

减盐条件下卤汤重复使用制作的 卤鸭腿理化指标变化规律研究

郭梦嫣¹, 王海滨^{1,2,3*}, 廖鄂^{1,2,3}, 路洪艳^{1,2,3}, 张莹^{1,2,3}, 彭利娟^{1,2,3}

(1. 武汉轻工大学食品科学与工程学院, 武汉 430023; 2. 农产品加工与转化湖北省重点实验室, 武汉 430023; 3. 武汉轻工大学肉类加工与安全研究所, 武汉 430023)

摘要: **目的** 探究减盐(70% NaCl+30% KCl)与不减盐(100% NaCl)条件下卤汤重复使用(反复卤制)时卤鸭腿的理化指标变化规律, 以为减盐条件下卤鸭腿的工业化生产提供一定的理论依据。**方法** 通过比较减盐条件下卤汤使用不同次数时鸭腿的盐含量、钠与钾离子含量、pH、水分含量、蒸煮损失、粗蛋白含量、脂肪含量、色差和感官评价, 探究卤制批次和减盐对卤鸭腿理化指标的影响。**结果** 卤汤重复使用和减盐卤制对鸭腿的水分含量、蒸煮损失、pH及粗蛋白含量影响不显著($P>0.05$)。随着卤汤使用次数的增加, 卤鸭腿的脂肪含量不断减少, 感官评分不断降低。减盐条件下卤汤使用五次之后与第一次相比鸭腿中的盐含量、钠离子含量、钾离子含量分别减少28.00%、20.78%、7.89%。鸭腿的颜色随着卤汤使用次数的增加逐渐变浅。减盐卤制的鸭腿钠离子含量低于不减盐卤制的鸭腿。**结论** 卤汤的重复使用对卤鸭腿除钠、钾和盐含量之外的常规理化指标影响较小, 卤汤在适当的使用次数之后及时补充包含低钠盐在内的调味料就能保障产品基本理化指标相对稳定, 可实现减盐卤鸭腿的持续稳定化生产。

关键词: 鸭腿; 减盐; 重复卤制; 盐含量; 理化指标

Study on the change law of physicochemical indexes of duck legs stewed in brine reused under salt reduction conditions

GUO Meng-Yan¹, WANG Hai-Bin^{1,2,3*}, LIAO E^{1,2,3}, LU Hong-Yan^{1,2,3},
ZHANG Ying^{1,2,3}, PENG Li-Juan^{1,2,3}

(1. College of Food Science and Engineering, Wuhan Polytechnic University, Wuhan 430023, China; 2. Hubei Key Laboratory for Processing and Transformation of Agricultural Products, Wuhan 430023, China; 3. Institute of Meat Processing and Safety of Wuhan Polytechnic University, Wuhan 430023, China)

ABSTRACT: Objective To explore the changes of physicochemical indexes of duck legs stewed when the brine soup is reused (marinated repeatedly) under the conditions of salt reduction (70% NaCl+30% KCl) and normal salt concentration (100% NaCl), in order to provide a theoretical basis for the industrial production of brined duck legs under salt reduction conditions. **Methods** By comparing the salt content, sodium and potassium ion content, pH, moisture content, cooking loss, crude protein content, fat content, color difference and sensory evaluation of duck

基金项目: 湖北省农业科技成果转化资金项目(2017AB B674)、农产品加工与转化湖北省重点实验室的开放课题项目(2020-01)

Fund: Supported by the Hubei Province Agricultural Science and Technology Achievements Transformation Fund Project (2017AB B674), and the Open Research Topics of Hubei Key Laboratory for Processing and Transformation of Agricultural Products (2020-01)

*通信作者: 王海滨, 教授, 主要研究方向为畜禽及水产制品加工与质量控制技术。E-mail: whb6412@163.com

*Corresponding author: WANG Hai-Bin, Professor, Wuhan Polytechnic University, Changqing Garden, Hankou, Wuhan 430023, China. E-mail: whb6412@163.com

legs when the brine was reused different times under reduced salt conditions, the effects of brine reused times and salt reduction on the physicochemical parameters indexes of brined duck legs were explored. **Results** The effects of reusing brine and reducing salt on the moisture content, cooking loss, pH and crude protein content of the duck legs were not significant ($P>0.05$). Fat content and sensory score of the stewed duck legs decreased with the increase of brine reused times. Compared to the first time using salt-reduced brine, the salt, sodium and potassium content of the duck legs were reduced by 28.00%, 20.78% and 7.89%, respectively, after the 5 times. The color of the duck legs became light with the increasing of reusing brine times. The sodium ion content of duck legs stewed in salt reduced brine was lower than that of normal salt concentration. **Conclusion** The reuse of brine have little effect on the conventional physicochemical indexes of stewed duck legs except for sodium, potassium and salt content. Timely supplementation of seasonings including low sodium salts after the appropriate time of reusing brine can ensure the relatively stable of basic physicochemical indexes, and achieve the continuous stable production of stewed duck legs with reduced salt.

KEY WORDS: duck legs; salt reduction; stewed cycle; salt content; physicochemical index

0 引言

酱卤肉制品是我国拥有几千年历史的传统美食之一,一般以畜禽肉为主要加工对象,将清洗好的肉在预先调配好的卤汤中卤制而成。酱卤肉制品属深加工肉制品,主要在美拉德反应、脂肪氧化、氨基酸及硫胺素的降解等过程中产生风味^[1-2]。在这些反应过程中会生成一些小分子物质如核苷酸、游离氨基酸、脂肪酸等,其中的游离氨基酸是酱卤肉制品的主要风味来源^[3]。在卤制过程中添加的香辛料不仅给酱卤肉制品带来独特的风味,还起到了矫正不良风味的作用^[4]。

在实际工业生产中,一般仅在第一次卤制时配制卤水,后续卤制会将原料肉制品取出后继续使用此卤汤,在下次卤制时补充加入新鲜的原料肉直接进行卤制^[5]。在重复卤制过程中,卤汤中的香辛料和调味料成分进入肉制品中,水分也会在加热过程中流失,所以需要在下次卤制之前补充流失的香辛料和调味料及水分^[6]。卤汤中香辛料和调味料的风味物质进入原料肉的同时,原料肉中的脂肪、蛋白质也会进入到卤汤之中,使卤汤的风味和成分变得复杂。随着卤汤的不断重复使用,原料肉和卤汤之间的物质交换趋于稳定,这时生产出的肉制品质量稳定,卤汤也能被称为“老卤”,成为决定酱卤肉制品风味的关键因素^[7]。

