

大盘鸡炒炖加工过程中蛋白质降解和微观结构变化

Changes of proteolysis and microstructure of Dapanji during the stir-fried and stewed processing

赵电波^{1,2}栗俊广^{1,2}柳红莉³白艳红^{1,2}ZHAO Dian-bo^{1,2} LI Jun-guang^{1,2} LIU Hong-li³ BAI Yan-hong^{1,2}

(1. 郑州轻工业大学食品与生物工程学院, 河南 郑州 450001; 2. 河南省冷链食品质量与安全控制重点实验室, 河南 郑州 450001; 3. 大连工业大学食品学院, 辽宁 大连 116034)

(1. College of Food and Biological Engineering, Zhengzhou University of Light Industry, Zhengzhou, Henan 450001, China; 2. Henan Key Laboratory of Cold Chain Food Quality and Safety Control, Zhengzhou, Henan 450001, China; 3. School of Food Science and Technology, Dalian Polytechnic University, Dalian, Liaoning 116034, China)

摘要:目的:为大盘鸡的工艺改进及工业化标准化生产提供指导。方法:采用智能炒制机模拟传统炒炖工艺制作大盘鸡,用氨基酸分析仪对鸡肉炒炖加工过程中的游离氨基酸进行测定、用凯氏定氮法测定总氮和非蛋白氮的含量、用 SDS-PAGE 和扫描电镜对鸡肉炒炖加工过程中肌纤维蛋白降解及微观结构的改变进行了研究。结果:大盘鸡成品中游离氨基酸、必需氨基酸和呈味氨基酸的含量比原料鸡肉分别增加了 48.63%, 53.78%, 55.78%, 含量分别高达 30.38, 12.61, 13.74 g/100 g; 大盘鸡成品中总氮(TN)和非蛋白氮(NPN)含量比原料鸡肉均显著降低($P < 0.05$)。SDS-PAGE 图谱显示,原料经炖炒阶段处理后加剧了分子量为 97 kDa 和分子量为 15~25 kDa 的蛋白的降解;炒制和炖炒过程中鸡肉的肌球蛋白重链发生降解并形成分子量为 47, 55, 60 kDa 的降解产物。经扫描电镜结构表征,与炒制后的半成品相比,炖炒加工后鸡肉肌膜发生可见溶解,肌纤维组织结构紧实。结论:应用智能炒制机制作大盘鸡,不但可以保持传统感官品质和风味,而且可以缩短加工时间,提高工作效率。

关键词:大盘鸡;炒制;炒炖;蛋白质降解;微观结构

Abstract: Objective: It was expected to provide guidance for the improvement of production technology and standardization of in-

dustrial production of dapanji. **Methods:** The intelligent frying machine was used to make Dapanji according to the traditional frying and stewing technique. The contents of free amino acid were measured by amino acid analyzer, Kjeldahl method was used to measure the content of total nitrogen and non-protein nitrogen, the degradation of myofibrillar protein and the transform of microstructure in Dapanji during the stir-fried and stewed processing were investigated by the SDS-PAGE and Scanning electron microscope. **Results:** The results indicated that the content of free amino acids, essential amino acids and flavored amino acids in the finished Dapanji were 48.63%, 53.78% and 55.78%, respectively, which were higher than that of the raw chicken, and the contents were as high as 30.38, 12.61 and 13.74 g/100 g, respectively. The contents of total nitrogen (TN) and non-protein nitrogen (NPN) in the finished Dapanji were significantly reduced ($P < 0.05$) compared with the raw chicken. Compared to the stir-frying processing, the degree of degradation of myofibrillar protein (molecular weight 97 kDa) and protein (molecular weight 15~25 kDa) were increased after the stewing treatment, which was shown in SDS-PAGE. The protein band of molecular weights 47, 55 and 60 kDa were found in SDS-PAGE after the chicken were stir-fried and stewed, indicating that the heavy chains of myosin in the chicken were degraded. The results of scanning electron microscope showed that the sarcolemma dissolved and fiber tissue structure was tight in during the stir-fried and stewed processing. **Conclusion:** Dapanji was made by using the intelligent frying machine, which not only maintained the traditional sensory quality and flavor, but also shorten the processing time and im-

基金项目:“十三五”国家重点研发计划重点专项(编号: 2016YFD0400403)

作者简介:赵电波(1975—),男,郑州轻工业大学副教授,硕士。
E-mail: zhaodb212@163.com

收稿日期:2021-07-22

proved the work efficiency.

