

# 符离集烧鸡加工过程中的 营养和理化品质变化

熊国远<sup>1</sup>, 夏陆阳<sup>1</sup>, 贾敬敏<sup>2</sup>, 姜雪娟<sup>1</sup>, 周希<sup>1</sup>, 高雪琴<sup>2,3</sup>, 戚军<sup>1</sup>

(1. 安徽农业大学茶与食品科技学院, 安徽省农产品加工工程实验室, 安徽合肥 230036;

2. 宿州市符离集刘老二烧鸡有限公司, 安徽宿州 234101;

3. 河南牧业经济学院食品与生物工程学院, 河南郑州 450000)

**摘要:**通过对符离集烧鸡在5个不同加工阶段下主要成分、pH、嫩度、食盐、总糖、氨基酸含量等的测定,探究其在加工过程中营养和理化品质的变化。结果表明,在加工过程中,鸡胸肉和鸡腿肉的水分含量、剪切力显著下降( $P < 0.05$ ),灰分、蛋白质、脂肪以及食盐含量显著增加( $P < 0.05$ );卤制后鸡胸肉(pH = 6.45)和鸡腿肉(pH = 6.65)的pH达到最大,杀菌后有所下降;油炸时鸡胸肉和鸡腿肉总糖含量分别增加了75.34%和72.62% ( $P < 0.05$ ),卤制和杀菌后鸡肉的总糖含量下降。烧鸡加工过程中共检出17种氨基酸,其中谷氨酸(16.31%~17.11%)、天冬氨酸(9.53%~10.42%)、亮氨酸(8.16%~8.53%)、赖氨酸(8.48%~9.10%)是烧鸡中最主要的氨基酸,谷氨酸的含量最高。除苯丙氨酸外,成品烧鸡中必需氨基酸均高于FAO/WHO/UNU推荐含量,可见烧鸡具有较高的营养价值。卤制对烧鸡其营养品质影响较大,杀菌保证了产品安全性的同时,对其营养及理化品质无不良影响。

**关键词:**符离集烧鸡,营养,理化品质,氨基酸,卤制

## Nutritional and Physicochemical Quality Changes of Fuliji Braised Chicken during Processing

XIONG Guo-yuan<sup>1</sup>, XIA Lu-yang<sup>1</sup>, JIA Jing-min<sup>2</sup>, JIANG Xue-juan<sup>1</sup>, ZHOU Xi<sup>1</sup>, GAO Xue-qin<sup>2,3</sup>, QI Jun<sup>1</sup>

(1. Anhui Engineering Laboratory for Agro-products Processing, College of Tea and Food Science & Technology, Anhui Agricultural University, Hefei 230036, China;

2. Suzhou Fuliji Liulaoer Braised Chicken Co., Ltd., Suzhou 234101, China;

3. College of Food and Bioengineering, Henan University of Animal Husbandry Economy, Zhengzhou 450000, China)

**Abstract:** In order to detect the changes of nutritional and physicochemical quality in Fuliji braised chicken, the proximate composition, pH, tenderness, sodium chloride, total sugar, amino acid contents were analyzed in Fuliji braised chicken in five different processing stages. The results showed that, the moisture content and shear force value of chicken breast meat and chicken leg meat decreased significantly ( $P < 0.05$ ) during processing. However, the contents of ash, protein, fat, and sodium chloride increased significantly ( $P < 0.05$ ) during processing. The pH value of chicken breast meat (pH = 6.45) and chicken leg meat (pH = 6.65) showed the highest value after braising and decreased after sterilizing. Total sugar of chicken breast and leg meat increased by 75.34% and 72.62% respectively after frying ( $P < 0.05$ ), and decreased after braising and sterilizing. 17 kinds of amino acids were detected in Fuliji braised chicken during processing, among which glutamic acid (16.31%~17.11%), aspartic acid (9.53%~10.42%), leucine (8.16%~8.53%) and lysine (8.48%~9.10%) of braised chicken were the most important amino acids, glutamic acid contents was highest. Except for Phe, the contents of essential amino acids in braised chicken were higher than that recommended by FAO/WHO/UNU, which showed that braised chicken had high nutritional value. There was a great influence on the nutritional quality of braised chicken during braising. Sterilizing not only ensured the safety of the final products, but also had no negative effect on its nutritional and physicochemical quality.

**Key words:** Fuliji braised chicken; nutrition; physicochemical quality; amino acid; braising

中图分类号: TS251.6

文献标识码: A

文章编号: 1002-0306(2020)06-0047-06

doi: 10.13386/j.issn1002-0306.2020.06.008

收稿日期: 2019-07-11

作者简介: 熊国远(1975-),男,博士,副教授,研究方向: 肉品加工与质量安全控制, E-mail: guoyuanx@ahau.edu.cn。

基金项目: 安徽省重点研究和开发计划面上攻关项目(1804g07020164);安徽省科技重大专项(17030701021, 17030701036);黄山市科技计划项目(2018KN-02);安徽省自然科学基金(1808085MC92);安徽省高校自然科学研究重点项目(KJ2017A125);安徽省家禽产业技术体系(AHCYJSTX-06)。

引文格式:熊国远,夏陆阳,贾敬敏,等.符离集烧鸡加工过程中的营养和理化品质变化[J].食品工业科技,2020,41(6):47-52.

