

## 对3种无菌砖包装质量的评估

刘向红

(乳业生物技术国家重点实验室;上海乳业生物工程技术研究中心;  
光明乳业股份有限公司乳业研究院,上海 200436)

**摘要:** **目的** 定量化研究了不同包装厂家生产的无菌砖产品包装质量。**方法** 采集了3种不同的无菌砖包装样品,通过层次分析法,建立了无菌砖包装质量评估方法,并检测了产品包装质量,对外观质量视觉缺陷率PDR值进行了统计和分析。**结果** 甲、乙、丙3家产品中,甲产品外观质量最好,产品缺陷少,产品稳定性好,丙产品其次,乙产品最差。鼓肚是影响无菌砖包装外观质量的主要影响因素。在置信水平95%下,甲产品的正态区间估计精确度最高,丙产品其次,乙产品最差;在相同区间估计精确度时,甲产品的可靠程度最高,丙产品其次,乙产品最差。**结论** 对产品的包装质量进行了评估,为食品生产企业全面有效地管理和控制产品包装,以及分析和选择包装供应商提供了科学依据。

**关键词:** 无菌砖; 包装质量; 正态分布; 区间估计

**中图分类号:** TS206.4      **文献标识码:** A      **文章编号:** 1001-3563(2014)01-0006-07

## Quality Evaluation on Three Different Aseptic Brick Packages

LIU Xiang-hong

(State Key Laboratory of Dairy Biotechnology; Shanghai Engineering Research Center of Dairy Biotechnology;  
Dairy Research Institute, Bright Dairy & Food Co., Ltd., Shanghai 200436, China)

**ABSTRACT: Objective** To study the aseptic brick packaging quality from different packaging suppliers quantitatively. **Methods** Three different aseptic brick product samples (JIA, YI and BING) were collected. On the basis of AHP, an aseptic brick packaging quality evaluation method was established. The packaging quality of samples was tested and the PDR was calculated and analyzed. **Results** All of the three different products, the packaging appearance quality and quality stability of JIA were the best and those of YI were the worst. Bulging was the main influencing factor in packaging appearance quality. At 95% confidential level, the statistical accuracy of normal interval estimation of JIA is the highest and that of YI is the lowest. With the same confidence interval length, the reliability of JIA is the highest and that of YI is the lowest. **Conclusion** Quality evaluations on product packages can provide scientific basis for dominating product package and selecting package suppliers effectively for food manufacturers.

**KEY WORDS:** aseptic brick; packaging quality; normal distribution; interval estimation

无菌包装是一种高科技食品保存方法,是指将经过灭菌的食品,在无菌的环境下,封装在经过灭菌的容器中,使其在常温下无需添加防腐剂也能得到较长货架寿命的包装<sup>[1]</sup>。液体食品无菌包装常用的包装形式为无菌砖,是一种砖型纸盒,通常人们习惯称为

“利乐包”。

我国无菌包装市场自2005年至2012年期间,从240亿包增长至700亿包以上,市场增幅惊人<sup>[2]</sup>。中国无菌包装市场如此飞速发展,主要得益于无菌包装市场的先驱——瑞典利乐公司。利乐公司不仅为客

收稿日期: 2013-10-12

基金项目: 国家科技部973计划课题(2012CB723706); 国家“十二五”科技支撑计划课题(2012BAK17B14)

作者简介: 刘向红(1966—),女,安徽人,硕士,工程师,主要从事包装研发工作。

户提供无菌包装材料,还提供无菌包装设备,提供从牧场到餐桌的整体解决方案。其“与客户共同成长”的经营理念,不仅推动了国内液体食品无菌包装行业的迅猛发展,也加剧了行业的激烈竞争。随着康美包装、纷美包装、界龙包装等进入液体食品无菌包装领域,一家独秀的格局已被打破。

关于对无菌灌装设备与包装材料的质量评价,目前国际上并无统一标准,但得到普遍公认的评价标准为外观质量、安全性能、连续工作稳定性、零部件的标准化和可互换性、杀菌能力、售后服务,以及对环境的影响力等方面<sup>[3]</sup>。

文中通过对无菌砖产品的包装分析,利用层次分析法确定影响无菌砖包装质量的影响因素和指标权重,计算外观质量视觉缺陷率 PDR 数值,并借助数理统计区间估计方法,对相同设备不同包装材料供应商生产的砖包质量进行了分析比较,定量化评判无菌砖的包装质量和质量稳定性,计算统计分析的精确度和可靠性,为企业对无菌砖产品进行选择、管理和改善提供决策依据。

