

反复卤煮过程扒鸡基本营养成分变化规律

刘登勇^{1*}, 刘欢¹, 戚军², 张庆永³, 徐幸莲², 董丽¹, 吴金城¹

1(渤海大学 食品科学与工程学院, 生鲜农产品贮藏加工及安全控制技术国家地方联合工程研究中心, 辽宁 锦州, 121013)

2(南京农业大学 国家肉品质量安全控制工程技术研究中心, 江苏 南京, 210095)

3(山东德州扒鸡股份有限公司, 山东 德州, 253003)

摘 要 通过分析反复卤煮过程扒鸡蛋白质、水分、pH、总糖、粗脂肪及脂肪酸含量, 探析卤煮次数对扒鸡基本营养成分的影响。结果表明, 随着卤煮次数的增加, 扒鸡水分含量和 pH 值显著降低 ($P < 0.05$), 蛋白质、总糖和粗脂肪含量显著升高 ($P < 0.05$), 脂肪酸种类减少、不饱和脂肪酸/脂肪酸 (UFA/SFA) 比例降低。反复卤煮 16 次后, 扒鸡基本营养成分无显著性差异 ($P > 0.05$)。扒鸡蛋白质含量为 27.14g/100g, 水分含量为 65.54g/100g, pH 值为 6.45, 总糖含量为 0.23 g/100g, 粗脂肪含量为 6.66 g/100g, UFA/SFA 为 1.56。综合分析, 反复卤煮 16 次后, 扒鸡体系稳定。

关键词 卤煮; 扒鸡; 营养成分

烧鸡是我国典型的传统酱卤肉制品, 是人体蛋白质等营养物质的重要提供者。德州扒鸡是地方特色中华美食, 距今已有 300 多年历史, 与辽宁沟帮子熏鸡、河南道口烧鸡、安徽符离集烧鸡并称中国“四大名鸡”, 并享有“中华第一鸡”之誉。德州扒鸡加工工艺被认定为国家级非物质文化遗产, 主要包括原料选择与处理、上色、油炸、煮制等^[1]。独特的加工工艺与配方使德州扒鸡具有造型优美、金黄透红、香味浓郁、肥而不腻及熟烂脱骨等特点, 深受消费者喜爱。

迄今为止, 相关研究主要聚焦于扒鸡加工过程中的变化规律及其风味物质等方面的研究^[2-4], 而关于卤煮次数对扒鸡品质的影响鲜有报道。本试验按照德州扒鸡传统生产工艺制作扒鸡, 每次卤煮完成后补充水分及香辛料, 并对反复卤煮后的扒鸡营养品质进行监测, 深入解析德州扒鸡品质形成规律。

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

德州扒鸡, 山东德州扒鸡股份有限公司提供; 正己烷、三氟化硼-甲醇等, 均为色谱纯; H_2SO_4 、 $AgNO_3$ 、 $NaCl$ 等, 均为分析纯。

Agilent7890A-5975C 气相色谱质谱联用仪, 美国安捷伦公司; SER148/6 脂肪测定仪, 意大利 VELP 公

司; Kjeltac 8000 全自动凯氏定氮仪, 丹麦 FOSS 公司; 电热鼓风干燥箱, 上海一恒科学仪器有限公司; 电子天平, 梅特勒-托利多仪器(上海)有限公司; SY-1230 型恒温水浴槽, 上海沪粤明科学仪器有限公司; C-MA9HP10 电热板, 德国 IKA 有限公司。

1.2 实验方法

1.2.1 扒鸡制作工艺流程

原料鸡→宰前检验→宰杀、褪毛→清洗→胴体冷却→涂糖→油炸→卤煮→冷却→成品

1.2.2 样品预处理

本试验样品按照德州扒鸡传统技艺制作, 将各种调味料和香辛料按比例加入清水中卤煮扒鸡, 每次卤煮过后补充香辛料、水分等对卤汤进行复原, 即 1 个卤煮循环。每个卤煮循环取样 1 次, 选取 7 个具有代表性的取样点进行数据分析, 取样点分别为: 4、8、12、14、16、18 和 20。扒鸡样品进行真空包装, 参数为: 真空度 0.1 MPa, 抽真空时间 30 s, 然后放入冰箱冷冻保藏 ($-18\text{ }^{\circ}\text{C}$) 备用, 最后选取去皮、骨后的扒鸡腿进行测定。

