

# 无菌砖包装质量评估体系的建立

刘向红

(光明乳业股份有限公司 乳业生物技术国家重点实验室, 上海 200436)

**摘要:** 为了解决无菌砖包装质量的研究中, 如何科学合理地对砖包外观质量进行分析和评判的难题, 应用层次分析法, 确定了包装外观质量评价指标体系权重, 通过计算外观质量视觉缺陷率, 实现了产品包装质量评价的数值化, 为全面有效地控制和管理包装质量, 乃至企业产品生产和市场销售总体质量, 提供科学的决策依据。

**关键词:** 层次分析法; 无菌砖; 包装质量; 视觉缺陷

**中图分类号:** TB487; TS206 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2012)01-0032-05

## Foundation of Packaging Quality Evaluation System of Aseptic Brick

LIU Xiang-hong

(State Key Laboratory of Food Science and Technology, Bright Dairy and Food Co., Ltd., Shanghai 200436, China)

**Abstract:** It is difficult to evaluate aseptic brick packaging appearance quality scientifically. On the basis of AHP method, an effective and quantitative evaluation system was established. The weight of appearance quality evaluation index system was determined. Numeric evaluation of product packaging quality can be realized through computation of appearance defect. The purpose was to provide reference to control packaging quality availablely and manage the whole product quality of manufacture and market for enterprise.

**Key words:** AHP; aseptic brick; packaging quality; appearance defect

无菌砖包是液体食品的常温包装纸盒, 广泛应用于液态乳制品、果汁等食品包装。国内主要有利乐公司的利乐砖、SIG 公司的康美包等<sup>[1]</sup>。由于不同的包装材料、包装设备和生产工艺, 砖包外观质量有很大差异, 而仓储运输条件和野蛮装卸现象, 也会造成产品货架形象参差不齐。GB/T 18192—2008<sup>[2]</sup> 液体食品无菌包装用纸基复合材料中, 建立了对纸基无菌包材外观质量、物理机械性能和卫生安全性的量化指标体系。然而对成品包装的外观质量和货架形象, 只有定性指标, 缺乏定量指标。对于普通商品包装质量的控制与检测, 一般偏重于运输包装的理化性能测试, 国家对运输包装测试有完善的标准方法, 比较容易操作<sup>[3]</sup>。

产品的包装质量评估是企业质量保证体系中的重要环节。根据对包装质量的影响因素的分析, 利用层次分析法建立产品包装质量的评估体系, 实现产品

包装整体质量评价的数值化, 能客观真实地反映产品包装的水平, 从而有效地帮助企业对产品包装进行分析、定位、改进和升华。

笔者提出包装视觉缺陷概念来对包装质量进行评估, 构建无菌砖包装质量评估体系, 为食品生产企业和食品包装生产企业控制产品质量、选择产品包装和建立包装标准提供决策依据。

## 1 层次分析法

层次分析法(简称 AHP)<sup>[4]</sup> 是将与决策有关的元素分解成目标、准则、方案等层次, 在此基础上进行定性和定量分析的决策方法。它是一种将决策者对复杂系统的决策思维过程模型化、数量化的过程。应用这种方法, 将复杂问题分解为若干层次和若干因素, 通过逐层比较各种关联因素的重要性, 得出不同方案

**收稿日期:** 2011-09-20

**基金项目:** 国家科技部 973 计划(2010CB735705); 上海市科委长三角合作计划(09395811500)

**作者简介:** 刘向红(1966—), 女, 安徽人, 硕士, 光明乳业股份有限公司工程师, 主要从事包装研发工作。

的权重,为最佳方法的选择提供定量依据。这是一种定性与定量相结合的决策分析方法,广泛应用于多目标、多层次、多准则、无结构特性的复杂问题的决策系统中。

运用 AHP 方法进行决策的基本思路是:分析各影响因素,建立系统的递阶层次结构;构建两两比较判断矩阵;计算各影响因素的权重;对判断矩阵进行一致性检验;对层次进行综合总排序。

