

基于模糊综合评判的农产品冷链物流 质量安全评价研究

宋宝娥, 朱文英, 李晓明

(长安大学 经济与管理学院, 西安 陕西 710064)

摘要: 为了对农产品冷链物流质量安全进行评价,根据农产品特性,综合农产品冷链物流所需的特殊条件和设备建立了全面反映农产品物流环境、设施设备、作业流程、人员素质特征的指标体系。运用三角模糊层次分析法确定各指标的权重,并结合模糊综合评判构建了评价农产品冷链物流质量安全模型。最后,通过农产品冷链物流的实证分析验证了模型的有效性。

关键词: 农产品;冷链物流;质量安全;模糊综合评判

中图分类号: X 913.4 **文献标志码:** A **文章编号:** 1673—1689(2013)10—1057—06

The Research on the Assessment of Farm Produce Cold Chain Quality and Safety Based on Fuzzy Comprehensive Evaluation

SONG Bao-e, ZHU Wen-ying, LI Xiao-ming

(School of Economics and Management, Chang'an University, Xi'an 710064, China)

Abstract: In order to evaluate the quality and safety of farm produce cold chain, this paper combines the characteristics of farm produce with its special conditions and equipment and puts forward the comprehensive index system from the perspective of logistics environment, facility and equipment, process and personnel quality. FHAP (Fuzzy Hierarchical Analytical Process) is utilized to calculate the weight of each index. Together with the Fuzzy Comprehensive Evaluation, the evaluation model is designed. A Farm Produce Cold Chain serves as an example to demonstrate the effectiveness of the proposed model.

Keywords: farm produce, cold chain, quality and safety, fuzzy comprehensive evaluation

随着经济的发展和人民收入的提高,消费者对生鲜农产品的需求日益旺盛,对农产品新鲜度的追求不断增强。然而,农产品质量却令人堪忧,农产品安全问题正在成为全世界关注的焦点,也是涉及人

民健康和生命的重要问题^[1]。冷链系统安全低下不仅给国民经济带来巨大损失,还对食品安全构成了威胁,严重影响了消费者身体健康。单2005年一年,卫生部共收到全国食品中毒事件报告256起,

收稿日期: 2013-03-20

基金项目: 2011年度中央高校基本科研项目(CHDW2011ZD004)。

作者简介: 宋宝娥(1985—),女,山西平遥人,物流工程与管理博士研究生,主要从事食品供应链、食品安全研究。

E-mail: songbaoestrive2008@hotmail.com

中毒 9021 人,死亡 235 人,涉及 100 人以上食品中毒 18 起^[2]。同时,农产品冷链物流也受到了国家的高度重视,2010 年 7 月 29 日国家发展和改革委员会正式颁布了《农产品冷链物流发展规划(2011—2015 年)》,农产品冷链物流质量安全问题已上升到国家层面^[3]。冷链物流质量安全低下给人民生命财产带来的损失亟待解决,但是在理论研究领域,目前国内学者对冷链物流研究偏少,对专门针对农产品冷链物流安全评价模型进行研究的更少。因此,本文选择农产品冷链物流系统安全评价模型作为研究对象,具有重要的理论意义和现实意义。

1 农产品冷链物流质量安全评价

1.1 农产品冷链物流及其质量安全评价

农产品有狭义和广义之分,狭义的农产品是指种植、养殖而来的,未经加工或只经过初加工的,供人类食用的农产品,主要包括蔬菜、水果、畜禽等;广义的农产品是指初级农产品、冷藏冷冻农产品以及加工农产品。

冷链(cold chain)最早是由美国人阿尔伯特·巴里尔和英国人 O.A. 莱蒂齐于 1894 年提出来的。国家标准物流术语(GB/T18354-2006)将冷链定义为:“根据物品特性,为保持其品质而采用的从生产到消费始终处于低温状态的物流网络”。冷链物流既具有物流的一般性,又有其自身的特殊性。冷链物流对温度、流通的时间以及产品耐藏性(即冷链物流的 3T 原则)要求极高,以防止产品受到污染,减少产品损耗,进而保证产品质量安全。安全性是消费者对食品的最基本诉求,世界卫生组织(WHO)对安全性的解释为:“对食品按照其原定用途进行制作和(或)食用时不会使消费者受害的一种担保”。

