

# KCl部分替代NaCl腌制对干腌肉制品蛋白质水解和感官品质的影响

吴海舟, 张迎阳, 黎良浩, 唐 静, 赵见营, 阮贵萍, 章建浩\*

(南京农业大学食品科技学院, 国家肉品质量安全控制工程技术研究中心, 食品安全与营养协同创新中心, 农业部农畜产品加工与质量控制重点开放实验室, 江苏 南京 210095)

**摘要:** 以猪后腿肉为原料, 利用添加量20%~60%的KCl部分替代NaCl对原料肉块进行腌制, NaCl腌制为对照组, 对干腌肉块的理化、蛋白水解和感官指标进行测定。结果表明: KCl替代NaCl比例在0~60%时, 对产品蛋白水解指数、氨基氮、肽氮和丙氨酰胺酶活力均无显著影响; 感官评定结果表明KCl替代比例不超过40%时, 对产品的各项感官指标的影响均无显著差异 ( $P>0.05$ ); 说明KCl替代NaCl最佳比例为40%, 产品中NaCl含量降低至3.14%, 且蛋白降解指标和风味不产生明显变化。

**关键词:** 干腌肉制品; 氯化钾; 蛋白水解; 感官品质

## Influence of Potassium Chloride as Partial Substitute for Sodium Chloride on Proteolysis and Sensory Properties of Dry-Cured Meat Products

WU Hai-zhou, ZHANG Ying-yang, LI Liang-hao, TANG Jing, ZHAO Jian-ying, RUAN Gui-ping, ZHANG Jian-hao\*

(National Center of Meat Quality and Safety Control, Synergetic Innovation Center of Food Safety and Nutrition, Key Laboratory of Agricultural and Animal Products Processing and Quality Control, Ministry of Agriculture, College of Food Science and Technology, Nanjing Agricultural University, Nanjing 210095, China)

**Abstract:** Potassium chloride was used to partially replace sodium chloride (20% – 60%) in dry-cured meat from pig hindquarters and its effect on physical, proteolysis and sensory properties in dry-cured meat was investigated. The results showed that partial replacement of NaCl from 0 to 60% by KCl in dry-cured meat did not significantly affect the proteolysis index and peptide nitrogen, amino acid nitrogen and alanyl aminopeptidase (AAP) activity. Also, the sensory analysis of final products with 40% or lower replacement did not reveal an obvious difference ( $P > 0.05$ ). When 40% NaCl was replaced by KCl, the NaCl content was only 3.14% in final products without impact on proteolysis and sensory properties, suggesting that the optimal replacement level is 40%.

**Key words:** dry-cured meat products; potassium chloride; substitute; proteolysis; sensory properties

中图分类号: TS201.21

文献标志码: A

文章编号: 1002-6630(2014)01-0039-05

doi:10.7506/spkx1002-6630-201401008

氯化钠作为食品常用添加剂, 能改善产品的风味品质<sup>[1]</sup>, 但也是目前导致高血压和心血管疾病的一个最重要因素<sup>[2]</sup>, 我国人均食盐摄入量已达12 g/d, 为世界卫生组织 (World Health Organization, WHO) 建议值的两倍以上<sup>[3]</sup>。根据世界卫生组织2003年的数据, 在所有类别的工业化食品中, 肉和肉制品贡献了约16%~25%的钠摄入<sup>[4]</sup>; 因此, 国内外学者为降低肉制品中的氯化钠含量进行了许多相关研究。其中大量研究集中在含盐量高的干腌肉制品中。Andres<sup>[5]</sup>和Costa-Corredor<sup>[6]</sup>等研究降低腌制用盐量对干腌肉制品品质的影响, 结果表明直接

