

DOI: 10.13652/j.issn.1003-5788.2022.01.010

# 湖南腊肉中生物胺含量及品质分析

## Content of biogenic amines from Hunan bacon and its quality analysis

胡 鹏<sup>1</sup> 周煌辉<sup>1</sup> 陈光静<sup>2</sup> 李安平<sup>3</sup>HU Peng<sup>1</sup> ZHOU Huang-hui<sup>1</sup> CHEN Guang-jing<sup>2</sup> LI An-ping<sup>3</sup>

(1. 湖南中医药高等专科学校, 湖南 株洲 412012; 2. 贵阳学院食品与制药工程学院, 贵州 贵阳 550005; 3. 中南林业科技大学, 湖南 长沙 410004)

(1. Hunan Traditional Chinese Medical College, Zhuzhou, Hunan 412012, China;

2. Food and Pharmaceutical Engineering Institute, Guiyang University, Guiyang, Guizhou 550005, China;

3. Central South University of Forestry and Technology, Changsha, Hunan 410004, China)

**摘要:**目的:评价湖南腊肉的综合素质。方法:采用丹磺酰氯衍生,高效液相色谱—紫外检测湖南腊肉制品中 8 种生物胺的含量,并对水分含量、过氧化值及亚硝酸盐等理化指标进行测定。结果:湖南腊肉制品中尸胺、腐胺、精胺、酪胺是主要的生物胺,生物胺总量在 127.22~166.24 mg/kg,组胺含量 0.43~10.24 mg/kg,酪胺含量 2.11~57.60 mg/kg;样品中的含水量在 13%~23%,过氧化值为 0.014 2~0.035 0 g/100 g,亚硝酸盐检出范围为 2.15~7.50 mg/kg。结论:湖南腊肉制品生物胺含量均低于欧盟和美国食品和药品管理局的标准,各理化指标均符合国家国标。

**关键词:**腊肉;生物胺;高效液相色谱;品质分析;食品安全

**Abstract: Objective:** This experiment is to judge the comprehensive quality of Hunan bacon. **Methods:** The contents of 8 biogenic amines in Hunan bacon were determined by HPLC-UV. The contents of moisture content, peroxide value and nitrite were measured. **Results:** The facts showed the total amount of biogenic amines was 127.22~166.24 mg/kg, which were mainly composed of cadaverine, putrescine, spermine and tyramine. The content of histamine was 0.43~10.24 mg/kg while the content of tyramine was 2.11~57.60 mg/kg. As for the physical and chemical indicators, the moisture content in the sample ranged from 13%~23%, the detection range of peroxide value was 0.014 2~0.035 0 g/100 g, with the nitrite content ranging from 2.15 to 7.50 mg/kg. **Conclusion:** The content of biogenic amines in Hunan bacon products is lower than the European Union and US

FDA standard. All physical and chemical indexes meet the national standard.

**Keywords:** bacon; biogenic amines; HPLC; quality analysis; food safety

生物胺是一类含氮有机化合物的总称,是合成蛋白质、核苷酸、生物碱、荷尔蒙和芳香类化合物等的前体物质,在食品中广泛存在<sup>[1-3]</sup>。摄入少量的生物胺能提高免疫力、增强代谢活力、促进生长和清除自由基等,但是摄入含有高浓度生物胺的食物会对消费者的健康造成一定的风险,如引起头痛、心悸、呕吐、腹泻和高血压等<sup>[4-5]</sup>。组胺和酪胺是毒性最大的两种生物胺,分别可以导致“鲭鱼中毒”和“奶酪反应”的症状。“鲭鱼中毒”通常是因为食用金枪鱼、沙丁鱼、凤尾鱼、鲭鱼等鱼类导致的,表现为面部、颈部和上臂发红,口腔麻木、灼烧或者头痛、心悸、哮喘发作、荨麻疹、胃肠道症状以及吞咽困难。酪胺中毒称为“奶酪反应”,表现为偏头痛、心率加快、恶心、呕吐、呼吸紊乱和血糖升高<sup>[6-8]</sup>。其余生物胺,2-苯乙胺、腐胺、尸胺、精胺、亚精胺、色胺摄入浓度过高时不仅会引起人体中毒,还可以抑制组胺和酪胺的代谢酶,从而增强组胺和酪胺的毒性<sup>[9]</sup>。尽管食用含有高浓度生物胺的食物会引起中毒,但目前对食物中生物胺的存在却没有统一的限量标准<sup>[10]</sup>。欧盟食品安全局对本地区发酵食品中生物胺进行了定量风险评估,规定水产品中组胺含量不得超过 100 mg/kg,规定食品中酪胺含量不得超过 100 mg/kg,美国 FDA 规定食品中组胺含量不得超过 50 mg/kg<sup>[11]</sup>。生物胺根据化学结构,可以分为芳香族(酪胺和 2-苯乙胺)、脂肪族(腐胺、尸胺、精胺和亚精胺)和杂环族(组胺和色胺)。

