

# 香茅草提取物对鸡肉肠品质及抗氧化性能的影响

苏荣镇, 夏继蓉, 温燕龙, 谷大海\*

(云南农业大学食品科学技术学院, 昆明 650201)

**摘要:** **目的** 探究香茅草提取物对鸡肉肠品质及抗氧化性能的影响。**方法** 以色度、质构、过氧化值(peroxide value, POV)、酸价(acid value, AV)、硫代巴比妥酸(thiobarbituric acid, TBA)值为指标, 分析不同质量分数(0、5%、10%、15%、20%)的香茅草提取物添加对鸡肉肠的品质及抗氧化性能的影响。**结果** 香茅草提取物添加量对鸡肉肠亮度、黄度、咀嚼性、粘弹性和酸价没有显著性影响( $P>0.05$ ), 而红度值和硬度则随香茅草提取物添加量的增加显著降低( $P<0.05$ )。与对照组相比, 添加香茅草提取物后鸡肉肠的 POV 值和 TBA 值显著降低( $P<0.05$ ), 香茅草提取物添加量为 15%和 20%两组间无统计学差异。**结论** 添加香茅草提取物可改善鸡肉肠的硬度, 并能有效缓解鸡肉肠的氧化。但香茅草提取物的添加会导致鸡肉肠肉色变深。

**关键词:** 香茅草提取物; 鸡肉肠; 过氧化值; 质构

## Effects of *Cymbopogon citratus* extract on quality and antioxidant performance of chicken sausage

SU Rong-Zhen, XIA Ji-Rong, WEN Yan-Long, GU Da-Hai\*

(College of Food Science and Technology, Yunnan Agricultural University, Kunming 650201, China)

**ABSTRACT: Objective** To investigate the effects of *Cymbopogon citratus* extract on the quality and oxidation performance of chicken sausage. **Methods** The effects of different mass fractions (0, 5%, 10%, 15%, 20%) of *C. citratus* extract addition on the qualities and antioxidant performances of chicken sausage were analyzed with chromaticity, texture, peroxide value (POV), acid value (AV), thiobarbituric acid (TBA) as indexes. **Results** The addition of *C. citratus* extract had no effect on the brightness, yellowness, chewiness, viscoelasticity and acid value of chicken sausage ( $P>0.05$ ), while the redness value and hardness decreased significantly with the increase of addition of *C. citratus* extract ( $P<0.05$ ). The POV and TBA values of chicken sausage were significantly lower with the addition of *C. citratus* extract compared to the control group ( $P<0.05$ ), and there was no statistical difference between 15% and 20% addition of *C. citratus* extract. **Conclusion** *C. citratus* extract can improve the hardness of chicken sausage and can effectively alleviate the oxidation of chicken sausage. However, the addition of *C. citratus* extract can cause the chicken sausage to darken.

**KEY WORDS:** *Cymbopogon citratus* extract; chicken sausage; peroxide value; texture

基金项目: 云南省科技人才和平台计划项目(202005AF150016)

Fund: Supported by the Science and Technology Talents and Platform Program of Yunnan Province (202005AF150016)

\*通信作者: 谷大海, 博士, 副教授, 主要研究方向为食品加工与安全。E-mail: 848366490@qq.com

\*Corresponding author: GU Da-Hai, Ph.D, Associate Professor, Yunnan Agricultural University, Kunming 650201, China. E-mail: 848366490@qq.com

## 0 引言

随着肉类工业的不断发展和人们生活观念和消费理念的不断改变, 低温肉制品已成为肉制品产业的主导产品。低温储藏能够有效抑制肉制品中微生物的生长繁殖, 但不能有效防止脂肪的氧化和水解。因此, 肉制品油脂的氧化是影响货架期的最主要因素<sup>[1]</sup>。相关研究表明, 油脂氧化会产生大量的羰基类物质和醛类物质<sup>[2-4]</sup>, 低含量的醛具有强烈的刺激性气味, 不仅使食物失去原有风味, 而且会降低其营养价值。另外, 食用过氧化值升高的食品会引起细胞功能衰退, 导致疾病的发生和人体的衰老<sup>[5]</sup>。目前, 缓解油脂氧化最普遍的方法是向食物中添加抗氧化剂, 但长期食用化学合成的抗氧化剂会危害人体健康<sup>[5-6]</sup>。因此, 天然抗氧化剂以其安全无毒、低耗高效、稳定性高等特点赢得人们的青睐, 成为国内外学者研究和开发的热点。

