

DOI: 10.13652/j.issn.1003-5788.2019.01.005

# 基于显微图像的测定值与火腿肠中蛋白质、脂肪、淀粉含量及感官评分间的相关性研究

Study on correlation between content of protein, fat, starch and hedonic score of ham sausage and measurement based on microphotography

朱林韬 吴文标

ZHU Lin-tao WU Wen-biao

(西南大学食品科学学院, 重庆 400716)

(College of Food Science, Southwest University, Chongqing 400716, China)

**摘要:**以中国市售的火腿肠为研究对象,采用正置光学显微镜和成像系统对其被染色的切片进行照相处理,得到可肉眼观察的照片,并测定和计算蛋白质、脂肪和淀粉的染色面积所占的像素占总视野像素的百分比。结果表明,蛋白质、脂肪和淀粉染色面积所占的像素占总视野像素的百分比与它们在火腿肠中的含量呈正比,与实际结构感官愉悦评分呈正比例关系;所拍出的照片可直接观察到蛋白质、脂肪和淀粉在火腿肠中的分布情况,结果表明其因级别不同而有显著的差异;聚类分析结果表明根据蛋白质和淀粉染色面积所占的像素占总视野像素的百分比,及实际结构感官愉悦评分能准确地判定火腿肠的级别。

**关键词:**火腿肠;主要营养素测定;品质分析;显微观察

**Abstract:** By using the ham sausages currently sold in Chinese market as studying materials, upright light microscope and photography system were employed in treating the stained slices of ham sausages. Photographs observable by naked eyes were obtained and the pixels occupied by the stained area of proteins, fats and starches were measured respectively while their percentages accounted for the pixels of total observed area were subsequently calculated. Results analysis indicated that the percentage of the pixels which were occupied by the stained area of proteins, fats or starches accounted for the pixels of total observed area was positively correlated with their content in the ham sausage, respectively. While it also had positive linear correlation with the hedonic score of structure of ham sausages. Direct observation of photographs showed that the distribution of proteins, fats and

starches in different grades of ham sausages was significantly different, respectively. Cluster analysis indicated that the percentage of the pixels which were occupied by the stained area of proteins and starches accounted for the pixels of total observed area as well as the hedonic score of structure of ham sausages well distinguished their categories. Therefore, microphotography is applicable to evaluation of quality of ham sausages.

**Keywords:** ham sausage; determination of main nutrients; quality analysis; microscopic observation

中国是肉类工业大国,2016年产量占世界总产量( $3.299 \times 10^8$  t)近30%<sup>[1]</sup>;所产肉制品占肉类产量的17%。火腿肠是一种肉质细腻、鲜嫩爽口的即食食品,是中国重要的肉制品;据报道<sup>[2]</sup>,2013年仅双汇、金锣和雨润几家企业生产的火腿肠就占中国肉制品产量的40%~60%。为了规范管理火腿肠行业的市场,原中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局和中国国家标准化委员会联合于2006年12月11日发布了GB/T 20712—2006火腿肠国家标准;该标准于2007年06月01日起实施。此国家标准对火腿肠的主要营养成分脂肪、淀粉及蛋白质作出了强制性的规定,并以这3种营养成分的含量为标准将其划分有普通级、优级和特级3个级别。同时对火腿肠的感官品质也有要求。

在进行火腿肠的生产以及在其市场监督管理过程中,检验和判断产品是否合格就必须对脂肪、淀粉及蛋白质的含量进行测定。特别是为了保护消费者的权益判定产品的级别是否达标也是必须要做的工作。过去已发表的一些文献<sup>[3-5]</sup>对火腿肠品质的评价方法进行了有益的探索。至今为止,对火腿肠中脂肪、淀粉及蛋白质的含量仍然是采用化学方法进行测定<sup>[6]</sup>。化学方法耗时而且需要用到危险的化学药品。

