

# 运用层次分析法对餐饮食品微生物安全因素分析

刘丽洁<sup>1</sup>, 郭长慧<sup>1</sup>, 张娜<sup>1,2\*</sup>, 张守文<sup>3</sup>

(1. 哈尔滨商业大学黑龙江省食品科学与工程重点实验室, 哈尔滨 150076; 2. 黑龙江省农业科学院, 哈尔滨 150086; 3. 黑龙江省食品安全办公室, 哈尔滨 150020)

**摘要:** **目的** 通过对数据分析、建立模型、评价验证的过程对某省餐饮食品抽检数据进行整理归类、分析并得出结论。**方法** 基于层次分析法, 将抽检对象划分为四大类, 分别为: 生鲜食品、熟制品、自制饮料、餐饮及加工用具。**结果** 结合4年抽检结果, 总结出影响餐饮食品微生物安全的因素主要为菌落总数、大肠菌群、沙门氏菌、金黄色葡萄球菌。**结论** 通过对某省4年餐饮食品的微生物安全情况进行评估, 构建某省餐饮食品微生物安全综合评价指标体系, 运用层次分析法计算各个因素的权重, 并进行一致性检验和餐饮环节对餐饮食品微生物综合安全指数分析。

**关键词:** 层次分析法; 综合安全指数; 餐饮食品; 微生物安全

## Analysis of microbial safety factors in catering food by using analytic hierarchy process

LIU Li-Jie<sup>1</sup>, GUO Chang-Hui<sup>1</sup>, ZHANG Na<sup>1,2\*</sup>, ZHANG Shou-Wen<sup>3</sup>

(1. Key Laboratory of Food Science and Engineering of Heilongjiang Province, Harbin University of Commerce, Harbin 150076, China; 2. Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences, Harbin 150086, China; 3. Office of Food Safety of Heilongjiang Province, Harbin 150020, China)

**ABSTRACT: Objective** Through the data analysis, establish model, the evaluation and verification of the process of A province catering food sampling data were classified and analyzed and concluded. **Methods** Based on the analytic hierarchy process, the sampling objects were divided into 4 categories, which are raw and fresh foods, cooked products, restaurant-self-made beverage and catering processing equipment. **Results** Combined with 4 yeas ampling results, the factors affecting the microbial safety of the catering food were summed up, which mainly include the total number of colonies, coliform bacteria, *salmonella* and *Staphylococcus aureus*. **Conclusion** According to the microbial safety of the catering food in this province for 4 years, the microbial safety comprehensive evaluation index system was built. At the same time, by using analytic hierarchy process to weigh each factor and checking the consistency, the microbial comprehensive safety index which copes the catering segment with the catering food was calculated.

**KEY WORDS:** analytic hierarchy process; comprehensive safety index; catering food; microbial safety

基金项目: 国家自然科学基金项目(31301602)、黑龙江省应用技术与开发计划项目(GC13B215)、黑龙江省普通高等学校食品科学与工程重点实验室开放课题(20121114194638483)、黑龙江省博士后资助经费项目(LBH-Z11028)

**Fund:** Supported by the National Natural Science Foundation of China (31301602), Research and Development of Applied Technology Projects of Heilongjiang Province (GC13B215), Open Project of Key Laboratory of Food Science and Engineering in Department of Education of Heilongjiang Province (20121114194638483), and the Postdoctoral Foundation of Heilongjiang Province (LBH-Z11028)

\*通讯作者: 张娜, 副教授, 主要研究方向为食品化学和食品安全。E-mail: foodzhangna@163.com

\*Corresponding author: ZHANG Na, Associate Professor, 36# No.138, Tongda Street, Daoli District, Harbin 150076, China. E-mail: foodzhangna@163.com

