

# 不同烤制方式制备羊肉串感官品质差异研究

吴泽熠<sup>1</sup> 刘文营<sup>2\*</sup>

1. 北京师范大学附属实验中学 北京 100032

2. 中国肉类食品综合研究中心 北京 100068

**摘要** 分析不同烤制方式制备羊肉串的品质差异。以炭烤(木炭)加工作为对照,选取欧姆加热(电饼铛、烤箱)和中红外加热烤制进行对比分析,通过色彩标准对颜色进行量化;采用基于感应电极的分析系统对主体风味和滋味进行分析;采用色谱法对游离氨基酸组分和苯并芘等进行了量化分析。炭烤烤制时间较长,电饼铛烤制时间较短;羊肉串亮度和红度值随着烤制时间的延长而呈现为降低的趋势,但黄色值没有明显的变化;制备的 12 组产品,部分样品在主体风味上不能进行有效区分,但均具有明显的滋味特性;采用欧姆加热方式(电饼铛、烤箱)烤制羊肉串游离氨基酸含量较高;只在炭烤羊肉串中检测到了苯并[α]芘。中红外加热烤制和欧姆加热烤制具备替代传统炭烤的潜力,结果为羊肉串品质比较和工艺改革提供参考。

**关键词** 羊肉串 炭烤 颜色 主体风味差异 游离氨基酸 滋味 苯并芘

## Study on sensory quality differences of lamb skewers prepared by different baking methods

WU Zeyi, LIU Wenying

**Abstract** The quality differences of lamb skewers prepared by different baking methods were analyzed. The process of charcoal baking (charcoal) was taken as the control, and ohm heating (electric baking pan, oven) and mid - infrared heating baking were selected to compare and analyze. The color standard was used to quantify the color. The analysis system based on induction electrode was adopted to analyze the main flavor and taste. The chromatography was adopted to quantitatively analyze the free amino acid components and benzopyrene. The baking time of charcoal baking was longer, while the baking time of electric baking pan was shorter. The values of brightness and redness showed a decreased trend with the prolongation of baking time, but there was no significant change in yellow value. The 12 kinds of prepared products could not be distinguished effectively from the main flavor, but they all had obvious taste characteristics. The ohm heating method was adopted to bake the lamb skewers, and content of free amino acids was higher. The benzopyrene was detected only in lamb skewers baked by charcoal. The mid - infrared heating baking and ohm heating baking had the potential to replace traditional charcoal baking, and the results provided a reference for quality comparison and technological reform of lamb skewers.

**Key words** lamb kebabs; charcoal baking; color; main flavor differences; free amino acids; taste; benzopyrene

羊肉味甘性温,《本草纲目》中描述羊肉能暖中补虚,补中益气,开胃健身,益肾气,养胆明目,治虚

劳寒冷和五劳七伤的作用<sup>[1]</sup>。羊肉是最为重要的动物蛋白质来源之一,由羊肉制备的美食也深受消费者喜爱,诸如烤包子、羊肉抓饭、涮羊肉和烤羊肉串等,均是我国地方饮食文化的重要载体<sup>[2]</sup>。

收稿日期:2021 - 11 - 22

\* 通讯作者:刘文营(1983 -),男,硕士,高级工程师,研究方向为肉制品加工及天然产物化学,E-mail:15210954300@163.com

食用羊肉串在我国具有广泛的群众基础,羊肉串消费对丰富人们的物质和精神生活均具有巨大的积极作用,然而因烤制羊肉串带来的空气污染问题备受诟病<sup>[3]</sup>,这就导致很多烧烤摊要么被取缔<sup>[4,5]</sup>,要么采取新的加工方式,产业发展严重受阻。目前,除炭烤外,中红外烤制、欧姆加热烤制等是近年来逐渐发展起来的新型加工方式,为消费者提供了更多的选择机会,且电热法、微波加热和过热蒸汽烤制羊肉的非挥发性和挥发性化合物数量与传统炭烤相似,且电烤法制备的产品具有更多的非挥发性化合物和更高的鲜味<sup>[6]</sup>。影响肉制品品质的因素众多,动物的饲养、屠宰、贮藏环境和加工方式等均会对其品质产生明显的影响<sup>[7]</sup>。在对肉制品品质分析时,人们除了将灰分、蛋白质含量、脂肪酸组分、还原糖及矿物质组分等作为参考依据外<sup>[8]</sup>,还将肉制品的色泽、滋味和风味等感官品质作为重点。鉴于不同烤制方式加工羊肉串的品质差异尚不明确,本文对传统炭烤、欧姆加热(烤箱、电饼铛)和中红外烤制羊肉串的颜色、游离氨基酸组分、主体风味特征、主体风味线性判别、主体滋味特征、滋味和苯并[α]芘含量进行了比较分析,以期对羊肉串加工、消费者选择和产业发展提供理论参考。

## 1 原材料、试剂、仪器、设备与实验方法

### 1.1 原材料、试剂

羊肉(通脊)购自北京穆森伟业清真食品有限责任公司。

甲苯、盐酸、乙腈、氢氧化钠、正己烷、二氯甲烷、乙醇、分析纯,国药集团化学试剂有限公司;

茚三酮显色液(货号:299-70501),日本和光纯药工业株式会社;

氯化钾、30mmol/L、3.33mol/L、酒石酸溶液、0.3mmol/L、饱和 AgCl 溶液、正极清洗液、负极清洗液,日本 Insent 公司。

### 1.2 仪器、设备

分光测色计 CR-400,柯尼卡美能达投资有限公司;

电子鼻 PEN3,德国 Airsense 公司;

天平 BSA822-CW,赛多利斯科学仪器有限公司;

纯水机 Cascada BIO,美国 Pall 公司;

超细匀浆器 F6/10-10G,上海 Fluko 流体机械制造有限公司;

味觉分析系统 TS5000Z,日本 Insent 公司;

高速全自动氨基酸分析仪 L-8900,日本日立公司;

红外加热设备,自制;

电饼铛 LR-238B,北京利仁科技股份有限公司;

烤箱 TO-1000Y,日本日立公司;

高效液相色谱仪 Waters 2695,沃特世科技(上海)有限公司。

## 1.3 方法

### 1.3.1 羊肉串烤制

选取 15 名消费者进行熟制程度分析;按照消费者默认的烤制轻度(较嫩)、中度(适中)和重度(过熟,轻微焦糊)加工产品,每组 15 个样品。

### 1.3.2 羊肉颜色信息分析

参考 TURCU RP<sup>[9]</sup>(2021)等,刘文营<sup>[10]</sup>(2018)等方法,通过测定羊肉颜色的三刺激值(X、Y、Z),进行羊肉亮度(L\*)、红度(a\*)和黄度(b\*)值计算。分光测色计矫正时标准白板为 D65,可见角度为 2°,信息采集孔孔径为 8mm。羊肉亮度(L\*)、红度(a\*)和黄度(b\*)计算公式分别如下:

$$L^* = 116(Y/Y_0)^{1/3} - 16 \quad (1)$$

$$a^* = 500 [(X/X_0)^{1/3} - (Y/Y_0)^{1/3}] \quad (2)$$

(Y/Y<sub>0</sub> > 0.01)

$$b^* = 200 [(Y/Y_0)^{1/3} - (Z/Z_0)^{1/3}] \quad (3)$$

### 1.3.3 羊肉串主体风味主成分分析(Principal Component Analysis, PCA)和线性判别分析(Linear Discriminant Analysis, LDA)

参考刘文营<sup>[10]</sup>(2018)等方法,于 25℃ 条件下,取 2g 混合均匀的碎羊肉串样品于 50℃ 水浴恒温 1min,然后上机检测,每组样品做 5 个平行,选取 70s