食盐作为人们烹饪菜肴时不可或缺的调味料,在食品加工中发挥着重要的作用^[8],如通过加盐腌制肉制品增强保水性^[9]等。但是研究表明食盐摄入量过高会诱发冠心病、高血压等慢性疾病^[10-11],是目前造成大众亚健康的诱因之一。而大部分传统肉制品的含盐量普遍偏高^[12],如何降低盐含量特别是钠含量就成了亟需解决的问题^[13]。减少盐含量最简单的方法就是减少氯化钠的添加量,但是这对肉制品的感官品质造成一定的影响^[14]。现在有一些厂家采用氯化钾部分替代氯化钠的方法,减少钠离子的摄入,经过实验论证这种方法可行性高^[15]。陈佳新等^[16]研究在低

钠盐肉脯中用氯化钾替代 20%~30%的氯化钠时,肉脯仍具有良好的感官接受度。宋文敏等^[17]对卤制鸭腿的研究发现,氯化钾替代比为 35%时不会影响品质特性及感官评分。LI 等^[18]用氯化钾替代氯化钠卤制鸭腿发现,减盐卤鸭腿是可行的。上述研究表明在肉制品中氯化钾的最大替代比在 30%~35%之间较为合适。

采用传统卤制工艺方法制作卤鸭制品的关键技术之一是通过重复使用的卤汤进行盐分等主要调味料和香辛料的补充以保证不同批次的卤鸭制品风味口感质量相对稳定,制作减盐卤鸭制品也面临类似的问题,而目前有关减盐卤鸭制作过程中卤汤重复使用所发生的盐分及钠、钾等成分变化的系统性研究鲜见报道。

本研究选择 70%氯化钠和 30%氯化钾作为实验组,不添加氯化钾作为对照组,探究在卤汤重复使用的情况下,卤鸭腿盐含量、钠与钾离子含量、pH、水分含量、蒸煮损失、粗蛋白含量、脂肪含量、色差等理化指标的变化规律,并进行感官评价分析,为制定减盐减钠条件下卤汤中低钠盐补充技术方案以保证各批次产品盐和钠钾离子含量基本稳定奠定基础。

1 材料与方法

1.1 实验材料

鸭腿(徐州恒巨网络科技有限公司);桂皮、八角、花椒、香叶、山奈、小茴香、辣椒(福生堂药材栈);氯化钠(食品级,河南天马食品配料有限公司);氯化钾(食品级,连云港科德食品配料有限公司);味精、料酒、生抽、老抽(中百仓储庭瑞新汉口店)。

1.2 试剂及仪器设备

硫酸铁铵、硫氰酸钾、硝酸、硝酸银、石油醚、氢氧化钠、乙醇、甲基红、溴甲酚绿、硼酸、硫酸铜、硫酸钾、硫酸(分析纯,国药集团化学试剂有限公司)。

STARTER3100 实验室 pH 计(奥豪斯仪器上海有限公司); AX224ZH/E 电子天平(精度 0.0001 g, 奥豪斯仪器常州有限公司); JK9870 全自动凯氏定氮仪(济南精锐分析仪器有限公司); SZF-06C 脂肪测定仪(浙江托普云农科技股份有限公司); JZ-300 便携式色差仪(深圳市金准仪器设备有限公司); Anton Paar 微波消解仪(上海捷祥测控技术有限公司); 7700 电感耦合等离子体质谱仪(美国 Agilent Technologies 公司)。

1.3 实验方法

1.3.1 卤鸭腿制作

选取整条鸭腿, 修整, 焯水, 腌制。腌制采用静水腌制, 水中添加 1.5%氯化钠、0.5%味精、3%料酒(占比均为水的质量分数)。减盐实验组使用 30%氯化钾部分替代氯化钠, 不减盐组则全部添加氯化钠。鸭腿和水的比例为 1:2 ($m:m$), 腌制时间为 24 h, 腌制温度 4℃。腌制结束后用清水冲洗鸭腿表面。

1000 mL 纯净水中加入 3%食用盐、1.5%生抽、1%老抽、3%料酒、香料包(0.3%桂皮、0.3%八角、0.6%花椒、0.15%香叶、0.15%山奈、0.15%小茴香、1%辣椒)(占比均为水的质量分数)煮沸 1 h 后过滤, 即为卤汤。减盐实验组用 30%氯化钾部分替代氯化钠, 不减盐组则全部添加氯化钠。卤汤与鸭腿质量比为 4:1。

卤汤中投入腌制后的鸭腿小火煮制 1 h, 在室温下泡卤 2 h, 即为卤制完成。

卤制完成后的卤汤 4℃冷藏保存。重新卤制前除去卤汤上漂浮的凝固油脂, 再补足水重新卤制。每次卤制都使用新腌制好的鸭腿。

一锅卤汤卤制出的第一批、第二批、第三批、第四批、第五批鸭腿分别称为卤制一批、卤制二批、卤制三批、卤制四批、卤制五批。

1.3.2 理化指标检测

(1) 钠、钾离子含量

参照 GB 5009.91—2017《食品安全国家标准 食品中钾、钠的测定》测定钠、钾含量。

(2) 盐分

参照 GB 5009.44—2016《食品安全国家标准 食品中氯化物的测定》测定盐分。

(3) 蒸煮损失

取整只鸭腿称重, 记作 M_1 , 4℃下腌制 24 h 后放入卤汤中卤制 1 h、泡卤 2 h, 取出用滤纸擦干表面水分, 记作 M_2 。使用公式(1)计算蒸煮损失率。

$$\text{蒸煮损失}/\% = \frac{M_1 - M_2}{M_1} \times 100\% \quad (1)$$

(4) 水分含量

参照 GB 5009.3—2016《食品安全国家标准 食品中水分的测定》进行水分测定。

(5) pH

参照 GB 5009.237—2016《食品安全国家标准 食品 pH 的测定》进行 pH 测定。

(6) 蛋白质含量

参照 GB 5009.5—2016《食品安全国家标准 食品中蛋白质的测定》进行蛋白质含量测定。

(7) 脂肪含量

参照 GB 5009.6—2016《食品安全国家标准 食品中脂肪的测定》进行脂肪含量测定。

(8) 色泽

使用便携式色差仪, 将色差仪镜头垂直紧贴于鸭腿表面, 测定鸭腿样品的红度(a^*)、黄度(b^*)、亮度(L^*), 每种卤制批次的鸭腿选用不同区域测 3 次, 记作鸭腿表面色差; 去除鸭腿表皮后, 对鸭腿皮下部分采取同样步骤测 3 次, 记作鸭腿皮下色差。

