

高温处理对羊肉中主要有害物质的影响

高天丽, 李林强, 张 兰, 刘永峰*, 廖 晶, 赵 晶

(陕西师范大学 食品工程与营养科学学院, 陕西 西安 710062)

摘要: 为研究煎、炸、烤 3 种高温处理对羊肉中有害物质的影响, 试验选用横山羊肉, 通过调控其高温处理时间和温度, 采用分光光度法、气相色谱-质谱(GC-MS)外标法和高效液相色谱(HPLC) 外标法分别测定高温处理后羊肉中的亚硝酸盐、反式油酸($C_{18:1 \text{ trans-9}}$)及多环芳烃(PAHs)。结果表明: 煎制 2 min 和 3 min 处理的羊肉中亚硝酸盐含量较低($p < 0.05$); 处理时长对 $C_{18:1 \text{ trans-9}}$ 含量影响差异不显著($p > 0.05$); 2 min 和 3 min 处理的羊肉中菲、芘和二苯并[a,h]蒽含量均较低($p < 0.05$); 炸制 3 min 处理的羊肉中亚硝酸盐, $C_{18:1 \text{ trans-9}}$, 芘、苯并[k]荧蒽、苯并[a]芘和二苯并[a,h]蒽、苯并[a]蒽 5 种 PAHs 含量均最低($p < 0.05$); 160 °C 烤制处理的羊肉中亚硝酸盐含量最低($p < 0.05$); 160 °C 和 180 °C 处理的羊肉中 $C_{18:1 \text{ trans-9}}$ 含量较低($p < 0.05$); 160 °C 处理的羊肉中萘、菲和苯并[a]芘含量低于 180 °C, 菲、芘、苯并[k]荧蒽和苯并[a]芘含量低于 200 °C ($p < 0.05$)。综合分析, 3 种高温处理对羊肉中有害物质有较大影响, 羊肉在 226~228 °C 下煎制 2~3 min、炸制 3 min、在 160 °C 下烤制 40 min 时 3 类有害物质含量相对较低。

关键词: 横山羊肉; 高温处理; 亚硝酸盐; 反式油酸; 多环芳烃

中图分类号: TS 251 **文献标志码:** A **文章编号:** 1673—1689(2018)10—1060—07

Effects of High-Temperature Treatments on Main Hazardous Substances of Goat Meat

GAO Tianli, LI Linqiang, ZHANG Lan, LIU Yongfeng*, LIAO Jing, ZHAO Jing

(College of Food Engineering and Nutritional Science, Shaanxi Normal University, Xi'an 710062, China)

Abstract: The objective of this study was to evaluate the effects of high-temperature cooking of pan-frying, frying and broiling on hazardous substances of goat meat by regulating the cooking time and temperature. The spectrophotometry, gas chromatography-mass (GC-MS) and high performance liquid chromatography (HPLC) were used to measure the contents of nitrite, trans-oleic acids ($C_{18:1 \text{ trans-9}}$) and polycyclic aromatic hydrocarbon (PAHs) respectively. The results showed that the content of nitrite in the processes of 2 min and of 3 min were lowest. There were no significant differences in $C_{18:1 \text{ trans-9}}$ content for pan-frying time ($p > 0.05$). The contents of phenanthrene, pyrene and dibenz[a,h]anthracene in the processes of 2 min and 3 min pan-frying were lower ($p < 0.05$). For frying, the

收稿日期: 2016-07-12

基金项目: 中央高校基本科研业务费专项(GK201805002); 陕西省科技统筹创新工程计划项目(2015KTTSNY04-07); 农业部农产品加工重点实验室开放课题(2018014)。

* 通信作者: 刘永峰(1981—), 男, 陕西户县人, 农学博士, 副教授, 硕士研究生导师, 主要从事畜产品科学与营养研究。

E-mail: yongfeng200@126.com

引用本文: 高天丽, 李林强, 张兰, 等. 高温处理对羊肉中主要有害物质的影响 [J]. 食品与生物技术学报, 2018, 37(10): 1060-1066.

contents of nitrite, $C_{18:1 \text{ trans-9}}$, pyrene, benzo [k] fluoranthene, benzo [a] pyrene and dibenz [a,h] anthracene in the process of 3 min were lowest respectively ($p<0.05$). For broiling, the content of nitrite in the process of 160 °C was lowest ($p<0.05$). The content of $C_{18:1 \text{ trans-9}}$ in the processes of 160 °C and 180 °C were lower. The contents of naphthalene, phenanthrene and benzo [a] pyrene in the process of 160 °C were lower than those in 180 °C, and the contents of phenanthrene, chrysene, benzo [k] fluoranthene and benzo [a] pyrene were lower than those in 200 °C ($p<0.05$). A comprehensive analysis indicated that the three high-temperature cooking methods had a great influence on the hazardous substances of goat meat. At the temperature of 226~228 °C, the goat meat were pan-fried for 2~3 min and fried for 3 min respectively, and broiled for 40 min under the temperature of 160 °C, which had a lower hazardous substances.