## 1 实验

### 1.1 材料与仪器

实验材料:采集了市场上常见的 3 种品牌 250 mL 纯牛奶无菌砖包产品,3 种产品包装材料分别由甲、乙、丙 3 家不同包装供应商生产,每家样品数量均为 80 包,总计样品数量为 240 包。甲、乙、丙 3 种产品均来自利乐 TBA19-250B 无菌砖灌装生产线,样品包装材料平均厚度为 0.310 mm。

实验仪器:纸板挺度仪,由四川长江造纸仪器有限公司生产,型号为 J-TDY500A。

### 1.2 包装质量层次分析法

运用层次分析 AHP 法,分析影响包装质量的影响因素,建立包装质量评价指标体系,可以对产品包装质量进行定量分析和研究<sup>[4-7]</sup>。利用外观质量视觉缺陷率 PDR 值来评估成品包装质量,可以相对客观地定量化评判产品包装质量<sup>[7]</sup>。通过大量的市场调研和试验分析,针对 250 mL 无菌砖包装,建立系统的递阶层次结构模型,确立了影响无菌砖包装质量的 8 个一级指标和 19 个二级指标,见图 1<sup>[7]</sup>。

由于上述各评价指标对砖包外观质量的影响程

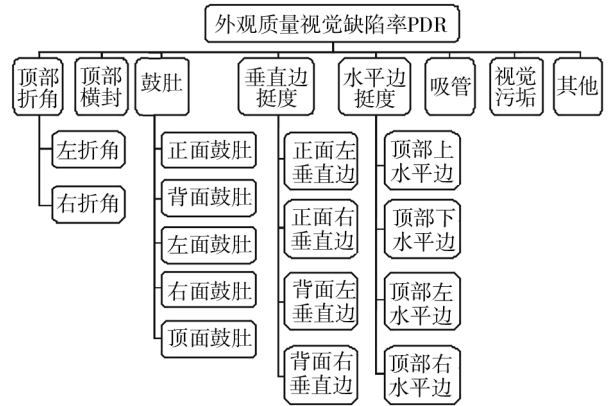


图 1 无菌砖包装质量评价层次结构模型

Fig. 1 AHP model for packaging quality evaluation of aseptic brick package

度不同,因而必须建立指标权重。运用层次分析 AHP 方法,构建两两比较判断矩阵,计算各影响因素的指标权重,并对判断矩阵进行一致性检验。250 mL 无菌砖包装外观质量评价体系指标权重见表 1<sup>[7]</sup>。

表 1 无菌砖包装质量评价指标权重  
Tab. 1 The weight coefficients for packaging quality evaluation of aseptic brick packaging

一级指标 $P_i$	一级权重 $W_i$	二级指标 $P_{ij}$	二级权重 $W_{ij}$	层次 总排序
顶部折角 ( $P_1$ )	0.134 ( $W_1$ )	左折角( $P_{11}$ )	0.5( $W_{11}$ )	0.067
		右折角( $P_{12}$ )	0.5( $W_{12}$ )	0.067
顶部横封( $P_2$ )	0.051( $W_2$ )	横封不平( $P_{21}$ )	1( $W_{21}$ )	0.051
鼓肚( $P_3$ )	0.297 ( $W_3$ )	正面鼓肚( $P_{31}$ )	0.137( $W_{31}$ )	0.041
		背面鼓肚( $P_{32}$ )	0.137( $W_{32}$ )	0.041
		左面鼓肚( $P_{33}$ )	0.206( $W_{33}$ )	0.061
		右面鼓肚( $P_{34}$ )	0.206( $W_{34}$ )	0.061
		顶面鼓肚( $P_{35}$ )	0.314( $W_{35}$ )	0.093
垂直边挺度 ( $P_4$ )	0.204 ( $W_4$ )	正面左垂直边( $P_{41}$ )	0.25( $W_{41}$ )	0.051
		正面右垂直边( $P_{42}$ )	0.25( $W_{42}$ )	0.051
		背面左垂直边( $P_{43}$ )	0.25( $W_{43}$ )	0.051
		背面右垂直边( $P_{44}$ )	0.25( $W_{44}$ )	0.051
水平边挺度 ( $P_5$ )	0.120 ( $W_5$ )	顶部上水平边( $P_{51}$ )	0.2( $W_{51}$ )	0.024
		顶部下水平边( $P_{52}$ )	0.2( $W_{52}$ )	0.024
		顶部左水平边( $P_{53}$ )	0.3( $W_{53}$ )	0.036
		顶部右水平边( $P_{54}$ )	0.3( $W_{54}$ )	0.036
吸管( $P_6$ )	0.082( $W_6$ )	吸管脱落( $P_{61}$ )	1( $W_{61}$ )	0.082
视觉污垢( $P_7$ )	0.056( $W_7$ )	污垢( $P_{71}$ )	1( $W_{71}$ )	0.056
其他( $P_8$ )	0.056( $W_8$ )	其他因素( $P_{81}$ )	1( $W_{81}$ )	0.056