(9) 感官评价

参考李晚成等^[19]的方法, 略有改动。邀请 10 名食品专业的本科生或研究生组成评定小组, 男女各半作为感官评定员, 对同一样品分 3 次进行感官评定, 在进行感官评定之前先对本实验的目的、意义及感官评定的指标和需要注意的事项进行明确。参照 GB/T 22210—2008《肉与肉制品感官评定规范》的要求, 在室温 20℃左右的条件下, 分别对气味、滋味、嫩度、总体可接受性进行评分。感官评分采用 9 分制。每次评定由每个感官评定人员单独进行, 评定人员相互之间不进行交流, 在进行样品评定之前使用清水漱口。感官评定标准如表 1 所示。

表 1 感官评价标准
Table 1 Standards for sensory evaluation

指标	评分标准	评分
气味(满分 9 分)	腥味明显, 肉香味弱	1~3
	肉香味略强	4~6
	无腥味, 具有卤鸭腿独特的香味, 香味浓郁	7~9
滋味(满分 9 分)	卤肉味淡, 咸味弱, 无回味	1~3
	卤肉味较淡, 咸味较弱, 回味短	4~6
	卤肉味较浓, 咸度适中, 有回味	7~9
嫩度(满分 9 分)	干柴难嚼	1~3
	肉质较干	4~6
	鲜嫩多汁	7~9
总体可接受性(满分 9 分)	一般	1~3
	较好	4~6
	很好	7~9

1.4 数据处理

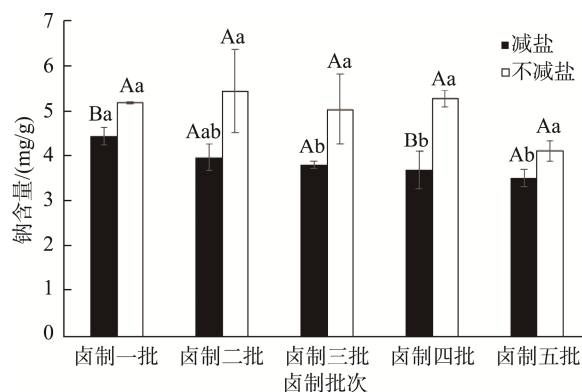
所有数据平行测定 3 次, 结果以平均值±标准偏差表示。实验数据采用 Excel 2013 和 SPSS 19.0 处理, 显著性分析采用 Duncan, 取 95% 的置信区间($P<0.05$), 同一卤制次数时减盐组与不减盐组之间进行 t 检验, 差异显著性水平($P<0.05$)。

2 结果与分析

2.1 不同卤制批次鸭腿的钠离子含量

从图 1 可见, 减盐组鸭腿的钠离子含量在卤制第一批、第二批、第三批、第四批和第五批(为简便起见, 分别简称“卤制一批”“卤制二批”“卤制三批”“卤制四批”和“卤制五批”)的钠离子含量分别为 4.50、4.02、3.74、3.85、3.57 mg/g, 对比减盐卤制第一批钠离子的含量, 减盐卤制二批、三批、四批、五批的钠离子含量分别下降了 10.67%、16.89%、14.44% 和 20.78%, 卤制五批和卤制一批之间差异显著($P<0.05$)。不减盐组卤制五批的鸭腿和卤制一批的相比钠离子含量下降了 20.61%。可能是由于卤汤的重复利用会使卤汤中的钠离子含量减少^[20], 使能进入鸭腿的盐离子变少, 导致鸭腿中的钠离子含量逐渐下降。表明卤汤重复卤制之后卤汤中的钠离子不够维持刚开始的含量, 减盐卤制时卤制三批钠离子含量下降幅度就超过了 15%, 需要在卤制时及时补充钠离子。

与不减盐组相比, 减盐组钠离子含量减少, 卤制第二、三、四批减盐组和不减盐组的钠离子比都在 7:10 左右, 与配制卤汤时钠离子的添加量相同, 表明减盐卤制达到了降低卤鸭腿钠离子含量的预期。不减盐组的钠离子含量稍有波动, 总体上随着卤制批次的增加, 卤鸭腿的钠离子含量呈下降趋势, 但未有显著性差异。



注: 小写字母不同, 表示不同卤制批次间差异显著($P<0.05$); 大写字母不同, 表示同一卤制批次时减盐组与不减盐组间差异显著($P<0.05$), 下同。

图 1 卤汤重复卤制过程中鸭腿钠离子含量的变化

Fig.1 Changes in sodium ion content of duck legs during brine with repeatedly used brine broth

2.2 不同卤制批次鸭腿的钾离子含量

由图 2 可知, 随着卤汤重复卤制次数的增加, 减盐卤制组鸭腿的钾离子含量呈下降趋势, 减盐卤制一批、二批、三批、四批、五批的钾离子含量分别为 3.04、2.78、2.82、2.72、2.80 mg/g, 对比减盐卤制一批, 钾离子的含量在卤制二批、三批、四批和五批的含量分别下降了 8.55%、7.40%、10.53% 和 7.89%, 下降幅度明显低于钠离子的下降幅度, 钠钾离子浓度消减速率不一致。这说明卤汤中钠离子和钾离子在鸭腿中的渗透扩散速率有差异, 钠离子渗透速率大于钾离子的渗透速率。鸭腿中钾离子含量随着卤制批次增加而减少, 这可能是由于随着卤汤的重复利用, 卤汤中的钾离子含量逐渐减少, 能进入鸭腿中的钾离子也逐渐减少。不减盐组的钾离子含量在 1.1 mg/g 左右波动, 而腌制和卤制过程中不减盐组没有添加过氯化钾, 这些钾离子可能是由腌制和卤制过程中的其他调味料带入。

