



# 北京油鸡肉4℃贮藏过程中的品质及风味变化

陈静茹<sup>1</sup>, 王 梁<sup>2</sup>, 吕学泽<sup>2</sup>, 刘 雪<sup>3</sup>, 李兴民<sup>1,\*</sup>

(1. 中国农业大学食品科学与营养工程学院, 北京 100083; 2. 北京市畜牧总站, 北京 100101;  
3. 中国农业大学信息与电气工程学院, 北京 100083)

**摘 要:** 北京油鸡是我国珍贵地方品种, 为了解其鸡胸肉在4℃真空包装冷藏过程中的风味及品质变化规律, 测定其在贮藏过程中的挥发性盐基氮含量、菌落总数、感官评分、硫代巴比妥酸反应物值、总脂肪酸、肌苷酸及其他三磷酸腺苷代谢物含量的变化, 并利用电子鼻技术测定其在贮藏过程中的挥发性风味整体变化, 与感官评分建立回归方程。结果表明: 综合各项理化、微生物及感官指标, 真空包装北京油鸡鸡胸肉在4℃冷藏过程中的贮藏期为6 d; 脂肪氧化、不饱和脂肪酸和鲜味核苷酸的含量影响其贮藏过程中风味的劣变, 并且利用电子鼻检测技术可以有效预测其品质变化。

**关键词:** 北京油鸡; 贮藏品质; 风味; 电子鼻

## Changes in Quality and Flavor of Beijing-You Chicken Meat during Storage at 4℃

CHEN Jingru<sup>1</sup>, WANG Liang<sup>2</sup>, LÜ Xueze<sup>2</sup>, LIU Xue<sup>3</sup>, LI Xingmin<sup>1,\*</sup>

(1. College of Food Science and Nutritional Engineering, China Agricultural University, Beijing 100083, China;  
2. Animal Husbandry Station of Beijing, Beijing 100101, China;  
3. College of Information and Electrical Engineering, China Agricultural University, Beijing 100083, China)

**Abstract:** Beijing-You chicken is a rare indigenous breed in China. In order to analyze the variations in the quality and flavor of vacuum packaged breast meat from Beijing-You chicken during storage at 4℃, total volatile basic nitrogen content, total viable count, sensory evaluation, thiobarbituric acid reactive substances value, total fatty acid content and the contents of inosine monophosphate (IMP) and other adenosine triphosphate metabolites were measured. An electronic nose was used to determine the overall changes in volatile flavors during storage, and a regression equation between the obtained data and sensory scores was established. Taking into account all the physicochemical, microbial and sensory indicators, the shelf life of Beijing-You chicken meat was 6 days. Meanwhile, lipid oxidation and the contents of unsaturated fatty acids, IMP and guanosine monophosphate affected flavor deterioration in Beijing-You chicken meat during storage. Variations in its quality and flavor could be effectively predicted by using electronic nose.

**Keywords:** Beijing-You chicken; storage quality; flavor; electronic nose

DOI:10.7506/rlyj1001-8123-201808001

中图分类号: TS251.5

文献标志码: A

文章编号: 1001-8123 (2018) 08-0001-06

引文格式:

陈静茹, 王梁, 吕学泽, 等. 北京油鸡肉4℃贮藏过程中的品质及风味变化[J]. 肉类研究, 2018, 32(8): 1-6. DOI:10.7506/rlyj1001-8123-201808001. <http://www.rlyj.pub>

CHEN Jingru, WANG Liang, LÜ Xueze, et al. Changes in quality and flavor of Beijing-You chicken meat during storage at 4℃[J]. Meat Research, 2018, 32(8): 1-6. DOI:10.7506/rlyj1001-8123-201808001. <http://www.rlyj.pub>

北京油鸡又被誉为“中华宫廷鸡”, 其外形独特, 肉味鲜美, 是我国著名的优质地方鸡种, 是目前国家少数保活禽种之一<sup>[1]</sup>。许多学者已经对北京油鸡进行了相关研究, 例如: 罗桂芬等<sup>[2]</sup>以北京油鸡为实验材料, 进

行分子遗传标记及表达调控研究, 同时开展北京油鸡在不同日粮代谢能水平、不同VE添加水平下肌内脂肪(intramuscular fat, IMF)相关基因表达量差异的研究; Fu Dezhi等<sup>[3]</sup>研究不同饲养条件对24~40周龄北京油鸡的

收稿日期: 2018-03-29

基金项目: 北京市家禽产业创新团队项目(BAIC04-2018)

第一作者简介: 陈静茹(1994—), 女, 硕士研究生, 研究方向为农产品加工及贮藏。E-mail: chenjingru@cau.edu.cn

\*通信作者简介: 李兴民(1964—), 男, 副教授, 硕士, 研究方向为农产品加工及贮藏。E-mail: lixingmin@cau.edu.cn

屠宰性能和肉质的影响; Zhao等<sup>[4]</sup>研究120日龄北京油鸡和遗传改良后的42日龄AA肉鸡的营养和肌肉品质差异, 结果表明, 120日龄的北京油鸡中磷脂和必需脂肪酸含量高于42日龄的AA肉鸡, 具有更高的营养价值。