**作者简介:**朱林韬,男,西南大学在读硕士研究生。

**通信作者:**吴文标(1962—),男,西南大学教授,博士。

E-mail: wbwu2006@sina.com

**收稿日期:**2018-09-03

近年来,显微照相技术在其它领域已有应用,例如,识别蛋白以快速检验酵母菌总数<sup>[7]</sup>、识别马铃薯淀粉以研究其糊化特性<sup>[8]</sup>,但是在火腿肠的品质评价方面尚未见有应用报道。本研究拟利用显微照相技术快速地测定火腿肠中蛋白质、脂类和淀粉的含量;结合该技术观察到的微观结构和形态及感官评分聚类分析火腿肠是否达到国家标准级别。以期将该技术应用于火腿肠的生产和市场监督管理中,为指导开发便携式的快速照相机以实现现场测定提供参考。

## 1 材料与方法

### 1.1 原材料

特优级、优级、普通级猪肉火腿肠:双汇牌,产于四川省绵阳市,购自北碚永辉超市。

### 1.2 试剂

无水乙醇、二甲苯、中性树胶:分析纯,国药集团化学试剂有限公司;

PAS + 萘酚黄 S 染色套装、固定液、油红染液、苏木素染液、分化液、返蓝液、甘油明胶封片剂:分析纯,武汉赛维尔生物科技有限公司。

### 1.3 仪器

脱水机:JJ-12J 型,武汉俊杰电子有限公司;

包埋机:JB-P5 型,武汉俊杰电子有限公司;

病理切片机:RM2016 型,上海徕卡仪器有限公司;

冻台:JB-L5 型,武汉俊杰电子有限公司;

组织摊片机:KD-P 型,浙江省金华市科迪仪器设备有限公司;

烤箱:GFL-230 型,天津市莱玻璃仪器设备有限公司;

正置光学显微镜:NIKON ECLIPSE E100 型,日本尼康公司;

成像系统:NIKON DS-U3 型,日本尼康公司;

冰冻切片机:CRYOSTAR NX50 型,美国赛默飞世尔公司;

切片刀:LEICA 819 型,上海徕卡仪器有限公司。

### 1.4 试验方法

#### 1.4.1 油红 O 染色方法

(1) 新鲜冰冻切片固定:将冰冻切片复温干燥后,在固定液中固定 15 min,再用蒸馏水清洗、晾干。

(2) 油红染色:将切片放入油红染液浸染 8~10 min (加盖避光)后,用蒸馏水清洗。

(3) 背景分化:用 75% 酒精稍分化后,再用蒸馏水清洗。

(4) 苏木素染色:将切片放入苏木素染液染 3~5 min 后,用自来水清洗;再用分化液分化,用自来水清洗;用返蓝液进行返蓝后,用流水冲洗。

(5) 封片:甘油明胶封片剂封片。

最后用显微镜放大 20 或 200 倍分别进行镜检,采集图像并分析(拍照时尽量让组织充满整个视野,保证每张照片的背景光一致)<sup>[9-11]</sup>。

#### 1.4.2 PAS + 萘酚黄 S 染色方法

(1) 石蜡切片脱蜡至水中:依次将切片放入二甲苯 I 中 20 min、二甲苯 II 中 20 min、无水乙醇 I 中 5 min、无水乙醇 II 中 5 min 和 75% 酒精中 5 min,然后用自来水洗。

