

扒鸡卤汤基本营养成分 在反复卤煮过程中的变化规律

刘登勇¹, 刘欢¹, 戚军², 张庆永³, 徐幸莲², 杜昆³, 宋爱祎³

(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:本文通过对反复卤煮过程中扒鸡卤汤的 pH、蛋白质、氯化钠、水分、总糖、粗脂肪及脂肪酸含量进行分析, 以期扒鸡老汤基本营养成分形成机制提供参考。试验结果表明, 随着卤煮次数的增加, 新汤水分、氯化钠含量、pH 显著降低($p < 0.05$), 蛋白质、总糖、粗脂肪含量及不饱和脂肪酸/饱和脂肪酸(UFA/SFA)显著升高($p < 0.05$), 老汤 pH 为 6.20, 蛋白质含量为 5 g/100 g, 氯化钠含量为 3.61 g/100 g, 水分含量为 90.05 g/100 g, 总糖含量为 0.39 g/100 g, 粗脂肪含量为 0.06 g/100 g, UFA/SFA 为 1.34。综合分析, 反复卤煮 12 次后, 指标含量基本无显著差异($p > 0.05$)。反复卤煮后, 扒鸡卤汤逐渐演化为一个成分较为稳定的复杂多组分分散体系; 另外, 至少卤煮 12 次后, 扒鸡新汤体系与老汤体系接近。

关键词:扒鸡, 卤汤, 营养成分, 卤煮, 变化规律

Study on change of basic nutritional components from brine of braised chicken during repeated braising

LIU Deng-yong¹, LIU Huan¹, QI Jun², ZHANG Qing-yong³, XU Xing-lian², DU Kun³, SONG Ai-yi³

(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: In this study, pH, protein, sodium chloride, water, total sugar, crude fat and fatty acid from brine of braised chicken during repeated braising were analyzed, which was to provide a reference for formation mechanism of basic nutritional components from old brine. With repeated braising process cycles, water content, sodium chloride content and pH value decreased ($p < 0.05$), and protein content, total sugar content, crude fat content and UFA/SFA increased ($p < 0.05$) from braising brine. The value of pH, protein content, sodium chloride content, water content, total sugar content, crude fat content, UFA/SFA from old brine was 6.20, 5 g/100 g, 3.61 g/100 g, 90.05 g/100 g, 0.39 g/100 g, 0.06 g/100 g and 1.34, respectively. In general, basic nutritional components of repeated braising brine remained stable ($p > 0.05$) after 12 repeated braising process cycles. Brine of 12 repeated braising process cycles almost achieved the quality of old brine and became a complicated, multicomponent and stable system.

Key words: braised chicken; brine; nutritional component; braising; change regularity

中图分类号: TS251.6⁺7

文献标识码: A

文章编号: 1002-0306(2016)24-0176-06

doi:10.13386/j.issn1002-0306.2016.24.026

酱卤肉制品是由原料肉与调味料、香辛料等加入卤汤中一起煮制而成^[1]。德州扒鸡是地方特色酱卤肉制品的典型代表, 距今已有三百多年历史, 以造型美观、色泽诱人、香味馥郁、咸鲜适口、柔嫩多汁等

特点, 被誉为“德州一奇”、“中华第一鸡”, 其加工工艺被认定为国家级非物质文化遗产。老汤是指反复使用多年的卤煮畜禽肉制品的汤汁, 成分非常复杂。业界认为, 老汤年份愈久, 质量愈稳定, 是老字号品

收稿日期: 2016-06-13

作者简介: 刘登勇(1979-), 男, 博士, 副教授, 研究方向: 肉品加工与质量安全控制、食品风味与感官科学, 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); 渤海大学研究生创新基金(071502224-50)。

牌企业秘而不宣的珍品,对各种特色风味酱卤肉制品的品质形成具有重要作用^[2-3]。迄今为止,相关文献主要聚焦扒鸡风味物质分析^[4-5]和不同处理方式对扒鸡品质影响^[6-7]等方面的研究,关于扒鸡卤汤的科学研究鲜有报道。本试验按照德州扒鸡加工的传统技艺制作新汤,并在每次卤煮后进行卤汤复配,通过对反复卤煮过程卤汤成分的跟踪分析,系统研究老汤形成过程中基本营养成分的变化规律,为揭示扒鸡品质形成机理、实现标准化生产提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