1.2.3 检测方法

蛋白质含量: 参考 GB/T 5009.05—2010《食品中蛋白质的测定》^[5], 采用自动凯氏定氮仪测定; 水分含量: 参考 GB/T 5009.3—2010《食品中水分的测定》^[6]; pH 值: 通过 pH 计测定; 总糖含量分析: 参考 GB/T 9695.31—2008《肉制品 总糖含量测定》^[7]; 采用直接沉淀滴定法测定; 粗脂肪含量分析: 参考 GB/T 14772—2008《食品中粗脂肪的测定》^[8], 采用脂肪

第一作者: 博士, 教授 (本文通讯作者, E-mail: jz-dyliu@126.com)

基金项目: 现代农业产业技术体系专项资金资助 (CARS-42)

收稿日期: 2016-11-08, 改回日期: 2016-12-21

测定仪测定。

脂肪酸组成与相对百分含量:提取参照 FOLCH 等^[9]的方法,并作适当调整。取扒鸡鸡腿样品 10 g,加入 100 mL *V*(三氯甲烷):*V*(甲醇)=2:1 混合溶液,均质混匀,45 ℃ 恒温振荡 1 h 后过滤,加入 20 mL 饱和 NaCl 溶液,振荡混匀,静置分层,取下层清液用无水 Na₂SO₄ 去除水分,在 45 ℃ 水浴下用真空旋转蒸发器浓缩得到脂质样品。甲酯化:参照 INDRASTI^[10]、AOAC^[11] 等方法。将提取的脂肪置于试管中,分别加入 2 mL *V*(苯):*V*(石油醚)=1:1 混合溶液(1:1, *V/V*)和 2 mL 14% 三氟化硼-甲醇溶液,混匀,45 ℃ 水浴中反应 30 min,然后依次加入 1 mL 正己烷和 2 mL 饱和 NaCl 溶液,澄清后取上清液过 0.22 μm 滤膜,滤液装于样品瓶中待检测。相对百分含量分析参考王毅等^[12]方法,并作适当调整。检测条件:气相色谱条件参数:INNOWax 毛细管柱(30 m × 0.32 mm, 0.25 μm),进样口温度为 250 ℃,检测器温度 280 ℃;载气为 He,流速 1.0 mL/min;进样量 1 μL,分流比 20:1;柱箱升温程序:起始温度 140 ℃,保持 2 min,以 6 ℃/min 升到 200 ℃,保持 2 min,再以 2 ℃/min 升到 230 ℃,保持 2 min,最后以 4 ℃/min 升到 250 ℃,保持 2 min。质

谱条件参数:接口温度 250 ℃,离子源温度 230 ℃,溶剂延迟 4 min,离子化方式:EI,电子能量 70 eV,质量扫描范围 *m/z*:全扫描。采用质谱库匹配度检索定性,采用峰面积归一化法定量。

1.3 数据处理与统计分析

采用 SPSS 19.0 软件对试验数据进行显著性差异分析,结果均以(平均值 ± 标准差)表示,数据进行正态分布检验,符合正态分布的多重比较采用 Duncan 法,不符合正态分布的用 Kruskal-Wallis 检验,显著性水平为 0.05,每个试验指标至少 3 个平行。

2 结果与分析

2.1 蛋白质

高温卤煮后,肌肉中蛋白质热变性凝聚,导致肉的保水性、可溶性蛋白及酸碱基团等发生变化^[13]。由表 1 可知,卤煮 4 次后,扒鸡蛋白质含量为 23.37 g/100 g,反复卤煮后,蛋白质含量先急剧增加后渐趋平缓,卤煮 8 次后,蛋白质含量为 26.89 g/100 g,且无显著性差异($P > 0.05$),最终,蛋白质含量在 27 g/100 g 附近波动变化。