(2) 高碘酸染色:将切片放入高碘酸染液中染色 15 min,用自来水洗,然后用蒸馏水洗 2 遍。

(3) 雪弗染色:再将切片放入雪弗染液中 20~30 min,要求避光,然后用流水冲洗 5 min。

(4) 萘酚黄 S 染色:接着将切片用蒸馏水洗 2 遍,在萘酚黄 S 中浸染 2 min,用蒸馏水快洗后,再用无水乙醇进行 2 次脱水。

(5) 脱水封片:将切片放入无水乙醇中 5 min、二甲苯中 5 min 透明化,用中性树胶封片。

最后用显微镜放大 20 或 200 倍分别进行镜检,采集图像并分析(拍照时尽量让组织充满整个视野,保证每张照片的背景光一致)。

#### 1.4.3 化学分析方法

(1) 蛋白质:按 GB/T 5009.5—2016 执行。

(2) 脂肪:按 GB/T 5009.6—2016 执行。

(3) 淀粉:按 GB/T 5009.9—2016 执行。

1.4.4 火腿肠感官评定方法 在火腿肠的结构感官评分中有 60 名人员参加了评价,男性和女性分别占 50%;尝试了总共 60 根含淀粉的猪肉火腿肠(3 个等级;每个等级 20 根)<sup>[12-13]</sup>。要求所有小组成员填写表格并在品尝样品后进行感官愉悦评分。其中 -4 = 极度讨厌, -3 = 非常讨厌, -2 = 中度讨厌, -1 = 略微讨厌, 0 = 既不讨厌也不喜欢, 1 = 略微喜欢, 2 = 中度喜欢, 3 = 非常喜欢, 4 = 极度喜欢。将每个等级的每根火腿肠的一半切取 10 片 5 mm 厚的切片,然后将 10 片火腿肠切片分别放在匿名编码的盘子上,并以随机顺序呈现给每位评分成员。在评分之前,所有小组成员都进行了口头简报,并且给他们有书面说明,以避免回味影响对结构的正确评分(通过饮用水进行漱口 3 次)。

对剩余的每个火腿肠的另一半用显微照相技术进行照相和分析。

1.4.5 火腿肠等级划分方法 依据 GB/T 20712—2016 标准划分: I 为普通级火腿肠; II 为优级火腿肠; III 为特优级火腿肠。

#### 1.5 数据处理与统计分析

对所得的数据利用 Excel 2003 和 SPSS 19.0 进行处理(包括回归分析和显著性检验),对显微图片利用 Image-pro plus 6.0 进行处理,利用 MatlabR2015b 进行

K-means 聚类分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 火腿肠显微观察

2.1.1 火腿肠切片的油红 O 染色 关于脂肪染色后显微放大 200 倍所得的照片如图 1 所示。油红 O 染色区域脂肪呈鲜红色,细胞核呈蓝色,质间无色,结构清晰细胞形态良好。

应用 Image-Pro Plus 6.0 软件对每一级别火腿肠切片放大 20 倍的 3 张重复照片中的红色脂滴面积所占像素及其占总观察视野像素的百分比进行了测定和计算分析,所得的结果见表 1。单因素方差分析(*F*-检验)结果表明 3 次测定结果之间没有差异性( $P>0.05$ ),采用分析化学可疑值判定方法确定 3 次测定结果中没有离散(群)值;3 种不同等级火腿肠染色切片中的红色脂滴面积所占像素及其占总观察视野像素

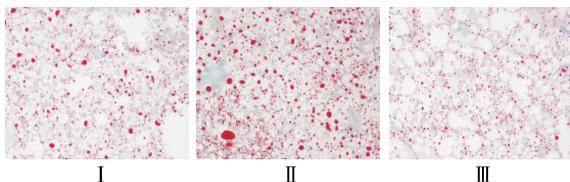


图 1 火腿肠切片中脂肪染色照片(放大 200 倍)

Figure 1 Photos of fat stained in slices of ham sausage (magnified 200 times)

表 1 火腿肠切片中脂肪染色所占像素及其占总观察视野像素的百分比(放大 20 倍)<sup>†</sup>

Table 1 Pixels of fat stained in slices of ham sausages and their percentage accounted for the total pixels (magnified 20 times;  $n=3$ )

级别	红色脂滴所占像素	脂滴所占像素占视野总像素的百分比/%
I	2 681 173.4±2 308.6	11.11±0.19 <sup>a</sup>
II	3 448 266.6±20 301.8	14.13±0.95 <sup>b</sup>
III	3 175 950.0±2 536.7	12.94±0.33 <sup>c</sup>