目前,国内外尚未有农产品冷链物流安全的统一定义,因此本文结合冷链及安全性的概念将其定义为农产品冷链物流运作过程中采用冷链技术不使消费者因农产品腐败、变质、失效、不符合卫生标准、信息失真等而受到伤害的一种保证。农产品冷链物流是由以下四个方面构成:冷冻加工、冷冻贮藏、冷藏运输以及配送、冷冻销售。

对农产品冷链物流系统安全评价是综合运用系统安全工程的方法对冷链物流的安全性进行度量 and 预测,确认冷链系统发生危险的可能性以及严重程度。

1.2 农产品冷链物流研究概述

农产品物流质量安全评价是进行物流安全保障体系研究的基础工作之一。国内外学者从食品安全与物流的关系、农产品冷链质量安全控制体系、食品安全配送和库存系统等方面进行了深入的研究,为后续冷链物流研究提供了有益的理论和方法基础。韩月明^[4](2005)认为食品物流严重影响食品安全,控制食品物流过程中的安全问题,能够减少食品安全隐患。鲍长生^[5](2007)探讨了为实现食品安全控制有效目标,构建冷链系统内食品安全保障体系是一种有效方法。Alex^[6]等(2006)研究了冷链在确保全球农产品安全中的重要作用;分析了 HACCP 体系在农产品质量安全管理中的应用。邱祝强^[7](2007)针对国内冷藏链体系不完善,生鲜农产品冷藏运输率偏低的问题,对生鲜农产品物流网络网点布局优化、农产品配送优化及其安全风险评价进行了研究。参考以上研究,本文在分析影响冷链物流系统安全因素的基础上,采用三角模糊数层次分析法和模糊综合评判法相结合的方式,探索建立评价农产品冷链物流系统安全的一种有效模型。

2 冷链物流质量安全评价模型

2.1 冷链物流质量安全评价指标体系的构建

构建农产品冷链物流系统安全评价指标体系是为了明确冷链物流安全需要控制和考核的关键内容,以确保冷链物流安全控制体系的有效性。基于农产品的特性,综合农产品冷链物流所需的特殊条件和设备本文建立了全面反映农产品物流环境、设施设备、作业流程、人员素质特征的指标体系,如下表 1 所示。

2.2 基于模糊综合评判的冷链物流质量安全评价模型构建

在农产品冷链物流系统中,在冷链各个环节的物流设备运行中,许多事故的状态、现象和原因之间具有很大的模糊性,评价中存在很多模糊现象和模糊概念。因此,本来采用三角模糊数层次分析法和模糊综合评判法相结合的方法构建农产品冷链物流安全评价模型。

2.2.1 评价指标权重的确定 模型中各指标在冷链物流质量安全评价中的重要性是不一样的,所以需先确定各指标的权重。层次分析法被广泛用来确定指标权重,然而层次分析法在构造判断矩阵时没

有考虑人的判断模糊性。三角模糊数层次分析法可以很好地弥补层次分析法的这一不足,同时可以避免一致性检验这一复杂步骤。因此,采用三角模糊数层次分析法来确定影响农产品冷链物流系统各要素的权重。

