

doi:10.3969/j.issn.1673-9833.2015.03.016

基于供应链的肉食品安全预警指标体系研究

曹春丽

(湖南工业大学 商学院, 湖南 株洲 412007)

摘要: 设计肉食品安全指标, 可以有效预防和控制食品风险。根据科学性、系统性、可操作性、先行性等原则, 运用层次分析法, 设计肉食品安全预警指标体系。选取饲料抽检合格率、兽药残留超标率、农药残留量、有害重金属含量、食品添加剂含量等 15 个指标, 构建肉食品安全预警指标体系。然后对指标权重进行计算, 得出指标中对肉食品安全影响较大的是饲料抽检合格率、兽药残留超标率、加工工艺标准、食品添加剂含量。

关键词: 供应链; 食品安全; 肉食品; 预警指标

中图分类号: F425

文献标志码: A

文章编号: 1673-9833(2015)03-0083-05

Research on Meat Food Security Early Warning Index System Based on Supply Chain

Cao Chunli

(Business School, Hunan University of Technology, Zhuzhou Hunan 412007, China)

Abstract : The design of meat food safety index can effectively prevent and control food risk. According to the principle of scientific, systematic, operability and first priority, applies analytic hierarchy process to the design of meat food security early warning index system. Selects 15 indexes to construct the early warning index system, calculates the index weights, and concludes that the most influenced factors are the qualified rate of feed sampling, the residue of veterinary drugs, the processing technology standard and the content of food additives.

Keywords : supply chain; food safety; meat; early warning indicator

0 引言

食品安全问题受到公众的普遍关注, 而肉食品又是我国消费者的主要食品, 近年来“瘦肉精”“禽流感”等事件的频频发生, 引起了人们对肉食品安全的质疑, 肉食品的安全已经成为亟待解决的问题。陈秋铃等采用突变模型评估了我国食品安全风险, 结果显示: 我国食品安全风险值呈下降趋势, 但是食品安全仍然需要加强流通和消费环节^[1]。吴雄周认为, 我国食品安全事件频发主要是因制度监管失范^[2]。武力认为, 应从技术投入、组织结构模式、过程管理、

人员培训 4 个环节控制食品安全风险^[3]。目前, 较多学者对食品安全的影响因素、安全风险、制度监管等方面进行了研究, 研究角度较为广泛, 但是研究有待进一步深化, 因此, 笔者拟从供应链的角度对肉食品安全预警指标进行探讨。供应链是围绕核心企业, 通过对商流、信息流、物流、资金流的控制, 从采购原材料开始, 制成中间产品以及最终产品, 最后由销售网络把产品送到消费者手中的将供应商、制造商、分销商、零售商直到最终用户, 连成一个整体的功能网链结构。

收稿日期: 2015-02-12

基金项目: 湖南省教育厅科研基金资助项目(13C026), 湖南工业大学社会科学研究基金资助项目(2014HSX11)

作者简介: 曹春丽(1980-), 女, 湖南常宁人, 湖南工业大学讲师, 研究方向为供应链管理, E-mail: caochunli0919@126.com

1 指标体系设计的方法和步骤

1.1 指标体系设计的方法

应用层次分析法 (analytic hierarchy process, AHP) 分析决策问题时, 首先要把问题条理化、层次化, 构造出一个有层次的结构模型。该结构模型中, 最高层只有 1 个元素, 也称为目标层。中间层包含了为实现目标所涉及的中间环节, 由若干个层次组成, 也称为准则层。最底层包括为实现目标可供选择的各种措施、决策方案等, 也称为措施层或方案层。

建立递阶层次结构以后, 上下层次之间元素的隶属关系就被确定了。假定上一层次的元素 C_k 作为准则, 其对下一层次元素 A_1, A_2, \dots, A_n 有支配关系, 本研究的目的是在准则 C_k 之下按它们的相对重要性赋予 A_1, A_2, \dots, A_n 相应的权重。