腊肉是腌腊制品中的典型代表和重要组成部分,是具有中国特色的一种传统发酵肉制品<sup>[12]</sup>。按照腊肉的生

基金项目:湖南省教育厅科学技术研究项目(编号:18C1651)

作者简介:胡鹏(1988—),男,湖南中医药高等专科学校讲师,硕士。E-mail:912794416@qq.com

收稿日期:2021-08-12

产地分类,可分为广东腊肉、四川腊肉、湖南腊肉等<sup>[13-14]</sup>。湖南腊肉是一种发酵肉制品,而发酵肉制品中的生物胺一直受到食用安全性的质疑,但是目前未见湖南腊肉制品中生物胺测定的研究报告<sup>[15-16]</sup>。研究拟采集湖南腊肉制品,采用高效液相色谱法测定湖南腊肉制品中的8种生物胺含量,并检测分析湖南腊肉制品中的水分含量、过氧化值和亚硝酸盐含量等理化指标,为评估湖南腊肉制品中生物胺安全风险及品质提供参考。

## 1 材料与方 法

### 1.1 材料与试剂

腊肉制品:市售;

尸胺、色胺、腐胺、组胺、苯乙胺、精胺、亚精胺、酪胺、丹磺酰氯:纯度>98%,美国 Sigma 公司;

碳酸氢钠、氯化钠、氢氧化钠、硫代硫酸钠、亚铁氰化钾、碘化钾、三氯甲烷、冰乙酸、正己烷、氨水、石油醚、盐酸萘乙二胺、乙醇、乙醚、氢氧化钾:分析纯,上海麦克林有限公司;

对氨基苯磺酸、硼酸钠、硫酸铜:分析纯,天津市致远化学试剂有限公司。

### 1.2 仪器与设备

高效液相色谱仪:LC-20A 型,日本岛津公司;

超声波清洗器:KQ5200B 型,昆山市超声仪器有限公司;

电子分析天平:CPA225D 型,德国赛多利斯科学仪器有限公司;

台式高速离心机:H1850 型,湖南湘仪离心机仪器有限公司;

六孔水浴锅:HH-M6 型,江苏新春兰仪器有限公司。

### 1.3 试验方法

1.3.1 标准溶液配制与柱前衍生 按孙霞等<sup>[17]</sup>的方法略做修改:准确称取色胺、苯乙胺、腐胺、尸胺、组胺、酪胺、精胺和亚精胺各 50 mg,用 0.1 mol/L 盐酸定容到 50 mL,并分别稀释制成终质量浓度分别为 0.1,0.5,1.0,2.5,5.0,10.0,20.0,50.0 mg/L 的混合标准溶液。取 1 mL 标准品混合溶液,加入 200  $\mu$ L NaOH(2 mol/L),300  $\mu$ L 饱和 NaHCO<sub>3</sub> 溶液,2 mL 丹磺酰氯溶液(10 mg/mL 溶于丙酮),混合均匀后在 40  $^{\circ}$ C 黑暗中反应 45 min,立即加入 100  $\mu$ L 25%氨水以终止反应,静置 30 min 后用乙腈定容至 5 mL,最后用 0.45  $\mu$ m 的有机滤膜过滤,用于分析检测。

1.3.2 生物胺的提取 准确称取绞碎后的湖南腊肉 5.0 g 于 50 mL 离心管中,加入 0.4 mol/L 的高氯酸(HClO<sub>4</sub>) 20 mL,匀浆机上彻底匀浆,超声提取 30 min,8 000 r/min 离心 10 min,将上清液转移至 50 mL 容量瓶中,沉淀部分再提取一次,将两次提取的上清液合并,再用 0.4 mol/L 的高氯酸(HClO<sub>4</sub>)定容至 50 mL。移取上述样品提取液