表 1 农产品冷链物流安全评价指标体系

Table 1 Farm produce cold chain safety assessment indicators

总体层	维度层	指标层	定义与公式
冷链物流安全指数 (S)	物流作业环境 (E)	温度 (E1)	冷链物流作业环境温度适宜性和稳定性
		湿度 (E2)	冷链物流作业环境湿度适宜性和稳定性
		清洁度 (E3)	冷链物流作业环境卫生清洁状况
	设施设备 (F)	冷藏车使用率 (F1)	使用冷藏车运输次数/总运输次数
		冷库容量 (F2)	冷藏库的总面积
		冷库利用率 (F3)	冷库利用面积/冷库总面积
		温控设施先进性 (F4)	温度控制设施的适用性和先进性
	作业流程 (P)	冷链运输货损率 (P1)	货物损耗量/总货运量
		预冷保鲜率 (P2)	实施预冷保鲜货物量/总货运量
		冷链连接柔性 (P3)	1/冷链冲突发生次数
	员工素质 (Q)	专业冷链物流人才占有率 (Q1)	专业冷链物流人才数/总员工数
		员工卫生知识培训率 (Q2)	参加卫生知识培训员工数/总员工数
		冷链从业人员职业技能培训率 (Q3)	参加冷链从业人员职业技能培训员工数/总员工数

三角模糊数层次分析法 (FAHP) 简介^[8]

三角模糊函数定义: 设论域 R 上的模糊集 M , 如果 M 的隶属度函数 $\mu_M: R \rightarrow [0, 1]$ 表示为

$$\mu_M(x) = \begin{cases} \frac{x-l}{m-l} & x \in [l, m] \\ \frac{x-u}{m-u} & x \in [m, u] \\ 0 & \text{其他} \end{cases}$$

式中 $l \leq m \leq u$, l 和 u 表示 M 的下界和上界值。 l 和 u 表示模糊的程度, $u-l$ 越大, 模糊程度越强; $u-l$ 越小, 模糊程度越低; 当 $u=l$ 时, 表示判断是非模糊的。

三角模糊数运算法则:

设 $M_1=(l_1, m_1, u_1)$ 、 $M_2=(l_2, m_2, u_2)$ 为两个三角模

糊数, 运算法则如下:

$$M_1 \oplus M_2 = (l_1 + l_2, m_1 + m_2, u_1 + u_2)$$

$$M_1 \otimes M_2 \approx (l_1 l_2, m_1 m_2, u_1 u_2)$$

$$\lambda \otimes M_1 \approx (\lambda l_1, \lambda m_1, \lambda u_1)$$

$$\frac{1}{M_1} \approx \left(\frac{1}{u_1}, \frac{1}{m_1}, \frac{1}{l_1} \right)$$

$M_1 > M_2$ 的可能度用三角函数定义为:

$$P(M_1 \geq M_2) = \begin{cases} 1 & m_1 \geq m_2 \\ \frac{l_2 - u_1}{(m_1 - u_1) - (m_2 - l_2)} & m_1 \leq m_2, u_1 \geq l_2 \\ 0 & \text{其他} \end{cases} \quad (1)$$

一个模糊数大于其他 K 个模糊数的可能度, 被定义为:

$$d(C) = P(M \geq M_1, M_2, \dots, M_K) = \min P(M \geq M_i), \\ i=1, 2, \dots, k$$

三角模糊数层次分析法步骤

FAHP 是用三角模糊数表示模糊比较判断, 并运用三角模糊数的运算和对数最小二乘法, 求得元素的相对重要性, 从而把 AHP 拓展为能够在模糊环境下使用的三角模糊数层次分析法, 具体步骤如下:

1) 根据具体问题, 建立相应的阶梯层次结构。

2) 由业内专家对评价指标进行两两比较, 利用三角模糊数构造模糊判断矩阵 $A = (a_{ij})_{n \times n}$ 其中 $a_{ij} = [l_{ij}, m_{ij}, u_{ij}]$

当 a_i 比 a_j 重要时, 令 $\alpha = m_{ij} - l_{ij}, \beta = u_{ij} - m_{ij}$ 当 a_j 比 a_i 重要时, 令 $\alpha = m_{ji} - l_{ji}, \beta = u_{ji} - m_{ji}$ 。当 $0 < \alpha, \beta < 1/2$ 模糊度过小, 没能反映认识的模糊性; 当 $\alpha, \beta > 1$ 时, 模糊度过大, 置信度减小。实践证明, 当 $1/2 < \alpha, \beta < 1$ 时, 得出的结果较理想。