## 2 AHP 在液态奶无菌砖包装质量评估中的应用

### 2.1 确定包装质量评价指标

典型的 250 mL 无菌砖包灌装工艺为:纸卷灭菌—折叠纸筒—纸筒纵封—物料充填—横向封合—纸盒切割—包装盒顶部和底部折叠粘合成型—成品砖包<sup>[5]</sup>。生产工艺、灌装设备、包装材质、印刷工艺和包装的仓储运输方式等不同程度地影响砖包的外观质量和货架形象。生产的无菌砖包装见图 1。根据大

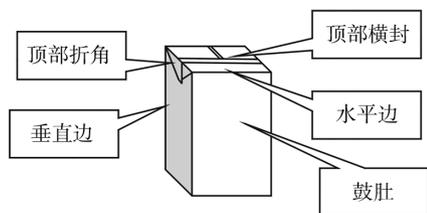


图 1 无菌砖包装纸盒

Fig. 1 The aseptic brick packaging carton

量的市场调查,影响无菌砖包装外观质量的因素很多,具体说来,主要有以下几个因素:如顶部两侧折角是否开胶,顶部横封是否平整,砖包有无鼓肚现象,砖包 4 个垂直边和 4 个水平边是否变形,包装上是否有粘贴吸管,是否有污垢,是否有其他缺陷如印刷模糊等等。因此,确立了评价无菌砖的包装质量的 8 个指标:顶部折角、顶部横封、鼓肚、垂直边挺度、水平边挺度、吸管、视觉污垢和其他指标。

### 2.2 确定包装外观质量视觉缺陷率 PDR

利用外观质量视觉缺陷率 PDR 值来判断产品包装外观质量:

$$PDR = \frac{\sum P_i \times W_i}{\sum_{\max} (P_i \times W_i)} \quad (1)$$

式中: $P_i$  为包装外观质量评价指标值; $W_i$  为包装外观质量评价指标权重值。

一般,PDR 数值越小,产品的包装外观视觉缺陷越少,产品的货架形象越好。

### 2.3 建立递阶层次结构模型

在包装质量评估体系中,不同包装质量评价指标对包装质量造成的影响程度是不同的,必须确定各个指标的权重系数。在多目标、多因素的复杂系统中,如何客观、合理地确定各因素权重分配,是一个非常重要的问题。对无菌砖包装质量的各个影响指标进行分析分解,建立系统的递阶层次结构,见图 2。

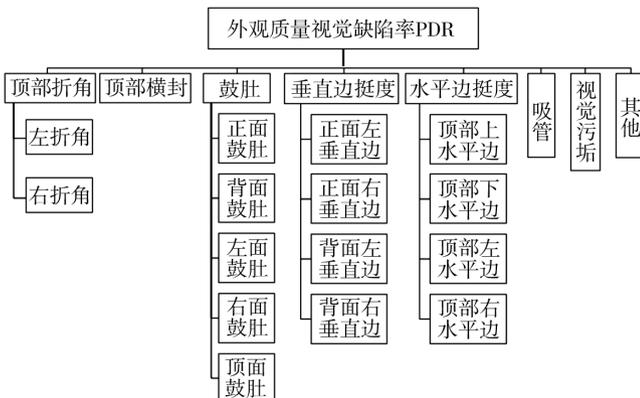


图 2 无菌砖包装外观质量评价层次结构模型

Fig. 2 AHP model for packaging quality evaluation of aseptic brick

同一层次的因素对下一层次的某些因素起支配作用,同时又受到上一层次因素的支配,这种支配关系形成了一个递阶层次结构。

### 2.4 建立评价矩阵

利用 AHP 方法,对某一因素支配下的各个因素及其相互关系进行两两对比分析,按照比例标度方法排定各因素的相对重要度,依次构造出评价指标的判断矩阵,从而确定各个指标的权重系数。

针对上述评价指标,建立的无菌砖包装质量的评价矩阵为:

$$A = (a_{ij})_{n \times n} = \begin{bmatrix} a_{11} & \cdots & a_{1n} \\ \vdots & & \vdots \\ a_{n1} & \cdots & a_{nn} \end{bmatrix} \quad (2)$$