1.2 指标体系设计的步骤

首先, 根据肉食品安全问题的影响因素, 找出肉食品安全预警指标; 其次, 对指标进行层次分析; 将指标分为目标层、准则层、方案层; 最后, 对每个层次的指标进行选择, 通过对肉食品安全的影响因素分析, 根据对部分专家和技术人员的咨询、资料查询和个人经验的判断, 选出肉食品安全预警指标^[4]。

2 指标体系的建立

2.1 指标体系的初步设立

根据所查资料, 初步设立肉食品安全预警指标, 如表 1 所示。^[5]

表1 肉食品安全预警初设指标体系

目标层	准则层	方案层
基于供应链的肉食品安全预警总警度	生产部门的 生产水平 和责任	饲料抽检合格率
		兽药残留超标 (合格率)
		环境污染
		食品添加剂含量
		员工操作的熟练程度
		加工工艺标准 (实行标准化的程度%)
		包装技术水平 (实行标准化的程度%)
		加工设备合格率
		食品标识管理 (标识的清晰度%)
		储藏技术 (实行标准化的程度%)
运输技术 (实行标准化的程度%)		
社会责任		
卫生条件		
监督部门 监督水平	监督水平	检测机构建设水平
		市场监管水平
		政府监管水平 (法律完善水平)
消费者食品 安全意识	安全意识	消费者文化水平
		消费观念
		消费者对食品安全的知晓程度

2.2 问卷调查

通过面谈、电子邮件等方式向消费者和相关企业生产工人、管理人员发放问卷共 180 份, 回收有效问卷 156 份, 问卷回收有效率 86.67%。获得的数据见表 2 和表 3。

表2 准则层问卷调查汇总表

指标名称	可以作为 衡量指标	不可以作为 衡量指标
生产部门的生产水平和责任	156	0
监督部门监督水平	150	6
消费者食品安全意识	70	86

表3 方案层问卷调查汇总表

指标名称	可以作为 衡量指标	不可以作为 衡量指标
饲料抽检合格率	156	
兽药残留超标 (合格率)	156	
环境污染	156	
食品添加剂含量	156	
员工操作的熟练程度	146	10
加工工艺标准 (实行标准化的程度%)	156	
包装技术水平 (实行标准化的程度%)	156	
加工设备合格率	156	
食品标识管理 (标识的清晰度%)	156	
储藏技术 (实行标准化的程度%)	156	
运输技术 (实行标准化的程度%)	156	
社会责任	142	14
卫生条件	156	
检测机构建设水平	156	
市场监管水平	153	3
政府监管水平 (法律完善水平)	150	6
消费者文化水平	3	153
消费观念	50	106
消费者对食品安全的知晓程度	60	96

2.3 指标的调整

根据准则层调查结果和专家提出的补充意见, 以及可操作性原则和定量原则, 将准则层和方案层的指标进行调整。

1) 准则层的调整。具体如下: 取消“消费者食品安全意识”准则层; 将“生产部门的生产水平和责任”调整为“原材料采购环节”“生产加工环节”“流通销售环节”3 个准则层; 将“监督部门监督水平”调整为“安全监管环节”。

2) 方案层的调整。具体如下: 将“环境污染”调整为有“害重金属含量”; 将“员工操作的熟练程度”调整为“企业员工的素质 (学历水平)”; 取消“社会责任”“卫生条件”“文化水平”“消费观念”“消费者对食品安全的知晓程度”等指标。

2.4 指标体系的形成

先确定准则层次, 其层次划分如下:

- 1) 目标层。目标层为肉食品安全总警度。
- 2) 准则层。准则层包括原材料采购环节, 生产加工环节, 流通销售环节和安全监管环节。
- 3) 方案层。方案层包括饲料抽检合格率, 兽药残留超标率, 农药残留量, 有害重金属含量, 食品添加剂含量, 企业员工的素质(学历水平), 加工工艺