扒鸡卤汤(新汤与老汤) 山东德州扒鸡股份有限公司提供;硫酸铜、硫酸钾、硝酸银、基准氯化钠等均为分析纯;三氟化硼-甲醇、正己烷等均为色谱纯。

Agilent7890A-5975C 气相色谱质谱联用仪 美国安捷伦公司;Kjeltec 8400 全自动凯氏定氮仪 瑞典 FOSS 公司;SER148/6 脂肪测定仪 意大利 VELP 公司;Allegra 64R 冷冻离心机 美国 Beckman 公司;RE-52AA 真空旋转蒸发器 上海亚荣生化仪器厂;电子天平、FE20 型 pH 计 梅特勒-托利多仪器(上海)有限公司;721N 型可见分光光度计 上海精科实业有限公司;电热鼓风干燥箱 上海一恒科学仪器有限公司;SY-1230 型恒温水浴槽 上海沪粤明科学仪器有限公司。

1.2 实验方法

1.2.1 样品制备 配制新汤:将各种调味料、香辛料按比例加入清水中,混匀后取样,样品编号为“0”;煮制新汤:在配制新汤中按一定肉汤比例加入已完成涂糖、油炸等工艺处理的胴体鸡肉,补料,卤煮,取样,每三个卤煮循环取样 1 次,样品编号分别为 3、6、9、12、15;老汤:多年反复使用的老汤,样品编号为 A。

1.2.2 样品前处理 除油:使用移液枪除去浮于卤汤表层油脂;过滤:用 200 目纱布过滤,除去肉末、香辛料碎渣等大块固体物;离心:通过离心作用除去较小的颗粒沉淀,使样品呈均一稳定状态。

1.2.3 检测方法 测定前,将卤汤轻轻摇动使样品呈均一稳定状态,然后用移液枪吸取中间位置的卤汤样品进行检测。

1.2.3.1 蛋白质含量分析 参考 GB/T 5009.05-2010《食品中蛋白质的测定》^[8],采用自动凯氏定氮仪法测定;氯化钠含量分析:参考 GB/T 12457-2008《食品中氯化钠的测定》^[9],采用直接沉淀滴定法测定;水分含量分析:参考 GB/T 5009.3-2010《食品中水分的测定》^[10],采用直接干燥法测定;pH 分析: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》^[11],采用分光光度法测定;粗脂肪含量分析:参考 GB/T 14772-2008《食品中粗脂肪的测定》^[12],采用脂肪测定仪测定。

1.2.3.2 脂肪酸组成与含量分析

a.脂肪提取 参照 Folch 等^[13]的方法,并作适当调整。取卤汤样品 20 g,加入 100 mL 氯仿-甲醇混合溶液(2:1,V/V),低速均质混匀,静置 1 h 后过滤,

往滤液中加入 20 mL 饱和 NaCl 溶液,振荡混匀,静置分层,取下层清液用无水硫酸钠去除水分,在 45 ℃ 水浴下用真空旋转蒸发器浓缩得到脂质样品。

b.脂肪酸甲酯化 参照 Indrasti^[14]、AOAC^[15]等的方法。取提取的脂肪于试管中,加入 2 mL 苯-石油醚混合溶液(1:1,V/V),轻轻摇动后加入 2 mL 14% 三氟化硼-甲醇溶液,混匀,于 45 ℃ 水浴中反应 30 min 后依次加入 1 mL 正己烷和适量饱和 NaCl 溶液,使全部有机相升至试管上部,澄清后取上清液过 0.22 μm 滤膜,滤液装于样品瓶中待检测。

c.脂肪酸组分分析 参考王毅等^[16]方法,并作适当调整。检测条件:气相色谱条件: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: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

采用 SPSS 19 软件中的单因素方差分析(One-Way ANOVA)法对实验数据进行处理与分析,结果以平均值±标准差($\bar{X} \pm SD$)的形式表示。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,每个实验指标至少 3 个平行。

2 结果与讨论

2.1 基本理化指标

2.1.1 卤汤成分构成 扒鸡由卤汤长时间高温煮制而成,卤汤是影响扒鸡风味的关键因素。如图 1 所示,卤汤主要由水分、蛋白质和氯化钠等成分组成,新汤与老汤水分含量所占比例均在 90% 以上。随着卤煮次数的增加,氯化钠含量所占比例基本保持不变,水分含量所占比例逐渐降低,而蛋白质含量所占比例持续升高,最终,卤汤各成分所占比例趋于平