表 1 卤煮次数对扒鸡基本营养指标的影响

Table 1 Changes of basic nutritional indexes of braised chicken during repeated braising

	卤煮次数						
	4	8	12	14	16	18	20
蛋白质/[g · (100 g) ⁻¹]	23.37 ± 0.42 ^b	26.89 ± 0.73 ^a	26.43 ± 0.55 ^a	26.75 ± 0.79 ^a	27.14 ± 0.90 ^a	27.14 ± 0.74 ^a	26.56 ± 0.23 ^a
水分/[g · (100 g) ⁻¹]	67.81 ± 0.30 ^a	65.74 ± 0.26 ^b	65.78 ± 0.51 ^b	65.36 ± 0.27 ^b	65.54 ± 0.39 ^b	65.25 ± 0.32 ^b	65.15 ± 0.54 ^b
pH 值/[g · (100 g) ⁻¹]	6.72 ± 0.02 ^a	6.64 ± 0.03 ^b	6.61 ± 0.01 ^b	6.56 ± 0.01 ^c	6.45 ± 0.02 ^d	6.44 ± 0.03 ^d	6.42 ± 0.02 ^d
总糖/[g · (100 g) ⁻¹]	0.20 ± 0.01 ^c	0.21 ± 0.00 ^{abc}	0.21 ± 0.01 ^{bc}	0.23 ± 0.00 ^{abc}	0.23 ± 0.01 ^{abc}	0.23 ± 0.00 ^{ab}	0.25 ± 0.01 ^a
粗脂肪/[g · (100 g) ⁻¹]	3.63 ± 0.19 ^c	6.39 ± 0.14 ^b	6.47 ± 0.14 ^b	6.50 ± 0.29 ^b	6.66 ± 0.19 ^{ab}	6.69 ± 0.11 ^{ab}	6.83 ± 0.14 ^a

注:同行不同字母表示差异显著($P < 0.05$),下同。另外,除 pH 值外,各基本营养指标单位为 g/100 g。

原因可能是扒鸡在卤煮过程中主要发生 2 种变化:(1)卤汤中的小分子物质渗入扒鸡;(2)扒鸡中的蛋白质及其降解产物等物质(如肌球蛋白、肌浆蛋白、肌动球蛋白)进入卤汤^[14-16]。起初,卤汤中蛋白质含量较低,扒鸡蛋白质及其降解产物等物质容易溶解进入卤汤,反复卤煮后,卤汤蛋白质及其降解物含量升高,在一定程度上阻碍了蛋白质的溶解等,使得扒鸡蛋白质等溶出较少^[15]。最终,鸡汤和扒鸡体系都达到平衡状态,导致扒鸡蛋白质含量变化较小。另外,扒鸡蛋白质含量高于道口烧鸡(20.72 g/100 g)^[17],原因可能是扒鸡的一个卤煮循环工艺需要 4 h 左右的时间,

长时间的高温卤煮后扒鸡中水分损失较大导致蛋白质相对含量较高^[18]。

2.2 水分

卤煮 4 次后,扒鸡水分含量为 67.81 g/100 g,反复卤煮 8 次后,扒鸡水分含量为 65.74 g/100 g(表 1)。随着卤煮次数的增加,扒鸡水分含量维持在 65.15 ~ 65.74 g/100 g 内波动变化,整体无显著性差异($P > 0.05$)。另外,扒鸡胴体鸡中水分含量为 74.45%,成品扒鸡水分含量低于胴体。成品扒鸡水分含量约为 66 g/100 g,与道口烧鸡水分含量(66.36 g/100 g)接近^[17]。原因可能是传统技艺制作扒鸡需 4 h 左右,主要