3) 计算各模糊判断矩阵中各指标的综合重要程度

$$D_i^k = \sum_{j=1}^n a_{ij}^k \div \left(\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n a_{ij}^k \right), i=1, 2, \dots, k \quad (2)$$

4) 层次单排序, 计算模糊判断矩阵中第 i 个元素 C_i 重要于其它各元素的可能性程度:

$$d(C) = P(D \geq D_1, D_2, \dots, D_k) = \min P(D \geq D_i), \\ i=1, 2, \dots, k \quad (3)$$

于是得所有指标的权重向量为 $\omega = (d(C_1), d(C_2), d(C_3), \dots, d(C_n))^T$

经过归一化处理, 可以得到每个指标的归一化权重值:

$$\omega' = (d'(C_1), d'(C_2), \dots, d'(C_n))^T \quad (4)$$

其中 $d'(C_i)=d(C_i)/d(C_1)+d(C_2)+\cdots+d(C_n)$

2.2.2 基于 FAHP 的模糊综合评判 模糊综合评判法是应用模糊关系合成的原理,通过构造等级模糊子集量化被评事物的模糊指标,从多个角度对被评事物隶属度进行综合性评判的一种定量评判方法^[9-10]。具体评判步骤如下:

1)确定评价对象的因素论域

设有 P 个评价指标,则论域为 $u=\{u_1, u_2, \cdots, u_p\}$ 。

2)确定评语等级论域

$v=\{v_1, v_2, \cdots, v_p\}$, 即等级集合。每一个等级可对应一个模糊子集。

3)建立模糊关系矩阵 R

在构造了等级模糊子集后,要逐个对被评事物从每个因素 $u_i (i=1, 2, \cdots, p)$ 上进行量化,即确定从单因素来看被评事物对等级模糊子集的隶属度 ($R|u_i$),进而得到模糊关系矩阵:

$$R = \begin{bmatrix} R|u_1 \\ R|u_2 \\ \cdots \\ R|u_p \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & \cdots & r_{1m} \\ r_{21} & r_{22} & \cdots & r_{2m} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ r_{p1} & r_{p2} & \cdots & r_{pm} \end{bmatrix}_{p,m}$$

矩阵 R 中第 i 行第 j 列元素 r_{ij} , 表示某个被评事物从因素 u_i 来看对 v_j 等级模糊子集的隶属度。一个被评事物在某个因素 u_i 方面的表现,是通过模糊向量 $(R|u_i)=(r_{i1}, r_{i2}, \cdots, r_{im})$ 来刻画的,而在其他评价方法中多是由一个指标实际值来刻画的,因此,从这个角度讲模糊综合评价要求更多的信息^[5]。

4)确定评价因素的权重

在模糊综合评价中,需确定评价因素的权向

量: $\omega=(a_1, a_2, \cdots, a_p)$ 。作者采用三角模糊层次分析法来确定评价指标的相对重要性次序。从而确定权重,并且在合成之前归一化。即 $\sum_{i=1}^p a_i=1, a_i \geq 0, i=1, 2, \cdots, n$ 。

5)合成模糊综合评价结果向量

利用合适的算子将 ω 与各被评事物的 R 进行合成,得到各被评事物的模糊综合评价结果向量 B 。即:

$$B=\omega \circ R=(a_1, a_2, \cdots, a_p) \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & \cdots & r_{1m} \\ r_{21} & r_{22} & \cdots & r_{2m} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ r_{p1} & r_{p2} & \cdots & r_{pm} \end{bmatrix} = (b_1, b_2, \cdots, b_m)$$

其中, b_j 是由 ω 与 R 的第 j 列运算得来的,表示被评事物从整体上看对 v_j 等级模糊子集的隶属程度。

3 冷链物流安全评价模型有效性验证

下面以 A 农产品冷链为例,来具体说明本文提出的安全评价模型应用算法并验证其有效性。

3.1 评价模型指标权重的确定

运用基于三角模糊数层次分析法和模糊综合评判的农产品冷链物流安全评价模型,首先要确定表 1 中各评价指标的权重。笔者请 3 位专家分别评价,建立由 3 位专家评价的模糊判断矩阵 R ,如下表 2 所示,再对 3 位专家的评价进行平均得表 3。

