氨基相互作用生成1-氨基-3-氨基丙烯<sup>[17]</sup>,从而导致TBARS值的下降。在本研究中,低温贮藏产品的TBARS值变化不显著( $P > 0.05$ ),可能是因为低温抑制了氧化的进行。因此,脂肪氧化的程度与贮藏温度有很大的关联性。

#### 2.5 不同贮藏温度条件下产品菌落总数变化

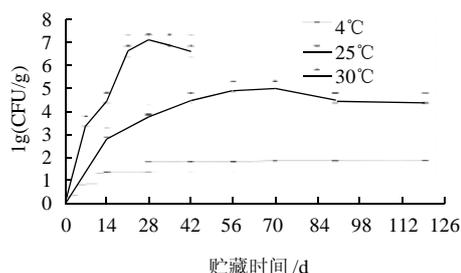


图4 不同贮藏温度对菌落总数变化的影响

Fig.4 Effect of storage temperature on total bacterial count of vacuum-packed salted goose

如图4所知,真空包装盐水鹅在3种不同贮藏温度下菌落总数的变化情况。在30℃贮藏的产品,菌落总数在贮藏前期快速上升且变化显著( $P < 0.05$ ),在28d时菌落总数达到最大值7lg(CFU/g),产品发生腐败;在贮藏后期,菌落总数缓慢下降并维持在6lg(CFU/g)的水平。在25℃贮藏的产品,在14d菌落总数变化较快,之后变化较平缓,在70d达到最大值5lg(CFU/g),之后缓慢下降且维持不变。低温贮藏的产品,菌落总数变化不显著( $P > 0.05$ ),且在贮藏期间菌落总数一直在1~2lg(CFU/g)。可以看出,贮藏温度对微生物的生长影响很大,从而影响了菌落总数的变化。

从图4可以看出,产品经过低温腌制、高温煮制和二次杀菌后,初始的菌落总数可以得到较好的控制。在贮藏初期(0~14d),受损的微生物经过修复和自我调整,在高温下可以很好的适应新的环境,因此在贮藏初期菌落总数与初始菌数相比变化显著( $P < 0.05$ );而在

表3 不同贮藏温度对产品 $a_w$ 变化的影响Table 3 Effect of storage temperature on  $a_w$  of vacuum-packed salted goose

贮藏温 度/℃	贮藏时间/d										
	0	7	14	21	28	35	42	56	70	91	119
30	0.936 ± 0.002 <sup>ab</sup>	0.909 ± 0.001 <sup>a</sup>	0.930 ± 0.002 <sup>ab</sup>	0.892 ± 0.004 <sup>c</sup>	0.921 ± 0.001 <sup>ab</sup>	0.927 ± 0.001 <sup>b</sup>	0.921 ± 0.005 <sup>ab</sup>	—	—	—	—
25	0.936 ± 0.002 <sup>ab</sup>	—	0.923 ± 0.009 <sup>ab</sup>	—	0.917 ± 0.001 <sup>ab</sup>	—	0.928 ± 0.002 <sup>ab</sup>	0.925 ± 0.003 <sup>ab</sup>	0.904 ± 0.003 <sup>ac</sup>	0.917 ± 0.001 <sup>ab</sup>	0.915 ± 0.003 <sup>ac</sup>
4	0.936 ± 0.002 <sup>ab</sup>	—	0.913 ± 0.004 <sup>ab</sup>	—	0.917 ± 0.001 <sup>ab</sup>	—	0.940 ± 0.002 <sup>ba</sup>	0.938 ± 0.002 <sup>ba</sup>	0.935 ± 0.002 <sup>ba</sup>	0.933 ± 0.003 <sup>ba</sup>	0.931 ± 0.002 <sup>ba</sup>

表4 真空包装盐水鹅在贮藏期间各指标间的相关性分析

Table 4 Correlation analysis among quality property indexes of vacuum-packed salted goose during the storage period