10 mL 于 50 mL 具塞离心管中,加入 10 mL 正己烷,涡旋振荡 3 min,静置分层后弃去上层有机相,再重复脱脂一次即可获得样品生物胺提取液。取 1 mL 样品提取液按标准溶液进行柱前衍生。

1.3.3 高效液相色谱分析条件 色谱柱使用 Phenomenex Luna C<sub>18</sub> 柱(250 mm $\times$ 4.6 mm,5  $\mu$ m),柱温 35  $^{\circ}$ C,紫外检测波长 254 nm,高效液相色谱进样体积为 20  $\mu$ L,流速 1.0 mL/min,梯度洗脱程序见表 1。

表 1 梯度洗脱程序

Table 1 The gradient elution program

时间/min	A 超纯水/%	B 乙腈/%
0	35	65
5	30	70
20	0	100
24	0	100
25	35	65
30	35	65

### 1.3.4 理化指标测定方法

(1) 水分:按 GB 5009.3—2016 执行。

(2) 过氧化值:按 GB 5009.227—2016 执行。

(3) 亚硝酸盐:按 GB 5009.33—2016 执行。

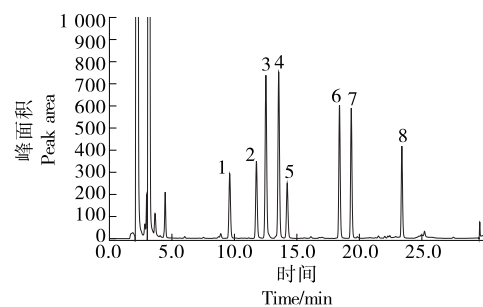
### 1.4 数据分析

所有试验均重复 3 次,数据表示为平均值 $\pm$ 标准差。使用 SPSS Statistics 23 软件进行数据的线性回归分析和相关性分析,结果采用 Excel 软件进行绘图。

## 2 结果与分析

### 2.1 生物胺标准品图谱和标准曲线

由图 1 可知,8 种生物胺衍生物在 25 min 内全部出峰,分离效果好。其中,色胺、苯乙胺、腐胺、尸胺、组胺、酪胺、亚精胺、精胺的保留时间分别为 9.607,11.734,12.492,13.516,14.192,18.369,19.311,23.356 min。



1. 色胺 2. 苯乙胺 3. 腐胺 4. 尸胺 5. 组胺 6. 酪胺 7. 亚精胺 8. 精胺

图 1 8 种生物胺混合标准溶液的液相色谱图

Figure 1 Chromatogram of eight biogenic amines using mixed standards

由表 2 可知,在 0.1~50 μg/mL 范围内 8 种生物胺的质量浓度与峰面积的线性关系良好,其  $R^2$  均在 0.999 1 以上。重复测定 8 次生物胺标准品,8 种生物胺 RSD 均低于 4.0%,表明具有良好的重复性。

2.2 市售湖南腊肉样品中生物胺的种类和含量

由表 3 可知,8 种生物胺中,仅色胺、尸胺 2 种生物胺在湖南腊肉部分样品中未检出。色胺含量的变化范围为 ND~8.46 mg/kg,苯乙胺含量的变化范围为 10.71~17.21 mg/kg,腐胺含量的变化范围为 15.37~40.59 mg/kg,尸胺含量的变化范围为 ND~80.36 mg/kg,组胺含量的变化范围为 0.43~10.24 mg/kg,酪胺含量的变化范围为 2.11~57.60 mg/kg,亚精胺含量的变化范围为 1.53~

表 2 标准曲线的回归方程、 $R^2$  及精密度

Table 2 Regression equations,  $R^2$  and precision

生物胺种类	回归方程	$R^2$	RSD( $n=8$ )/%
色胺	$Y=20\ 353x+432$	0.999 4	1.14
苯乙胺	$Y=25\ 918x+4\ 294$	0.999 3	1.37
腐胺	$Y=65\ 892x+2\ 086$	0.999 5	0.59
尸胺	$Y=58\ 195x+541$	0.999 3	1.21
组胺	$Y=44\ 488x+2\ 608$	0.999 6	2.21
酪胺	$Y=39\ 870x+2\ 587$	0.999 1	1.73
亚精胺	$Y=51\ 067x-1\ 397$	0.999 5	3.87
精胺	$Y=41\ 576x-2\ 328$	0.999 6	1.28

