黄羽肉鸡冷鲜储存过程中品质变化研究

陈鹏[1,2]，程镜蓉[1]，陈之瑶[1]，方少钦[1]，唐秋实[1]，刘学铭[1]
(1.广东省农业科学院蚕业与农产品加工研究所，农业部功能食品重点实验室，广东省农产品加工重点实验室，广东广州 510610)(2.江西农业大学生物科学与工程学院，江西南昌 330045)

摘要：为探究黄羽肉鸡在冷鲜储存过程中的品质变化，研究了不同储存温度(-1 ℃和 4 ℃)下黄羽肉鸡理化参数和感官品质的变化。结果表明，在-1 ℃和 4 ℃储存过程中，鸡肉 pH 值、水分活度和水分含量的变化是先下降后上升。在-1 ℃条件下，储存第 6 d 挥发性盐基氮(TVB-N)的含量达到 16.34 mg/100 g，变成二级鲜肉；储存第 10 d 达到 22.40 mg/100 g，肉已变质。在 4 ℃条件下，储存第 4d TVB-N 的含量达到 15.94 mg/100 g，变成二级鲜肉；储存第 6 d TVB-N 的含量达到 24.91 mg/100 g，肉已变质。两种储存温度条件下粗脂肪与蛋白质含量均呈下降趋势，硫代巴比妥酸反应物(TBARS)值随氧化程度的加深而不断上升。在鸡肉色泽方面，在两种储存条件下，其亮度(L*)先上升后下降，红度(a*)逐渐下降，而黄度(b*)逐渐上升。说明-1 ℃比 4 ℃储存能更好地保持冷鲜鸡肉品质。根据各参数之间相关性分析和因子分析，确定以 TVB-N、pH、TBARS 值、水分活度、水分含量为主要检测指标，以色泽、蛋白质含量和脂肪含量为参考指标，应用于冷鲜黄羽肉鸡在储存过程中品质的监测。

关键词：黄羽肉鸡；冷鲜储存；品质；TVB-N
文章篇号：1673-9078(2016)3-140-146 DOI: 10.13982/j.mfst.1673-9078.2016.3.023

Changes in the Quality of Yellow Broiler Meat during Chilled Storage

CHEN Peng[1,2], CHENG Jing-rong[1], CHEN Zhi-yao[1], FANG Shao-qin[1], TANG Qiu-shi[1], LIU Xue-ming[1]
(1.Sericultural and Agri-Food Research Institute, Guangdong Academy of Agricultural Sciences; Key Laboratory of Functional Foods, Ministry of Agriculture; Guangdong Key Laboratory of Agricultural Products Processing, Guangzhou 510610,China) (2.College of Bioscience and Bioengineering, Jiangxi Agricultural University, Nanchang 330045,China)

Abstract: Variations in physiochemical indices and sensory quality of yellow broiler meat were investigated under different storage temperatures (-1 ℃ and 4 ℃) to study the changes in meat quality during chilled storage. The results showed that with storage at -1 ℃ and 4 ℃, the pH value, moisture content, and water activity of yellow broiler meat decreased initially, followed by an increase in values. At -1 ℃, the yellow broiler meat deteriorated to second-grade (total volatile basic nitrogen [TVB-N] 16.34 mg/100 g) on day 6 of storage and the sample was spoiled on day 10 (TVB-N 22.4 mg/100 g). At 4 ℃, the yellow broiler meat deteriorated to second-grade (TVB-N 15.94 mg/100 g) on day 4 of storage and was spoiled (TVB-N 24.91 mg/100 g) on day 6. Additionally, fat and protein content of yellow broiler meat showed a downward trend at both these temperatures, whereas thiobarbituric acid-reactive substances (TBARS) showed an upward trend with increasing degree of oxidation. With regard to the color, brightness (L*) increased and then decreased, redness (a*) decreased throughout, while yellowness (b*) gradually increased. The above results indicate that the quality of yellow broiler meat stored at -1 ℃ was better maintained than that stored at 4 ℃. Based on results of correlation analysis and factor analysis, TVB-N, pH, TBARS, water activity, and moisture content were determined as the main indices, whereas color, protein content, and fat content were determined as reference indices for quality inspection of chilled yellow broiler meat during storage.

Key words: yellow broiler; chilled storage; quality; total volatile basic nitrogen

鸡肉具有脂肪、胆固醇含量低，蛋白质含量高和易消化等优点[1]，倍受广大消费者的喜爱。目前，欧美及日本等发达国家对高脂肪、高胆固醇含量的红肉消费加以节制，换之以高蛋白、低脂肪、低胆固醇含量的白肉消费（主要是鸡肉）。我国鸡肉的消费量也在逐年上升，在肉类消费结构中禽肉所占的比重从1982 年的 5%持续上升到 2007 年的 13.11%[2]。据 FAO 统计结果显示，2013 中国鸡肉总产量更是达到 1337.18 万吨，占世界总产量的 13.91%。