对 3 位专家的评价值求平均,其中 M 是表 3 中矩阵每行的值求和所得,则模糊综合判断矩阵如图表 3 所示。

表 2 一级评价指标的模糊判断矩阵

Table 2 Indicators fuzzy comparison matrix

模糊判断矩阵	E	F	P	Q
E	(1,1,1)	(3/2,2,8/3)	(4/3,2,8/3)	(5/4,2,5/2)
	(1,1,1)	(7/3,3,15/4)	(1/5,1,8/5)	(3/8,1/2,2/3)
	(1,1,1)	(5/4,2,14/5)	(1/3,1,7/4)	(4/3,2,8/3)
F	(3/8,1/2,2/3)	(1,1,1)	(2/5,1/2,4/5)	(4/3,2,5/2)
	(4/15,1/3,3/7)	(1,1,1)	(3/2,2,5/2)	(4/3,2,11/4)
	(5/14,1/2,4/5)	(1,1,1)	(3/5,1,4)	(3/2,2,17/6)
P	(3/8,1/2,3/4)	(5/4,2,5/2)	(1,1,1)	(4/3,2,8/3)
	(5/8,1,5)	(2/5,1/2,2/3)	(1,1,1)	(7/3,3,7/2)
	(4/7,1,3)	(1/4,1,5/3)	(1,1,1)	(4/3,2,5/2)
Q	(2/5,1/2,4/5)	(2/5,1/2,3/4)	(3/8,1/2,3/4)	(1,1,1)
	(3/2,2,8/3)	(4/11,1/2,3/4)	(2/7,1/3,3/7)	(1,1,1)
	(3/8,1/2,3/4)	(6/17,1/2,2/3)	(2/5,1/2,3/4)	(1,1,1)

表3 评价指标平均值模糊判断矩阵
Table 3 Indicators average fuzzy comparison matrix

模糊判断矩阵	<i>E</i>	<i>F</i>	<i>P</i>	<i>Q</i>	评价指标平均值之和 <i>M</i>
<i>E</i>	(1,1,1)	(1.69,2.33,3.07)	(0.62,1.33,2.01)	(0.97,1.5,1.94)	(4.28,6.16,8.02)
<i>F</i>	(0.33,0.44,0.63)	(1,1,1)	(0.83,1.17,2.43)	(1.39,2.2,6.9)	(3.55,4.61,6.75)
<i>P</i>	(0.52,0.83,2.92)	(0.63,1.17,1.61)	(1,1,1)	(1.67,2.33,2.89)	(3.82,5.33,8.42)
<i>Q</i>	(0.76,1,1.41)	(0.37,0.5,0.72)	(0.35,0.44,0.64)	(1,1,1)	(2.48,2.94,3.77)

利用公式(2)可得每个评价指标相对于其他指标的综合重要程度:

$$E=(4.28,6.16,8.02) \cdot \left(\frac{1}{26.96}, \frac{1}{19.04}, \frac{1}{14.13}\right) = (0.159, 0.324, 0.568)$$

$$F=(3.55,4.61,6.75) \cdot \left(\frac{1}{26.96}, \frac{1}{19.04}, \frac{1}{14.13}\right) = (0.132, 0.242, 0.478)$$

$$P=(3.82,5.33,8.42) \cdot \left(\frac{1}{26.96}, \frac{1}{19.04}, \frac{1}{14.13}\right) = (0.142, 0.280, 0.596)$$

$$Q=(2.48,2.94,3.77) \cdot \left(\frac{1}{26.96}, \frac{1}{19.04}, \frac{1}{14.13}\right) = (0.092, 0.154, 0.267)$$