Keywords: Dapanji; stir-fired and stewed processing; proteolysis; microstructure

鸡肉蛋白富含人体必需氨基酸,且种类齐全、比例均衡,具有较高的营养价值。肉与肉制品中的蛋白质不仅是主要营养物质的来源,也是形成产品品质(质构、风味和色泽)的物质基础。经加热处理后,肌肉蛋白质发生降解,产生一系列多肽、短肽、游离氨基酸、核苷酸、核苷等风味物质^[1]。目前中国对于传统鸡肉制品的研究主要集中于加工方式的改进^[2-3]、产品品质的改善^[4-5]、贮藏与保鲜^[6]、加工过程中有害物质的控制^[7]、挥发性风味物质的成分分析及风味、滋味的呈现与保持^[8]。有研究^[9]表明,肌肉中蛋白质的降解、非蛋白氮(non-protein nitrogen, NPN)和游离氨基酸含量的变化对风味的形成具有重要作用。

大盘鸡是具代表性的中华传统炒制类鸡肉菜肴,以其独特的风味和良好的营养价值享誉海内外,深受消费者喜爱^[5]。传统的大盘鸡制作方法是先炒制再炖炒,具有色泽鲜艳、爽滑麻辣、味道鲜美的特点。然而,以手工制作为主的大盘鸡,机械化程度低,没有形成标准化、工业化产品,市场流通量较小,产品附加值低。目前,智能烹饪已进入快速发展阶段,研究^[5]表明,采用智能炒制方式制作的大盘鸡与传统手工制作在感官品质和质构方面无显著差异,但智能炒制方式能更好地保持大盘鸡的风味。研究拟采用智能炒制机模拟传统大盘鸡炒炖工艺,以制作大盘鸡的原料肉、炒制后的半成品和炖炒后的成品为研究对象,测定不同加工工序样品中游离氨基酸、不同氮含量并分析蛋白降解和微观结构的变化,以期为大盘鸡的工艺改进及工业化标准化生产提供指导或技术支持。

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

黄羽肉鸡冷鲜鸡脯肉:屠宰后 24~48 h,市售;

大豆油、精制盐、白砂糖、花椒、八角、干红椒、大葱、生姜:郑州市某大型超市;

化学试剂均为常用分析纯;

智能炒制机:郑州轻工业大学试制;

氨基酸自动分析仪:835-50 型,日本日立公司;

半自动凯氏定氮仪:K9840 型,中国海能公司;

高速分散器:XHF-D 型,宁波新芝生物科技股份有限公司;

高速冷冻离心机:TGL-20KR 型,上海安亭科学仪器有限公司;

数显恒温水浴锅:HH.S4 型,金坛市医疗器械厂;

真空冷冻干燥机:Lab-1-50 型,北京博医康实验仪器

有限公司;

扫描电子显微镜:JSM-7001F 型,日本 JEOL 公司。

1.2 方法

1.2.1 原料肉的处理及样品制备 将黄羽肉鸡冷鲜鸡脯肉经净水清洗后,分割成长×宽×厚约为 3.5 cm×3.5 cm×3.5 cm 的鸡块,待用。结合前期感官评价结果,原料及调味料配比:原料肉 100 g、大豆油 6 g、白砂糖 3 g、生姜 1.5 g、花椒 0.4 g、八角 0.2 g、干辣椒 1.2 g、盐 1.4 g、水 21 g、大葱段 8 g。

智能炒制:智能炒制机预热后,依次按上述配比加入大豆油、白砂糖、鸡肉,炒制 6 min;再加入生姜、花椒、八角、干辣椒、食盐、大葱段和水,炖炒 10 min 后,成品出锅。

1.2.2 样品采集 在原料肉、炒制后、炖炒后(成品)3 个关键工序处取样,捞出鸡脯肉块,除去表面杂物,吸水纸吸掉表面汤汁,冷却至室温,待测。

1.2.3 氨基酸的测定 采用氨基酸分析仪^[10],试验重复 3 次,结果取平均值。

1.2.4 蛋白质水解指数(PI)的测定

(1) 总氮(TN)含量测定:采用凯氏定氮法^[11]。

(2) 非蛋白氮(NPN)含量测定:参照邹良亮等^[12]的方法并作适当修改,取 3 g 左右(精确到 0.001 g)样品,加入 25 mL 体积分数为 10% 的三氯乙酸溶液,冰水浴高速匀浆(10 000 r/min),每次 18 s,匀浆 3 次,4 ℃ 条件下静置 12 h;于 10 000 r/min 条件下冷冻离心 15 min,取上清液过滤并定容至 25 mL,取 2 mL 进行消化用凯氏定氮法测定 NPN 含量。

