

不同贮藏温度泡椒凤爪品质变化及货架期预测

王晓霞¹, 徐 宁², 秦晓杰¹, 许 昕¹, 刘妙研¹, 刘 丹¹, 肖红梅^{1,*}

(1.南京农业大学食品科技学院, 农业部农畜产品加工与质量控制重点开放实验室, 江苏 南京 210095;

2.南京市产品质量监督检验院, 江苏 南京 210028)

摘 要:以真空包装泡椒凤爪为实材, 研究贮藏于10、25、30、37℃条件下真空包装泡椒凤爪的感官品质、pH值、TVB-N值、TBARs值、菌落总数等指标的变化及其相关性, 结合回归方程对不同贮藏温度条件下真空包装泡椒凤爪的货架期进行预测。结果表明:在不同的贮藏温度、时间条件下, 各项指标变化差异显著($P<0.05$)。产品感官品质随着贮藏温度的升高、贮藏时间的延长表现为组织变软发黏, 色泽变暗无光泽, 伴有大量汁液流出并出现不良的气味; pH值呈先下降后上升的趋势, 且贮藏温度越高变化越显著; TVB-N值和菌落总数呈持续上升的趋势; TBARs值在贮藏前期呈上升趋势, 在贮藏后期呈下降的趋势。其中贮藏温度与各指标均呈极显著相关($P<0.01$); 菌落总数与感官品质、pH值、TVB-N值和TBARs值也均呈极显著相关($P<0.01$), 说明贮藏温度和微生物是导致产品劣变的主要因素。通过回归方程预测得出真空包装泡椒凤爪10、25、30、37℃贮藏条件下的货架期分别为206、141、35、18d, 实验预测结果与实际贮藏寿命接近。该模型可作为工厂实际生产中的理论参考依据。

关键词:泡椒凤爪; 贮藏特性; 相关性; 货架期

Quality Change and Shelf Life Prediction of Chicken Feet with Pickled Peppers Stored at Different Temperatures

WANG Xiao-xia¹, XU Ning², QIN Xiao-jie¹, XU Xin¹, LIU Miao-yan¹, LIU Dan¹, XIAO Hong-mei^{1,*}

(1. Key Laboratory of Food Processing and Quality Control, Ministry of Agriculture, College of Food Science and Technology, Nanjing Agricultural University, Nanjing 210095, China; 2. Nanjing Institute of Supervision and Testing on Product Quality, Nanjing 210028, China)

Abstract: Vacuum-packed chicken feet with pickled peppers were investigated for changes and correlation of quality parameters such as sensory quality, pH, TVB-N, TBARs and total bacterial count when stored at 10, 25, 30 °C or 37 °C. Shelf life prediction of the vacuum-packed product at the different storage temperatures was studied by establishing multiple regression equations. The results revealed that storage temperature and time had a significant effect ($P < 0.05$) on the quality and shelf life of vacuum-packed chicken feet with pickled peppers. With increasing storage temperature and time, the products became soft, sticky, dull and dark in color, with a large amount of exudates and undesirable odor; meanwhile, the pH presented an initial decrease and final increase due to the extension of storage time. Higher storage temperatures could result in a significant increase in pH, TVB-N value and total bacterial count. The TBARs value increased during the early period of storage and showed a downward trend during the later period of storage. In addition, storage temperature had a significant correlation with all other indexes ($P < 0.01$); the total number of bacteria also had a significant correlation with sensory quality, pH, TVB-N and TBARs ($P < 0.01$). These results showed that storage temperature and microorganisms were the major factors causing the deterioration of vacuum-packed chicken feet with pickled peppers. Based on multiple regression model analysis, the equations of shelf life prediction for vacuum-packed chicken feet with pickled peppers at the above-mentioned storage temperatures exhibited high reliability in validation experiments. The predicted shelf life of vacuum-packed chicken feet with pickled peppers stored at 10, 25, 30 °C and 37 °C were 206, 141, 35 days and 18 days, respectively, which were close to the results of validation experiments. Therefore, this study will hopefully provide a reference for the storage and sale of vacuum-packed chicken feet with pickled peppers.

Key words: chicken feet with pickled peppers; storage characteristics; correlation; shelf life

中图分类号: TS251.6

文献标志码: A

文章编号: 1002-6630(2013)22-0315-07

doi:10.7506/spkx1002-6630-201322064

收稿日期: 2012-11-30

基金项目: 南京农业大学SRT计划项目(1218A09)