降低氯化钠添加量至2.0%时会使产品的质构变得过软; 当降低至1.0%时, 产品的感官品质、货架期等指标都严重不符合要求。也有研究表明用KCl来部分替代NaCl降低干腌肉制品中Na盐含量是一种最可行的方法<sup>[7-10]</sup>, KCl与NaCl有类似的性质, 且不会引起高血压和心血管疾病<sup>[11]</sup>, 但因其具有苦涩味而不能完全替代NaCl。蛋白质水解是干腌肉制品工艺过程中重要的生化过程, 其分解产物肽类及游离氨基酸对干腌肉制品风味物质形成有极其重要的贡献<sup>[12]</sup>。而NaCl是影响蛋白质水解的关键因素之一, 因为它的添加量过低会影响组织蛋白酶活性导致产品质

收稿日期: 2013-02-01

基金项目: “十二五”国家科技支撑计划项目 (2012BAD28B01); 国家公益性行业 (农业) 科研专项 (201303082-2)

作者简介: 吴海舟 (1987—), 男, 硕士研究生, 研究方向为畜产品加工与质量控制。E-mail: 2011108053@njau.edu.cn

\*通信作者: 章建浩 (1961—), 男, 教授, 博士, 研究方向为肉制品加工和质量控制。E-mail: nau\_zjh@njau.edu.cn

地下降, 它也能作用于二肽酶和氨肽酶使肉制品产生过多的小分子苦味肽和导致产生其他不易接受风味<sup>[13]</sup>。所以研究降低产品中钠盐含量的同时, 也应该关注低钠给产品蛋白水解带来的变化。而目前国内未见关于KCl替代NaCl对干腌肉制品蛋白质水解影响的研究。本实验通过利用不同比例KCl替代NaCl, 考察对干腌肉块蛋白水解和感官指标的影响, 旨在开发新型健康低钠盐的干腌肉制品, 为实现规模化开发提供技术依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料与试剂

猪后腿肉 南京雨润集团。

壳聚糖 南通兴成生物制品厂; 三氯乙酸、高氯酸、磺基水杨酸 中国医药(集团)上海化学试剂公司; 乙酸、乙酸钠 南京寿德化学试剂公司。

### 1.2 仪器与设备

T18basic型高速分散机 德国IKA公司; Allegra 64R型高速冷冻离心机 美国Beckman Coulter公司; M2e多功能酶标仪 美国MD公司; 96孔酶标板 美国Costar公司; TA-XT 2i型物性测试仪 英国Stable Micro Systems公司; 2300型Kjeltec™自动凯氏定氮仪 丹麦Foss公司; Z-2000原子吸收仪 日本日立公司; CTHI-250B型恒温恒湿箱 上海施都凯仪器设备有限公司。

### 1.3 方法

#### 1.3.1 样品制备

干腌肉块加工工艺流程: 新鲜猪后腿肉→整形→腌制→风干成熟→成品。

取猪后腿肉冷鲜肉, 将其分割成18块, 平均质量为(1.0±0.2) kg、形状基本一致的长条形肉块。按质量分数3.0%的用盐量干腌, 将其均匀涂抹于肉块表面, 然后将其放于4℃冰箱里腌制3 d。腌制结束, 将样品转移到控温控湿培养箱中进行风干成熟, 时间12 d, 其间温、湿度控制程序为起始温度13℃、环境相对湿度85%, 然后随着风干成熟时间的进行温度每天升高1.5℃、相对湿度每天降低0.5%。风干成熟第2天开始肉块表面涂壳聚糖膜液一次, 每间隔2 d涂膜一次<sup>[14]</sup>。

#### 1.3.2 KCl部分替代NaCl腌制单因素试验

根据国内外相关研究中干腌肉制品的KCl替代比例<sup>[2]</sup>, 最大可接受比例在50%~60%, 并结合预实验的感官评价结果设计以KCl部分替代NaCl的比例。KCl替代NaCl的比例如表1所示, I为对照组, 每个处理组3个重复。以理化性质、蛋白水解指标和感官评价定为参考标准考察最优替代比例。

表1 腌制用盐配方组成成分  
Table 1 Composition of salt formulation for curing

| 配方  | NaCl添加量/% | KCl添加量/% |
|-----|-----------|----------|
| I   | 100       | 0        |
| II  | 80        | 20       |
| III | 70        | 30       |
| IV  | 60        | 40       |
| V   | 50        | 50       |
| VI  | 40        | 60       |