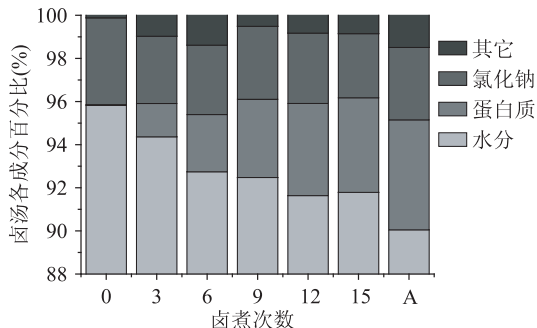


图1 反复卤煮过程扒鸡卤汤各成分变化情况

Fig.1 Changes on brine components of braised chicken during repeated braising
注:A 代表老汤,图 2~图 7、表 1 同。

衡。原因可能是煮锅在卤煮扒鸡过程中几乎是敞开的,导致反复卤煮后水分含量减少。卤煮扒鸡过程中主要发生两种扩散现象:一是卤汤中小分子物质等渗入扒鸡中;二是扒鸡中的水溶性蛋白质和盐溶性蛋白质等物质溶解到卤汤中,经反复卤煮后累积形成特有的组成成分^[17]。另外,每次卤煮后,向卤汤中加入食盐等物质对卤汤进行复原配制。随着卤煮次数的增加,卤汤营养物质丰富,体系成分更加复杂,这与赵勇^[18]等的研究结果一致。因而,反复卤煮后,卤汤逐渐演化为一个成分较为稳定的复杂多组分分散体系。

2.1.2 蛋白质 蛋白质是卤汤的重要组成成分,其最终降解产物游离氨基酸是重要的呈味物质,因而蛋白质对卤汤具有重要作用。由图2可知,随着卤煮次数的增加,蛋白质含量急剧增加,如配制新汤蛋白质含量为0.02 g/100 g,卤煮3次后,煮制新汤蛋白质含量为1.54 g/100 g。卤煮12次后无显著变化($p > 0.05$),基本维持在4.27~5.00 g/100 g的范围变化,与老汤蛋白质含量(5 g/100 g)较为接近。原因可能是扒鸡经过长时间高温卤煮,鸡肉中蛋白质等物质进入卤汤中^[19]。有研究表明^[20],60℃之前鸡肉中蛋白质渗出量较少,60℃之后蛋白质渗出量逐渐增多,特别是在100℃附近,蛋白质的渗出量出现一个突越过程。配制新汤为清水配以丁香、白芷和肉桂等二十余种中药材烹制而成,蛋白质主要来源于香辛料溶解。传统技艺制作扒鸡需要4 h左右,其卤煮工艺大致可分为升温卤煮、恒温卤煮(90℃左右)、高温卤煮(99℃左右)、降温焖煮、低温焖煮。扒鸡经过长时间的高温焖煮,鸡肉中蛋白质较充分地渗入到煮制新汤,导致蛋白质含量不断升高。另外,卤汤在煮制过程中发生美拉德反应,即还原糖与氨基酸、蛋白质等含有游离氨基的化合物之间非酶促褐变反应,鸡肉中浸出的还原糖主要与蛋白质降解产物游离氨基酸等发生美拉德反应生成挥发性风味成分,这样就会消耗一部分蛋白质^[21-22]。最终,蛋白质动态变化达到平衡状态,含量基本保持不变。

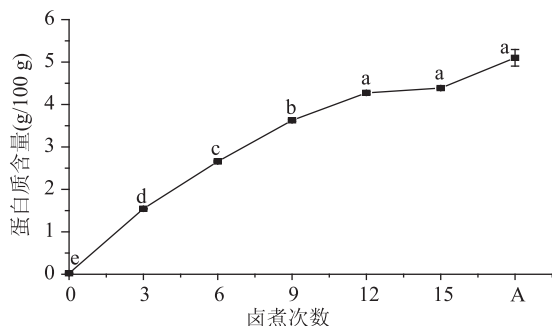


图2 卤煮次数对卤汤中蛋白质含量的影响

Fig.2 Contents and changes of protein

from brine of braised chicken during repeated braising

注:字母 a~e,相同字母代表无显著性差异($p > 0.05$),

不同字母代表有显著性差异($p < 0.05$),图3~图7、表1同。

2.1.3 氯化钠 卤汤中氯化钠与蛋白质相互作用会影响扒鸡肌肉的变化,肌肉蛋白质状态主要与鸡肉水中食盐含量有关^[23]。由图3得知,配制新汤氯化

钠含量为4.03 g/100 g,煮制新汤氯化钠含量在3 g/100 g附近波动变化,老汤氯化钠含量为3.61 g/100 g。卤煮3次后,新汤与老汤氯化钠含量无显著差异($p > 0.05$)。原因可能是扒鸡与卤汤之间氯化钠浓度存在差异,卤汤氯化钠含量高于扒鸡而发生传质现象,渗入到扒鸡。另外,氯化钠可以改变产品的风味及品质^[24-25],因而每次卤煮扒鸡后都会往卤汤中添加一定比例的食用盐等配料对汤汁进行复原配制,使得卤汤中氯化钠含量变化不大。