表 3 湖南腊肉样品中的生物胺含量<sup>†</sup>

Table 3 Contents of biogenic amines in Hunan bacon

mg/kg

样品编号	色胺	苯乙胺	腐胺	尸胺	组胺	酪胺	亚精胺	精胺	生物胺总和
1	ND	12.06±0.51	21.35±0.87	40.28±1.51	7.09±0.30	29.00±1.23	2.86±0.06	14.82±0.57	127.46
2	ND	10.71±0.29	30.21±1.37	ND	0.43±0.02	57.60±2.45	6.79±0.20	39.47±1.16	145.21
3	ND	15.64±0.31	15.37±0.52	80.36±2.51	1.61±0.03	2.11±0.11	1.53±0.07	11.17±0.41	127.79
4	ND	13.24±0.54	40.59±0.86	52.03±2.61	8.47±0.31	35.08±0.92	1.56±0.04	12.08±0.31	163.05
5	ND	17.21±0.32	34.67±1.37	48.20±2.04	10.24±0.25	30.17±1.30	5.34±0.17	20.41±0.62	166.24
6	8.46±0.29	16.68±0.49	23.10±0.06	44.49±1.36	1.17±0.02	13.90±0.57	5.36±0.20	14.06±0.43	127.22

<sup>†</sup> 每个样品检测 3 次;ND 表示未检测到。

6.79 mg/kg,精胺含量的变化范围为 11.17~39.47 mg/kg,生物胺总量在腊肉中的含量范围为 127.22~166.24 mg/kg。

由图 2 可见,6 种湖南腊肉样品中尸胺的平均含量高于其他生物胺的,而色胺的最低。尸胺、腐胺、精胺、酪胺是湖南腊肉中的主要生物胺。组胺是 8 种生物胺中毒性最强的。欧盟规定除鱼类外其他食品中组胺含量不得超过 100 mg/kg<sup>[18]</sup>;美国食品和药品监督局确定食品中组胺含量应低于 50 mg/kg<sup>[19]</sup>。湖南腊肉中组胺平均含量为 4.84 mg/kg,在样品中组胺范围为 0.43~10.214 mg/kg,其含量远低于欧盟和美国食品和药品监督局的规定。酪胺是目前认为毒性仅次于组胺的生物胺。欧盟规定酪胺在食品中的限量为 100 mg/kg<sup>[18]</sup>,在所检样品中酪胺均低于 100 mg/kg。苯乙胺目前还没有相应的限量标准,但有研究<sup>[20]</sup>表明苯乙胺超过 30 mg 会引起偏头痛的反应。试验采集的样品中苯乙胺含量均低于 30 mg/kg。Lu 等<sup>[21]</sup>对中国的传统中式香肠中生物胺进行了调查,发现酪胺、腐胺和尸胺是主要的生物胺,在香肠中 14.28%的样品生物胺总量超过美国食品和药品监督局规定的限量标准(1 000 mg/kg),57.14%的样品中酪胺的含量超过美国食品和药品监督局规定的限值(100 mg/kg),11.9%的样品中组胺含量超过美国食品和药品监督局规定的限值(50 mg/kg),28.5%的样品中苯乙胺含量超过 30 mg/kg。孙霞等<sup>[17]</sup>研究了四川 30 种市售四川发酵香肠,发现尸

胺、组胺、酪胺、腐胺是主要的生物胺,80%的样品中组胺超过 100 mg/kg,73%的样品中酪胺的含量超过 100 mg/kg,10%的样品中生物胺总量超过 1 000 mg/kg,76%的样品中苯乙胺含量超过 30 mg/kg。试验结果与上述研究结果不同的原因可能与生产原料、发酵方法、加工条件以及生产工艺等有关。

由图 3 可知,不同湖南腊肉样品中生物胺总量有差别但并不大。有研究<sup>[22]</sup>表明,食品中生物胺总量大于 1 000 mg/kg 会对人体造成损害。由图 3 可知,所有腊肉样品中生物胺总量均低于 1 000 mg/kg。因此,食用湖南腊肉不会引起不良反应。