(3) 蛋白质水解指数(PI)计算:参照邹良亮等^[12]的方法,按式(1)计算蛋白水解指数。

$$I = \omega_{\text{NPN}} / \omega_{\text{TN}} \times 100\%, \quad (1)$$

式中:

I ——蛋白水解指数, %;

ω_{NPN} ——非蛋白氮含量, g/100 g;

ω_{TN} ——总氮含量, g/100 g。

1.2.5 肌原纤维蛋白 SDS-PAGE 电泳分析

(1) 肌原纤维蛋白提取:参考 Zhao 等^[13]的方法,并稍作修改。鸡胸肉剔除可见结缔组织和多余脂肪,切成 1~2 cm 小块并绞碎;在 0~4 ℃ 下将均匀绞碎的鸡胸肉(150~180 g)与分离缓冲液(10 mmol/L Na_2HPO_4 / NaH_2PO_4 , 0.1 mmol/L NaCl , 2 mmol/L MgCl_2 , pH 7.0, 4 ℃)按 $m_{\text{鸡胸肉}} : V_{\text{缓冲液}} = 1 : 4$ (g/mL)混合,高速分散器(10 000 r/min)中匀浆 3 次,每次 30 s;所得肉浆用 20 目过滤网(孔径 0.9 mm)过滤得滤液,4 127 r/min 离心 15 min,收集沉淀得到粗肌原纤维蛋白沉淀。将此肌原纤维蛋白沉淀分散在提取液(0.1 mol/L NaCl)中 [$m_{\text{沉淀}} : V_{\text{提取液}} = 1 : 4$ (g/mL)],低速匀浆 30 s(2 000 r/min),4 127 r/min 离心 15 min,重复相同步骤两次,得到纯化

的肌原纤维蛋白放入碎冰屑中并置于 4 ℃ 贮藏备用。

(2) 电泳条件: 参照 Wang 等^[14] 的方法, 并稍作修改。将纯化的肌原纤维蛋白溶于浓度为 0.6 mol/L 的 NaCl 溶液中, 采用双缩脲法测定并调整蛋白质浓度为 10 mg/mL, 分离胶为 12.0%, 浓缩胶为 5.0%, 浓缩胶电压为 80 V, 分离胶电压调整为 110 V; 电泳完成后, 取出胶片在 R-250 染色液中染色 30 min 后, 双蒸水冲洗, 脱色液(甲醇—冰醋酸—双蒸水混合液, 其中 $V_{\text{甲醇}} : V_{\text{冰醋酸}} : V_{\text{双蒸水}} = 100 : 35 : 365$) 中过夜脱色备用。

1.2.6 微观结构分析 参照 Zhao 等^[13] 和李可等^[15] 的方法, 并稍作修改。将样品顺着肌原纤维方向切成长 $\times$ 宽 $\times$ 厚 约为 $2\text{ cm} \times 1\text{ cm} \times 1\text{ cm}$ 的肉块后, 置于 $-85\text{ }^{\circ}\text{C}$ 超低温冰箱中冷冻 2 h 后, 再置于冷冻干燥机中干燥 5 h, 制成厚约 0.1 cm 的肉片并粘台, 最后置于离子溅射装置中喷铂金, 采用扫描电子显微镜观察其微观结构并拍照。

1.2.7 数据处理与分析 试验重复 3 次, 采用 Excel 2010 进行数据统计, 氨基酸含量取 3 次平均值; TN 和 NPN 含量采用 SPSS 17.0 软件进行方差分析和差异显著性检验, 当 $P < 0.05$ 时判定不同处理组之间存在显著差异。

2 结果与分析

2.1 游离氨基酸变化

由表 1 可知, 鸡肉经炒制和炖炒加工后, 所能检测到的氨基酸含量均呈上升趋势。炒制后的半成品和炖炒后的成品中的游离氨基酸含量分别为 27.60, 30.38 g/100 g, 分别比原料肉增加了 35.03%, 48.63%。戚巍威等^[16] 研究认为, 游离氨基酸的增加和减少取决于其形成量和降解量的比值, 大盘鸡中游离氨基酸含量在炒制和炖炒阶段均高于原料肉。这可能是由于加热处理, 使肌肉蛋白在氨肽酶的作用下发生降解生成游离氨基酸, 导致其含量增加^[17]。

原料肉游离氨基酸中含量最高的是谷氨酸, 为 3.32 g/100 g, 占所能检测到总氨基酸含量的 16.24%, 其次是赖氨酸、天冬氨酸、亮氨酸、精氨酸和丙氨酸; 大盘鸡炖炒后的成品中含量最高的也是谷氨酸, 高达 5.02 g/100 g, 占所能检测到总氨基酸含量的 16.52%, 其次是天冬氨酸、赖氨酸、亮氨酸、精氨酸和丙氨酸。