作者简介: 王晓霞(1988—), 女, 硕士研究生, 研究方向为农产品贮藏与加工。E-mail: 2012808108@njau.edu.cn

*通信作者: 肖红梅(1970—), 女, 副教授, 博士, 研究方向为农产品贮藏与加工。E-mail: xhm@njau.edu.cn

随着人们生活水平的不断提高,对食品的营养价值及健康度越来越注重。凤爪制品以其丰富的营养和独特的风味成为深受广大消费者青睐和喜爱的食品。凤爪即为鸡爪,是鸡肉加工的副产品。凤爪富含胶原蛋白、钙质、铁等多种营养物质,不但能软化血管,而且具有美容功效,其营养价值颇高^[1]。在以往的生产加工中,鸡爪或弃之或与鸡肉一起加工,使其食用和经济价值都未被充分发挥。近年来,以鸡爪为原料的产品越来越多。我国主要的凤爪制品有:泡凤爪、卤凤爪、酱凤爪等,其中以泡椒凤爪最为著名。泡椒凤爪是动物性泡菜的一种,属于湿态发酵性腌制品,是将发酵工艺成功用于肉制品生产的新食品^[2],在肉制品分类里属于酱卤制品中的白煮类产品^[3]。

在西方发达国家,如美国、欧盟各国,明文规定鸡爪等动物副产品是不能作为人类食品的,仅作为动物性饲料原料加以处理利用^[4],所以在国外并没有类似凤爪的产品。近年来,我国一些学者对如何改进泡椒凤爪的加工工艺及延长其货架期做了一些研究。如邓钢桥等^[5]对泡椒凤爪微生物污染来源及辐照杀菌效果进行了研究;朱仁俊等^[6]对泡椒凤爪配方和加工工艺做了研究;陈佩佩等^[7]对泡椒凤爪常压杀菌技术进行了研究;范春梅等^[8]对凤爪胶原蛋白凝胶强度进行了研究。但是,关于泡椒凤爪在不同贮藏温度条件下贮藏特性的系统研究还未有相关报道,产品在不同贮藏温度条件下的货架期尚不明确。泡椒凤爪多以传统制品的形式存在,销售也主要以摊点零售为主,因此微生物污染严重、产品质量不稳定、货架期短等问题比较突出,这些成为制约泡椒凤爪发展和推广的主要因素。研究泡椒凤爪的现代化加工工艺、建立规范化的生产过程、完善质量安全控制体系,形成生产、贮运、销售等为一体的产业模式是泡椒凤爪产业化生产和开发的基本保障,也是未来泡椒凤爪品质及安全控制研究的主要方向。

本实验以真空包装泡椒凤爪为材料,研究不同贮藏温度(10、25、30、37℃)对真空包装泡椒凤爪基础品质的影响,确定在不同贮藏温度条件下产品特征指标的变化规律及相关性,通过多元逐步回归得到回归方程,进而得到真空包装泡椒凤爪在不同贮藏温度条件下的预测货架期,为解决企业工业化生产、贮运和销售等实际问题提供一些理论参考。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

原料样品购于南京某食品企业,品种为野山椒凤爪。包装材料为透明PE真空袋包装(透氧率20000cm³/m²),规格100g/袋。

三氯乙酸(TCA,生化试剂) 上海九邦化工有限公司;硫代巴比妥酸(TBA,生化试剂) 上海江莱生物科技有限公司;平板计数琼脂(PCA,生化试剂)、月桂基硫酸盐胰蛋白胨(LST,生化试剂)、煌绿乳糖胆盐(BGLB,生化试剂) 青岛海博生物技术有限公司;氯化钠(分析纯) 南京化学试剂有限公司;硼酸(分析纯) 山东圣大化工有限公司;无水乙醇(分析纯) 江苏花厅生物科技有限公司;1,1,3,3-四乙氧基丙烷(色谱纯) 上海阳光生物技术有限公司。

1.2 仪器与设备

GL-21MC高速冷冻离心机 湘潭湘仪仪器有限公司;UV BlueStar紫外-可见分光光度计 北京莱伯泰科仪器有限公司;SW-CJ-ID型单人净化工作台 苏州净化设备有限公司;HVE-50自动灭菌锅 日本Hirayama有限公司;SPX-150B-I型生化培养箱 上海博迅实业有限公司医疗设备厂;HWS-250恒温恒湿培养箱 宁波海曙赛福试验仪器厂;HH-6数显恒温水浴锅 常州国华电器有限公司;BSA124S-CW电子天平 德国Sartorius公司;移液枪(100μL、1000μL) 河南兄弟仪器有限公司;全自动凯氏定氮仪 丹麦Foss公司;酸度计 梅特勒-托利多(上海)仪器有限公司;电热恒温干燥箱 上海一恒科技有限公司;均质器 浙江苏泊尔股份有限公司。

1.3 方法

1.3.1 凤爪加工工艺流程

冷冻鸡爪→解冻清洗→切分→浸泡→预煮→腌制→煮制→冷却→调味→检验→真空包装→辐照杀菌→贮运

1.3.2 原料处理

将样品分成4组,贮藏温度分别为10、25、30、37℃。37℃贮藏的产品每3d取样进行各项指标的测定,30℃贮藏的产品每7d取样进行各项指标的测定,10℃和25℃贮藏的产品每14d取样进行各项指标的测定。每组3个平行,测定结果取平均值。