#### 1.3.3 取样

取各处理组成熟产品, 剔除筋腱、脂肪, 留肌肉层作实验材料, 真空包装, -20℃条件下贮存备用。

#### 1.3.4 测定方法

##### 1.3.4.1 水分含量

按照GB/T 5009.3—2010《食品中水分的测定》中的直接干燥法测定水分含量。

##### 1.3.4.2 NaCl含量

参照Robert等<sup>[15]</sup>方法稍作修改, 取2.0 g(精确到0.001 g)肌肉切碎, 利用30 mL硝酸-高氯酸(体积比5:1)消化后, 过滤定容至100 mL, 样液利用原子吸收光谱法测定NaCl含量。测定条件为: 589 nm, 调整空气乙炔流量以火焰中不出现黄色火焰为准, 以NaCl含量对应的发射强度绘制标准曲线。

##### 1.3.4.3 总氮(total nitrogen, TN)与非蛋白氮(nonprotein nitrogen, NPN)

总氮测定根据张杨萍等<sup>[16]</sup>方法, 称取0.2 g肌肉, 放入消化管内, 加12 mL 98%的浓硫酸和一片消化片, 在420℃条件下消化1.5 h, 冷却至室温, 用2300型Kjeltec™自动定氮仪测定。

非蛋白氮测定参照张会雨等<sup>[13]</sup>的方法, 称取5 g(精确到0.001 g)肌肉切碎, 加入5倍体积预冷的10%三氯乙酸, 高速分散器匀浆3次(5 000 r/min, 每次20 s), 4℃放置过夜。然后匀浆液以5 000 r/min离心5 min, 弃去沉淀, 上清液用中速定性滤纸过滤到消化管中进行消化(方法同总氮的测定), 冷却至室温, 用2300型Kjeltec™自动定氮仪测定并计算蛋白水解指数(proteolysis index, PI)。

$$PI/\% = \frac{NPN \text{ 含量}}{TN \text{ 含量}} \times 100$$

##### 1.3.4.4 氨基氮和肽氮提取

根据Ketelaere等<sup>[17]</sup>方法稍作修改, 准确称取5.000 g切碎肌肉与50 mL 0.6 mol/L HClO<sub>4</sub>混合, 高速分散器匀浆3次(5 000 r/min, 每次20 s)。匀浆液以5 000 r/min离心10 min, 上清液用中速定性滤纸过滤并收集滤液, 滤渣与10 mL 0.6 mol/L HClO<sub>4</sub>混合后以5 000 r/min离心10 min, 上清液用中速定性滤纸过滤并收集滤液, 该滤液与前面所得滤液合并。然后用NaOH溶液调pH值至6, 4℃放置2 h后用蒸馏水定容至100 mL。

1.3.4.5 氨基氮含量测定 (amino acid nitrogen, AN)

采用Pérez-Palacios等<sup>[18]</sup>方法稍作修改, 取1.3.3.4节中的提取液10 mL与10 mL 10%磺基水杨酸混合, 在0~1 °C放置17 h。然后用NaOH溶液调节pH值至6, 中速滤纸过滤后蒸馏水定容至50 mL。取样液1 mL进行茚三酮比色反应, 利用亮氨酸绘制标准曲线。

1.3.4.6 肽氮含量测定 (peptide nitrogen, PeN)

参照Pérez-Palacios等<sup>[18]</sup>方法稍作修改, 取1.3.3.4节中的提取液3 mL加入到10 mL 6 mol/L HCl溶液中, 混匀后120 °C沙浴24 h, 用NaOH溶液调节pH值至6, 过滤后蒸馏水定容至50 mL。取样液1 mL进行茚三酮比色反应, 标准曲线与氨基氮标准曲线一致。肽氮含量为此次得到氮含量与1.3.3.5节中氨基氮含量之差。