卤煮工艺包括升温卤煮(升温至 90 ℃)、恒温卤煮(90 ℃)、高温焖煮(约 99 ℃)、降温焖煮(降温至 80 ℃)和低温焖煮(80 ℃),高温导致蛋白质变性等一系列化学反应。扒鸡经过长时间高温卤煮后,鸡肉肌原纤维蛋白发生变性凝固及胶原蛋白剧烈收缩造成肌原纤维聚集、缩短,鸡肉保水性降低,水分含量减少^[19-20]。加热过程中,肌肉内脂肪系水能力下降,脂类氧化等导致细胞膜丧失完整性,细胞内液流出,水分损失^[21]。另外,卤煮过程中,蛋白质及其降解产物等容易溶解进入卤汤,导致蛋白含量偏低、水分相对含量较高,随着卤煮次数的增加,蛋白质溶解含量减少且含量趋于平衡状态,最终,扒鸡水分相对含量降低。

2.3 pH 值

pH 值与肉色、嫩度、保水性等密切相关^[22]。卤煮 4 次后,扒鸡 pH 值为 6.72,随着卤煮次数的增加,pH 值先急剧降低后渐趋平缓,卤煮 16 次后,pH 值无显著性差异($P > 0.05$),维持在 6.42 ~ 6.45 的范围变化(表 1)。原因可能是扒鸡经过长时间的高温卤煮,扒鸡蛋白质化学键(氢键、疏水键等)被破坏,导致肌肉蛋白质酸性基团减少,pH 值升高;但扒鸡中稳定蛋白质结构的化学键遭到破坏,蛋白质的空间结构也被破坏,导致蛋白质发生变性、降解、氧化等一些列化学反应,pH 值降低^[19,23]。卤煮过程中,扒鸡蛋白质化学键不断遭到破坏,蛋白质及其降解产物溶解进入卤汤,卤汤 pH 值降低,促使扒鸡 pH 值不断降低,随着卤煮次数的增加,扒鸡卤汤逐渐演化为一个复杂多组分的分散体系,卤汤 pH 逐渐趋于平衡状态,最终,扒鸡 pH 值维持在一定数值,且略高于卤汤 pH 值(6.20)。

2.4 总糖

涂糖是德州扒鸡传统生产工艺之一,对扒鸡色泽及风味具有重要作用。鸡肉在卤煮过程中,一部分糖发生焦糖化反应,另一部分糖与氨基酸发生美拉德反应产生香气,这些化学反应对风味具有重要贡献^[24]。卤煮 4 次后,扒鸡总糖含量为 0.20 g/100 g,反复卤煮后,总糖含量升高,卤煮 14 次后,总糖含量无显著性差异($P > 0.05$)(表 1)。最终,总糖含量维持在 0.23 ~ 0.25 g/100 g 的内变化。原因可能是传统技艺制作扒鸡主要工艺包括涂糖、油炸和卤煮等,其中糖主要由蜂蜜和麦芽糖组成,蜂蜜 75% 以上成分为葡萄糖和果糖等单糖。卤煮过程中,吸附在扒鸡表面的糖溶解进入卤汤,扒鸡总糖含量减少,随着卤煮次

数的增加,卤汤中的糖类物质逐渐趋于平衡状态,最终,扒鸡总糖含量维持在一定范围内变化。

2.5 粗脂肪

卤煮 4 次后,扒鸡粗脂肪含量为 3.63 g/100 g,随着卤煮次数的增加,粗脂肪含量先急剧增加后渐趋平缓,卤煮 8 次后,粗脂肪含量为 6.39 g/100 g(表 1)。卤煮 16 次后,扒鸡粗脂肪含量无显著性差异($P > 0.05$),最终,粗脂肪含量维持在 6.66 ~ 6.83/100 g。原因可能是油炸是扒鸡主要传统制作技艺之一。扒鸡经油炸工艺处理后,鸡肉表面吸附了大量的油脂导致脂肪含量较高^[25],反复卤煮过程中,扒鸡表面吸附的油脂溶解进入卤汤。另外,卤煮是扒鸡最主要的制作工艺,扒鸡经过长时间高温卤煮后,包围脂肪滴的结缔组织收缩,脂肪细胞受到较大压力,导致细胞膜破裂,脂肪熔化进入卤汤^[26-27]。脂肪为非水溶性物质且密度小于水,反复卤煮后,卤汤表层漂浮一层脂肪,扒鸡粗脂肪较少地溶解进入卤汤,最终,扒鸡腿粗脂肪含量趋于稳定状态。