香茅草(*Cymbopogon citratus*)简称香茅, 又称柠檬草, 是禾本科香茅属多年生草本, 广泛分布于热带、亚热带及高原地区<sup>[4]</sup>, 在印度、马来西亚以及我国云南、海南、广西等地较为常见。香茅草用途十分广泛, 其药用和食用价值尤为突出, 我国各地民间有以之治病的相关记载<sup>[7]</sup>。香茅草通常以叶入药, 常用于治疗感冒、跌打损伤、缓解头痛。随着研究不断深入, 也有医学研究报道香茅草还具有抗菌、抑制肿瘤、防癌等功效<sup>[7-10]</sup>。此外, 香茅草潜在的抗氧化能力也曾多次被国内外学者证实<sup>[4, 11-12]</sup>。研究表明, 香茅草精油中的香茅醛、香叶醇、柠檬醛等有效成分具有抗氧化、清除自由基等功效<sup>[13-16]</sup>。李楠<sup>[17]</sup>发现添加柠檬草(香茅草)的猪油抗氧化效果能媲美抗氧化剂 2,6-二叔丁基对甲酚(butylated hydroxytoluene, BHT), 还发现柠檬草能与柠檬酸、维生素 C 等发生协同增效作用(柠檬酸和维生素 C 可与油中的金属离子螯合), 更高效地抑制金属离子对油的促氧化作用。黄国平等<sup>[18]</sup>通过对香茅精油在油脂体系中的抗氧化能力进行研究, 发现香茅精油对动物油脂的抗氧化作用并不明显, 但在植物油脂中的抗氧化的能力与维生素 E 复合使用具有相乘作用。另有研究表明, 香茅草提取物可延长牛肉烤肠的货架期, 且能改善其风味<sup>[2]</sup>。

然而, 将香茅草应用于抑制肉制品缓解氧化方面的研究相对较少, 且关于香茅草提取物对鸡肉肠品质及抗氧化性能的影响的研究尚未见报道。基于此, 本研究在鸡肉肠中添加不同质量分数的香茅草提取物, 通过测定比较不同贮藏时间鸡肉肠各指标的变化情况, 分析香茅草提取物对鸡肉肠品质的影响, 探讨其对鸡肉肠脂肪氧化的抑制程度, 为香茅草的综合开发利用提供一定的理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料与试剂

鸡胸肉、鸡腿肉、猪肥膘及各种辅料(碘盐、白砂糖、胡椒粉、肉果粉、砂仁面、淀粉等)均购于昆明喜玛特超市; 香茅草购于广西玉林。

三氯甲烷、盐酸、硫代硫酸钠、可溶性淀粉、石油醚、无水硫酸钠、重铬酸钾(分析纯, 天津市风船化学试剂科技有限公司); 三氯乙酸(trichloroacetic acid, TCA)(分析纯, 上海九邦化工有限公司); 2-硫代巴比妥(分析纯, 上海易恩化学技术有限公司); 酚酞(分析纯, 南京化学试剂股份有限公司); 碘化钾(分析纯, 上海试四赫维化工有限公司); 实验室用水为超纯水。

### 1.2 仪器与设备

H3-18K 台式高速离心机(湖南可成仪器设备有限公司); T6 新世纪紫外可见分光光度计(北京普析通用仪器有限公司); SY-150 型超声波提取器、2201B 型数控加热超声波清洗机(上海声彦超声波仪器有限公司); RE-52AA 旋转蒸发仪(上海亚荣生化仪器厂); SHZ-D(III)循环水式真空泵(巩义市予华器有限责任公司); ISO9001 电子天平(北京赛多利斯仪器系统有限公司); 3nh NH30 便携式色差计(深圳市力达信仪器有限公司); TAXT plus 质构仪(北京超技仪器技术有限公司); ZB-125L 斩拌机(天津浦英机械有限公司); SG5 手摇式灌肠机(河北晓进机械制造有限公司)。