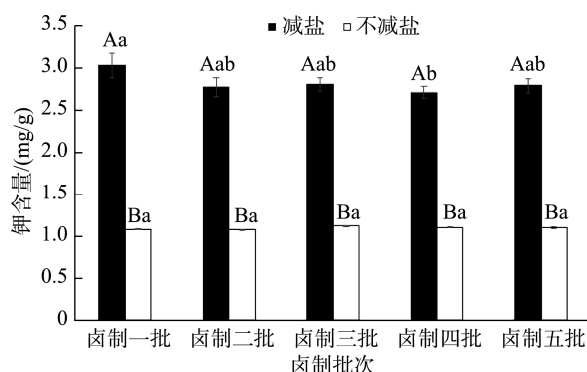


图 2 卤汤重复卤制过程中鸭腿钾离子含量的变化

Fig.2 Changes in the potassium ion content of duck legs during brine with repeatedly used brine broth

减盐组与不减盐组卤鸭腿之间钾离子含量差异显著($P<0.05$), 前者是后者的 2.76~2.47 倍。采用低钠盐制作卤鸭制品可显著提高产品的钾含量, 提升了营养价值。

2.3 不同卤制批次鸭腿的氯离子含量

氯离子的含量能很好地反映鸭腿中氯化物的总含量, 由图 3 可以看出, 减盐卤制和不减盐卤制氯离子进入鸭腿的含量没有显著差异($P>0.05$)。随着卤制批次的增加, 鸭腿中氯离子含量逐渐减少, 减盐卤制一批、二批、三批、四批、五批的氯离子含量分别为 0.73%、0.67%、0.66%、0.62%、0.53%, 对比减盐卤制一批, 氯离子的含量在减盐卤制二批、三批、四批、五批时的含量分别下降了 8.29%、9.87%、15.21%、28.00%。不减盐组第五批卤制与第一批卤制相比, 氯离子含量显著减少($P<0.05$), 从 0.72% 下降到 0.53%, 下降了 26.39%。减盐组重复卤制鸭腿到第五批时氯离子含量显著减少($P<0.05$)。随着卤制批次的增加鸭腿中氯离子的含量不断减少, 原因可能是卤汤每次卤制都会有氯离子进入鸭腿, 随着卤汤的重复使用, 卤汤中的氯离子不断减少,

进入到鸭腿的氯离子不断减少。第三批卤制时减盐组与不减盐组中鸭腿中氯离子含量均减少了接近 10%，此时就应及时补充失去的氯离子。

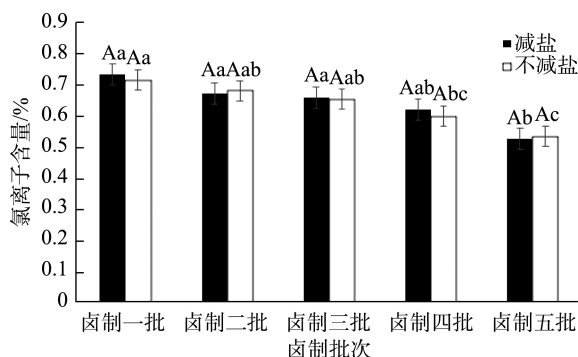


图 3 卤汤重复卤制过程中鸭腿氯离子含量的变化

Fig.3 Changes in chloride ion content of duck legs during brine with repeatedly used brine broth

2.4 不同卤制批次鸭腿的蒸煮损失

蒸煮损失是反映肉制品保水性的一个重要指标^[21]。肉制品加热之后出现蒸煮损失是因为加热使肉制品中蛋白质变性，保水性减弱，使肉中的水分流失造成质量减少^[22]。

由表 2 可知，本研究的鸭腿卤制前后蒸煮损失率在 32%~35% 之间波动，组间与组内均没有显著性差异 ($P>0.05$)，表明重复卤制和减盐卤制对鸭腿的蒸煮损失影响较小。蒸煮损失的变化小，也能说明重复卤制和减盐卤制不会影响卤鸭腿的保水性。

2.5 不同卤制批次鸭腿的水分含量

肉制品的水分含量是决定肉制品是否多汁的一项重

要指标，也会影响肉制品的货架期^[23]。由表 2 可知，水分含量在 66% 左右波动，不同卤制批次和减盐组与不减盐组之间均没有显著性差异 ($P>0.05$)，这和刘登勇等^[24]的研究结果相似。表明重复卤制和减盐卤制对肉制品的水分含量均没有显著影响，能较好保证鸭腿的水分含量稳定。

2.6 不同卤制批次鸭腿的 pH

肉制品的 pH 能反映肉制品的腐败程度，且与保水性、嫩度等密切相关^[25]。由表 2 可知，本研究的鸭腿 pH 在 6.7 至 6.9 之间波动，组间与组内均没有显著性差异 ($P>0.05$)。随着卤制批次的增加，鸭腿的 pH 有一定程度的增加，原因可能是鸭腿中的蛋白质降解，使其酸性结构减少^[7]。以上结果表明重复卤制和减盐卤制对鸭腿的 pH 影响不显著，减盐重复卤制能较好保证鸭腿 pH 相对稳定。

2.7 不同卤制批次鸭腿的蛋白质含量

鸭肉的蛋白质含量较高，生鸭肉的蛋白质含量可达 18%^[26]。蛋白质是反映肉制品营养价值和口感的一个重要指标^[27]。由表 2 可知，鸭腿的蛋白质含量在 26 g/100 g 左右波动，组间与组内均没有显著性差异 ($P>0.05$)，表明重复卤制和减盐卤制对肉制品的蛋白质含量没有显著影响，减盐重复卤制能较好保证鸭腿蛋白质含量。卤制之后的鸭腿蛋白质含量大于生鸭腿的原因可能是卤制使鸭腿失水，鸭腿中干物质含量增加，在这种情况下即使卤制使部分蛋白质发生了降解，也会让鸭腿卤制之后蛋白质含量高于生鸭肉^[28]。不减盐组的蛋白质含量都略低于减盐组，这和雒宏琳等^[29]的研究结果相似，原因可能是氯化钠促进了蛋白质氧化^[30]，使鸭腿中所含的蛋白质含量减少。