<sup>†</sup> 同列不同小写字母表示差异显著( $P<0.05$ );视野总像素为 24 576 000。

表 2 火腿肠切片中染色淀粉和蛋白质所占像素及其占观察总视野像素的百分比(放大 20 倍)<sup>†</sup>

Table 2 Pixels of starch and protein stained in slices of ham sausages and their percentage accounted for the total pixels (magnified 20 times;  $n=3$ )

级别	紫色淀粉所占像素	黄色蛋白质所占像素	淀粉所占像素占总像素百分比	蛋白所占像素占视野总像素百分比	淀粉/蛋白
I	11 853 973.4±1 069.0 <sup>a</sup>	2 647 326.6±28 319.6 <sup>a</sup>	49.75±0.09 <sup>a</sup>	10.33±1.30 <sup>a</sup>	4.81±0.31 <sup>a</sup>
II	10 368 939.5±41 695.4 <sup>b</sup>	3 864 253.4±58 888.2 <sup>b</sup>	42.19±3.39 <sup>b</sup>	15.17±1.79 <sup>b</sup>	2.80±0.65 <sup>b</sup>
III	9 578 433.4±25 687.7 <sup>c</sup>	4 774 480.0±36 916.6 <sup>c</sup>	38.98±2.09 <sup>c</sup>	19.61±1.01 <sup>c</sup>	2.10±0.22 <sup>c</sup>

<sup>†</sup> 同列不同小写字母表示差异显著( $P<0.05$ );视野总像素为 24 576 000。

素的百分比差异显著( $P=0.013<0.05$ ),具有数理统计意义。

2.1.2 火腿肠切片的 PAS+ 萘酚黄 S 染色 关于蛋白质和淀粉染色后显微放大 200 倍所得的照片如图 2 所示。在照片中的 PAS+ 萘酚黄 S 染色区域里淀粉呈紫红色,蛋白质呈黄色,结构清晰,切片形态良好。

应用 Image-Pro Plus 6.0 软件,对每一级别火腿肠切片放大 20 倍的 3 张重复照片中呈紫色淀粉面积所占像素及其占观察视野总像素的百分比,呈黄色蛋白质面积所占像素及其占观察视野总像素的百分比分别进行了测定和计算分析,所得的结果见表 2。单因素方差分析(*F*-检验)结果表明与蛋白质或淀粉染色面积所占像素等相关的 3 次测定结果之间没有差异性( $P>0.05$ ),采用分析化学可疑值判定方法确定 3 次测定结果中没有离散(群)值;3 种染色切片中的黄色蛋白面积所占像素及其占总观察视野像素的百分比差异显著( $P=0.044<0.05$ )或紫色淀粉面积所占像素及其占总观察视野像素的百分比差异显著( $P=0.013<0.05$ ),具有数理统计意义。

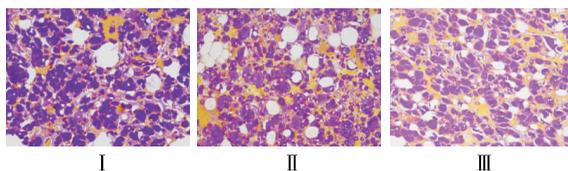


图 2 火腿肠切片中淀粉和蛋白质染色照片(放大 200 倍)

Figure 2 Photos of starch and protein stained in slices of ham sausage (magnified 200 times)

### 2.2 火腿肠显微观察结果在其品质评价中的应用

2.2.1 照相测定染色面积百分比法测定主要营养成分的含量 通过比较特优级、优级和普通级火腿肠的主要营养成分的照相测定结果(染色面积所占像素占观察视野总像素的百分比)与化学测定结果(表 3)发现它们之间具有线性相关性。通过线性回归分析得到火腿肠切片中淀粉的染色面积所占像素占观察视野总像素的百分比与其含量的线性回归方程为: $Y=18.145+3.071X$  ( $R^2=0.916, r=0.957$ ),蛋白质的染色面积所占像素占观察视野总像素的百分比与其含量的线性回归方程为: $Y=$