标准(实行标准化的程度), 包装材质(合格率), 加工设备(合格率), 标识管理(规范化程度), 储藏技术(实行标准化的程度), 运输技术(实行标准化的程度), 检测机构建设水平, 市场监管水平, 政府监管水平(法律完善水平)。

建立的指标体系框架图如图1所示。

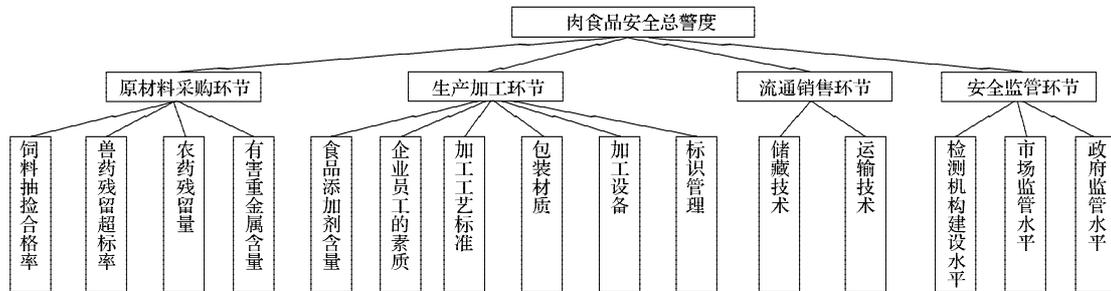


图1 指标体系框架图

Fig. 1 The index system frame

3 指标权重的确定

为便于构建判断矩阵, 给目标层、准则层和方案层的每一项用 X, X_1 等代替, 具体如下:

- 1) 目标层。基于供应链的肉食品安全总警度 X 。
- 2) 准则层(指数层)。原材料采购环节 X_1 , 生产加工环节 X_2 , 流通销售环节 X_3 , 安全监管环节 X_4 。
- 3) 方案层(指标层)。饲料抽检合格率 X_{11} , 兽药残留超标率 X_{12} , 农药残留量 X_{13} , 有害重金属含量 X_{14} , 食品添加剂含量 X_{21} , 企业员工的素质 X_{22} , 加工工艺标准 X_{23} , 包装材质 X_{24} , 加工设备 X_{25} , 标识管理 X_{26} , 储藏技术 X_{31} , 运输技术 X_{32} , 检测机构建设水平 X_{41} , 市场监管水平 X_{42} , 政府监管水平 X_{43} 。^[6-7]

为了计算权重的需要, 给出下面2个说明。

- 1) 为了确定 b_{ij} 的值, 利用1~9及其倒数作为标度。表4列出了1~9及其倒数的含义。

表4 标度的含义

Table 4 The scale meaning

标度	含义
1	2个因素相比, 具有同等重要性
3	2个因素相比, 前者比后者稍微重要
5	2个因素相比, 前者比后者明显重要
7	2个因素相比, 前者比后者强烈重要
9	2个因素相比, 前者比后者极端重要
2,4,6,8	表示处于上述相邻值之间
倒数	若因素 <i>i</i> 和因素 <i>j</i> 的重要性之比为 b_{ij} , 则因素 <i>j</i> 和因素 <i>i</i> 的重要性之比为 $b_{ji}=1/b_{ij}$

这里的 b_{ij} 是根据资料数据、专家的意见和系统分析人员的经验, 经过反复研究后确定的。

- 2) 查找相应的平均随机一致性指标 $R.I.$ (random index), 表5给出了1~9阶正互反矩阵计算1000次得到的平均随机一致性指标。

表5 平均随机一致性指标

Table 5 The average random consistency index

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$R.I.$	0	0	0.58	0.90	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45

3.1 准则层权重计算

经过对企业相关工作人员的调查, 根据少数服从多数的原则, 得到两两比较的结果。

根据表1, 相对于目标层肉食品安全总警度 X 而言, 将准则层 X_1, X_2, X_3, X_4 进行两两比较, 经过对企业相关工作人员的调查, 根据少数服从多数的原则, 得到判断矩阵, 并进行相对重要程度的计算, 所得结果见表6。