表 2 卤汤重复卤制过程中鸭腿理化指标的变化

Table 2 Changes in physicochemical indicators of duck legs during brine with repeatedly used brine broth

处理	卤制批次	蒸煮损失/%	水分含量/(g/100 g)	pH	蛋白质含量/(g/100 g)
减盐组	卤制一批	34.3±2.03 ^{Aa}	65.5±0.016 ^{Aa}	6.7±0.01 ^{Aa}	26.6±0.004 ^{Aa}
	卤制二批	33.3±2.91 ^{Aa}	65.9±0.006 ^{Aa}	6.8±0.08 ^{Aa}	26.7±0.007 ^{Aa}
	卤制三批	34.5±1.11 ^{Aa}	65.7±0.004 ^{Aa}	6.8±0.07 ^{Aa}	27.2±0.007 ^{Aa}
	卤制四批	34.5±1.90 ^{Aa}	65.8±0.012 ^{Aa}	6.8±0.10 ^{Aa}	27.4±0.008 ^{Aa}
	卤制五批	33.5±2.04 ^{Aa}	65.7±0.015 ^{Aa}	6.9±0.08 ^{Aa}	27.3±0.015 ^{Aa}
不减盐组	卤制一批	32.2±1.20 ^{Aa}	67.2±0.006 ^{Aa}	6.8±0.08 ^{Aa}	25.9±0.007 ^{Aa}
	卤制二批	33.3±1.17 ^{Aa}	65.9±0.014 ^{Aa}	6.8±0.06 ^{Aa}	26.7±0.013 ^{Aa}
	卤制三批	34.7±2.36 ^{Aa}	65.0±0.011 ^{Aa}	6.8±0.07 ^{Aa}	27.1±0.010 ^{Aa}
	卤制四批	34.1±3.27 ^{Aa}	66.8±0.006 ^{Aa}	6.8±0.08 ^{Aa}	26.2±0.009 ^{Aa}
	卤制五批	32.2±1.13 ^{Aa}	66.2±0.007 ^{Aa}	6.9±0.11 ^{Aa}	26.8±0.018 ^{Aa}

注：小写字母不同，表示不同卤制批次间差异显著 ($P<0.05$)；大写字母不同，表示同一卤制批次时减盐组与不减盐组间差异显著 ($P<0.05$)，下同。

2.8 不同卤制批次鸭腿的脂肪含量

由图 4 可知, 随着卤制批次的增加, 减盐组鸭腿中的皮下脂肪含量从 2.9% 逐渐下降到 2.3%, 下降了 20.7%。这可能是因为鸭腿中的脂肪逐渐溶解进卤汤之中。由于脂肪不溶于水且密度比水小, 所以每次卤制结束都会在卤汤上看见漂浮的油脂, 这可能就是从鸭腿中渗出的脂肪。刘登勇等^[24]研究认为因卤汤表面漂浮油脂使后续卤制的扒鸡粗脂肪较少溶解进卤汤之中, 但由于本研究在每次卤制前去除上一次卤汤中表面浮起的油脂, 只使用纯卤汤卤制, 这可能是导致与刘登勇等^[24]研究结论相反的原因。多次卤制之后卤汤中成分逐渐复杂, 能吸收更多的脂质, 但因每次卤制之前会除去表面浮起的油脂, 所以鸭腿中的脂肪会更多地溶解进卤汤之中, 使最终的鸭腿皮下脂肪不断减少。

减盐组和不减盐组之间鸭腿粗脂肪含量差异不显著 ($P>0.05$), 这与 GAN 等^[31]的研究结果相似。但前三批卤制时减盐组比不减盐组的皮下脂肪多, 与宋文敏等^[17]的研究相似, 这可能是由于氯化钠会促进脂肪氧化^[32], 而减盐组添加的氯化钠较少, 相对减少了脂肪氧化的程度, 使减盐组鸭腿中的脂肪含量高于不减盐组。

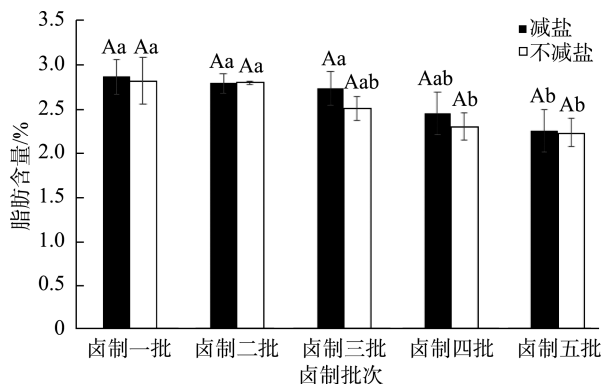


图 4 卤汤重复卤制过程中鸭腿脂肪含量的变化
Fig.4 Changes in fat content of duck legs during brine with repeatedly used brine broth

2.9 不同卤制批次鸭腿的色泽

色泽是消费者购买肉制品时会最先注意到的指标, 会直接决定消费者的购买欲望。由色差值可知鸭腿整体的颜色由第一批卤制的深棕色逐渐变为浅棕色。由表 3 可知, 减盐组鸭腿皮下 L^* 、 b^* 随着卤制批次的增加整体分别呈升高和下降趋势, 卤制一批与卤制五批差异显著 ($P<0.05$), 而皮下 a^* 整体呈下降趋势。鸭腿表面亮度与卤制一批相比均增加显著升高 ($P<0.05$), 卤制五批相较于卤制一批鸭腿表面的 a^* 和 b^* 显著下降 ($P<0.05$)。不减盐组卤制多批与卤制一批相比, 鸭腿皮下 L^* 升高, 皮下 b^* 显著下降 ($P<0.05$), 而皮下 a^* 是先下降后上升。不减盐组鸭腿表面色度值变化趋势和减盐组相同, 也是 L^* 卤制多批与卤制一批相比的增加显著升高 ($P<0.05$), a^* 和 b^* 则都是随着卤制批次的增加呈下降趋势。