表3 不同等级火腿肠的主要营养成分含量

Table 3 Mass fraction (dry basis) of main nutrients in different grades of ham sausages ( $n=3$ ) %

级别	蛋白质	淀粉	脂肪
Ⅲ	14.00±0.44	6.50±0.24	12.50±0.43
Ⅱ	12.10±0.32	8.10±0.22	13.00±0.35
Ⅰ	11.00±0.36	10.10±0.31	11.40±0.28

-21.752+2.993X ( $R^2=0.912, r=0.955$ ), 脂肪的染色面积所占像素占观察视野总像素的百分比与其含量的线性回归方程为:  $Y = -0.3 + 1.048X$  ( $R^2=0.831, r=0.912$ ); 在3个回归方程中Y为染色面积所占像素占观察视野总像素的百分比, X为测定含量。3个回归方程R值都很高, 说明不同等级火腿肠的主要营养成分的照相测定结果与化学测定结果具有非常好的线性关系, 从而可以确定通过主要营养成分的照相测定结果预测化学测定结果是精确可靠的。

为了验证已建立的上述回归方程用照相测定染色面积百分比推算出火腿肠中蛋白质、淀粉和脂肪含量的精确性, 再次从每个级别中选取5根火腿肠, 分别用化学方法测出其蛋白质、脂肪和淀粉含量和用照相法测出这3种营养成分的染色面积比。对化学方法测定出来的蛋白质、脂肪和淀粉含量的平均值和采用照相法测出来的染色面积比推算出平均值之间的差异性进行t-检验, 结果表明差异不显著性( $P>0.05$ ), 具有统计学意义。因此, 再次证明用照相测定火腿肠中蛋白质、脂肪和淀粉的染色面积百分比能精确地得出它们的含量。

2.2.2 显微照片直接推断火腿肠的级别 由图1发现普通级火腿肠的脂肪颗粒大且分布不均匀, 优级火腿肠的脂肪颗粒大小分布较为均匀, 特优级火腿肠的脂肪颗粒小分布均匀。由图2发现普通级火腿肠的淀粉颗粒大小不均匀且蛋白质含量较少, 优级火腿肠和特优级火腿肠的淀粉颗粒分布均匀且蛋白质含量较高。通过比较3种不同火腿肠的形态特征发现火腿肠的脂肪、淀粉颗粒及网络、蛋白质网络有明显的差异, 因此, 它们可以作为不同级别的辅助判定标准使用。

2.2.3 照相测定染色面积百分比法预测感官评分 GB/T 20712—2006标准对火腿的组织状态只进行了文字描述, 在实际日常管理的操作过程中具有一定的难度。首先, 要得到较为准确的结果, 需要大量品尝评分人员的参与(一般要求 $\geq 50$ 人), 不仅成本大, 而且操作难度大且人为误差较大。特别是文字描述不利于定量分析, 执行起来也较为困难。因此, 本研究对火腿肠的结构采用愉悦评分的方法进行赋值, 以利于定量分析, 其中火腿肠等级和淀粉含量呈负相关, 与蛋白质含量呈正相关, 与脂肪含量没有相关性。

通过感官评定得出特优级、优级和普通级这3种火腿肠结构品质的感官评价结果, 具体的感官评分如下: 特

优级 $3.90\pm 0.12$ , 优级 $3.66\pm 0.11$ 和普通级 $2.00\pm 0.13$ 。单因素方差分析(F-检验)结果表明每个级别的所有评分结果( $20\times 10=200$ )之间的差异没有显著性( $P>0.05$ ); 但是3种不同等级火腿肠结构的感官评定结果之间差异显著( $P<0.05$ ), 具有统计学意义。