再根据公式(1)计算出每个评价指标优于其他指标的纯测量度:

$$p(F \geq E) = \frac{0.159-0.478}{(0.242-0.478)-(0.324-0.159)} = 0.796$$

同理可得:

$$p(F \geq P)=0.898, p(P \geq E)=0.909, p(Q \geq E)=0.388,$$

$$p(Q \geq F)=0.605, p(Q \geq P)=0.498$$

$$p(E \geq F)=p(E \geq P)=p(E \geq Q)=p(F \geq Q)=$$

$$p(P \geq F)=p(P \geq Q)=1$$

由公式(3)可得每个评价指标的权重:

$$d(E)=p(E \geq F, P, Q)=\min(1, 1, 1)=1$$

$$d(F)=p(F \geq E, P, Q)=\min(0.796, 0.898, 1)=0.796$$

$$d(P)=p(P \geq E, F, Q)=\min(0.909, 1, 1)=0.909$$

$$d(Q)=p(Q \geq E, F, P)=\min(0.388, 0.605, 0.498)=0.388$$

经过公式(4)的归一化处理可得归一化后的权重为:

$$\omega'=(d'(E), d'(F), d'(P), d'(Q))=(0.32, 0.26, 0.29, 0.13)$$

运用同样原理和方法确定二级指标权重,限于篇幅,详细计算过程从略,仅给出各指标的权重向量:

$$\omega_1=(d(E_1), d(E_2), d(E_3))=(0.36, 0.35, 0.29)$$

$$\omega_2=(d(F_1), d(F_2), d(F_3))=(0.27, 0.23, 0.26, 0.24)$$

$$\omega_3=(d(P_1), d(P_2), d(P_3))=(0.47, 0.22, 0.31)$$

$$\omega_4=(d(Q_1), d(Q_2), d(Q_3))=(0.35, 0.25, 0.4)$$

3.2 对A农产品冷链的模糊综合评判

3.2.1 确定评价对象的因素论域 A农产品冷链评价指标论域可以具体表示为:

$$u=\{E, F, P, Q\}; u_1=\{E_1, E_2, E_3\}; u_2=\{F_1, F_2, F_3, F_4\};$$

$$u_3=\{P_1, P_2, P_3\}; u_4=\{Q_1, Q_2, Q_3\}$$

3.2.2 确定评语等级论域 评语是对各评价指标优劣程度的定性描述,各层次指标都采用同一评语集。采用五级评语集,设评语集 $v=\{$ “非常安全”,“安全”,“一般安全”,“不安全”,“很不安全” $\}=\{1, 0.8, 0.6, 0.4, 0.2\}$ 。

3.2.3 建立模糊关系矩阵 采用专家调查法确定各评价指标论域对于评语等级的隶属度,并构造模糊判断矩阵如下:

$$R_1 = \begin{bmatrix} 0.4 & 0.3 & 0.1 & 0.1 & 0.1 \\ 0.3 & 0.2 & 0.2 & 0.2 & 0.1 \\ 0 & 0.2 & 0.3 & 0.2 & 0.3 \end{bmatrix}$$

$$R_2 = \begin{bmatrix} 0.1 & 0.1 & 0.2 & 0.3 & 0.3 \\ 0.1 & 0.1 & 0.1 & 0.5 & 0.2 \\ 0.2 & 0.3 & 0.3 & 0.2 & 0 \\ 0 & 0.2 & 0.1 & 0.5 & 0.2 \end{bmatrix}$$

$$R_3 = \begin{bmatrix} 0 & 0.2 & 0.3 & 0.3 & 0.2 \\ 0.1 & 0.6 & 0.2 & 0.1 & 0 \\ 0 & 0.2 & 0.1 & 0.1 & 0.6 \end{bmatrix}$$

$$R_4 = \begin{bmatrix} 0 & 0.2 & 0.3 & 0.1 & 0.4 \\ 0 & 0.1 & 0.1 & 0.1 & 0.7 \\ 0.1 & 0.1 & 0.1 & 0.1 & 0.6 \end{bmatrix}$$

3.2.4 形成综合模糊判断结果 综合模糊判断结果计算公式为: $B_i=\omega_i \times R_i$

$$B_1=(0.36, 0.35, 0.29) \times \begin{bmatrix} 0.4 & 0.2 & 0.1 & 0.1 & 0.1 \\ 0.3 & 0.2 & 0.2 & 0.2 & 0.1 \\ 0 & 0.2 & 0.3 & 0.2 & 0.3 \end{bmatrix} =$$

