

# 辣椒素和二氢辣椒素 在辣鸭脖卤制过程中的迁移规律研究

王宏勋<sup>1,2</sup>, 黄威<sup>3</sup>, 蔡玉洁<sup>3</sup>, 单恬恬<sup>1</sup>, 易阳<sup>2,3</sup>, 王丽梅<sup>1,2</sup>

(1. 武汉轻工大学, 生物与制药工程学院, 湖北武汉 430023;

2. 湖北省生鲜食品工程技术研究中心, 湖北武汉 430023;

3. 武汉轻工大学, 食品科学与工程学院, 湖北武汉 430023)

**摘要:**为了探究辣椒素和二氢辣椒素在辣鸭脖卤制过程中的迁移情况,本研究采用高效液相(HPLC)法检测卤制过程中辣椒提取液和辣鸭脖肉中的辣椒素和二氢辣椒素含量变化。结果显示,在卤制0~15 min期间,辣椒素和二氢辣椒素含量在卤水中明显减少,辣椒素从0.061 mg/mL降至0.013 mg/mL,二氢辣椒素从0.017 mg/mL降至0.004 mg/mL,而在卤鸭脖中,辣椒素和二氢辣椒素的含量显著增加,辣椒素增至0.158 mg/mL,二氢辣椒素增至0.063 mg/mL,在15 min后,卤水和卤鸭脖中的辣椒素和二氢辣椒素均呈波动变化,卤制45 min后辣椒素和二氢辣椒素从卤水至卤鸭脖的迁移率分别为92.3%、94.4%,表现了其在100℃的卤制条件下良好的热稳定性。本研究表明,可采用辣椒提取液卤制鸭脖产品,以辣椒主成分辣椒素和二氢辣椒素的含量变化来控制卤制过程,为实现酱卤制品辣度的标准化生产提供研究基础。

**关键词:**辣椒提取液,鸭脖,辣椒素,二氢辣椒素,迁移规律

## The Migration Law of Capsaicin and Dihydrocapsaicin in the Processing of Marinating Duck Neck

WANG Hong-xun<sup>1,2</sup>, HUANG Wei<sup>3</sup>, CAI Yu-jie<sup>3</sup>, SHAN Tian-tian<sup>1</sup>, YI Yang<sup>2,3</sup>, WANG Li-mei<sup>1,2</sup>

(1. College of Biological and Pharmaceutical Engineering, Wuhan Polytechnic University, Wuhan 430023, China;

2. Hubei Engineering Research Center for Fresh Food, Wuhan 430023, China;

3. College of Food Science and Engineering, Wuhan Polytechnic University, Wuhan 430023, China)

**Abstract:** In order to explore the migration law of Capsaicin and Dihydrocapsaicin during the process of duck neck bitter, High-performance liquid chromatography (HPLC) was used to detect the content variation of capsaicin and dihydrocapsaicin in extract and duck neck during the bitter process. The results showed that the content of capsaicin and dihydrocapsaicin decreased significantly in the bitter during 15 minutes, the capsaicin decreased from 0.061 mg/mL to 0.013 mg/mL and the dihydrocapsaicin decreased from 0.017 mg/mL to 0.004 mg/mL. In the stewed duck neck, the content of capsaicin and dihydrocapsaicin increased significantly, capsaicin increased to 0.158 mg/mL and dihydrocapsaicin increased to 0.063 mg/mL. After 15 minutes, the contents of capsaicin and dihydrocapsaicin in the bitter and duck neck have fluctuated up to down. After 45 minutes of cooking, the mobility of capsaicin and dihydrocapsaicin from bitter to duck neck were 92.3% and 94.4%, showing good thermal stability under 100℃ of cooking conditions. This study showed that the duck neck product can be bittered with the extract of capsicum, then the bitter process can be controlled by the change of the main components of capsicum and dihydrocapsaicin, which provides a research basis for the standardized production of the duck neck.