指标	贮藏时间	贮藏温度	pH值	$a_w$	TVB-N	TBARS	菌落总数	外观	气味	组织状态
贮藏时间	1	-0.262*	-0.095	-0.229	0.430**	0.605**	0.077	-0.205	-0.187	-0.186
贮藏温度		1	-0.629**	-0.210	0.439**	0.282*	0.701**	-0.606**	-0.595**	-0.609**
pH			1	0.375**	-0.539**	-0.532**	-0.739**	0.717**	0.715**	0.722**
$a_w$				1	-0.264*	-0.478**	-0.433**	0.413**	0.408**	0.414**
TVB-N					1	0.727**	0.593**	-0.816**	-0.809**	-0.805**
TBARS						1	0.549**	-0.617**	-0.607**	-0.598**
菌落总数							1	-0.816**	-0.808**	-0.821**
外观								1	0.996**	0.996**
气味									1	0.996**
组织状态										1

注: \*. $P < 0.05$ , 显著相关; \*\*. $P < 0.01$ , 极显著相关。

常温和低温贮藏的产品, 由于低温抑制了大部分微生物的生长代谢, 因此菌落总数增长较缓慢。在贮藏中期(21~70d), 高温下微生物快速繁殖并且利用营养物质, 菌落总数急剧上升并且达到最大值。在贮藏后期, 产品严重腐败, 营养物质被消耗并且各种微生物之间竞争生长, 一部分微生物逐渐衰退, 一部分微生物存活下来, 并成为优势腐败菌。从图4可以看出, 低温可以更好的延长产品的货架期。

## 2.6 不同贮藏温度条件下产品 $a_w$ 变化

从表3可以看出, 不同贮藏温度下产品的 $a_w$ 值差异显著( $P < 0.05$ ), 同一贮藏温度下, 随时间变化 $a_w$ 值变化相对稳定, 这也与文献报道的其他低温肉制品在贮藏期间 $a_w$ 值的变化相符<sup>[18-19]</sup>。

## 2.7 不同贮藏温度条件下各指标的相关性分析

如表4所示, 贮藏时间与贮藏温度呈极显著负相关( $P < 0.01$ ), 说明贮藏温度越高, 贮藏时间越短; 与TVB-N和TBARS值呈极显著正相关( $P < 0.01$ ), 说明随着贮藏时间的延长, TVB-N和TBARS值不断增大且变化显著; 与pH值、 $a_w$ 、菌落总数及感官品质相关性不显著, 但是在同一贮藏温度下, pH值、 $a_w$ 、菌落总数及感官品质与贮藏时间呈显著相关( $P < 0.05$ )。

贮藏温度与pH值和感官指标呈极显著负相关( $P < 0.01$ ), 说明贮藏温度越高, pH值和感官指标下降的越快, 产品腐败的也越快; 与TVB-N、TBARS值和菌落总数呈极显著正相关( $P < 0.01$ )。菌落总数与pH值、 $a_w$ 及感官品质呈极显著的负相关( $P < 0.01$ ); 与TVB-N和

TBARS呈极显著正相关( $P < 0.01$ ), 说明菌落总数与各个贮藏品质的变化有很强的相关性。主要因为产品在真空包装时, 随着贮藏时间的延长, 兼性厌氧的乳酸菌成为主要优势菌, 这部分细菌主要代谢肉中的营养物质生成混合的有机酸导致产品产生酸味和不愉快的奶酪味<sup>[20]</sup>, 从而导致pH值下降, 感官品质下降, 伴随着TVB-N和TBARS值显著上升。从上述分析可以看出, 各个指标之间均有显著的相关性, 所以为了更好的判断产品的货架期, 要综合考虑各个指标对产品腐败程度的影响。

## 2.8 不同贮藏温度条件下产品货架期预测

通过多元回归分析, 筛选出显著影响货架期的指标, 得到不同温度下产品的回归方程, 各温度下筛选的指标及回归方程见表5, 并对各温度下模型的回归方程做方差分析, 筛选变量后构建的多元回归方程合理, 方差分析结果均为差异极显著, 结果见表6, 表明各温度下经筛选的指标所建模型能很好的对各自温度下的产品货架期进行预测。