### 1.3 实验方法

#### 1.3.1 香茅草提取物的制备

参照梁宗武等<sup>[19]</sup>的方法并作适当调整, 将 60 g 香茅草放置于圆底烧瓶中, 以料液比 1:10 (*m*:*V*)将其与 10%氯化钠混合, 超声处理 10 min, 再沸水提取 2 h, 制得香茅草水提物。

#### 1.3.2 鸡肉肠的配方及工艺流程

鸡肉肠基本配方参照陈志琦等<sup>[20]</sup>的配比, 并根据 1000 g 鸡肉的用量准备所需材料。

鸡肉肠的工艺流程: 原料准备→解冻→腌制→制馅→充填→烘烤→蒸煮→冷却→包装入库。

#### 1.3.3 操作要点

参照文献<sup>[2-3, 21]</sup>, 将去骨鸡肉切成均匀大小的小块, 加入碘盐和亚硝酸盐, 在 0~4 °C 下腌制 16~24 h; 将腌制好的肉块经斩拌机斩拌成肉糜, 并和其他香辛料、冰水以及不同浓度的香茅草提取物充分混合。通过将冰水和香茅草提取物混合配制成不同浓度的香茅草提取物混合液, 再向鸡肉肠中添加相同体积不同浓度的香茅草提取物的混合液以保证鸡肉肠中的含水量一致, 使最终鸡肉肠中的香茅草提取物质量分数分别为 0%、5%、10%、15%、20%。将肉糜通过灌肠机填充在羊肠衣中, 并扭结成大小均一的小

灌肠节, 将灌肠温度控制在 12 °C 左右; 设置肠体表温度为 75 °C, 中心温度为 45 °C 进行烘烤, 时间约为 60 min; 烤好的香肠在 75~80 °C 条件下蒸煮 20 min 后, 将其冷却至室温。将制作好的肉肠放置于 -4 °C 的冰箱中保存备用。

#### 1.3.4 鸡肉肠的颜色测定

剥去肠衣, 将鸡肉肠切成 1 cm 左右厚度的薄片, 采用 3nh NH30 色差仪进行颜色测定, 根据(standard colorimetric system, CIE)颜色评定系统测定样品亮度值  $L^*$ , 红度值  $a^*$ , 黄度值  $b^*$ 。

#### 1.3.5 质构分析

将鸡肉肠剥去肠衣并切成 3 块大致相同的样品。将质构仪的测定速度、测中速度和目标速度均设为 2.0 mm/sec, 目标模式为应变, 时间为 5 s, 触发模式 Auto (Porce), 触发力 0.5 N, 以 P100 型号的探头测定鸡肉香肠的 TPA。

#### 1.3.6 过氧化值的测定

按照 GB 5009.227—2016《食品安全国家标准 食品中过氧化值的测定》进行过氧化值(peroxide value, POV)的测定。

#### 1.3.7 酸价测定

根据 GB 5009.229—2016《食品安全国家标准 食品中酸价的测定》进行酸价(acid value, AV)测定。

#### 1.3.8 硫代巴比妥酸值的测定

参照 GB 5009.181—2016《食品安全国家标准 食品中丙二醛的测定》并结合文献<sup>[3]</sup>, 将样品剁碎取 0.3 g 于试管中, 向试管中加入 17 mL TCA-HCl 溶液和 3 mL 硫代巴比妥酸溶液, 混合均匀后放入沸水水浴锅反应 30 min, 待其冷却至室温, 取 5 mL 反应液, 加入等体积的三氯甲烷, 3000 r/min 离心 10 min, 532 nm 处测吸光度。按照公式(1)计算硫代巴比妥酸(thiobarbituric acid, TBA)值

$$T = A_{532 \text{ nm}} \times 9.48 \quad (1)$$

公式中,  $T$  为硫代巴比妥值, mg/kg;  $A_{532 \text{ nm}}$  为 532 nm 处溶液的吸光值; 9.48 为常数。

## 1.4 数据分析

使用 Graphpad prism 8 和 SPSS 18 统计软件对实验结果进行 Duncan 多重比较统计分析并作图, 所有实验重复测定 3 次, 结果取平均值, 并以平均值±标准偏差表示。