**Key words:** pepper extract; duck neck; capsaicin; dihydrocapsaicin; migration law

中图分类号: TS207.3

文献标识码: A

文章编号: 1002-0306(2020)07-0239-04

doi: 10.13386/j.issn1002-0306.2020.07.039

**引文格式:** 王宏勋, 黄威, 蔡玉洁, 等. 辣椒素和二氢辣椒素在辣鸭脖卤制过程中的迁移规律研究[J]. 食品工业科技, 2020, 41(7): 239-242.

辣椒为茄科植物辣椒(*Capsicum frutescens* L.)的果实, 其呈辣物质为辣椒素(又名辣椒碱,

Capsaicin), 主要分布在辣椒籽及果皮内表面之中, 含量一般占辣椒果实干重0.1%~1%<sup>[1]</sup>。辣椒素类

收稿日期: 2019-02-25

作者简介: 王宏勋(1977-), 男, 博士, 教授, 研究方向: 食品科学, E-mail: 119075816@qq.com。

基金项目: 国家重点研发计划项目(2018YFD0400603)。

物质是由 14 种以上的辣椒素同系物组成,结构类似,主要包括辣椒素、二氢辣椒素、降二氢辣椒素、高二氢辣椒素、高辣椒素等<sup>[2]</sup>,其中辣椒素( $C_{18}H_{27}NO_3$ )约占 69%,二氢辣椒素占 22%<sup>[3]</sup>,是提供辣感和热感的最主要成分<sup>[4,5]</sup>。而辣椒作为一种药食同源的蔬菜,常用于菜肴的调味<sup>[6]</sup>。在我国,传统酱卤产品是原料肉经预煮后,再用香辛料和调味料共同熬制的卤水煮制而成,其风味浓郁、香辣可口,具有丰富的营养成分,是目前深受消费者喜爱的休闲食品,在湖北、湖南、江西等区域已形成了巨大的消费市场和产业规模。而辣味酱卤鸭制品是通过直接添加辣椒的方式,利用辣椒中高含量辣椒素的营养成分和保健功能<sup>[7-8]</sup>并且调节食品的辣味或刺激性<sup>[9]</sup>来卤制鸭肉。

目前对辣味酱卤鸭制品的研究主要集中于工艺配方、质量控制以及产品货架期等<sup>[10-12]</sup>。但在国内,传统卤制属于卤汤过量式卤煮工艺,且多为手工作坊和个体经营者,原辅料利用率低,蒸煮损失大,辣椒无法科学定量,卤制风味不稳定,出品率低,工艺参数难以量化<sup>[13-14]</sup>。而现阶段关于辣椒中的主要辣味物质在卤制过程中如何变化的研究还较少,对于辣味酱卤鸭制品的标准化生产的理论依据还不足。本文以鸭脖为研究对象,用辣椒提取液替代辣椒添加于基础卤水中,采用高效液相法检测卤制过程中卤水及卤鸭脖中辣椒素和二氢辣椒素的含量变化规律,明晰两种主要辣味物质在卤制过程中迁移特性,为基于辣椒主效成分的卤水配制和实现酱卤制品辣度的标准化提供研究基础。

## 1 材料与方 法

### 1.1 材料与仪器

干辣椒 武汉舵落口香料批发市场;辣椒素、二氢辣椒素标准样品 成都克洛玛生物公司;95%食用酒精 国药集团化学试剂有限公司;甲醇色谱纯 国药集团化学试剂有限公司;冷鲜鸭脖 中百仓储民航新村店。

Aglilent1260c 高效液相色谱仪 美国安捷伦科技公司;Milli-Q Integral 超纯水系统 上海梅特勒托利多仪器公司;YB-1000A 高速多功能粉碎机 浙江省永康市速峰工贸有限公司;SB-5200DTN 超声波清洗机 宁波新芝生物科技股份有限公司;GZX-9140MBE 数显鼓风干燥箱 上海博讯实业有限公司;RE-2000A 旋转蒸发器 上海亚荣生化仪器厂;TGL-16G 离心机 上海安亭科学仪器厂;CP214 电子天平 奥豪斯仪器(上海)有限公司。