符离集烧鸡是中国地理标志性产品,与河南道口烧鸡、德州扒鸡和锦州沟帮子熏鸡并称为“中国四大名鸡”<sup>[1]</sup>。符离集烧鸡历史悠久,距今已有2000余年历史,因其产自于符离集镇,故得名符离集烧鸡。烧鸡产地符离镇得名于其北有离山、南产符草,因其地理优势生长的符离野麻鸡,后当地人擒而饲之,逐渐演变成现在的淮北麻鸡<sup>[2]</sup>。淮北麻鸡经宰杀、洗净、整形、涂饴糖、油炸、老汤中卤制约6 h,起锅后放凉,杀菌后即得成品传统符离集烧鸡。成品符离集烧鸡因色泽鲜艳,香味浓郁,肉烂脱骨,肥而不腻等特点而闻名。

肉品加工过程中,由于加工方式和条件的不同,其食用和营养品质会受到影响。近年来,烧鸡加工过程中的营养品质、安全性等被广受关注。但对于符离集烧鸡的研究起步较晚,多集中于原料鸡的饲养方式<sup>[1]</sup>、包装材料<sup>[3]</sup>、微生物危害的关键控制点分析及控制<sup>[4]</sup>和挥发性风味成分变化<sup>[5]</sup>等方面的研究。邵斌<sup>[6]</sup>研究了烧鸡加工过程中的条件、香辛料提取物对烧鸡中杂环胺类的形成。鲁松涛<sup>[7]</sup>对道口烧鸡加工过程中老汤及加工工艺对其品质进行研究。刘登勇等<sup>[8]</sup>、彭婷婷等<sup>[9]</sup>研究了德州扒鸡加工过程中营养成分的变化,对德州扒鸡的现代化起到了较大作用。目前关于符离集烧鸡加工过程中的营养及理化品质变化研究鲜见报道,导致对符离集烧鸡的认知及后期产品改良缺乏科学依据。

本实验选取生鲜、油炸、初卤(卤制60 min)、卤制、杀菌5个关键工艺点,探究符离集烧鸡加工过程中基本营养成分、嫩度、pH和游离氨基酸等指标的变化,为后期改良产品品质及其现代化和标准化生产提供参考依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料与仪器

淮北麻鸡 日龄180 d的雄性鸡,体重1.5 kg左右,检疫合格,于宿州市符离集刘老二烧鸡有限公司饲养、加工车间屠宰、加工;食盐、味精、黄酒、白砂糖、蜂蜜、菜籽油、生姜、八角、山奈、桂皮、丁香、甘草、肉桂、白芷、白胡椒、砂仁、姜、葱 食品级,市售;硝酸银、亚铁氰化钾、乙酸锌 上海申博化工有限公司;无水硫酸铜、无水硫酸钾 上海化学试剂总厂;硼酸 淮南市化学试剂厂;甲基红、亚甲基蓝、95%乙醇 上海振兴化工一厂;石油醚、磺基水杨酸 上海麦克林生物试剂有限公司;氯化钠、葡萄糖、氢氧化钠 国药集团化学试剂有限公司;浓硫酸、盐酸、硼砂、铬酸钾 西陇化工股份有限公司;以上试剂 均为分析纯。

METER HANNA HI 9025 可插入式pH计 西宝生物科技(上海)股份有限公司;HH09型数显恒温水浴锅 江苏金坛市金城国胜实验仪器厂;JA503分析电子天平 常州幸运电子设备有限公司;BCD-182TCS冰箱 青岛海尔股份有限公司;PE Lambda

35 紫外可见分光光度计 力臻卓越(北京)科学仪器有限公司;L-8900全自动氨基酸分析仪 日立高新技术公司;海能 HD4020 凯氏定氮滴定系统 郑州妙林仪器设备有限公司;CLM3B 数显式肌肉嫩度仪 北京京晶科技有限公司。

### 1.2 实验方法

1.2.1 符离集烧鸡的加工工艺 符离集烧鸡的加工工艺流程:活鸡→宰杀褪毛→去内脏→漂洗→造型→涂蜜→油炸→卤制→真空包装→杀菌→成品符离集烧鸡<sup>[10]</sup>。

操作要点:活鸡宰杀前自由饮水但禁食。宰杀时挂鸡、水浴瞬间电击晕后(110 V,1~2 s),颈部放血,在60~65℃的热水中浸烫5 min左右后褪毛。在腹部靠近肛门处横切一小口,掏出全部内脏。将掏净内脏的胴体鸡在清水中漂洗3次。清洗口腔和舌皮,左手拿起白条鸡,头朝上,背朝内。右手取右翅,从宰杀口穿进,嘴中拉出,鸡头压在右翅下。然后把双腿从后开口处插入腹中,做叉状。造型后的白条鸡呈椭圆形,形体优美。在胴体鸡表面均匀地涂抹稀释的蜂蜜(或饴糖)水[水:蜂蜜(或饴糖)=1:1~2]。将造型、涂蜜后胴体鸡,于180~200℃的热油锅中炸2~3 min,炸至鸡皮呈金黄色时为佳。卤汤煮沸后,将炸好的鸡下锅(卤汤完全浸没鸡),再烧开保持在微沸状态(即92~95℃)1 h,然后焖制5 h。将卤制放凉后的烧鸡装入铝箔袋中,真空包装,真空度为-0.1 MPa,抽真空时间20 s,封口时间5~6 s。最后采用高温高压灭菌方式灭菌,温度为121℃,压力0.18~0.22 MPa,时间为25~45 min,冷却30~50 min,杀菌后即得成品符离集烧鸡。