(0.249, 0.236, 0.193, 0.164, 0.158)

同理可得:

$B_2 = (0.102, 0.176, 0.179, 0.368, 0.175)$

$B_3 = (0.022, 0.288, 0.216, 0.194, 0.28)$

$B_4 = (0.04, 0.135, 0.17, 0.1, 0.555)$

A 农产品冷链对于评语集的隶属度为:

$B = \omega \times R = (0.32, 0.26, 0.29, 0.13) \times$

$\begin{bmatrix} 0.249 & 0.236 & 0.193 & 0.164 & 0.158 \\ 0.102 & 0.176 & 0.179 & 0.368 & 0.175 \\ 0.04 & 0.135 & 0.17 & 0.1 & 0.555 \end{bmatrix} =$

$(0.118, 0.223, 0.193, 0.217, 0.249)$

3.2.5 A 冷链综合安全评价结果 取 $C = B * V^T =$

$(0.118, 0.223, 0.193, 0.217, 0.249) * (1, 0.8, 0.6, 0.4,$

$0.2) = 0.549$

A 农产品冷链物流系统安全水平 $= 0.549 < 0.6$, 安全水平较低, 尚未达到一般水平, 与实际情况相符, 证实了作者所提评价模型的有效性。

4 结 语

对农产品冷链物流系统安全评价采用三角模糊层次分析法和模糊综合评判法是科学的, 可以比较客观、合理地评价系统安全性。通过 A 冷链系统实证分析证明本文建立的综合评价指标体系模型, 对评价、判断冷链质量安全现状以及存在的问题具有参考价值。

参考文献:

- [1] 陈兆波. 农产品质量安全分子生物检测的研究现状和发展趋势[J]. 食品与生物技术学报, 2009(4): 289-295.
CHEN Zhao-bo. Molecular detection of the quality and safety of agricultural produces; advances and trends [J]. *Journal of Science and Biotechnology*, 2009(4): 289-295. (in Chinese)
- [2] 于学军, 张国治. 冷冻、冷藏食品的贮藏与运输[M]. 北京: 化学工业出版社, 2007: 20-21.
- [3] 沈欣. 冷链物流与农产品质量安全研究[J]. 江苏农业科学, 2012, 40(3): 271-274.
SHEN Xin. Study on the cold chain and farm produce quality and safety[J]. *Jiangsu Agricultural Sciences*, 2012, 40(3): 271-274. (in Chinese)
- [4] 韩月明, 赵林度. 超市食品物流安全控制分析[J]. 物流技术, 2005(10): 142-144.
HAN Yue-ming, ZHAO Lin-du. Safety control analysis of food logistics in supermarket [J]. *Logistics Technology*, 2005(10): 142-144. (in Chinese)
- [5] 鲍长生. 冷链物流系统内食品安全保障体系研究[J]. 现代管理科学, 2007: 9-10.
BAO Chang-sheng. Study on the food safety system of cold chain[J]. *Modern Management Science*, 2007: 9-10. (in Chinese)
- [6] Alex Kassianenko, Kazimierz Wszol. The cold chain, one link in Canada's food safety initiatives [J]. *Food Control*, 2006(18): 713-715.
- [7] 邱祝强. 基于冷藏链的生鲜农产品物流网络优化及其安全风险评价研究[D]. 长沙: 中南大学, 2007.
- [8] 薛湖. 基于绿色供应链的食品冷链物流企业绩效评价研究[D]. 重庆: 重庆大学, 2010.
XUE Hu. Research on performance measurement of food cold chain logistics enterprise on green supply chain [D]. *Chongqing: Chongqing University*, 2010. (in Chinese)
- [9] 周燕. 冷链物流质量控制研究[D]. 兰州: 兰州理工大学, 2009.
- [10] 李士勇. 工程模糊数学及应用[M]. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学出版社, 2004.