谷氨酸、天冬氨酸、丙氨酸、苯丙氨酸、甘氨酸和酪氨酸 6 种氨基酸是重要的呈味氨基酸^[18]。试验原料肉中这

表 1 大盘鸡加工过程中的氨基酸含量、滋味阈值及滋味特征[†]

Table 1 The contents of amino acids, taste thresholds and characteristics of Dapanji during processing

氨基酸	氨基酸含量/($10^{-2}\text{ g} \cdot \text{g}^{-1}$)			滋味阈值/ ($10^{-2}\text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$)	滋味特征
	原料肉	炒制后半成品鸡肉	炖炒后的成品		
缬氨酸 ^Δ #	1.14	1.52	1.66	150	苦味
蛋氨酸 ^Δ #	0.58	0.78	0.88	30	苦味
异亮氨酸 ^Δ #	1.04	1.38	1.52	90	苦味
亮氨酸 ^Δ #	1.74	2.28	2.50	380	苦味
苯丙氨酸 ^{Δ*} #	0.46	1.34	1.48	150	苦味
色氨酸 ^Δ #	0.22	0.26	0.27	—	—
苏氨酸 ^Δ	0.94	1.24	1.36	260	甜味
赖氨酸 ^Δ	2.08	2.70	2.94	50	苦味/甜味
丙氨酸 [*] #	1.29	1.68	1.85	60	甜味
脯氨酸 [#]	0.74	1.01	1.10	30	甜味/苦味
甘氨酸 [*]	0.97	1.28	1.41	30	甜味
丝氨酸	0.80	1.06	1.14	150	甜味
酪氨酸 [*]	0.74	0.90	1.02	—	—
天冬氨酸 [*]	2.04	2.69	2.96	30	鲜味
谷氨酸 [*]	3.32	4.50	5.02	30	鲜味
组氨酸	0.83	1.00	1.11	20	苦味
精氨酸	1.51	1.98	2.16	10	苦味
必需氨基酸	8.20	11.50	12.61		
非必需氨基酸	12.24	16.10	17.77		
氨基酸总量	20.44	27.60	30.38		

[†] Δ 为必需氨基酸; * 为呈味氨基酸; # 为疏水性氨基酸。

6种呈味氨基酸含量为8.82 g/100 g,占所能检测到总氨基酸含量的43.15%;炒制后的半成品和炖炒后的成品中这6种呈味氨基酸含量分别为12.39,13.74 g/100 g,与原料肉相比,分别增加了40.48%,55.78%。这是由于加工烹饪过程中,鸡肉蛋白受热降解生成呈味游离氨基酸。

炒制后的半成品和炖炒后的成品与原料肉相比,必需氨基酸含量分别增加了40.24%,53.78%;炖炒后的成品中必需氨基酸含量占所能检测到总氨基酸含量的45.23%,高于联合国粮农组织/世界卫生组织(FAO/WHO)推荐的成人理想氨基酸模式(36%)^[18]。说明炒制和炖炒有利于大盘鸡营养价值的提升。炖炒后的成品中疏水性氨基酸(丙氨酸、缬氨酸、蛋氨酸、异亮氨酸、亮氨酸、脯氨酸、苯丙氨酸和色氨酸)比原料肉和炒制后的半成品分别增加了56.17%,9.85%,表明疏水性氨基酸在炒制阶段被优先释放出来,含量增加较多。

作为滋味物质,游离氨基酸不仅具有甜、咸、酸、鲜等多种味道,还可与还原糖发生美拉德反应形成己醛、壬醛、庚醛等醛类物质,或通过Strecker降解形成一些脂类、醇类和酮类物质,而这些物质会进一步与脂类氧化产物进行反应,形成大盘鸡的特有滋味。由表1可知,大盘鸡成品中的各种游离氨基酸含量均高于其滋味阈值,尤其是鲜味氨基酸谷氨酸和天冬氨酸的含量分别是其阈值的167倍和98倍,这可能是提升大盘鸡风味的一个原因。

2.2 含氮物质及蛋白水解指数变化

TN含量、NPN含量及PI的变化可以客观地反映大盘鸡在加工过程中蛋白质的降解。由表2可知,原料肉经炒制后,TN含量有所增加,但不显著($P>0.05$),可能是由于炒制过程中的高温使鸡肉中的水分部分损失,导致TN含量相对增加;在炖炒阶段,水和食盐的加入促使部分盐溶性成分和水溶性含氮物质溶出到大盘鸡汤汁中,再者,炒制阶段产生的游离氨基酸、肽类等与脂肪水解所产生的各种脂肪酸发生反应产生了部分挥发性的含氮物质,造成炖炒后的成品中TN含量比原料肉显著降低($P<0.05$)。