时采集的稳定数据进行分析。电子鼻传感器阵列及对应响应物质见图 1。

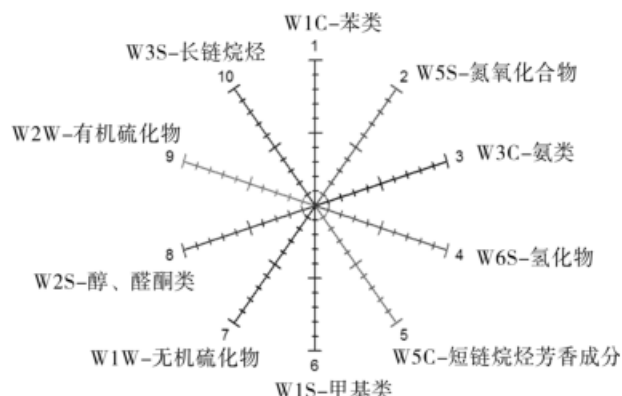


图 1 电子鼻传感器阵列及对应响应物质

Fig. 1 Electronic nose sensor array and corresponding response substance

### 1.3.4 羊肉串游离氨基酸组分分析

参考 KIM DB<sup>[11]</sup> (2021) 等方法,采用氨基酸自动分析仪进行氨基酸组分分析。

### 1.3.5 羊肉串滋味特征及差异分析

参考 LESTARI LA<sup>[12]</sup> (2021) 等方法,取 20.0g 混合熟制羊肉样品,加入纯水(1:5, v: v) 后均质混匀(10 000r/min, 1min),离心(8 000r/min, 5min) 后过滤取 50mL 上清液测试,每组样品做 3 次平行。

### 1.3.6 羊肉串苯并[α]芘含量测定

参照 YANG JY<sup>[13]</sup> (2019) 等方法,采用高效液相色谱法进行苯并[α]芘含量测定。

## 1.4 数据处理

羊肉串颜色共进行 15 次测试,风味主成分和线性判别进行 5 次测定,其它实验均进行 3 次实验,采用 excel 进行平均值和标准差计算,结果标记为:平均值 ± 标准差;风味主成分分析(principal component analysis, PCA) 和线性判别分析(linear discriminant analysis, LDA) 采用电子鼻 Winmuster 软件进行分析,以 85% 作为是否具有显著特征或区别的临界值。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同烤制方式羊肉串的烤制时间

不同烤制方式羊肉串烤制时间见表 1 所示。

表 1 羊肉串烤制时间

Table 1 Muttonkebabs baking time

加工方式	加工程度	时间
炭烤	轻度	5.14 ± 0.14 <sup>e</sup>
	中度	7.40 ± 0.10 <sup>i</sup>
	重度	8.15 ± 0.05 <sup>j</sup>
烤箱	轻度	2.16 ± 0.01 <sup>b</sup>
	中度	5.00 ± 0.12 <sup>f</sup>
	重度	9.60 ± 0.12 <sup>k</sup>
中红外	轻度	2.52 ± 0.03 <sup>e</sup>
	中度	4.60 ± 0.11 <sup>e</sup>
	重度	6.10 ± 0.08 <sup>b</sup>
电饼铛	轻度	0.84 ± 0.11 <sup>a</sup>
	中度	2.10 ± 0.18 <sup>b</sup>
	重度	3.12 ± 0.13 <sup>d</sup>

备注:同列角标不同表示具有显著性差异,  $p < 0.05$ 。

所有样品均随着烤制成熟度增加烤制时间显著延长( $p < 0.05$ )。对于不同烤制程度样品,轻度产品加工时间由长至短依次为炭烤、中红外、烤箱和电饼铛,且相互之间具有显著性差异( $p < 0.05$ );中度产品加工时间由长至短依次为炭烤、烤箱、中红外和电饼铛,且相互之间具有显著性差异( $p < 0.05$ );重度产品加工时间由长至短依次为烤箱、炭烤、中红外和电饼铛,且相互之间具有显著性差异( $p < 0.05$ )。即,炭烤加工普遍需要较长的时间,电饼铛烤制需要的时间较短,烤箱和中红外烤制的时间居中。相较于传统的炭烤加工方式,中红外烤制和电饼铛烤制需要的时间较短,与采用红外辅助欧姆加热烹制肉丸的结果相似<sup>[14]</sup>。

肉制品烹调时间对蛋白质变性有着明显影响,会导致不同程度的肌肉收缩和汁液损失<sup>[15-16]</sup>,同时对肉制品风味有着明显影响<sup>[17]</sup>,因烹制方式导致加工温度差异也会对肉制品感官品质有着显著影响<sup>[18]</sup>。

### 2.2 不同烤制方式羊肉串的颜色

颜色是肉制品重要的感官属性,直接影响到消费者的购买欲望和再次购买意愿<sup>[19]</sup>,研究者也试图采用不同途径来提升肉制品的色泽<sup>[20]</sup>。不同烤制方式制备羊肉串的亮度(L\*)值、红度(a\*)值和黄度(b\*)值见表2所示,羊肉串L\*、a\*和b\*值均呈现为随烤制程度增加而降低的趋势。

表2 羊肉串的颜色差异

Table 2 Mutton kebabs color difference

加工方式	加工程度	颜色值		
		L*	a*	b*
炭烤	轻度	49.52 ± 5.06 <sup>cd</sup>	11.5 ± 3.73 <sup>a</sup>	18.21 ± 2.42 <sup>abcd</sup>
	中度	45.92 ± 6.95 <sup>efg</sup>	8.59 ± 2.09 <sup>cde</sup>	16.87 ± 1.97 <sup>d</sup>
	重度	44.11 ± 6.44 <sup>g</sup>	7.53 ± 1.56 <sup>e</sup>	17.22 ± 2.83 <sup>cd</sup>
烤箱	轻度	55.17 ± 6.51 <sup>a</sup>	11.65 ± 4.00 <sup>a</sup>	18.81 ± 2.52 <sup>abc</sup>
	中度	52.12 ± 4.49 <sup>abc</sup>	7.68 ± 1.56 <sup>de</sup>	18.05 ± 1.62 <sup>bcd</sup>
	重度	42.65 ± 4.62 <sup>g</sup>	9.53 ± 1.67 <sup>bcd</sup>	18.85 ± 2.59 <sup>abc</sup>
中红外	轻度	50.48 ± 5.41 <sup>bcd</sup>	10.46 ± 2.52 <sup>ab</sup>	18.93 ± 1.41 <sup>ab</sup>
	中度	46.75 ± 6.37 <sup>defg</sup>	9.86 ± 2.99 <sup>bc</sup>	17.93 ± 2.19 <sup>bcd</sup>
	重度	44.89 ± 6.34 <sup>fg</sup>	9.13 ± 1.61 <sup>bcd</sup>	18.88 ± 3.53 <sup>ab</sup>
电饼铛	轻度	53.51 ± 4.66 <sup>ab</sup>	10.04 ± 2.63 <sup>abc</sup>	18.23 ± 1.37 <sup>abcd</sup>
	中度	54.65 ± 7.37 <sup>a</sup>	6.93 ± 1.82 <sup>e</sup>	18.25 ± 1.55 <sup>abcd</sup>
	重度	48.46 ± 5.32 <sup>def</sup>	7.89 ± 2.06 <sup>de</sup>	19.63 ± 2.85 <sup>a</sup>