## 2 结果与分析

### 2.1 香茅草提取物添加量对鸡肉肠色度的影响

肉品的颜色是人们对其质量评判的首要因素<sup>[3,22]</sup>。由表 1 可知, 香茅草添加量对鸡肉肠的亮度值和黄度值没有显著影响( $P > 0.05$ ), 但对红度值的影响存在一定的显著性( $P < 0.05$ )。随着香茅草提取物添加量的增加, 鸡肉肠的红度值逐渐减小。表明鸡肉肠的颜色会因香茅草提取物添加量的增加而逐渐变暗, 故香茅草提取物的添加会在一定程度上对鸡肉肠的颜色造成影响。

表 1 香茅草提取物添加量对鸡肉肠色度的影响  
Table 1 Effects of *C. citratus* extract addition on the chromaticity of chicken sausages

添加量/%	$L^*$	$a^*$	$b^*$
0	81.65±0.26 <sup>c</sup>	1.14±0.04 <sup>c</sup>	12.07±0.11 <sup>c</sup>
5	81.63±0.4 <sup>c</sup>	0.81±0.05 <sup>de</sup>	11.86±0.04 <sup>c</sup>
10	82.02±0.35 <sup>c</sup>	0.63±0.06 <sup>c</sup>	11.65±0.07 <sup>c</sup>
15	81.95±1.12 <sup>c</sup>	0.29±0.05 <sup>f</sup>	11.86±0.53 <sup>c</sup>
20	81.40±0.71 <sup>c</sup>	0.14±0.08 <sup>e</sup>	11.50±0.10 <sup>c</sup>

注:  $L^*$ =亮度值,  $a^*$ =红度值,  $b^*$ =黄度值; c~g: 同列不同字母表示组间存在显著性差异( $P < 0.05$ )。

### 2.2 香茅草提取物对鸡肉肠质构的影响

质构分析主要是对产品与人们感官感觉相关的机械特性进行测量评估, 是对产品品质分析的重要参数<sup>[23-24]</sup>。由表 2 可知, 添加香茅草提取物的鸡肉肠硬度均低于对照组, 随着香茅草提取物添加量的增大, 硬度逐渐降低, 且添加量≥10%时与对照组差异显著( $P < 0.05$ )。虽然随着香茅草提取物添加量的增加, 鸡肉肠的咀嚼性有所增加, 粘弹性有所下降, 但均不具有统计学意义( $P > 0.05$ )。由此可见, 香茅草提取物的添加在对咀嚼性和粘弹性不产生影响的情况下有效降低鸡肉肠的硬度, 改善鸡肉肠的品质。

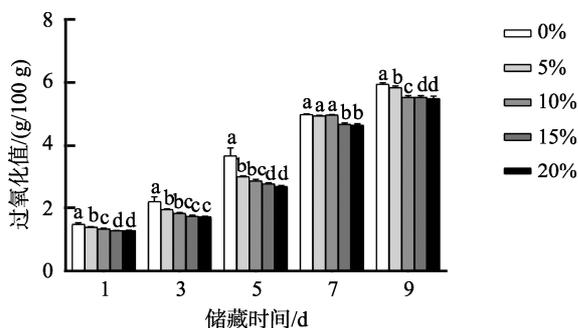
表 2 香茅草提取物添加量对鸡肉肠质构的影响  
Table 2 Effects of *C. citratus* extract addition on the texture of chicken sausages