表6 $X \sim X_n$ 判断矩阵

Table 6 The $X \sim X_n$ judgment matrix

X	X_1	X_2	X_3	X_4	相对重要程度 W
X_1	1	2	9	7	0.563
X_2	1/2	1	5	3	0.278
X_3	1/9	1/5	1	1/3	0.051
X_4	1/7	1/3	3	1	0.107

然后进行一致性检验, 计算步骤如下:

$$(XW)_i = [2.448, 1.138, 0.205, 2, 0.434, 1],$$

$$\lambda_{\max} = \sum_{i=1}^n \frac{(XW)_i}{nW_i} = 4.12,$$

$$\text{一致性指标 } C.I. = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1} = \frac{4.12 - 4}{4 - 1} = 0.04.$$

查表5知 $n=4, R.I.=0.90,$

$$C.R. = \frac{C.I.}{R.I.} = \frac{0.04}{0.90} = 0.04 < 0.10, \text{符合一致性检验。}$$

3.2 方案层权重计算

- 1) 计算 $X_1 \sim X_{1n}$ 判断矩阵

相对于原材料采购环节 X_1 而言, 将指标层 $X_{11}, X_{12}, X_{13}, X_{14}$ 进行两两比较, 得到判断矩阵, 并进行相

对重要程度的计算, 所得结果如表7所示。

表7 $X_1 \sim X_{1n}$ 判断矩阵

Table 7 The $X_1 \sim X_{1n}$ judgment matrix

X_1	X_{11}	X_{12}	X_{13}	X_{14}	相对重要程度 W
X_{11}	1	5	7	9	0.643
X_{12}	1/5	1	3	5	0.208
X_{13}	1/7	1/3	1	3	0.101
X_{14}	1/9	1/5	1/3	1	0.048

然后进行一致性检验, 计算步骤如下:

$$(X_1W)_i = [2.9280, 0.8796, 0.4062, 0.1947],$$

$$\lambda_{\max} = \sum_{i=1}^n \frac{(X_1W)_i}{nW_i} = 4.21,$$

$$\text{一致性指标 } C.I. = \frac{\lambda_{\max} - n}{n-1} = \frac{4.12-4}{4-1} = 0.07,$$

查表5知 $n=4, R.I.=0.90,$

$$C.R. = \frac{C.I.}{R.I.} = \frac{0.07}{0.90} = 0.08 < 0.10, \text{ 符合一致性检验。}$$

2) 计算 $X_2 \sim X_{2n}$ 判断矩阵

相对于生产加工环节 X_2 而言, 将指标层 $X_{21}, X_{22}, X_{23}, X_{24}, X_{25}, X_{26}$ 进行两两比较, 得到判断矩阵, 并进行相对重要程度的计算, 所得结果如表8所示。

表8 $X_2 \sim X_{2n}$ 判断矩阵

Table 8 The $X_2 \sim X_{2n}$ judgment matrix

X_2	X_{21}	X_{22}	X_{23}	X_{24}	X_{25}	X_{26}	相对重要程度 W
X_{21}	1	7	1/3	4	2	8	0.250
X_{22}	1/7	1	1/7	1/3	1/5	2	0.042
X_{23}	3	7	1	5	3	9	0.413
X_{24}	1/4	3	1/5	1	1/2	6	0.101
X_{25}	1/2	5	1/3	2	1	7	0.165
X_{26}	1/8	1/2	1/9	1/6	1/7	1	0.027

再进行一致性检验, 计算步骤如下:

$$(X_2W)_i = [1.6363, 0.2582, 2.7046, 0.6191, 1.0322, 0.1659],$$

$$\lambda_{\max} = \sum_{i=1}^n \frac{(X_2W)_i}{nW_i} = 6.27,$$

$$\text{一致性指标 } C.I. = \frac{\lambda_{\max} - n}{n-1} = \frac{6.27-6}{6-1} = 0.054,$$

$$\text{查表5知, 当 } n=6 \text{ 时 } R.I.=1.24, C.R. = \frac{C.I.}{R.I.} = \frac{0.054}{1.24} =$$