黄羽肉鸡是我国优质鸡品种之一，因具有黄喙、黄羽、黄蹠的三黄特征，又称为三黄鸡，是一类极具中

收稿日期：2015-05-25
基金项目：广州市产学研协同创新重大专项（201508020019）；广东省促进科技服务业发展计划项目（2013B040400009）
作者简介：陈鹏（1990-），男，硕士研究生，研究方向为生物工程
通讯作者：刘学铭（1967-），男，博士，研究员，研究方向为农产品加工

国特色的肉鸡，有着悠久的饲养历史。黄羽肉鸡具有肉质细滑、鸡香浓郁、风味独特等特点，倍受海内外食客的青睐。随着传统白羽肉鸡市场的需求逐渐饱和，肉质鲜美、适合国人烹调习惯的黄羽肉鸡正从南到北呈快速增长趋势。目前黄羽肉鸡的消费方式还是以传统的活鸡为主，生鲜和深加工产品市场占有率低，这对整个行业的发展、动物疫情的防治、产品流通和食品安全带来不利影响。由于近年来禽流感的频发，各级政府正积极推进冷鲜家禽的销售方式。冷鲜家禽由于经过了冷却排酸过程，产生了次黄嘌呤等物质，能有效提高鸡肉嫩度和香味；此外冷却排酸过程还可以除去肌肉中所含的酸性物质和体液中的激素类物质，提高鸡肉的安全性和卫生性[3]。

黄羽肉鸡屠宰成为光鲜鸡后，受其自身酶和潜在的污染微生物的共同作用，极易在储运过程中容易出现肉质弹性降低、失去光泽、保水性下降、风味劣变、微生物超标等现象。在肉类储运过程中，为了保证其安全性，常采用冷冻方式，但肉的风味和口感等品质劣变严重。人们已经发现，肉在非结冰的较低温条件下储运，尽管其保质期缩短，但在一定时期内能够更好地保持风味和质构特性。冷鲜黄羽肉鸡目前还处于发展初期，目前关于其在冷鲜储运过程中发生的品质变化尚未见系统报道。本课题通过观察黄羽肉鸡冷鲜储存过程中各品质指标的变化，分析各主要指标间的关系，构建黄羽肉鸡品质监测综合评价体系。以往，肉类的冷鲜保存的温度为 0 ℃~4 ℃，但近年来有研究表明肉在-1 ℃条件下组织中水分呈微结晶状态，即不严重影响肉的质构特性，又能更好地抑制微生物生长繁殖[4]。故本实验比较黄羽肉鸡在-1 ℃和 4 ℃条件下储存所发生的品质变化，为冷鲜黄羽肉鸡产业发展提供技术支撑。

1 材料与方法

1.1 材料、试剂与仪器

材料：光鲜黄羽肉鸡购于广州市江丰实业股份有限公司。

试剂：碘化汞、碘化钾、氢氧化钠、硫酸铵、三氯乙酸、乙二胺四乙酸二钠、2-硫代巴比妥酸（TBA）、石油醚（30~60 ℃沸点）、盐酸、浓硫酸、溴甲酚绿、甲基红、乙醇，均为分析纯。

仪器：超净工作台（SW-CJ-2D型），苏州净化设备有限公司；pH计（PB-10型），广州市深华生物技术有限公司；电热鼓风干燥箱，上海一横科学仪器有限公司；分析天平（ALC-210.4型），德国赛多利斯爱科勒公司；水分活度仪（CH-8863型），瑞士Novasina公司；紫外可见分光光度计（UV-1800型），日本岛津公司；全自动凯氏定氮仪（K8400型），瑞典FOSS ANALYTICAAB公司；脂肪测定仪（SOX416型），德国Gerhardt公司；UItraScan VIS色度仪，美国Hunter Lab公司；高速离心机（TG16-WS型），湖南湘仪实验室仪器开发公司。

1.2 方法

1.2.1 pH 值的测定

参考GB/T 9695.5-2008《肉与肉制品pH测定》方法，用pH计测定pH值。

1.2.2 水分含量的测定

参考GB/T 9695.15-2008《肉与肉制品水分含量测定》中直接干燥法方法，于103 ℃±2 ℃烘箱内烘干至恒重，测其质量损失。

1.2.3 水分活度的测定

准确称取5 g鸡胸肉，置于50 mL烧杯中剪碎，置于水分活度测定仪的样品盒内，然后放入仪器中测定，待数据稳定并发出提示音时，记录数据。

1.2.4 挥发性盐基氮（TVB-N）的测定

采用分光光度法测定[5]，根据挥发性盐基氮可以与纳氏试剂在碱性条件下生成棕黄色化合物，其色度与氨含量在线性范围内成正比，与标准比较进行定量。称取10.00 g样品剪碎，置于三角瓶中，加水至刻度100 ml，震荡30 min后过滤，准确吸取1 mL滤液于25 mL比色管中，再加入2 mL纳氏试剂，加水至25 mL刻度，混匀放置10 min，以水为参比，于420 nm波长处测量吸光度，再利用标准曲线和以下公式进行计算。

$$X=\frac{(C-C_0)\times10^{-3}}{m\times1/10\times V/25}\times100$$

注：X-样品中挥发性盐基氮的含量，mg/100 g；C-样品测定液中挥发性盐基氮的含量，μg/mL；C_0-空白测定液中挥发性盐基氮的含量，μg/mL；m-样品质量，g；V-测定用样品液体积，mL。