目前, 国内外对北京油鸡的研究多集中于肌肉品质性状相关的遗传分子标记、筛选及饲养、日龄等对油鸡肉品质的影响等方面<sup>[5-8]</sup>, 而对北京油鸡贮藏过程中鸡肉品质及风味的研究比较少。本研究通过测定北京油鸡鸡胸肉在4℃真空贮藏条件下的主要品质指标变化, 并采用电子鼻技术对其贮藏过程中的挥发性风味物质进行检测, 探讨北京油鸡鸡胸肉贮藏过程中的品质及风味变化规律, 以期在北京油鸡的品质控制和贮藏提供理论依据, 为其申请国家地理标志产品提供一些理论参考。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料与试剂

23只240日龄北京油鸡, 公鸡, 2.0~2.5 kg/只, 购自北京喜庆民丰农业发展有限公司。颈动脉放血法当天宰杀后的鸡, 取其鸡胸肉部分, 清水洗净沥干; 真空包装后4℃条件下冷藏, 每2d选取3块鸡胸肉进行检测, 每个指标重复测定3次。

硫酸铜、硫酸钾、硫酸、硼酸、甲基红指示剂、溴甲酚绿指示剂、亚甲基蓝指示剂、氢氧化钠、95%乙醇、石油醚、无水硫酸钠、氯化钾、三氯乙酸、乙二胺四乙酸二钠(ethylenediaminetetraacetic acid disodium salt, EDTA)、硫代巴比妥酸(thiobarbituric acid, TBA)、焦磷酸钠、乙二醇双(2-氨基乙基醚)四乙酸(ethyleneglycol-bis(2-aminoethylether)-N,N,N',N'-tetraacetic acid, EGTA)、盐酸、乙酸乙酯、盐酸胍、氯化镁、二硝基苯肼(dinitrophenylhydrazine, DNPH)(均为分析纯) 北京索莱宝科技有限公司; 平板计数琼脂培养基 北京易秀博谷生物科技有限公司。

### 1.2 仪器与设备

DZQ400-2D真空包装机 上海鼎力轻工机械公司; TS22绞肉机 意大利Omas公司; AY220万分之一电子天平 日本Shimadzu公司; BS210S百分之一天平 上海天平仪器厂; FA-25超细匀浆器 上海弗鲁克流体机械制造有限公司; PH211台式酸度计 意大利哈纳科仪公司; Eppendorf移液器 美国Eppendorf公司; YX-280D-I高压灭菌锅 合肥华泰医疗设备有限公司; DK-8B电热恒温水槽 上海精密实验设备有限公司; Evolution 60紫外-可见分光光度计 美国热电公司; 电子鼻设备 中国农业大学信息与电气工程学院研发。

### 1.3 方法

#### 1.3.1 感官评价

由10名评定人员对北京油鸡鸡胸肉的外观、气味、

组织形态、肌肉弹性和整体评分进行逐项打分, 每项满分为5分。评价标准如表1所示。

表1 鸡胸肉的感官评价标准  
Table 1 Criteria for sensory evaluation of chicken breast

| 感官评分 | 外观                      | 气味         | 组织形态           | 肌肉弹性                 |
|------|-------------------------|------------|----------------|----------------------|
| 5    | 色泽正常, 肌肉切面富有光泽, 表面清爽    | 无异味        | 肌肉组织致密完整, 纹理清晰 | 肌肉坚实富有弹性, 手指压后凹陷立即消失 |
| 4    | 色泽正常, 肌肉切面有光泽, 局部表面稍有积水 | 无明显异味      | 肌肉组织紧密, 纹理较清晰  | 肌肉坚实有弹性, 手指压后凹陷消失较慢  |
| 3    | 色泽稍暗淡, 肌肉切面稍有光泽, 表面有积水  | 略有鸡腥味      | 肌肉组织略有松散       | 肌肉较有弹性, 手指压后凹陷消失很慢   |
| 2    | 色泽较暗淡, 肌肉切面无光泽, 局部积水发黏  | 有明显腥味      | 局部肌肉组织松散       | 肌肉稍有弹性, 手指压后凹陷消失很慢   |
| 1    | 色泽暗淡, 肌肉切面无光泽, 表面积水发黏   | 有强烈的腥臭味或氨味 | 肌肉组织松散         | 肌肉无弹性, 手指压后凹陷明显      |

#### 1.3.2 挥发性盐基氮(total volatile basic nitrogen, TVB-N)含量测定

参照GB 5009.5—2016《食品安全国家标准 食品中蛋白质的测定》中的蒸馏法测定。

#### 1.3.3 菌落总数测定

参照GB 4789.2—2016《食品安全国家标准 食品微生物学检验 菌落总数测定》。

#### 1.3.4 硫代巴比妥酸反应物(thiobarbituric acid reactive substance, TBARs)值测定

参照Juncher等<sup>[9]</sup>的方法。

#### 1.3.5 脂肪酸的测定

参照GB 5009.168—2016《食品安全国家标准 食品中脂肪酸的测定》。

脂肪的水解: 称取10.000 g绞碎样品, 移到250 mL平底烧瓶中, 加入2.0 mL十一碳酸甘油三酯内标溶液; 加入约100 mg焦性没食子酸, 加入几粒沸石, 再加入2 mL 95%乙醇、4 mL水和5 mL氨水, 混匀; 将烧瓶放入70~80℃水浴中水解20 min, 每5 min振荡烧瓶, 使黏附在烧瓶壁上的颗粒物混入溶液中; 水解完成后, 取出烧瓶冷却至室温。

