

# 多维灰聚类法与定性分析在熟肉制品安全风险 评估中的应用

王 丽\*

(昆山市流通领域食品质量检测中心, 昆山 215300)

**摘要:** **目的** 对2015年某省内生产销售的熟肉制品进行检验,并对检验结果进行安全风险评估。**方法** 对熟肉制品生产过程中容易出现的风险点进行定性分析,从而确定熟肉制品的风险因素,利用多维灰色聚类法对影响食品安全的主要风险因素进行定量评估,探讨影响熟肉制品有害因素的主次关系。**结果** 评估结果显示抽检中不合格样品大多属于低风险类,可以得出熟肉制品的食品安全状况属于安全可控状态。**结论** 该法明确了食品安全风险的等级,为食品安全控制做出前瞻性、有效性的技术支撑,对今后风险评估工作的开展具有切实可行的实践意义。

**关键词:** 熟肉制品; 风险评估; 定性分析; 多维灰聚类法

## Application of multidimensional grey clustering method and qualitative analysis in the safety risk assessment of cooked meat products

WANG Li\*

(Circulating Food Quality Supervision and Inspection Center of Kunshan, Kunshan 215300, China)

**ABSTRACT: Objective** To inspect the cooked meat products in production and sales in a certain province in 2015, and make a security risk assessment of the result. **Methods** A qualitative analysis for risk points of the cooked meat products in the process of producing was made to identify the risk factors of cooked meat products. Multidimensional grey clustering method was used to quantitatively evaluate the main risk factors influencing food safety, so as to explore the relationship of the primary and secondary harmful factors influencing cooked meat products. **Results** The evaluation results showed that the unqualified samples were mostly in low risk category, and the food safety risk level of the cooked meat products were in safe and controllable stage. **Conclusion** This method is clearly to distinguish the food safety risk grade and make a prospective, effective technical support for food safety control, which has a practical significance for the future risk assessment work.

**KEY WORDS:** cooked meat products; risk assessment; qualitative analysis; multidimensional gray clustering method

## 1 引言

2015年4月24日我国新修订了《中华人民共和

国食品安全法》<sup>[1]</sup>,此法于第二章明确规定了要求政府建立风险监测制度和评估制度,运用有效手段和生产和流通环节监测结果的有关信息,对相关产品

\*通讯作者: 王丽, 工程师, 主要研究方向为食品安全监管及检测。E-mail: lygw12008@163.com

\*Corresponding author: WANG Li, Engineer, Circulating Food Quality Supervision and Inspection Center of Kunshan, No. 2388, Chaoyang West Road, Kunshan 215300, China. E-mail: lygw12008@163.com

中的各种不利因素进行评估。这样的规定,进一步提升了风险监测与风险评估的重要性,具有非常重要的意义。此法在第八章中也加强了实施风险分级管理这一条款,这一条款规定了监管的重点、方式和频次,对实际的监管工作具有指导作用。这种结构性修订,使食品安全法得到系统性的提升,法律监督管理的有效性有望进一步推进,监督管理制度达到一个更高的水平。

我国虽然已经建立了严厉的法律体系,但研究食品安全风险分析仍落后于世界水平,起步于20世纪90年代,真正发展则是在最近几年,少数企业借鉴国外的先进经验去控制风险,取得了一定的效果。所以我国的食品安全风险管理工作仍处于初级阶段。风险分析是可以用的方法来控制风险,它可以解决突发事件,也可以弥补因食品管理体系的缺陷造成的损失,还能够促使标准改进并发展完善。食品安全管理者可以从风险分析中得到有效的数据和信息,并以此为依据做出合理有效的决策<sup>[2]</sup>。总之,风险分析能够为所有食品安全管理机构提供一个显著可靠的管理工具。

近年来,出现了众多的食品安全问题,而作为我国主要膳食之一的肉制品的安全问题是不容忽视的,从疯牛病到二噁英事件,从瘦肉精到禽流感等不良事件屡见不鲜。熟肉制品,有丰富的营养价值,食用简单方便,而且备受广大消费者青睐。但熟肉制品