试验选择5个关键工艺点,即生鲜鸡(raw chicken,RC,即造完型后,涂蜜前的生鲜鸡)、油炸鸡(fried chicken,FC,油炸后刚出油炸锅的整只鸡)、初卤鸡(Initial braised chicken,IBC,油炸后,放入煮沸的卤汤中卤制1 h后取出的整只鸡)、卤制鸡(braised chicken,BC,经卤汤卤制6 h后刚起锅的鸡)和杀菌鸡(sterilized chicken,SC,卤制起锅放置冷却后真空包装,然后经过杀菌符离集烧鸡,即成品符离集烧鸡)。在5个关键工艺点随机采取整鸡样各6只,立即切分出鸡胸肉(chicken breast meat,CB)和鸡腿肉(chicken legs meat,CL),现场测量完pH后,分别进行编号及真空包装。样品处理完成后置于盛有冰袋的保温箱(0~4℃)中,于当日运回实验室,放入0~4℃冰箱中保存。测量氨基酸的样品储存在-20℃冰箱中待用。

1.2.2 主要成分测定 蛋白质含量:按照GB 5009.5-2016《食品安全国家标准 食品中蛋白质的测定》中的凯氏定氮法<sup>[11]</sup>;总脂肪含量:按照GB 5009.6-2016《食品安全国家标准 食品中脂肪的测定》中的索氏抽提法<sup>[12]</sup>;水分含量:按照GB 5009.3-2016《食品安全国家标准 食品中水分的测定》中的直接干燥法<sup>[13]</sup>;灰分含量:按照GB 5009.4-2016《食品安全国

家标准《食品中灰分的测定》中的灼烧法<sup>[14]</sup>。

1.2.3 pH的测定 选择整块鸡肉上3个不同的位点,将插入式pH计插入鸡肉内部,待pH稳定后记录数值,每次测量后用蒸馏水清洗探头。每组每个样测3次代表该样品的pH,每组重复6次。

1.2.4 剪切力的测定 顺鸡肉纤维方向,切取长×宽×高分别为2 cm×1 cm×1 cm大小的肉样,置于嫩度仪上,每组每个样测3次,取平均值代表该样品的嫩度,每组重复6次。

1.2.5 食盐含量的测定 按照GB 5009.44-2010《食品安全国家标准 食品中氯化物的测定》中的方法<sup>[15]</sup>。

1.2.6 总糖的测定 按照GB/T 9695.31-2008《肉制品 总糖含量测定》中的第一法:分光光度法<sup>[16]</sup>。

1.2.7 氨基酸的测定 将鸡胸肉和鸡腿肉切碎成肉糜状1:1混合后,准确称取0.5 g样品(精确到0.0001 g),放入研钵中,加入5.0 mL 10%的磺基水杨酸溶液,研磨均匀后,用2.0 mol/L的氢氧化钠将溶液pH调至2.0,然后移入50 mL容量瓶中,再用蒸馏水定容;取3.0 mL离心(12000 r/min, 10 ℃, 20 min)后,取上清液2.0 mL加入1.0 mL石油醚,混匀后静置1 h,弃去上层石油醚,取下层溶液1.0 mL,通过0.2 μm水相滤头,注入进样瓶中,用氨基酸自动分析仪检测各种氨基酸含量。

### 1.3 数据处理

实验数据采用软件SPSS 20.0进行统计分析,以“平均值±标准差”来表示, $P < 0.05$ 表示差异显著。

## 2 结果与分析

### 2.1 主要成分的变化

水分含量及分布状态影响着肉及肉制品加工特性、食用品质及其货架期<sup>[17]</sup>。由表1可知,加工过程中鸡胸肉和鸡腿肉水分含量变化趋势保持一致,油炸后鸡胸肉和鸡腿肉水分含量显著降低( $P < 0.05$ ),这是因为油炸时高温脱去肉中的水分;初卤与油炸工序相比,对鸡肉水分含量差异不显著,但经过长时间卤制后鸡胸肉和鸡腿肉水分含量显著降低( $P < 0.05$ ),这是因为刚开始卤制,鸡肉温度逐步升高,但卤水也会进入肉中,所以初卤与油炸后的鸡肉水分

含量差异不显著。但随着卤制温度的升高,肉中蛋白变性,保水性变差,从而造成其水分含量降低<sup>[18]</sup>;杀菌后与卤制后的产品相比,鸡胸肉和鸡腿肉水分含量均无显著性差异( $P > 0.05$ )。同一工序下的鸡胸肉和鸡腿肉水分含量的差异可能是因为两种肉中肌肉纤维的紧密程度不同,导致其水分含量不同。

灰分是反映肉中无机盐成分含量的重要指标。由表1可知,与生鲜鸡肉相比,油炸后鸡胸肉和鸡腿肉灰分含量无显著性差异( $P > 0.05$ );与生鲜和油炸鸡肉相比,初卤、卤制后鸡胸肉和鸡腿肉灰分含量显著增加( $P < 0.05$ ),这是因为卤汤中的食盐等物质通过传质作用进入肉中,这与卤制过程中食盐含量显著增加相一致( $P < 0.05$ )。与卤制工艺相比,杀菌后鸡胸肉和鸡腿肉灰分含量均增加,这可能是骨髓中的食盐及矿物质等渗透进入肉中,导致其肉中灰分含量增加。

由表1可知,鸡胸肉的蛋白质含量始终高于鸡腿肉。与新鲜鸡肉相比,各加工工序的鸡肉中蛋白质含量均显著较高( $P < 0.05$ ),这可能与各加工工序造成鸡肉水分含量降低从而使蛋白质相对含量增加。卤制后鸡肉的蛋白质含量增高,虽然有报道认为,卤制过程中,蛋白质会水解生成中间产物,又进一步分解产生小分子氨基酸<sup>[19]</sup>,部分氨基酸溶解到卤汤中,会造成蛋白质含量下降。但由于随着鸡肉温度逐步上升,蛋白开始凝固,使肉保水性下降,鸡肉中水分含量下降,从而使蛋白质含量相对增加<sup>[20]</sup>。与卤制工艺相比,杀菌后鸡胸肉和鸡腿肉蛋白质含量呈下降趋势( $P > 0.05$ ),这是因为肉中的可溶性蛋白质在高温高压条件下降解成小分子物质而减少,这与彭婷婷<sup>[9]</sup>研究扒鸡杀菌时蛋白质含量降低的趋势一致。