1.3.3 感官评定

表1 真空包装泡椒凤爪感官评价标准表
Table 1 Standards for sensory evaluation of vacuum-packed chicken feet with pickled peppers

感官评分	色泽及形态	气味及滋味	组织状态
5分(优)	色泽淡黄、有光泽。肉质紧凑,骨肉相连紧密	浓郁的酸辣香味,滋味鲜美,无不良气味	组织紧密、质地脆嫩、有弹性,无汁液渗出
4分(良)	色泽淡黄、但光泽略暗。肉质紧凑,骨肉相连紧密	较浓郁的酸辣香味,但酸辣鲜味变淡,无不良气味	组织较紧密、质地较脆嫩、有弹性,无汁液渗出
3分(中)	色泽苍白,光泽度暗。肉质尚紧凑,骨肉相连较紧密	固有的酸辣味,口感淡,无不良气味	组织稍有弹性,有少许汁液渗出
2分(差)	色泽灰白,光泽较差。肉质不紧凑,骨肉相连松散	无酸辣香味,有淡淡的异味(如硫化氢、焦糊、酸败等气味)	组织变软、发黏,无弹性,有大量汁液渗出
1分(劣)	色泽灰,无光泽。肉质松散,骨肉相连松散	无酸辣香味,有严重的不良气味及其他异味	质地软无韧性,皮肉分离,有大量汁液渗出

凤爪感官质量评定指标主要包括形态、色泽、气味及滋味、组织状态^[9]。由5人组成评判小组,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。根据GB/T 22210—2008《肉及肉制品感官评定规范》^[10]及参考文献[11]方法,制定感官评分标准表(表1)。

1.3.4 指标测定

1.3.4.1 pH值测定

取10g肉样,剪碎,加入去离子水100mL,搅匀后静置30min。过滤,取滤液50mL,用pH计测定^[12]。

1.3.4.2 TBARs值测定

采用Lo^[13]、Du^[14]等方法并作修改:称取5g凤爪肉样,剪碎,加入25mL 20g/100mL 三氯乙酸(TCA)溶液和20mL蒸馏水高速分散1min(1000r/min、20s; 4000r/min、40s);在暗室中静置1h后离心(4000r/min、15min, 4℃);过滤后定容至50mL,取滤液5mL与5mL 0.02mol/L TBA溶液混合,沸水浴20min后用流水冷却5min,于波长532nm处测吸光度。空白实验取10g/100mL TCA溶液2mL加入2mL 0.02mol/L TBA溶液沸水浴20min,用流水冷却5min,于波长532nm处比色。

依据GB/T 5009.181—2003《猪油中丙二醛的测定》^[15],用1,1,3,3-四乙氧基丙烷溶液作标准试剂,按上述操作步骤制作标准曲线, $y=0.4489\rho-0.0407$ (y 为样品波长532nm处的吸光度; ρ 为TBARs值/($\mu\text{g/mL}$))。TBARs值用每100g肉中丙二醛(malonaldehyde, MDA)mg数表示。

1.3.4.3 TVB-N值测定

采用董洋^[16]、宋丽荣^[17]等方法并作修改:将样品除去脂肪、骨及腱后,切碎后称取10g置于锥形瓶中,加入100mL蒸馏水,将锥形瓶口用保鲜膜封好,用磁力搅拌器搅拌30min后在4000r/min条件下离心15min,过滤,吸取5mL滤液于消化管中,加入5mL 10g/L氧化镁悬浊液,用全自动凯式定氮仪测定。

1.3.4.4 菌落总数和大肠菌群的测定

菌落总数的测定:按GB/T 4789.2—2010《食品微生物学检验:菌落总数测定》^[18];大肠菌群的测定:按GB/T 4789.3—2010《食品微生物学检验:大肠菌群计数》^[19]测定。

1.4 数据处理

实验数据采用SAS软件,用One-way ANOVA进行Duncan方差分析。采用SPSS 18.0进行相关性分析和多元逐步回归分析,图制作采用Origin 8.0软件。

2 结果与分析

2.1 不同贮藏温度条件下泡椒凤爪感官品质的变化

食品在贮藏期间由于各种物理、化学和微生物因素

的影响,品质会逐渐发生劣变,当达到消费者感官拒绝的程度时,则称该食品发生腐败变质^[20]。从表2可以看出,随着贮藏时间的延长,凤爪的色(光)泽逐渐变暗,肉质逐渐松散,香味变淡;在贮藏的后期,骨肉相连松散,甚至出现严重的不良气味,并有大量的汁液流出,而且温度越高,变化越快。