有诸多好处的同时,也存在许多的安全问题,比如一些微生物指标和亚硝酸盐指标等,这些指标不合格或者不正确使用食品添加剂,都会给人们带来危害。本文通过对熟肉制品生产过程的定性分析,找出风险点存在的因素。熟肉制品的安全性风险评估中存在大量的灰色性,比如抽检的不合格样品中,有哪些样品处于何种风险等级,以及如何控制并不明确,所以将灰理论引入到熟肉制品的质量评估体系中具有重要意义。采用多维灰聚类评估理论,通过建立多维灰色聚类模型,将灰色数学中的聚类评估方法应用到熟肉制品的风险评估中,得出灰色聚类评估结果,定量评估风险的高低。

## 2 材料与方法

### 2.1 材料

所用材料如酱卤肉、肉松、火腿等熟肉制品均为市场购买。

### 2.2 风险评估指标体系

2015年对某省生产销售的熟肉制品进行检验。根据不同的国家标准选择了13个定量指标,对不合格样品作出一个全面的、客观的综合评估,构成评估指标体系。主要从化学污染和微生物污染2个方面考虑,化学性污染方面选取如下7项指标,微生物污染方面选取如下6项指标(表1)。

表1 熟肉制品安全评估指标体系  
Table 1 Safety evaluation index system of cooked meat products

	指标	检测方法
化学性污染	胭脂红	GB/T 5009.35-2003
	柠檬黄	
	日落黄	
	诱惑红	
	亚硝酸盐	GB 5009.33-2010
	硝酸盐	
	氯霉素(兽药残留)	
微生物污染	单核增生李斯特氏菌	GB 4789.30-2010
	金黄色葡萄球菌	GB 4789.10-2010
	志贺氏菌	GB 4789.5-2012
	沙门氏菌	GB 4789.4-2010
	大肠菌群	GB 4789.3-2010
	菌落总数	GB 4789.2-2010

根据上述指标体系中的项目及国标方法,对某省生产销售的熟肉制品进行检验,共抽检 305 批次,对照规定的限量值,共有 292 批次合格,合格率为 95.7%,不合格样品为 13 批次。对每个数据进行分析,发现不合格的项目有硝酸盐、菌落总数、大肠菌群。

菌落总数是微生物污染的一个重要的项目指标,它体现了这个食品是否符合出厂要求或者在流通过程中是否得到妥善保存。GB2726-2005《熟肉制品卫生标准》规定,定型包装的熟肉制品(以酱卤肉为例)中菌落总数应  $80000 \text{ cfu/g}$ <sup>[3]</sup>。此次不合格产品菌落总数检出值在  $1.5 \times 10^5 \sim 1.7 \times 10^7 \text{ cfu/g}$ ,最高检出值超标 200 多倍。

GB2726-2005 规定,熟肉制品(以酱卤肉为例)中大肠菌群应  $150 \text{ MPN}/100\text{g}$ 。此次不合格产品大肠菌群检出值在  $240 \sim 9500 \text{ MPN}/100 \text{ g}$ ,最高检出值超标 60 多倍。

GB2760-2014《食品安全国家标准 食品添加剂使用标准》规定了肉制品中(以酱卤肉为例)亚硝酸盐残留量(以  $\text{NaNO}_2$  计)的限量,即亚硝酸盐残留量 $\leq 30 \text{ mg/kg}$ (以亚硝酸钠计)。此次不合格产品亚硝酸盐含量检出值在  $34 \sim 89 \text{ mg/kg}$ 。

## 2.3 风险评估中的定性分析方法

下面对熟肉制品生产过程中容易出现的风险点进行定性分析:

### 2.3.1 腐败变质

肉类制品水分活度较高,易受微生物污染。煮制过程中温度不够、包装过程中未采取有效的消毒措施、环境卫生不达标等都会导致微生物繁殖,造成肉制品腐败变质,使得霉菌、大肠菌群或者致病菌的繁殖,这些微生物会较快生长,人们食用后就会引起人体的急性中毒、呕吐、腹泻等症状。