## 1 引言

近年来,由微生物引起的食品安全事件屡屡发生。根据统计得知,所有食物中毒事件中,由微生物引起的中毒事件比例大大超过其他原因所占的比例<sup>[1]</sup>。根据餐饮食品安全监管工作安排,及时掌握某省餐饮食品环节,包括原材料、加工工具、餐饮具、制成品4个环节的食品安全状况。进行微生物风险评估的样品来自于某些城市的饭馆、食堂、酒店以及餐饮连锁公司等<sup>[2]</sup>。这些样品包括原料(生鲜食品、生活饮水)、餐饮及加工用具、成品(熟制品、自制饮料)等。根据《中华人民共和国国家标准食品卫生微生物学检验方法》(GB 4789-2010)进行菌落总数、大肠菌群、沙门氏菌、金黄色葡萄球菌等指标的测定,4年样品抽检数据如表1所示。

## 2 检测方法

### 2.1 层次法分析模型建立

层次分析法(analytic hierarchy process, AHP)是美国匹兹堡大学教授 T. L. Saaty<sup>[3]</sup>提出的融合定量定性分析的多目标决策方法。其突出特点就是能够将复杂的问题逐层分解成若干个小问题,并将人的主观判断和定性分析加以量化<sup>[4]</sup>。根据某省餐饮食品4

年抽检数据,采用层次分析法<sup>[5]</sup>将抽检对象划分为4大类,分别为:生鲜食品、熟制品、自制饮料、餐饮及加工用具。

2.1.1 构建A省餐饮食品微生物安全综合评价指标体系的方法如图1所示<sup>[6]</sup>。

2.1.2 运用层次分析法计算各个因素的权重

以 $a_{ij}$ 层各类微生物对目标层微生物安全为例,将 $B_i$ 层任意两因素相对于目标层的重要性进行比较,依据各微生物指标的危害度分类<sup>[7]</sup>使用1~9标度法(见表2)将重要性比较予以量化,根据该评价尺度确定两两间相对重要度<sup>[8]</sup>,据此构建出准则层的各微生物指标 $B_i(i=1, 2, 3, 4)$ 对目标 $A$ 的判断矩阵 $E$ 。由公式(1)~(4)计算出矩阵 $E$ 所对应的特征向量 $W$ ,并由式(5)计算出矩阵 $E$ 的最大近似值 $\lambda_{max}$ 。

$$M_i = \prod_{j=1}^n a_{ij} \quad (i=1, 2, \dots, n) \quad \text{公式 (1)}$$

式中, $M_i$ 表示判断矩阵 $E$ 每一行元素的乘积。

$$N_i = \sqrt[n]{M_i} \quad (i=1, 2, \dots, n) \quad \text{公式(2)}$$

式中, $N_i$ 表示 $M_i$ 的 $n$ 次方根。

$$W_i = \frac{N_i}{\sum_{i=1}^n N_i} \quad (i=1, 2, \dots, n) \quad \text{公式 (3)}$$

式中, $W_i$ 即为 $N_i$ 标准化后相应的权重。

表1 4年某省餐饮食品样品抽检数据表

Table 1 The data table of sample on catering food 4 years of A province

	生鲜食品		熟制品		自制饮料		餐饮及加工用具	
	抽检总数	不合格数	抽检总数	不合格数	抽检总数	不合格数	抽检总数	不合格数
A年4	53	0	60	20	50	0	200	12
B年1	224	15	158	15	184	16	185	22
B年2	48	12	240	13	219	14	52	3
B年3	38	3	88	11	438	25	65	8
B年4	248	32	403	23	342	13	280	16
C年1	235	16	10	0	333	3	400	2
C年2	60	7	50	2	826	38	138	20
C年3	44	3	30	2	385	5	250	7
C年4	208	10	10	0	486	36	400	2
D年1	194	15	583	23	1034	30	139	6
D年2	58	8	370	12	552	32	73	3
D年3	42	6	247	23	532	33	104	8
D年4	178	5	368	24	388	38	236	30