2.6 脂肪酸

鸡肉是中国膳食结构中脂肪和磷脂的重要提供者,同时含有较高的能降低人体低密度脂蛋白和胆固醇的不饱和脂肪酸——油酸和亚油酸。相关研究表明^[28-29],相对扩大单不饱和脂肪酸和多不饱和脂肪酸的摄入量对人体有益。由表 2 可知,反复卤煮 4 次后,扒鸡中共检测到 19 种脂肪酸,其中包括 6 种饱和脂肪酸(SFA)、4 种单不饱和脂肪酸(MUFA)和 9 种多不饱和脂肪酸(PUFA)。随着卤煮次数的增加,月桂酸($C_{12:0}$)、十四碳一烯酸($C_{14:1}$)、十五酸($C_{15:0}$)、十六碳二烯酸($C_{16:2}$)、亚麻酸($C_{18:3}$)、花生酸($C_{20:0}$)、二十碳一烯酸($C_{20:1}$)、二十二碳五烯酸($C_{22:5}$)和二十二碳六烯酸($C_{22:6}$)逐渐消失,卤煮 16 次后,扒鸡中共检测到 10 种脂肪酸,包括 3 种饱和脂肪酸、2 种单不饱和脂肪酸和 5 种多不饱和脂肪酸。饱和脂肪酸相对百分含量整体上先升高,反复卤煮 16 次后维持在 39% 附近波动变化,不饱和脂肪酸/饱和脂肪酸(UFA/SFA)比例先降低后略微升高,最后趋于稳定,而且不饱和脂肪酸/饱和脂肪酸比例始终大于 1。扒鸡不饱和脂肪酸所占比例高于饱和脂肪酸,这与彭婷婷的研究结果相同^[30]。综合而言,反复卤煮 16 次后,扒鸡脂肪酸相对百分含量无显著性差异($P > 0.05$)。原因可能是反复卤煮后,卤汤逐渐演化为一个成分更为稳定的复杂多组分分散体系,扒鸡经 4 h 左右的卤煮,扒鸡与卤汤体系达到平衡状态。

表2 卤煮次数对扒鸡脂肪酸组成及相对百分含量变化的影响

Table 2 Components and relative content changes of fatty acid of braised chicken during repeated braising 单位: %