Keywords: Hengshan goat meat, high-temperature cooking, nitrite, $C_{18:1 \text{ trans-9}}$, PAHs

煎、炸、烤是3种较普遍的肉类高温处理方式,煎肉、炸肉及烤肉以其诱人的色泽和独特的风味深受广大消费者青睐,但过度的高温处理会对肉品质产生不利影响,如促使亚硝酸盐、反式脂肪酸和多环芳烃等有害物质的增加。亚硝酸盐主要指亚硝酸钠和亚硝酸钾,是国家允许用于肉及肉制品生产加工中的食品添加剂,具有发色、护色、抑菌、防腐等作用^[1-2]。但过量食用会导致人体缺氧,对健康有较大危害,且在一定条件下可转化为具有强致癌性的亚硝基化合物^[3-4]。目前关于亚硝酸盐的研究主要集中在于熟肉制品中使用量和残留量的调研及测定方法的建立^[5-6]。反式脂肪酸(TFAs)是分子中含有一个或多个反式双键的非共轭不饱和脂肪酸,大量食用含TFAs的食物会加速动脉硬化,导致心脑血管疾病、糖尿病和老年痴呆等^[7-8]。 $C_{18:1 \text{ trans-9}}$ 作为食品中主要的TFAs对其研究较少。PAHs是由两个或两个以上苯环以不同方式排列构成的有机化合物,具有较强的诱癌作用,在环境、生物体及食品中都有存在,食品中的PAHs主要源于不恰当的烹制方式,如烧烤、煎炸、烟熏等^[9-11]。然而,对于煎、炸、烤高温处理羊肉中亚硝酸盐、TFAs及PAHs 3种有害物质还未进行系统研究。

鉴于此,作者选用陕西横山羊肉,分别进行煎、炸、烤高温处理,并对处理后羊肉中亚硝酸盐、 $C_{18:1 \text{ trans-9}}$ 和PAHs 3种有害物质进行研究,从而确定不同时间或温度梯度下3种高温处理方式对羊肉中有害物质的影响,为系统评价横山羊肉品质提供参考,同时为人们选择有害物质较少的肉制品高温处理方式提供一定理论依据。

1 材料与方法

1.1 原料选择

横山羊腿部肉,购于榆林洋洗农牧业有限公司,-20 °C冷冻储藏。食盐、料酒、花椒、八角、小茴香、桂皮、植物油、姜、大葱等辅料均购于西安华润万家超市。

1.2 主要试剂及仪器设备

反式油酸甲酯标准品:Sigma-Aldrich公司产品;PAHs混合标准品:Sigma-Aldrich公司产品。

2010 ultra 单四极杆气相色谱-质谱联用仪:日本岛津公司产品;Breeze1525 高效液相色谱仪、Waters2487 紫外检测器:美国Waters公司产品;HC- C_{18} 色谱柱(5 μm , 4.6 mm×250 mm):美国Agilent公司产品。

1.3 处理方式

冷冻横山羊肉在4 °C冰箱中解冻24 h,剔除表面筋膜和脂肪,分割为1 cm×1 cm×3 cm的肉块。取分割好的肉样2000 g,平均分为10组,每组200 g,每组约15~20块。随机取其中1组作为对照组(不做任何处理),另外9组为试验组。作者参考已报道的方法^[12-14],结合家庭烹饪的实际条件,在多次预实验的基础上,确定了3种高温处理工艺及时间和温度梯度。9个试验组分别按如下方式处理:

取分割好的肉样200 g,清洗干净后加入50 mL水,添加辅料,搅拌均匀后浸渍60 min,分别进行煎、炸、烤处理,制品冷却至室温,用于分析检测。

煎制处理:加油50 mL,肉样在RT2135多功能电磁炉226~228 °C下分别煎制2、3、4 min,煎至处

理时间一半时翻面一次。

炸制处理:加油 200 mL,肉样在 RT2135 多功能电磁炉 226~228 °C 下分别炸制 3、4、5 min,炸制过程中不断搅拌。

烤制处理:不加油,肉样分别在 YXY-90A 电热食品烘炉 160、180、200 °C 的温度下烤制 40 min,烤至 20 min 时翻面一次。

1.4 肉品质指标测定方法

1.4.1 亚硝酸盐质量分数测定 按照《食品安全国家标准 食品中亚硝酸盐与硝酸盐的测定》(GB 5009.33-2010)中分光光度法进行测定。

1.4.2 反式油酸质量分数测定 取 5 g 剪碎的肉样,加入 100 mL V(氯仿):V(甲醇溶液)=2:1,连接冷凝回流装置,于 40 °C 水浴提取 30 min,加 20 mL 饱和氯化钠溶液静置,分层后取下层溶液旋转蒸发,分离得脂肪粗提物备用。按照《动植物油脂 脂肪酸甲酯制备》(GB/T 17376-2008)中三氟化硼法对脂肪粗提物进行甲酯化。甲酯化后的样品及反式油酸标准品在相同条件下进行气相色谱-质谱 (GC-MS) 检测。以反式油酸标准品峰面积和质量浓度建立标准曲线,采用峰面积外标法分析样品中反式油酸的质量分数。

1.5 统计分析

所有标品及样品均重复测定 3 次,结果取平均值。试验数据均采用 Microsoft Excel 进行计算,SPSS 21.0 中 ANOVA 进行方差分析和多重比较。

2 结果与分析

2.1 高温处理后羊肉中亚硝酸盐测定结果

经煎、炸、烤 3 种高温处理后横山羊肉中亚硝酸盐质量分数测定结果见图 1。对照组中亚硝酸盐质量分数为 3.76 mg/kg,与之相比,3 种高温处理均可显著增加其质量分数 ($p < 0.05$),其中 4 min 煎制处理的羊肉中亚硝酸盐质量分数最高,为 32.53 mg/kg,超过了《食品安全国家标准 食品添加剂使用标准》(GB 2760-2014)^[16] 中规定的最大残留量 30.00 mg/kg,其他高温处理条件下羊肉中亚硝酸盐含量主要在 10~25 mg/kg 之间,可见煎、炸、烤高温处理对羊肉中亚硝酸盐含量影响较大。对于煎制,亚硝酸盐质量分数随处理时间延长逐渐增加 ($p < 0.05$)。对于炸制,同煎制结果相似,处理时间越长,亚硝酸盐质量分数越高 ($p < 0.05$),其中 3 min 处理

组羊肉中亚硝酸盐质量分数最低,为 13.17 mg/kg。对于烤制,160 °C 处理的羊肉中亚硝酸盐质量分数最低,180 °C 质量分数最高 ($p < 0.05$)。考虑到亚硝酸盐对人体健康的不利影响^[17],煎制以 2~3 min 较优,炸制以 3~4 min 较优,烤制以 160 °C 较优。

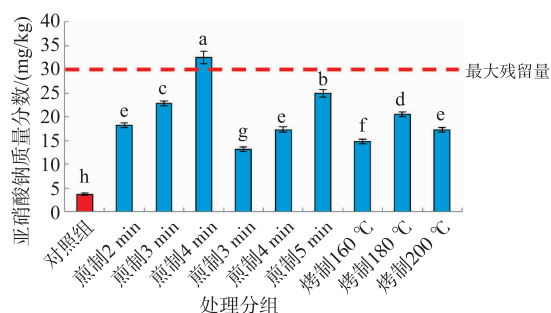


图 1 3 种高温处理下羊肉中亚硝酸盐质量分数测定结果
Fig. 1 Results of nitrite content with three high-temperature treatments on goat meat