利用评价指标  $P_i$  和相应权重因子  $W_i$ ,可以很方便地计算 PDR 值。

外观质量视觉缺陷率 PDR 计算公式为:

$$PDR = \sum_{i=1}^8 (P_i \times W_i) / \sum_{i=1}^8 (P_{i_{max}} \times W_{i_{max}}) \quad (1)$$

式中： $P_i$  为包装质量评价指标值； $W_i$  为包装质量评价指标权重系数。

按照上述 PDR 评估方法，对甲、乙、丙 3 家所有样本的包装质量进行评估测试。对于顶部折角  $P_1$ ，如果砖包顶部有一个折角开胶分离了，则  $P_1 = 1$ ；如果折角完好，则  $P_1 = 0$ 。砖包顶部共有 2 个折角： $P_{11}$  和  $P_{12}$ 。对于顶部横封  $P_2$ ，如果顶部横封与顶板之间的最大间隙大于 2 mm，则  $P_2 = 1$ ；反之， $P_2 = 0$ 。对于鼓肚  $P_3$ ，如果顶部和 4 个垂直侧面上任何一个面与其标准的水平面或垂直面的最大偏差大于 2 mm（凹陷或凸出），则  $P_3 = 1$ ；反之， $P_3 = 0$ 。砖包共有 5 个面参与测量： $P_{31}, P_{32}, P_{33}, P_{34}, P_{35}$ 。对于垂直边挺度  $P_4$ ，如果 4 个垂直侧边中任何一边存在明显的弯曲、扭曲（偏差 > 2 mm），则  $P_4 = 1$ ；反之， $P_4 = 0$ 。砖包共有 4 条边参与测量： $P_{41}, P_{42}, P_{43}, P_{44}$ 。对于水平边挺度  $P_5$ ，如果顶部的 4 个水平边中任何一边存在明显的弯曲、扭曲，则  $P_5 = 1$ ；反之， $P_5 = 0$ 。砖包共有 4 条边参与测量： $P_{51}, P_{52}, P_{53}, P_{54}$ 。对于吸管  $P_6$ ，如果吸管的任何一端和砖包分离，则  $P_6 = 1$ ；反之， $P_6 = 0$ 。对于视觉污垢  $P_7$ ，如果在砖包上发现一个或一个以上明显的污渍，则  $P_7 = 1$ ；反之， $P_7 = 0$ 。其他  $P_8$ ，如果出现不属于上述 7 种情况又对砖包的外观形象有显著影响的，如皱褶、擦伤、凹痕、顶角凹陷、印刷色差等，则  $P_8 = 1$ ；反之， $P_8 = 0$ 。

由此，通过对甲、乙、丙 3 种砖包每一个样本进行检测，计算出每个样本的所有  $P_i$  数值，根据表 1 中标权权重  $W_i$  值，利用公式(1)计算所有样本的 PDR 数值，并进行相关统计和分析。

## 2 结果与讨论

### 2.1 PDR 数值分布统计

甲、乙、丙 3 种砖包样品所有的 PDR 百分比数值分布统计分别见图 2—4。可以看出，3 种产品的 PDR 数值分布差别较大。甲产品比较集中分布在 PDR 数值较小的位置，说明甲产品外观视觉缺陷较少，包装质量较好；乙产品和丙产品的 PDR 数值从低到高均有分布，离散度较高，说明 2 种产品包装质量稳定性相对较差。