备注:同列角标不同表示具有显著性差异, p < 0.05。

烤箱烤制轻度、中度样品、电饼铛烤制轻度、中度样品具有较高的L\*值,炭烤样品L\*值均处于较低的水平;所有轻度烤制样品a\*值差异不显著(p > 0.05),中红外、炭烤、烤箱和电饼铛烤制中度产品的a\*值依次降低,而烤箱、中红外、电饼铛和炭烤重度样品的a\*值依次降低;同一烤制方式不同烤制程度样品的b\*值没有显著差异(p > 0.05),除炭烤中度样品b\*值较低(p > 0.05),炭烤重度样品b\*值次之外,其它样品之间均无显著性差异(p > 0.05)。红外辅助欧姆加热制备产品具有更好的颜色外观<sup>[14]</sup>,本文中红外制备产品颜色值均高于相应电饼铛制备产品,而对于烤制中度产品,中红外烤制中度产品红度值也优于烤箱烤制产品。在低脂Inegol肉丸加工过程中,与烧烤加工相比,欧姆加热

产品的外表更为鲜亮,质构也更为坚硬<sup>[21]</sup>,文中欧姆加热(烤箱、电饼铛)制备产品的颜色值也普遍优于炭烤样品。

即,烤箱烤制和电饼铛烤制轻度、中度产品具有较高的L\*值,中红外烤制和电饼铛烤制重度产品具有较高的L\*值;烤制轻度产品a\*值差异不显著,中红外烤制中度a\*值较高,中红外烤制和烤箱烤制重度a\*值较高。烤制程度增加会导致L\*和a\*值降低,但对b\*值没有明显影响。

### 2.3 不同烤制方式羊肉串的主体风味差异和相似度

肉制品风味受多种因素影响,如肉的厚度和煎制温度不同产品具有明显差异的烧烤味、果香和坚果香等风味特征<sup>[16]</sup>。不同烤制方式和程度羊肉串风味主成分差异见图2(a)所示,线性判别见图2(b)所示。

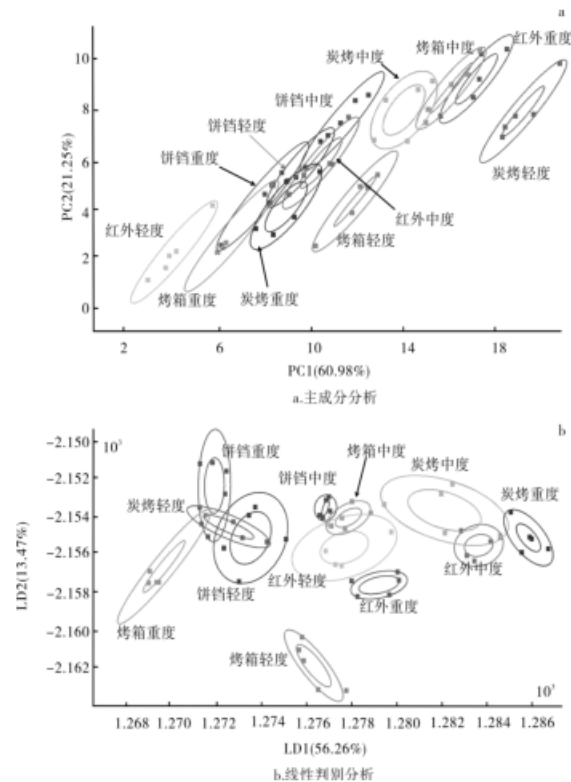


图2 不同烤制方式和程度羊肉串的风味主成分差异和线性判别分析

Fig. 2 The flavor PCA and LDA of mutton skewers with different roasting methods and degrees

样品在PC1和PC2方向上的方差贡献率为82.23%,小于85%,在LD1和LD2方向上的方差贡

献率为 69.74%，也小于 85%，说明不同烤制方式制备的羊肉串主体风味特征不明显，且部分样品较为相似。

由表 3 可知，采用电饼铛烤制的轻度样品和重度样品主体风味特征极为相似，无法进行区分；其它样品中，除烤箱烤制重度样品和炭烤轻度烤制样品具有完全独立的主体风味特征外，其他样品均与部分样品有着一定的相似性。具体为：炭烤中度羊肉串与中红外烤制重度、烤箱烤制轻度羊肉串风味较

为相似，炭烤重度羊肉串与电饼铛烤制、中红外烤制轻度、中红外烤制重度和烤箱烤制中度产品较为相似。

开展不同质量或加工方式制备产品的食用和感官差异分析，能够为产品的最适宜加工，尤其是潜在消费者的开发，提供科学参考，诸如雪松提取物对腊肉品质的影响<sup>[22]</sup>、加工工艺对火鸡胸肉产品感官特性的影响<sup>[23]</sup>、不同发酵菌剂对色拉米香肠品质的影响<sup>[24]</sup>。

表 3 不同烤制方式和程度羊肉串的判别力

Table 3 Discrimination power of flavor of mutton skewers with different roasting methods and degrees

项目	电饼铛			中红外			烤箱			炭烤			
	轻度	中度	重度	轻度	中度	重度	轻度	中度	重度	轻度	中度	重度	
电饼铛	轻度	<b>0.824</b>	<b>0.239</b>	<b>0.878</b>	<b>0.931</b>	0.982	0.996	<b>0.862</b>	0.969	0.990	0.990	<b>0.762</b>	
	中度	<b>0.824</b>		<b>0.833</b>	<b>0.930</b>	<b>0.877</b>	0.992	0.994	0.971	0.966	0.995	0.995	<b>0.890</b>
	重度	<b>0.239</b>	<b>0.833</b>		<b>0.844</b>	<b>0.941</b>	0.982	0.994	<b>0.899</b>	0.977	0.990	0.988	<b>0.838</b>
中红外	轻度	<b>0.878</b>	<b>0.930</b>	<b>0.844</b>		<b>0.945</b>	0.989	0.992	0.959	0.981	0.992	0.992	<b>0.947</b>
	中度	<b>0.931</b>	<b>0.877</b>	<b>0.941</b>	<b>0.945</b>		0.979	0.994	<b>0.840</b>	0.986	0.988	0.990	<b>0.788</b>
	重度	0.982	0.992	0.982	0.989	0.979		<b>0.866</b>	0.989	0.984	0.992	<b>0.839</b>	0.976
烤箱	轻度	0.996	0.994	0.994	0.992	0.994	<b>0.866</b>		0.991	0.990	0.961	<b>0.890</b>	0.986
	中度	<b>0.862</b>	0.971	<b>0.899</b>	0.959	<b>0.840</b>	0.989	0.991		0.974	0.996	0.997	<b>0.889</b>
	重度	0.969	0.966	0.977	0.981	0.986	0.984	0.990	0.974		0.990	0.988	0.983
炭火	轻度	0.990	0.995	0.990	0.992	0.988	0.992	0.961	0.996	0.990		0.968	0.987
	中度	0.990	0.995	0.988	0.992	0.990	<b>0.839</b>	<b>0.890</b>	0.997	0.988	0.968		0.985
	重度	<b>0.762</b>	<b>0.890</b>	<b>0.838</b>	<b>0.947</b>	<b>0.788</b>	0.976	0.986	<b>0.889</b>	0.983	0.987	0.985	