由表1可知,与生鲜鸡肉相比,油炸后鸡胸肉和鸡腿肉的脂肪含量显著增加( $P < 0.05$ ),这是因为高温油炸使肉中的水分流失,以及油渗透进入肉中导致脂肪含量的增加。初卤后鸡胸肉和鸡腿肉的脂肪含量显著增加并达到最大值( $P < 0.05$ ),卤制后和杀菌后鸡胸肉和鸡腿肉脂肪含量下降( $P > 0.05$ ),这是肉中的结缔组织受热收缩,细胞膜破裂,导致脂肪溶出<sup>[21]</sup>。杀菌后鸡胸肉和鸡腿肉的脂肪含量显著高于

表1 符离集烧鸡加工过程中主要成分变化

Table 1 Changes of proximate composition in Fuliji braised chicken during processing stages

项目	加工过程	水分	灰分	蛋白质	脂肪
鸡胸肉 (CB)	生鲜鸡 RC	71.43 ± 2.67 <sup>a</sup>	1.34 ± 0.06 <sup>b</sup>	25.44 ± 1.19 <sup>c</sup>	1.02 ± 0.17 <sup>c</sup>
	油炸鸡 FR	66.50 ± 1.47 <sup>b</sup>	1.23 ± 0.05 <sup>b</sup>	27.27 ± 1.03 <sup>b</sup>	5.99 ± 1.28 <sup>b</sup>
	初卤鸡 IBC	64.05 ± 2.15 <sup>b</sup>	2.30 ± 0.23 <sup>a</sup>	27.07 ± 1.02 <sup>b</sup>	7.85 ± 0.64 <sup>a</sup>
	卤制鸡 BC	62.77 ± 0.71 <sup>c</sup>	2.31 ± 0.05 <sup>a</sup>	29.60 ± 1.05 <sup>a</sup>	5.64 ± 0.37 <sup>b</sup>
	杀菌鸡 SC	62.28 ± 1.45 <sup>c</sup>	2.42 ± 0.11 <sup>a</sup>	28.96 ± 1.27 <sup>a</sup>	7.23 ± 0.28 <sup>a</sup>
鸡腿肉 (CL)	生鲜鸡 RC	73.71 ± 0.94 <sup>a</sup>	1.28 ± 0.05 <sup>c</sup>	21.20 ± 0.86 <sup>d</sup>	2.10 ± 0.28 <sup>c</sup>
	油炸鸡 FR	68.62 ± 2.83 <sup>b</sup>	1.16 ± 0.03 <sup>c</sup>	23.52 ± 1.37 <sup>c</sup>	6.17 ± 0.87 <sup>b</sup>
	初卤鸡 IBC	66.34 ± 2.10 <sup>b</sup>	1.98 ± 0.15 <sup>b</sup>	22.93 ± 1.12 <sup>c</sup>	8.57 ± 1.74 <sup>a</sup>
	卤制鸡 BC	62.20 ± 1.31 <sup>c</sup>	2.70 ± 0.09 <sup>a</sup>	26.37 ± 2.37 <sup>a</sup>	6.71 ± 0.57 <sup>b</sup>
	杀菌鸡 SC	62.14 ± 0.96 <sup>c</sup>	2.94 ± 0.10 <sup>a</sup>	25.86 ± 0.39 <sup>b</sup>	8.90 ± 0.53 <sup>a</sup>

注: 同列数值上标不同字母表示在0.05水平差异显著( $P < 0.05$ )。

生鲜鸡肉,这是由于脂肪在热力作用降解小分子物质<sup>[22]</sup>。

## 2.2 pH的变化

pH是反应肉制品品质的重要指标之一,其大小主要取决于肉及卤汤中乳酸的含量<sup>[23]</sup>。由图1可知,鸡胸肉和鸡腿肉的pH在卤制后达到最大值,杀菌后又下降的趋势。油炸后鸡胸肉和鸡腿肉的pH与生鲜鸡相比均无显著性差异( $P > 0.05$ ),这是因为油炸时瞬间的高温在鸡皮表面形成较为松散的一层油膜起一定的阻挡作用<sup>[24]</sup>。初卤和卤制后鸡胸肉和鸡腿肉的pH升高,这可能是高温条件下蛋白质束缚了肉中的水分,导致pH升高<sup>[8]</sup>,杀菌后pH显著( $P < 0.05$ )降低,这可能是高温条件下肉中的糖分发生分解成小分子的酸性物质,这与杀菌后产品糖分含量降低相一致。鸡胸肉的pH鸡腿肉间的差异可能是不同部位的鸡肉其保水性存在差异<sup>[25]</sup>。