脂肪的皂化、甲酯化及气相色谱条件均按照上述标准进行。

#### 1.3.6 肌苷酸及其他三磷酸腺苷(adenosine triphosphate, ATP)代谢物的测定

参照宋永令等<sup>[10]</sup>的方法。

#### 1.3.7 电子鼻测定

本研究采用的是中国农业大学信息与电气工程学院根据生物嗅觉原理研发的电子设备, 其气敏传感器阵列如表2所示。

测定方法参考蒋强等<sup>[11]</sup>的方法。将搅碎的北京油鸡鸡胸肉样品置于电子样品槽中, 使用顶空吸气法对样品中的挥发性风味物质进行采集, 条件如下: 测定温度

40 ℃, 空气流量3 L/min, 测定前传感器清洗60 s, 采样时间300 s。

表2 电子鼻气敏传感器阵列  
Table 2 Sensors of electronic nose

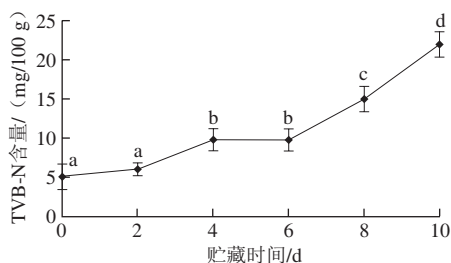
| 传感器序号 | 传感器型号    | 敏感气体                     | 检测范围/(mg/kg) | 灵敏度(电阻比)  |
|-------|----------|--------------------------|--------------|-----------|
| S1    | TGS824   | 氨气                       | 30~300       | 0.40~0.70 |
| S2    | TGS822   | 乙醇、甲苯、二甲苯、一氧化碳等          | 50~5 000     | 0.40±0.10 |
| S3    | TGS825   | 硫化氢                      | 5~100        | 0.30~0.60 |
| S4    | TGS880   | 食品中的易挥发物和蒸汽              | 50~1 000     | 0.30±0.10 |
| S5    | TGS812   | 乙醇、甲烷、丁烷、氨气              | 100~3 000    | 0.40±0.10 |
| S6    | TGS831   | R-21、R-22(卤素)            | 100~3 000    | 0.25~0.55 |
| S7    | TGS813   | 甲烷、丙烷、丁烷等易燃气体            | 500~10 000   | 0.60±0.05 |
| S8    | TGS830   | R-113、R-22、R-11、R-12(卤素) | 100~3 000    | 0.30±0.10 |
| S9    | TGS822TF | 氢气、一氧化碳                  | 200~5 000    | 0.40~0.63 |
| S10   | TGS2600  | 香烟气、氢气、乙醇、甲烷、一氧化碳        | 1~30         | 0.30~0.60 |
| S11   | TGS2620  | 乙醇                       | 50~5 000     | 0.35±0.10 |
| S12   | TGS2611  | 甲烷                       | 500~10 000   | 0.60±0.06 |
| S13   | TGS2602  | 甲苯、乙醇、硫化氢、氨气、氢气等         | 1~30         | 0.15~0.50 |

#### 1.4 数据处理

采用Excel 2010软件对实验数据进行整理; 采用SPSS Statistics 17.0统计分析软件对实验数据进行差异显著性分析, 并对电子鼻检测数据做线性判别分析(linear discriminant analysis, LDA)和逐步回归分析。差异显著性水平为 $P<0.05$ , 分析结果以平均值±标准差表示。

## 2 结果与分析

### 2.1 北京油鸡鸡胸肉的TVB-N含量变化



小写字母不同, 表示不同贮藏时间差异显著( $P<0.05$ )。图2~4同。

图1 北京油鸡鸡胸肉4 ℃贮藏过程中的TVB-N含量变化

Fig. 1 Changes in TVB-N content of Beijing-You chicken breast during storage at 4 °C

TVB-N是指动物性食品中的蛋白质在内源酶和微生物的作用下分解而产生的具有挥发性的氨及低级胺类<sup>[12]</sup>。由图1可知, 贮藏前期, 鸡肉中TVB-N含量增加缓慢, 在贮藏第6天时达到9.80 mg/100 g, 贮藏后期迅速升高, 贮藏第8天和第10天的TVB-N含量分别达14.93、21.93 mg/100 g。这可能是由于贮藏后期微生物含量增加, 对蛋白质的分解能力增强。根据GB 16869—2005

《鲜、冻禽产品》中的规定, 鲜、冻禽产品中TVB-N的含量应低于15 mg/100 g。

### 2.2 北京油鸡鸡胸肉的感官评分和菌落总数变化

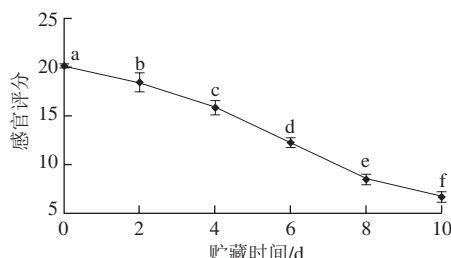


图2 北京油鸡鸡胸肉4 ℃贮藏过程中的感官评分变化

Fig. 2 Changes in sensory score of Beijing-You chicken breast during storage at 4 °C