$0.04 < 0.10,$ 符合一致性检验。

3) 计算 $X_3 \sim X_{3n}$ 判断矩阵

对于准则层流通销售环节 X_3 , 将指标层 X_{31}, X_{32} 进行两两比较, 得到判断矩阵, 并进行相对重要程度的计算, 所得结果如表9所示。

表9 $X_3 \sim X_{3n}$ 判断矩阵

Table 9 The $X_3 \sim X_{3n}$ judgment matrix

X_3	X_{31}	X_{32}	相对重要程度 W
X_{31}	1	5	0.833
X_{32}	1/5	1	0.167

查表5可知, 当 $n < 3$ 时, $R.I.=0,$ 判断矩阵永远具有一致性。

4) 计算 $X_4 \sim X_{4n}$ 判断矩阵

相对于准则层安全监管环节 X_4 , 指标层 X_{41}, X_{42}, X_{43} 进行两两比较, 得到判断矩阵, 并进行相对重要程度的计算, 所得结果如表10所示。

表10 $X_4 \sim X_{4n}$ 判断矩阵

Table 10 The $X_4 \sim X_{4n}$ judgment matrix

X_4	X_{41}	X_{42}	X_{43}	相对重要程度 W
X_{41}	1	1/3	1/7	0.088
X_{42}	3	1	1/3	0.243
X_{43}	7	3	1	0.669

再进行一致性检验, 计算步骤如下:

$$(X_4W)_i = [0.265, 0.731, 2.015],$$

$$\lambda_{\max} = \sum_{i=1}^n \frac{(X_4W)_i}{nW_i} = 3.007,$$

$$\text{一致性指标 } C.I. = \frac{\lambda_{\max} - n}{n-1} = \frac{3.007-3}{3-1} = 0.004,$$

查表5知, 当 $n=3$ 时, $R.I.=0.58,$

$$C.R. = \frac{C.I.}{R.I.} = \frac{0.004}{0.58} = 0.006 < 0.10, \text{ 符合一致性检验。}$$