2.2 高温处理后羊肉中反式油酸质量分数测定结果

经煎、炸、烤 3 种高温处理后横山羊肉中 $C_{18:1 \text{ trans-9}}$ 质量分数测定结果见图 2。对照组中 $C_{18:1 \text{ trans-9}}$ 的质量分数为 0.21 g/kg,与之相比,3 种高温处理均可显著增加其质量分数 ($p < 0.05$),其中 4 min 和 5 min 炸制处理羊肉中 $C_{18:1 \text{ trans-9}}$ 质量分数较高,分别为 5.24 g/kg 和 8.01 g/kg,其他处理组的 $C_{18:1 \text{ trans-9}}$ 质量分数主要介于 2~3 g/kg 之间,可见煎、炸、烤高温处理对羊肉中 $C_{18:1 \text{ trans-9}}$ 质量分数影响较大。对于煎制,不同处理时间对羊肉中 $C_{18:1 \text{ trans-9}}$ 质量分数影响差异不显著 ($p > 0.05$)。对于炸制,羊肉中 $C_{18:1 \text{ trans-9}}$ 质量分数随处理时间的延长逐渐增大 ($p < 0.05$),其原因可能与处理时间越长,浸入羊肉中的植物油越多有关。对于烤制,160 °C 和 180 °C 烤制的羊肉中 $C_{18:1 \text{ trans-9}}$ 质量分数差异不明显 ($p > 0.05$),200 °C 处理的羊肉中 $C_{18:1 \text{ trans-9}}$ 质量分数显著增加 ($p < 0.05$)。反式脂肪酸对人体健康有一定危害^[18],因此煎制以 2~4 min 较优,炸制以 3 min 较优,烤制以 160~180 °C 较优。

2.3 高温处理后羊肉中多环芳烃测定结果

经煎、炸、烤 3 种高温处理后横山羊肉中 PAHs 测定结果见表 1。对照组中只有苯和苣 2 种 PAHs,其含量分别为 3.99 $\mu\text{g/kg}$ 和 0.59 $\mu\text{g/kg}$,煎、炸处理的羊肉中检测出 8 种 PAHs,较对照组另检出了菲、芘、苯并[a]蒽、苯并[k]荧蒽、苯并[a]芘和二苯并[a,h]蒽;烤制处理的羊肉中共检测出 7 种 PAHs,较煎、

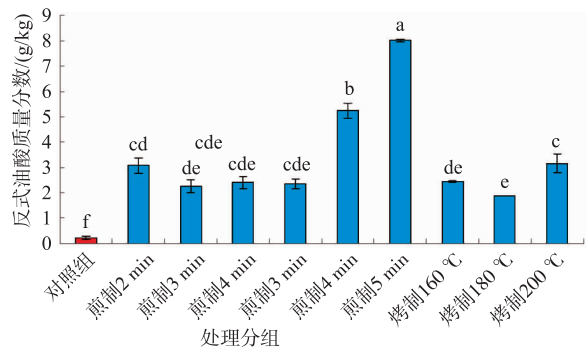


图2 3种高温处理下羊肉中C_{18:1 trans-9}质量分数测定结果
Fig. 2 Results of C_{18:1 trans-9} with three high-temperature treatments on goat meat

炸处理未检出二苯并[a,h]蒽。较之对照组,部分处理组可增加羊肉中苯质量分数,所有处理组都可增加芘质量分数($p<0.05$),可见煎、炸、烤高温处理对

羊肉中PAHs影响较大。对于煎制,不同处理时间对羊肉中苯、芘质量分数无显著影响($p>0.05$);2 min和3 min处理的羊肉中菲、芘、苯并[a]芘和二苯并[a,h]蒽质量分数均低于4 min,但苯并[a]蒽质量分数较高($p<0.05$);2 min处理的羊肉中苯并[k]荧蒽质量分数最低($p<0.05$)。对于炸制,不同处理时间对羊肉中苯、芘质量分数无影响($p>0.05$);除不具有致癌性的菲外,3 min处理的羊肉中其他PAHs质量分数均最低($p<0.05$)。对于烤制,160 °C处理的羊肉中苯质量分数低于180 °C($p<0.05$),菲和苯并[a]芘质量分数最低($p<0.05$),芘质量分数与180 °C和200 °C处理间无差异($p>0.05$);160 °C和180 °C处理的羊肉中芘和苯并[k]荧蒽质量分数较低($p<0.05$)。考虑到PAHs的致癌性^[19],煎制以2~3 min较优,炸制以3 min较优,烤制以160 °C较优。

表1 3种高温处理下羊肉中PAHs测定结果

Table 1 Results of PAHs with three high-temperature treatments on goat meat μg/kg