注:表中“A年4”代表A年第4季度,其他纵列数据均依此类推。

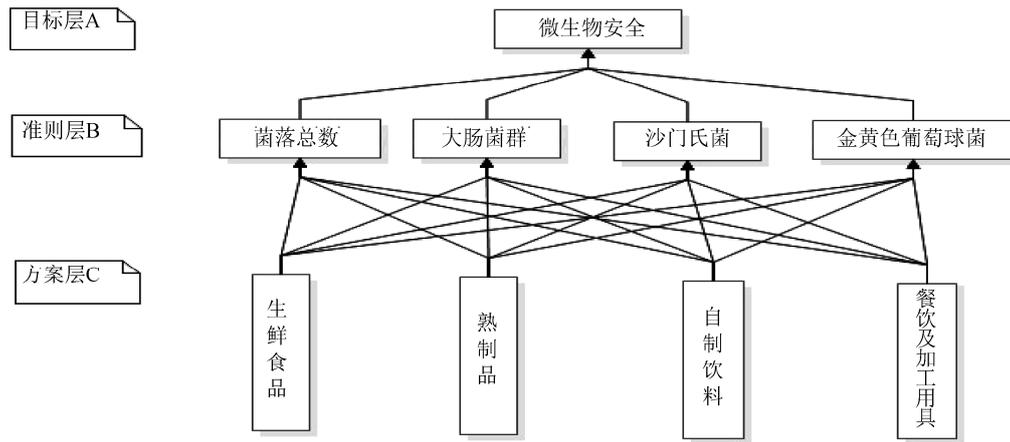


图 1 A 省餐饮食品微生物安全综合指标图

Fig. 1 Composite indicator chart of microbiological safety of catering food in A province

$$W = (w_1, w_2, \dots, w_n)^T (i=1,2,\dots, n) \quad \text{公式 (4)}$$

式中,  $W$  即为矩阵  $E$  的特征向量。

$$\lambda_{\max} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left( \frac{(EW)_i}{w_i} \right) \quad \text{公式(5)}$$

式中,  $\lambda_{\max}$  即为特征向量  $W$  对应的最大特征值;  $n$  表示矩阵  $E$  的阶数。

依据 4 年来各类抽检对象在四项微生物指标中的不合格情况, 分别进行  $C$  层各元素对  $B$  层各指标重要程度的权衡。得出  $C_i(i=1,2,3,4; j=1,2,3,4)$  对准则层  $B_i$  的判断矩阵  $E_i$ , 并分别计算出各个矩阵所对应的特征向  $W$  和最大近似值  $\lambda_{\max}$ <sup>[9]</sup>。

2.1.3 利用  $\lambda_{\max}$  进行一致性检验

通过一致性检验来判定微生物安全综合指标体系中判断矩阵  $E$  的不一致性能否被接受, 从而决定判断矩阵  $E$  所对应的特征向量  $W$  是否应用于接下来的计算过程中<sup>[10,11]</sup>。

计算一致性指标  $CI$ :  $CI=(\lambda_{\max} - n)/(n-1) \quad \text{公式(6)}$

将  $CI$  与相应的平均随机一致性指标  $RI$  进行比较, 当  $n=1, 2, \dots, 11$  时所对应的  $RI$  的值<sup>[12]</sup>如表 3 所示。

由  $CI$  与  $RI$  计算一致性比例  $CR$ :

$$CR=CI/RI \quad \text{公式(7)}$$

其中,  $CR$  表示一致性比例;  $CI$  表示一致性指标;  $RI$  表示平均随机一致性指标。

当  $CR \leq 0.10$  时, 可以接受判断矩阵  $E$  的不一致性; 若  $CR > 0.10$ , 则需对判断矩阵进行恰当的修正, 直至通过一致性检验。

2.1.4 计算餐饮环节( $C$ 层)对餐饮食品微生物安全( $A$ 层)组合权重<sup>[13]</sup>

餐饮环节( $C$ 层)对餐饮食品微生物安全( $A$ 层)的组合权重  $W$  为:

$$W=[w_1 w_2 w_3 w_4] w_1 \quad \text{公式(8)}$$

其中,  $W_1$  表示微生物因素( $B$ 层)对餐饮食品微生物安全的特征向量;  $W_2$  表示餐饮环节对于菌落总数( $B_1$ )的特征向量;  $W_3$  表示餐饮环节对于大肠菌群( $B_2$ )的特征向量;  $W_4$  表示餐饮环节对于沙门氏菌( $B_3$ )的特征向量;  $W_5$  表示餐饮环节对于金黄色葡萄球菌( $B_4$ )的特征向量。