在计算了以上4个准则层和15个指标相对重要程度之后, 用图2所示肉食品安全层次权重分析图表示准则层相对目标层的各个权重以及方案层相对准则层的各个权重。

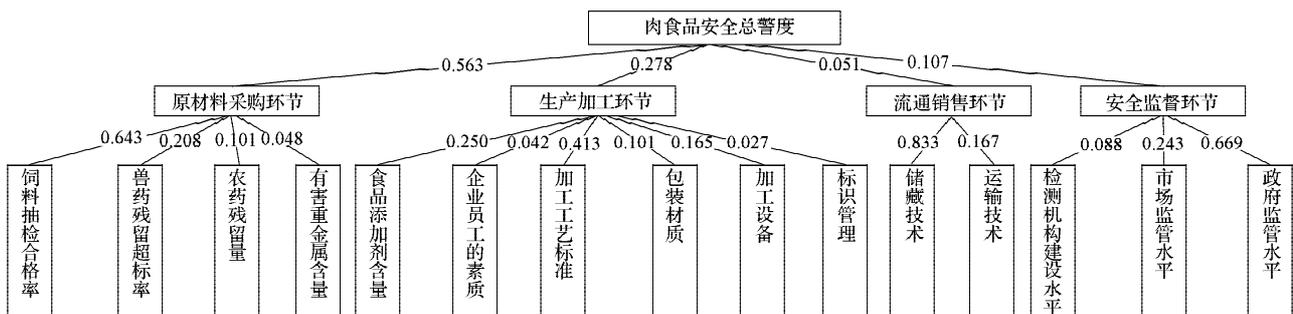


图2 肉食品安全层次权重分析图

Fig. 2 The meat safety hierarchy weight analysis diagram

3.3 总权重计算

在层次分析图2的基础上,通过计算,得出各个指标相对于基于供应链的肉食品安全总警度 X 的总权重。即层次总排序,如表11所示。

表11 肉食品安全指标层次总排序
Table 11 The meat safety index hierarchy ranking

指标	原材料 采购权 重0.563	生产加 工权重 0.278	流通销 售权重 0.051	安全监管 环节权重 0.107	层次 总排序
饲料抽检合格率	0.643				0.362 0
兽药残留超标率	0.208				0.117 1
农药残留量	0.101				0.056 9
有害重金属含量	0.048				0.027 0
食品添加剂含量		0.250			0.069 5
企业员工的素质		0.042			0.011 7
加工工艺标准		0.413			0.114 8
包装材质		0.101			0.028 1
加工设备		0.165			0.045 9
标识管理		0.027			0.007 5
储藏技术			0.833		0.042 5
运输技术			0.167		0.008 5
检测机构建设水平				0.088	0.009 4
市场监管水平				0.243	0.026 0
政府监管水平				0.669	0.071 6

4 结语

肉食品安全的预警指标包括原材料采购、生产加工、销售运输,加上安全监管环节中饲料抽检合格率、兽药残留超标率、农药残留量、有害重金属含量、食品添加剂含量、企业员工的素质、加工工艺标准、包装材质、加工设备、标识管理、储藏技术、运输技术、检测机构建设水平、市场监管水平、政府监管水平等15个肉食品安全预警指标。

从供应链环节分析,原材料采购环节对肉食品安全影响程度最大,从影响肉食品安全的指标来看,对肉食品安全影响最大的是饲料抽检合格率,其次是兽药残留超标、加工工艺标准、食品添加剂含量。对肉食品安全影响较小的指标是标识管理、运输技术、检测机构建设水平。

参考文献:

- [1] 陈秋铃,马晓姗,张青.基于突变模型的我国食品安全风险评估[J].中国安全科学报,2011,21(2):152-158.
Chen Qiuling, Ma Xiaoshan, Zhang Qing. Risk Assessment of Food Safety in China Based on Catastrophe Model[J]. China Safety Science Journal, 2011, 21(2): 152-158.
- [2] 吴雄周.制度监管是保障我国食品安全的着力点[J].学术论坛,2011,34(11):127-130.
Wu Xiongzhou. System Supervision is the Key Point to Protect Food Safety in China[J]. Academic Forum, 2011, 34(11): 127-130.
- [3] 武力.基于供应链的食品安全风险控制模式研究[J].食品与发酵工业,2010(8):132-135.
Wu Li. Risk Control Mode for Food Safety Based on Supply Chain[J]. Food and Fermentation Industries, 2010(8): 132-135.
- [4] 肖静.基于供应链的食品安全保障研究[D].长春:吉林大学,2009.
Xiao Jing. The Research on Food Safety Guarantee Based on Supply Chain[D]. Changchun: Jilin University, 2009.
- [5] 唐晓纯.多视角下的食品安全预警体系[J].中国软科学,2008(6):150-160.
Tang Xiaochun. Food Safety Early Warning System Under Different Perspectives[J]. China Soft Science, 2008(6): 150-160.
- [6] 吴秀敏.我国猪肉质量安全管理体系研究:基于四川消费者、生产者行为的实证分析[D].杭州:浙江大学,2006.
Wu Xiumin. Pork Quality and Safety Management System Research in China: Based on the Empirical Analysis of Consumer and Producer Behavior in Sichuan Province[D]. Hangzhou: Zhejiang University, 2006.
- [7] 孔繁涛.畜产品质量安全预警研究[D].北京:中国农业科学院,2008.
Kong Fantao. Study on the Early-Warning of Quality Safety of Animal Products[D]. Beijing: China Academy of Agricultural Sciences, 2008.

(责任编辑:申剑)