然后通过显微照相技术得到的蛋白质、淀粉染色面积所占像素占观察视野总像素的百分比与火腿肠结构的感官分析所得的评分值建立回归模型, 从而得到采用蛋白质、淀粉染色面积所占像素占观察视野总像素的百分比预测火腿肠结构的感官评分的回归方程:

$$Y = 7.827 + 0.054X_1 - 0.125X_2 \quad (R^2 = 0.917, r = 0.957), \quad (1)$$

式中:

Y——火腿肠的结构感官评分;

$X_1$ ——蛋白质染色面积所占像素占观察视野总像素的百分比, %;

$X_2$ ——淀粉染色面积所占像素占观察视野总像素的百分比, %。

根据 $R^2=0.917$ 判断该模型的拟合效果非常好。

为了测试或验证该回归方程预测火腿肠的结构感官评分的精确性, 由30名品尝评分人员对半根火腿肠的结构进行感官评价得到实际评分值; 而对同一根火腿肠的另一半进行显微照相分析得出蛋白质、淀粉的染色面积所占像素占观察视野总像素的百分比, 并采用回归方程预测得到火腿肠的结构感官评分预测值。通过t检验表明实际评分值与预测评分值之间没有显著性差异( $P>0.05$ )。

#### 2.2.4 运用显微照相分析结果聚类判定火腿肠的级别

采用火腿肠结构感官评分的回归方程预测值、蛋白质染色面积所占像素占观察视野总像素的百分比和淀粉染色面积所占像素占观察视野总像素的百分比数据进行聚类分析的结果如图3所示。图3表明, 3个不同级别的

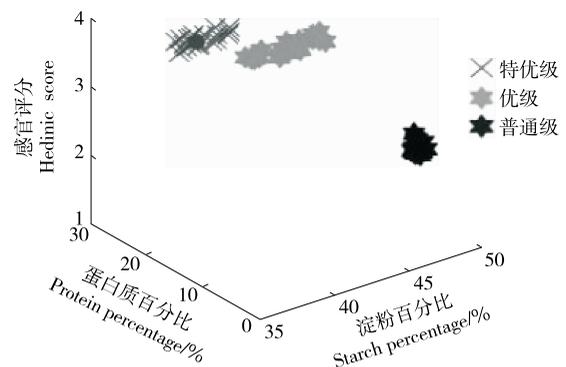


图3 火腿肠中染色淀粉和蛋白质所占像素占观察视野总像素的百分比及感官评分聚类图

Figure 3 Cluster diagrams of pixel percentage of stained starches and proteins accounted for the total pixels in ham sausages

火腿肠的相关数据很明显地分布在 3 个不同的区域,可以很好地区分特优级、优级和普通级的火腿肠样品。因此,这种方法可以估计火腿肠的质量并对其进行分类。

### 3 结论

采用显微照相技术测定蛋白质、脂肪和淀粉的染色面积所占像素占观察视野总像素的百分比能精确地测定其在火腿肠中的含量;观察火腿肠的切片照相图可作为判断其级别的辅助手段;运用显微照相技术测得的蛋白质和淀粉的染色面积百分比能精确地预测火腿肠的结构感官愉悦评分;用显微照相技术测得的蛋白质和淀粉的染色面积百分比以及这 2 组数据预测得到的结构感官愉悦评分能有效地判定出火腿肠的级别。所以,显微照相技术能应用于火腿肠的品质评价。此外,具有应用于午餐肉、热狗香肠等食品以及可切片处理的可食新鲜植物组织的分析检测的潜力。

本研究所得出的蛋白质、脂肪和淀粉纤维照相测定方法比传统的化学测定方法速度快,但是仍然需要在缩短染色时间方面做进一步的研究。此外,目前所用的专业设备对操作人员的技术要求较高,需要进一步智能化以简化人员操作程序;未来还应开发出便携式的快速照相仪以实现现场快速测定的目标。