2.2 综合安全指数的计算

综合安全指数法是指利用筛选出的能够评价体系安全的指标, 建立安全综合评价指标体系, 采用层次分析法确定指标权重, 经归一化处理, 将取得的数值进行累乘然后相加, 最后得出综合安全指数, 据此对需要评价的问题进行评价<sup>[14,15]</sup>。本文将生鲜食品、熟制品、自制饮料、餐饮及加工用具这 4 类对象的不合格程度作为评价指标, 将其与确定的组合权重  $W=[C_1 C_2 C_3 C_4]$  进行累乘, 最终相加的结果即为综合安全指数  $F$ 。  $F$  越小, 表示安全性越好, 具体计算公式如下:

$$F= C_1 \times X_1 + C_2 \times X_2 + C_3 \times X_3 + C_4 \times X_4 \quad \text{公式(9)}$$

其中,  $C_1, C_2, C_3, C_4$  分别对应生鲜食品、熟制品、自制饮料、餐饮及加工用具的相对于餐饮环节微生物安全(目标层  $A$ )的权重;  $X_1, X_2, X_3, X_4$  分别对应生鲜

表 2 标度定义表  
Table 2 Definition table of scale

标度 $a_{ij}$	定义
1	$i$ 因素与 $j$ 因素相同重要
3	$i$ 因素比 $j$ 因素略重要
5	$i$ 因素比 $j$ 因素较重要
7	$i$ 因素比 $j$ 因素非常重要
9	$i$ 因素比 $j$ 因素绝对重要
2, 4, 6, 8	以上两判断的中间状态对应的标度值
倒数	若 $i$ 因素与 $j$ 因素比较, 得到判断值为 $a_{ij}=1/a_{ji}$ , $a_{ii}=1$

表 3 不同矩阵阶数  $n$  对应的  $RI$  值  
Table 3 The value of  $RI$  corresponding to order  $n$  of different matrix

$N$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
$RI$	0	0	0.58	0.90	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45	1.49	1.51

食品、熟制品、自制饮料、餐饮及加工用具的不合格程度。

由于各抽检对象的样本量不同, 不能直接用不合格数量的多少来代表不合格程度的高低, 在此对各抽检对象的不合格率( $a_i$ )作归一化处理, 定义归一化的结果  $X_i(i=1, 2, 3, 4)$ , 即代表各抽检对象的不合格程度。

$$X_i = \frac{a_i}{\sum_{i=1}^4 a_i} \quad \text{公式(10)}$$

分别将四年抽检对象的归一化结果  $X_i$ (公式 10 计算结果)以及组合权重  $W=[C_1 C_2 C_3 C_4]$ (公式 8 计算结果)代入到公式(公式 4), 即可求得各年的微生物综合安全指数  $F$ 。

### 3 结果与分析

#### 3.1 基于层次分析法的微生物安全现状分析

##### 3.1.1 数据预分析结果

经过统计分析, 得出在 4 年里分别由上述 4 项微生物指标超标引起的不合格产品在不合格的生鲜食品、熟制品、自制饮料、餐饮及加工用具总量中所占比例, 如图 2~图 5。

由图 2~图 5 可知, 菌落总数和大肠菌群超标在 4 类抽检对象中均普遍存在, 且在 4 年的自制饮料类中发现比例较高; 金黄色葡萄球菌超标在熟制品中最

为常见, 由图 2~5 可知, 在 A、C 和 D 年的熟制品中均发生多次金黄色葡萄球菌超标情况, 另外, 金黄色葡萄球菌在生鲜食品和餐饮及加工用具中发生频率也较高, 在自制饮料中最不常见; 沙门氏菌在 4 个微生物指标中属于较不常出现的菌类。