由图2可知, 北京油鸡鸡胸肉的感官评分随着贮藏时间的延长而下降。其中, 贮藏第6天时的感官评分为12.23分, 已经接近感官极限; 贮藏第10天时, 感官评分为6.67分, 具有明显的腐臭味。

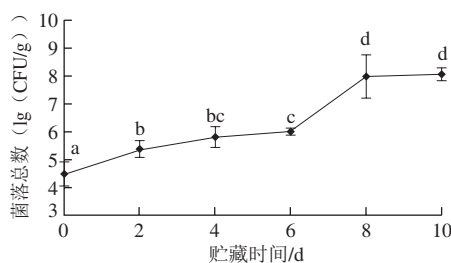


图3 北京油鸡鸡胸肉4 ℃贮藏过程中的菌落总数变化

Fig. 3 Changes in total viable count of Beijing-You chicken breast during storage at 4 °C

由图3可知, 北京油鸡鸡胸肉贮藏过程中的菌落总数一直处于增长的状态, 在第6天时菌落总数的对数值达5.99 (lg(CFU/g)), 第8天时已经达8.05 (lg(CFU/g))。按照GB 16869—2005中的规定, 鲜、冻禽产品中菌落总数的对数值应低于6.00 (lg(CFU/g)), 根据此评判标准, 真空包装北京油鸡鸡胸肉在4 ℃冷藏条件下的贮藏期为6 d。

### 2.3 北京油鸡鸡胸肉的TBARs值变化

鸡肉等不饱和脂肪酸含量较高的肉制品易发生脂肪氧化, 生成氢过氧化物, 再分解成醛、酮及低级脂肪酸等, 从而导致肉制品风味、质地、颜色和营养等的恶化<sup>[13]</sup>。TBARs值反映的是肉制品在脂肪氧化过程中产生的以丙二醛为代表的次级反应产物的多少, 是评价肉制品氧化程度的常见指标<sup>[14]</sup>。

由图4可知, 随着贮藏时间的延长, 鸡胸肉的氧化程度不断加深, 刺激产物不断增多, 使得TBARs值不断增加。这与牛力等<sup>[15]</sup>研究得到的雄性三黄鸡鸡胸肉不同温



度冻藏过程中TBARs值不断上升的结果一致。Karabagias等<sup>[16]</sup>研究表明,肉制品中丙二醛含量达到0.5 mg/kg,加热后会出现“热异味”,真空包装北京油鸡鸡胸肉在4℃冷藏过程中,第8天和第10天的TBARs值最大,均为0.101 mg/kg,远低于0.5 mg/kg。

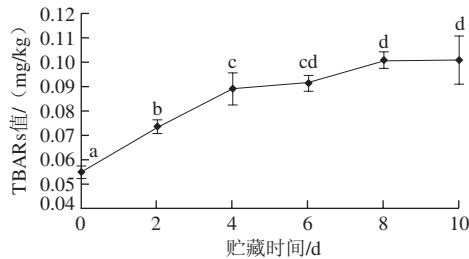


图4 北京油鸡鸡胸肉4℃贮藏过程中的TBARs值变化  
Fig. 4 Changes in TBARs value of Beijing-You chicken breast during storage at 4℃

#### 2.4 北京油鸡鸡胸肉的脂肪酸变化

肉中脂质组成和脂肪酸的含量是影响肉和肉制品风味、质地等质量特性的主要因素<sup>[17]</sup>。鸡肉中主要挥发性物质烷、醇、醛等均可来源于脂肪酸的氧化,脂肪酸是蒸煮鸡肉最主要的挥发性风味前体物<sup>[18]</sup>。

表3 北京油鸡鸡胸肉4℃贮藏过程中的脂肪酸含量变化  
Table 3 Changes in fatty acid contents of Beijing-You chicken breast during storage at 4℃