1.2.5 硫代巴比妥酸反应物值（TBARS）的测定

参考朱志远等测定发酵香肠中TBARS的方法[6]，称取10.00 g样品剪碎，置于100 mL三角瓶中，加入50 mL 7.5%三氯乙酸（含1% EDTA），不断振摇30 min，双层滤纸过滤两次，移取上清液5mL于10mL离心管中，加入5 mL TBA溶液（0.02 mol/L）摇匀，90 ℃水浴保温40 min取出，冷却1 h后于1600 r/min条件下离心5 min，移取8 mL上清液于试管中，再加入5 mL氯仿摇匀，静置分层后取上层溶液分别于532 nm和600 nm

处测定吸光度，并按以下公式进行计算。

$$TBARS(mg/kg)=(A_{532}-A_{600})/155\times\frac{1}{10}\times72.6\times1000$$

1.2.6 色度的测定

将样品取出放入平皿中，在空气中暴露30 min，利用色度仪进行测定。记录L*值、a*值和b*值。

1.2.7 粗脂肪含量的测定

准确称取备用样品2.00 g，置于105 ℃烘箱中烘30 min，倒入研钵中充分磨碎后，转入滤纸筒内，用脱脂棉塞入上部压住试样。将滤纸筒放入抽提筒内，倒入石油醚，于脂肪测定仪上进行抽提。抽提结束后将抽提筒转入烘箱烘至恒重，计算结果。

1.2.8 蛋白质含量的测定

准确称取0.50 g样品，420 ℃消化3 h，消化结束后，冷却15~20 min，于全自动凯氏定氮仪上，进行自动蒸馏、滴定、计算并打印结果。

1.3 分析方法

通过Microsoft Excel进行数据处理，Origin9.0软件作图，采用SPSS17.0统计分析软件进行显著性分析。

2 结果与分析

2.1 黄羽肉鸡在冷藏过程中 pH 值的变化

pH值是评判肉制品品质的重要指标，它可以直接影响到肉的风味，判断新鲜肉的变化情况。

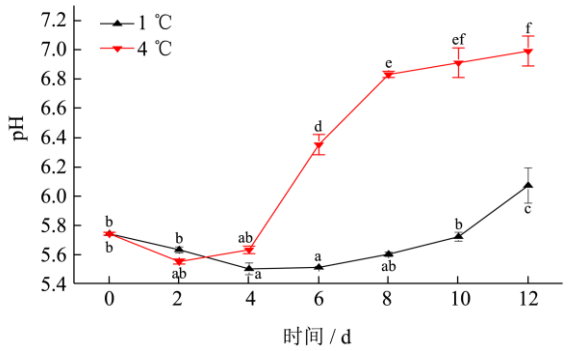


图 1 冷鲜黄羽肉鸡鸡肉储存过程中 pH 值的变化

Fig.1 Changes in the pH value of yellow broiler meat during chilled storage

注：图中不同字母表示差异显著（$p<0.05$），下同。

由图1看出，在两种冷藏温度条件下，黄羽肉鸡鸡肉pH变化均是先下降后上升。在贮藏初期（0~4 d），两种冷藏温度条件下鸡肉的pH值没有显著性差异（$p>0.05$）；贮藏后期，两者pH值差异性显著（$p<0.05$）。如图中所示，在-1 ℃条件下保存的鸡肉第4 d后pH开始缓慢上升，第10~12 d，pH呈现大幅度上升（P<0.05）；而在4 ℃条件保存的鸡肉第2 d后就开始上升，且第4 d~8 d急剧上升（$p<0.05$），后缓慢上升。活鸡被宰杀后，血液循环和呼吸都已停止，此时细胞在酶的作用下进行无氧酵解，产生乳酸并积累，导致pH下降[7]。随着储存时间的延长，肉质进一步成熟，一方面肉中的微生物开始大量繁殖，它们将乳酸分解成二氧化碳、酒精和水，从而使pH上升；另一方面有些微生物直接利用蛋白质进行生长，将蛋白质分解为氨基酸、生物胺和氨等碱性含氮化合物，使pH逐渐上升，此外，某些微生物可在碳水化合物消耗殆尽后，转而开始以蛋白质作为能源进行生长，产生碱性含氮化合物，使pH上升[8]。由此可知，在-1 ℃条件下保存的鸡肉pH较在4 ℃保存的鸡肉的pH稳定。