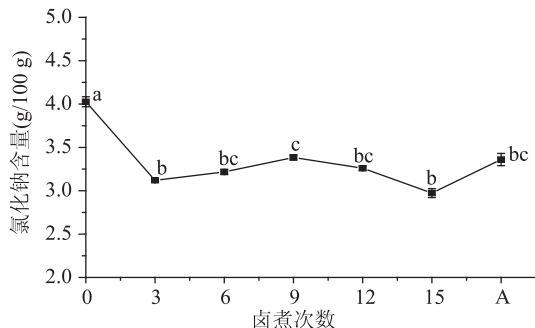


图3 卤煮次数对卤汤中氯化钠含量的影响

Fig.3 Contents and changes of sodium chloride

from brine of braised chicken during repeated braising

2.1.4 水分 如图4所示,配制新汤水分含量最高,为95.92 g/100 g,随着卤煮次数的增加,煮制新汤水分含量急剧减少,卤煮12次后,卤汤水分含量无显著变化($p > 0.05$),基本维持在90.05~91.79 g/100 g的范围,与老汤水分含量(90.05 g/100 g)接近。原因可能是卤汤煮锅是敞口的,卤煮过程中水分不断蒸发。另外,有研究表明^[26],成品扒鸡水分含量较煮制2 h以上的传统烧鸡水分含量高,这与扒鸡特殊的制作工艺——“扒”密不可分,也是扒鸡肉质鲜嫩的主要原因之一。因此,每次卤煮后需要添加一定比例的水分对卤汤进行复配,这与扒鸡的实际生产操作相吻合。

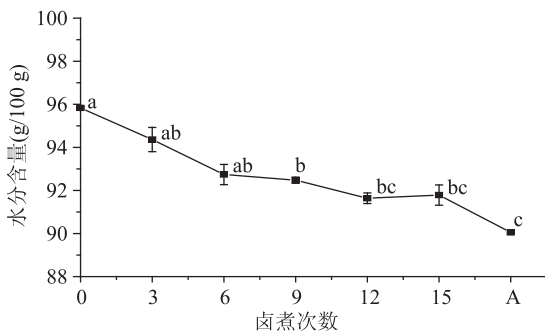


图4 卤煮次数对卤汤中水分含量的影响

Fig.4 Contents and changes of water

from brine of braised chicken during repeated braising

2.1.5 pH 扒鸡“百年老汤”经过反复卤煮,成分稳定,而pH是反映老汤好坏的关键指标。李艳逢^[27]研究结果表明,pH为卤汤标准化的重要指标。另外,较低的pH会影响肉中蛋白质和脂肪水解酶类的活性,从而影响产品风味^[28]。图5显示,配制新汤pH为8.32,反复卤煮扒鸡后,煮制新汤pH急剧下降,卤煮12次后,pH无显著变化($p > 0.05$),维持在6.19~

6.20 的变化范围,老汤 pH 为 6.20。原因可能是随着卤煮时间的延长,扒鸡脂肪被氧化,蛋白质降解,导致酸度增高^[29]。有研究表明^[30-31],当鸡汤处于较低的、可接受的 pH 范围内时,会产生强烈的风味,而且当鸡汤 pH 差异在 0.4 个单位以内时风味没有明显的变化。因而,新汤经过长时间反复卤煮后,体系成分更加稳定,营养物质变化等趋于平衡,逐渐接近老汤。