### 1.2 实验方法

1.2.1 基础卤水配方 清水 2 kg,食盐 30 g,白砂糖 10 g,酱油老抽 10 g,大豆油 20 g,八角 7 g,小茴香

6 g,香叶 7 g,草果 9 g,甘草 5 g,白芷 1 g,砂仁 0.7 g,白寇 1 g,草寇 1 g,干姜 3 g。

1.2.2 鸭脖卤制方法 在卤制锅中加入辣椒提取液 100 mL,基础卤水 1900 mL,混合均匀。取卤水 100 mL,加入 500 g 鸭脖,沸水卤制 45 min。煮制 15 min 后,添加基础卤水至卤水和卤肉重量至 2400 g,混合均匀,分别取卤水 100 mL,卤肉 100 g;煮制 30 min 后,添加基础卤水至卤水和卤肉重量至 2200 g,混合均匀,同上取卤水和卤肉;煮制 45 min,添加基础卤水至卤水和卤肉重量至 2000 g,混合均匀,同上取卤水和卤肉。

1.2.3 卤鸭脖样品前处理方法 将卤制后鸭脖上的肉剃下用搅拌机打碎,称取 35 g 鸭肉放入 60 °C 干燥箱中烘干至水分含量 $\leq 15\%$ (干燥时间 $> 8$  h),烘干后称取约 10 g 样品于烧杯中(精确到 0.001 g),加入 30 mL 60% 的食用酒精,置于 60 °C 超声提取 30 min,过滤收集滤液,然后将滤渣连同滤纸再次加入溶剂 30 mL 超声提取 10 min 重复两次,将三次滤液合并,旋转蒸发器在 60 °C 条件下浓缩定容至 25 mL,经 0.45  $\mu\text{m}$  有机滤膜过滤后备用。

1.2.4 卤水样品前处理方法 在 70 °C 条件下旋转蒸发浓缩 100 mL 卤水定容至 10 mL 容量瓶,取浓缩液于 12000 r/min 的转速离心 10 min,经 0.45  $\mu\text{m}$  水系滤膜过滤后备用。

1.2.5 辣椒提取液制备及检测 将辣椒均匀放入托盘中,置于干燥箱 65 °C 干燥 8 h,高速粉碎机粉碎两次后过 60 目筛。称取辣椒粉末 50 g 于烧杯中,加入 600 mL 60% 的食用酒精,60 °C 下超声提取 2 h 后,减压过滤,50 °C 旋转蒸发浓缩定容至 500 mL 容量瓶中,置于 4 °C 冰箱保存备用。

将辣椒提取液过 0.45  $\mu\text{m}$  有机滤膜后按 1.2.6 高效液相条件下重复进样三次,取峰面积,代入曲线方程,计算提取液中辣椒素和二氢辣椒素含量。

1.2.6 辣椒素和二氢辣椒素液相条件建立及标准曲线的制备 色谱柱:Agilent SB-ZOBAX C18 色谱柱(250 mm $\times$ 4.6 mm,5  $\mu\text{m}$ );柱温为 30 °C,检测波长 280 nm;采用 A 和 B 双泵系统,流速 1.0 mL/min,进样量 20  $\mu\text{L}$ 。流动相 A 为甲醇,流动相 B 为水(65:35 v/v)<sup>[11]</sup>。

准确称量辣椒素、二氢辣椒素标准品各 21.5 mg、10.8 mg,用甲醇溶解定容至 25 mL 容量瓶中,配成浓度为 0.86 和 0.43 mg/mL 的母液。精确吸取辣椒素、二氢辣椒素母液,配制同浓度梯度为 0.01、0.02、0.04、0.06、0.08、0.10、0.20、0.30、0.40 mg/mL 的标准品溶液,分别进样 20  $\mu\text{L}$ 。上述高效液相条件制备辣椒素、二氢辣椒素标准曲线。

1.2.7 辣椒素和二氢辣椒素从卤水迁移至卤鸭脖计算方法 水中辣椒素或二氢辣椒素含量:

表 1 卤制数据一览表

Table 1 List of halogen data

名称	卤水和 提取液(g)	卤制鸭脖 (g)	每卤制 15 min 取卤水(mL)	每卤制 15 min 取卤肉(g)	取烘干鸭肉 (g)	鸭肉提取液 体积(mL)	卤水浓缩 体积(mL)
取量	2000	500	100	100	10	25	10

$$A(\text{mg}) = B(\text{mg/mL}) \times 2000(\text{mL}) \quad \text{式(1)}$$

干辣椒提取辣椒素的得率:

$$C(\text{mg/g}) = \frac{A(\text{mg})}{D(\text{g})} \quad \text{式(2)}$$

卤肉中辣椒素或二氢辣椒素附着含量:

$$E(\text{mg}) = B(\text{mg/mL}) \times 25(\text{mL}) \times 500(\text{g}) \div 10(\text{g}) \quad \text{式(3)}$$

卤制 45 min 卤水辣椒素或二氢辣椒素减少量:

$$F(\text{mg}) = A_0 \text{ min}(\text{mg}) - A_{45} \text{ min}(\text{mg}) \quad \text{式(4)}$$

卤水中辣椒素或二氢辣椒素迁移至鸭脖比例:

$$G(\%) = E(\text{mg}) \times 100\% \div F(\text{mg}) \quad \text{式(5)}$$

其中: B: 高效液相测定辣椒素或二氢辣椒素浓度(mg/mL); D: 干辣椒提取辣椒素的得率(%)。

### 1.3 数据处理

实验数据采用 Microsoft Excel 2016、Origin 9 等软件进行分析处理,并作图。

## 2 结果与分析

### 2.1 辣椒提取液中辣椒素和二氢辣椒素含量

辣椒素、二氢辣椒素标准品的液相色谱图如图 1,标准曲线如表 2。

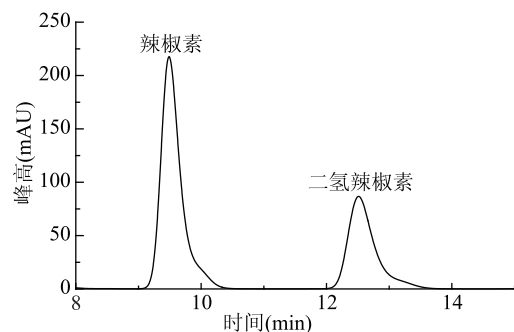


图1 辣椒素与二氢辣椒素标准样品高效液相色谱图

Fig.1 High performance liquid chromatograms of capsaicin and dihydrocapsaicin standard samples

表2 辣椒主效成分的线性方程、相关系数及检测浓度范围一览表

Table 2 List of linear equations, correlation coefficients ( $R^2$ ) and detection concentration ranges of main active components of pepper

标准样品名称	线性方程	相关系数 ( $R^2$ )	浓度范围 (mg/mL)
辣椒素	$y = 5686.6x + 1.2091$	0.9995	0.02~0.86
二氢辣椒素	$y = 5990.5x - 0.1573$	0.9996	0.01~0.40

辣椒提取液中辣椒素和二氢辣椒素的检测色谱图如图 2,根据 1.2.7 的计算公式(1)得到辣椒素含量(为  $1.87 \pm 0.018$ ) mg/g,二氢辣椒素含量为( $0.94 \pm 0.007$ ) mg/g;根据 1.2.7 的计算公式(2)得到的干辣椒提取辣椒素的得率为( $12.26 \pm 0.16$ ) mg/g,干辣椒提取二氢辣椒素的得率为( $3.49 \pm 0.11$ ) mg/g。

### 2.2 卤水中辣椒素和二氢辣椒素含量变化

辣椒提取液卤制过程中,主效成份在卤水中含量的变化情况见图 3。辣椒素和二氢辣椒素随着卤制时间的延长,在卤水中含量逐渐降低,0~15 min 下降最明显,辣椒素从 0.061 mg/mL 降至 0.013 mg/mL,

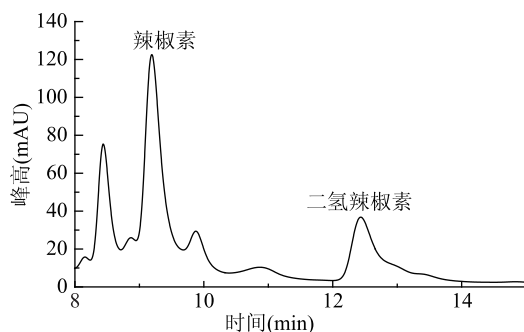


图2 辣椒提取液高效液相色谱图

Fig.2 High performance liquid chromatograms of capsaicin extract

二氢辣椒素从 0.017 mg/mL 降至 0.004 mg/mL 后趋于稳定。15 min 以后,辣椒素含量呈波动变化,45 min 时含量为 0.011 mg/mL,二氢辣椒素含量变化较小,45 min 时含量为 0.004 mg/mL。