处理分组	PAHs 及其致癌性[20]							
	苯	菲	芘	苯并[a]蒽	芘	苯并[k]荧蒽	苯并[a]芘	二苯并[a,h]蒽
	-	-	-	+	+	++	++++	++
对照组	3.99±0.25 ^d	ND	ND	ND	0.59±0.04 ^e	ND	ND	ND
煎制 2 min	4.68±0.76 ^{bcd}	0.47±0.01 ^b	3.03±0.07 ^{bc}	0.53±0.01 ^a	1.29±0.14 ^a	2.35±0.03 ^b	1.32±0.01 ^c	3.93±0.16 ^d
煎制 3 min	5.37±0.28 ^{ab}	0.36±0.01 ^d	3.25±0.24 ^b	0.51±0.01 ^a	1.32±0.08 ^a	2.69±0.07 ^a	1.80±0.06 ^a	4.88±0.06 ^b
煎制 4 min	5.38±0.18 ^{ab}	0.56±0.03 ^a	3.61±0.10 ^a	0.35±0.08 ^c	1.33±0.02 ^a	2.73±0.05 ^a	1.90±0.02 ^a	5.12±0.09 ^a
炸制 3 min	4.16±0.01 ^{cd}	0.46±0.01 ^b	1.90±0.02 ^f	0.32±0.06 ^c	0.91±0.02 ^{cd}	1.06±0.01 ^d	0.77±0.23 ^e	4.12±0.08 ^d
炸制 4 min	4.72±0.79 ^{bcd}	0.36±0.01 ^d	2.43±0.08 ^e	0.37±0.03 ^{bc}	0.98±0.05 ^{cd}	1.24±0.21 ^c	1.01±0.08 ^d	4.60±0.10 ^e
炸制 5 min	5.25±0.19 ^{abc}	0.34±0.02 ^d	2.85±0.04 ^{cd}	0.46±0.01 ^a	1.05±0.01 ^{bc}	1.36±0.20 ^c	1.59±0.01 ^b	4.76±0.19 ^{bc}
烤制 160 °C	4.52±0.42 ^{bcd}	0.36±0.02 ^d	2.99±0.11 ^{bcd}	0.37±0.07 ^{bc}	0.84±0.05 ^d	0.25±0.02 ^e	0.35±0.01 ^g	ND
烤制 180 °C	6.05±0.26 ^a	0.42±0.02 ^c	2.72±0.17 ^d	0.37±0.01 ^{bc}	0.86±0.06 ^d	0.08±0.01 ^e	0.58±0.02 ^f	ND
烤制 200 °C	5.09±0.89 ^{abcd}	0.41±0.01 ^c	3.09±0.18 ^{bc}	0.44±0.01 ^{ab}	1.15±0.07 ^b	1.31±0.08 ^c	1.08±0.03 ^d	ND

注:表中“-”表示不致癌;“+”表示弱致癌;“++”表示致癌;“++++”表示强致癌;ND表示未检出。同列不同小写字母表示差异显著($p<0.05$)。

3 讨论
亚硝酸盐能引起高铁血红蛋白症,导致组织缺氧、血压降低和血管扩张,并能和胃内胺类物质形成亚硝胺,对胃黏膜有较高的致癌作用^[21-22]。煎、炸、烤3种高温处理对羊肉中亚硝酸盐含量有较大影响,其部分原因与不同处理条件下羊肉制品本身的干物质含量有关。法律对亚硝酸盐的使用量及残留量有强制性规定,我国《食品安全国家标准 食品添加剂使用标准》规定,熏腌、烧烤、油炸等肉制品中

亚硝酸盐的使用量不得超过0.15 g/kg,最大残留量为30 mg/kg^[23]。试验结果显示除煎制4 min外,其他高温处理组羊肉中亚硝酸盐含量均未超过我国强制性标准规定的最大残留量。煎制4 min、炸制5 min、烤制180 °C和200 °C时,羊肉中亚硝酸盐质量分数较高,不利于人体健康。因此,就亚硝酸盐含量而言,煎制以2~3 min较优,炸制以3~4 min较优,烤制以160 °C比较安全。
反式脂肪酸能增加人体中低密度脂蛋白,降低高密度脂蛋白,引发内皮功能改变和系统炎症等,

大量 TFAs 还会降低细胞膜的通透性和对胆固醇的利用率^[24-26]。WHO 和 FAO 建议 TFAs 最大摄入量应低于总能量的 1%; 丹麦食品法律规定油脂中 TFAs 质量分数不得超过 2%; 美国、加拿大要求强制性标示食品中 TFAs 质量分数; 荷兰、日本等国家也在探讨食品中 TFAs 的最低限量^[27]。横山羊肉中质量分数最多的 TFAs 是 $C_{18:1 \text{ trans-9}}$, 与康旭升^[28]、李书国等^[29]的报道相同。3 种高温处理都增加了羊肉中 $C_{18:1 \text{ trans-9}}$ 的质量分数, 煎制和炸制主要是由于处理过程中加入的植物油所致, 烤制主要是因为处理过程中的热作用^[30]。煎制时间在 2~4 min 时, 羊肉中 $C_{18:1 \text{ trans-9}}$ 质量分数无明显差异。4 min 和 5 min 炸制的羊肉中 $C_{18:1 \text{ trans-9}}$ 质量分数较高, 这与相关报道^[30-31]焙烤和油炸食品中 TFA 含量较高的结果一致。在 200 °C 下烤制的羊肉中 $C_{18:1 \text{ trans-9}}$ 质量分数较高, 其原因可能是顺式脂肪酸在高温作用下异构化转变为 TFAs^[32]。因此, 就 $C_{18:1 \text{ trans-9}}$ 质量分数而言, 煎制处理以 2~4 min 较优, 炸制以 3 min 适宜, 烤制以 160~180 °C 适宜。