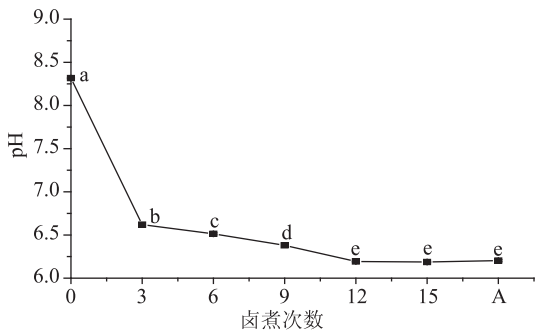


图5 卤煮次数对卤汤中 pH 的影响

Fig.5 Changes of pH from brine of braised chicken during repeated braising

2.1.6 总糖 由图 6 可知,配制新汤总糖含量为 0.02 g/100 g,随着卤煮次数的增加,煮制新汤的总糖含量急剧升高,卤煮 12 次时,新汤与老汤总糖含量无显著差异($p > 0.05$),在 0.30 g/100 g 附近波动变化,老汤总糖含量为 0.39 g/100 g。原因可能是香辛料中糖类物质溶解到卤汤中,另外,传统技艺制作扒鸡的主要工艺为:扒鸡胴体涂糖、油炸、卤煮,扒鸡胴体卤煮前进行涂糖工艺,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,麦芽糖是一种营养型双糖,涂糖工艺不仅起到上色作用,且对扒鸡风味具有重要贡献。卤煮过程中,扒鸡胴体中糖类物质不断溶解,导致卤汤中总糖含量升高。与蛋白质含量相比,卤汤中总糖含量较低,但糖类物质尤其是还原糖是卤水重要的风味前体物质^[22,32]。

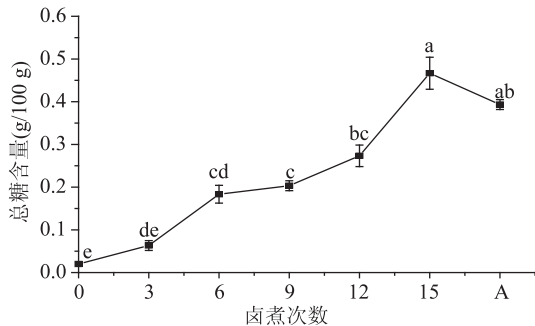


图6 卤煮次数对卤汤中总糖含量的影响

Fig.6 Contents and changes of total sugar from brine of braised chicken during repeated braising

2.1.7 粗脂肪 不同种类肉的特征风味普遍被认为是来自脂质的作用,如 Mottram 等人研究表明形成不同肉类特征风味的化合物主要来自于脂类物质,尤其是磷脂^[33-34]。如图 7 所示,配制新汤粗脂肪含量为 0.01 g/100 g,煮制新汤粗脂肪含量先升高后波动变化,但最高含量为 0.06 g/100 g,老汤粗脂肪含量为

0.06 g/100 g。原因可能是卤煮过程中,扒鸡和香辛料中脂类物质受热溶解进入鸡汤。脂类物质对风味具有重要贡献,尤其脂肪中的磷脂和游离脂肪酸是形成风味的主要前体物质,脂肪酸易发生氧化反应,生成醛、酮、酸和酯类等物质^[33]。另外,脂肪为非水溶性物质且密度小于水,漂浮于卤汤表层。长时间高温加热会导致脂肪酸败变质,而且表层脂肪阻碍卤汤的降温速率,影响卤汤及扒鸡风味,故每次卤制过后会将浮于表层的脂类物质除去,其测定结果与扒鸡的实际操作相吻合。

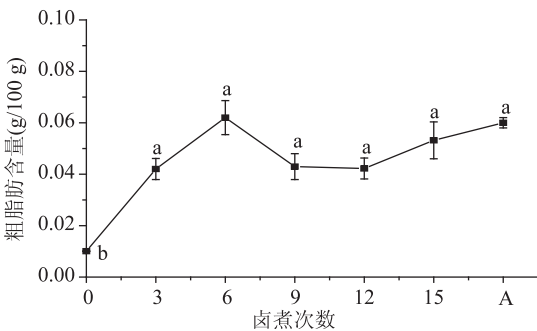


图7 卤煮次数对卤汤中粗脂肪含量的影响

Fig.7 Contents and changes of crude fat from brine of braised chicken during repeated braising

2.1.8 脂肪酸 脂肪酸是重要的风味前体物质。如表 1 所示,脂肪酸相对百分含量表示每次卤煮后卤汤样品脂肪酸的构成比例。卤汤脂肪酸由豆蔻酸($C_{14:0}$)、棕榈油酸($C_{16:0}$)、棕榈酸($C_{16:1}$)、硬脂酸($C_{18:0}$)、油酸($C_{18:1}$)和亚油酸($C_{18:2}$)等组成。SFA 主要由棕榈油酸和硬脂酸组成,而豆蔻酸含量较低。UFA 中 MUFA 相对含量高于 PUFA, MUFA 由棕榈酸和油酸组成, PUFA 为亚油酸。