式中: $a_{ij}$  ( $i, j = 1, 2, \dots, n$ ) 为两因素相对重要度; $n$  为矩阵阶数。

### 2.5 选择比例标度

AHP 方法有几种不同的比例标度法,如 10/10—18/2 标度法、1—9 标度法、 $\sqrt{3}$  标度法等,其中 10/10—18/2 标度法精度最高<sup>[6]</sup>,比较适宜用于包装评

估体系权重系数的确定<sup>[7]</sup>。

10/10-18/2 标度法见表 1。

表 1 10/10-18/2 比例标度法

Tab. 1 10/10-18/2 proportion scaling method

| 标度    | 含义             |
|-------|----------------|
| 2/18  | 两因素相比,其一极端不重要  |
| 4/16  | 两因素相比,其一强烈不重要  |
| 6/14  | 两因素相比,其一明显不重要  |
| 8/12  | 两因素相比,其一稍微不重要  |
| 10/10 | 两因素相比,具有相同的重要性 |
| 12/8  | 两因素相比,其一稍微重要   |
| 14/6  | 两因素相比,其一明显重要   |
| 16/4  | 两因素相比,其一强烈重要   |
| 18/2  | 两因素相比,其一极端重要   |

### 2.6 指标权重计算

在 AHP 方法中,建立评价矩阵之后,计算评价矩阵的特征根和特征向量,即对评价矩阵  $A$  计算满足方程(3)的特征根和特征向量。

$$AW = \lambda_{\max} W \quad (3)$$

利用几何平均法,根据式(3)求解判断矩阵  $A$  的最大特征值  $\lambda_{\max} = \sum_{i=1}^n \frac{(AW)_i}{n W_i}$ ,及其相应的特征向量  $W$ ,然后将特征向量进行归一化处理,得到的向量即为同一层中各因素权重向量  $W = [\bar{W}_1, \bar{W}_2, \dots, \bar{W}_n]^T$ 。

### 2.7 一致性检验

为了保证判断不偏离一致性过大,在得到  $\lambda_{\max}$  后必须进行一致性检验。一致性检验可以通过计算一致性比值 C. R 的大小来完成。

$$C. R = C. I / R. I \quad (4)$$

$$C. I = (\lambda_{\max} - n) / (n - 1) \quad (5)$$

式中:C. I 为偏离一致性指标; $n$  为判断矩阵阶数;R. I 为平均随机一致性指标。500 样本判断矩阵计算的平均随机一致性指标 R. I 检验值<sup>[8]</sup>见表 2。

表 2 平均随机一致性指标 R. I 值

Tab. 2 Values of average random consistency index

| 矩阵阶数 $n$ | 1 | 2 | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    | 8    |
|----------|---|---|------|------|------|------|------|------|
| R. I     | 0 | 0 | 0.58 | 0.90 | 1.12 | 1.24 | 1.32 | 1.41 |

一般认为,C. R 比值愈小,判断矩阵的一致性愈好。若  $C. R < 0.1$ ,认为判断矩阵  $A$  的一致性可以接受;否则说明判断矩阵不合理,需要重新建立,直至满足一致性检验标准。

### 2.8 进行多层次综合评价

当系统各指标间分为不同层次时,需要多层次综合评价模型。多层次综合评价模型是在单层次评价的基础上进行的,具体评价方法与单层次评价基本相同,从上到下逐层顺序进行。最后计算所有因素对总目标的权重分配。其数学模型见表 3<sup>[9]</sup>。

表 3 层次总排序模型

Tab. 3 Hierarchic total priorities model

| 层次       | $A_1$    | $A_2$    | ... | $A_n$    | 层次                       |
|----------|----------|----------|-----|----------|--------------------------|
| $B$      | $a_1$    | $a_2$    | ... | $a_n$    | 总排序                      |
| $B_1$    | $b_1^1$  | $b_1^2$  | ... | $b_1^n$  | $\sum_{i=1}^n a_i b_i^1$ |
| $B_2$    | $b_2^1$  | $b_2^2$  | ... | $b_2^n$  | $\sum_{i=1}^n a_i b_i^2$ |
| $\vdots$ | $\vdots$ | $\vdots$ | ... | $\vdots$ |                          |
| $B_m$    | $b_m^1$  | $b_m^2$  | ... | $b_m^n$  | $\sum_{i=1}^n a_i b_i^m$ |