备注：粗斜体表示不能进行区分；下划线粗体表示能够区分，但区分力较弱；常规字体表示能够区分。

#### 2.4 不同烤制方式羊肉串的滋味及差异分析

不同烤制方式和程度羊肉串的滋味主成分见图 3 所示。

主体滋味特征在 PC1 和 PC2 方向上的总方差贡献率为 98.95%，参照 2.3 结果，即各产品尽管在主体风味上存在一定的相似性，但均具有不同的滋味特征。且由表 4 可知，各产品除丰富度（浓郁程度）、咸味没有显著性差异外，酸味、苦味、涩味、苦味回味、涩味回味和鲜味值均有不同程度的差异。

肉制品滋味受肉产品制备工艺<sup>[25]</sup>、原料品质差异<sup>[26]</sup>影响，能够通过电化学传感器进行检测，且化

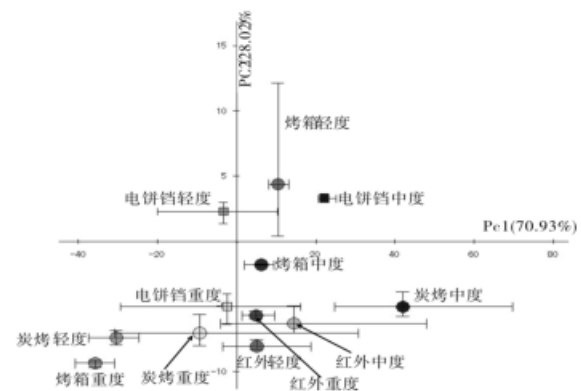


图 3 不同烤制方式和程度羊肉串的味觉差异

Fig. 3 Taste difference and linear discriminant analysis of flavor of mutton skewers with different roasting methods and degrees

表4 不同烤制方式和程度羊肉串的味觉差异

Table 4 Taste difference of flavor of mutton skewers with different roasting methods and degrees

加工方式	程度	酸味	鲜味	丰富度	咸味	苦味	涩味	苦味回味	涩味回味
炭烤	轻度	-30.38 ± 6.47 <sup>ab</sup>	0.39 ± 0.28 <sup>de</sup>	-0.17 ± 0.31	-0.01 ± 0.05	-7.39 ± 0.54 <sup>a</sup>	0.43 ± 0.38 <sup>bc</sup>	-3.30 ± 0.52 <sup>a</sup>	0.18 ± 0.08 <sup>abc</sup>
	中度	42.00 ± 24.19 <sup>e</sup>	0.37 ± 0.32 <sup>de</sup>	-0.11 ± 0.41	-0.05 ± 0.02	-5.02 ± 1.00 <sup>a</sup>	1.39 ± 0.78 <sup>c</sup>	-0.46 ± 1.57 <sup>bc</sup>	-0.11 ± 1.62 <sup>abc</sup>
	重度	-9.27 ± 34.77 <sup>abcd</sup>	-1.41 ± 0.25 <sup>a</sup>	0.01 ± 0.07	0.01 ± 0.06	-7.04 ± 1.28 <sup>a</sup>	2.58 ± 0.21 <sup>c</sup>	-0.10 ± 0.24 <sup>bc</sup>	0.49 ± 0.18 <sup>bc</sup>
烤箱	轻度	5.08 ± 12.00 <sup>cd</sup>	0.48 ± 0.31 <sup>c</sup>	-0.01 ± 0.15	0.01 ± 0.03	-8.05 ± 0.45 <sup>a</sup>	1.26 ± 0.62 <sup>c</sup>	-0.12 ± 1.50 <sup>bc</sup>	0.74 ± 1.01 <sup>c</sup>
	中度	14.52 ± 29.00 <sup>d</sup>	0.24 ± 0.27 <sup>ede</sup>	0.09 ± 0.25	0.03 ± 0.06	-6.31 ± 1.17 <sup>a</sup>	0.38 ± 0.22 <sup>bc</sup>	0.20 ± 0.44 <sup>bc</sup>	-0.07 ± 0.58 <sup>abc</sup>
	重度	4.88 ± 4.22 <sup>cd</sup>	0.26 ± 0.32 <sup>ede</sup>	0.53 ± 0.16	0.02 ± 0.09	-5.69 ± 0.28 <sup>a</sup>	1.74 ± 0.46 <sup>c</sup>	2.06 ± 1.23 <sup>d</sup>	-0.69 ± 1.03 <sup>ab</sup>
中红外	轻度	10.46 ± 2.57 <sup>cd</sup>	-0.11 ± 0.25 <sup>bc</sup>	0.29 ± 1.32	0.04 ± 0.07	4.38 ± 6.70 <sup>ba</sup>	-4.06 ± 1.34 <sup>a</sup>	-1.50 ± 0.50 <sup>b</sup>	0.57 ± 0.73 <sup>bc</sup>
	中度	6.21 ± 3.94 <sup>cd</sup>	-0.37 ± 0.14 <sup>b</sup>	-0.29 ± 0.14	-0.01 ± 0.05	-1.80 ± 0.04 <sup>a</sup>	-3.72 ± 0.20 <sup>a</sup>	0.76 ± 0.81 <sup>cd</sup>	-1.03 ± 0.27 <sup>a</sup>
	重度	-35.70 ± 4.99 <sup>a</sup>	0.07 ± 0.13 <sup>bcd</sup>	-0.20 ± 0.47	-0.03 ± 0.06	-9.35 ± 0.31 <sup>a</sup>	-1.22 ± 0.27 <sup>b</sup>	2.19 ± 0.40 <sup>d</sup>	-0.03 ± 0.02 <sup>abc</sup>
电饼铛	轻度	-14.99 ± 9.14 <sup>abcd</sup>	0.00 ± 0.12 <sup>bed</sup>	0.00 ± 0.06	0.00 ± 0.01	-5.30 ± 12.74 <sup>a</sup>	-1.24 ± 1.74 <sup>b</sup>	-1.38 ± 0.67 <sup>b</sup>	0.37 ± 0.17 <sup>abc</sup>
	中度	-0.66 ± 1.27 <sup>bed</sup>	-0.01 ± 0.02 <sup>bed</sup>	0.00 ± 0.06	0.00 ± 0.02	15.74 ± 1.93 <sup>b</sup>	-1.44 ± 3.27 <sup>b</sup>	-0.09 ± 1.61 <sup>cb</sup>	-0.45 ± 0.38 <sup>abc</sup>
	重度	-20.29 ± 13.83 <sup>abc</sup>	0.00 ± 0.08 <sup>bed</sup>	0.00 ± 0.03	0.00 ± 0.01	-0.81 ± 19.64 <sup>a</sup>	2.34 ± 1.60 <sup>c</sup>	1.27 ± 0.69 <sup>cd</sup>	0.07 ± 0.56 <sup>abc</sup>