研究表明^[35],UFA 含量越高,汤的风味越浓,越有利于产品独特风味的形成。配制新汤 SFA 相对百分含量最高,为 77.34%, MUFA 和 PUFA 相对百分含量最低,分别为 14.99% 和 7.67%。随着卤煮次数的增加,煮制新汤中 SFA 相对百分含量先急剧降低后基本保持不变, MUFA 和 PUFA 相对百分含量均先升高后基本保持不变。老汤中 SFA、MUFA 和 PUFA 相对百分含量分别为 42.74%、37.39% 和 19.88%。反复卤煮后,卤汤 UFA/SFA 先升高后波动变化,老汤中 UFA/SFA 最高,为 1.34。综合分析得知,除油酸外,卤煮 12 次后,新汤与老汤脂肪酸含量无显著差异($p > 0.05$)。这可能是 UFA 主要由肉细胞膜磷脂层脱落的脂肪酸及小部分的脂肪组织分解产生^[28]。另外, UFA 相对 SFA 更容易发生自动氧化反应,脂肪酸氧化反应生成醛、酮、酸、酯、烃类和醇类等物质,影响产品风味。

2.2 扒鸡卤汤各指标相关性分析

对扒鸡卤煮过程中表征卤汤品质的上述各指标进行相关性分析,相关系数的值越高,则变量间的关联程度越大^[36]。反复卤煮过程卤汤品质主要包括蛋白质、氯化钠、水分、总糖、粗脂肪、pH 及脂肪酸。由表 2 相关性分析得知,蛋白质含量与卤煮次数呈极显著正相关($p < 0.01, r = 0.967$),说明随着卤煮次数

表1 卤煮次数对卤汤中脂肪酸组成及相对百分含量变化的影响(%)

Table 1 Components and relative content changes of fatty acid from brine of braised chicken during repeated braising(%)

卤煮次数	0	3	6	9	12	15	A
C _{14:0}	2.55 ± 0.43	3.48 ± 1.24	1.18 ± 0.21	1.41 ± 0.19	2.44 ± 1.77	1.47 ± 0.52	1.89 ± 0.84
C _{16:0}	36.83 ± 8.51 ^{ab}	38.12 ± 1.25 ^a	28.83 ± 5.27 ^{ab}	31.93 ± 1.37 ^a	31.74 ± 3.38 ^{ab}	32.73 ± 1.48 ^{ab}	24.14 ± 0.93 ^b
C _{16:1}	0 ^b	2.35 ± 0.39 ^a	3.29 ± 0.87 ^{ab}	3.55 ± 0.39 ^a	4.49 ± 1.39 ^{ab}	4.74 ± 2.72 ^{ab}	2.50 ± 0.11 ^a
C _{18:0}	37.96 ± 6.52 ^a	22.69 ± 1.09 ^b	19.71 ± 2.19 ^{bc}	18.08 ± 0.69 ^{bcd}	14.47 ± 0.67 ^d	20.28 ± 0.89 ^{bc}	16.71 ± 2.71 ^{cd}
C _{18:1}	14.99 ± 3.38 ^d	20.39 ± 0.93 ^c	30.05 ± 3.13 ^b	27.61 ± 1.05 ^b	28.56 ± 3.30 ^b	26.48 ± 3.66 ^b	34.89 ± 1.67 ^a
C _{18:2}	7.67 ± 2.64 ^e	14.91 ± 0.58 ^{cd}	16.94 ± 1.39 ^{bc}	17.42 ± 0.25 ^b	18.01 ± 1.19 ^{ab}	14.29 ± 0.13 ^d	19.88 ± 0.72 ^a
SFA	77.34	64.30	49.72	51.42	48.65	54.49	42.74
MUFA	14.99	22.74	33.34	31.16	33.34	31.22	37.39
PUFA	7.67	14.91	16.94	17.42	18.01	14.29	19.88
UFA/SFA	0.29	0.59	1.01	0.94	1.06	0.84	1.34