脂肪酸	卤煮次数						
	4	8	12	14	16	18	20
C _{12:0}	0.04 ± 0.00 ^b	0.08 ± 0.00 ^a	0.00 ± 0.00 ^c	0.00 ± 0.00 ^c	0.00 ± 0.00 ^c	0.00 ± 0.00 ^c	0.00 ± 0.00 ^c
C _{14:1}	0.07 ± 0.01 ^b	0.13 ± 0.01 ^a	0.00 ± 0.00 ^c	0.00 ± 0.00 ^c	0.00 ± 0.00 ^c	0.00 ± 0.00 ^c	0.00 ± 0.00 ^c
C _{14:0}	0.37 ± 0.03 ^{bc}	0.58 ± 0.01 ^a	0.37 ± 0.02 ^c	0.47 ± 0.02 ^{abc}	0.41 ± 0.01 ^{bc}	0.43 ± 0.01 ^b	0.52 ± 0.02 ^a
C _{15:0}	0.11 ± 0.03 ^c	0.15 ± 0.01 ^{bc}	0.21 ± 0.04 ^b	0.26 ± 0.04 ^a	0.00 ± 0.00 ^d	0.00 ± 0.00 ^d	0.00 ± 0.00 ^d
C _{16:2}	0.06 ± 0.00 ^a	0.00 ± 0.00 ^b	0.00 ± 0.00 ^b	0.00 ± 0.00 ^b	0.00 ± 0.00 ^b	0.00 ± 0.00 ^b	0.00 ± 0.00 ^b
C _{16:1}	2.94 ± 0.10 ^c	4.53 ± 0.05 ^a	2.39 ± 0.08 ^c	2.87 ± 0.48 ^{abc}	3.88 ± 0.10 ^b	3.45 ± 0.87 ^{abc}	4.11 ± 0.22 ^{ab}
C _{16:0}	19.73 ± 0.40 ^d	22.11 ± 0.10 ^a	20.92 ± 0.05 ^{cd}	22.47 ± 0.76 ^{abcd}	21.51 ± 0.09 ^b	21.88 ± 0.14 ^{ab}	21.19 ± 0.22 ^{abcd}
C _{18:3}	0.11 ± 0.01 ^a	0.00 ± 0.00 ^b	0.00 ± 0.00 ^b	0.00 ± 0.00 ^b	0.00 ± 0.00 ^b	0.00 ± 0.00 ^b	0.00 ± 0.00 ^b
C _{18:2}	16.76 ± 0.34 ^b	15.58 ± 0.08 ^c	18.93 ± 0.01 ^a	17.80 ± 0.51 ^{abc}	16.85 ± 0.06 ^b	17.50 ± 0.19 ^b	17.78 ± 0.26 ^{ab}
C _{18:1}	21.30 ± 0.24 ^e	26.12 ± 0.09 ^a	22.95 ± 0.02 ^{de}	23.29 ± 2.86 ^{ac}	24.61 ± 0.05 ^{bc}	23.02 ± 0.35 ^{cd}	23.38 ± 0.40 ^{cd}
C _{18:0}	16.16 ± 0.11 ^c	15.61 ± 0.05 ^d	17.50 ± 0.03 ^a	17.44 ± 0.58 ^{abcd}	17.14 ± 0.05 ^b	17.38 ± 0.39 ^{abcd}	16.35 ± 0.27 ^{abcd}
C _{20:4}	10.91 ± 0.20 ^a	8.42 ± 0.06 ^d	10.20 ± 0.05 ^{abc}	9.85 ± 0.32 ^{abcd}	9.84 ± 0.11 ^c	10.62 ± 0.17 ^{ab}	9.86 ± 0.21 ^{bc}
C _{20:3}	2.43 ± 0.21 ^a	2.58 ± 0.00 ^a	1.22 ± 0.02 ^b	1.62 ± 0.06 ^b	1.47 ± 0.03 ^b	1.55 ± 0.02 ^b	2.37 ± 0.73 ^a
C _{20:2}	0.84 ± 0.11 ^a	0.70 ± 0.19 ^a	0.64 ± 0.02 ^a	0.62 ± 0.05 ^a	0.68 ± 0.00 ^a	0.67 ± 0.02 ^a	0.80 ± 0.36 ^a
C _{20:1}	0.67 ± 0.09 ^a	0.65 ± 0.01 ^a	0.00 ± 0.00 ^b	0.00 ± 0.00 ^b	0.00 ± 0.00 ^b	0.00 ± 0.00 ^b	0.00 ± 0.00 ^b
C _{20:0}	0.47 ± 0.09 ^a	0.00 ± 0.00 ^b	0.00 ± 0.00 ^b	0.00 ± 0.00 ^b	0.00 ± 0.00 ^b	0.00 ± 0.00 ^b	0.00 ± 0.00 ^b
C _{22:6}	1.26 ± 0.02 ^a	0.00 ± 0.00 ^b	1.30 ± 0.01 ^a	0.00 ± 0.00 ^b	0.00 ± 0.00 ^b	0.00 ± 0.00 ^b	0.00 ± 0.00 ^b
C _{22:5}	1.61 ± 0.40 ^a	0.00 ± 0.00 ^b	0.00 ± 0.00 ^b	0.00 ± 0.00 ^b	0.00 ± 0.00 ^b	0.00 ± 0.00 ^b	0.00 ± 0.00 ^b
C _{22:4}	4.16 ± 0.35 ^{ab}	2.76 ± 0.05 ^b	3.37 ± 0.03 ^a	3.30 ± 0.09 ^{ab}	3.60 ± 0.02 ^a	3.50 ± 0.05 ^a	3.64 ± 0.14 ^a
SFA	36.88	38.53	39	40.64	39.06	39.69	38.06
MUFA	24.98	31.43	25.34	26.16	28.49	26.47	27.49
PUFA	38.14	30.04	35.66	33.19	32.44	33.84	34.45
UFA/SFA	1.71	1.60	1.56	1.46	1.56	1.52	1.63