备注:同列尾标不同表示具有显著性差异,  $p < 0.05$ 。

学数据和感官评估具有较高的关联度<sup>[27]</sup>。对于羊肉糜样品,采用欧姆加热制备的产品具有更高的鲜味值<sup>[28]</sup>;而对于羊肉串,相比于炭烤加工,其它烤制重度产品鲜味值显著较高( $p < 0.05$ ),烤制中度羊肉串鲜味值均低于炭烤样品,烤制轻度样品中除烤箱

烤制鲜味值高于炭烤外,其它样品均低于炭烤样品。

## 2.5 不同烤制方式羊肉串游离氨基酸组分

不同烤制方式不同程度羊肉串游离氨基酸组分见表5。

表5 不同烤制方式不同程度羊肉串游离氨基酸组分

Table 5 Free amino acid component of flavor of mutton skewers with different roasting methods and degrees

项目	含量/ $\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$							
	天冬氨酸/Asp	苏氨酸/Thr	丝氨酸/Ser	谷氨酸/Glu	甘氨酸/Gly	丙氨酸/Ala	半胱氨酸/Cys	缬氨酸/Val
烤箱轻度	5.18 ± 0.27 <sup>a</sup>	2.33 ± 0.12 <sup>a</sup>	29.69 ± 1.53 <sup>c</sup>	34.53 ± 1.78 <sup>cd</sup>	18.8 ± 0.97 <sup>ab</sup>	130.38 ± 6.73 <sup>cd</sup>	1.12 ± 0.06 <sup>c</sup>	13.12 ± 0.68 <sup>a</sup>
烤箱中度	4.98 ± 0.32 <sup>a</sup>	2.16 ± 0.14 <sup>a</sup>	34.46 ± 2.22 <sup>d</sup>	32.11 ± 2.07 <sup>c</sup>	19.38 ± 1.25 <sup>ab</sup>	147.53 ± 9.49 <sup>e</sup>	2.91 ± 0.19 <sup>f</sup>	14.67 ± 0.94 <sup>f</sup>
烤箱重度	0.2 ± 0.01 <sup>a</sup>	2.3 ± 0.14 <sup>a</sup>	38.77 ± 2.36 <sup>e</sup>	49.21 ± 3.00 <sup>f</sup>	22.89 ± 1.39 <sup>cd</sup>	174.1 ± 10.61 <sup>f</sup>	4.51 ± 0.27 <sup>b</sup>	15.33 ± 0.93 <sup>f</sup>
红外轻度	0.05 ± 0.00 <sup>a</sup>	91.31 ± 6.68 <sup>d</sup>	11.17 ± 0.82 <sup>ab</sup>	23.08 ± 1.69 <sup>b</sup>	26.58 ± 1.95 <sup>c</sup>	116.04 ± 8.49 <sup>bc</sup>	0.35 ± 0.03 <sup>a</sup>	8.81 ± 0.64 <sup>b</sup>
红外中度	0.01 ± 0.00 <sup>a</sup>	73.91 ± 7.72 <sup>b</sup>	9.47 ± 0.99 <sup>a</sup>	20.88 ± 2.18 <sup>ab</sup>	25.51 ± 2.66 <sup>bc</sup>	113.23 ± 11.82 <sup>b</sup>	0.38 ± 0.04 <sup>a</sup>	9.14 ± 0.95 <sup>b</sup>
红外重度	0.21 ± 0.02 <sup>a</sup>	107.59 ± 11.30 <sup>e</sup>	12.91 ± 1.36 <sup>b</sup>	35.57 ± 3.74 <sup>d</sup>	35.93 ± 3.77 <sup>e</sup>	142.67 ± 14.98 <sup>de</sup>	1.74 ± 0.18 <sup>c</sup>	12.01 ± 1.26 <sup>de</sup>
炭烤轻度	4.26 ± 0.00 <sup>b</sup>	2.53 ± 0.00 <sup>a</sup>	39.58 ± 0.03 <sup>c</sup>	35 ± 0.03 <sup>cd</sup>	18.49 ± 0.02 <sup>a</sup>	153.48 ± 0.14 <sup>c</sup>	1.81 ± 0.00 <sup>c</sup>	13.24 ± 0.01 <sup>c</sup>
炭烤中度	4.95 ± 0.25 <sup>c</sup>	2.73 ± 0.14 <sup>a</sup>	35.26 ± 1.78 <sup>d</sup>	40.04 ± 2.02 <sup>e</sup>	19.11 ± 0.96 <sup>ab</sup>	151.01 ± 7.61 <sup>e</sup>	1.54 ± 0.08 <sup>d</sup>	12.22 ± 0.62 <sup>de</sup>
炭烤重度	7.4 ± 0.06 <sup>c</sup>	3.31 ± 0.02 <sup>a</sup>	42.44 ± 0.32 <sup>f</sup>	43.84 ± 0.33 <sup>f</sup>	21.71 ± 0.16 <sup>bc</sup>	199.18 ± 1.49 <sup>f</sup>	3.75 ± 0.03 <sup>f</sup>	14.82 ± 0.11 <sup>f</sup>
饼铛轻度	0.21 ± 0 <sup>a</sup>	83.13 ± 0.17 <sup>c</sup>	10.38 ± 0.02 <sup>a</sup>	21.38 ± 0.04 <sup>ab</sup>	32.95 ± 0.07 <sup>f</sup>	129.8 ± 0.27 <sup>cd</sup>	0.59 ± 0.00 <sup>b</sup>	11.18 ± 0.02 <sup>cd</sup>
饼铛中度	0.18 ± 0.01 <sup>a</sup>	86.25 ± 2.5 <sup>cd</sup>	10.78 ± 0.31 <sup>ab</sup>	18.1 ± 0.52 <sup>a</sup>	34.2 ± 0.99 <sup>fg</sup>	127.76 ± 3.70 <sup>c</sup>	0.47 ± 0.01 <sup>ab</sup>	10.76 ± 0.31 <sup>c</sup>
饼铛重度	6.34 ± 0.04 <sup>d</sup>	5.11 ± 0.03 <sup>a</sup>	47.65 ± 0.31 <sup>f</sup>	45.02 ± 0.29 <sup>f</sup>	20.97 ± 0.14 <sup>abc</sup>	4.05 ± 0.03 <sup>a</sup>	16.09 ± 0.10 <sup>j</sup>	5.89 ± 0.04 <sup>a</sup>

备注:同列尾标不同表示具有显著性差异,  $p < 0.05$ 。

表 5 不同烤制方式不同程度羊肉串游离氨基酸组分(续表 1)

Table 5 Free amino acid component of flavor of mutton skewers with different roasting methods and degrees (continued Table 1)