| 脂肪酸名称                       | 贮藏时间/d                   |                         |                          |                          |                          |                         |
|-----------------------------|--------------------------|-------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------|
|                             | 0                        | 2                       | 4                        | 6                        | 8                        | 10                      |
| 棕榈酸 (C <sub>16:0</sub> )    | 19.02±1.12 <sup>a</sup>  | 20.19±1.29 <sup>a</sup> | 10.34±1.12 <sup>b</sup>  | 10.87±1.12 <sup>b</sup>  | 8.48±1.12 <sup>b</sup>   | 9.28±2.25 <sup>a</sup>  |
| 硬脂酸 (C <sub>18:0</sub> )    | 16.37±1.87 <sup>a</sup>  | 20.19±1.83 <sup>b</sup> | 15.49±0.87 <sup>a</sup>  | 7.69±0.75 <sup>c</sup>   | 7.42±0.37 <sup>c</sup>   | 7.42±0.75 <sup>c</sup>  |
| 油酸 (C <sub>18:1</sub> )     | 26.90±3.37 <sup>a</sup>  | 17.86±1.54 <sup>b</sup> | 7.42±0.75 <sup>c</sup>   | 7.42±0.37 <sup>c</sup>   | 7.42±1.12 <sup>c</sup>   | 6.36±0.37 <sup>c</sup>  |
| 亚油酸 (C <sub>18:2</sub> )    | 34.60±3.62 <sup>a</sup>  | 20.11±1.34 <sup>b</sup> | 8.48±3.37 <sup>c</sup>   | 7.95±1.87 <sup>c</sup>   | 6.36±1.12 <sup>c</sup>   | 4.64±0.19 <sup>c</sup>  |
| 花生四烯酸 (C <sub>20:4</sub> )  | 14.55±0.71 <sup>a</sup>  | 12.32±1.31 <sup>a</sup> | 12.99±0.75 <sup>a</sup>  | 12.72±0.75 <sup>a</sup>  | 9.28±0.75 <sup>b</sup>   | 8.88±1.31 <sup>b</sup>  |
| 二十四碳烯酸 (C <sub>24:1</sub> ) | 5.43±1.31 <sup>ab</sup>  | 6.10±2.62 <sup>a</sup>  | 3.18±1.12 <sup>abc</sup> | 2.65±0.00 <sup>bc</sup>  | 1.33±0.00 <sup>c</sup>   | 1.33±0.00 <sup>c</sup>  |
| TOT                         | 116.86±7.97 <sup>a</sup> | 96.76±1.07 <sup>b</sup> | 57.89±4.00 <sup>c</sup>  | 49.29±4.12 <sup>cd</sup> | 40.28±1.50 <sup>de</sup> | 37.90±0.75 <sup>e</sup> |
| SFA                         | 35.41±0.21 <sup>b</sup>  | 40.38±3.12 <sup>a</sup> | 25.82±0.25 <sup>b</sup>  | 18.55±1.87 <sup>c</sup>  | 15.90±0.75 <sup>c</sup>  | 16.70±1.50 <sup>c</sup> |
| MUFA                        | 32.33±2.06 <sup>a</sup>  | 23.96±4.16 <sup>b</sup> | 10.60±0.37 <sup>c</sup>  | 10.07±0.37 <sup>c</sup>  | 8.75±1.12 <sup>c</sup>   | 7.69±0.37 <sup>c</sup>  |
| PUFA                        | 49.15±2.91 <sup>a</sup>  | 32.43±0.02 <sup>b</sup> | 21.47±4.12 <sup>c</sup>  | 20.67±2.62 <sup>c</sup>  | 15.64±1.87 <sup>cd</sup> | 13.52±1.12 <sup>d</sup> |
| UFA                         | 81.48±4.97 <sup>a</sup>  | 56.38±4.19 <sup>b</sup> | 32.07±3.75 <sup>c</sup>  | 30.74±2.25 <sup>c</sup>  | 24.38±0.75 <sup>cd</sup> | 21.20±0.75 <sup>d</sup> |
| PUFA/MUFA                   | 1.52±0.01 <sup>a</sup>   | 1.37±0.24 <sup>a</sup>  | 2.03±0.46 <sup>b</sup>   | 2.06±0.34 <sup>b</sup>   | 1.82±0.45 <sup>c</sup>   | 1.76±0.23 <sup>c</sup>  |
| UFA/SFA                     | 2.30±0.13 <sup>a</sup>   | 1.40±0.21 <sup>b</sup>  | 1.24±0.13 <sup>d</sup>   | 1.66±0.05 <sup>b</sup>   | 1.53±0.03 <sup>bc</sup>  | 1.28±0.16 <sup>d</sup>  |

注: TOT. 总游离脂肪酸 (total fatty acid); SFA. 饱和脂肪酸 (saturated fatty acid); UFA. 不饱和脂肪酸 (unsaturated fatty acid); MUFA. 单不饱和脂肪酸 (monounsaturated fatty acid); PUFA. 多不饱和脂肪酸 (polyunsaturated fatty acid); 同行小写字母不同, 表示不同贮藏时间差异显著 ( $P<0.05$ ), 表4同。

由表3可知,北京油鸡鸡胸肉中的TOT在贮藏初期最高,为116.86 mg/100 g, SFA的含量呈先上升后下降的趋势,在贮藏第2天时含量最高,为40.38 mg/100 g,之后含量逐渐降低。刘华贵<sup>[19]</sup>的研究表明,肉中UFA的含量对肉制品风味的形成具有重要作用。北京油鸡肉贮藏过程中,UFA氧化分解,含量呈逐渐下降的趋势。鸡肉贮

藏过程中的游离脂肪酸含量变化是一个动态过程,一方面磷脂与甘油三酯在酶和微生物的作用下水解生成游离脂肪酸,使游离脂肪酸含量升高,另一方面游离脂肪酸(尤其是UFA)氧化降解成一系列氧化产物,另外游离脂肪酸还与脂质氧化产生的醇反应生成酯,使鸡肉游离脂肪酸含量下降,并影响鸡肉的风味<sup>[20]</sup>。

亚油酸 (C<sub>18:2</sub>) 和花生四烯酸 (C<sub>20:4</sub>) 是重要的风味前体物,也是动物的必需脂肪酸。必需脂肪酸是指体内不能合成,必需由日粮供给,或通过体内特定前体物形成,对机体正常机能和健康具有重要保护作用的脂肪酸。北京油鸡鸡胸肉贮藏过程中的亚油酸和花生四烯酸含量逐渐下降,导致风味的劣变和营养价值的降低。