依据该企业的标准,当产品的感官评分低于3分时,则认为产品的感官已经达到消费者无法接受的程度。37℃贮藏条件下,产品的感官指标在6、15、24d时发生显著变化($P<0.05$),且在15d时达到消费者不可接受的水平。30℃贮藏的产品在28d和35d时发生显著变化($P<0.05$),28d时产品还在可接受范围内,但35d时产品已达到不可接受的水平。25℃贮藏产品的感官品质在56d和70d时发生了显著的变化($P<0.05$),但都是消费者可接受的水平,直到84d其感官依然在消费者可接受的范围内,但是70d时产品的感官评分在4.0以下,产品的酸辣鲜味变淡,组织弹性也有所下降。产品在10℃贮藏条件下,在70d和84d时感官品质发生了显著变化($P<0.05$),84d时产品的感官值保持在4.0以上,香味浓郁,组织紧密,肉质有弹性。30℃和37℃贮藏的产品分别在贮藏35d和15d时汁液流出明显,认为达到贮藏寿命。

由以上分析可知,贮藏温度是影响产品感官质量非常重要的因素,温度越高,感官劣变越严重;低温贮藏条件下可以更好的保持产品的感官风味,有助于延长产品的保质期。

表2 贮藏温度对泡椒凤爪感官品质变化的影响($\bar{x} \pm s$)
Table 2 Sensory quality of vacuum-packed chicken feet with pickled peppers as a function of storage temperature ($\bar{x} \pm s$)

贮藏时间/d	贮藏温度/℃			
	37	30	25	10
0	4.88±0.06 ^{Aa}	4.88±0.06 ^{Aa}	4.88±0.06 ^{Aa}	4.88±0.06 ^{Aa}
3	4.68±0.14 ^A	—	—	—
6	4.24±0.26 ^B	—	—	—
7	—	4.13±0.29 ^B	—	—
9	3.93±0.22 ^B	—	—	—
12	3.44±0.25 ^C	—	—	—
14	—	3.92±0.29 ^{Bcb}	4.77±0.08 ^{Aa}	4.85±0.06 ^{Aa}
15	2.94±0.32 ^D	—	—	—
18	2.32±0.32 ^E	—	—	—
21	1.99±0.35 ^{Eb}	3.63±0.18 ^{Cda}	—	—
24	1.49±0.22 ^F	—	—	—
28	—	3.41±0.17 ^{Db}	4.71±0.09 ^{Aa}	4.81±0.06 ^{Aa}
35	—	2.54±0.20 ^F	—	—
42	—	2.12±0.20 ^{Fb}	4.48±0.12 ^{Baa}	4.79±0.08 ^{Aa}
56	—	—	4.05±0.15 ^{Bb}	4.72±0.09 ^{Baa}
70	—	—	3.41±0.22 ^{Cb}	4.60±0.11 ^{Ba}
84	—	—	3.16±0.26 ^{Db}	4.12±0.17 ^{Ca}

注:同列肩标不同大写字母表示差异显著($P<0.05$),同行肩标不同小写字母表示差异显著($P<0.05$);—,没有测定。下同。

2.2 不同贮藏温度条件下泡椒凤爪理化指标的变化

2.2.1 不同贮藏温度条件下pH值的变化

pH值是判断肉品品质的1个重要指标。pH值的变化

主要受两方面的影响：一方面是微生物分解肉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^[21]。

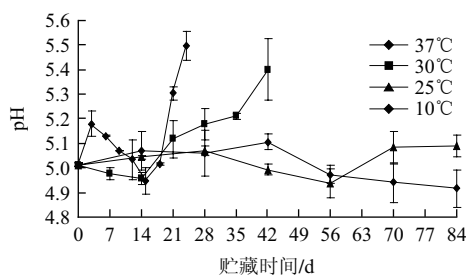


图1 贮藏温度对泡椒凤爪pH值的影响

Fig.1 Effect of storage temperature on pH of vacuum-packed chicken feet with pickled peppers as a function of storage time

由图1可以看出，pH值随着贮藏时间的延长呈先下降后上升的趋势，且贮藏温度越高变化越显著。这与董洋^[16]、孙晓敏^[22]等其他真空包装肉制品贮藏期间pH值变化结论相符合。主要因为在贮藏初期微生物快速繁殖，分解肉品中的营养物质产生大量的混合酸，导致pH值快速下降。而在贮藏后期，一方面是由于肉品中有机营养物被大量消耗，微生物产酸能力下降；另一方面因为蛋白质被分解形成大量的低分子碱性含氮物质，使pH值呈上升的趋势^[16,23]。

贮藏期间pH值变化波动不是很大，一直处4.9~5.5之间，这与非真空包装生肉pH值的变化情况有较大的区别，可能与产品的初始pH值有关。37℃和30℃贮藏时pH值变化较低温贮藏显著($P<0.05$)。37℃和30℃贮藏分别在15、14d时pH值达到了最小值，然后显著上升。10℃和25℃贮藏期间pH值变化差异不显著($P>0.05$)。贮藏温度对pH值影响很大，低温可以抑制大量微生物的生长代谢，所以在延长产品的货架期方面有突出的优势。