### 2.2 PDR 算术平均值和标准差值统计

在自然和社会现象中，大量的随机变量都服从或近似地服从正态分布。正态总体的抽样分布主要有

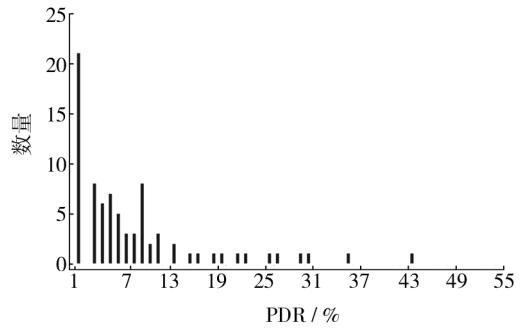


图 2 甲产品 PDR 数值分布统计  
Fig. 2 PDR statistical graph for JIA

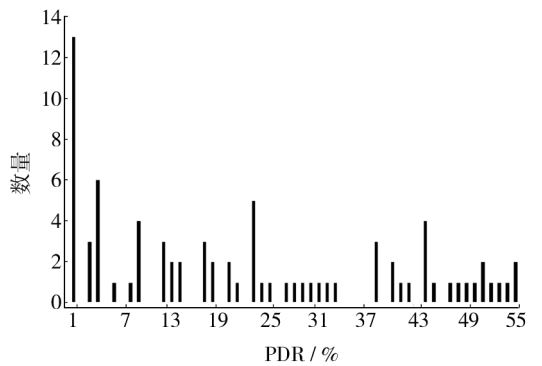


图 3 乙产品 PDR 数值分布统计  
Fig. 3 PDR statistical graph for YI

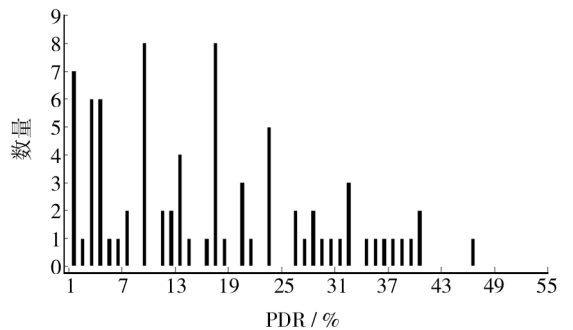


图 4 丙产品 PDR 数值分布统计  
Fig. 4 PDR statistical graph for BING

$\chi^2$  分布、 $t$  分布和  $F$  分布。在产品质量的抽样检测中， $t$  分布是常见的抽样分布形式。当抽样个数  $n \rightarrow \infty$  时， $t$  分布的极限分布是标准正态分布。事实上，对于有限的抽样量，当  $n > 30$  时， $t$  分布就近似地等于标准正态分布<sup>[8-11]</sup>。

在对包装质量进行评估时，由于人力、成本等客观因素的影响，一般不可能对所有产品包装质量进行检测，都是按照一定的比例进行抽检。正态总体的 2

个参数就是用样本平均值  $\bar{X}$  和样本标准差值  $S$  (也称作均方差值) 来估计总体的均值  $\mu$  和总体的标准差值  $\sigma$  [12-14]。

$$\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i \quad (2)$$

$$S = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2} \quad (3)$$

式中:  $\bar{X}$  为样本平均值;  $S$  为样本标准差值;  $n$  为样本量;  $X_i$  为随机抽样的样本值。

根据图 2—4 所有的样本 PDR 数值, 利用公式 (2) 和 (3), 计算每家产品 PDR 算术平均值和标准差值, 其中  $n=80$ , 结果见表 2。

表 2 PDR 平均值  $\bar{X}$  和标准差  $S$  统计

Tab. 2 Arithmetic mean value  $\bar{X}$  and standard deviation  $S$  of PDR

	甲	乙	丙
PDR 平均值 $\bar{X}$	0.064 68	0.143 282	0.114 341
PDR 标准差 $S$	0.054 735	0.103 817	0.064 952

PDR 数值的算术平均值大小反映产品的视觉缺陷多少, 平均值越小, 产品外观质量越好。PDR 的标准差值大小反映产品包装质量各项指标的离散程度, 标准差值越小, 产品包装外观波动少, 外观质量越稳定。从表 2 可以看出, 甲产品的包装视觉缺陷最少, 外观质量最稳定, 丙产品其次, 乙产品最差。