1.3.4.7 KCl替代NaCl对丙氨酰氨肽酶 (alanyl aminopeptidase, AAP) 活力的影响

丙氨酰氨肽酶的提取及酶活力测定参考Toldrá等<sup>[19]</sup>的方法。利用荧光物质Ala-AMC作为反应底物, 产生的荧光强度用多功能酶标仪于激发波长 ( $\lambda_{ex}$ ) 355 nm, 发射波长 ( $\lambda_{em}$ ) 460 nm波长处测定。酶活力单位 (U) 定义为每1h释放1  $\mu$ mol 7-氨基-4-甲基香豆素 (7-amino-4-methylcoumarin, AMC) 所需的酶量。

向反应体系中分别加入KCl和NaCl, 配制成为梯度为100~1 400 mmol/L的缓冲液作为酶反应液, 测定KCl和NaCl在不同离子强度时对AAP活力的影响。

取20%~60% KCl替代NaCl终产品肉样, 测定AAP活力。

1.3.4.8 感官评价

选取有经验的人员10名, 根据GB22210—2008《肉与肉制品感官评定规范》的要求, 在室温20 °C、自然光线下对产品从色、香、味、质地和总体可接受性等方面进行感官评定。具体评定方法见表2中所列标准。

表2 感官评定标准

Table 2 Criteria for sensory evaluation of dry-cured meat

| 指标 | 标准及得分              |                     |                   |                  |
|----|--------------------|---------------------|-------------------|------------------|
|    | 10                 | 6~9                 | 3~6               | 0~3              |
| 色泽 | 切面光泽, 鲜红或玫瑰红, 脂肪白色 | 切面光泽, 肌肉灰红色, 脂肪略有黄色 | 光泽不亮, 肌肉暗红色, 脂肪发黄 | 无光泽, 肌肉暗灰色, 脂肪发黄 |
| 质地 | 弹性好, 有硬实感          | 较紧密, 较硬实            | 较疏松               | 疏松、软             |
| 滋味 | 气味正常, 芳香, 咸淡适中     | 气味较香, 略咸            | 略有异味, 咸味较重        | 异味浓, 过咸          |
| 香气 | 具有培根特有的芳香, 香气浓郁    | 香气好                 | 有香气, 但较淡          | 无香气              |

1.3.5 数据分析

每个处理组3个重复。所有实验数据用SAS 9.2统计软件进行方差分析 (analysis of variance, ANOVA), 平均值之间利用Fisher's最小显著差异法 (the least significant difference method, LSD) 进行差异显著性检验。

2 结果与分析

2.1 KCl替代比例对干腌肉理化指标的影响

2.1.1 KCl替代比例对干腌肉中水分含量的影响

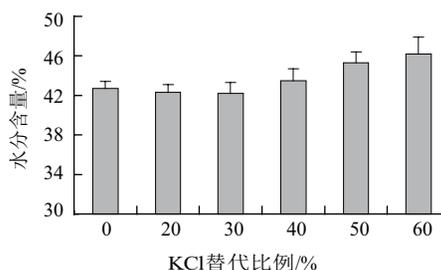


图1 不同KCl替代比例对干腌肉水分含量的影响

Fig.1 Moisture content in dry-cured meat with different salting treatments

由图1可知, KCl替代NaCl腌制比例在20%~40%时水分含量无显著差异 ( $P>0.05$ ), 但当KCl替代比例上升至50%和60%时, 水分含量与非替代组相比显著升高 ( $P<0.05$ )。这可能是因为腌制过程中,  $K^+$ 渗透速率大于 $Na^+$ , 而 $K^+$ 又能阻碍脱水过程, 从而导致钾盐替代的产品中水分含量更高<sup>[20]</sup>。Aliño等<sup>[20]</sup>对西班牙干腌腰肉进行盐替代腌制动力学研究也有类似结果, 其研究指出当KCl替代NaCl能降低水分含量的损失。