### 2.3.2 氧化酸败

肉类制品长期放置于空气中均会被氧化,氧化程度随着温度的升高而加快。原料、半成品、成品由于本身质量问题、贮存不当或者生产工艺温度过高,都会引起产品氧化酸败。

### 2.3.3 食品添加剂使用不当

使用少量的食品添加剂就可以大大提高食品的口感、外观、性能等,不同类别的添加剂有着不同的作用,它可以为企业带来较大的经济效益,生产厂商必须要严格按照标准控制添加剂的使用量,若使用

不当,会危害人体健康<sup>[4]</sup>。GB2760-2014 对食品添加剂的范围和限量做出了严格规定。分析使用添加剂不当问题的原因<sup>[5]</sup>,主观上为了到达良好的效果或者利益的诱导,大剂量的使用或者滥用添加剂,都给产品生产和流通环节造成了风险。

### 2.3.4 违法添加物

不良厂商违法添加一些国家明文规定禁止使用的激素类药物,如  $\beta$ -受体激动剂能够提高畜禽生产水平、饲料的利用率并改善胴体组成,曾在畜牧养殖环节被广泛使用,导致了动物肌肉组织尤其是内脏中该类药物的残留<sup>[6]</sup>。如果企业对产品原料把关不严,加工制作而成的熟肉制品就会存在检出违法添加物的情况。

温度条件、卫生状况等是造成熟肉制品腐败氧化的主要原因;诱惑红、山梨酸、亚硝酸盐等是有明确使用范围和限量的食品添加剂;日落黄、苯甲酸等是熟肉制品中不得使用的添加剂;原料的污染是  $\beta$ -受体激动剂类药物检出最主要的原因。如果熟肉食品中上述指标不合格,或是检出了不得添加的物质,说明生产企业食品安全意识淡薄、生产工艺存在问题、原料索证验货把关不到位、或是有靠低质低价竞争取胜的行为。

## 2.4 多维灰聚类定量分析方法

### 2.4.1 整理与归纳资料,构造样本矩阵

本次熟肉制品风险检验不合格样品 13 批次,不合格率为 4.26%,经统计大部分产品在生产和流通过程中得到了有效的控制,其中有 8 批次产品菌落总数,7 批次的大肠菌群,5 批次的亚硝酸盐超标。不合格参数分布情况如下表:

表 3 不合格参数分布情况  
Table 3 Distribution of unqualified parameters

菌落总数	大肠菌群	亚硝酸盐含量	不合格样品数(个)
+	+	+	1
+	+	-	3
-	+	+	1
+	-	+	1
+	-	-	3
-	+	-	2
-	-	+	2

注: +表示样品中此参数不合格, -表示样品中此参数合格

表 4 GB 2726—2005 中不合格参数的限量值  
Table 4 The limited value of unqualified parameters in GB 2726—2005

不合格参数	菌落总数(cfu/g)	大肠菌群(MPN/100g)	亚硝酸盐含量(mg/kg)
限量值	80000	150	30

将菌落总数和大肠菌群的检测结果除以各自的限量值(表 4), 得到超标倍数(合格样品视为 1.00), 将亚硝酸盐检测结果与其限量值相减, 得出超标值(合格样品视为 0.00), 以此构建样品矩阵。

菌落总数	大肠菌群	亚硝酸盐
1.00	2.80	0.00
1.88	1.00	0.00
1.00	1.00	8.00
1.00	1.60	6.00
2.12	2.60	0.00
1.88	1.00	10.00
1.00	1.93	0.00
3.00	1.00	0.00
212.50	63.33	0.00
1.00	1.00	4.00
43.75	8.00	59.00
2.75	5.00	0.00
1.50	1.00	0.00