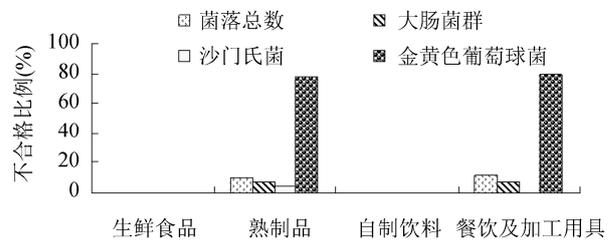


图 2 A 年各抽检对象不合格因素比例图

Fig. 2 The proportion diagram of unqualified factors of sampling object in A

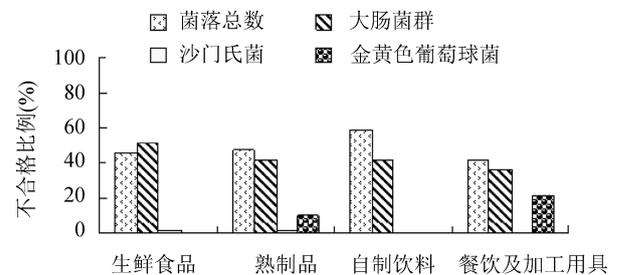


图 3 B 年各抽检对象不合格因素比例图

Fig. 3 The proportion diagram of unqualified factors of sampling object in B

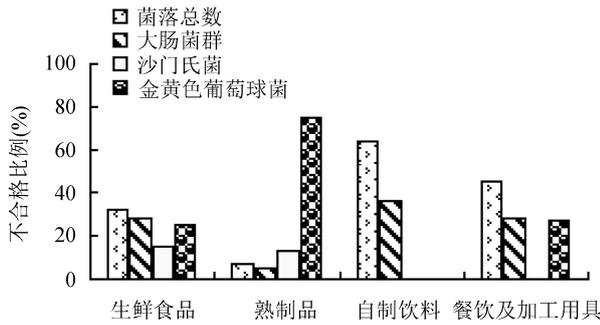


图 4 C 年各抽检对象不合格因素比例图

Fig. 4 The proportion diagram of unqualified factors of sampling object in C

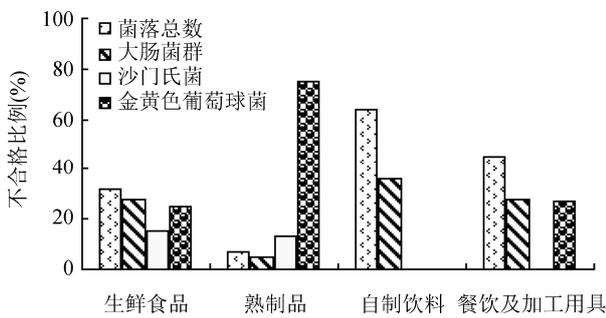


图 5 D 年各抽检对象不合格因素比例图

Fig. 5 The proportion diagram of unqualified factors of sampling object in D

### 3.2 层次分析法权重的确定结果

#### 3.2.1 判断矩阵及特征向量的确定

采用 1~9 标度法, 据此构建的微生物因素( $B_i$ )对餐饮食品微生物安全( $A$ )的判断矩阵  $E_1$  见表 4。

表 4 判断矩阵  $E_1$   
Table 4 Judgement matrices  $E_1$

$A$	$B_1$	$B_2$	$B_3$	$B_4$
$B_1$	1	1	1/6	1/4
$B_2$	1	1	1/6	1/4
$B_3$	6	6	1	3
$B_4$	4	4	1/3	1

注:  $B_1$ 、 $B_2$ 、 $B_3$ 、 $B_4$  分别代表菌落总数、大肠菌群、沙门氏菌、金黄色葡萄球菌。

由公式(1)~(4)计算出矩阵  $E_1$  所对应的特征向量  $W_1=(0.0800, 0.0800, 0.5709, 0.2691)$ , 并由式(5)计算出矩阵  $E_1$  的最大近似值  $\lambda_{max}=4.0604$ ;

依据 4 年来生鲜食品( $C_1$ )、熟制品( $C_2$ )、自制饮料( $C_3$ )、餐饮及加工用具( $C_4$ )分别在菌落总数( $B_1$ )、大肠菌群( $B_2$ )、沙门氏菌( $B_3$ )、金黄色葡萄球菌( $B_4$ )四类指标中的不合格情况进行重要程度的权衡(不合格情况见表 5)。得出方案层  $C_{ij}(i=1, 2, 3, 4; j=1, 2, 3, 4)$  对微生物因素  $B_i(i=1, 2, 3, 4)$  的判断矩阵  $E_i(i=2, 3, 4, 5)$  见表 6~表 9。