鸭腿整体的色差值在前几批卤制时都差异显著, 但随着卤制批次的增加, 差异逐渐减少, 特别是第四批和第五批大部分的色差值不显著 ($P>0.05$), 这可能是因为第一批卤制时卤汤中加入的老抽中的焦糖色素进入鸭腿之中, 而因后续未添加显色物质, 使卤汤中的显色物质不足以维持前几批卤制时鸭腿的颜色, 表明在重复卤制过程中需要及时添加显色物质, 不然会影响鸭腿呈现出的颜色, 进而影响消费者的购买欲望。

减盐组和不减盐组鸭腿总色差差异不显著 ($P>0.05$), 这和 ALIÑO 等^[33]研究结果类似, 表明减盐卤制不会对鸭腿的色泽产生影响, 即减盐卤制出来的色泽和正常卤制没有区别, 不会对消费者的食欲造成太大影响。

2.10 不同卤制批次鸭腿的感官评价

由鸭腿的感官评价雷达图可知, 随着卤制批次的增加, 鸭腿的评分不断下降。综合减盐卤制和不减盐卤制的感官评分可知, 卤制到第四批时鸭腿的滋味评分有着较为明显的下降, 需要在第三批卤制结束后对盐分及香辛料进行添加, 使鸭腿口感保持在合理水平内。滋味评分的下降可能和卤鸭腿的钠钾及盐含量在卤制四批时有着较为明显的下降有关。

表 3 卤汤重复卤制过程中鸭腿色差的变化

Table 3 Changes in color difference of duck legs during brine with repeatedly used brine broth

处理	卤制批次	皮下 L^*	皮下 a^*	皮下 b^*	表面 L^*	表面 a^*	表面 b^*
减盐组	卤制一批	63.2±0.1 ^{Aa}	8.6±0.1 ^{Ab}	7.4±0.4 ^{Aa}	41.9±0.6 ^{Aa}	9.3±0.1 ^{Aa}	14.8±0.2 ^{Aa}
	卤制二批	64.7±1.4 ^{Ab}	8.3±0.2 ^{Ab}	7.4±0.1 ^{Aa}	55.4±0.5 ^{Abc}	9.3±0.2 ^{Aa}	13.5±0.6 ^{Ab}
	卤制三批	66.6±0.3 ^{Ac}	8.6±0.4 ^{Ab}	6.4±0.2 ^{Ab}	54.8±1.0 ^{Ab}	8.0±0.9 ^{Ab}	14.7±0.3 ^{Aa}
	卤制四批	67.4±0.2 ^{Ac}	8.8±0.1 ^{Aa}	5.8±0.1 ^{Ac}	56.5±0.4 ^{Ac}	8.5±0.4 ^{Ab}	12.6±0.2 ^{Ac}
	卤制五批	66.2±0.5 ^{Ac}	7.7±0.1 ^{Ac}	5.5±0.2 ^{Ac}	59.7±0.5 ^{Ad}	7.8±0.3 ^{Ab}	13.7±0.3 ^{Ab}
不减盐组	卤制一批	63.8±0.4 ^{Aa}	9.2±0.2 ^{Ba}	7.4±0.4 ^{Aa}	50.7±0.4 ^{Ba}	11.8±0.3 ^{Ba}	15.5±0.1 ^{Ba}
	卤制二批	65.4±0.2 ^{Abc}	8.8±0.1 ^{Aa}	5.9±0.2 ^{Bb}	52.1±0.8 ^{Bb}	11.0±0.1 ^{Bb}	13.9±0.3 ^{Ab}
	卤制三批	65.4±0.6 ^{Bbc}	8.7±0.7 ^{Aa}	4.9±0.3 ^{Bc}	53.2±1.0 ^{Bb}	9.9±0.3 ^{Bc}	13.5±1.6 ^{Ab}
	卤制四批	66.1±0.9 ^{Bc}	7.9±0.2 ^{Bb}	4.8±0.1 ^{Bc}	56.4±0.1 ^{Ac}	8.8±0.2 ^{Ad}	13.1±0.4 ^{Ab}
	卤制五批	64.4±0.6 ^{Bab}	8.5±0.3 ^{Bab}	4.5±0.4 ^{Bc}	57.1±0.4 ^{Bc}	7.5±0.2 ^{Ac}	11.6±0.1 ^{Bc}

减盐卤制鸭腿的滋味与气味评分低于相同卤制批次的不减盐卤制鸭腿,这说明减盐卤制相较于不减盐卤制在滋味与气味上会有所欠缺,但总体评分差距不大,而且减盐卤制控制在卤制三批以内不会对鸭腿风味带来明显的不利影响;同时也提示在超过一定的卤制批次之后,可以通过适当补充调味料和香辛料在维持钠、钾和食盐等主要呈味物质浓度(含量)相对稳定时,也维持感官评价的相对稳定。

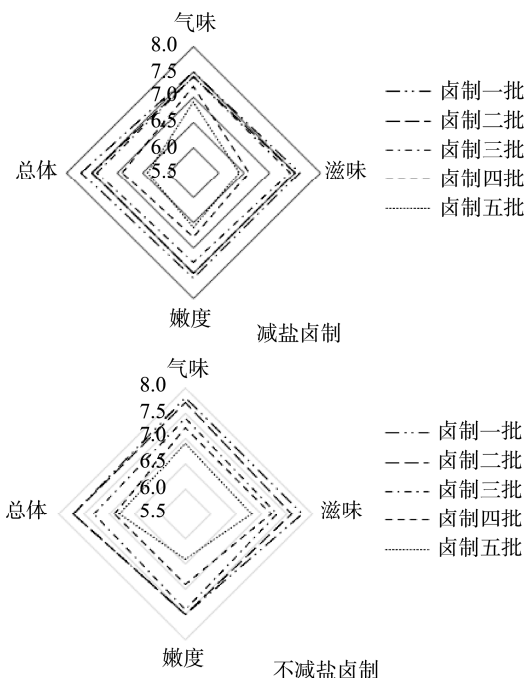


图5 卤汤重复卤制过程中感官评价的变化

Fig.5 Changes in sensory evaluation of duck legs during brine with repeatedly used brine broth