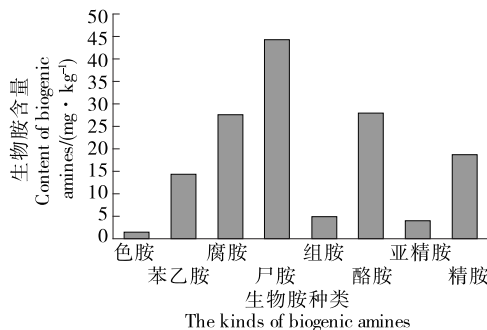


图 2 腊肉中不同生物胺平均含量的比较

Figure 2 Average contents of various biogenic amines in bacon

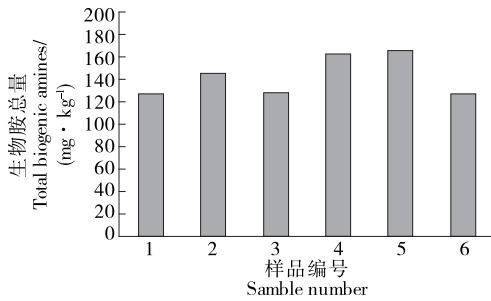


图3 不同腊肉样品中生物胺总量

Figure 3 Total biogenic amines in different bacon samples

### 2.3 理化指标

2.3.1 水分含量 由图4可知,湖南腊肉样品中水分含量检出范围为13.4%~22.4%。水分含量与微生物生长密切相关,水分含量高,微生物生长活动旺盛,在微生物作用下,游离氨基酸容易产生生物胺。所检样品水分含量在13%~23%,水分含量适中,对微生物生长有抑制作用,不利于生物胺的生成。

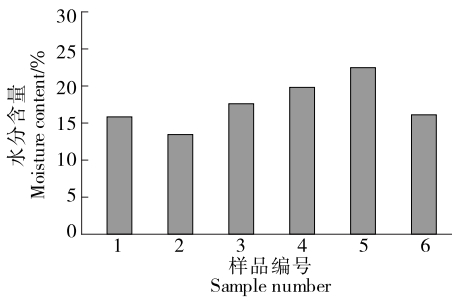


图4 腊肉样品中水分含量

Figure 4 The moisture content in bacon

2.3.2 过氧化值 过氧化值可衡量油脂酸败程度,其值越高腊肉制品酸败越严重。由图5可知,湖南腊肉样品中过氧化值范围为0.014 2~0.035 0 g/100 g。GB 2730—2015《食品安全国家标准 腌腊肉制品》规定腊肉中过氧化值不超过0.50 g/100 g。因此,试验样品的过氧化值均符合国家标准。

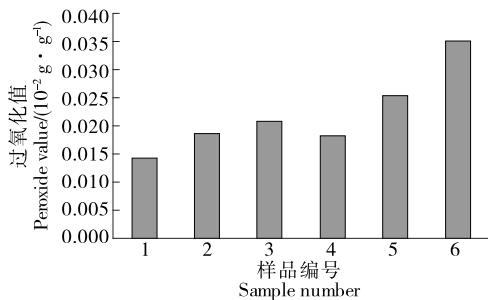


图5 腊肉样品中过氧化值

Figure 5 The peroxide value in bacon

2.3.3 亚硝酸盐 由图6可知,此次检测的样品中,所有被检湖南腊肉制品均检出了亚硝酸盐,检出率为100%,检出范围为2.15~7.50 mg/kg。GB 2760—2014《食品安全国家标准 食品添加剂使用标准》规定腊肉制品亚硝酸盐残留量不能超过30 mg/kg,所检样品均符合此标准要求。王新惠等<sup>[23]</sup>调查了四川腌腊肉制品中的亚硝酸盐超标情况,发现15份样品中,亚硝酸盐残留量远低于30 mg/kg,合格率100%,与试验得出的结论一致。亚硝酸盐可以与尸胺、腐胺反应生成致癌物质亚硝胺,并能增强生物胺的毒性风险。因此必须严格控制亚硝酸盐的含量,确保消费者的健康。