添加量/%	硬度/N	咀嚼性/(N·cm)	粘弹性/mm
0	20823.88±581.09 <sup>c</sup>	15489.53±1242.70 <sup>c</sup>	0.3790±0.05 <sup>c</sup>
5	18778.89±926.39 <sup>cd</sup>	16865.03±817.88 <sup>c</sup>	0.3987±0.07 <sup>c</sup>
10	17586.8±537.09 <sup>de</sup>	15920.27±1002.39 <sup>c</sup>	0.3402±0.6 <sup>c</sup>
15	16155.47±1407.22 <sup>ef</sup>	15684.06±1595.59 <sup>c</sup>	0.3873±0.06 <sup>c</sup>
20	14651.82±2005.83 <sup>f</sup>	16739.58±1088.69 <sup>c</sup>	0.3513±0.05 <sup>c</sup>

注: c~f: 同列不同字母表示组间存在显著性差异( $P < 0.05$ )。

### 2.3 香茅草提取物的添加量对鸡肉肠过氧化值的影响

由图 1 可知, 随储藏时间的增加, 鸡肉肠的过氧化值整体呈上升趋势。除第 7 d 的 5% 和 10% 的香茅草提取物添加量外, 对照组(香茅草提取物添加量为 0)和不同香茅草提取物添加量(5%、10%、15%和 20%)的处理组间差异显著( $P < 0.05$ ), 且添加量为 15% 和 20% 无统计学差异( $P > 0.05$ ), 表明香茅草提取物对鸡肉肠过氧化物的生成具有明显抑制作用。



注: a~d: 不同字母表示组间差异显著( $P<0.05$ ), 相同字母表示组间差异不显著( $P>0.05$ ), 下同。

图 1 香茅草提取物添加量对鸡肉肠过氧化值的影响

Fig.1 Effects of *C. citratus* extract addition on the POV values of chicken sausages

## 2.4 香茅草提取物的添加量对鸡肉肠酸价的影响

由图 2 可知, 鸡肉肠的酸价同样随储藏时间延长呈上升趋势, 表明鸡肉肠在储藏过程中不断将脂肪降解成脂肪酸。但统计分析表明, 对照组和不同香茅草提取物添加量的实验组相比并未表现出显著性差异( $P>0.05$ )。表明香茅草提取物对于鸡肉肠的酸价的影响不大。

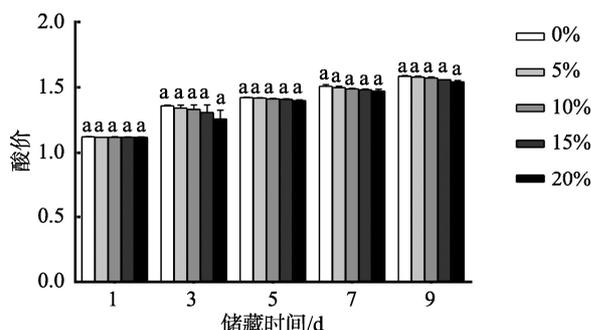


图 2 香茅草提取物添加量对鸡肉肠酸价的影响

Fig.2 Effects of *C. citratus* extract addition on the acid values of chicken sausages

## 2.5 香茅草提取物对鸡肉肠脂肪氧化程度的影响

TBA 法是通过测定其中丙二醛的变化情况来评估脂肪的氧化程度的一种方法<sup>[2,25]</sup>。一般来说, 肉品的 TBA 值和脂肪氧化程度成正相关, TBA 值越大, 肉品的氧化越严重。大量研究表明, 脂肪氧化会对食品的风味, 品质和营养价值等产生不良影响<sup>[26-27]</sup>。由图 3 可知, 鸡肉肠的 TBA 值随着储藏时间延长而增加。与对照组相比, 添加香茅草提取物实验组的 TBA 值均低于对照组, 并随添加量的增加呈现递减趋势, 表明添加香茅草提取物一定程度上能显著抑制鸡肉肠中丙二醛的生成, 具有缓解脂肪氧化的作用。李楠<sup>[16]</sup>对柠檬草精油在食用油脂的抗氧化性研究中发现, 香茅草提取物是非常有效的脂质氧化抑制剂。吴珊珊等<sup>[2]</sup>在香茅草提取物对牛肉烤肠品质研究中得出了与本研究类似的规律与结果。