3 结论

通过对卤汤重复利用时制作卤鸭腿理化性质进行分析,发现在不补充调味料的情况下重复使用卤汤卤制,鸭腿的蒸煮损失、水分含量、pH、蛋白质含量均在一定范围内波动,但数值相对稳定,说明卤汤的重复利用对鸭腿的基本理化指标没有明显影响。而鸭腿盐离子含量有所减少、颜色由深棕色逐渐变浅、口感变差,这表明在卤制一定批次后需要对调味料进行补充,以便使鸭腿制品的盐含量、颜色和口感维持在一定水平内,防止味道、颜色发生较大变化,综合考虑建议在卤汤重复使用3次后就及时添加补充包括低钠盐在内的调味料。

减盐重复使用卤汤和不减盐重复使用卤汤卤制的鸭腿在钠钾离子含量上有显著差别($P < 0.05$),部分鸭腿颜色有差异外,其余指标均无显著性差异($P > 0.05$),这表明减盐卤制对鸭腿的理化指标影响不大,使用30%氯化钾部分

代替氯化钠从而达到减盐而不影响鸭腿整体品质的目的。

本研究为在减盐条件下重复使用卤汤卤制鸭腿时,何时补充添加卤汤钠、钾离子和盐分提供了一定参考技术依据,为减盐卤鸭持续稳定化生产打下了重要基础。

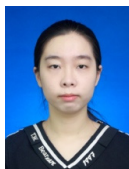
参考文献

- [1] 周芳伊, 张泓, 黄峰, 等. 肉制品风味物质研究与分析进展[J]. 肉类研究, 2015, (7): 34-37.
ZHOU FY, ZHANG H, HUANG F, *et al.* Advances in research and analysis of flavor compounds in meat products [J]. Meat Res, 2015, (7): 34-37.
- [2] 刁小琴, 孙微婷, 徐筱君, 等. 肉制品风味物质分析及其在加工中变化的研究进展[J]. 食品安全质量检测学报, 2021, 12(8): 2991-2999.
DIAO XQ, SUN WT, XU XI, *et al.* Research progress on analysis of flavor compounds in meat products and their changes during processing [J]. J Food Saf Qual, 2021, 12(8): 2991-2999.
- [3] 常亚楠, 赵改名, 柳艳霞, 等. 煮制对鸡肉及汤汁中游离氨基酸的影响[J]. 食品工业科技, 2014, 35(9): 333-337, 342.
CHANG YN, ZHAO GM, LIU YX, *et al.* Changes of free amino acids in chicken and its broth during cooking [J]. Sci Technol Food Ind, 2014, 35(9): 333-337, 342.
- [4] 刘勤华, 马汉军. 香辛料对酱鸭酱制工艺的影响[J]. 河南科技学院学报(自然科学版), 2014, 42(1): 12-15.
LIU QH, MA HJ. Study on the formulation of stewing of stewed duck [J]. J Henan Instit Sci Technol (Nat Sci Ed), 2014, 42(1): 12-15.
- [5] 吴俊师, 刘巧瑜, 陈俊文, 等. 重复卤制对卤汁品质的影响[J]. 中国调味品, 2021, 46(7): 70-75.
WU JS, LIU QY, CHEN JW, *et al.* Effect of repeated marinating on the quality of marinade [J]. China Cond, 2021, 46(7): 70-75.
- [6] 秦艳秀. 香辛料反复使用对猪肉挥发风味成分的影响[D]. 上海: 上海海洋大学, 2019.
QIN YX. Effects of reused spices on volatile flavor compounds of pork broth [D]. Shanghai: Shanghai Ocean University, 2019.
- [7] 屠明亮. 循环卤煮对卤牛肉、卤汤品质特性及风味物质变化规律的影响[D]. 扬州: 扬州大学, 2021.
TU ML. Effects of circular stewing on quality characteristics and flavor components of stewed beef and stewed soup [D]. Yangzhou: Yangzhou University, 2021.
- [8] YALINKILIÇ B, KABAN G, KAYA M. Effect of sodium replacement on the quality characteristics of pastırma (a dry-cured meat product) [J]. Food Sci Hum Wellness, 2023, 12(1): 266-274.
- [9] JIANG Q, NAKAZAWA N, HU Y, *et al.* Changes in quality properties and tissue histology of lightly salted tuna meat subjected to multiple freeze-thaw cycles [J]. Food Chem, 2019, 293: 178-186.
- [10] ZHANG Y, GUO X, PENG Z, *et al.* A review of recent progress in reducing NaCl content in meat and fish products using basic amino acids [J]. Trends Food Sci Technol, 2022, 119: 215-226.
- [11] DOYLE ME, GLASS KA. Sodium reduction and its effect on food safety, food quality, and human health [J]. Compr Rev Food Sci Food Saf, 2010, 9(1): 44-56.
- [12] PATEIRO M, MUNEKATA PE, CITTADINI A, *et al.* Metallic-based salt substitutes to reduce sodium content in meat products [J]. Curr Opin Food