表 5 抽检对象在各指标中的不合格比例分配表  
Table 5 The assignment table of unqualified proportion of each index in sampling object

指标% 类别	菌落总数	大肠菌群	沙门氏菌	金黄色葡萄球菌
生鲜食品	43.81	20.28	59.18	0.00
熟制品	49.48	19.97	40.82	78.57
自制饮料	1.55	7.34	0.00	0.00
餐饮及加工用具	5.15	54.38	0.00	21.43

表 6 判断矩阵  $E_2$   
Table 6 The Judgement matrices of  $E_2$

$B_1$	$C_1$	$C_2$	$C_3$	$C_4$
$C_1$	1	3	1/2	5
$C_2$	1/3	1	1/4	3
$C_3$	2	4	1	7
$C_4$	1/5	1/3	1/7	1

表 7 判断矩阵  $E_3$   
Table 7 The judgement matrices of  $E_3$

$B_2$	$C_1$	$C_2$	$C_3$	$C_4$
$C_1$	1	4	2	1/3
$C_2$	1/4	1	1/3	1/6
$C_3$	1/2	3	1	1/4
$C_4$	3	6	4	1

表 8 判断矩阵  $E_4$   
Table 8 The judgement matrices of  $E_4$

$B_3$	$C_1$	$C_2$	$C_3$	$C_4$
$C_1$	1	1/4	2	2
$C_2$	4	1	6	6
$C_3$	1/2	1/6	1	1
$C_4$	1/2	1/6	1	1

表 9 判断矩阵  $E_5$   
Table 9 The judgement matrices of  $E_5$

$B_4$	$C_1$	$C_2$	$C_3$	$C_4$
$C_1$	1	1/6	2	1/4
$C_2$	6	1	7	3
$C_3$	1/2	1/7	1	1/4
$C_4$	4	1/3	4	1

由公式(1)~(5)分别计算出判断矩阵  $E_2$ 、 $E_3$ 、 $E_4$ 、 $E_5$  所对应的特征向量  $w_2$ 、 $w_3$ 、 $w_4$ 、 $w_5$  及最大近似值  $\lambda_{max}$  如下:

特征向量  $w_2=(0.3059, 0.1307, 0.5057, 0.0577)$ ,  $\lambda_{max}=4.0583$ ;

特征向量  $w_3=(0.2404, 0.0646, 0.1472, 0.5479)$ ,  $\lambda_{max}=4.0812$ ;

特征向量  $w_4=(0.1805, 0.6254, 0.0970, 0.0970)$ ,  $\lambda_{max}=4.0104$ ;

特征向量  $w_5=(0.0931, 0.5804, 0.0633, 0.2632)$ ,  $\lambda_{max}=4.0972$ ;

3.2.2 利用  $\lambda_{max}$  进行一致性检验

经公式(6)及(7)计算得到判断矩阵  $E_1$ 、 $E_2$ 、 $E_3$ 、 $E_4$ 、 $E_5$  的一致性比例  $CR$  分别为 0.022、0.022、0.030、0.004、0.036, 这些值均小于 0.10, 因此各判断矩阵的不一致性被接受, 满足一致性检验, 可以进行下一过程即组合权重的确定。

3.2.3 组合权重的计算

依据公式(8)计算得到生鲜食品( $C_1$ )、熟制品( $C_2$ )、自制饮料( $C_3$ )、餐饮及加工用具( $C_4$ )对于餐饮食品微生物安全( $A$ )的组合权重  $W$  为:  $W=[w_1 w_2 w_3 w_4] w_1=(0.1718, 0.5289, 0.1247, 0.1747)$

3.3 综合安全指数计算结果

对各抽检对象的 4 个微生物指标不合格率进行统计, 统计结果见表 10 所示。

表 10 各类抽检对象不合格率统计(%)  
Table 10 Statistical tables of failure rates from various types of sampling object