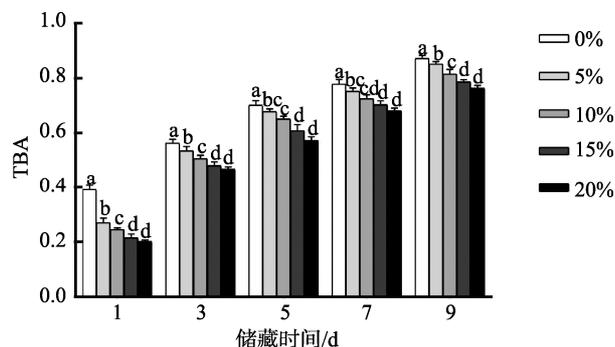


图 3 香茅草提取物添加量对鸡肉肠脂肪氧化程度 (TBA 值) 的影响

Fig.3 Effects of *C. citratus* extract addition on the degree of fat oxidation (TBA values) of chicken sausages

## 3 结论与讨论

本研究结果显示, 香茅草提取物添加量对鸡肉肠亮度、黄度、咀嚼性、粘弹性和酸价没有显著影响( $P>0.05$ ), 但添加香茅草提取物可显著改善鸡肉肠的硬度( $P<0.05$ ), 还能显著降低鸡肉肠的 POV 值和 TBA 值( $P<0.05$ ), 有效缓解鸡肉肠的脂肪氧化。利用香茅草自身的抗氧化成分来实现鸡肉肠货架期的延长, 一方面对香茅草的开发利用提供了新的思路, 另一方面为地方特色食品和肉制品的工业化发展提供了新的方向。本研究对天然抗氧化剂的研发和地方特色食品的研制提供了一定的科学依据。

## 参考文献

- [1] 张世涛, 刘艳芳, 彭雪萍, 等. 苹果多酚对灌肠的抗氧化性能研究[J]. 安徽农业科学, 2007, 35(31): 10049-10058.  
ZHANG ST, LIU YF, PENG XP, et al. Study on the antioxidation property of apple polyphenol in sausage [J]. J Anhui Agric Sci, 2007, 35(31): 10049-10058.
- [2] 吴珊珊, 高厚基, 陈韬. 香茅草提取物对牛肉烤肠品质的影响[J]. 肉类工业, 2017, (3): 1-5.  
WU SS, GAO HJ, CHEN T. Effect of lemongrass extracts on the quality of beef sausage [J]. Meat Ind, 2017, (3): 1-5.
- [3] 许美娜, 陈乃阳, 牟柏德, 等. 洋葱皮提取物对西式香肠抗氧化及品质的影响[J]. 食品与机械, 2017, (8): 161-164.  
XU MN, CHEN NY, MOU BD, et al. Effects of onion peel extract on antioxidant and quality of western sausage [J]. Food Mach, 2017, (8): 161-164.
- [4] AMANDA S, FONSECA DP, DO ABP, et al. Biological properties of functional flavoring produced by enzymatic esterification of citronellol and geraniol present in *Cymbopogon winterianus* essential oil [J]. Nat Prod Res, 2020: 1-7. DOI: 10.1080/14786419.2020.1810032
- [5] 江黎雯, 薛超轶, 何志勇, 等. 肉制品中 3 类有害物质的来源与控制方法研究进展[J]. 肉类研究, 2020, 34(4): 77-87.  
JIANG LW, XUE CY, HE ZY, et al. A review of three kinds of hazardous substances in meat products: Sources and control methods [J]. Meat Res, 2020, 34(4): 77-87.
- [6] 尤秀, 王远亮. 加工肉制品中的危害因子研究进展[J]. 湖南农业科学,