2.2.2 不同贮藏温度条件下TBARS值的变化

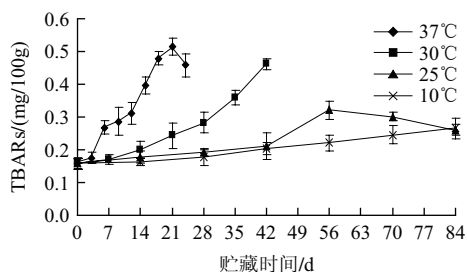


图2 贮藏温度对泡椒凤爪TBARS值的影响

Fig.2 Effect of storage temperature on TBARS value of vacuum-packed chicken feet with pickled peppers as a function of storage time

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的多少^[24-25]。很多研究者^[26-27]都

认为，TBARS值可作为肉制品贮藏期间质量好坏的一个评价标准，一般而言TBARS值越大代表脂肪氧化程度越高，因而产生的异味也越多，样品的质量下降越严重^[28]。

从图2可以明显看出，TBARS值随着贮藏时间的延长逐渐上升，且温度越高，上升幅度和速率越快。37℃贮藏下在21d时TBARS值达到0.52mg/100g，大于国标规定的0.50mg/100g^[15]，而30℃贮藏42d时TBARS值为0.46mg/100g，仍在国标规定的范围内，这可能与真空包装有关。25℃贮藏56d时，TBARS值达到最大，然后呈现下降的趋势，可能原因是产品在贮藏后期，次级产物MDA与肉制品中的氨基相互作用生成1-氨基-3-氨基丙烯^[6]，从而导致TBARS值的下降。TBARS值高温(37、30℃)较低温(10、25℃)变化差异显著($P<0.05$)；10℃和25℃在贮藏初期变化差异不显著($P>0.05$)，而在贮藏后期变化差异显著($P<0.05$)，且10℃和25℃贮藏TBARS值都比较小。可能是因为低温抑制了氧化的进行。由此可见，低温有利于抑制脂肪的氧化，延长产品的货架期。

2.2.3 不同贮藏温度条件下TVB-N值的变化

TVB-N值是评价畜禽肉和鱼肉新鲜度的重要卫生指标，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，一般分为：伯胺、仲胺、叔胺，包括酪胺、精胺、尸胺、腐胺、氨等。动物性食品在贮藏过程中由于微生物和酶的作用，蛋白质被分解而产生氨及胺类等碱性含氮物质，通过测定TVB-N值，即可判定肉的新鲜程度^[29-30]。

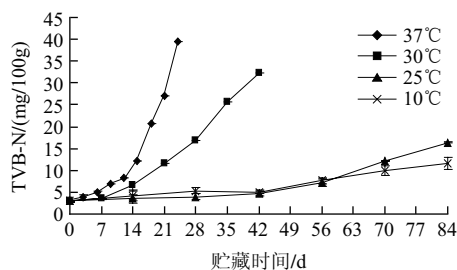


图3 贮藏温度对泡椒凤爪TVB-N值变化的影响

Fig.3 Effect of storage temperature on TVB-N value of vacuum-packed chicken feet with pickled peppers as a function of storage time

泡椒凤爪因加工过程中经过了热处理，其本身的酶已经失活，所以TVB-N值的变化主要是由残留的微生物作用引起的。由图3可以看出，随着贮藏时间的延长，TVB-N值不断上升，而且贮藏温度越大，上升越快。37℃和30℃贮藏条件下TVB-N值较10℃和25℃贮藏变化显著($P<0.05$)，37℃和30℃贮藏的产品分别在18d和35d超过了20mg/100g，主要原因是在30、37℃这样的高温条件下，适合微生物的大量繁殖，且分解蛋白质的微生

物占主导地位,蛋白质被分解成大量的低分子质量含氮物质,加之贮藏后期微生物代谢产物的积累使TVB-N值显著上升^[11]。25℃贮藏条件下的样品在84d时TVB-N值为16.34mg/100g,而10℃贮藏条件下在84d时仅为11.55mg/100g,这是因为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,所以在低温贮藏条件下的产品其TVB-N值变化较平缓,产品没有腐败迹象,说明低温更有利于延长产品的货架期。

2.3 不同贮藏温度条件下泡椒凤爪微生物指标的变化

2.3.1 不同贮藏温度条件下菌落总数的变化

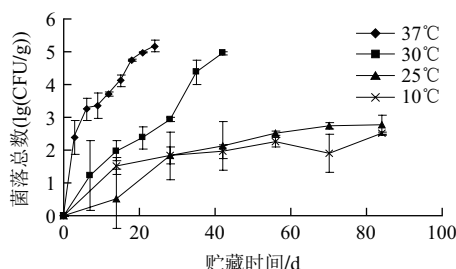


图4 贮藏温度对泡椒凤爪菌落总变化的影响

Fig.4 Effect of storage temperature on total bacterial count of vacuum-packed chicken feet with pickled peppers as a function of storage time