2.2 黄羽肉鸡在冷藏过程中水分含量和水分活度的变化

肉的稳定性与水分活度之间有着紧密的联系，任何微生物进行生长繁殖以及多数生化反应都需要以水作为溶剂或介质，每种微生物所需的最适水分活度（a_w）范围不同，a_w的数值在0~1之间。水分含量与水分活度之间的关系是复杂的，水分活度的增加和水分含量的增加几乎是伴随的，但是这个关系是非线性的。

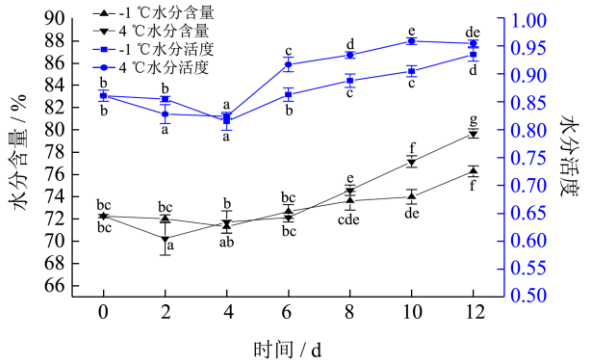


图 2 冷鲜黄羽肉鸡鸡肉储存过程中水分含量和水分活度的变化

Fig.2 Changes in the moisture content and a_w of yellow broiler meat during chilled storage

由图2可以看出，两组之间的水分含量在0 d、4 d、6 d、8 d没有显著性差异（$p>0.05$），而2 d、10 d、12 d两组之间的数据呈显著性差异（$p<0.05$）。两组之间的水分活度在0 d、4 d、12 d没有显著性差异（$p>0.05$），在2 d、6 d、8 d、10 d两组之间的数据呈显著性差异（$p<0.05$）。-1 ℃与4 ℃条件下水分活度始终处于较高的水平，水分活度的增加和水分含量的增加几乎是伴随的。两种条件下水分活度和水分含量呈现先下降后升高的趋势。这主要是由于鸡肉处于僵直状态，保水能

力差，在样品的前处理过程部分自由水流失，随后僵直状态解除，鸡肉保水能力得以恢复，导致水分含量和水分活度上升。

2.3 黄羽肉鸡在冷藏过程中挥发性盐基氮（TVB-N）的变化

TVB-N是判定冷鲜肉腐败程度的重要指标。它反映了肉制品中由于微生物和内源性酶的作用，分解蛋白质和非蛋白质产生腐败性物质的情况，如挥发性氨和三甲胺等[9]。

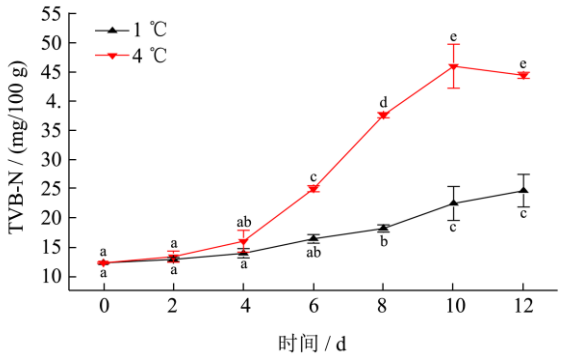


图 3 冷鲜黄羽肉鸡鸡肉储存过程中 TVB-N 的变化

Fig.3 Changes in the TVB-N of yellow broiler meat during chilled storage

由图3看出，在储存前期（0~4 d）两组数据无显著性差异（p >0.05），随后两组的TVB-N值的差异性显著增强（p <0.05）。《中华人民共和国卫生部食品检查方法理化部分》指出肉及肉制品中TVB-N的标准：一级鲜肉≤15 mg/100 g；二级鲜肉≤20 mg/100 g；变质肉>20 mg/100 g。4 ℃条件下储存，黄羽肉鸡鸡肉在第4 d时，TVB-N的含量达到15.94 mg/100 g，变成二级鲜肉，约到第6 d开始变质（TVB-N的含量达到24.91 mg/100 g）；-1 ℃条件下的样品在第6 d TVB-N的含量达到16.34 mg/100 g，变成二级鲜肉，保存约10 d后成为变质肉（TVB-N的含量达到22.40 mg/100 g）。TVB-N的变化可能与一磷酸腺苷和脱氨基作用释放出氨态氮有关，而二甲胺和三甲胺产生的量不大，所以前期TVB-N上升缓慢，而后期微生物活动加强，大量的氨基酸被微生物分解，脱氨基作用加剧，导致TNB-N迅速增加[10]。对于黄羽肉鸡的储存，4 ℃条件下最多可保存6天，-1 ℃条件下最多可储存10 d。

2.4 黄羽肉鸡在冷藏过程中脂肪含量和硫代巴比妥酸反应物（TBARS）值的变化

鸡肉相较于其它动物肉类，脂肪含量较低，不饱和脂肪酸丰富，极易氧化[11]。TBARS值是指肉质中不饱和脂肪酸氧化分解如丙二醛等衍生物与硫代巴比妥酸（TBA）反应的结果。它的高低表明脂肪二级氧化产物即最终生成物的多少，随着氧化程度的不断加深，次级产物不断积累，TBARS值也不断上升[12]。