### 2.3 无缺陷样本数统计

测试样品中所有 PDR 数值为 0 的样本数统计见图 5。PDR=0 的样本数量越多, 表明该产品外观质量无缺陷的越多。从图 5 中可以看出, 甲产品外观无缺陷数量最多, 乙其次, 丙最差。

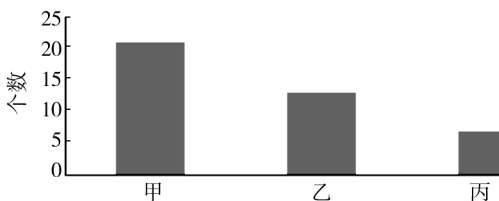


图 5 PDR=0 的样本数

Fig. 5 The number of samples for which PDR is zero

### 2.4 各分项指标中无缺陷样本数统计

8 个分项外观质量评价指标中,  $P_i=0$  无缺陷样本数统计见图 6。可以看出, 所有测试样本均未发现

顶部折角  $P_1$ 、吸管脱落  $P_6$  和视觉污垢  $P_7$  缺陷; 通过对 3 种产品顶部横封不平  $P_2$  缺陷进行比较可知, 甲产品最优; 通过对鼓肚  $P_3$  缺陷进行比较可知, 甲产品最优; 通过对  $P_8$  其他缺陷比较可知, 乙产品最优。所有统计样本中, 3 种产品均表现为鼓肚缺陷最多, 表明无菌砖包产品极易发生鼓肚现象。

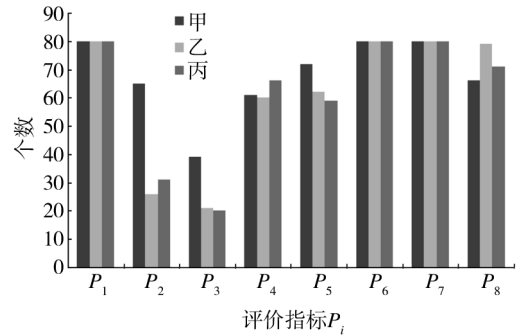


图 6 分项评价指标中  $P_i=0$  的样本数统计

Fig. 6 The number of samples for which  $P_i$  is zero for every evaluation index

### 2.5 鼓肚评价指标分析

分别对 3 种产品鼓肚 5 个面中有缺陷的样本数统计见图 7。发现所有样本都是正面和背面鼓肚缺陷最多, 而顶面鼓肚缺陷最少, 正背面的鼓肚缺陷数占有所有鼓肚缺陷数的 60% 以上。这可能是因为无菌砖产品正背面面积较大, 容易发生纸板弯曲现象, 而顶面的面积较小, 故顶面不容易发生鼓肚现象。甲、乙、丙 3 种产品中, 甲产品鼓肚缺陷数最少。

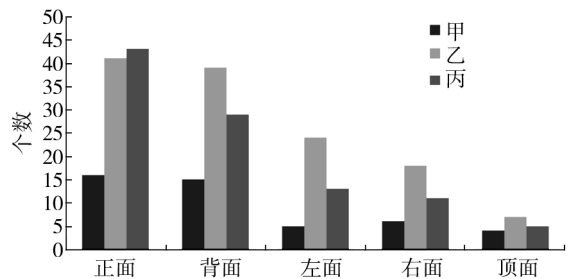


图 7 鼓肚 5 个面样本缺陷个数统计

Fig. 7 The number of samples for which  $P_3$  is not zero

无菌砖包装为多层纸铝塑复合包装材料。典型的材料结构为: PE/纸板/TIE/AL/PE/PE, 其中纸板占 73%、塑料 25%、铝箔 5%, 其余为印刷油墨 [15-16]。纸板为无菌砖最主要的结构成分, 纸板由原生的长纤维制成, 这些纤维有些经过漂白, 有些未经过漂白, 其

纸浆的材料结构、成分配比和性能为专有技术,且和其独特的包装机配套。

砖包鼓肚现象主要与纸板材质和纸板生产工艺有关。纸基纤维强度越高,纸板紧度越高,纸板越厚,则纸板挺度越高,越不容易产生鼓肚现象。纸板经过压痕工艺后,压痕挺度高,纸盒也不容易产生鼓肚现象。另外,纸板挺度纵横向比例过大或过小,均容易发生砖包鼓肚现象<sup>[17]</sup>。