PAHs 种类较多, 含 4 个及以下苯环的 PAHs 称为“轻 PAHs”, 含 4 个以上苯环的 PAHs 称为“重 PAHs”, 重 PAHs 性质更稳定, 毒性更强, 其中苯并[a]芘为最具毒性的 PAHs^[33-34]。对照组中只存在萘和苊两种轻 PAHs, 萘不具有致癌性; 苊可能致癌, 但其含量非常低, 不足以对人体造成危害。3 种高温处理对羊肉中 PAHs 组分及含量有影响, 这与陆红梅等^[11]关于煎炸、烤制和烟熏食物中多环芳烃研究结果相似, 其主要原因是烹制温度过高时, 肉中有机

物受热分解, 经过环化、聚合等反应生成 PAHs, 致使羊肉中 PAHs 的组分及含量发生改变^[35]。煎制和炸制处理的肉样中重 PAHs 有苯并[a]芘和二苯并[a,h]蒽, 烤制处理肉样中重 PAHs 只有苯并[a]芘, 其原因主要是羊肉在烤箱中烤制, 其温度较低、肉样与热源距离较远且辐射受热均匀, 这与 Rey-Salgueiro 等^[36]关于不同热源和燃料烤制面包所得结果一致。欧盟规定熏肉及其制品中苯并[a]芘最大限量为 2 µg/kg, 我国熏烤肉中苯并[a]芘限量为 5 µg/kg^[37]。煎、炸、烤高温处理后羊肉中苯并[a]芘质量分数均低于 2 µg/kg, 且 PAHs 各组分含量明显低于潘虹^[20]研究的烤猪肉中 PAHs 的质量分数, 其主要原因是高温处理过程中未采用明火直接加热。当煎制时间为 4 min、炸制时间为 4 min 和 5 min、烤制温度为 180 °C 和 200 °C 时, 羊肉中大部分 PAHs 质量分数较高, 这与 Rose 等^[38]研究的烧烤食物距热源距离越近, 烧烤时间越长, 某些 PAHs 质量分数会增加的结果一致。

4 结 语

煎、炸、烤 3 种高温处理方式对横山羊肉中有害物质影响较大, 且不同处理时间及温度条件下各有害物质差异也较大。综合分析评价 3 种高温处理后羊肉中亚硝酸盐、反式油酸和多环芳烃的种类与含量, 得出在 226~228 °C 下煎制 2~3 min、226~228 °C 下炸制 3 min、160 °C 下烤制 40 min, 羊肉中 3 类有害物质的含量较低。

参考文献:

- [1] YU Xiulig, ZHAO Junxi, LI Bingquan. Analytic method of nitrite in edible salt [J]. *Journal of Salt and Chemical Industry*, 2007, 36(4): 23-25. (in Chinese)
- [2] WU Chunlian. Determination of nitrite content in food by spectrophotometry [J]. *Journal of Hebei Agricultural Sciences*, 2007, 11(4): 97-99. (in Chinese)
- [3] ZHANG Baoyong. Research on nitrite content and edible safety in six pickled vegetables [J]. *China Condiment*, 2012, (9): 96-98. (in Chinese)
- [4] HUANG Taorui, WANG Xin. Survey of nitrate and nitrite's residues in meat products on Chengdu market [J]. *Food and Fermentation Technology*, 2013(4): 41-42. (in Chinese)
- [5] LIANG Zhenshan, ZHANG Shufang, ZHANG Ding, et al. Survey on the content of nitrite in cooked meat in Henan province [J]. *Chinese Journal of Food Hygiene*, 2012, 24(4): 363-366. (in Chinese)
- [6] LIU Lansong, KANG Shaoying, ZHANG Li, et al. Improved research for determination of nitrite and nitrate in meat products by ion chromatography [J]. *Food and Machinery*, 2015(2): 83-86. (in Chinese)
- [7] XIE Mingyong, XIE Jianhua, YANG Meiyang, et al. A review of the research progress on trans fatty acids [J]. *Journal of Chinese*