2.1.2 KCl替代比例对干腌肉中NaCl含量的影响

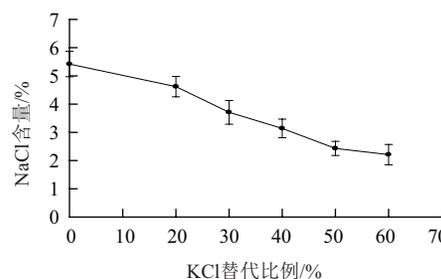


图2 不同比例KCl替代腌制肉块NaCl含量的变化

Fig.2 Change in NaCl content in dry-cured meat with different salting treatments

由图2可知, KCl替代NaCl比例从0%~60%递增的过程中, NaCl含量从5.42%降低到2.21%, 且差异显著。这一结果是由于KCl替代NaCl腌制, 使得风干产品中NaCl含量显著降低。

2.2 KCl替代比例对干腌肉蛋白质水解的影响

2.2.1 KCl替代比例对干腌肉蛋白水解程度的影响

蛋白质水解是传统干腌肉制品加工过程中的重要生化反应, 而蛋白质水解指数则是说明蛋白质水解程度的重要指标<sup>[21]</sup>。表3显示了不同盐替代配方腌制后, 干腌肉块产品中总氮和蛋白水解指数的变化情况, 各处理组总氮含量无显著差异 ( $P>0.05$ ), 盐替代组与对照组相比

蛋白水解指数也均无显著差异 ( $P>0.05$ )。干腌肉制品加工过程中蛋白质的降解主要是由于内源酶作用, 本研究处理组与对照组蛋白水解程度无显著差异, 可能是由于KCl替代NaCl后,  $K^+$ 和 $Na^+$ 在干腌肉制品加工过程中对内源蛋白酶有相似作用。Armenteros等<sup>[22]</sup>曾报道KCl替代NaCl腌制猪肉对内源蛋白酶的影响, 发现NaCl被KCl替代后对内源蛋白酶活力的影响没有表现出差异。

表3 不同KCl替代配方腌制肉块总氮与水解指数变化  
Table 3 Changes in TN (mg/100 g) and PI in dry-cured meat with different salting treatments

| 配方  | TN含量/(mg/g)              | PI/%                    |
|-----|--------------------------|-------------------------|
| I   | 111.98±7.76 <sup>a</sup> | 10.28±0.73 <sup>a</sup> |
| II  | 107.01±8.66 <sup>a</sup> | 10.72±0.68 <sup>a</sup> |
| III | 106.86±7.12 <sup>a</sup> | 10.23±0.42 <sup>a</sup> |
| IV  | 113.34±9.56 <sup>a</sup> | 10.98±0.87 <sup>a</sup> |
| V   | 99.81±8.90 <sup>a</sup>  | 10.24±0.58 <sup>a</sup> |
| VI  | 105.51±6.86 <sup>a</sup> | 10.67±0.64 <sup>a</sup> |

注:以干物质质量为基准计算。同列字母不同表示组间差异显著( $P<0.05$ )。下同。

### 2.2.2 KCl替代比例对干腌肉蛋白水解产物的影响

干腌肉制品在加工成熟过程中形成大量的滋味物质和挥发性香气物质, 其中蛋白质降解产生的小肽和游离氨基酸不仅本身是干腌肉制品的重要风味物质, 而且也是一些挥发性特征香气形成的主要前体物质<sup>[23]</sup>。不同KCl比例替代NaCl腌制对干腌肉块氨基氮和肽氮含量的影响结果如表4所示。各替代组与对照组相比, 肽氮含量无显著差异 ( $P>0.05$ )。这可能与组织蛋白酶的活力有密切联系。盐能强烈的抑制组织蛋白酶活力, 特别是组织蛋白酶H和D<sup>[24]</sup>。有报道表明在干腌腰肉加工过程中, KCl替代NaCl比例在50%时, 组织蛋白酶活力没有明显变化<sup>[22]</sup>。这一结论也正与本研究肽氮含量无显著差异相符。同时由表4可以看出各替代组与对照组相比, 氨基氮含量也没有统计学上差异 ( $P>0.05$ ), 这可能由于KCl替代NaCl对产品加工过程中氨肽酶的活力没有显著影响, Sanceda<sup>[25]</sup>和Katsiari<sup>[26]</sup>等也在发酵香肠和菲达奶酪的研究中得出类似结果。