## 2.6 砖包纸板挺度测试

3种样品砖包纸板挺度测试统计见图8。挺度测试按照 GB/T 22364—2008<sup>[18]</sup>进行,样品宽度为38 mm。

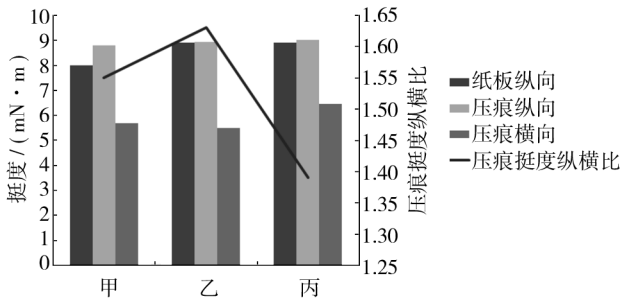


图8 砖包纸板挺度

Fig. 8 Stiffness of paperboard for brick package

GB/T 18192—2008<sup>[19]</sup>中规定250 mL无菌砖包装的挺度要求为纵向挺度 $\geq 7.0$  mN·m,由此可见图8中3种测试样品纸板纵向挺度均符合国标要求。由于纸板挺度取样要求为无压痕的纸板,但对于食品生产企业,采购的样品均为已压痕的纸盒纸板,且压痕对纸盒成型质量有一定的影响,故测量了纸板压痕挺度。测量压痕挺度时,取一条压痕线居中的样品,样品宽度为38 mm。从图8中看出,甲产品纸板纵向挺度比乙、丙低,但甲产品纸板压痕挺度纵横比居中。这也从另一侧面印证了如果纸板挺度纵横比合适,则不容易发生鼓肚现象。

## 2.7 各分项评价指标占加权平均值统计

针对3种产品,所有8个分项评价指标平均值占总加权平均值的百分比统计见图9。从图9中可以看出,影响甲产品外观质量的主要因素为 $P_3$ 鼓肚,其次为 $P_4$ 垂直边挺度和 $P_8$ 其他类;影响乙产品外观质量的主要因素是 $P_3$ 鼓肚,其次为 $P_2$ 顶部横封不平和 $P_4$

垂直边挺度;影响丙产品外观质量的主要因素是 $P_3$ 鼓肚,其次为 $P_2$ 顶部横封不平。由此可证实,鼓肚是影响砖包质量的非常重要的评价指标,其次为顶部横封不平和垂直边挺度指标。

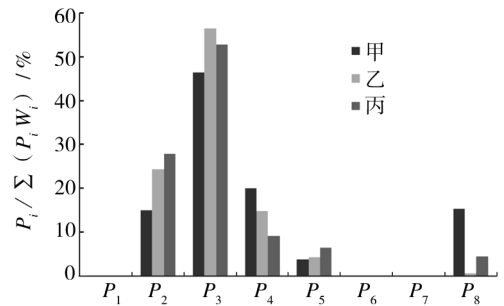


图9 分项评价指标 $P_i$ 平均值占总加权

平均值 $\sum (P_i W_i)$ 的百分比统计

Fig. 9 Percentage of evaluation index average value in weighted average value

## 2.8 包装质量的置信区间估计

利用样本平均值 $\bar{X}$ 和样本标准差值 $S$ 来估计正态总体的均值 $\mu$ 和总体的标准差值 $\sigma$ 只是近似值,通常在测量或计算时,还需要估计误差,即要求确切地知道近似值的精确程度,亦即真值所在范围,并且希望知道这个范围包含真值的可靠程度<sup>[20-21]</sup>。这种形式的估计为正态分布的区间估计,这样的范围通常以置信区间的形式给出,这个可靠程度为置信度或置信水平。

置信水平或置信度是指总体真值落在样本统计值某区间内的概率,百分数 $100(1-a)\%$ 为置信度,表示置信区间包含真值的可靠程度为 $100(1-a)\%$ ,它是区间估计的可靠概率。

参数 $\theta$ 的区间估计就是在给定 $a(0 < a < 1)$ 值的前提下,计算2个统计量 $\hat{\theta}_1$ 和 $\hat{\theta}_2$ ,使其满足式(4),从而知道被估参数 $\theta$ 落在区间 $(\hat{\theta}_1, \hat{\theta}_2)$ 中的概率为 $1-a$ ,称区间 $(\hat{\theta}_1, \hat{\theta}_2)$ 为参数 $\theta$ 的区间估计。

$$P\{\hat{\theta}_1(X_1, X_2, \dots, X_n) < \theta < \hat{\theta}_2(X_1, X_2, \dots, X_n)\} = 1-a \quad (4)$$