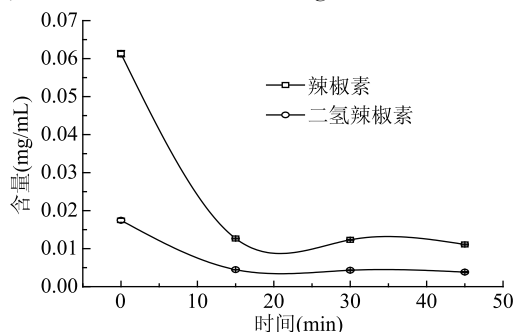


图3 辣椒提取液卤制过程中辣椒素和二氢辣椒素在卤水中的含量变化

Fig.3 Changes of capsaicin and dihydrocapsaicin in brine during the process of marinating pepper extract

### 2.3 卤鸭脖中辣椒素和二氢辣椒素含量变化

辣椒提取液卤制过程中,主效成份在卤肉中含量的变化情况见图 4。辣椒素和二氢辣椒素随着卤制时间的增加,在卤鸭脖中的含量逐渐增加,0~15 min 增加明显,辣椒素从 0 增至 0.158 mg/mL,二氢辣椒素从 0 增至 0.063 mg/mL;15~45 min,辣椒素缓慢增至 0.187 mg/mL,二氢辣椒素波动变化,减至 0.044 mg/mL 后又增至 0.053 mg/mL。

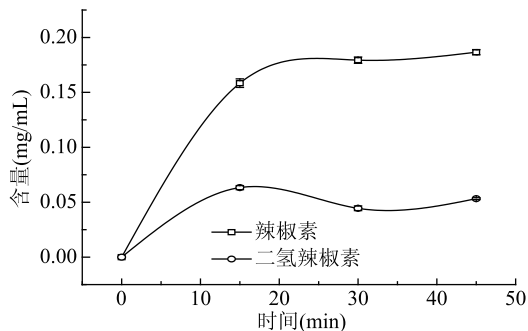


图4 辣椒提取液卤制过程中辣椒素和二氢辣椒素在卤鸭脖中的含量变化

Fig.4 Changes of capsaicin and dihydrocapsaicin in duck neck during the process of marinating pepper extract

表3 辣椒素从卤水迁移至卤鸭脖含量变化一览表  
Table 3 Change of capsaicin from brine to braised duck neck

时间(min)	辣椒素含量(mg)			迁移比例(%)	热损失比例(%)
	卤水	卤肉	对照卤水		
0	122.61 ± 1.62		122.72 ± 1.52		
15	25.33 ± 0.20	79.20 ± 1.94	66.67 ± 0.65	81.4	18.6
30	24.64 ± 0.22	89.66 ± 1.44	56.19 ± 1.09	91.5	8.5
45	22.17 ± 0.22	93.32 ± 1.15	37.51 ± 0.81	92.9	7.1

表4 二氢辣椒素从卤水迁移至卤鸭脖含量一览表  
Table 4 Change of dihydrocapsaicin from brine to braised duck neck

时间(min)	二氢辣椒素含量(mg)			迁移比例(%)	热损失比例(%)
	卤水	卤肉	对照卤水		
0	34.90 ± 1.12		36.08 ± 1.94		
15	8.94 ± 0.06	31.64 ± 0.92	1.61 ± 0.03	121.9	-21.9
30	8.62 ± 0.21	22.23 ± 1.07	1.29 ± 0.03	84.6	15.4
45	7.63 ± 0.27	26.62 ± 0.43	1.19 ± 0.05	97.6	2.4