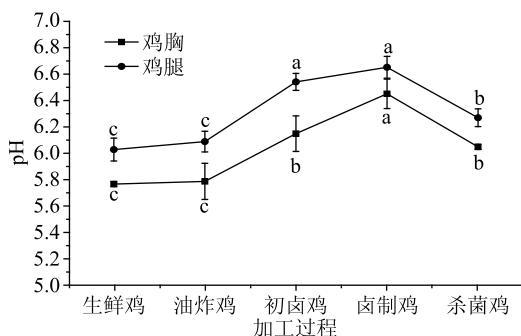


图1 符离集烧鸡加工过程中pH的变化

Fig.1 Changes of pH value in Fuliji braised chicken during processing

注:不同字母表示在0.05水平差异显著( $P < 0.05$ );图2~图4同。

## 2.3 剪切力的变化

肉的嫩度由肉中各种蛋白质含量及其结构特性决定<sup>[26]</sup>,作为评定肉品质的重要指标之一,通常使用剪切力表示,剪切力值越小,说明肉的嫩度也就越好<sup>[27]</sup>。由图2可知,鸡胸肉和鸡腿肉剪切力值油炸后显著减少( $P < 0.05$ ),油炸时在肉表面形成一层薄膜,阻止肉中水分的流失,从而改善了肉质的嫩度。初卤后鸡胸肉和鸡腿肉的剪切力值显著增加( $P < 0.05$ ),这可能是因为初卤时鸡肉内的肌纤维发生收缩,导致肉质嫩度变大。卤制后剪切力值降低是因为长时间加热使肉中的肌原纤维发生断裂<sup>[28]</sup>,导致鸡胸肉和鸡腿肉剪切力降低,即提高了肉质的嫩度。

## 2.4 食盐含量的变化

食盐作为常用的调味剂,可以改善肉质的风味,有效抑制某些微生物的生长<sup>[29]</sup>,还可以加速蛋白质水解、脂质的氧化分解,改善肉的嫩度和持水力<sup>[30]</sup>。油炸后鸡胸肉和鸡腿肉食盐含量无显著差异( $P > 0.05$ ),初卤和卤制后鸡胸肉和鸡腿肉食盐含量显著增加( $P < 0.05$ ),这是因为卤汤中有食盐的加入,食盐从高浓度的卤汤中渗透到低浓度的鸡肉中;杀菌后鸡胸肉和鸡腿肉中氯化钠含量增加( $P > 0.05$ ),这是由于在高温高压条件下,骨髓中的食盐通过传质

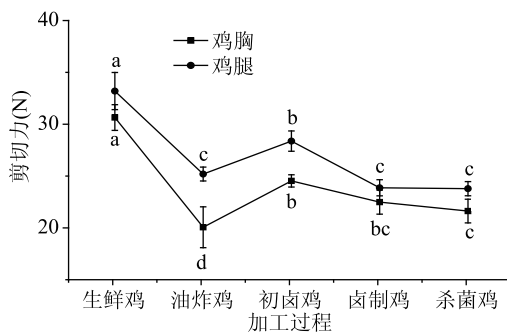


图2 符离集烧鸡加工过程中剪切力的变化

Fig.2 Changes of shear force value in Fuliji braised chicken during processing

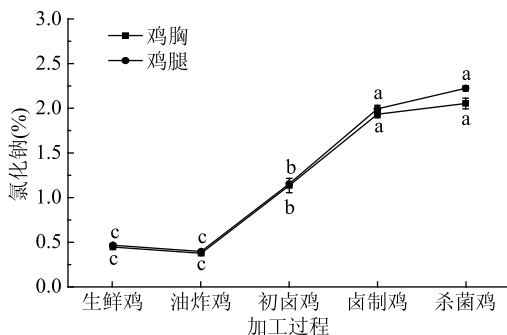


图3 符离集烧鸡加工过程中NaCl含量的变化

Fig.3 Changes of NaCl contents in Fuliji braised chicken during processing

作用渗透进入肉中,导致其食盐含量略有增加。

## 2.5 总糖含量的变化

由图4可知,鸡胸肉和鸡腿肉的总糖在油炸后显著增加( $P < 0.05$ ),并达到峰值,这是因为符离集烧鸡在油炸前有一道涂饴糖工艺,即用饴糖涂抹鸡身,糖类在高温作用下发生焦糖化<sup>[31]</sup>反应,形成烧鸡独特风味。初卤后鸡胸肉和鸡腿肉的总糖含量显著降低( $P < 0.05$ ),这是因为鸡肉中的还原糖与蛋白质中的氨基酸发生美拉德反应,使鸡皮色泽变得金黄诱人,同时产生具有挥发性的风味物质,造成糖分的流失<sup>[18]</sup>,也可能是鸡肉中总糖通过传质作用渗透进入卤汤中;卤制后鸡胸肉和鸡腿肉总糖含量下降,总糖含量趋于平衡,这是因为肉中的总糖和汤中的总糖达到平衡,这与刘登勇等<sup>[18]</sup>认为的长时间卤制肉和

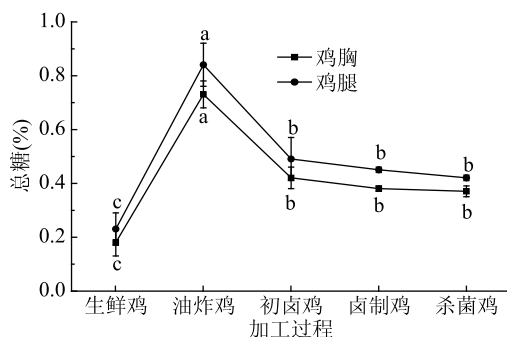


图4 符离集烧鸡加工过程中总糖的变化

Fig.4 Changes of sugar contents in Fuliji braised chicken during processing

表2 符离集烧鸡过程中的氨基酸含量的变化(%)

Table 2 Changes of amino acids composition in Fuliji braised chicken during processing stages (%)