类别 年份	生鲜食品	熟制品	自制饮料	餐饮及加工用具
A	0.00	33.33	0.00	5.00
B	11.11	6.97	5.75	8.42
C	6.58	4.00	4.04	2.61
D	7.20	5.87	5.31	8.51

将 4 类抽检对象的不合格率按照公式(10)进行归一化处理, 得出各抽检对象的不合格程度。四年生鲜食品、熟制品、自制饮料、餐饮及加工用具的不合格程度见表 11。

表 11 各类抽检对象不合格程度(%)  
Table 11 Unqualified degree of various types of object

类别 年份	生鲜食品	熟制品	自制饮料	餐饮及加工用具
A	0.00	86.95	0.00	13.05
B	34.45	21.61	17.83	26.11
C	38.19	23.22	23.45	15.15
D	26.78	21.83	19.75	31.65

最后, 分别将以上统计得出的不合格程度及组合权重  $W=(0.1718, 0.5289, 0.1247, 0.1747)$  代入公式(9), 计算得出各年的微生物综合安全指数。以 A 年为例, 该年餐饮食品微生物综合安全指数( $F$ ):

$$F=C_1 \times X_1 + C_2 \times X_2 + C_3 \times X_3 + C_4 \times X_4 = 0.1718 \times 0.00 + 0.5289 \times 86.95 + 0.1247 \times 0.00 + 0.1747 \times 13.05 = 48.26$$

其他年份依次类推, 最终得出 4 年某省餐饮食品微生物安全趋势如图 6 所示。

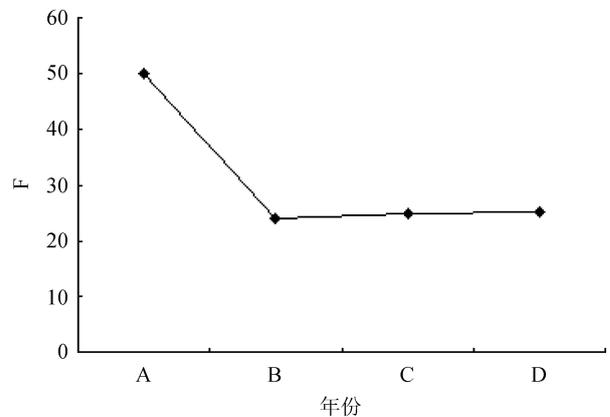


图 6 餐饮食品微生物安全趋势图

Fig. 6 The trend graph of microbiological safety in catering industry

由于  $F$  值的大小是通过抽检对象的不合格程度来体现的, 因此  $F$  值与安全性成反比例关系, 即  $F$  值越小, 微生物安全性越高。由图 6 可清晰的看出, 在 4 年这段时间内, 某省餐饮食品的微生物安全性总体上在逐步提高, 整个行业在往安全的方向发展。然而在 4 年间, 曲线出现小幅度的波动, 这表明餐饮食品

要时刻警惕微生物风险, 严格进行食品安全管理, 不可在安全保障工作上有所松懈。

## 4 结 论

菌落总数和大肠菌群超标在 4 类抽检对象中均普遍存在, 属于相对常见风险因素, 且在 4 年的自制饮料类中发现比例较高; 金黄色葡萄球菌超标在熟制品中最为常见, 在 A、C 和 D 年的熟制品中均发生多次金黄色葡萄球菌超标情况, 另外, 金黄色葡萄球菌在生鲜食品和餐饮及加工用具中发生频率也较高, 在自制饮料中最不常见; 沙门氏菌在 4 个微生物指标中属于较不常出现的菌类。