从图4可以看出,泡椒凤爪经过低温腌制、煮制、真空包装和杀菌后,初始的菌落总数得到比较好的控制。但是随着贮藏时间的延长,产品的菌落总数不断增加,且贮藏温度越高,菌落总数增长越快。37℃贮藏6、15、18d时菌落总数发生了显著变化($P<0.05$),在贮藏21d时菌落总数为4.98(lg(CFU/g)),超过了国标^[19]规定的 8×10^4 CFU/g(约为4.903(lg(CFU/g)))。30℃贮藏42d时也超过国标的规定值,而10℃和25℃贮藏产品微生物生长繁殖比较平缓,在贮藏84d时都在国标规定范围内。主要是因为低温抑制了大部分微生物的生长代谢,所以在低温和常温条件下贮藏的产品,其菌落总数增长会比较缓慢。

高温条件下贮藏的产品,在贮藏初期,由于微生物的自我修复和自我调整作用,可以较好的适应新的环境;在贮藏中期,微生物利用营养物质快速繁殖代谢,菌落总数急剧上升并且达到最大值;而在贮藏后期,产品严重腐败,营养物质被大量消耗,加之各种微生物之间的生存竞争,部分微生物逐渐衰退并死亡,另一部分微生物存活下来并成为优势腐败菌^[16]。

从上述分析可知,低温可以抑制微生物的生长,有助于延长产品的货架期。因此,在有条件的情况下,产品尽量采用低温贮藏和销售。

2.3.2 不同贮藏温度条件下大肠菌群的变化

大肠菌群是评价食品质量安全卫生的重要指标之一。根据GB 2726—2005《熟肉制品卫生标准》^[32],泡

椒凤爪不同贮藏温度条件下大肠菌群的变化不明显,均小于30MPN/100g,符合酱卤制品微生物指标(不大于150 MPN/100g)的要求。说明本实验条件下所有处理组均未受到大肠杆菌的污染。

2.4 不同贮藏温度条件下泡椒凤爪各指标的相关性分析

表3 真空包装泡椒凤爪在贮藏期间各指标间的Pearson相关性分析
Table 3 Pearson correlation analysis among various indicators of vacuum-packed chicken feet with pickled peppers and storage time and temperature

指标	贮藏时间	贮藏温度	pH值	TVB-N值	TBARs值	菌落总数	感官评分
贮藏时间	1	-0.466**	-0.081	0.263*	0.191	0.241*	-0.151
贮藏温度		1	0.335**	0.304**	0.450**	0.423**	-0.526**
pH值			1	0.709**	0.495**	0.538**	-0.595**
TVB-N值				1	0.834**	0.783**	-0.909**
TBARs值					1	0.874**	-0.897**
菌落总数						1	-0.852**
感官评分							1

注:*, 0.05 水平上显著相关; **, 0.01 水平上极显著相关。

由表3可知,从各指标间的相关性可以看出: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,贮藏的时间就越短;贮藏时间与TVB-N值和菌落总数呈显著正相关($P<0.05$),说明随着贮藏时间的延长,TVB-N值和菌落总数不断增大而且变化显著;贮藏时间与pH值、TBARs值及感官品质相关性不显著。

贮藏温度与pH值、TVB-N值、TBARs值和菌落总数呈极显著正相关($P<0.01$),与感官指标呈极显著负相关($P<0.01$),说明贮藏温度越高,品质变化越快,产品也越容易腐败。菌落总数与感官品质呈极显著负相关($P<0.01$),与pH值、TVB-N值和TBARs值呈极显著正相关($P<0.01$),说明菌落总数与产品各贮藏品质的变化有很强的相关性。主要是因为泡椒凤爪采用真空包装时,随着贮藏时间的延长,兼性厌氧性细菌成为主要的优势菌,这部分细菌代谢肉中的营养物质,产生不良气味和其他异味^[16],导致产品的感官品质下降,并伴随着TVB-N值和TBARs值的显著上升。感官与pH值、TVB-N值、TBARs值呈极显著负相关($P<0.01$),TBARs值与pH值、TVB-N值呈极显著正相关($P<0.01$)。

综上所述,各个指标之间的相关性显著,为了更好的判断产品的货架期,就需要综合考虑各个指标对产品腐败程度的影响。

2.5 泡椒凤爪不同贮藏温度条件下货架期预测

通过多元逐步回归分析,筛选出显著影响产品货架期的指标,得到不同贮藏温度下产品的回归方程。经残差修正后10、25、30、37℃各温度条件下筛选的指标及回归方程见表4,并对各温度条件下模型的回归方程做方差分析,结果见表5。方差分析结果均为差异极显著($P<0.01$),说明筛选变量后构建的多元回归方程合理,能很好的对各温度条件下产品的货架期进行预测。

表4 不同贮藏温度条件下泡椒凤爪货架期预测回归方程
Table 4 Prediction equations for the shelf life of vacuum-packed chicken feet with pickled peppers at different storage temperatures