注: SFA. saturated fatty acid(饱和脂肪酸); MUFA. monounsaturated fatty acid(单不饱和脂肪酸); PUFA. polyunsaturated fatty acid(多不饱和脂肪酸); UFA. unsaturated fatty acid(不饱和脂肪酸)。

3 结论

通过对反复卤煮过程扒鸡基本营养成分的分析得知,反复卤煮后,蛋白质、总糖和粗脂肪含量先逐渐升高后渐趋平缓,水分和 pH 值先迅速降低后渐趋平缓,脂肪酸种类减少、相对含量呈波动变化趋势,最终,扒鸡各指标趋于平衡。反复卤煮 16 次后,扒鸡逐渐演化为一个较为稳定的体系,体系各指标无显著性差异($P > 0.05$)。说明反复卤煮 16 次后,扒鸡基本营养成分较为稳定。

本试验主要聚焦于反复卤煮过程扒鸡基本营养成分的变化,进一步的试验将从反复卤煮后扒鸡风味物质的角度进行深入分析。

参 考 文 献

- [1] 赵改名. 酱卤肉制品加工技术[M]. 北京: 中国农业出版社, 2013.
- [2] 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, 37(12): 122-126.
- [3] DUAN Y, ZHENG F, CHEN H, et al. Analysis of volatiles in Dezhou Braised Chicken by comprehensive two-dimensional gas chromatography/high resolution-time of flight mass spectrometry[J]. LWT-Food Science and Technology, 2015, 60(2): 1 235-1 242.
- [4] 相倩. 德州扒鸡品质相关挥发性成分的鉴定及保鲜技术研究[D]. 泰安: 山东农业大学, 2011.
- [5] 中华人民共和国卫生部 中国国家标准化管理委员会. GB/T 5009.5—2010 食品中蛋白质的测定[S]. 北京: 中国标准出版社, 2010.
- [6] 中华人民共和国卫生部 中国国家标准化管理委员会. GB/T 5009.3—2010 食品中水分的测定[S]. 北京: 中国标准出版社, 2010.
- [7] 中华人民共和国卫生部 中国国家标准化管理委员会. 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.
- [8] 中华人民共和国卫生部 中国国家标准化管理委员会. GB/T 14772—2008 食品中粗脂肪的测定[S]. 北京: 中国标准出版社, 2008.
- [9] FOLCH J, LEES M, SLOANE-STANLEY G H. A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues[J]. Journal of Biological Chemistry, 1957, 226(1): 497-509.
- [10] INDRASTI D, MAN Y B C, MUSTAFA S, et al. Lard detection based on fatty acids profile using comprehensive gas chromatography hyphenated with time-of-flight mass spectrometry[J]. Food Chemistry, 2010, 122(4): 1 273-1 277.