NPN是蛋白质发生降解的重要产物之一,主要包括除蛋白质以外的多肽、短肽、游离氨基酸、核苷酸、核苷等,也是表征蛋白降解的重要指标,其含量的变化会影响肉制品的品质。有研究^[9]表明,蛋白质中降解程度最大的两种组织蛋白为肌浆蛋白和肌原纤维蛋白,这两种组织蛋白降解产生的NPN等成分对肉制品的品质有重要影响。由表2可知,炒制后的半成品NPN含量比原料肉有所增加($P>0.05$),主要是因为炒制时的高温使鸡肉蛋白发生降解,产生多肽、短肽、游离氨基酸、核苷酸、核苷等。炒制后的半成品继续加入食盐和水进行炖炒,而炖炒后的成品中NPN含量比原料肉和炒制后的半成品均显著降低($P<0.05$),可能是由于食盐抑制了肌肉蛋白质

表2 大盘鸡炒炖加工过程中TN、NPN含量及PI的变化[†]

Table 2 Changes of total nitrogen, non-protein nitrogen contents and proteolysis index of Dapanji during the processing of stir-fried and stewed

样品	TN 含量/ ($10^{-2} \text{ g} \cdot \text{g}^{-1}$)	NPN 含量/ ($10^{-2} \text{ g} \cdot \text{g}^{-1}$)	PI
原料肉	3.522±0.185 ^a	0.203±0.007 ^a	5.8
炒制后的半成品	3.552±0.140 ^a	0.210±0.009 ^a	5.9
炖炒后的成品	3.158±0.162 ^b	0.189±0.007 ^b	6.0

[†] 同列小写字母不同表示差异显著($P<0.05$)。

的降解,以及一些水溶性氨基酸和肽类分子转移到大盘鸡汤汁中。有研究^[19-21]表明,食盐的添加会影响肌肉蛋白降解,且随着食盐添加量的增加,蛋白降解逐渐减弱,当食盐添加过多时,会完全抑制蛋白降解。这与试验结果一致。

在大盘鸡整个加工过程中,PI呈上升趋势,说明在炒制和炖炒加工阶段,鸡肉蛋白发生了降解。PI的变化与游离氨基酸的变化相一致,表明炖炒后的成品中,游离氨基酸含量要高于炒制后的半成品。

2.3 肌原纤维蛋白 SDS-PAGE 电泳分析

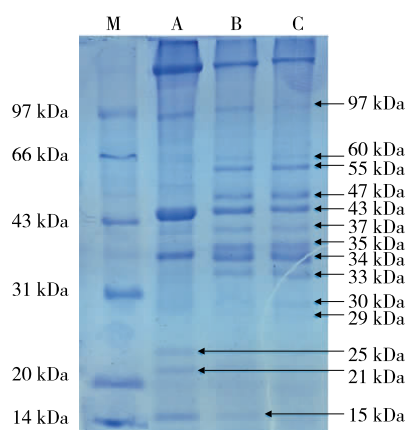
由图1可以看出,原料肉中分子量 >97 kDa的肌原纤维蛋白片段经炒制和炖炒后发生了部分降解;而由炒制后的半成品到炖炒后的成品,该蛋白降解不明显。原料肉中分子量为97 kDa的肌原纤维碎片和15~25 kDa的蛋白谱带(肌球蛋白轻链)颜色变淡、条带变窄甚至消失,表明大盘鸡炒炖加工过程中肌球蛋白发生了降解,其中炒制阶段发生了部分降解,炖炒阶段降解程度进一步加深,部分降解产生的小分子蛋白碎片未在电泳谱带呈现,可能是由于小分子蛋白碎片的分子量比较小,在电泳结束时已经跑出电泳谱带。鸡肉经炒炖加工后,分子量在29~37 kDa的蛋白谱带增多,可能是因为肌球蛋白受热变性,导致肌钙蛋白T脱落。有研究^[22]认为,30 kDa左右的片段是肌钙蛋白T降解的特征产物。34,37 kDa肌联蛋白经炒制和炖炒后仍然存在于样品中且基本未发生降解,且在炒制和炖炒阶段无显著变化,由此可知,34,37 kDa肌联蛋白属于热稳定蛋白,与常亚楠^{[17]5,32}的研究结论一致。原料肉中的G-肌动蛋白(43 kDa),经炒制后电泳谱带颜色变淡、条带变窄,表明G-肌动蛋白经高温炒制后发生部分降解;炒制后的半成品继续炖炒至成品,G-肌动蛋白降解未发生显著变化,表明G-肌动蛋白具有较好的热稳定性,仅次于肌联蛋白。