项目	生鲜 RC	油炸 FC	初卤 IBC	卤制 BC	杀菌 SC	FAO/WHO/UNU 成人(婴儿)
必需氨基酸(EAAs)						
苏氨酸(Thr)	4.75 ± 0.04 <sup>b</sup>	4.77 ± 0.03 <sup>b</sup>	4.85 ± 0.03 <sup>a</sup>	4.89 ± 0.01 <sup>a</sup>	4.96 ± 0.01 <sup>a</sup>	2.3(2.5)
缬氨酸(Val)	4.77 ± 0.09 <sup>b</sup>	4.86 ± 0.02 <sup>b</sup>	5.11 ± 0.01 <sup>a</sup>	5.20 ± 0.05 <sup>a</sup>	5.24 ± 0.02 <sup>a</sup>	3.9(4.0)
蛋氨酸(Met)	2.79 ± 0.17 <sup>a</sup>	2.82 ± 0.07 <sup>a</sup>	2.73 ± 0.09 <sup>a</sup>	2.79 ± 0.07 <sup>a</sup>	2.74 ± 0.08 <sup>a</sup>	2.2(2.4)
异亮氨酸(Ile)	4.64 ± 0.03 <sup>a</sup>	4.58 ± 0.04 <sup>b</sup>	4.68 ± 0.01 <sup>a</sup>	4.76 ± 0.03 <sup>a</sup>	4.85 ± 3.43 <sup>a</sup>	3.0(3.1)
亮氨酸(Leu)	8.53 ± 0.15 <sup>a</sup>	8.29 ± 0.00 <sup>a</sup>	8.16 ± 0.20 <sup>a</sup>	8.17 ± 0.18 <sup>a</sup>	8.23 ± 0.26 <sup>a</sup>	3.8(4.1)
苯丙氨酸(Phe)	4.21 ± 0.15 <sup>a</sup>	4.07 ± 0.00 <sup>a</sup>	4.20 ± 0.04 <sup>a</sup>	4.19 ± 0.02 <sup>a</sup>	4.20 ± 0.05 <sup>a</sup>	5.9(6.1)
赖氨酸(Lys)	9.10 ± 0.20 <sup>a</sup>	8.92 ± 0.00 <sup>ab</sup>	8.61 ± 0.29 <sup>ab</sup>	8.48 ± 0.23 <sup>ab</sup>	8.59 ± 0.24 <sup>ab</sup>	4.5(4.8)
组氨酸(His)	3.36 ± 0.02 <sup>b</sup>	3.57 ± 0.12 <sup>a</sup>	2.82 ± 0.03 <sup>c</sup>	2.82 ± 0.03 <sup>c</sup>	2.79 ± 0.02 <sup>c</sup>	1.5(1.6)
色氨酸(Trp)	ND	ND	ND	ND	ND	0.6(0.7)
总必需氨基酸	42.14 ± 0.48 <sup>a</sup>	41.86 ± 0.12 <sup>a</sup>	41.16 ± 0.61 <sup>a</sup>	41.30 ± 0.32 <sup>a</sup>	41.59 ± 0.51 <sup>a</sup>	27.7(29.3)
非必需氨基酸(NEAAs)						
天冬氨酸(Asp)	9.53 ± 0.47 <sup>b</sup>	9.86 ± 0.02 <sup>ab</sup>	10.36 ± 0.01 <sup>a</sup>	10.29 ± 0.22 <sup>a</sup>	10.42 ± 0.13 <sup>a</sup>	
丝氨酸(Ser)	4.07 ± 0.02 <sup>a</sup>	4.10 ± 0.01 <sup>a</sup>	4.08 ± 0.07 <sup>a</sup>	4.14 ± 0.04 <sup>a</sup>	4.18 ± 0.05 <sup>a</sup>	
谷氨酸(Glu)	17.11 ± 0.01 <sup>a</sup>	16.53 ± 0.00 <sup>a</sup>	16.31 ± 0.27 <sup>a</sup>	16.82 ± 0.41 <sup>a</sup>	16.73 ± 0.52 <sup>a</sup>	
甘氨酸(Gly)	4.28 ± 0.09 <sup>a</sup>	4.64 ± 0.03 <sup>a</sup>	4.73 ± 0.52 <sup>a</sup>	4.32 ± 0.05 <sup>a</sup>	4.28 ± 0.20 <sup>a</sup>	
丙氨酸(Ala)	5.98 ± 0.02 <sup>a</sup>	6.05 ± 0.00 <sup>a</sup>	5.90 ± 0.01 <sup>a</sup>	6.01 ± 0.15 <sup>a</sup>	6.03 ± 0.08 <sup>a</sup>	
半胱氨酸(Cys)	1.04 ± 0.10 <sup>a</sup>	1.07 ± 0.14 <sup>a</sup>	1.20 ± 0.00 <sup>a</sup>	1.14 ± 0.02 <sup>a</sup>	1.16 ± 0.03 <sup>a</sup>	
酪氨酸(Tyr)	3.67 ± 0.05 <sup>ab</sup>	3.58 ± 0.02 <sup>b</sup>	3.73 ± 0.00 <sup>a</sup>	3.72 ± 0.03 <sup>a</sup>	3.70 ± 0.05 <sup>a</sup>	
精氨酸(Arg)	6.65 ± 0.05 <sup>a</sup>	6.71 ± 0.04 <sup>a</sup>	6.48 ± 0.06 <sup>a</sup>	6.30 ± 0.33 <sup>a</sup>	6.38 ± 0.31 <sup>a</sup>	
脯氨酸(Pro)	3.88 ± 0.08 <sup>a</sup>	4.16 ± 0.01 <sup>a</sup>	4.27 ± 0.29 <sup>a</sup>	3.96 ± 0.04 <sup>a</sup>	3.73 ± 0.46 <sup>a</sup>	
总非必需氨基酸	56.21 ± 0.41 <sup>b</sup>	56.70 ± 0.21 <sup>ab</sup>	57.05 ± 0.39 <sup>a</sup>	56.69 ± 0.07 <sup>ab</sup>	56.60 ± 0.15 <sup>ab</sup>	
非氨基酸 (NH <sub>3</sub> )	1.65 ± 0.07 <sup>a</sup>	1.45 ± 0.10 <sup>a</sup>	1.79 ± 0.22 <sup>a</sup>	2.01 ± 0.26 <sup>a</sup>	1.81 ± 0.66 <sup>a</sup>	
(TEAAs)/(TNEAAs)(%)	74.98 ± 1.41 <sup>a</sup>	73.83 ± 0.48 <sup>a</sup>	72.14 ± 1.55 <sup>a</sup>	72.86 ± 0.65 <sup>a</sup>	73.48 ± 0.71 <sup>a</sup>	