表4 不同KCl替代配方腌制肉块氨基氮与肽氮含量变化  
Table 4 AN and PeN (expressed as mg/100 g) in dry-cured meat with different salting treatments

| 配方  | 氨基氮含量/(mg/g)           | 肽氮含量/(mg/g)            |
|-----|------------------------|------------------------|
| I   | 2.93±0.29 <sup>a</sup> | 3.66±0.46 <sup>a</sup> |
| II  | 2.88±0.31 <sup>a</sup> | 3.47±0.35 <sup>a</sup> |
| III | 3.07±0.25 <sup>a</sup> | 3.37±0.21 <sup>a</sup> |
| IV  | 3.06±0.27 <sup>a</sup> | 3.67±0.52 <sup>a</sup> |
| V   | 2.97±0.17 <sup>a</sup> | 3.59±0.35 <sup>a</sup> |
| VI  | 3.22±0.24 <sup>a</sup> | 3.52±0.48 <sup>a</sup> |

### 2.2.3 KCl替代比例对丙氨酰氨肽酶活力的影响

氨肽酶在腌腊肉制品的加工过程中水解寡肽(特

别是三肽和四肽)释放游离氨基酸, 游离氨基酸再通过Strecker降解和美拉德反应产生小分子化合物, 形成产品的特征风味。其中丙氨酰氨肽酶是腌腊肉制品加工过程中最主要的氨肽酶<sup>[13]</sup>。KCl和NaCl在不同离子强度时对AAP的影响如图3所示, 随着KCl和NaCl添加量的升高, AAP活性受到抑制加强, 但KCl和NaCl在同添加量时对AAP的影响无显著差异 ( $P>0.05$ )。这一结果可能是因为 $K^+$ 与 $Na^+$ 本身是同族元素且性质非常相近。Armenteros等<sup>[22]</sup>也曾报道KCl和NaCl对猪背最长肌内AAP的影响, 发现NaCl和KCl在对AAP活力的抑制作用上无显著差异 ( $P>0.05$ )。不同KCl替代比例对干腌肉块AAP活力的影响结果如图4所示, 各替代组与对照组相比, 丙氨酰氨肽酶活力无显著差异 ( $P>0.05$ )。