确定参数的正负极性: 这 3 个参数数值随食品安全风险程度成正比, 是正极指标。

确定风险程度区间(表 5): 菌落总数和大肠菌群的风险程度区间是根据检测方法和历年数据确定的<sup>[7]</sup>, 亚硝酸盐含量的风险程度区间是根据其毒理危害确定的<sup>[8]</sup>。

表 5 各参数的风险程度区间  
Table 5 The risk degree interval of parameters

风险程度区间	菌落总数	大肠菌群	亚硝酸盐
高	10	160	170
中	3.75	3.53	85
低	1	1	0

2.4.2 构造白化权函数及权系数

以菌落总数为例:

$$\text{高类: } F_1(xy) = \begin{cases} 1 & w_{xy} \geq 10 \\ (w_{xy} - 3.75) / (10 - 3.75) & 3.75 < w_{xy} < 10 \\ 0 & w_{xy} \leq 3.75 \end{cases}$$

$$\begin{cases} w_{xy} \geq 10 \\ 3.75 < w_{xy} < 10 \\ w_{xy} \leq 3.75 \end{cases} \quad (1)$$

$$\text{中类: } F_2(xy) = \begin{cases} 0 & w_{xy} \geq 10 \\ (10 - w_{xy}) / (10 - 3.75) & 3.75 < w_{xy} < 10 \\ 1 & w_{xy} \leq 3.75 \end{cases}$$

$$\begin{cases} 0 \\ (w_{xy} - 1) / (3.75 - 1) \\ 0 \\ w_{xy} \geq 10 \\ 3.75 < w_{xy} < 10 \\ w_{xy} \leq 3.75 \\ 1 < w_{xy} < 3.75 \\ w_{xy} \leq 1 \end{cases} \quad (2)$$

$$\text{低类: } F_3(xy) = \begin{cases} 0 & w_{xy} \geq 3.75 \\ (3.75 - w_{xy}) / (3.75 - 1) & 1 < w_{xy} < 3.75 \\ 1 & w_{xy} \leq 1 \end{cases} \quad (3)$$

同样方法可得大肠菌群和亚硝酸盐的权函数和权系数计算公式。

2.4.3 计算权系数矩阵

将 3 个参数处理后的数值带入公式, 可得各自权系数矩阵。

菌落总数:			大肠菌群:			亚硝酸盐:		
高	中	低	高	中	低	高	中	低
0.00	0.00	1.00	0.00	0.71	0.29	0.00	0.00	1.00
0.00	0.32	0.68	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	1.00
0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.09	0.91
0.00	0.00	1.00	0.00	0.24	0.76	0.00	0.07	0.93
0.00	0.41	0.59	0.00	0.63	0.37	0.00	0.00	1.00
0.00	0.32	0.68	0.00	0.00	1.00	0.00	0.12	0.88
0.00	0.00	1.00	0.00	0.37	0.63	0.00	0.00	1.00
0.00	0.73	0.27	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	1.00
1.00	0.00	0.00	0.38	0.62	0.00	0.00	0.00	1.00
0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.05	0.95
1.00	0.00	0.00	0.03	0.97	0.00	0.00	0.69	0.31
0.00	0.64	0.36	0.01	0.99	0.00	0.00	0.00	1.00
0.00	0.18	0.82	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	1.00

#### 2.4.4 确定权重值

根据食品安全的相关程度、食品监督抽查规范中各参数不合格程度划分的等级, 并且认为此 3 项参数是造成不合格的全部因素, 赋予各参数权重如下: 菌落总数及大肠菌群的权重为 0.25<sup>[9]</sup>; 亚硝酸盐的权重为 0.5<sup>[10]</sup>, 且 3 者之和为 1。