- Institute of Food Science and Technology**, 2010, 10(4):14-26.(in Chinese)
- [8] Food and Drug Administration. Food labeling: Trans fatty acids in nutrition labeling, nutrient content claims, and health claims[J]. **Federal Register**, 2003, 68(133):41434-41506.
- [9] YANG Fazhong, YAN Yang, ZHANG Zezhi, et al. Research advance of polycyclic aromatic hydrocarbons[J]. **Yunnan Chemical Technology**, 2005, 32(2):44-48.(in Chinese)
- [10] SIMKO P. Determination of polycyclic aromatic hydrocarbons in smoked meat products and smoke flavouring food additives[J]. **Journal of Chromatography B**, 2002, 770(1-2):3-18.
- [11] LU Hongmei, ZHANG Haifeng. PAHs pollution in cooked food and its control [J]. **Culinary Science Journal of Yangzhou University**, 2008, 25(2):40-42.(in Chinese)
- [12] LIU Yana, BATUER Abulikemu, JU Bin. Optimization of roasting mutton processing parameters by response surface method[J]. **Meat Industry**, 2014(11):18-22.(in Chinese)
- [13] 薛丹丹. 不同品种羊肉烤制特性及烤制适宜性评价研究[D]. 北京:中国农业科学院, 2012.
- [14] WANG Xia. Effect of frying conditions on the eating quality of fried meat[J]. **Meat Industry**, 2004(9):6-9.(in Chinese)
- [15] WU Meixue, ZHANG Hong, DAI Zhiyuan, et al. Determination of PAHs in food by high performance liquid chromatography[J]. **Journal of the Chinese Cereals and Oils Association**, 2008, 23(3):189-193.(in Chinese)
- [16] 中华人民共和国国家标准. 食品添加剂使用标准[S]. GB 2760—2014.
- [17] WANG Na, FENG Xuqiao, ZHAO Hongxia, et al. Content of nitrate and nitrite dynamic change in the storage process of cucumber[J]. **Journal of Food Science and Biotechnology**, 2014, 33(4):426-431.(in Chinese)
- [18] QIU Bin, XU Tongcheng, WANG Qing, et al. Researches on trans fatty acids and endothelial apoptotic [J]. **Journal of Food Science and Biotechnology**, 2013, 32(5):449-455.(in Chinese)
- [19] WU Rina, JIN Fen, YANG Lili, et al. Review on the pollution sources and control techniques of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in edible oil[J]. **Food and Fermentation Industries**, 2015, 41(9):225-229.(in Chinese)
- [20] 潘红. 烤肉中多环芳烃的检测[D]. 无锡:江南大学, 2009.
- [21] CHEN Jianjie. Determination of nitrite in sausages by spectrophotometry [J]. **Animal Husbandry and Feed Science**, 2010, 31(1):64-69.(in Chinese)
- [22] XU Hairong, XU Yaochu. The epidemiologic study on the relationship between dietary factors and gastric cancer [J]. **China Cancer**, 2002, 11(2):81-83.(in Chinese)
- [23] HONIKEL K O. The use and control of nitrate and nitrite for the processing of meat products [J]. **Meat Science**, 2008, 78(1-2):68-76.
- [24] MENSINK R P, KATAN M B. Effect of dietary trans fatty acids on high-density and low-density lipoprotein cholesterol levels in healthy subjects[J]. **New England Journal of Medicine**, 1990, 323(7):439-445.
- [25] WILLETT W C. Trans fatty acids and cardiovascular disease-epidemiological data [J]. **Atherosclerosis Supplements**, 2006, 7(2):5-8.
- [26] DASHTI N, FENG Q, FREEMAN M R, et al. Trans polyunsaturated fatty acids have more adverse effects than saturated fatty acids on the concentration and composition of lipoproteins secreted by human hepatoma HepG2 cells [J]. **The Journal of Nutrition**, 2002, 132(9):2651-2659.
- [27] HUANG Jie. Study on analysis of trans-fatty acids in food by capillary GC [J]. **Chinese Journal of Health Laboratory Technology**, 2005, 15(9):1054-1056.(in Chinese)
- [28] KANG Xusheng, ZHANG Guangxin, CHEN Xia, et al. Terahertz spectroscopic investigation of elaidic acid [J]. **Spectroscopy and Spectral Analysis**, 2011, 31(10):2629-2633.(in Chinese)
- [29] LI Shuguo, CHEN Hui, LI Xuemei. Progress in the research of the harm of trans fatty acids and its analysis and detection method [J]. **Jiangsu Food and Fermentation**, 2007(4):18-21.(in Chinese)
- [30] Food and Drug Administration. Food labeling: trans fatty acids in nutrition labeling, nutrient content claims, and health claims[J]. **Federal Register**, 2003, 68(133):41434-41506.
- [31] WAGNER K H, AUER E, ELMADFA I. Content of trans fatty acids in margarines, plant oils, fried products and chocolate spreads in Austria[J]. **European Food Research and Technology**, 2000, 210(4):237-241.