式中: $a$ 为显著性水平。

区间估计的精确度用置信区间的平均长度 $E(\hat{\theta}_2 - \hat{\theta}_1)$ 来表示。给定样本容量 $n$ 后,可靠度和精确度相互制约,即提高了可靠度,必然增加了置信区间长度,从而降低了精确度;反之,增加了精确度必然降低了

可靠度。实际操作中,常常采用在使得置信度达到一定要求的前提下,寻找精确度尽可能高的区间估计。

设总体  $X$  服从均值为  $\mu$ , 标准差为  $\sigma$  的正态分布, 记为  $X \sim N(\mu, \sigma^2)$ , 其中  $\sigma$  未知, 现对总体均值  $\mu$  作区间估计。

由数理统计参数估计理论可以得到, 当抽样个数  $n > 30$  时, 由于正态总体标准差  $\sigma$  未知, 用样本标准差  $S$  来代替  $\sigma$ , 此时总体均值  $\mu$  的置信度为  $1-\alpha$  的置信区间:

$$\left( \bar{X} - t_{\alpha/2}(n-1) \frac{S}{\sqrt{n}}, \bar{X} + t_{\alpha/2}(n-1) \frac{S}{\sqrt{n}} \right) \quad (5)$$

式中:  $t_{\alpha/2}(n-1)$  为自由度为  $n-1$  的  $t$  分布关于  $\alpha/2$  的上侧分位数,  $t_{\alpha/2}(n-1)$  的数值可由数理统计表“ $t$  分布上侧分位数表”中查到<sup>[11]</sup>。

另外, 区间估计的精确度随样品容量  $n$  的增大而提高。在置信区间不变的情况下, 样本容量越多, 置信水平越高; 在置信水平相同的情况下, 样本量越多, 置信区间越窄<sup>[22]</sup>。

从结果分析中可以看出, 甲产品外观质量综合水平较高, 产品缺陷少, 产品稳定性好, 丙产品其次, 乙产品外观质量相对最差。由于这样的分析是建立在抽样的统计值代替产品真值的前提下的, 这种判断的真实程度值得商榷。

下面计算置信水平一定时产品真值估计的精确度。查  $t$  分布上侧分位数表, 当置信水平  $1-\alpha=0.95$ ,  $\alpha/2=0.025$ ,  $n-1=79$  时,  $t_{\alpha/2}(n-1)=2.0141$ 。

依据表 2 样品的 PDR 平均值和标准差值, 当置信水平=95%时, 根据式(5)计算甲、乙、丙 3 家 PDR 总体均值的置信区间和置信区间长度, 见表 3。

表 3 95%置信水平时 PDR 总体均值的置信区间

**Tab.3 Confidence interval of PDR normal population mean when confidence level is 95%**

	甲	乙	丙
置信区间 $(\hat{\theta}_1, \hat{\theta}_2)$	(0.0524, 0.0770)	(0.1199, 0.1667)	(0.0997, 0.1290)
置信区间长度 $E(\hat{\theta}_2 - \hat{\theta}_1)$	0.0246	0.0468	0.0293

从表 3 中可以看出, 在 95% 置信水平下, 甲产品的置信区间最短, 表明甲产品区间估计的精确度最高, 丙产品其次, 乙产品区间估计的精确度最低, 亦即甲产品样本均值代替总体均值进行估计的精确度是最高的。

实际工程应用中, 一般取 95% 的置信水平。如

果要求可靠程度更高些, 可以取 99% 置信水平。同样可以计算, 当置信水平  $1-\alpha=99\%$  时, 3 家 PDR 总体均值的置信区间和置信区间长度, 见表 4。

查  $t$  分布上侧分位数表, 当置信水平  $1-\alpha=0.99$ ,  $\alpha/2=0.005$ ,  $n-1=79$  时,  $t_{\alpha/2}(n-1)=2.6896$ 。