#### 2.5 北京油鸡鸡胸肉的肌苷酸及其他ATP代谢物变化

鸡肉贮藏过程中,在酶的催化下发生ATP降解反应,依次降解为腺苷二磷酸 (adenosine diphosphate, ADP)、腺苷酸 (adenosine monophosphate, AMP)、肌苷酸 (inosine monophosphate, IMP)、次黄嘌呤核苷 (inosine, HxR)、次黄嘌呤 (hypoxanthine, Hx) 和鸟苷酸 (guanosine monophosphate, GMP)。其中GMP和IMP是重要的鲜味化合物,并且可以产生一些香味物质<sup>[21]</sup>。

表4 北京油鸡鸡胸肉4℃贮藏过程中IMP及其相关物含量变化  
Table 4 Changes in contents of IMP and related compounds of Beijing-You chicken breast during storage at 4℃

| 贮藏时间/d | ATP                      | ADP                     | GMP                     | IMP                       | Hx                      | AMP                     | HxR                       |
|--------|--------------------------|-------------------------|-------------------------|---------------------------|-------------------------|-------------------------|---------------------------|
| 0      | 5.34±0.17 <sup>a</sup>   | 13.69±0.60 <sup>a</sup> | 5.13±1.21 <sup>a</sup>  | 459.77±24.98 <sup>a</sup> | 9.17±0.22 <sup>a</sup>  | 11.68±1.54 <sup>a</sup> | 49.84±5.24 <sup>a</sup>   |
| 2      | 6.39±0.84 <sup>a</sup>   | 15.45±0.47 <sup>a</sup> | 4.06±0.10 <sup>ab</sup> | 443.66±5.45 <sup>a</sup>  | 12.65±0.09 <sup>a</sup> | 13.14±0.01 <sup>a</sup> | 56.59±5.83 <sup>b</sup>   |
| 4      | 12.14±1.54 <sup>b</sup>  | 14.91±4.10 <sup>a</sup> | 3.51±0.40 <sup>bc</sup> | 354.65±13.91 <sup>b</sup> | 27.29±4.20 <sup>b</sup> | 11.68±3.48 <sup>a</sup> | 87.74±19.81 <sup>c</sup>  |
| 6      | 14.37±1.81 <sup>bc</sup> | 14.07±2.75 <sup>a</sup> | 3.34±0.91 <sup>bc</sup> | 287.07±17.72 <sup>c</sup> | 32.20±7.34 <sup>b</sup> | 11.55±1.86 <sup>a</sup> | 81.99±6.46 <sup>c</sup>   |
| 8      | 14.63±1.96 <sup>bc</sup> | 12.17±2.24 <sup>a</sup> | 2.43±0.45 <sup>c</sup>  | 234.13±39.05 <sup>d</sup> | 53.32±1.98 <sup>c</sup> | 11.69±0.55 <sup>a</sup> | 73.12±15.09 <sup>bc</sup> |
| 10     | 16.53±0.96 <sup>c</sup>  | 16.09±1.75 <sup>a</sup> | 2.33±0.29 <sup>c</sup>  | 218.87±11.09 <sup>d</sup> | 60.97±9.42 <sup>c</sup> | 13.96±0.27 <sup>a</sup> | 65.33±4.07 <sup>bc</sup>  |

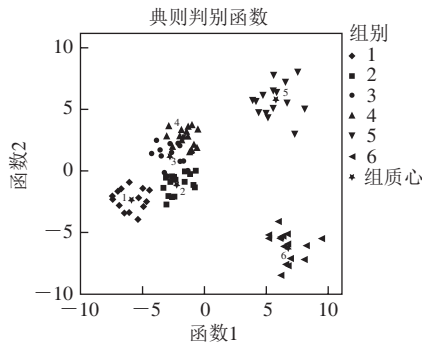
由表4可知,北京油鸡鸡胸肉的ATP含量在贮藏过程中升高,这是由于ATP降解产生的ADP以及肌酸激酶催化磷酸肌酸或磷酸精氨酸产生的ADP重新合成ATP,同时糖原酵解产生ATP,也可能是由于真空包装过程中厌氧微生物的作用导致其在贮藏过程中的含量有所上升<sup>[22-23]</sup>。北京油鸡鸡胸肉贮藏过程中,鲜味核苷酸不断降解。IMP的含量从贮藏第0天的459.77 mg/100 g降至贮藏第10天的218.87 mg/100 g ( $P<0.05$ ), GMP的含量从贮藏第0天的5.13 mg/100 g降至贮藏第10天的2.33 mg/100 g。Hx会产生苦味,影响肉制品的风味<sup>[24]</sup>,其含量在贮藏期间不断上升 ( $P<0.05$ ),导致鸡肉中不良风味的产生。这些核苷酸的含量与鸡肉贮藏过程中的风味变化均密切相关。

#### 2.6 北京油鸡鸡胸肉电子鼻检测结果

电子鼻技术是一种新兴的检测方法,能够从组成复杂的气体中识别并分析挥发性成分,检测时间短,重复

性高, 客观性强<sup>[25-27]</sup>, 其对挥发性风味物质的检测得到的是挥发性风味的整体气味, 是挥发性风味物质的指纹图谱, 而不是某种具体的挥发性物质<sup>[28]</sup>。