由图1还可以看出,与原料肉电泳谱带相比,在炒制后的半成品和炖炒后的成品中,出现了47,55,60 kDa的肌原纤维蛋白谱带,可能是因为原料肉经高温炒制后肌球蛋白重链发生了降解。王振宇等^[23]研究表明,当猪肉

中心温度超过 60 ℃ 时, 190~200 kDa 肌球蛋白重链开始降解并出现大量 47 kDa 和部分 60 kDa 的蛋白降解产物。Huang 等^[24]研究发现, 猪肉肌原纤维蛋白中分子量约为 220 kDa 的肌球蛋白重链在温度升至 100 ℃ 时降解显著并出现分子量约为 47~60 kDa 的蛋白降解产物。

2.4 微观结构变化

由图 2 可以看出, 在大盘鸡炒炖加工过程中, 鸡肉的肌纤维结构和肌膜发生了显著变化。与原料肉相比, 炒制过程中原料由于受热而收缩, 肌膜与肌纤维相分离, 肌纤维间缝隙变大, 导致肌纤维组织结构开始变得紧实, 形状呈不规则多边形, 大小不均一; 在炖炒阶段, 水的加入使鸡肉表面温度降低, 随着炖炒时间的延长, 鸡肉的中心温度逐渐升高, 肌肉内部肌原纤维蛋白受热聚集、收缩^[25];



M. 标准蛋白 A. 原料肉 B. 炒制后的半成品 C. 炖炒后的成品

图 1 大盘鸡炒炖加工过程中肌原纤维蛋白 SDS-PAGE 图

Figure 1 SDS-PAGE patterns of myofibril proteins in Dapanji during the processing of stir-fried and stewed

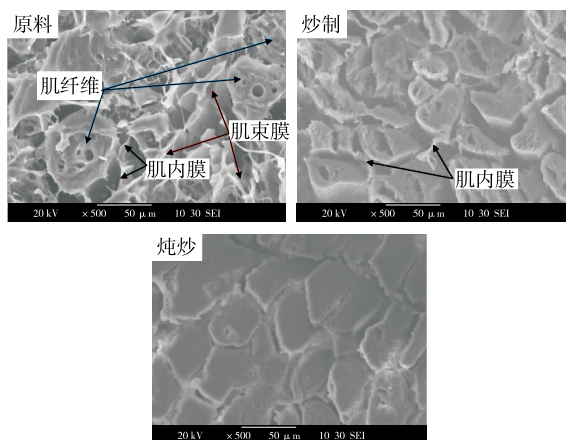


图 2 大盘鸡炒炖加工过程中扫描电镜微观结构图

Figure 2 SEM of Dapanji during the processing of stir-fried and stewed

张立彦等^[26]研究表明, 当中心温度达 95 ℃ 时三黄鸡鸡肉中肌内膜和肌束膜发生崩解、胶原蛋白凝胶化而导致相邻肌纤维彼此排列变得紧实、致密。因此, 炖炒后的大盘鸡成品肌膜溶解, 肌纤维组织结构紧实, 形状呈规则多边形, 大小基本一致, 肌纤维间紧密排列。

3 结论

采用智能炒制机炒制后的大盘鸡半成品中游离氨基酸、必需氨基酸和呈味氨基酸的含量比原料肉中的相应值分别增加了 35.03%, 40.24%, 40.48%; 经炖炒加工后的大盘鸡成品中游离氨基酸、必需氨基酸和呈味氨基酸的含量分别比原料肉中的相应值分别增加了 48.63%, 53.78%, 55.78%; 经过炖炒工艺可以增加蛋白降解程度。因此, 大盘鸡制作过程中炖炒工艺有助于增加大盘鸡的营养价值和提升其滋味并改善产品口感。由于试验要测定氨基酸含量的变化, 未添加老抽和味精等含有氨基酸的调味料。为了保持大盘鸡的原有滋味和风味, 后续将进一步研究调味料对产品中氨基酸的贡献。