注:SFA:饱和脂肪酸;MUFA:单不饱和脂肪酸;PUFA:多不饱和脂肪酸;UFA:不饱和脂肪酸。

表2 扒鸡卤汤各指标相关性分析

Table 2 Correlation analysis of indexes on brine of braised chicken

	蛋白质	氯化钠	水分	pH	粗脂肪	总糖	C _{14:0}	C _{16:0}	C _{16:1}	C _{18:0}	C _{18:1}	C _{18:2}
次数	0.967 **	-0.680	-0.935 **	-0.796	0.600	0.964 **	-0.501	-0.562	0.936 **	-0.749	0.733	0.601
蛋白质		-0.723	-0.988 **	-0.892 *	0.695	0.882 *	-0.518	-0.656	0.980 **	-0.882 *	0.857 *	0.779
氯化钠			0.735	0.917 *	-0.880 *	-0.662	0.181	0.342	-0.823 *	0.807	-0.677	-0.731
水分				0.904 *	-0.764	-0.853 *	0.561	0.745	-0.983 **	0.908 *	-0.920 **	-0.824 *
pH					-0.864 *	-0.698	0.326	0.545	-0.945 **	0.969 **	-0.859 *	-0.915 *
粗脂肪						0.599	-0.521	-0.688	0.777	-0.806	0.865 *	0.799
总糖							-0.564	-0.537	0.854 *	-0.604	0.651	0.439
C _{14:0}								0.854 *	-0.428	0.319	-0.666	-0.323
C _{16:0}									-0.632	0.618	-0.894 *	-0.641
C _{16:1}										-0.927 **	0.872 *	0.828 *
C _{18:0}											-0.900 *	-0.975 **
C _{18:1}												0.898 *

注: * 表示显著相关性, $p < 0.05$; ** 表示极显著相关性, $p < 0.01$ 。

的增加,蛋白质含量逐渐升高;水分含量与卤煮次数($p < 0.01$, $r = -0.935$)、蛋白质含量($p < 0.01$, $r = -0.988$)均呈极显著负相关,说明随着卤煮次数的增加,水分含量减少,且水分含量与卤汤蛋白质含量的变化密切相关;总糖含量与卤煮次数($p < 0.01$, $r = 0.964$)呈极显著正相关,与蛋白质含量($p < 0.05$, $r = 0.882$)呈显著正相关,与水分含量($p < 0.05$, $r = -0.853$)呈显著负相关,说明随着卤煮次数的增加,卤汤总糖含量不断升高,且总糖含量与水分、蛋白质含量密切相关;卤汤 pH 与蛋白质含量($p < 0.05$, $r = -0.892$)、粗脂肪含量($p < 0.05$, $r = -0.864$)呈显著负相关,与氯化钠含量($p < 0.05$, $r = 0.917$)和水分含量($p < 0.05$, $r = 0.904$)呈显著正相关,说明 pH 与卤汤品质密切相关。综合分析,卤汤各营养品质之间普遍存在相关性,说明卤煮过程中各指标的变化密切相关。最终,反复卤煮后,扒鸡卤汤体系成分更加复杂、更加稳定。

3 结论

通过对扒鸡卤煮过程中卤汤营养品质成分分析和相关性分析,发现反复卤煮后,煮制新汤中水分、氯化钠含量及 pH 降低,蛋白质、总糖、粗脂肪含量及 UFA/SFA 增加,最终趋于平衡,新汤逐渐演化为一个

成分较为稳定的复杂多组分分散体系。综合分析反复卤煮过程扒鸡卤汤基本营养品质发现,至少卤煮 12 次后,扒鸡新汤基本营养成分逐渐接近于老汤,老汤体系成分稳定、香味馥郁,更适合扒鸡加工及标准化控制。

另外,本试验聚焦于反复卤煮后的扒鸡卤汤,主要从基本营养成分的角度进行阐述,进一步的研究将从反复卤煮后扒鸡卤汤风味物质的角度进行深入研究。

参考文献

[1]周光宏.肉品学[M].北京:中国农业科技出版社,1999.
[2]谢伟.卤水与工艺对盐水鸭风味的影响[D].南京:南京农业大学,2009.
[3]杜垒,谢伟,徐幸莲,等.复卤前后盐水鸭老卤基本成分与安全指标变化[J].食品科学,2009,30(13):101-104.
[4]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): 1235-1242.
[5]段艳,郑福平,杨梦云,等.ASE-SAFE/GC-MS/GC-O 法

(下转第 192 页)

- [19] 孙俊良,李新华,梁新红,等.不同碳源对黑曲霉产糖化酶活力的影响[J].食品科学,2008,29(8):433-436.
- [20] 杨波.富硒产朊假丝酵母的制备及性能研究[D].苏州:苏州大学,2012.
- [21] 程方,李巨秀,来航线,等.多菌种混合发酵马铃薯渣产蛋白饲料[J].食品与发酵工业,2015,41(2):95-101.
- [22] 黄永锋.豆粕发酵生产高蛋白酶活饲料的研究[D].山东:山东轻工业学院,2010.