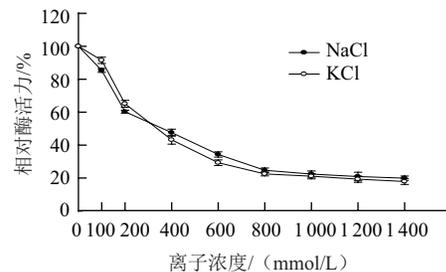


图3 不同离子强度对丙氨酰氨肽酶AAP活力的影响

Fig.3 Effect of KCl and NaCl concentrations on AAP activity

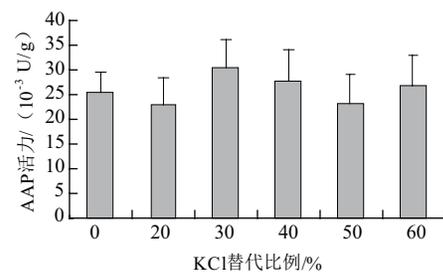


图4 不同KCl替代比例腌制肉块AAP活力变化

Fig.4 AAP activity in the dry-cured meat with different salting treatments

### 2.3 KCl替代比例对干腌肉感官评分的影响

表5 不同KCl替代配方腌制肉块感官评价结果

Table 5 Sensory evaluation of dry-cured meat with different salting treatments

| 配方  | 色泽                     | 质地                      | 滋味                      | 香气                     |
|-----|------------------------|-------------------------|-------------------------|------------------------|
| I   | 8.52±0.97 <sup>a</sup> | 8.27±1.47 <sup>a</sup>  | 8.16±1.47 <sup>a</sup>  | 8.02±1.67 <sup>a</sup> |
| II  | 7.92±1.61 <sup>a</sup> | 8.54±1.33 <sup>a</sup>  | 8.28±0.79 <sup>a</sup>  | 8.59±1.12 <sup>a</sup> |
| III | 8.31±1.08 <sup>a</sup> | 8.11±1.38 <sup>ab</sup> | 8.21±1.58 <sup>a</sup>  | 7.87±1.37 <sup>a</sup> |
| IV  | 8.46±1.18 <sup>a</sup> | 7.85±1.48 <sup>ab</sup> | 7.71±0.93 <sup>ab</sup> | 8.51±0.63 <sup>a</sup> |
| V   | 8.36±1.52 <sup>a</sup> | 5.96±0.59 <sup>bc</sup> | 6.02±1.32 <sup>bc</sup> | 7.34±1.19 <sup>a</sup> |
| VI  | 8.12±1.61 <sup>a</sup> | 5.54±0.84 <sup>c</sup>  | 5.19±1.09 <sup>c</sup>  | 7.03±1.75 <sup>a</sup> |

由表5可见, 当KCl替代比例高达50%和60%时滋味评分显著降低 ( $P<0.05$ ), 明显的苦涩味或金属味不易被接受。Armenteros等<sup>[27]</sup>研究也发现在干腌腰肉中利用

KCl替代NaCl腌制比例不超过50%时对产品感官评分结果无显著影响。由表5可以看出在干腌肉块中KCl替代NaCl的最大可接受比例为40%。

### 3 结论

以KCl不同比例替代NaCl腌制肉块进行单因素试验,优化得到KCl最优替代比例为40%,产品中NaCl含量为3.14%,显著低于市面腊肉制品的8%左右钠盐。且40%替代后对产品的理化性质、蛋白水解指标和感官均无显著影响。但当KCl替代比例超过50%时,产品的水分显著升高,感官表现出明显的金属味和苦涩味不易被接受。这一结论为研发其他健康低钠盐的干腌肉制品提供参考。