## 2.4 不同卤制阶段辣椒素和二氢辣椒迁移规律分析

由表3和表4知,辣椒提取液在卤制的过程中,卤水中辣椒素、二氢辣椒素的减少量和卤肉中辣椒素、二氢辣椒素的附着量基本保持一致。卤制15 min 辣椒素和二氢辣椒素迁移率效率最高,分别达到81.4%和121.9%。卤制45 min 辣椒素从卤水中迁移至卤鸭脖达到92.9%,二氢辣椒素从卤水中迁移至卤鸭脖达到97.6%。辣椒素、二氢辣椒素于100℃的卤制条件下热稳定性较好,45 min 受热损失仅有7.1%和2.4%。综合所述,辣椒素、二氢辣椒素在卤制过程中热稳定较好,在卤肉中的含量基本呈现增长趋势,从卤水中至卤鸭脖的迁移速度在前15 min 较快,卤肉中辣椒素和二氢辣椒素含量分别在卤制30和45 min 时达到最大。

## 3 结论

在鸭脖卤制过程中,辣椒中的两种主效成分辣椒素和二氢辣椒素在前15 min 从卤水中迁移至鸭脖中速度最快,15~45 min 过程中速度趋缓,鸭脖中辣椒素和二氢辣椒素含量分别在30和45 min 达到最大。辣椒素、二氢辣椒素从卤水迁移至卤鸭脖中分别达到了92.9%和97.6%,证明其在卤制过程中热稳定性较好。可基于辣椒主效成分的变化规律,将辣椒提取液应用于工业化卤水生产,为卤制过程中实现酱卤制品辣度的标准化提供研究基础。

## 参考文献

- [1] 朱妞,罗仓学.辣椒碱提取纯化及研究进展[J].中国调味品,2007(8):23-27.
- [2] 郑力.辣椒碱的应用及提取分析方法的研究进展[J].农产品科技,2008(1):50-52.

- [3] 袁立群.辣椒素的提取、纯化及其测定方法的优化研究[D].泰安:山东农业大学,2006.
- [4] 罗金凤,张迪,丁晓雯,等.辣椒中辣椒素类物质的检测方法及其稳定性研究[J].食品工业科技,2012,33(11):333-337.
- [5] 王燕,夏延斌,罗凤莲,等.辣椒素的分析方法及辣度分级[J].食品工业科技,2006(2):208-210.
- [6] 黎万寿,陈幸.辣椒的研究进展[J].中国中医药信息杂志,2002,9(3):82-84.
- [7] 萨仁高娃,胡文忠,姜爱丽.辣椒营养保健功能及辣椒食品的研究进展[J].食品工业科技,2012,33(15):371-375.
- [8] Ahuja K D, Robertson I K, Geraghty D P, et al. Effects of chili consumption on postprandial glucose, insulin, and energy metabolism[J]. American Journal of Clinical Nutrition, 2006, 84(1):63-69.
- [9] 徐永平,王黎,金礼吉,等.辣椒素的研究和应用[J].大连教育学院学报,2009,25(3):65-69.
- [10] 贾洪锋,邓红,梁爱华,等.川菜菜品的辣味物质分析与辣度分级[J].食品科学,2015,36(4):152-157.
- [11] 艾有伟,侯温甫,王宏勋,等.酱卤制品常用香辛料主效成分检测方法初步研究[J].中国调味品,2018,43(6):132-138.
- [12] 李鹏.孙京新.冷藏和冻藏对酱卤鸡肉品质的影响[J].肉类工业,2018(5):45-49,52.
- [13] 闫文杰,李鸿玉,荣瑞芬.中国传统肉制品存在的问题及对策[J].农业工程技术(农产品加工业),2008(3):40-43.
- [14] 赵子瑞,苑冰冰,张苏苏,等.酱卤肉制品加工技术研究进展[J].肉类研究,2016(12):41-47.
- [15] 中华人民共和国国家技术监督局.GBT21266-2007,辣椒及辣椒制品中辣椒素类物质测定及辣度表示方法[S].北京:中国标准出版社2007.

食品工业科技官方网站: [www.spgykj.com](http://www.spgykj.com)

《食品工业科技》采编平台: <http://spkj.cbpt.cnki.net/EditorB2N/Quit.aspx>

《食品工业科技》微信公众号:食品工业科技、食品工业科技杂志