项目	含量/mg·g <sup>-1</sup>							
	甲硫氨酸/Met	异亮氨酸/Ile	亮氨酸/Leu	酪氨酸/Tyr	苯丙氨酸/Phe	赖氨酸/Lys	组氨酸/His	精氨酸/Arg
烤箱轻度	6.64 ± 0.34 <sup>bc</sup>	6.46 ± 0.33 <sup>c</sup>	16.97 ± 0.88 <sup>e</sup>	5.25 ± 0.27 <sup>e</sup>	16.97 ± 0.88 <sup>bc</sup>	1.8 ± 0.09 <sup>de</sup>	4.25 ± 0.22 <sup>d</sup>	16.47 ± 0.85 <sup>b</sup>
烤箱中度	5.42 ± 0.35 <sup>e</sup>	7.06 ± 0.45 <sup>bc</sup>	17.27 ± 1.11 <sup>e</sup>	6.6 ± 0.42 <sup>f</sup>	17.96 ± 1.16 <sup>bc</sup>	1.73 ± 0.11 <sup>cd</sup>	3.71 ± 0.24 <sup>e</sup>	22.79 ± 1.47 <sup>d</sup>
烤箱重度	6.37 ± 0.39 <sup>f</sup>	7.39 ± 0.45 <sup>bc</sup>	17.45 ± 1.06 <sup>e</sup>	7.1 ± 0.43 <sup>bc</sup>	17.56 ± 1.07 <sup>fg</sup>	2.13 ± 0.13 <sup>bc</sup>	5.89 ± 0.36 <sup>f</sup>	25.1 ± 1.53 <sup>e</sup>
红外轻度	3.58 ± 0.26 <sup>b</sup>	4.18 ± 0.31 <sup>a</sup>	12 ± 0.88 <sup>bc</sup>	2.51 ± 0.18 <sup>ab</sup>	12.4 ± 0.91 <sup>d</sup>	1.29 ± 0.09 <sup>a</sup>	1.97 ± 0.14 <sup>ab</sup>	13.37 ± 0.98 <sup>a</sup>
红外中度	3.04 ± 0.32 <sup>a</sup>	4.17 ± 0.44 <sup>a</sup>	11.15 ± 1.16 <sup>b</sup>	2.21 ± 0.23 <sup>a</sup>	5.16 ± 0.54	1.26 ± 0.13 <sup>a</sup>	1.82 ± 0.19 <sup>a</sup>	14.62 ± 1.53 <sup>ab</sup>
红外重度	4.26 ± 0.45 <sup>e</sup>	5.71 ± 0.6 <sup>d</sup>	13.83 ± 1.45 <sup>d</sup>	4.73 ± 0.50 <sup>d</sup>	12.75 ± 1.34 <sup>d</sup>	1.54 ± 0.16 <sup>b</sup>	1.92 ± 0.20 <sup>a</sup>	20.46 ± 2.15 <sup>e</sup>
炭烤轻度	6.95 ± 0.010 <sup>bc</sup>	6.52 ± 0.01 <sup>cd</sup>	16.61 ± 0.01 <sup>c</sup>	4.89 ± 0.00 <sup>de</sup>	17.51 ± 0.02 <sup>bc</sup>	2.01 ± 0.00 <sup>bc</sup>	2.26 ± 0.00 <sup>b</sup>	18.8 ± 0.02 <sup>c</sup>
炭烤中度	4.82 ± 0.24 <sup>d</sup>	5.62 ± 0.28 <sup>cd</sup>	13.96 ± 0.70 <sup>d</sup>	5.14 ± 0.26 <sup>bc</sup>	16.42 ± 0.83 <sup>cd</sup>	1.59 ± 0.08 <sup>bc</sup>	5.01 ± 0.25 <sup>e</sup>	20.27 ± 1.02 <sup>c</sup>
炭烤重度	5.1 ± 0.04 <sup>de</sup>	6.87 ± 0.05 <sup>bc</sup>	16.19 ± 0.12 <sup>e</sup>	6.53 ± 0.05 <sup>f</sup>	17.17 ± 0.13 <sup>bc</sup>	1.74 ± 0.01 <sup>d</sup>	5.89 ± 0.04 <sup>f</sup>	25.74 ± 0.19 <sup>e</sup>
饼铛轻度	5.39 ± 0.01 <sup>e</sup>	5.1 ± 0.01 <sup>bc</sup>	14.23 ± 0.03 <sup>d</sup>	2.76 ± 0.01 <sup>b</sup>	15.24 ± 0.03 <sup>e</sup>	1.93 ± 0.00 <sup>cd</sup>	1.7 ± 0.00 <sup>a</sup>	14.79 ± 0.03 <sup>ab</sup>
饼铛中度	3.59 ± 0.10 <sup>b</sup>	4.87 ± 0.14 <sup>b</sup>	13.17 ± 0.38 <sup>cd</sup>	3.26 ± 0.09 <sup>c</sup>	7.45 ± 0.22 <sup>c</sup>	1.48 ± 0.04 <sup>b</sup>	1.66 ± 0.05 <sup>a</sup>	14.53 ± 0.42 <sup>ab</sup>
饼铛重度	7.46 ± 0.05 <sup>b</sup>	18.07 ± 0.12 <sup>b</sup>	8.31 ± 0.05 <sup>a</sup>	17.3 ± 0.11 <sup>b</sup>	2.68 ± 0.02 <sup>a</sup>	7.38 ± 0.05 <sup>b</sup>	25.6 ± 0.17 <sup>bc</sup>	413.95 ± 2.67 <sup>f</sup>

备注:同列尾标不同表示具有显著性差异, p < 0.05。

表 5 不同烤制方式不同程度羊肉串游离氨基酸组分(续表 2)

Table 5 Free amino acid component of flavor of mutton skewers with different roasting methods and degrees (continued Table 2)

项目	含量/mg·g <sup>-1</sup>		
	脯氨酸/Pro	羟脯氨酸/Hypro	总计
烤箱轻度	251.37 ± 12.97 <sup>f</sup>	12.66 ± 0.65 <sup>f</sup>	574.01 ± 29.61 <sup>d</sup>
烤箱中度	193.34 ± 12.44 <sup>e</sup>	0.83 ± 0.05 <sup>a</sup>	534.91 ± 34.41 <sup>cd</sup>
烤箱重度	385.44 ± 23.48 <sup>j</sup>	6.86 ± 0.42 <sup>d</sup>	788.63 ± 48.05 <sup>bc</sup>
红外轻度	120.1 ± 8.79 <sup>d</sup>	3.85 ± 0.28 <sup>c</sup>	452.63 ± 33.13 <sup>b</sup>
红外中度	47.92 ± 5.00 <sup>b</sup>	1.48 ± 0.15 <sup>b</sup>	345.37 ± 36.05 <sup>a</sup>
红外重度	74.72 ± 7.85 <sup>c</sup>	0.87 ± 0.09 <sup>a</sup>	489.43 ± 51.39 <sup>bc</sup>
炭烤轻度	288.52 ± 0.25 <sup>ab</sup>	7.71 ± 0.01 <sup>c</sup>	637.58 ± 4.83 <sup>e</sup>
炭烤中度	308.35 ± 15.54 <sup>i</sup>	3.97 ± 0.20 <sup>c</sup>	650.78 ± 34.99 <sup>cd</sup>
炭烤重度	272.31 ± 2.04 <sup>bc</sup>	0.58 ± 0.00 <sup>a</sup>	694.39 ± 5.52 <sup>f</sup>
饼铛轻度	12.62 ± 0.03 <sup>a</sup>	1.9 ± 0.00 <sup>b</sup>	368.28 ± 0.75 <sup>a</sup>
饼铛中度	302.69 ± 8.76 <sup>hi</sup>	0.34 ± 0.01 <sup>a</sup>	644.45 ± 18.47 <sup>cd</sup>
饼铛重度	6.39 ± 0.04 <sup>a</sup>	134.3 ± 0.87 <sup>bc</sup>	795.54 ± 5.09 <sup>bc</sup>