### 参考文献:

- [1] CHENG Jenhua, WANG Shutai, OCKERMAN H W. Lipid oxidation and color change of salted pork patties[J]. *Meat Science*, 2007, 75(1): 71-77.
- [2] DICKINSON B D, HAVAS S. Reducing the population burden of cardiovascular disease by reducing sodium intake: a report of the Council on Science and Public Health[J]. *Archives of Internal Medicine*, 2007, 167(14): 1460-1468.
- [3] 吴定, 高云. 食品营养与卫生保健[M]. 北京: 中国计量出版社, 2008.
- [4] World Health Organization. Diet, nutrition and the prevention of chronic diseases[R]. Geneva: WHO, 2003.
- [5] ANDRES A, VENTANAS S, VENTANAS J, et al. Physicochemical changes throughout the ripening of dry cured hams with different salt content and processing conditions[J]. *European Food Research and Technology*, 2005, 221(1): 30-35.
- [6] COSTA-CORREDOR A, SERRA X, ARNAU J, et al. Reduction of NaCl content in restructured dry-cured hams: post-resting temperature and drying level effects on physicochemical and sensory parameters[J]. *Meat Science*, 2009, 83(3): 390-397.
- [7] GUVEN M, KARACA O B. Proteolysis levels of white cheeses salted and ripened in brines prepared from various salts[J]. *International Journal of Dairy Technology*, 2001, 54(1): 29-33.
- [8] ALI O M, GRAU R, TOLDR F, et al. Physicochemical changes in dry-cured hams salted with potassium, calcium and magnesium chloride as a partial replacement for sodium chloride[J]. *Meat Science*, 2010, 86: 331-336.
- [9] BARAT J M, BAIGTS D, ALI O M, et al. Kinetics studies during NaCl and KCl pork meat brining[J]. *Journal of Food Engineering*, 2011, 106: 102-110.
- [10] ALI O M, GRAU R, TOLDR F, et al. Influence of sodium replacement on physicochemical properties of dry-cured loin[J]. *Meat Science*, 2009, 83: 423-430.
- [11] GELEIJNSE J M, WITTEMAN J C M, STIJNEN T, et al. Sodium and potassium intake and risk of cardiovascular events and all-cause mortality: the Rotterdam study[J]. *European Journal of Epidemiology*, 2007, 22(11): 763-770.
- [12] 章建浩, 黄明, 赵改名, 等. 干腌火腿工艺过程蛋白质与脂质分解氧化及其对风味的贡献[J]. *食品工业科技*, 2004, 24(12): 103-105.
- [13] 张会丽, 余翔, 张弘, 等. 鲈鱼风干成熟工艺及对蛋白质水解和感官品质影响[J]. *食品科学*, 2010, 31(16): 47-51.
- [14] 王艳, 章建浩, 刘佳, 等. 强化高温风干成熟对中式培根脂质氧化和感官品质的影响[J]. *食品科学*, 2012, 33(4): 1-6.
- [15] SAPP R E, DAVIDSON S D. Microwave digestion of multi-component foods for sodium analysis by atomic absorption spectrometry[J]. *Journal of Food Science*, 1991, 56(5): 1412-1414.
- [16] 张杨萍, 张弘, 余翔, 等. 中式培根制作工艺及其对理化品质指标和蛋白质水解的影响[J]. *食品科学*, 2011, 32(4): 15-20.
- [17] KETELAERE A, DEMEYER D, VANDEKERCKHOVE P, et al. Stoichiometry of carbohydrate fermentation during dry sausage ripening[J]. *Journal of Food Science*, 2006, 39(2): 297-300.
- [18] PÉREZ-PALACIOS T, RUIZ J, BARAT J M, et al. Influence of pre-cure freezing of Iberian ham on proteolytic changes throughout the ripening process[J]. *Meat Science*, 2010, 85(1): 121-126.
- [19] TOLDRÁ F, FALKOUS G, FLORES M, et al. Comparison of aminopeptidase inhibition by amino acids in human and porcine skeletal muscle tissues *in vitro*[J]. *Comparative Biochemistry and Physiology B-Biochemistry & Molecular Biology*, 1996, 115(4): 445-450.
- [20] ALIÑO M, GRAU R, BAIGTS D, et al. Influence of sodium replacement on the salting kinetics of pork loin[J]. *Journal of Food Engineering*, 2009, 95(4): 551-557.
- [21] 章建浩, 朱健辉, 王思凡, 等. 金华火腿工艺过程蛋白质水解及其相关性研究[J]. *食品科学*, 2004, 25(10): 173-177.
- [22] ARMENTEROS M, ARISTOY M C, TOLDRA F. Effect of sodium, potassium, calcium and magnesium chloride salts on porcine muscle proteases[J]. *European Food Research and Technology*, 2009, 229(1): 93-98.
- [23] 章建浩, 靳国锋, 王永丽, 等. 强化高温成熟缩短工艺时间对干腌火腿蛋白质水解的影响[J]. *农业工程学报*, 2009, 25(1): 97-101.
- [24] TOLDRA F, RICO E, FLORES J. Cathepsin B, D, H and L activities in the processing of dry-cured ham[J]. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 2006, 62(2): 157-161.
- [25] SANCEDA N, SUZUKI E, KURATA T. Quality and sensory acceptance of fish sauce partially substituting sodium chloride or natural salt with potassium chloride during the fermentation process[J]. *International Journal of Food Science & Technology*, 2003, 38(4): 435-443.
- [26] KATSIARI M, ALICHANIDIS E, VOUSINAS L, et al. Proteolysis in reduced sodium Feta cheese made by partial substitution of NaCl by KCl[J]. *International Dairy Journal*, 2000, 10(9): 635-646.
- [27] ARMENTEROS M, ARISTOY M C, BARAT J M, et al. Biochemical changes in dry-cured loins salted with partial replacements of NaCl by KCl[J]. *Food Chemistry*, 2009, 117(4): 627-633.