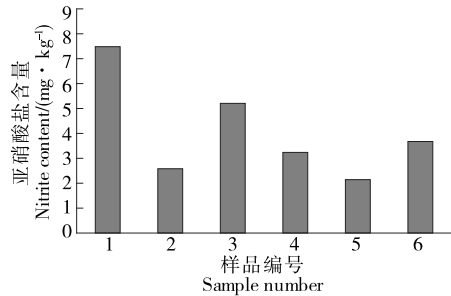


图6 腊肉样品中亚硝酸盐含量

Figure 6 The nitrite content in bacon

马艳莉等<sup>[24]</sup>研究了白方腐乳开盖后贮藏过程中生物胺和理化指标的变化,发现pH与苯乙胺呈显著正相关,与其他生物胺之间呈弱相关,氨基态氮与苯乙胺、尸胺、组胺呈显著正相关。吴训忠等<sup>[25]</sup>研究了发酵辣椒中生物胺含量及其品质,表明生物胺含量与氨基酸态氮、总酸、还原糖含量之间未发现较强相关性。曾雪晴等<sup>[26]</sup>研究了市售郫县豆瓣酱中生物胺与理化性质的相关性,发现郫县豆瓣酱中生物胺含量与pH和总酸间没有较强的相关性,只呈弱的相关,与盐及氨基态氮含量间无相关性。试验中湖南腊肉理化指标水分含量、过氧化值、亚硝酸盐与生物胺含量之间的相关性不显著,目前研究认为氨基酸态氮含量与生物胺含量之间可能存在一定关联,尚需进一步研究。

## 3 结论

采用丹磺酰氯衍生,高效液相色谱—紫外检测湖南腊肉制品中生物胺的含量,8种生物胺在25 min内良好分离。测定结果显示,湖南腊肉制品中尸胺、腐胺、精胺、酪胺是主要的生物胺,生物胺总量在127.22~166.24 mg/kg。组胺含量低于50 mg/kg,酪胺含量均低于100 mg/kg。湖南腊肉生物胺含量均低于限定标准,在食用的安全水平之内。理化指标方面,样品水分含量适中(13%~23%),过氧化值和亚硝酸盐均符合国家标准要求。研究中生物胺含量与水分、过氧化值、亚硝酸盐之间未发现较强相关性。湖南腊肉中生物胺的形成受多种因素的