- [11] Association of Official Analytical Chemists. AOAC Official method 996.06 fat (total, saturated, and unsaturated) in foods[S]. Gaithersburg: AOAC International, 2001.
- [12] 王毅, 贺稚非, 陈红霞, 等. 不同部位伊拉兔肉脂肪酸组成的对比分析[J]. 食品科学, 2014, 35(4): 137-141.
- [13] 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.
- [14] 张李阳, 陆利霞, 熊强, 等. 盐水鸭生产中老卤成分及风味物质初步分析[J]. 中国调味品, 2007(7): 62-64.
- [15] 成亚斌, 黄凯信, 宋贤良, 等. 不同卤制次数的盐焗鸡卤汁中的营养成分变化规律[J]. 食品与发酵工业, 2014, 40(3): 129-133.
- [16] OROSZVÁRI B K, ROCHA C S, SJÖHOLM I, et al. Permeability and mass transfer as a function of the cooking temperature during the frying of beefburgers[J]. Journal of Food Engineering, 2006, 74(1): 1-12.
- [17] 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.
- [18] LIU Y, XU X L, ZHOU G H. Changes in taste compounds of duck during processing[J]. Food Chemistry, 2007, 102(1): 22-26.
- [19] 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, 28(12): 74-77.
- [20] 毕姗姗, 赵改名, 柳艳霞, 等. 煮制条件对卤鸡肉品质的影响[J]. 食品工业科技, 2014, 35(8): 240-244.
- [21] 周光宏. 肉品学[M]. 北京: 中国农业科技出版社, 1999.
- [22] 刘关瑞, 魏超昆, 刘敦华, 等. 不同鸡种和浸烫温度对宰后鸡肉品质的影响[J]. 食品工业科技, 2016, 37(10): 111-116.
- [23] MA H J, LEDWARD D A. High pressure/thermal treatment effects on the texture of beef muscle[J]. Meat Science, 2004, 68(3): 347-355.
- [24] 成坚, 刘晓艳. 加热过程对鸡肉风味前体物质的影响[J]. 食品与发酵工业, 2005, 31(1): 146-148.
- [25] 杨铭铎, 侯仲轩. 制汤最佳工艺条件的研究[J]. 食品科学, 1998, 19(11): 56-59.
- [26] 彭景. 烹饪营养学[M]. 中国轻工业出版社, 2008.
- [27] NYQUIST N F, RØDBOTTEN R, THOMASSEN M, 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): 890-897.
- [28] 张永刚, 印遇龙, 黄瑞林, 等. 多不饱和脂肪酸的营养作用及其基因表达调控[J]. 食品科学, 2006, 27(1): 273-277.
- [29] 程朝晖, 金波, 华文俊. 不饱和脂肪酸的分离及应用进展[J]. 食品工业科技, 2004, 25(5): 143-144.
- [30] 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.

Study on changes of nutritional components of braised chicken during repeated braising

LIU Deng-yong^{1*}, LIU Huan¹, QI Jun², ZHANG Qing-yong³,
XU Xing-lian², DONG Li¹, WU Jin-cheng¹

1(College of Food Science and Technology, Bohai University; National & Local Joint Engineering Research Center of Storage, Processing and Safety Control Technology for Fresh Agricultural and Aquatic Products, Jinzhou 121013, China)

2(National Center of Meat Quality and Safety Control, Nanjing Agricultural University, Nanjing 210095, China)

3(Shandong Dezhou Braised Chicken Co., Ltd, Dezhou 253003, China)

ABSTRACT The study was to exam the effects of braising process cycles on the nutritional component of braised chicken. The purpose was to provide a reference for formation mechanism of braised chicken. Protein, water, pH, total sugar, crude fat and fatty acid of braised chicken during repeated braising were measured to assess the quality of braised chicken. With repeated braising process cycles, water content and pH value decreased ($P < 0.05$), protein content, total sugar content, crude fat content increased ($P < 0.05$). Fatty acid types and UFA/SFA decreased. Nutritional components of braised chicken remained stable ($P > 0.05$) after 16 repeated braising process cycles. The content of protein, water, total sugar, crude fat, pH value and UFA/SFA was 27.14 g/100g, 65.54 g/100g, 0.23 g/100 g, 6.66 g/100 g, 6.45 and 1.56, respectively. In general, braised chicken became a stable system after 16 repeated braising process cycles.

Key words braising; braised chicken; nutritional component