## 参考文献

- [1] 王晔茹, 林兰, 徐潇, 等. 餐饮服务食品微生物风险评估研究进展[J]. 中国药事, 2013, 27(5): 530-533.  
Wang YR, Lin L, Xu X, *et al.* Research Progress of Microbiological Risk Assessment on restaurant foods [J]. China Acad J Ele Pub House, 2013, 27(5): 530-533.
- [2] 杨雪梅, 焦斐, 吴伟, 等. 113 批餐饮服务食品微生物检验结果分析[J]. 山东化工, 2015, 44(6): 77-78.  
Yang XM, Jiao P, Wu W, *et al.* Analysis of Microbial Contamination for 113 Batches of Food [J]. Shangdong Chem Ind, 2015, 44(6): 77-78.
- [3] Saaty TL. Modeling unstructured decision problems the theory of analytical hierarchies [J]. Math Comput Simulation, 1978, 20: 147-158.
- [4] Kunal K, Ganguly Kalyan K.. A fuzzy AHP approach for inbound supply risk assessment [J]. Benchmark: Int J, 2013, 20(1): 129-146.
- [5] Lin C, Meng XF. Modelling of traction battery performance appraisal based on fuzzy comprehensive and AHP [J]. Kybernetes, 2009, 38(3/4): 339-345.
- [6] 陈义华. 数学建模的层次分析法[J]. 甘肃工业大学学报, 1997, 23(3): 93-97.  
Chen YH. The analytic hierarchy process for mathematical modelling [J]. J Gansu Uni Techn, 1997, 23(3): 93-97.
- [7] 胡东良, 林雁青, 王萍. 食品的微生物危害度分类研究[J]. 肉品卫生, 1994: 10.  
Hu DL, Lin YQ, Wang P. Food microbiological hazards classification [J]. Meat Hyg, 1994: 10.
- [8] Yang JH. Integrative performance evaluation for supply chain system based on logarithm triangular fuzzy number-AHP method [J]. Kybernetes, 2009, 38(10): 1760-1770.
- [9] 马爱霞. 层次分析法在快速确定食物中毒中的应用研究[J]. 医学动物防制, 2007, 23(10): 778.  
Ma AX. Analytic hierarchy process (ahp) in the application of rapid determination of food poisoning [J] Med Ani Prev, 2007, 23(10): 778.
- [10] 高振华, 陈永兴, 吕建英. 层次分析法及其在食品卫生监督和肠道传染病综合评价中的应用[J]. 中国公共卫生, 1995, 11(6): 285-286.  
Gao ZH, Chen YX, Lv JY. Analytic hierarchy process (ahp) and its application in food hygiene supervision and the application of comprehensive evaluation of intestinal infectious diseases [J] Chin J Pub Health, 1995, 11(6): 285-286.
- [11] 田玉娥. 应用层次分析法诊断食物中毒的探讨[J]. 交流园地, 2006, 3(19): 3-5.  
Tian YE. Application of analytic hierarchy process (ahp) in the diagnosis of food poisoning [J]. Park Commun, 2006, 3(19): 3-5.
- [12] Lai CF, Chiu PS, Huang YM, *et al.* An evaluation model for digital libraries' user interfaces using fuzzy AHP [J]. Electronic Library, 2014, 32(1): 83-95.
- [13] 吴道义, 顾明. 层次分析法在畜牧业循环经济综合评价中的应用[J]. 家畜生态学报, 2010, 31(1): 51-53.  
Wu DY, Gu M. Analytic hierarchy process on the comprehensive evaluation of the animal husbandry circular economy [J]. Act Eco Ani Dom, 2014, 32(1): 83-95.
- [14] 吕连宏, 张征, 李道峰, 等. 应用层次分析法构建中国煤炭城市生态环境质量评价指标体系[J]. 能源环境保护, 2005, 19(5): 53-56.  
Lv LH, Zhang Z, Li DF, *et al.* Application of Analytic Hierarchy Process to Construct the Ecological Environment Quality Assessment Index System in Chinese Coal City [J]. Ene Env Pro, 2005, 19(5): 53-56.
- [15] Seydel J. Data envelopment analysis for decision support [J]. Ind Manage & Data Sys, 2006, 106(1): 88-95.

(责任编辑: 李振飞)

## 作者简介



刘丽洁, 硕士, 主要研究方向为食品科学。  
E-mail: 274785207@qq.com



张娜, 博士, 副教授, 主要研究方向为食品化学和食品安全。  
E-mail: foodzhangna@163.com