注:同行数值上标不同字母表示在 0.05 水平差异显著( $P < 0.05$ );“ND”表示未检出。

汤中的总糖含量变趋势化与平衡相一致。

## 2.6 氨基酸含量的变化

氨基酸是衡量食品营养品质的指标之一,研究表明<sup>[9]</sup>卤制对肉样中氨基酸含量影响较大。符离集烧鸡加工过程中共检出 17 种氨基酸(表 2),色氨酸在检测时加入盐酸条件下极易被破坏而未检出;其中谷氨酸、天冬氨酸、亮氨酸、赖氨酸是最主要的氨基酸,谷氨酸的含量最高,半胱氨酸的含量最低。甘氨酸、丙氨酸、丝氨酸、脯氨酸呈甜味,天冬氨酸、谷氨酸本身有酸味,与肉中的谷氨酸钠作用而呈现鲜味,这六种氨基酸为风味氨基酸<sup>[32-33]</sup>。肉中风味氨基酸的组成和含量影响肉味道的鲜美程度<sup>[34]</sup>。烧鸡加工过程中均检出了 8 种人体必需氨基酸,除苯丙氨酸外,成品烧鸡中必需氨基酸构成均高于 FAO/WHO/UNU 推荐含量,可见烧鸡具有较高的营养价值。

烧鸡加工过程中氨基酸含量减少,这可能是高温氨基酸发生氧化,导致氨基酸含量的降低。Chamila 等<sup>[35]</sup>研究发现:加工过程中热处理显著影响氨基酸的稳定性,其中主要通过氧化作用;也可能是由于水溶性的氨基酸<sup>[36]</sup>通过传质作用渗透到卤汤中,或蛋白质和小分子肽降解<sup>[37]</sup>;部分氨基酸与还原

糖发生 Maillard 反应生成小分子物质,从而导致其含量有所下降,同时形成烧鸡独特的风味。初卤时氨基酸含量显著( $P < 0.05$ )增加,这可能是初卤时鸡肉的温度逐渐升高,蛋白质水解成小分子的氨基酸,且此时氨基酸未发生氧化,导致其含量的增加。杀菌时氨基酸含量的增加也是在热力作用下,蛋白质发生降解,但是此时的降解产生氨基酸保留在鸡肉组织中并未流失。

## 3 结论

符离集烧鸡是我国传统特色肉制品,具有较高的营养价值,深受消费者的喜爱。符离集烧鸡加工后,鸡胸肉和鸡腿肉的水分含量显著下降,剪切力显著下降,烧鸡的嫩度得到改善( $P < 0.05$ ),灰分、蛋白质、脂肪以及食盐含量显著增加( $P < 0.05$ ),成品烧鸡营养品质得到明显改善。卤制后 pH 达到最大值,杀菌后降低。油炸后肉中总糖含量显著增加( $P < 0.05$ ),初卤和卤制后鸡肉中总糖和氨基酸肉中的肉中的氨基酸与总糖中的还原糖发生 Maillard 反应,形成符离集烧鸡金黄的色泽和独特的风味。综合各营养和理化品质的变化,可以看出烧鸡卤制工艺对其营养品质影响较大,杀菌保证了产品安全性的同时,对其营养及理化品质无不利影响。本研究结果可为