(上接第180页)

- 分析德州扒鸡风味化合物[J].中国食品学报,2014,14(4):222-230.
- [6] 田毅峰,张秀梅,赵倩,等.德州扒鸡风味物质分析及保鲜技术的研究[J].食品研究与开发,2013,34(22):46-48.
- [7] 路立立,胡宏海,张春江,等.包装材料阻隔性对德州扒鸡的品质影响分析[J].现代食品科技,2014,30(8):194-200.
- [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 5009.5-2010 食品中蛋白质的测定[S].北京:中国标准出版社,2010.
- [9] 中华人民共和国卫生部 中国国家标准化管理委员会. GB/T 12457-2008 食品中氯化钠的测定[S].北京:中国标准出版社,2008.
- [10] 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.
- [11] 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.
- [12] 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.
- [13] 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.
- [14] 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):1273-1277.
- [15] Association of Official Analytical Chemists. AOAC Official method 996.06 fat (total, saturated, and unsaturated) in foods[S]. Gaithersburg: AOAC International, 2001.
- [16] 王毅,贺雅非,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.
- [17] 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.
- [18] 赵勇,邱祥国.烹制对鸡汤灭菌作用及营养物质浸出的实验观察[J].扬州大学烹饪学报,2005,22(2):44-47.
- [19] 闵连吉.肉类食品工艺学[M].北京:中国商业出版社,1995.
- [20] 陈宇丹.影响广东老火鸡汤质量因素研究及营养汤品开发[D].广州:华南理工大学,2011.

- [23] LIU Bingnan, Li Ying, Song Jinzhu. Production of single-cell protein with two-step fermentation for treatment of potato starch processing waste[J]. Cellulose, 2014, 21:3637-3645.
- [24] 苏小军,熊兴耀,谭兴和,等.燃料乙醇发酵技术研究进展[J].湖南农业大学学报,2007,33(4):481-485.
- [25] 肖雷,冷云伟,陶秀祥,等.影响黑曲霉产糖化酶和蛋白酶的主要营养因素[J].中国矿业大学学报,2009,38(1):144-148.

- [21] 李洁,朱国斌译.肉制品与水产品的风味(第2版)[M].北京:中国轻工业出版社,2001.
- [22] 赵旭壮.肉品风味形成与美拉德反应[J].肉类工业,2006(1):14-16.
- [23] Barat J M, Rodríguez-Barona S, Andrés A, et al. Influence of Increasing Brine Concentration in the Cod-Salting Process[J]. Journal of Food Science, 2002, 67(5):1922-1925.
- [24] Martínez-Alvarez O, Gómez-Guillén M C. The effect of brine composition and pH on the yield and nature of water-soluble proteins extractable from brined muscle of cod (*Gadus morhua*) [J]. Food Chemistry, 2005, 92(1):71-77.
- [25] Baublits R T, Pohlman F W, Brown A H, et al. Effects of sodium chloride, phosphate type and concentration, and pump rate on beef biceps femoris quality and sensory characteristics[J]. Meat Science, 2005, 70(2):205-214.
- [26] 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.
- [27] 李艳逢.盐水鸭复卤卤水基本品质特性的研究[D].南京:南京农业大学,2009.
- [28] Gill C O. Substrate limitation of bacterial growth at meat surfaces[J]. Journal of Applied Bacteriology, 1976, 41(3):401-410.
- [29] 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.
- [30] Brant A W, Hanson H L. Age, sex and genetic effect on poultry flavor[C]. Proceedings of the Twelfth World's Poultry Congress, 1962:409-413.
- [31] Pippen E L, De Fremery D, Lineweaver H, et al. Chicken broth flavor and pH[J]. Poultry Science, 1965, 44(3):816-824.
- [32] 潘丽红,周光宏,徐幸莲,等.美拉德反应在肉味香精生产中的应用[J].肉类工业,2007(8):29-31.
- [33] 刘源.鸭肉风味及其在加工过程中的变化研究[D].南京:南京农业大学,2006.
- [34] Mottram D S. The effect of cooking conditions on the formation of volatile heterocyclic compounds in pork[J]. Journal of the Science of Food and Agriculture, 1985, 36(5):377-382.
- [35] 杜垒.盐水鸭老卤腌制特性与传质动力学分析[D].南京:南京农业大学,2010.
- [36] 王钦德,杨坚.食品实验设计与统计分析[M].北京:中国农业出版社,2003.