备注:同列尾标不同表示具有显著性差异, p < 0.05。

肉制品加工方式差异会导致产品具有不同的理化属性,如对于蒸煮、微波和烧烤制备的牛肉产品,烧烤加工具有较高的氨基酸保留,尤其是亮氨酸等<sup>[29]</sup>。由 2.4 可知,不同烤制方式和程度羊肉串具有明显不同的滋味特征,游离氨基酸组分是滋味呈现的重要载体,不同烤制方式和程度羊肉串游离氨基酸组分见表 5 所示,游离氨基酸总量总体呈现为随着烤制程度的增加而增加的趋势,其中烤箱烤制重度羊肉串、电饼铛烤制重度羊肉串有着最高的游离氨基酸含量,即烤制时间越长越有滋味,也符合部分消费者对滋味特征追求的现状。

与炭烤烤制相比,尽管中红外烤制的游离氨基酸含量会有所降低,但电饼铛烤制和烤箱烤制游离氨基酸含量明显增加。

## 2.6 不同烤制方式羊肉串苯并 [α] 芘含量

苯并 [α] 芘是多环芳烃中具有明显致癌作用的有机化合物,普遍存在于高温加工的食品<sup>[30]</sup>。羊肉串苯并 [α] 芘含量见表 6 所示,采用的 4 种烤制方式

中,只在炭烤烤制样品检测到了苯并[α]芘。苯并[α]芘是油脂在高温下产生的一类致癌物质,广泛存在于各种油炸制品中<sup>[31]</sup>,进行苯并[α]芘、杂环胺等有害物生成的控制也是炭烤羊肉串安全品质提升的重要研究方向<sup>[32,33]</sup>。即采用烤箱、电饼铛和中红外烤制的样品具有较高的安全性。

炭烤加工过程中滴落在炭火上油脂的不完全燃烧加剧了苯并芘的生成,而通过改进烤制工具,以及在五花肉腌制过程中添加茶叶,均能够有效抑制苯并芘的生成,且巴拉圭茶的抑制效果优于绿茶<sup>[33]</sup>;而对于其它肉制品,如将苹果皮多酚添加到烤牛肉饼中,也有效抑制了杂环胺有害物的生成<sup>[34]</sup>。

表6 不同制备方法羊肉串苯并芘含量

Table 6 Benzo pyrene content of flavor of mutton skewers with different roasting methods and degrees

加工方式	加工程度	含量/ $\mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$
炭烤	轻度	$0.80 \pm 0.02$
	中度	$0.99 \pm 0.12$
	重度	$2.71 \pm 0.29$
烤箱	轻度	/
	中度	/
	重度	/
中红外	轻度	/
	中度	/
	重度	/
电饼铛	轻度	/
	中度	/
	重度	/

备注“/”表示未检出。

### 3 结论

羊肉串烤制方式不同,以及烤制程度差异,需要

不同的加工时间,烤制轻度和中度样品中,炭烤烤制需要的时间最长(轻度  $5.14 \pm 0.14\text{s}$ , 中度  $7.40 \pm 0.10\text{s}$ ) ( $p < 0.05$ );烤制重度样品中,烤箱烤制需要的时间最长( $9.60 \pm 0.12\text{s}$ ) ( $p < 0.05$ );电饼铛烤制羊肉串需要的时间均最短(轻度  $0.84 \pm 0.11\text{s}$ , 中度  $2.10 \pm 0.18\text{s}$ , 重度  $3.12 \pm 0.13\text{s}$ ) ( $p < 0.05$ )。

烤制工艺不同,产品具有不同的颜色、风味特征、滋味特征和游离氨基酸组分,烤制时间延长导致亮度和红度总体呈现为降低的趋势,但对产品黄度之间的差异较小( $p > 0.05$ );各组产品在风味特征上不能全部进行有效区分(总方差贡献率  $< 85\%$ ),但是各组产品均具有独特的滋味特征(总方差贡献率  $> 85\%$ ),能够通过滋味进行不同产品的区分。

4种烤制方法,烤制轻度样品中饼铛烤制样品游离氨基酸总量含量最低( $p < 0.05$ )、炭烤烤制含量最高( $p < 0.05$ ),烤制中度样品中红外烤制样品游离氨基酸总量含量最低( $p < 0.05$ )、炭烤和饼铛烤制含量较高,烤制重度样品中红外烤制样品游离氨基酸总量含量最低( $p < 0.05$ )、烤箱和饼铛烤制含量较高;4种加工方式中,只在炭烤烤制羊肉串中检测到了苯并[α]芘(轻度  $0.80 \pm 0.02\mu\text{g}/\text{kg}$ , 中度  $0.99 \pm 0.12\mu\text{g}/\text{kg}$ , 重度  $2.71 \pm 0.29\mu\text{g}/\text{kg}$ ),说明其它烤制方式具有较高的安全性。

欧姆加热烤制羊肉串具有替代传统炭烤的潜力,表现在烤制时间更短、游离氨基酸含量更高、有害物含量更低、颜色值更高;中红外辐射加热也具有替代传统炭烤的潜力,表现在有害物含量更低、颜色值更高、烤制时间更短。但烤制方式和程度不同,也造成滋味特征和主体风味特征存在较大分散性,结合消费者感官评价,进行不同烤制方式羊肉串品质的差异性分析是下一步开展研究的方向,结果将为羊肉串的加工、品质评价提供理论参考。