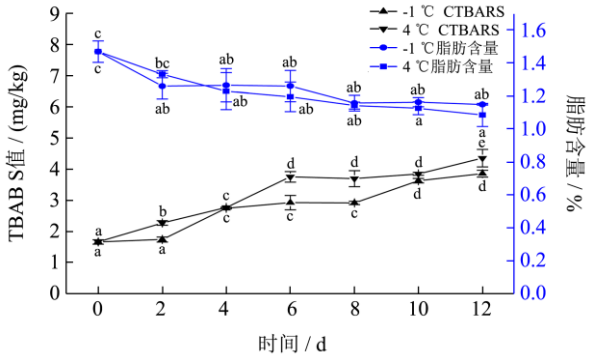


图 4 冷鲜黄羽肉鸡鸡肉储存过程中脂肪含量和 TBARS 的变化

Fig.4 Changes in the fat content and TBARS of yellow broiler meat during chilled storage

从图4中可得出，黄羽肉鸡鸡胸肉的脂肪含量很低，初始值为1.47%，远低于普通鸡肉（平均脂肪含量7.8%[1]），是一种十分健康的肉食。

两种条件下的脂肪含量之间无显著性差异（p >0.05），但总体呈下降趋势，由于脂肪被氧化，生成脂肪酸，导致脂肪含量的下降。在0 d、4 d、10 d两组TBARS值之间无显著性差异（p >0.05），2 d、6 d、8 d、12 d两组TBARS值之间具有显著性差异（p <0.05）。动物性油脂中不饱和脂肪酸氧化分解会产生一些衍生物如丙二醛等，随着氧化程度的加深它们不断积累并与TBA反应，TBARS值不断上升（图4），出现油脂腐败的异味。

2.5 黄羽肉鸡在冷藏过程中蛋白质含量的变化

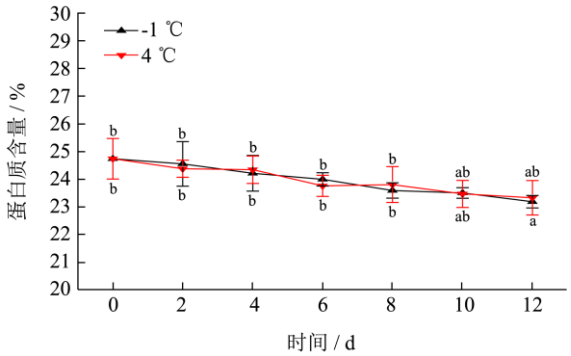


图 5 冷鲜黄羽肉鸡储存过程中蛋白质含量的变化

Fig.5 Changes in the protein content of yellow broiler meat during chilled storage

鸡肉的蛋白质含量较高，普通鸡肉的平均蛋白质含量为19.05%，在储存过程中会成为微生物的营养物质，从而被利用分解。

从图5中可以得出，两种保存条件下蛋白质含量之间无显著性差异（p >0.05），黄羽肉鸡鸡胸肉的蛋白质含量为24.744%，高于普通鸡肉。在不同储存温度下，鸡肉蛋白质含量均呈下降趋势，在第8~12 d 4 ℃储存的鸡肉蛋白质含量较-1 ℃条件下高，可能是因为第6 d以后肉开始变质，微生物开始大量繁殖，菌体蛋白误差所致。

2.6 黄羽肉鸡在储存过程中色泽的变化

消费者对肉及肉制品的评价主要从色、香、味和嫩度等几个方面，其中色泽是最直觉最先导的感受印象，直接影响着消费者的选择与否。

表 1 冷鲜黄羽肉鸡鸡肉储存过程中色泽的变化

Table 1 Changes in the color of yellow broiler during chilled storage

时间	L*		a*		b*	
/d	-1/℃	4/℃	-1/℃	4/℃	-1/℃	4/℃
0	52.09±0.48^{ab}	52.09±0.48^{ab}	4.81±0.22^{f}	4.81±0.22^{f}	31.02±0.36^{a}	31.02±0.36^{a}
2	52.81±0.18^{b}	52.35±1.16^{ab}	4.40±0.35^{f}	4.22±0.23^{ef}	32.51±6.34^{ab}	32.93±0.45^{abc}
4	58.47±3.68^{e}	56.99±0.73^{d}	3.73±0.37^{de}	3.47±0.55^{bcd}	31.15±1.00^{a}	33.03±5.62^{abc}
6	56.54±0.34^{d}	55.83±0.99^{cd}	3.54±0.19^{cd}	3.22±0.44^{abcd}	33.61±2.02^{bcd}	34.88±2.19^{cd}
8	55.77±0.28^{cd}	55.23±0.72^{cd}	3.64±0.12^{de}	2.74±0.38^{ab}	34.24±3.65^{bcd}	35.52±0.52^{d}
10	55.27±0.57^{cd}	47.83±0.25^{ab}	3.10±0.13^{abcd}	2.78±0.30^{abc}	34.98±0.63^{cd}	35.91±1.06^{d}
12	54.36±0.61^{c}	47.14±0.18^{a}	2.83±0.07^{abc}	2.64±0.31^{a}	35.58±0.64^{d}	36.11±0.30^{d}