#### 2.4.5 列出综合权系数矩阵

将 3 个权系数矩阵的对应值进行加权平均, 可得不合格样品综合权系数矩阵。由综合权系数矩阵中各不合格样品行向量的最大值, 判断各样品所属灰类。

### 3 结果与讨论

根据风险检验熟肉制品不合格样品灰类数值分布表画出灰类分布图, 如图 1 所示。

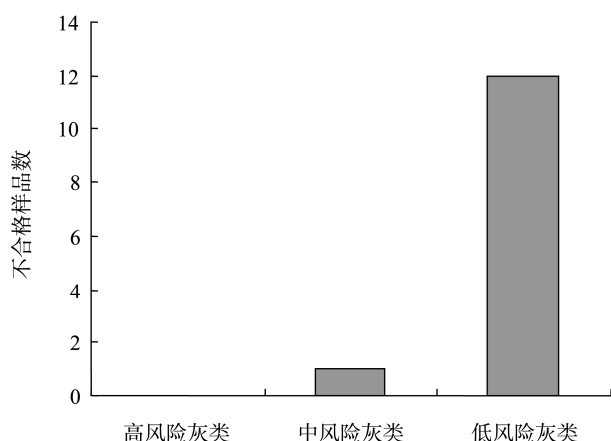


图 1 风险检验熟肉制品不合格样品所属灰类分布

Fig. 1 Grey distribution of unqualified cooked meat products risk inspection

本次熟肉制品风险检验的 13 批次不合格样品中, 1 批次(该批样品实测菌落总数为  $3.5 \times 10^6$  cfu/g, 大肠菌群为  $1.2 \times 10^3$  MPN/100 g, 亚硝酸盐为 89 mg/kg)属于中风险灰类, 其余 12 批次均属低风险灰类。分析得出, 某省生产流通环节中熟肉制品的食品安全风险程度较低, 目前为可控状态, 与实际情况相符<sup>[11]</sup>。

在本次熟肉制品的安全风险评估中, 定性的分析方法对生产加工过程中存在的风险点进行识别, 可以帮助食品生产企业用于风险自查<sup>[12]</sup>。同时, 通过对关键风险点的罗列分析, 使人们科学地了解食品安全风险的种类和成因, 使得管理者做到心中有数, 从而采取措施加以避免<sup>[13]</sup>。而运用多维灰聚类法对

熟肉制品安全风险进行定量评估, 结果显示在 13 批次不合格样品中, 1 批次属于中风险灰类, 其余 12 批次均属于低风险灰类, 并得到生产流通环节熟肉制品的食品安全风险程度较低, 目前为可控状态的结论。运用多维灰聚类法能将食品安全风险问题化繁为简, 把人为的主观判断用具体数据的形式表达和处理, 通过准确的数字和直观的风险高低分布图, 可更加细致的掌握不合格产品的安全风险程度。量化的风险评估数据可以使风险评估结果更加全面准确<sup>[14]</sup>, 为食品安全风险工作的开展提供坚实的理论依据和参考标准。

### 4 结论

在实际运用中, 食品安全风险控制是一个多学科交叉的复杂命题<sup>[15]</sup>, 定性和各种定量分析方法常常是综合应用或者是互相补充的。灰色系统理论有力地补充了食品风险分析的方法, 可以作为食品监管结果分析的重要手段, 对食品的安全生产和流通提供了可靠的证据, 同时也给人们带来了更大的心理慰藉。灰色系统理论是首次应用在肉制品中, 在其他食品种类领域的应用及相关的研究也并不多, 所以在食品上风险控制上还有很大的发展空间。随着理论与实践经验的不断深入, 这些方法也在持续完善中, 如何将这些方法进行整合<sup>[16]</sup>, 这也是对今后风险分析工作的一个挑战。