通过对感官可接受度的评估并参考相关国标及该企业标准, 产品的感官可接受度的临界值为3.0; 菌落总数的临界值为6(lg(CFU/g)); pH值的临界值为6.2; TVB-N的临界值为20mg/100g时, 则产品被认为发生腐败。将上述数据代入回归方程中得到不同温度下产品的预测货架期为: 4℃条件下约为398(398.133)d, 25℃条件下约为83(83.117)d, 30℃条件下约为20(19.987)d。

表5 不同贮藏温度条件下产品货架期预测回归方程  
Table 5 Regression equations of shelf life prediction for vacuum-packed salted goose under different storage temperatures

贮藏温度/℃	方程指标	指标系数	R <sup>2</sup> <sub>adj</sub>	回归方程
4	TVB-N(X <sub>1</sub> )	5.124	0.943	Y= 601.186+5.124X <sub>1</sub> + 32.828X <sub>2</sub> - 41.242X <sub>3</sub> - 82.267X <sub>4</sub> + 601.186
	菌落数(X <sub>2</sub> )	32.828		
	pH(X <sub>3</sub> )	- 41.242		
	外观(X <sub>4</sub> )	- 82.267		
	常数项(b)	601.186		
25	TVB-N(X <sub>1</sub> )	1.794	0.982	Y= 82.423+ 1.794X <sub>1</sub> + 4.984X <sub>2</sub> - 21.697X <sub>3</sub> + 82.423
	菌落总数(X <sub>2</sub> )	4.984		
	外观评分(X <sub>3</sub> )	- 21.697		
	常数项(b)	82.423		
30	TVB-N(X <sub>1</sub> )	0.790	0.970	Y= 7.739+0.790X <sub>1</sub> + 1.424X <sub>2</sub> - 4.032X <sub>3</sub> + 7.739
	菌落数(X <sub>2</sub> )	1.424		
	组织状态评分(X <sub>3</sub> )	- 4.032		
	常数项(b)	7.739		

表6 不同贮藏温度条件下回归方程的方差分析  
Table 6 Variance analysis for regression equations under different storage temperatures

贮藏温度/℃	模型	平方和	df	均方	F值	P值
4	回归	31933.907	4	7983.477	56.530	< 0.001
	残差	1582.093	19	83.269		
	总计	33516.000	23			
25	回归	32988.089	3	10996.030	416.587	< 0.001
	残差	527.911	20	26.392		
	总计	33516.000	23			
30	回归	4054.666	3	1351.555	225.036	< 0.001
	残差	108.107	18	6.006		
	总计	4162.773	21			

表7 不同贮藏温度条件下回归方程模型的验证  
Table 7 Validation of regression equations for vacuum-packed salted goose under different storage temperatures

贮藏温度/℃	实际货架期/d	预测货架期/d	相对误差/%
4	63	67.14	6.51
25	49	48.29	1.45
30	9	8.86	1.56

对4、25、30℃货架期预测模型分别在63、49、9d进行验证,结果见表7。由表7可知,模型预测货架期与实际货架期较为接近,标准误差较小,表明根据不同温度下的主要指标可很准确的对在不同温度下的货架期进行预测,以便及时寻求应对之策。

### 3 结论

pH值、TVB-N、TBARS、菌落总数和感官品质在不同贮藏温度和时间下变化差异显著;贮藏温度和贮藏时间与pH值、TVB-N、TBARS、菌落总数、感官品质等指标呈显著相关性;运用多元逐步回归筛选变量并构建模型,且各模型的方差分析结果均为差异极

显著,得到4、25℃和30℃贮藏温度下的货架期预测方程分别为:Y(货架期/d)=601.186+5.124×TVB-N+32.828×菌落数-41.242×pH值-82.267×外观评分(R<sup>2</sup>=0.943),Y(货架期/d)=82.423+1.794×TVB-N+4.984×菌落数-21.697×外观评分(R<sup>2</sup>=0.982),Y(货架期/d)=7.739+0.790×TVB-N+1.424×菌落数-4.032×组织状态评分(R<sup>2</sup>=0.970)。真空包装盐水鹅在4、25℃和30℃贮藏条件下的货架期分别为398、83d和20d。