利用电子鼻检测技术对北京油鸡4℃真空贮藏过程中的风味进行检测, 对测得的各传感器的特征值进行LDA并作散点图。



1~6分别代表北京油鸡鸡胸肉在4℃真空贮藏条件下贮藏0、2、4、6、8、10 d。

图5 特征值数据LDA二维散点图

Fig. 5 Two-dimensional scatter plot of LDA for eigenvalues

由图5可知, LDA二维散点图无法区分贮藏2、4、6 d的北京油鸡鸡胸肉, 但是对贮藏0、8、10 d的北京油鸡鸡胸肉可以进行有效区分, 尤其是贮藏8 d和10 d时的样品距离较其他贮藏时间远, 说明北京油鸡鸡胸肉在贮藏后期品质劣变, 风味发生很大的变化, 这与感官评分和菌落总数的测定结果相一致, 表明北京油鸡鸡胸肉在4℃真空贮藏条件下的贮藏期为6 d。

北京油鸡鸡胸肉贮藏期间的感官品质变化也伴随着风味的变化, 随着贮藏时间的变化, 北京油鸡鸡胸肉的感官评分也有所变化, 可以利用电子鼻的数据模型对北京油鸡鸡胸肉的感官品质进行预测<sup>[11]</sup>。利用逐步回归方法, 选择对北京油鸡鸡胸肉的品质影响最大的特征变量, 将其放入模型中, 重复此过程, 获得感官评分与电子鼻测定数据之间的回归模型。选择感官评价的各指标得分平均值为因变量, 从电子鼻数据中提取的众多特征值为自变量, 其中特征值包括相对平均值、相对积分值、微分值、极差、二次项系数、一次项系数、半宽值、对数拟合一次项系数及对数拟合常数项系数。用SPSS软件进行逐步回归分析, 获得如下回归方程:

$$Y = -16.248X_1 + 3.080X_2 - 4.654X_3 - 8.014X_4 + 5.381X_5 - 3.648X_6 + 7.234$$

式中:  $Y$ 为感官评分,  $X_1$ 为S15对数拟合常数项,  $X_2$ 为S8半宽值,  $X_3$ 为S11二次项系数,  $X_4$ 为S5对数拟合一次项系数,  $X_5$ 为S11对数拟合一次项系数,  $X_6$ 为S15对数拟合一次项系数。

表5 感官评分与电子鼻数据回归模型参数

Table 5 Regression model parameters between sensory score and electronic nose data

| 指标 | $R$   | $R^2$ | 标准估算的误差 | $P$   |
|----|-------|-------|---------|-------|
| 数值 | 0.954 | 0.909 | 1.546   | 0.000 |

由表5可知, 模型 $R$ 大于0.950,  $R^2$ 大于0.900,  $P$ 远小于0.01, 预测误差较小, 表明模型效果显著, 说明在本研究中利用电子鼻预测北京油鸡鸡胸肉贮藏过程中的感官品质具有可靠性, 可以对其进行品质评价, 但是后期需进行大量的实验对电子鼻的预测效果进行进一步验证。

### 3 结论

真空包装北京油鸡鸡胸肉在4℃冷藏过程中, 不饱和脂肪酸和鲜味核苷酸(IMP和GMP)的含量不断下降, TVB-N含量和TBARs值不断上升, 导致鸡肉风味的劣变和营养价值的丧失。综合理化指标、微生物指标和感官评分, 北京油鸡鸡胸肉在真空包装、4℃冷藏条件下的贮藏期为6 d。

电子鼻作为一种新兴的检测技术, 可以有效区分贮藏前期和贮藏后期的北京油鸡鸡胸肉, 与感官评分建立回归方程后, 可以预测鸡肉在贮藏过程中的感官品质, 并对其进行品质评价。

### 参考文献:

- [1] 刘华贵, 徐淑芳. 北京油鸡及其开发利用[J]. 家畜生态学报, 2001, 22(4): 50-52. DOI:10.3969/j.issn.1673-1182.2001.04.011.
- [2] 罗桂芬, 陈继兰, 文杰, 等. 鸡A-FABP基因多态性分析及其与脂肪性状的相关研究[J]. 遗传, 2006, 28(1): 39-42. DOI:10.3321/j.issn:0253-9772.2006.01.009.
- [3] FU Dezhi, ZHANG Daixi, XU Guiyun, et al. Effects of different rearing systems on meat production traits and meat fiber microstructure of Beijing-you chicken[J]. Animal Science Journal, 2015, 86(7): 729-735. DOI:10.1111/asj.12347.
- [4] ZHAO G P, CUI H X, LIU R R, et al. Comparison of breast muscle meat quality in 2 broiler breeds[J]. Poultry Science, 2011, 90(10): 2355-2359. DOI:10.3382/ps.2011-01432.
- [5] 孙月娇. 不同饲养方式对肉鸡肌肉品质和挥发性风味物质的影响[D]. 北京: 中国农业科学院, 2014: 20-30.
- [6] 陈静茹, 夏海剑, 张泽宾, 等. PCR技术鉴别多趾北京油鸡肉[J]. 食品科学, 2017, 38(24): 229-234. DOI:10.7506/spkx1002-6630-201724037.
- [7] LIU Jie, LIU Ranran, WANG Jie, et al. Exploring genomic variants related to residual feed intake in local and commercial chickens by whole genomic resequencing[J]. Genes, 2018, 9(2): E57. DOI:10.3390/genes9020057.
- [8] LI Xinghua, NIE Changsheng, ZHANG Zebin, et al. Evaluation of genetic resistance to *Salmonella* Pullorum in three chicken lines[J]. Poultry Science, 2018, 97(3): 764-769. DOI:10.3382/ps/pex354.
- [9] JUNCHER D, RØNN B, HANSEN T B, et al. Effect of pre-slaughter physiological conditions on the oxidative stability of colour and lipid during chill storage of sliced, retail packed roast ham[J]. Meat Science, 2003, 63(2): 151-159. DOI:10.1016/S0309-1740(02)00054-2.