### 参考文献

1 武和平,周占琴. 山羊肉的营养特性 [J]. 肉类研究,1992



- (3):47-50.
- 2 马章全. 略谈我国羊肉文化 [C]. // 第四届中国羊业发展大会论文汇编. 2007:106-109.
- 3 罗春, 彭民浩, 彭辉, 等. 武汉市城区烧烤饮食业含尘含油烟气净化处理的初步探讨 [C]. // 2008 年 (第十届) 中国科协年会论文集. 2008:167-170.
- 4 南宁新闻网—南宁晚报. 廖欣, 李远哲. 广西: 防治大气污染 10 月底前取缔造成污染的烧烤摊 [EB/OL]. (2018-07-12) [2021-8-1]. <http://www.nnews.net/p/2058848.html>.
- 5 临泽县人民政府. 临泽: 关于取缔健康路夜市烧烤摊点的公告 [EB/OL]. (2020-01-13) [2021-8-1]. [http://www.gslz.gov.cn/dzdt/tzgg/202001/t20200103\\_369241.html](http://www.gslz.gov.cn/dzdt/tzgg/202001/t20200103_369241.html).
- 6 LIU H, MA JR, PAN T, et al. Effects of roasting by charcoal, electric, microwave and superheated steam methods on (non) volatile compounds in oyster cuts of roasted lamb [J]. *Meat Science*, 2020, 172:108324.
- 7 刘文营, 王守伟. 羊肉生产及加工工艺对肉及肉制品品质的影响研究进展 [J]. *食品科学*, 2020, 41(1):304-311.
- 8 罗玉龙, 王柏辉, 靳志敏, 等. 两种饲养条件对苏尼特羊肉营养品质的影响 [J]. *食品科学*, 2016, 37(19):227-231.
- 9 TURCU RP, PANAITTE TD, UNTEA AE, et al. Effects of grape seed oil supplementation to broilers diets on growth performance, meat fatty acids, health lipid indices and lipid oxidation parameters [J]. *Agr*, 2021, 11(5):1-16.
- 10 刘文营, 李亨, 成晓瑜. 添加西兰花种子水提物改善腊肉色泽和风味提高抗氧化性 [J]. *农业工程学报*, 2018, 34(21):288-294.
- 11 KIM DB, NAM TG, LEE S, et al. Quantification of 21 free amino acids in traditional and nontraditional soybean pastes [J]. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 2021, 15(4):3569-3579.
- 12 LESTARI LA, TRIYANA K, HANIFAH AK, et al. The use of electronic tongue (e-tongue) as a simple and rapid method for honey authentication [J]. *Food Res*, 2021, 5(3):453-460.
- 13 YANG JY, LI J, WANG M, et al. A novel aqueous extraction for camellia oil by emulsified oil - frozen/thawed method: Emulsified oil - frozen/thawed for camellia oil [J]. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 2019, 121(4):1800431.
- 14 TURP GY, ICIER F, KOR G. Influence of infrared final cooking on color, texture and cooking characteristics of ohmically pre-cooked meatball [J]. *Meat Science*, 2016, 114:46-53.
- 15 LAURE B, PHILIPPE G, STÉPHANE P, et al. Analysis of the juice and water losses in salted and unsalted pork samples heated in water bath. Consequences for the prediction of weight loss by transfer models [J]. *Meat Science*, 2015, 99:113-122.
- 16 CHRIS K. Determination of volatile aroma compounds in beef using differences in steak thickness and cook surface temperature [J]. *Meat Science*, 2016, 117:27-35.
- 17 PINTADO T, HERRERO AM, JIMÉNEZ-COLMENERO F, et al. Strategies for incorporation of chia (*Salvia hispanica* L.) in frankfurters as a health-promoting ingredient [J]. *Meat Science*, 2016, 114:75-84.
- 18 BECKER A, BOULAABA A, PINGEN S, et al. Low temperature cooking of pork meat - Physicochemical and sensory aspects [J]. *Meat Science*, 2016, 118:82-88.
- 19 JANSSEN J, CAMMACK K, LEGAKO J, et al. Influence of grain- and grass-finishing systems on carcass characteristics, meat quality, nutritional composition, and consumer sensory attributes of bison [J]. *Foods*, 2021, 10(5):1060.
- 20 KAUSER-UL-ALAM M, HAYAKAWA T, KUMURA H, et al. High ZnPP-forming food-grade lactic acid bacteria as a potential substitute for nitrite/nitrate to improve the color of meat products [J]. *Meat Science*, 2021, 176:108467.
- 21 TURP GY. Effects of four different cooking methods on some quality characteristics of low fat Inegol meatball enriched with flaxseed flour [J]. *Meat Science*, 2016, 121:40-46.
- 22 XU QD, ZHOU ZQ, YU J, et al. Effect of *Cedrus deodara* extract on the physicochemical and sensory properties of salt-

- ed meat and its action mechanism [J]. *Journal of Food Science*, 2021, 86 (7) : 2910 – 2923.
- 23 ELMAS F, BODRUK A, KPRÜALANZ, et al. The effect of pre – drying methods on physicochemical, textural and sensory characteristics on puff dried Turkey breast meat [J]. *LWT Food ScienceTechnology*, 2021, 145: 111350.
- 24 ROCCHETTI G, REBECCHI A, DALLOLIO M, et al. Changes in the chemical and sensory profile of ripened Italian salami following the addition of different microbial starters [J]. *Meat Science*, 2021, 180: 108584.
- 25 ODHAIB KJ, AL – HAJJAR QN, ALALLAWEE MHA . Incorporation of herbal plants in the diet of ruminants: effect on meat quality [J]. *Iraqi JVetMed*, 2021, 45 (1) : 22 – 30.
- 26 NAKAMURA Y, SATO T, TAKATORI M, et al. Impacts of deep – sea aging on quality of greater amberjack (*Seriola dumerili*) and bluefin tuna (*Thunnus orientalis*) meats [J]. *LWT Food ScienceTechnology*, 2021, 146: 111326.
- 27 ZHU L, WANG X, HAN Y, et al. A pvc/polypyrrole sensor designed for beef taste detection using electrochemical methods and sensory evaluation [J]. *Meat Science*, 2018, 137: 1 – 8.
- 28 卢忆, 杜新, 戴瑞彤. 欧姆加热与水浴加热对羊肉糜滋味物质及游离脂肪酸的影响 [J]. *现代食品科技*, 2015, 31 (12) : 362 – 369.
- 29 LOPES AF, ALFAIA CMM, PARTIDÁRIO AMPCPC, et al. Influence of household cooking methods on amino acids and minerals of Barrosã – PDO veal [J]. *Meat Science*, 2015, 99: 38 – 43.
- 30 史巧巧, 席俊, 陆启玉. 食品中苯并芘的研究进展 [J]. *食品工业科技*, 2014, 35 (5) : 379 – 381, 386.
- 31 杨占南, 彭全材, 罗世琼, 等. 贵阳市油炸食品中苯并芘的测定及其安全评价 [J]. *食品科学*, 2008, 29 (10) : 449 – 452.
- 32 DING XQ, ZAHANG DQ, LIU H, et al. Chlorogenic acid and Epicatechin: An efficient inhibitor of heterocyclic amines in charcoal roasted lamb meats [J]. *Food Chem*, 2021: 130865.
- 33 PARK KC, PYO H, KIM W, et al. Effects of cooking methods and tea marinades on the formation of benzo [a] pyrene in grilled pork belly (Samgyeopsal) [J]. *Meat Science*, 2017, 129: 1 – 8.
- 34 SABALLYK, SLENO L, JAUFFRIT JA, et al. Inhibitory effects of apple peel polyphenol extract on the formation of heterocyclic amines in pan fried beef patties [J]. *Meat Science*, 2016, 117: 57 – 62.

## 2022 中国国际肉类工业产业周

展出时间: 2022 年 9 月 20—24 日

展出地点: 青岛世界博览城 (西海岸新区三沙路 3399 号)

查 询: 中国肉类协会会展部

电 话: 010 – 5166 1768

网 址: [www.cimie.com](http://www.cimie.com)