参考文献

- [1] 顾伟钢, 张进杰, 姚燕佳, 等. 3 种猪肉汤体系中蛋白质降解产物的比较研究[J]. 中国食品学报, 2012, 12(2): 178-185.
GU Wei-gang, ZHANG Jin-jie, YAO Yan-jia, et al. Comparison of protein degradation products in pork broth cooked by three different methods[J]. Journal of Chinese Institute of Food Science and Technology, 2012, 12(2): 178-185.
- [2] 袁森, 庞林江, 路兴花, 等. 烹饪方式对鸡肉挥发性香气及质构特征的影响[J]. 食品与机械, 2015, 31(1): 33-36.
YUAN Sen, PANG Lin-jiang, LU Xing-hua, et al. Sensory quality characteristics of chicken with different cooking methods[J]. Food & Machinery, 2015, 31(1): 33-36.
- [3] 赵电波, 栗俊广, 吴萌萌, 等. 不同炒制方式对大盘鸡品质的影响[J]. 中国调味品, 2020, 45(9): 116-121.
ZHAO Dian-bo, LI Jun-guang, WU Meng-meng, et al. Effects of different frying methods on the quality of saute spicy chicken[J]. China Condiment, 2020, 45(9): 116-121.
- [4] 柳红莉, 栗俊广, 刘俊俊, 等. 不同解冻方式对炒制鸡肉品质特性的影响[J]. 食品工业, 2018, 39(6): 156-161.
LIU Hong-li, LI Jun-guang, LIU Jun-jun, et al. Effects of different thawing methods on quality characteristics of stir-fried and stewed chicken[J]. The Food Industry, 2018, 39(6): 156-161.
- [5] 谢美娟, 何向丽, 李可, 等. 卤煮时间对酱卤鸡腿品质的影响[J]. 食品工业科技, 2017, 38(21): 26-30.
XIE Mei-juan, HE Xiang-li, LI Ke, et al. Effect of cooking time on quality of sauce stewed chicken leg[J]. Science and Technology of Food Industry, 2017, 38(21): 26-30.
- [6] 李娜, 骆琦, 薛丽丽, 等. 辐照对烧鸡贮藏期品质的影响[J]. 食品研究与开发, 2017, 38(8): 183-187.
LI Na, LUO Qi, XUE Li-li, et al. Effect of irradiation on quality