- 2016, (10): 122–125, 130.  
YOU X, WANG YL. Research progress in hazard factors of processed meat [J]. Hunan Agric Sci, 2016, (10): 122–125, 130.
- [7] 董晓敏, 刘布鸣, 林霄, 等. 广西产香茅草挥发油的化学成分分析[J]. 广西科学, 2009, 16(3): 302–304.  
DONG XM, LIU BM, LIN X, *et al.* GC-MS analysis of chemical components of essential oil from *Cymbopogon citrates* (DC.) Stapf in Guangxi [J]. Guangxi Sci, 2009, 16(3): 302–304.
- [8] 项佳媚, 郑希龙, 魏建和, 等. 香茅草及香茅草茶的研究进展[J]. 世界科学技术-中医药现代化, 2017, 19(5): 874–879.  
XIANG JM, ZHENG XL, WEI JH, *et al.* Research progress in *Cymbopogon citrates* (DC.) stapf and lemongrass tea [J]. Mod Tradit Chin Med Mater Med-World Sci Technol, 2017, 19(5): 874–879.
- [9] YONSAWAD N, TEERARAK M. *Eucalyptus* and citronella essential oils used in preservative solutions affect the vase life of cut *Philodendron* leaves [J]. Korean J Hortic Sci, 2019, 37(1): 78–91.
- [10] 储昭庆. 药食两用的香茅[J]. 生命世界, 2020, (8): 22–23.  
CHU ZQ. Lemongrass for medicine and food [J]. Life World, 2020, (8): 22–23.
- [11] CUEVA FD, BALENDRES MA. Efficacy of *Cymbopogon citronella* essential oil for the management of chilli anthracnose [J]. Eur J Plant Pathol, 2018, 152(2): 461–468.
- [12] 胡彦, 张洁, 张铁, 等. 文山产香茅草挥发性成分 GC-MS 分析[J]. 文山学院学报, 2017, 30(6): 1–5.  
HU Y, ZHANG J, ZHANG T, *et al.* GC-MS analysis of volatile components from *Cymbopogon citratus* (DC.) Stapf in Wenshan [J]. J Wenshan Univ, 2017, 30(6): 1–5.
- [13] 石小翠, 曹冬花, 李佳, 等. 三种香茅精油的化学成分及体外抗氧化和抗炎活性评价 [J/OL]. 食品工业科技: 1–11. [2021-06-23]. <https://doi.org/10.13386/j.issn1002-0306.2021030051>  
SHI XC, CAO DH, LI J, *et al.* Antioxidant and anti-inflammatory activities of essential oils of three *Cymbopogon* plants [J/OL]. Sci Technol Food Ind: 1–11. [2021-06-23]. <https://doi.org/10.13386/j.issn1002-0306.2021030051>
- [14] 李晓娇, 刘忆明. 分段提取香茅草精油及其对食用油脂的抗氧化活性研究[J]. 食品工业科技, 2015, 36(4): 237–241, 246.  
LI XJ, LIU YM. Study on antioxidant activity of lemongrass essential oil by stage extraction [J]. Sci Technol Food Ind, 2015, 36(4): 237–241, 246.
- [15] ACELAS M, KOUZNETSOV VV, BOHÓRQUEZ ARR. Facile and highly diastereo and regioselective synthesis of novel octahydroacridine-isoxazole and octahydroacridine-1,2,3-triazole molecular hybrids from citronella essential oil [J]. Mol Divers, 2019, 23(1): 183–193.
- [16] 李楠. 柠檬草精油对食用油脂的抗氧化性研究[J]. 安徽农业科学, 2012, 40(4): 2315–2317.  
LI N. Study on oxidation resistance of essence oil from lemon grass to edible fats [J]. J Anhui Agric Sci, 2012, 40(4): 2315–2317.
- [17] 黄国平, 刘岩, 徐彩虹, 等. 香茅草精油在脂溶性食品体系中抗氧化活性研究[J]. 农业机械, 2012, (18): 57–59.  