### 参考文献:

- [1] 郑安俊, 诸永志, 吴海虹, 等. 扬州盐水鹅加工中微生物关键控制点的研究[J]. 江苏农业科学, 2006(6): 386-388.
- [2] 刘超群, 王宏, 侯温甫. 低温肉制品微生物控制与预测模型应用进展研究[J]. 食品科学, 2009, 30(21): 481-484.
- [3] GRAM L. Food spoilage-interaction between food spoilage bacteria[J]. International Journal of food Microbiology, 2002, 78(15): 79-97.
- [4] KOTZEKIDOU P, BLOUKAS J G. Microbial and sensory changes in vacuum - packed frankfurter - type sausage by *Lactobacillus alimentarius* and fate of inoculated *Salmonella enteritidis*[J]. Food Microbiology, 1998, 15(1): 101-111.
- [5] VERMEIREN L, DEVLIEGHERE F, VANDEKINDEREN I, et al. The sensory acceptability of cooked meat products treated with a protective culture depends on glucose content and buffering capacity: A case study with *Lactobacillus sakei* 10A[J]. Meat Science, 2006, 74(3): 532-545.
- [6] 徐宝才, 任发政, 王前武, 等. 牛肉火腿切片的腐败微生物鉴定及贮藏过程中的品质变化[J]. 食品与发酵工业, 2004(5): 124-129.
- [7] 于见亮, 李开雄, 卢士玲, 等. 应用KDY-9820凯氏定氮仪测定羊肉中挥发性盐基氮[J]. 食品研究与开发, 2008, 29(2): 141-143.
- [8] LOFIEGO D P, SANTORO P, MACCHIONI D, et al. The effect of dietary supplementation of vitamins C and E on the  $\alpha$ -tocopherol content of muscles, liver and kidney, on the stability of lipids, and on certain meat quality parameters of the longissimusdorsi of rabbits[J]. Meat Science, 2004, 67(2): 319-327.
- [9] DU M, NAM K C, HUR S, et al. Effect of dietary conjugated linoleic acid, irradiation, and packaging conditions on the quality characteristics of raw broiler breast fillets[J]. Meat Science, 2002, 60 (1): 9-15.
- [10] 白艳红. 低温熏煮香肠腐败机理及生物抑菌研究[D]. 杨凌: 西北农林科技大学, 2005.
- [11] 胡萍, 周光宏, 徐幸莲, 等. 真空包装烟熏火腿切藏品品质动态变化研究[J]. 肉类工业, 2010(7): 17-21.
- [12] 芮汉明, 陈建良, 廖彩虎, 等. 白切鸡在30℃储藏的微波联合杀菌工艺研究[J]. 食品科技, 2009, 34(10): 117-121.
- [13] 中国国家标准化管理委员会. GB16869—2005 鲜、冻禽产品[S]. 北京: 中国标准出版社, 2005.
- [14] 康怀彬, 赵丽娜, 肖枫, 等. 二次杀菌对真空包装酱牛肉货架期影响的研究[J]. 食品科学, 2008, 29(8): 617-620.
- [15] KEOKAMNERD T, ACTON J C, HAN I Y, et al. Effect of commercial rosemary oleoresin preparations on ground chicken thigh meat quality packaged in a high-oxygen atmosphere[J]. Poultry Science, 2008, 87(1): 170-179.
- [16] CHO C Y. Fish nutrition, feed, and feeding: with special emphasis on salmonid aquaculture[J]. Food Review International, 1990, 63(3): 333-357.
- [17] PARK S Y, KIM Y J, LEE H C, et al. Effects of pork meat cut and packaging type on lipid oxidation and oxidative products during refrigerated storage (8℃)[J]. Journal of Food Science, 2008, 73(3): 27-34.
- [18] 胡萍. 真空包装烟熏火腿切片特定腐败菌及靶向抑制研究[D]. 南京: 南京农业大学, 2008.
- [19] 刘国庆, 张黎利, 宗凯, 等. 冷鲜猪肉货架期品质测定及主要致腐微生物预报[J]. 食品科学, 2009, 30(18): 394-399.
- [20] JOHN C, JOSEPH D M, PAUL A H. Microbiological spoilage of meat and poultry products[M]. Berlin, German: Springer, 2010: 69-86.