- characteristics of stored roast chicken[J]. Food Research and Development, 2017, 38(8): 183-187.
- [7] 李可, 韩雪, 谢美娟, 等. SPE-UPLC-MS/MS 法测定酱卤鸡腿老汤中 10 种杂环胺[J]. 食品工业, 2017, 38(8): 306-310.
- LI Ke, HAN Xue, XIE Mei-juan, et al. Determination of 10 heterocyclic aromatic amines in halogen soup of drumstick products by ultra-high performance liquid chromatography tandem mass spectrometry[J]. The Food Industry, 2017, 38(8): 306-310.
- [8] 孙圳, 韩东, 张春晖, 等. 定量卤制鸡肉挥发性风味物质剖面分析[J]. 中国农业科学, 2016, 49(15): 3 030-3 045.
- SUN Zhen, HAN Dong, ZHANG Chun-hui, et al. Profile analysis of the volatile flavor compounds of quantitative marinated chicken during processing[J]. Scientia Agricultura Sinica, 2016, 49(15): 3 030-3 045.
- [9] 张平, 杨勇, 曹春廷, 等. 食盐用量对四川腊肉加工及贮藏过程中肌肉蛋白质降解的影响[J]. 食品科学, 2014, 35(23): 67-72.
- ZHANG Ping, YANG Yong, CAO Chun-ting, et al. Effect of salt dosage on protein degradation of muscle in sichuan bacon during processing and storage[J]. Food Science, 2014, 35(23): 67-72.
- [10] 国家食品药品监督管理总局. 食品安全国家标准 食品中氨基酸的测定: GB 5009.124—2016[S]. 北京: 中国标准出版社, 2016.
- China Food and Drug Administration. National food safety standard for determination of amino acids in foods: GB 5009.124—2016[S]. Beijing: China Quality and Standards Press, 2016.
- [11] 国家食品药品监督管理总局. 食品安全国家标准 食品中蛋白质的测定: GB 5009.3—2016[S]. 北京: 中国标准出版社, 2016.
- China Food and Drug Administration. National food safety standard for determination of protein in foods: GB 5009.3—2016[S]. Beijing: China Quality and Standards Press, 2016.
- [12] 邹良亮, 康怀彬, 张慧芸, 等. 高温处理对牛肉蛋白质组分及其降解的影响[J]. 食品与机械, 2017, 33(11): 18-22, 27.
- ZOU Liang-liang, KANG Huai-bin, ZHANG Hui-yun, et al. Effects of high temperature treatment on protein components and their degradation in beef[J]. Food & Machinery, 2017, 33(11): 18-22, 27.
- [13] ZHAO Y Y, WANG P, ZOU Y F, et al. Effect of pre-emulsification of plant lipid treated by pulsed ultrasound on the functional properties of chicken breast myofibrillar protein composite gel[J]. Food Research International, 2014, 58: 98-104.
- [14] WANG Yun-tao, YANG Fang, WU Meng-meng, et al. Synergistic effect of pH shifting and mild heating in improving heat induced gel properties of peanut protein isolate[J]. LWT-Food Science and Technology, 2020, 131: 109812.
- [15] 李可, 刘俊雅, 扶磊, 等. 竹笋膳食纤维对猪肉盐溶性蛋白热诱导凝胶特性的影响[J]. 食品科学, 2019, 40(4): 56-61.
- LI Ke, LIU Jun-ya, FU Lei, et al. Effect of bamboo shoot dietary fiber on thermal gelling properties of pork salt-soluble proteins[J]. Food Science, 2019, 40(4): 56-61.
- [16] 戚巍巍, 徐为民, 徐幸莲, 等. 传统风鸭加工过程中非蛋白氮和游离氨基酸的变化[J]. 江苏农业学报, 2008, 24(2): 190-193.
- QI Wei-wei, XU Wei-min, XU Xing-lian, et al. Changes of Non-protein nitrogen and free amino acids during traditional dry-cured duck processing[J]. Jiangsu Journal of Agricultural Sciences, 2008, 24(2): 190-193.
- [17] 常亚楠. 煮制条件对卤鸡腿蛋白降解影响的研究[D]. 郑州: 河南农业大学, 2014.
- CHANG Ya-nan. Study on the effect of cooking conditions on protein degradation of stewed chicken[D]. Zhengzhou: Henan Agricultural University, 2014.
- [18] 赵永红, 白腾辉, 马汉军. 鸡肉蛋白质组成与热性质研究[J]. 食品工业, 2014, 35(11): 275-277.
- ZHAO Yong-hong, BAI Teng-hui, MA Han-jun. Composition and thermal properties of chicken protein[J]. The Food Industry, 2014, 35(11): 275-277.
- [19] 张亚军, 陈有亮. 金华火腿蛋白降解及其影响因素的研究[J]. 中国食品学报, 2005, 5(3): 16-24.
- ZHANG Ya-jun, CHEN You-liang. Study on the protein degradation and its effecting factors in Jinhua hams[J]. Journal of Chinese Institute of Food Science and Technology, 2005, 5(3): 16-24.
- [20] 江玉霞. 金华火腿加工过程中蛋白质降解规律的研究[D]. 北京: 中国农业大学, 2005: 4.
- JIANG Yu-xia. Studies on changes of protein during the processing of Jinhua dry-cured ham [D]. Beijing: China Agricultural University, 2005: 4.
- [21] ARNAU J, GUERRERO L, SARRAGA C. The effect of green ham pH and NaCl concentration on cathepsin activities and sensory characteristics of dry-cured ham[J]. Journal of the Science of Food Agriculture, 1998, 77: 387-392.
- [22] YUANH K, ELISABETH H L, JOSEPHG S, et al. High-oxygen modified atmosphere packaging system induces lipid and myoglobin oxidation and protein polymerization[J]. Meat Science, 2010, 85(4): 759-767.
- [23] 王振宇, 刘欢, 马俪珍, 等. 热处理下的猪肉蛋白质特性[J]. 食品科学, 2008, 29(5): 73-77.
- WANG Zhen-yu, LIU Huan, MA Li-zhen, et al. Characteristics of porcine proteins by heat treatment[J]. Food Science, 2008, 29(5): 73-77.
- [24] HUANG F, HUANG M, XU X, et al. Influence of heat on protein degradation, ultrastructure and eating quality indicators of pork[J]. Journal of the Science of Food & Agriculture, 2011, 91(3): 443-448.
- [25] SANTÉ-LHOUELLIER V, ASTRUC T, MARINOVA P, et al. Effect of meat cooking on physicochemical state and in vitro digestibility of myofibrillar proteins[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2008, 56(4): 1 488-1 494.
- [26] 张立彦, 吴兵, 包丽坤. 加热对三黄鸡胸肉嫩度、质构及微观结构的影响[J]. 华南理工大学学报(自然科学版), 2012, 40(8): 116-121.
- ZHANG Li-yan, WU Bing, BAO Li-kun. Effects of heating on tenderness, texture and microstructure of Sanhuang chicken breast meat[J]. Journal of South China University of Technology (Natural Science Edition), 2012, 40(8): 116-121.