HUANG GP, LIU Y, XU CH, *et al.* Study on the antioxidant activity of citronella essential oil in fat-soluble food system [J]. Agric Mach, 2012, (18): 57–59.
- [18] WU H, LI J, JIA Y, *et al.* Essential oil extracted from *Cymbopogon citronella* leaves by supercritical carbon dioxide: Antioxidant and antimicrobial activities [J]. Anal Methods Chem, 2019: 1–7.
- [19] 梁宗武, 邹幸江, 陈明宇, 等. 不同提取条件对香茅草精油产量的影响[J]. 畜牧与饲料科学, 2017, 38(9): 17–19.  
LIANG ZW, ZOU XJ, CHEN MY, *et al.* Evaluation on influence of different extraction conditions on production of lemongrass essential oil [J]. Anim Husb Feed Sci, 2017, 38(9): 17–19.
- [20] 陈志奇, 冯雨, 邓梦琦, 等. 恰玛古复合鸡肉烟熏香肠加工工艺优化[J]. 肉类研究, 2019, 33(11): 30–35.  
CHEN ZQ, FENG Y, DENG MQ, *et al.* Optimization of processing conditions for production of smoked chicken sausage with added turnip (*Brassica rapa*) roots [J]. Meat Res, 2019, 33(11): 30–35.
- [21] 郑海波, 朱金鹏, 李先保, 等. 高压和食盐对鸡肉肉质特性特性的影响[J]. 食品科学, 2018, 39(21): 109–115.  
ZHENG HB, ZHU JP, LI XB, *et al.* Effect of high pressure and salt on quality properties of chicken sausage [J]. Food Sci, 2018, 39(21): 109–115.
- [22] 雒帅, 郭军, 孙海洲, 等. 内蒙古部分地区牛肉和绵羊肉色度测定比较[J]. 畜牧与饲料科学, 2020, 41(2): 78–86.  
LUO S, GUO J, SUN HZ, *et al.* Determination of chromaticity of beef and mutton originated from some areas of Inner Mongolia [J]. Anim Husb Feed Sci, 2020, 41(2): 78–86.
- [23] 郭丹婧, 熊善柏, 宋智, 等. 干燥工艺对低温肉肠品质的影响[J]. 食品工业科技, 2014, 35(18): 315–319.  
GUO DJ, XIONG SB, SONG Z, *et al.* Effect of drying on the quality of low-temperature sausage [J]. Sci Technol Food Ind, 2014, 35(18): 315–319.
- [24] 彭珠妮. 脂质与蛋白质氧化对水煮牛肉陈腐味和质构特性的影响[D]. 南京: 南京农业大学, 2018.  
PENG ZN. Effect of lipid and protein oxidation on worm-over flavor and texture characteristics of boiled beef [D]. Nanjing: Nanjing Agricultural University, 2018.
- [25] 郭强, 王卫, 张佳敏, 等. 加工工艺对手撕牛肉产品特性的影响研究[J]. 食品研究与开发, 2021, 42(7): 98–104.  
GUO Q, WANG W, ZHANG JM, *et al.* Study on the effects of processing technology on the properties of shredded beef [J]. Food Res Dev, 2021, 42(7): 98–104.
- [26] 柯海瑞, 康怀彬, 蔡超奇. 脂肪氧化对肉品风味影响的研究进展[J]. 农产品加工, 2020, (6): 58–62.  
KE HR, KANG HB, CAI CQ. Advances in research on the effects of fat oxidation on meat flavor [J]. Farm Prod Process, 2020, (6): 58–62.
- [27] 肖峰. 肉制品脂肪氧化分析和抑制措施[J]. 肉类工业, 2015, (11): 17–21.  
XIAO F. Analysis of lipid oxidation of meat products and its inhibition measures [J]. Meat Ind, 2015, (11): 17–21.

(责任编辑: 郑丽于梦娇)

## 作者简介



苏荣镇, 硕士研究生, 主要研究方向为食品科学。  
E-mail: 326060528@qq.com



谷大海, 博士, 副教授, 主要研究方向为食品加工与安全。  
E-mail: 848366490@qq.com