显然,  $\sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^n a_i b_j^i = 1$ ,无需归一化。

## 3 实例分析

### 3.1 计算包装质量评价一级指标的权重

根据图 2 无菌砖包装质量评价层次结构模型,按照 10/10-18/2 比例标度法,参考大量的市场调查结果,对影响外观质量的 8 个评价一级指标和其他因素进行两两比较评判,建立的判断矩阵为:

$$A = (a_{ij})_{8 \times 8} =$$

|       |       |       |       |       |       |       |       |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 1.000 | 2.33  | 0.429 | 0.667 | 1.500 | 1.500 | 4.000 | 4.000 |
| 0.429 | 1.000 | 0.111 | 0.250 | 0.429 | 0.667 | 1.000 | 1.000 |
| 2.333 | 4.000 | 1.000 | 1.500 | 2.333 | 4.000 | 4.000 | 4.000 |
| 1.500 | 4.000 | 0.667 | 1.000 | 1.500 | 2.333 | 4.000 | 4.000 |
| 0.667 | 2.333 | 0.429 | 0.667 | 1.000 | 1.500 | 2.333 | 2.333 |
| 0.667 | 1.500 | 0.250 | 0.429 | 0.667 | 1.000 | 1.500 | 1.500 |
| 0.250 | 1.000 | 0.111 | 0.250 | 0.429 | 0.667 | 1.000 | 1.000 |
| 0.250 | 1.000 | 0.111 | 0.250 | 0.429 | 0.667 | 1.000 | 1.000 |

用几何平均法解特征根方程,对特征向量进行归一化处理,得到权重向量  $W$ :

$$W = [0.134, 0.051, 0.297, 0.204, 0.120, 0.082, 0.056, 0.056]^T$$

计算矩阵的最大特征值  $\lambda_{\max} = 8.069$ ,一致性比值  $C. R = 0.007 0$ 。 $C. R < 0.1$ ,通过了一致性检验。

### 3.2 计算包装质量评价二级指标的权重

依据图 2 无菌砖包装质量递阶层次结构模型,计算影响外观质量的二级评价指标体系权重。

#### 3.2.1 顶部折角指标

无菌砖包顶部有左右 2 个折角,判断 2 个折角是否开胶分离。得到比较判断矩阵为:

$$A=(a_{ij})_{2 \times 2} = \begin{bmatrix} 1 & 1 \\ 1 & 1 \end{bmatrix}$$

解特征根方程,得到权重向量为  $W_1 = [0.5, 0.5]^T$ ,  $\lambda_{\max} = 2$ ,一致性比值  $C.R = 0$ ,完全一致。

#### 3.2.2 鼓肚指标

共有 5 个面参与计算:顶面和 4 个垂直侧面,约定任何一个面与其标准的水平面或垂直面的最大偏差大于等于 2 mm(凹陷或凸出),则视为鼓肚。得到比较判断矩阵为:

$$A=(a_{ij})_{5 \times 5} = \begin{bmatrix} 1.000 & 1.000 & 0.667 & 0.667 & 0.429 \\ 1.000 & 1.000 & 0.667 & 0.667 & 0.429 \\ 1.500 & 1.500 & 1.000 & 1.000 & 0.667 \\ 1.500 & 1.500 & 1.000 & 1.000 & 0.667 \\ 2.333 & 2.333 & 1.500 & 1.500 & 1.000 \end{bmatrix}$$

解特征根方程,得到权重向量为  $W_3 = [0.137, 0.137, 0.206, 0.206, 0.314]^T$ ,  $\lambda_{\max} = 5.0002$ ,一致性比值  $C.R = 0.00005 < 0.1$ ,通过了一致性检验。

#### 3.2.3 垂直边挺度

砖包共有 4 个垂直边参与计算,约定任何一边上任意一点偏离垂直线大于等于 2 mm,则视为垂直边有弯曲或扭曲现象。得到两两比较判断矩阵为:

$$A=(a_{ij})_{4 \times 4} = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$$