影响,要确定生物胺形成的具体原因,还需要进一步研究氨基酸态氮和微生物对腊肉生物胺生成的具体影响。

### 参考文献

- [1] LI Bin-lin, LU Shi-ling. The importance of amine-degrading enzymes on the biogenic amine degradation in fermented foods: A review[J]. *Process Biochemistry*, 2020, 99: 331-339.
- [2] BARBIERI F, MONTANARI C, GARDINI F, et al. Biogenic amine production by lactic acid bacteria: A review[J]. *Foods*, 2019, 8(1): 1-27.
- [3] 李梅, 汪冬冬, 唐垚, 等. 中国市售酱腌菜中生物胺含量分析[J]. *食品与发酵工业*, 2021, 47(14): 271-276.  
LI Mei, WANG Dong-dong, TANG Yao, et al. Analysis of the biogenic amines content in Chinese pickles[J]. *Food and Fermentation Industries*, 2021, 47(14): 271-276.
- [4] 肖付才, 刘凯, 陈凤仪, 等. 有机酸对泡菜亚硝酸盐和生物胺的抑制作用[J]. *中国调味品*, 2020, 45(10): 80-84.  
XIAO Fu-cai, LIU Kai, CHEN Feng-yi, et al. Inhibition of nitrite and biogenic amines in pickle by organic acids [J]. *China Condiment*, 2020, 45(10): 80-84.
- [5] 何一龙, 刘晓艳, 钱敏, 等. 发酵酱油中生物胺的产生及其控制研究进展[J]. *中国酿造*, 2020, 39(9): 37-41.  
HE Yi-long, LIU Xiao-yan, QIAN Min, et al. Research progress on the production and control of biogenic amines in fermented soy sauce[J]. *China Brewing*, 2020, 39(9): 37-41.
- [6] 吴燕燕, 陈玉峰, 李来好, 等. 带鱼腌制加工过程理化指标、微生物和生物胺的动态变化及相关性[J]. *水产学报*, 2015, 39(10): 1 577-1 586.  
WU Yan-yan, CHEN Yu-feng, LI Lai-hao, et al. Dynamic change and correlation of physicochemical components, microorganism and biogenic amines in hairtail (*Trichiurus lepturus*) during pickled and dried processing[J]. *Journal of Fisheries of China*, 2015, 39(10): 1 577-1 586.
- [7] PARK Y K, LEE J H, MAH J H. Occurrence and reduction of biogenic amines in traditional Asian fermented soybean foods: A review[J]. *Food Chemistry*, 2019, 278: 1-9.
- [8] 王秀, 李宗权, 刘永乐, 等. 冷藏期间草鱼和鲢鱼鱼片特征生物胺变化差异[J]. *食品与机械*, 2017, 33(3): 103-109.  
WANG Xiu, LI Zong-quan, LIU Yong-le, et al. Study on the difference of characteristic biogenic amines in grass and silver carp fillets during cold storage[J]. *Food & Machinery*, 2017, 33(3): 103-109.
- [9] CAO Di, XU Xu, FENG Xue, et al. Designed multifunctional visual observation of magnetic ionic liquid coupling with microwave-assisted derivatization for determination of biogenic amines[J]. *Food Chemistry*, 2020, 333: 127518.
- [10] GUO Jian, LUO Wen, FAN Jun, et al. Co-inoculation of *Staphylococcus piscifermentans* and salt-tolerant yeasts inhibited biogenic amines formation during soy sauce fermentation[J]. *Food research international*, 2020, 137: 109436.
- [11] ANGULO M F, FLORES M, ARANDA M, et al. Fast and selective method for biogenic amines determination in wines and beers by ultra high-performance liquid chromatography[J]. *Food Chemistry*, 2020, 309: 125689.
- [12] 李念念. 市售腊肉的质量调查及腊肉工艺优化研究[D]. 南京: 南京农业大学, 2012: 1-4.  
LI Nian-nian. The quality survey of preserved ham and processing optimization studies[D]. Nanjing: Nanjing Agricultural University, 2012: 1-4.
- [13] 冯秀娟, 刘成国, 娄爱华, 等. 湖南腊肉中优势菌种的筛选及初步鉴定[J]. *中国酿造*, 2012, 31(5): 127-132.  
FENG Xiu-juan, LIU Chen-guo, LOU Ai-hua, et al. Isolation and primary identification of dominant bacteria in Hunan cured pork[J]. *China Brewing*, 2012, 31(5): 127-132.
- [14] 张顺亮, 王守伟, 成晓瑜, 等. 湖南腊肉加工过程中挥发性风味成分的变化分析[J]. *食品科学*, 2015, 36(16): 215-219.  
ZHANG Shun-liang, WANG Shou-wei, CHEGN Xiao-yu, et al. Changes in volatile flavor components during hunan cured meat processing[J]. *Food Science*, 2015, 36(16): 215-219.
- [15] 李冉冉. 低钠盐腊肉中生物胺的动态变化与控制研究[D]. 重庆: 西南大学, 2020: 2-14.  
LI Ran-ran. Study on the dynamic changes and control of biogenic amines in low-sodium bacon [D]. Chongqing: Southwest University, 2020: 2-14.
- [16] 朱清清. 腊肉加工过程中亚硝胺生成规律及其控制研究[D]. 天津: 天津科技大学, 2015: 3-9.  
ZHU Qing-qing. Study on the regularity and inhibition of N-nitrosamines in the producing process of preserved ham[D]. Tianjin: Tianjin University of Science and Technology, 2015: 3-9.
- [17] 孙霞, 巩洋, 杨勇, 等. 传统自然发酵四川香肠加工贮藏过程中生物胺含量变化[J]. *食品与发酵工业*, 2015, 41(8): 215-219.  
SUN Xia, GONG Yang, YANG Yong, et al. Changes of biogenic amines during processing and storage of Sichuan-style sausage from traditional natural fermentation[J]. *Food and Fermentation Industries*, 2015, 41(8): 215-219.
- [18] European Commission (EC). Commission recommendation of 10 January 2003 concerning a coordinated programme for the official control of foodstuffs for 2003[S]. [S.I.]: Official Journal of the European Commission, 2003.
- [19] FDA (Food and Drug Administration, USA). Decomposition and histamine: raw frozen tuna and mahi-mahi; Canned tuna; and Related species: Availability of revised compliance policy guide[S]. FDA: Federal Registration, 1995.
- [20] EVA L, RICHARDOS N S, MICHAELA C, et al. Biogenic amines occurrence in beers produced in Czech microbreweries[J]. *Food Control*, 2020, 117: 172-183.
- [21] LU Shi-ling, JI Hua, WANG Qing-qing, et al. The effects of starter cultures and plant extracts on the biogenic amine accumulation in traditional Chinese smoked horsemeat sausages[J]. *Food Control*, 2015, 50: 869-875.

(下转第 240 页)