产品的后期改良及其现代化和标准化生产提供参考依据。

### 参考文献

- [1] 章薇,许月英,杨家军,等.饲养模式对符离集烧鸡品质的影响[J].中国家禽,2014(18):23-26.
- [2] 朱启祥.符离集烧鸡的来历[J].中国土特产,1997(6):38.
- [3] 吕永平,彭增起,来景辉,等.不同包装材料和高温巴氏杀菌对符离集烧鸡货架期影响的研究[J].宿州学院学报,2013(1):77-81.
- [4] 章薇,熊国远,董井云,等.符离集烧鸡加工过程中微生物危害的关键控制点分析及控制[J].肉类工业,2016(1):41-45.
- [5] 熊国远,刘源,高韶婷,等.符离集烧鸡加工过程中挥发性风味成分变化研究[J].南京农业大学学报,2014(6):103-110.
- [6] 邵斌.传统烧鸡中9种杂环胺类化合物形成规律研究[D].南京:南京农业大学,2012.
- [7] 鲁松涛.道口烧鸡风味与品质形成机理初探[D].郑州:河南农业大学,2011.
- [8] 刘登勇,王南,张庆永,等.德州扒鸡加工过程中基本营养指标变化规律研究[J].食品工业科技,2016(12):122-126.
- [9] 彭婷婷,张春江,张泓,等.扒鸡加工过程中主要营养成分的动态变化[J].食品工业科技,2016,37(6):109-113,118.
- [10] 吕永平.包装和杀菌方式对符离集烧鸡货架期影响的研究[D].南京:南京农业大学,2012.
- [11] GB 5009.5-2016 食品安全国家标准 食品中蛋白质的测定[S].北京:中国标准出版社,2016.
- [12] GB 5009.6-2016 食品安全国家标准 食品中脂肪的测定[S].北京:中国标准出版社,2016.
- [13] GB 5009.3-2016 食品安全国家标准 食品中水分的测定[S].北京:中国标准出版社,2016.
- [14] GB 5009.4-2016 食品安全国家标准 食品中灰分的测定[S].北京:中国标准出版社,2016.
- [15] GB 5009.44-2016 食品安全国家标准 食品中氯化物的测定[S].北京:中国标准出版社,2016.
- [16] GB/T 9695.31-2008 肉制品总糖含量测定[S].北京:中国标准出版社,2008.
- [17] 朱丹实,吴晓菲,刘贺,等.水分对生鲜肉品质影响[J].食品工业科技,2013,34(16):363-366.
- [18] Liu D, Li S, Wang N, et al. Evolution of taste compounds of dezhou-braised chicken during cooking evaluated by chemical analysis and an electronic tongue system[J]. Journal of Food Science, 2017, 82(5):1076-1082.
- [19] Oroszvari B K, Rocha C S, Sjöholm L. Permeability and mass transfer as a function of the cooking temperature during the frying of beef burgers[J]. Journal of Food Engineering, 2006(5):1-12.
- [20] 周婷,陈霞,刘毅,等.加热处理对北京油鸡和黄羽肉鸡质构以及蛋白特性的影响[J].食品科学,2007(12):74-77.
- [21] Nicole F Nyquist, Rune Rødbotten, Magny Thomassen, et al. Chicken meat nutritional value when feeding red palm oil, palm oil or rendered animal fat in combinations with linseed oil, rapeseed oil and two levels of selenium[J]. Lipids in Health and Disease, 2013, 12(1):69.
- [22] Domínguez R, Gómez M, Fonseca S, et al. Effect of different cooking methods on lipid oxidation and formation of volatile compounds in foal meat [J]. Meat Science, 2014, 97(2):223-230.
- [23] Kim K H, Kim Y S, Lee Y K, et al. Postmortem muscle glycolysis and meat quality characteristics of intact male Korean native (Hawoo) cattle[J]. Meat Science, 2000:47-52.
- [24] 王喜群,王明金.牦牛肉营养成分分析与研究[J].肉类研究,2006(5):24-26.
- [25] 丛恕增,曲莉,王瑛,等.肉的pH与肉制品的系水性[J].肉品卫生,1994(10):22-23.
- [26] 展跃平.苏牧鸭与樱桃谷鸭、番鸭的屠宰性状及肉质特性比较研究[D].南京:南京农业大学,2006.
- [27] 李超,徐为民,王道营,等.加热过程中肉嫩度变化的研究[J].食品科学,2009,30(11):262-265.
- [28] 汤晓艳,周光宏,徐幸莲,等.钙离子溶液浸泡处理对牛肉肌原纤维的影响[J].南京农业大学学报,2004(3):95-98.
- [29] 隋志方.肉制品中氯化钠含量的检测方法[J].肉类工业,2011(10):41-42.
- [30] Desmond E. Reducing salt: A challenge for the meat industry[J]. Meat Science, 2006(74):188-196.
- [31] 靳纪培,刘景.美拉德和焦糖化产物对下面发酵啤酒氧化反应的影响[J].啤酒科技,2007(7):59-63.
- [32] 刘静怡,陈季旺,夏文水,等.风干武昌鱼的营养及挥发性成分[J].食品科学,2015,36(18):80-84.
- [33] Lee Y L, Jian S Y, Mau J L. Composition and non-volatile taste components of *Hypsizigus marmoratus* [J]. LWT - Food Science and Technology, 2009, 42(2):594-598.
- [34] 马现永,周桂莲,林映才,等.饲料中添加谷氨酸钠对黄羽肉鸡生长性能及肉品风味的影响[J].动物营养学报,2011(3):410-416.
- [35] Chamila Nimalaratne, Andreas Schieber, Jianping Wu. Effects of storage and cooking on the antioxidant capacity of laying hen eggs[J]. Food Chemistry, 2016, 194:111-116.
- [36] Nikola D, Shyang - Chwen S, Hsieh Y P. Quantitative detection of poultry in cooked meat products[J]. Journal of Food Science, 2005, 70(9):C586-C593.
- [37] Zhang Jinjie, Yao Yanjia, Ye Xingqian, et al. Effect of cooking temperatures on protein hydrolysates and sensory quality in crucian carp (*Carassius auratus*) soup[J]. J Food Sci Technol, 2013, 50(3):542-548.
- [38] Prigent S V E, Voragen A G J, Visser A, et al. Covalent interactions between proteins and oxidation products of caffeoylquinic acid (chlorogenic acid) [J]. Journal of the Science of Food and Agriculture, 2007, 87(13):2502-2510.
- [39] Rice-Evans C A, Miller J, Paganga G. Antioxidant properties of phenolic compounds[J]. Trends in Plant Science, 1997, 2(4):152-159.
- [40] Strauss G, Gibson S A. Plant phenolics as cross-linkers of gelatin gels and gelatin-based coacervates for use as food ingredients[J]. Food Hydrocolloids, 2004, 18(1):81-89.

(上接第46页)