注：表中同列数据后的不同上标字母表示差异显著（p < 0.05）。

从表1可以看出，10~12 d两组L*之间呈显著性差异（p <0.05）。不同的保存条件下黄羽肉鸡鸡胸肉的亮度（L*）变化趋势均是先上升后下降。贮藏初期，L*值升高，鸡肉处于僵直阶段，保水性下降，肌肉内部水分渗出，使肉样表面自由水增多，这些外渗水导致肉样对光的反射能力增强，从而使亮度（L*）升高[13]。随着解僵、成熟过程的进行，鸡肉中肌红蛋白周围失水，与氧气充分接触，被氧化为高铁肌红蛋白；贮藏后期微生物的大量繁殖，也促进了高铁肌红蛋白的生产，由于高铁肌红蛋白呈褐色，反而是亮度（L*）下降。此外，后期由于pH升高，pH高于肉的肌原纤维蛋白的等电点，水分子与肌原纤维紧密结合，从而使更多的光被肌肉吸收，使亮度（L*）下降[14]。

不同时间两组a*值之间无显著性差异（p >0.05）。两组的红度（a*值）的变化趋势是下降。随着储存时间的延长，肌红蛋白与氧接触时间不断延长，肌红蛋白不断被氧化形成高铁肌红蛋白；后期pH的不断上升，不利于氧合肌红蛋白（呈鲜红色）的形成；微生物的大量繁殖促进了高铁肌红蛋白的形成，最终是a*下降。

不同时间两组b*值之间无显著性差异（p >0.05）。两组黄度（b*值）的变化趋势是上升。它的变化与a*相反，因为高铁肌红蛋白含量的增加，使b*值不断升高。

2.7 黄羽肉鸡在储存过程中对各参数进行相关性分析和因子分析

对-1 ℃和4 ℃储存条件下各指标之间进行相关性分析，结果如表3和表4。

从表2可得出以下结论：（1）除L*只与pH、TBARS显著性相关（0.05水平），其余参数之间大都显著性相关。（2）主要参数除pH与TBARS之间无显著相关性外，TVB-N、pH、TBARS、水分活度、水分含量相互之间 在0.01水平上显著正相关。（3）主要参数TVB-N、TBARS、水分活度、水分含量都与总脂肪、总蛋白在0.01水平上显著负相关。pH与总脂肪、总蛋白没有显著相关性。（4）a*、b*、L*相互之间只有a*和b*在0.01水平上显著负相关。a*与pH之间无显著相关性，与其他主要指标在0.01水平上显著负相关，b*与PH在0.05水平上显著正相关，其他主要指标在0.01水平上显著正相关。

从表3可得出以下结论：（1）除L*不与任何指标显著性相关外，其余参数之间大都显著性相关。（2）主要参数TVB-N、pH、TBARS、水分活度、水分含量相互之间在0.01水平上显著正相关。（3）主要参数都与总脂肪、总蛋白在0.01水平上显著负相关。（4）a*、b*、L*相互之间只有a*和b*在0.01水平上显著负

相关。a*与各主要指标在在0.01水平上显著负相关，b*与各主要指标在在0.01水平上显著正相关。

表 2 冷鲜黄羽肉鸡-1℃下中各品质指标的 Pearson 相关系数

Table 2 Pearson correlation coefficients of different indices of chilled yellow broiler meat at -1℃

	TVB-N	pH	水分含量	a_w	总脂肪	总蛋白	TBARS	a*	b*	L*
TVB-N	1.00	0.59**	0.84**	0.82**	-0.65**	-0.71**	0.88**	-0.85**	0.80**	0.12
pH	0.59**	1.00	0.82**	0.76**	-0.17	-0.41	0.41	-0.38	0.50*	-0.46*
水分含量	0.84**	0.82**	1.00	0.90**	-0.52*	-0.68**	0.72**	-0.68**	0.77**	-0.16
a_w	0.82**	0.76**	0.90**	1.00	-0.46*	-0.50*	0.63**	-0.56**	0.77**	-0.27
总脂肪	-0.65**	-0.17	-0.52*	-0.46*	1.00	0.54*	-0.69**	0.70**	-0.67**	-0.35
总蛋白	-0.71**	-0.41	-0.68**	-0.50*	0.54*	1.00	-0.74**	0.74**	-0.73**	-0.20
TBARS	0.88**	0.41	0.72**	0.63**	-0.69**	-0.74**	1.00	-0.95**	0.75**	0.46*
a*	-0.85**	-0.38	-0.68**	-0.56**	0.70**	0.74**	-0.95**	1.00	-0.74**	-0.42
b*	0.80**	0.50*	0.77**	0.77**	-0.67**	-0.73**	0.75**	-0.74**	1.00	0.05
L*	0.12	-0.46*	-0.16	-0.27	-0.35	-0.20	0.46*	-0.42	0.05	1.00