- Sci, 2021, 38: 21–31.
- [13] HASHEM KM, POMBO-RODRIGUES S, CAPEWELL S. Reducing sodium in the global food supply to reduce population burden of cardiovascular disease [J]. *Curr Cardiovasc Risk*, 2015, 9(3): 7.
- [14] AASLYNG MD, VESTERGAARD C, KOCH AG. The effect of salt reduction on sensory quality and microbial growth in hotdog sausages, bacon, ham and salami [J]. *Meat Sci*, 2014, 96(1): 47–55.
- [15] ZHENG J, HAN Y, GE G, *et al.* Partial substitution of NaCl with chloride salt mixtures: Impact on oxidative characteristics of meat myofibrillar protein and their rheological properties [J]. *Food Hydrocolloid*, 2019, 96: 36–42.
- [16] 陈佳新, 逢晓云, 夏秀芳, 等. KCl部分替代NaCl对低钠盐肉脯质量的影响[J]. *肉类研究*, 2017, 31(6): 24–28.
CHEN JX, PANG XY, XIA XF, *et al.* Effect of NaCl partly replaced by KCl on the quality of low-sodium pork jerky [J]. *Meat Res*, 2017, 31(6): 24–28.
- [17] 宋文敏, 匡威, 王海滨, 等. 不同KCl和NaCl组成的减盐配方对卤鸭制品品质特性的影响[J]. *肉类研究*, 2018, 32(6): 22–28.
SONG WM, KUANG W, WANG HB, *et al.* Effects of partial substitution of KCl for NaCl on the quality characteristics of stewed duck products [J]. *Meat Res*, 2018, 32(6): 22–28.
- [18] LI R, KUANG W, HU Y, *et al.* Study on the water state, migration, and microstructure modification during the process of salt-reduced stewed duck [J]. *J Food Sci*, 2021, 86(7/9): 4087–4099.
- [19] 李晚成, 王玉洁, 徐素素, 等. 粉末香料投放方式对减盐卤鸭腿品质特性的影响[J]. *肉类研究*, 2021, 35(5): 23–28.
LI WC, WANG YJ, XU SS, *et al.* Effect of addition methods of spice powders on the quality characteristics of reduced salt braised duck legs [J]. *Meat Res*, 2021, 35(5): 23–28.
- [20] 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.
CHENG YB, HUANG KX, SONG XL, *et al.* The nutrition change in the brine of water-boiled salted chicken with different marinating times [J]. *Food Ferment Ind*, 2014, 40(3): 129–133.
- [21] 张靖铭, 刘九阳, 于秋影, 等. 马铃薯淀粉添加量对真空滚揉调理鸡柳品质的影响[J]. *食品安全质量检测学报*, 2022, 13(12): 3818–3824.
ZHANG JM, LIU JY, YU QY, *et al.* Effects of potato starch addition on the quality of vacuum tumbled prepared chicken fillet [J]. *J Food Saf Qual*, 2022, 13(12): 3818–3824.
- [22] 陈艳萍, 许艳顺, 曹亚裙, 等. 间歇式蒸微波组合加热对排骨品质的影响[J]. *食品与生物技术学报*, 2019, 38(1): 114–118.
CHEN YP, XU YS, CAO YQ, *et al.* Effect of intermittent combination of microwave and steam cooking on quality of pork ribs [J]. *J Food Sci Biotechnol*, 2019, 38(1): 114–118.
- [23] 朱丹实, 吴晓菲, 刘贺, 等. 水分对生鲜肉品质特性的影响[J]. *食品工业科技*, 2013, 34(16): 363–366.
ZHU DS, WU XF, LIU H, *et al.* Effect of water on quality of fresh meat [J]. *Sci Technol Food Ind*, 2013, 34(16): 363–366.
- [24] 刘登勇, 刘欢, 戚军, 等. 反复卤煮过程扒鸡基本营养成分变化规律[J]. *食品与发酵工业*, 2017, 43(6): 193–197.
LIU DY, LIU H, QI J, *et al.* Study on changes of nutritional components of braised chicken during repeated braising [J]. *Food Ferment Ind*, 2017, 43(6): 193–197.
- [25] 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): 111–116.
LIU GR, WEI CK, LIU DH, *et al.* Effects of different species and scalding temperature in chicken quality after slaughter [J]. *Sci Technol Food Ind*, 2016, (37): 111–116.
- [26] 秦乐蓉, 王欣, 曾池莉, 等. 樱桃谷鸭与Z型北京鸭原料理化特性的比较分析[J]. *食品科技*, 2020, 45(12): 114–121.
QIN LR, WANG X, ZENG CL, *et al.* Comparative analysis of physical and chemical characteristics between cherry valley meat duck and Z-type Beijing duck [J]. *Food Sci Technol*, 2020, 45(12): 114–121.
- [27] 袁琴琴, 刘文营. 肉及肉制品质量属性评价方法及其面临的问题[J]. *食品安全质量检测学报*, 2020, 11(21): 7981–7991.
YUAN QQ, LIU WY. Quality attribute evaluation method of meat and meat products and its problems [J]. *J Food Saf Qual*, 2020, 11(21): 7981–7991.
- [28] 杜超. 反复炖煮对鸡肉和鸡汤风味品质的影响[D]. 锦州: 渤海大学, 2020.
DU C. Effect of repeated stewing on the flavor formation of chicken and chicken broth [D]. Jinzhou: Bohai University, 2020.
- [29] 雒宏琳, 潘道东, 孙杨赢, 等. 盐腌对浙东白鹅肉品质及结构的影响[J]. *核农学报*, 2017, 31(3): 508–515.
LUO HL, PAN DD, SUN YY, *et al.* Effect of salting on the physicochemical properties and structure changes of goose [J]. *J Nucl Agric Sci*, 2017, 31(3): 508–515.
- [30] LOBO F, VENTANAS S, MORCUENDE D, *et al.* Underlying chemical mechanisms of the contradictory effects of NaCl reduction on the redox-state of meat proteins in fermented sausages [J]. *Food Sci Technol*, 2016, 69: 110–116.
- [31] GAN X, ZHAO L, LI J, *et al.* Effects of partial replacement of NaCl with KCl on bacterial communities and physicochemical characteristics of typical Chinese bacon [J]. *Food Microbiol*, 2021, 93: 103605.
- [32] RHEE KS, ZIPRIN YA. Pro-oxidative effects of NaCl in microbial growth-controlled and uncontrolled beef and chicken [J]. *Meat Sci*, 2001, 57(1): 105–112.
- [33] ALIÑO M, GRAU R, TOLDRÁ F, *et al.* Influence of sodium replacement on physicochemical properties of dry-cured loin [J]. *Meat Sci*, 2009, 83(3): 423–430.

(责任编辑: 张晓寒 郑 丽)

作者简介



郭梦嫣, 硕士研究生, 主要研究方向为畜禽肉制品加工与质量控制技术。
E-mail: gmy970911@163.com



王海滨, 教授, 主要研究方向为畜禽及水产制品加工与质量控制技术。
E-mail: whb6412@163.com