#### 参考文献

[1] FAOSTAT. Data[DB/OL]. Livestock Primary. [2018-02-29]. <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QL>.  
 [2] 郭锡铎. 火腿肠品牌创新亦要持之以恒[J]. 农产品加工, 2013(12): 64-65.  
 [3] 郝红涛. 火腿肠质构标准的构建[D]. 郑州: 河南农业大学,

2010: 12-28.  
 [4] 董庆利, 罗欣. 熏煮香肠质构的感官评定与机械测定之间的相关分析研究[J]. 食品科学, 2004, 25(9): 49-55.  
 [5] SOMBOONPANYAKUL P, BARBUT S, JANTAWAT P, et al. Textural and sensory quality of poultry meat batter containing malva nut gum, salt and phosphate[J]. LWT-Food Science and Technology, 2007, 40(3): 498-505.  
 [6] 董庆利, 罗欣, 屠康. 熏煮香肠中脂肪、食盐、淀粉和水分含量对其质构的影响[J]. 食品与发酵工业, 2005, 31(5): 139-141.  
 [7] 孙钟雷, 万鹏. 显微图像处理技术快速检测酵母菌总数[J]. 食品工业科技, 2012, 33(8): 105-107, 124.  
 [8] 原波, 陶金轩, 刘宏生. 显微观察结合目标识别技术对马铃薯淀粉糊化特性的研究[J]. 现代食品科技, 2018, 34(4): 167-171.  
 [9] 吴强, 陈韬, 杨汝男, 等. 脂肪颗粒大小及添加量对中式香肠品质的影响[J]. 肉类研究, 2017, 31(10): 12-17.  
 [10] 陈侃, 王长谦, 范虞琪, 等. 油红 O 染色在斑马鱼体内脂质染色中的应用[J]. 中国组织化学与细胞化学杂志, 2016, 25(4): 358-360.  
 [11] STOLETOV Konstantin, FANG Long-hou, CHOI Soo-ho, et al. Vascular lipid accumulation, lipoprotein oxidation, and macrophage lipid uptake in hypercholesterolemic zebrafish[J]. Circulation Research, 2009, 104(8): 952-960.  
 [12] HUDA Nurul, LIN Ooi-jun, PING Yong-chiew, et al. Effect of chicken and duck meat ratio on the properties of sausage[J]. International Journal of Poultry Science, 2010, 9(6): 550-555.  
 [13] MAGNEN L J. Neurobiology of feeding and nutrition[M]. San Diego: Academic Press, Inc., 1992: 176.

#### 信息窗

## 欧盟拟制定与爬行动物肉中沙门氏菌相关的食品安全标准

据外媒消息,欧盟委员会提议限制爬行动物肉中的沙门氏菌。欧盟委员会表示,爬行动物肉中若存在沙门氏菌会对人类的健康构成潜在威胁,所以应该为这些产品制定食品安全标准。

目前,法规(EC) No 2073/2005 规定了食品中沙门氏菌的标准,但不包括爬行动物肉。爬行动物肉指来自养殖爬行动物的可食用部分,主要包括美洲鳄、淡水鳄,尼罗鳄,湾鳄,蜥蜴,网纹蟒,缅甸蟒和中华鳖等物种,无论是加工或未加工的。

欧盟爬行动物肉的产量有限,但在过去 10 年中,从

第三国进口的新鲜或冷冻爬行动物肉类及相关产品的数量一直呈上升趋势,2007~2017 年期间进口量增加了 50%以上,平均每年进口近 100 t。一些国家的人们会食用海龟,鳄鱼,蛇和蜥蜴等作为蛋白质来源。欧盟进口爬行动物肉的国家主要有南非,美国和津巴布韦,主要流向了比利时,法国,德国,荷兰和英国。

食品伙伴网提醒,许多爬行动物,包括一些饲养的宠物,它们的肠道中存在的沙门氏菌会随粪便排出,这可能会导致处理的人感染。

(来源:<http://news.foodmate.net>)