注：**，在0.01水平（双侧）上显著相关。*，在0.05水平（双侧）上显著相关，下同。

表 3 冷鲜黄羽肉鸡 4 ℃下中各品质指标的 Pearson 相关系数

Table 3 Pearson correlation coefficients of different indices of chilled yellow broiler meat at 4 ℃

	TVB-N	pH	水分含量	a_w	总脂肪	总蛋白	TBARS	a*	b*	L*
TVB-N	1	0.97**	0.88**	0.95**	-0.78**	-0.71**	0.88**	-0.84**	0.86**	-0.27
pH	0.97**	1	0.86**	0.97**	-0.74**	-0.71**	0.87**	-0.78**	0.85**	-0.23
水分含量	0.88**	0.86**	1	0.85**	-0.65**	-0.76**	0.74**	-0.64**	0.71**	-0.42
a_w	0.95**	0.97**	0.85**	1	-0.68**	-0.64**	0.80**	-0.71**	0.77**	-0.34
总脂肪	-0.78**	-0.74**	-0.65**	-0.68**	1	0.54*	-0.90**	0.78**	-0.91**	-0.09
总蛋白	-0.71**	-0.71**	-0.76**	-0.640*	0.54*	1	-0.74**	0.67**	-0.58**	0.32
TBARS	0.88**	0.87**	0.74**	0.80**	-0.90**	-0.74**	1	-0.88**	0.91**	0.01
a*	-0.84**	-0.78**	-0.64**	-0.71**	0.78**	0.67**	-0.89**	1	-0.78**	-0.13
b*	0.86**	0.85**	0.71**	0.77**	-0.91**	-0.58**	0.91**	-0.78**	1	-0.04
L*	-0.27	-0.23	-0.42	-0.34	-0.09	0.32	0.01	-0.13	-0.04	1

通过对TVB-N、pH等10个指标在-1 ℃和4 ℃储存条件下的数据进行因子分析，结果如表4。

表 4 不同贮藏温度下冷鲜黄羽肉鸡各指标的因子分析结果

Table 4 Factor analysis of different indices of chilled yellow broiler meat at different storage temperatures

温度/℃	主成分数量	特征值	总方差的百分比/%	累计特征值	累计百分比/%
-1℃	1	7.27	72.69	7.27	72.69
	2	2.12	21.17	9.39	93.86
4℃	1	8.12	81.17	8.12	81.17
	2	1.40	14.00	9.52	95.17

由表4特征值可得出，在-1 ℃条件下，通过因子分析从10个指标提取出2个主成分为：Y_1（因子）=0.36*Z（TVB-N）+0.23*Z（pH）+0.32*Z（水分含量）+0.35*Z（水活活度）+0.35*Z（TBARS）-0.34*Z（a^*）+0.33*Z（b^*）+0.06*Z（L^*）-0.31*Z（总蛋白）-0.36*Z（总脂肪）。Y_2（因子）=0.02*Z（TVB-N）+0.47*Z（pH）+0.24*Z（水分含量）+0.32*Z（水活活度）-0.21*Z（TBARS）+0.24*Z（a^*）+0.04Z（b^*）-0.66*Z（L^*）+026*Z（总蛋白）+0.12*Z（总脂肪）。

从 Y_1、Y2 表达式可以看出，第一主成分上 TVB-N、水分活度和 TBARS 有较高载荷，第二主成分上 pH 有较高载荷，所以在-1 ℃条件下可以将 TVBN、水分活度、TBARS 和 pH 作为主要指标。

在4 ℃条件下，通过因子分析从10个指标提取出2个主成分为：Y_1（因子）=0.34*Z（TVB-N）+0.35*Z（pH）+0.32*Z（水分含量）+0.32*Z（水活活度）+0.34*Z（TBARS）-0.34*Z（a^*）+0.32*Z（b^*）-0.06*Z（L^*）-0.33*Z（总蛋白）-0.34*Z（总脂肪）。Y_2（因子）=0.12*Z（TVB-N）+0.11*Z（pH）+0.33*Z（水分含量）+0.17*Z（水活活度）-0.16*Z（TBARS）+0.27*Z（a^*）-0.13*Z（b^*）-0.81*Z（L^*）+025*Z（总蛋白）+0.02*Z（总脂肪）。