贮藏温度/℃	方程指标	指标系数	R ² 调整	回归方程
10	TVB-N值 X_1	5.570	0.951	$Y=5.570X_1+234.434X_2+6.194X_3-52.737$
	TBARs值 X_2	234.434		
	菌落总数 X_3	6.194		
	常数项 b	-52.737		
25	TVB-N值 X_1	3.337	0.988	$Y=3.337X_1+106.333X_2+9.146X_3-23.511$
	TBARs值 X_2	106.333		
	菌落总数 X_3	9.146		
	常数项 b	-23.511		
30	TVB-N值 X_1	0.662	0.955	$Y=0.823+0.662X_1+4.225X_2$
	菌落总数 X_2	4.225		
	常数项 b	0.823		
	TVB-N值 X_1	0.143		
37	TBARs值 X_2	14.193	0.985	$Y=9.238+0.143X_1+14.193X_2+1.153X_3-2.432X_4$
	菌落总数 X_3	1.153		
	感官评分 X_4	-2.432		
	常数项 b	9.238		

表5 不同贮藏温度条件下回归方程的方差分析
Table 5 Analysis of variance for the regression equations at different storage temperatures

贮藏温度/℃	模型	平方和	自由度	均方	F值	P值
10	回归	14012.205	3	4670.735	124.637	<0.001
	残差	599.595	16	37.475		
	总计	14611.800	19			
25	回归	15481.012	3	5160.337	490.759	<0.001
	残差	157.725	15	10.515		
	总计	15638.737	18			
30	回归	3947.984	2	1973.992	211.479	<0.001
	残差	168.016	18	9.334		
	总计	4116.000	20			
37	回归	1589.760	4	397.440	399.458	<0.001
	残差	20.894	21	0.995		
	总计	1610.654	25			

通过参考相关国标[31]及文献[16]、企业标准，将产品感官可接受度的临界值定为3.0；菌落总数的临界值定为 $1g(8\times 10^4)CFU/g$ ；TVB-N值的临界值定为20mg/100g；TBARs值的临界值定为0.5mg/100g。将上述数据代入回归方程，得到不同贮藏温度条件下产品的预测货架期分别为：10℃条件下约为206(206.249)d；25℃条件下约为141(141.239)d；30℃条件下约为35(34.778)d；37℃条件下约为18(17.552)d。

3 结论

凤爪的感官品质、pH值、TVB-N值、TBARs值、菌落总数在不同贮藏温度和时间条件下变化差异显著；高温(30℃和37℃)贮藏条件下品质变化较常温和低温贮藏迅速。随着贮藏时间的延长，凤爪颜色逐渐变暗无光泽、组织变软无弹性、香味变淡，贮藏后期甚至出现严

重的不良气味和其他异味，并伴有大量的汁液流出；pH值呈先下降后上升的趋势，且上升趋势显著；TVB-N值、菌落总数呈持续上升；TBARs值呈上升趋势，25℃在贮藏后期呈下降的趋势；贮藏期间大肠菌群均小于30MPN/100g，在国标规定的范围内，说明凤爪贮藏过程未受大肠菌群污染。低温有利于泡椒凤爪品质的保持和货架期的延长。

相关性分析表明：贮藏温度与各指标(pH值、TVB-N值、TBARs值、菌落总数和感官指标)均呈极显著相关；菌落总数与感官品质、pH值、TVB-N值和TBARs值也均呈极显著相关。说明贮藏温度和菌落总数与产品各贮藏品质的变化有很强的相关性，贮藏温度和微生物是导致产品劣变的主要因素。

通过多元线性逐步回归分析筛选变量构建不同温度下产品货架期的预测模型。经过残差分析、修正后，得到各温度条件下货架期预测回归方程分别为： $Y_{10℃}=5.570X_1+234.434X_2+6.194X_3-52.737(R^2=0.951)$ ； $Y_{25℃}=3.337X_1+106.333X_2+9.146X_3-23.511(R^2=0.988)$ ； $Y_{30℃}=0.823+0.662X_1+4.225X_2(R^2=0.955)$ ； $Y_{37℃}=9.238+0.143X_1+14.193X_2+1.153X_3-2.432X_4(R^2=0.985)$ 。预测得出真空包装泡椒凤爪10、25、30、37℃贮藏条件下的货架期分别为206、141、35、18d。37℃和30℃预测值与实际贮藏寿命接近。说明回归模型能准确的预测产品的货架期。

参考文献：

[1] 陈祖明, 辛松林, 熊军. 泡椒凤爪加工工艺研究[J]. 四川烹饪高等专科学校学报, 2009(1): 13-14.

[2] 刘鹭, 贺稚非, 宫春波, 等. 乳酸链球菌素在泡凤爪制品保藏应用中的研究[J]. 肉类工业, 2003(3): 13-15.

[3] 孔保华. 肉制品工艺学[M]. 哈尔滨: 黑龙江科学技术出版社, 2001: 152-156.

[4] MATIN-SANCHEZ A M, CHAVES-LOPEZ C, SENDRA E, et al. Lipolysis, proteolysis and sensory characteristics of a Spanish fermented dry-cured meat product (salchichon) with oregano essential oil used as surface mold inhibitor[J]. Meat Science, 2011, 89(1): 35-44.