- [10] 宋永令, 罗永康, 张丽娜, 等. 不同温度贮藏期间团头鲂品质的变化规律[J]. 中国农业大学学报, 2010, 15(4): 104-110.
- [11] 蒋强, 郑丽敏, 田立军, 等. 电子鼻应用于猪肉丸子香味预测[J]. 食品科学, 2018, 39(10): 228-233. DOI:10.7506/spkx1002-6630-201810035.
- [12] 郭光平. 烧鸡腐败菌相分析及保鲜技术的研究[D]. 烟台: 烟台大学, 2011: 34-39.
- [13] 张迎阳. 干腌肉制品中脂质自动氧化机理及调控机制研究[D]. 南京: 南京农业大学, 2014: 40-43.
- [14] JIANG Z Y, WOOLLARD A C S, WOLFF S P. Lipid hydroperoxide measurement by oxidation of  $\text{Fe}^{2+}$  in the presence of xylenol orange. Comparison with the TBA assay and an iodometric method[J]. Lipids, 1991, 26(10): 853-856. DOI:10.1007/BF02536169.
- [15] 牛力, 陈景宜, 黄明, 等. 不同冻藏温度和时间对鸡胸肉食用品质的影响[J]. 南京农业大学学报, 2012, 35(4): 115-120. DOI:10.7685/j.issn.1000-2030.2012.04.021.
- [16] KARABAGIAS I, BADEKA A, KONTOMINAS M. Shelf life extension of lamb meat using thyme or oregano essential oils and modified atmosphere packaging[J]. Meat Science, 2011, 88(1): 109-116. DOI:10.1016/j.meatsci.2010.12.010.
- [17] JO Y, AN K A, ARSHAD M S, et al. Effects of e-beam irradiation on amino acids, fatty acids, and volatiles of smoked duck meat during storage[J]. Innovative Food Science and Emerging Technologies, 2018, 47: 101-109. DOI:10.1016/j.ifset.2017.12.008.
- [18] 屈佳欣. 宰后成熟及超高压处理对北京油鸡肉品质的影响[D]. 北京: 中国农业大学, 2016: 20-30.
- [19] 刘华贵. 不同品种鸡肉风味物质比较研究[C]//第十四次全国家禽科学学术讨论会. 黑龙江: 中国畜牧兽医学会家禽学分会, 2009: 6.
- [20] FRANKEL E N. Lipid oxidation: mechanisms, products and biological significance[J]. Journal of the American Oil Chemists' Society, 1984, 61(12): 1908-1917. DOI:10.1007/BF02540830.
- [21] DERMIKI M, PHANPHENSOPHON N, MOTTRAM D S, et al. Contributions of non-volatile and volatile compounds to the umami taste and overall flavor of shiitake mushroom extracts and their application as flavor enhancers in cooked minced meat[J]. Food Chemistry, 2013, 141(1): 77-83. DOI:10.1016/j.foodchem.2013.03.018.
- [22] LI Kaifeng, LUO Yongkang, SHEN Huixing. Postmortem changes of crucian carp (*Carassius auratus*) during storage in ice[J]. International Journal of Food Properties, 2015, 18(1): 205-212. DOI:10.1080/10942912.2011.614986.
- [23] 史策. 鲢鱼尸僵及贮藏过程中ATP关联物及生化特性变化规律的研究[D]. 北京: 中国农业大学, 2015: 55-65.
- [24] 陈静茹, 陈可欣, 汪之颖, 等. 生鲜和生鲜调理草鱼片0℃冰藏过程中品质变化规律的研究[J]. 食品工业, 2016, 37(2): 156-160.
- [25] 丁媛, 郑平安, 缪芳芳, 等. 电子鼻在8种贝类气味差异研究中的应用[J]. 食品科学, 2013, 34(22): 353-355. DOI:10.7506/spkx1002-6630-201322071.
- [26] SYLWIA M S, HENRYK H J, RENATA Z W. The use of electronic and human nose for monitoring rapeseed oil autoxidation[J]. European Journal of Lipid Science and Technology, 2008, 110(1): 61-72. DOI:10.1002/ejlt.200700009.
- [27] HAUGEN J E, LUNDBY F, WOLD J P, et al. Detection of rancidity in freeze stored turkey meat using a commercial gas-sensor array system[J]. Sensors and Actuators, 2006, 116(1/2): 78-84. DOI:10.1016/j.snb.2005.12.060.
- [28] ARSHAK K, MOORE E, LYONS G M, et al. A review of gas sensors employed in electronic nose application[J]. Sensor Review, 2004, 24(2): 181-189. DOI:10.1108/02602280410525977.