从Y_1、Y2表达式可以看出，第一主成分上TVB-N、

pH和TBARS有较高载荷，第二主成分上水分含量有较高载荷，所以在4 ℃条件下可以将TVBN、TBARS、pH和水分含量作为主要指标。

综上所述，在这10各指标中可以以TVB-N、pH、TBARS、水分活度、水分含量为主要检测指标，以色泽、蛋白质含量和脂肪含量为参考指标为参考指标。

3 结论

本研究构建了肉鸡的冷鲜储存过程中品质的监测体系，该体系以TVB-N、pH、TBARS、水分活度、水分含量为主要检测指标，以色泽、蛋白质含量和脂肪含量为参考指标为参考指标。研究中发现，4 ℃条件下，黄羽肉鸡约在第4 d成为二级鲜肉（TVB-N的含量达到15.94 mg/100 g），6 d后开始变质TVB-N的含量为（24.91 mg/100 g）；-1 ℃条件下储存，黄羽肉鸡变为二级鲜肉的时间可延长至第6 d（TVB-N的含量达到16.34 mg/100 g），开始变质时间延长至第10 d（TVB-N的含量达到22.40 mg/100 g）；此外-1 ℃条件下各指标的变化趋势较缓慢，货架期长于4 ℃条件。所以-1 ℃条件对于冷鲜黄羽肉鸡鸡肉的保存更为适宜。

参考文献

[1] 杨佳艺.冷鲜兔肉贮藏中微生物与理化性质的变化及其相关性研究[D].西南大学,2012
YANG Jia-yi. The Change of microorganism and physicochemcial characteristics in chilledrabbit meat during storage and their relationships [D]. Southwest University; 2012

[2] 徐幸莲,王虎虎.我国肉鸡加工业科技现状及发展趋势分析[J].食品科学,2010,31(7):1-5
XU Xing-lian, WANG Hu-hu. Analysis on technological status and trend of chicken processing industry in China [J]. Food Science, 2010, 31(7): 1-5

[3] 许泉法.冰鲜禽品质优于活禽,发展禽产品深加工是一项系统工程[J].中国禽业导刊,2004,(14):16
XU Quan-fa. Chilled poultry quality is better than live poultry, and further-process of poultry products is a systematic project [J]. Guid to Chinese Poultry, 2004, (14): 16

[4] Farouk MM, Kemp RM, Cartwright S, et al. The initial freezing point temperature of beef rises with the rise in pH: A short communication [J]. Meat Science, 2013, 94(1): 121-124

[5] 张坤,彭科怀,杜洪凤.分光光度法测定肉与肉制品中挥发性盐基氮[J].预防医学情报杂志.2009,1:78-80
ZHANG Kun, PENG Ke-huai, Du Hong-feng. Spectrophotometric method to determine volatile basic nitrogenin meat and meat products [J]. Journal of Preventive Medicine Information. 2009, 1: 78-80

[6] 朱志远,卢士玲,周光宏, 等.发酵剂对发酵香肠微生物和理化品质的影响[J].江苏农业学报,2009,4:890-893
ZHU Zhi-yan, LU Shi-ling, ZHOU Guang-hong, et al. Effects of different starter cultures on the microorganism population and physico-chemical properties of fermented sausages [J]. Jiangsu Journal of Agricultural Science, 2009, 4: 890-893

[7] Tsigarida E, Nychas GJ. Ecophysiological attributes of a *Lactobacillus* sp. and a *Pseudomonas* sp. on sterile beef fillets in relation to storage temperature and film permeability [J]. Journal of Applied Microbiology, 2001, 90(5): 696-705

[8] Nychas G-JE, Skandamis PN, Tassou CC, Koutsoumanis KP. Meat spoilage during distribution [J]. Meat Science, 2008, 78(1-2): 77-89

[9] Ruiz-Capillas C, Moral A. Sensory and biochemical aspects of quality of whole bigeye tuna (*Thunnus obesus*) during bulk storage in controlled atmospheres [J]. Food Chemistry, 2005, 89(3): 347-354

[10] 胡亚芹,胡庆兰,杨水兵, 等.不同冻结方式对带鱼品质影响的研究[J].现代食品科技.2014,2:23-30
HU Ya-qin, HU Qing-lan, YANG Shui-bing, et al. Effects of different freezing methods on the quality of trichiurus haumela [J]. Modern Food Science and Technology, 2014, 2: 23-30

[11] Botsoglou NA, Christaki E, Fletouris DJ, et al. The effect of dietary oregano essential oil on lipid oxidation in raw and cooked chicken during refrigerated storage [J]. Meat Science, 2002, 62(2): 259-265

[12] 霍晓娜,李兴民,南庆贤, 等.不同包装形式和复合天然抗氧化剂对猪肉脂肪氧化的影响[J].食品科学, 2006, 7:240-244
HUO Xiao-na, LI Xing-ming, NAN Qing-xan, et al. Study on lipid oxidative-controlling and preserving effects of natural antioxidants on chilled meat [J]. Food Science, 2006, 7: 240-244

[13] Wulf D, Wise J. Measuring muscle color on beef carcasses using the L* a* b* color space [J]. Journal of Animal Science. 1999, 77(9): 2418-2427

[14] Allen C, Russell S, Fletcher D. The relationship of broiler breast meat color and pH to shelf-life and odor development [J]. Poultry Science. 1997, 76(7): 1042-1046