[5] 邓钢桥, 邹朝晖, 彭玲, 等. 泡椒凤爪微生物污染来源及辐照杀菌效果的研究[J]. 激光生物学报, 2012, 21(3): 210-213.

[6] 朱仁俊, 吕东坡, 石振兴, 等. 泡凤爪配方及加工工艺[J]. 食品研究与开发, 2010, 31(1): 93-95.

[7] 陈佩佩, 季圣阳, 张贤策, 等. 泡椒凤爪常压杀菌技术研究[J]. 肉类工业, 2012(5): 25-27.

[8] 范春梅, 刘学文. 凤爪胶原蛋白凝胶强度的研究[J]. 食品工业, 2012, 33(5): 37-39.

[9] 王二霞, 赵健. 感官评定原理及其在肉质评价中的应用[J]. 肉类研究, 2008(4): 71-74.

[10] 国家标准化管理委员会. GB/T 22210—2008 肉及肉制品感官评定规范[S]. 北京: 中国标准出版社, 2008.

[11] 高美须, 李淑荣, 裴颖, 等. 辐照对泡椒凤爪感官品质的影响[J]. 核农学报, 2010, 24(6): 1203-1207.

[12] SIVERTSVIK M, ROSNES J T, KLEIBERG G H. Effect of modified atmosphere packaging and super chilled storage on the microbial and sensory quality of atlantic salmon (*Salmon salar*) fillets[J]. Food

- Microbiology and Safety, 2003, 68(4): 1467-1472.
- [13] LO F D P, SANTORO P, MACCHIONI P, et al. The effects of dietary supplementation of vitamins C and E on the α -tocopherol content of muscles, liver and kidney, on the stability of lipids, and on certain meat quality parameters of the longissimus dorsi of rabbits[J]. Meat Science, 2004, 67(2): 319-327.
- [14] DU M, NAM K C, HUR S J, et al. Effect of dietary conjugated linoleic acid, irradiation, and packaging cold ions on the quality characteristics of raw broiler breast fillets[J]. Meat Science, 2002, 60: 9-15.
- [15] 国家标准化管理委员会. GB/T 5009.181—2003 猪油中丙二醛的测定[S]. 北京: 中国标准出版社, 2003.
- [16] 董洋, 王虎虎, 徐幸莲. 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[J]. 食品科学, 2012, 33(2): 280-285.
- [17] 宋丽荣, 彭金峰, 王阳, 等. 微冻罗非鱼片贮藏保质期预测研究[J]. 食品与机械, 2010, 26(6): 25-29.
- [18] 国家标准化管理委员会. GB/T 4789.2—2010 食品微生物学检验: 菌落总数测定[S]. 北京: 中国标准出版社, 2010.
- [19] 国家标准化管理委员会. GB/T 4789.3—2010 食品微生物学检验: 大肠杆菌计数[S]. 北京: 中国标准出版社, 2010.
- [20] 胡萍, 周光宏, 徐幸莲, 等. 真空包装烟熏火腿切片贮藏品质动态变化研究[J]. 肉类工业, 2012(7): 17-21.
- [21] 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.
- [22] 孙晓敏, 赵改名, 李苗云, 等. 真空包装冷鲜牛肉中腐败菌与腐败品质相关性分析[J]. 河南农业大学学报, 2012, 46(3): 329-342.
- [23] 李飞燕. 冷却牛肉菌落总数生长模型及货架期预测模型的研究[D]. 泰安: 山东农业大学, 2011.
- [24] 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.
- [25] TALON R, LEROY S. Diversity and safety hazards of bacteria involved in meat fermentations[J]. Meat Science, 2011, 89(3): 303-309.
- [26] GARCIA-GARCIA E, TOTOSAUS A. Low-fat sodium-reduced sausages: effect of the interaction between locust bean gum, potato starch and κ -carrageenan by a mixture design approach[J]. Meat Science, 2008, 78(4): 406-413.
- [27] TIKK K, HAUGEN J, ANDERSEN H J, et al. Monitoring of warmed-over flavor in pork using the electronic nose-correlation to sensory attributes and secondary lipid oxidation products[J]. Meat Science, 2008, 80(4): 1254-1263.
- [28] 李洪军, 黄业传, 贺稚非, 等. 猪肉制品冷藏中感官特性和挥发性物质变化的回归分析[J]. 中国农业科学, 2012, 45(1): 142-152.
- [29] 中国国家标准化管理委员会. GB 16869—2005 鲜、冻禽产品[S]. 北京: 中国标准出版社, 2005.
- [30] 王天佑, 王玉娟, 秦文. 猪肉制品挥发性盐基氮值指标与其感官指标的差异研究[J]. 食品工业科技, 2007, 28(12): 124-126.
- [31] 中国国家标准化管理委员会. GB 2726—2005 熟肉制品卫生标准[S]. 北京: 中国标准出版社, 2005.