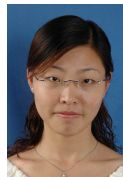
#### 参考文献

- [1] 《中华人民共和国食品安全法》[Z]. Food safety law of the People's Republic of China [Z].
- [2] 罗军, 张文杰. 我国食品供应链风险识别及管理策略研究[J]. 物流技术, 2015, 34(5): 205-207.  
Luo J, Zhang WJ. Study on risk identification and management strategy of food supply chains in China [J]. Logist Technol, 2015, 34(5): 205-207.
- [3] GB 2726-2005《熟肉制品卫生标准》[S].  
GB 2726-2005 Hygienic standard for cooked meat products [S].
- [4] Diwan BA, Meier H. Strain and age-dependent transplacental carcinogenesis by 1-ethyl-1-nitrosourea in inbred strains of mice [J]. Cancer Res, 1974, 34(4): 64-70.
- [5] 赵同刚. 食品添加剂的作用与安全性控制[J]. 中国食品添加剂, 2010, 18(5): 37-38.  
Zhao TG. Effects and safety control of food additives [J]. Chin Food Addit, 2010, 18(5): 37-38.
- [6] 刘竹, 杜刚, 曾凡新, 等. 人  $\beta$ -3 肾上腺素受体激动剂快速筛

- 选模型的建立[J]. 生物技术, 2011, 36(1):35-37.
- Liu Z, Du G, Zeng FX, *et al.* Construction of drug screening model for human  $\beta$ -3 adrenergic receptor agonists [J]. Biotechnology, 2011, 36(1):35-37.
- [7] 田静, 樊永祥, 刘秀梅. 散装熟肉制品中单核细胞增生李斯特菌的定量风险评估[J]. 中华预防医学杂志, 2011, 45(6): 537-542.
- Tian J, Fan YX, Liu XM. Quantitative risk assessment of *Listeria monocytogenes* in bulk cooked meat products [J]. Chin J Prev Med, 2011, 45(6): 537-542.
- [8] 奚瑞芳, 赵玉梅, 李婷. 多维灰聚类分析在熟肉制品安全风险评估中的应用[J]. 食品工业, 2012, 41(7): 87-89.
- Xi RF, Zhao YM, Li T. The application of multidimensional grey clustering evaluation in the food safety risk assessment of the cooked meat products [J]. Food Ind, 2012, 41(7): 87-89.
- [9] 郭爱民. 灰色系统理论和方法在食品科学中的应用[J]. 食品科学, 1994, 43(4): 44-46.
- Guo AM. Application of grey system theory and method in food science [J]. Food Sci, 1994, 43(4): 44-46.
- [10] 杜庆. 肉制品中亚硝酸盐的检测和控制[J]. 肉类研究, 2008, 109(3): 55-58.
- Du Q. Detection and control the nitrite in meat product [J]. Meat Res, 2008, 109(3): 55-58.
- [11] 李思. 国内外食品安全风险评估机构的比较[J]. 食品工业, 2011, 35(10): 82-85.
- Li S. Comparison of food safety risk assessment institution of domestic and overseas [J]. Food Ind, 2011, 35(10): 82-85.
- [12] 陈君石, 樊永祥. 食品安全风险分析[M]. 联合国粮食及农业组织和世界卫生组织, 2008.
- Chen JS, Fan YX. Food safety risk analysis [M]. The Food and Agriculture Organization of the United Nations and World Health Organization, 2008.
- [13] 吴林海, 钱和. 中国食品安全发展报告[M]. 北京: 北京大学出版社, 2012.
- Wu LH, Qian H. Introduction to 2012 china development report on food safety [M]. Beijing: Peking University Press, 2012.
- [14] 范道津, 陈伟珂. 风险管理理论与工具[M]. 天津: 天津大学出版社, 2012.
- Fan DJ, Chen WK. Risk management theory and tools [M]. Tianjin: Tianjin University Press, 2012.
- [15] 李宁, 严卫星. 国内外食品安全风险评估在风险管理中的应用概况[J]. 中国食品卫生杂志, 2011, 6(1): 16-17.
- Li N, Yan WX. National and international food safety assessment overview [J]. Chin J Food Hyg, 2011, 6(1): 16-17.
- [16] 何猛. 发达国家食品安全监管体系研究[J]. 食品工业科技, 2012, 12(33): 49-53.
- He M. Research of food-safety supervision systems of developed countries [J]. Sci Technol Food Ind, 2012, 12(33): 49-53.

(责任编辑: 金延秋)

#### 作者简介



王 丽, 工程师, 主要研究方向为食品安全监管及检测。  
E-mail: lygw12008@163.com