解特征根方程,得到权重向量为  $W_4 = [0.25, 0.25, 0.25, 0.25]^T$ ,  $\lambda_{\max} = 4$ ,一致性比值  $C.R = 0$ ,完全一致。

#### 3.2.4 水平边挺度

砖包顶部共有 4 个水平边,约定任何一边上任意一点偏离水平线大于等于 2 mm,则视为水平边有弯曲或扭曲现象。由于 4 个水平边长度不同,侧面的水平边弯曲视觉效果要大于正面的水平边弯曲视觉效果。因此,得到比较判断矩阵为:

$$A=(a_{ij})_{4 \times 4} = \begin{bmatrix} 1.000 & 1.000 & 0.667 & 0.667 \\ 1.000 & 1.000 & 0.667 & 0.667 \\ 1.500 & 1.500 & 1.000 & 1.000 \\ 1.500 & 1.500 & 1.000 & 1.000 \end{bmatrix}$$

解特征根方程,得到权重向量为  $W_4 = [0.816, 0.816, 1.225, 1.225]^T$ ,  $\lambda_{\max} = 4$ ,  $C.R = 0$ ,完全一致。

### 3.3 建立无菌砖包装外观质量评价体系指标权重

通过上述分析计算,得到无菌砖包装外观质量评价递阶结构指标体系权重,见表 4,共计 8 个一级指标、19 个二级指标。

表 4 无菌砖包装质量评价指标权重

Tab.4 The weight coefficients for packaging quality evaluation of aseptic brick

| 一级指标  | 一级权重  | 二级指标   | 二级权重  | 层次总排序 W |
|-------|-------|--------|-------|---------|
| 顶部折角  | 0.134 | 左折角    | 0.5   | 0.067   |
|       |       | 右折角    | 0.5   | 0.067   |
| 顶部横封  | 0.051 | 横封不平   | 1     | 0.051   |
|       |       | 正面鼓肚   | 0.137 | 0.041   |
| 鼓肚    | 0.297 | 背面鼓肚   | 0.137 | 0.041   |
|       |       | 左面鼓肚   | 0.206 | 0.061   |
|       |       | 右面鼓肚   | 0.206 | 0.061   |
|       |       | 顶面鼓肚   | 0.314 | 0.093   |
| 垂直边挺度 | 0.204 | 正面左垂直边 | 0.25  | 0.051   |
|       |       | 正面右垂直边 | 0.25  | 0.051   |
|       |       | 背面左垂直边 | 0.25  | 0.051   |
|       |       | 背面右垂直边 | 0.25  | 0.051   |
| 水平边挺度 | 0.120 | 顶部上水平边 | 0.2   | 0.024   |
|       |       | 顶部下水平边 | 0.2   | 0.024   |
|       |       | 顶部左水平边 | 0.3   | 0.036   |
|       |       | 顶部右水平边 | 0.3   | 0.036   |
| 吸管    | 0.082 | 吸管脱落   | 1     | 0.082   |
| 视觉污垢  | 0.056 | 污垢     | 1     | 0.056   |
| 其它    | 0.056 | 其他因素   | 1     | 0.056   |

### 3.4 结果与讨论

通过确定产品包装外观质量评价指标体系权重系数,计算包装外观质量视觉缺陷率 PDR 值,可以定量化评判产品包装的外观质量。无菌砖包装外观质量评价指标体系,共有 8 个方面 19 个指标因子。在无菌砖包装质量第 1 级 8 个指标中,决定产品包装外观质量的影响因素,从大到小依次为:鼓肚、垂直边挺度、顶部折角、水平边挺度、吸管、视觉污垢和其他因素以及顶部横封不平因素。在层次总排序中,影响无

菌砖包装质量的因素,最大为砖包顶面是否鼓肚,其权重为 0.093;其次为吸管因素,权重为 0.082。

在超市终端销售领域,消费者是否购买商家产品,其外观质量和货架形象起很大作用。对于无菌砖包来说,仅就外观质量而言,砖包顶面有无鼓肚和粘附吸管有无脱落,是决定消费者是否购买产品的主要因素。