- [32] DAGLIOGLU O, TASAN M. Fatty acid composition of traditional fermented and unfermented Turkish corn bread with the emphasis on trans fatty acids[J]. **European Food Research and Technology**, 2003, 217(2): 125-127.
- [33] WENZL T, SIMON R, ANKLAM E, et al. Analytical methods for polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in food and the environment needed for new food legislation in the European Union [J]. **TrAC Trends in Analytical Chemistry**, 2006, 25(7): 716-725.
- [34] NAVARRO P, CORTAZAR E, BARTOLOME L, et al. Comparison of solid phase extraction, saponification and gel permeation chromatography for the clean-up of microwave-assisted biological extracts in the analysis of polycyclic aromatic hydrocarbons[J]. **Journal of Chromatography A**, 2006, 1128(1-2): 10-16.
- [35] JIAO Xinjie, GAO Zhenjiang, ZHANG Shixiang, et al. The exploration of PAHs analysis and determination method in Beijing roast duck[J]. **China Poultry**, 2007, 10: 56-58. (in Chinese)
- [36] REY S L, GARCIA F M S, MARTINEZ C E, et al. Effects of toasting procedures on the levels of polycyclic aromatic hydrocarbons in toasted bread[J]. **Food Chemistry**, 2008, 108(2): 607-615.
- [37] 中华人民共和国卫生部. GB2762—2012, 食品中污染物限量[S]. 北京: 中国标准出版社, 2012.
- [38] ROSE M, HOLLAND J, DOWDING A, et al. Investigation into the formation of PAHs in foods prepared in the home to determine the effects of frying, grilling, barbecuing, toasting and roasting[J]. **Food and Chemical Toxicology**, 2015, 78: 1-9.

会 议 消 息

第六届食品安全和营养国际会议(ICFSN 2019)

会议时间: 2019-04-08 至 2019-04-10

会议地点: 西班牙巴塞罗那

主办单位: ICFSN 2019

联系人: Lydia. Liu 女士

电话: +852-3500-0137

Email: icfsn@cbees.net

官方网址: <http://www.icfsn.org/>

会议简介: 2019 年第六届食品安全和营养国际会议将于 2019 年 4 月 8-10 号在西班牙巴塞罗那举行。重点: A: 丹麦科技大学的 Anders Permin 教授担任大会主席。B: 接受的文章将被发表在食品工程国际期刊(IJFE, ISSN: 2301-3664), 并被 Engineering & Technology Digital Library, and indexed by WorldCat, Google Scholar, Cross ref, ProQuest, CABI. 收录。C: 考察

第十届生物技术与食品科学国际会议(ICBFS 2019)

会议时间: 2019-04-08 至 2019-04-10

会议地点: 西班牙巴塞罗那

主办单位: ICBFS 2019

联系人: 黄女士

电话: +852-3500-0137

Email: icbfs@cbees.org

官方网址: <http://www.icbfs.org/>

会议简介: (ICBFS 2019) 第十届生物技术与食品科学国际会议将于 2019 年 4 月 8-10 日在西班牙巴塞罗那隆重召开。会议亮点: 择优发表的文章可以发表在国际期刊 IJFE 或 IJBBB, 并被 Google Scholar, Cross ref, CABI, WorldCat and ProQuest 等数据库检索。该会议于 2018 年在丹麦哥本哈根成功举行, 并且该会已有很长一段历史。邀请到著名的教授作为主讲人。他们是来自丹麦哥本哈根丹麦 Temarks 大学国家食品研究所的 Anders Permin 教授和来自英国兰卡斯特大学兰开斯特环境中心的 Martin A.J. Parry 教授。

会议地址: 科隆酒店

投稿方式: <http://confsys.icof.org/submission/icbfs2019>

联系电话: +852-3500-0137 (中国香港)/+1-206-456-6022 (美国)/+86-28-86528465 (中国大陆)