建立产品包装质量评价指标体系,有助于分析产品包装的优劣,促进对包装的改进和设计,寻找合适的包装材料和生产工艺,从而提高产品的货架形象,提高市场占有率。

## 4 结语

AHP 方法是建立包装质量评价指标体系的较为理想的科学方法,尤其适用于多目标、多层次的包装质量综合评价。应用 AHP 方法进行包装质量评价的关键在于各层次指标权重确立,从而确定包装外观质量视觉缺陷率。

本评估体系的建立,可以很方便地对无菌砖包装外观质量进行分析和研究,对各影响指标进行纵向和横向比较,促进全面有效地管理和控制产品包装,以及产品包装设备和包装材料,为包装质量的改善、分析和发展提供了一种可行的、科学的方法和道路。

实际应用中,可以通过计算包装视觉缺陷率来对产品进行评比择优,对生产工艺和加工设备进行筛选。

### 参考文献:

[1] 徐文达,程裕东. 食品软包装材料与技术[M]. 北京:机械工业出版社,2003.  
XU Wen-da, CHENG Yu-dong. Food Flexible Packaging Material and Technology [M]. Beijing: China Machine

Press, 2003.

- [2] GB/T 18192—2008, 液体食品无菌包装用纸基复合材料[S].  
GB/T 18192—2008, Paper based Laminated Material Using for Aseptic Packaging of Liquid Food[S].
- [3] GB/T 4857.1—23, 包装运输包装件基本试验[S].  
GB/T 4857.1—23, Packaging-Basic Tests for Transport Packages[S].
- [4] 张灵莹. 定性指标评价的定量化研究[J]. 系统工程理论与实践, 1998, 18(7): 98—101.  
ZHANG Ling-ying. A Fuzzy Evaluation Method for Subjective Index Appraisal[J]. Systems Engineering-theory & Practice, 1998, 18(7): 98—101.
- [5] 郭本恒. 液态奶[M]. 北京:化学工业出版社, 2004.  
GUO Ben-heng. Liquid Milk[M]. Beijing: Chemical Industry Press, 2004.
- [6] 张晨光, 吴泽宁. 层次分析法(AHP)比例标度的分析与改进[J]. 郑州工业大学学报, 2000, 21(2): 85—87.  
ZHANG Chen-guang, WU Ze-ning. Improvement and Analysis of AHP[J]. Journal of Zhengzhou University of Technology, 2000, 21(2): 85—87.
- [7] 徐敏, 金国斌. 初论产品包装质量综合评估体系与方法[J]. 包装工程, 2002, 23(1): 22—24.  
XU Min, JIN Guo-bin. Evaluation System and Method for Packaging [J]. Packaging Engineering, 2002, 23(1): 22—24.
- [8] 荆洪英. 基于层次分析法的产品设计质量权重分配[J]. 东北大学学报(自然科学版), 2009, 30(5): 712—715.  
JING Hong-ying. AHP-Based Assignment of Weight in Product Design Quality[J]. Journal of Northeastern University (Natural Science), 2009, 30(5): 712—715.
- [9] 郭爱明, 郭耀邦. 层次分析法(AHP)确定食品质量指标权重[J]. 食品科学, 1994, 15(7): 6—10.  
GUO Ai-ming, GUO Yao-bang. Analytic Hierarchy Process (AHP) to Determine the Index Weight of Food Quality [J]. Food Science, 1994, 15(7): 6—10.

(上接第 27 页)

[13] 水茂兴, 马国瑞. 壳聚糖处理番茄、青椒的保鲜效果[J]. 浙江农业科学, 2001(4): 164—166.  
SHUI Mao-xing, MA Guo-rui. Preservation Effect of Tomato and Green Pepper Processed with Chitosan [J]. Journal of Agricultural Science, 2001(4): 164—166.

[14] 丛峰松. 生物化学实验[M]. 上海:上海交通大学出版社, 2005.  
CONG Feng-song. Experiment of Biochemistry [M]. Shanghai: Shanghai Jiaotong University Press, 2005.