表 4 99%置信水平时 PDR 总体均值的置信区间

**Tab.4 Confidence interval of PDR normal population mean when confidence level is 99%**

	甲	乙	丙
置信区间 $(\hat{\theta}_1, \hat{\theta}_2)$	(0.0482, 0.0811)	(0.1121, 0.1745)	(0.0948, 0.1339)
置信区间长度 $E(\hat{\theta}_2 - \hat{\theta}_1)$	0.0329	0.0624	0.0391

从表 4 中可以看出, 在 99% 置信水平下, 甲产品的置信区间最短, 表明甲产品区间估计的精确度最高, 丙产品其次, 乙产品最差。

比较表 3 和表 4 可发现, 当样本容量一定时, 置信水平越高, 亦即可靠度越高, 置信区间长度越大, 区间估计的精确度降低; 反之, 置信水平越低, 则区间估计精确度提高。这说明可靠度和精确度二者不可兼得, 故只有通过增加样本容量  $n$ , 才能使二者均可满足指定要求。

以甲产品的置信区间长度为基准, 考察乙产品和丙产品的置信水平。取甲产品置信区间长度为 0.0246, 这时甲产品置信水平为 95%, 利用公式(5), 反过来推算乙产品和丙产品的置信水平, 结果见表 5。

表 5 置信区间长度为 0.0246 时的置信水平

**Tab.5 Confidence level when confidence interval length is 0.0246**

	甲	乙	丙
$t_{\alpha/2}(n-1)$	2.0141	1.0597	1.6938
置信水平 $(1-\alpha)$	0.95	0.68	0.90

当置信区间长度为 0.0246 时, 甲产品置信水平为 95%, 乙产品置信水平为 68%, 而丙产品的置信水平为 90%。说明当取同样的估计精确度时, 甲产品的可靠程度最高, 丙产品其次, 乙产品最差。

在包装质量评估方法中, 引入置信水平和置信区间能够准确地把握测量结果的离散程度, 既反映数据的真值和真实程度, 又可以节约检测成本, 有着重大的现实指导意义。

### 3 结语

建立产品包装质量指标评估方法,能够有效地对产品包装质量进行定量分析和评判。通过对外观质量视觉缺陷率 PDR 值进行统计分析,可以评判无菌砖包装质量的主要影响因素、产品质量的稳定性、产品包装的货架形象。运用数理统计区间估计的方法,可以初步分析样本统计值的精确度和可靠度,能够准确地把握测量结果的真实程度和离散程度,并可以节约抽样检测成本。

通过分析可知,甲产品的外观质量最好,产品缺陷少,产品稳定性好,丙产品其次,乙产品最差。鼓肚是影响无菌砖包装质量的主要影响因素,其次为顶部横封不平和垂直边挺度指标。如果纸板挺度纵横向比例合适,则砖包不容易发生鼓肚现象。在 95% 的置信水平下,甲产品的正态区间估计精确度最高。当区间估计精确度相同时,甲产品的可靠程度最高。

通过对不同厂家和不同生产设备生产的产品进行外观质量指标统计分析,可以监测生产的技术水平和质量管理水平,为企业选择和替换包装供应商和灌装设备提供决策依据,促进企业全面有效地管理和控制产品包装。样本容量越大,包装质量评估统计分析越接近真实状况。

#### 参考文献:

- [1] 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.
- [2] 中国无菌包装市场预测[J]. 中国包装, 2012(12): 55.  
Aseptic Packaging Market Forecast in China[J]. China Packaging, 2012(12): 55.
- [3] 陈希荣. 无菌纸基复合包装的质量安全控制[J]. 中国食品工业, 2009(7): 28—29.  
CHEN Xi-rong. Quality and Safety Control of Paper Based Laminated Aseptic Packaging[J]. China Food Industry, 2009(7): 28—29.
- [4] 张春和, 吴志斌, 赵复涛. 装备器材包装质量评价指标与评价方法探讨[J]. 包装工程, 2012, 33(3): 137—141.  
ZHANG Chun-he, WU Zhi-bin, ZHAO Fu-tao. Research on Evaluation Index and Method of Material Packaging Quality[J]. Packaging Engineering, 2012, 33(3): 137—141.
- [5] 舒祖菊, 陈满儒, 丁毅. 模糊多目标决策算法在产品包装质量评估中的应用[J]. 包装工程, 2009, 30(2): 109—110.  
SHU Zu-ju, CHEN Man-ru, DING Yi. Application of Fuzzy Multi-objective Decision Algorithms in Packaging Quality Evaluation[J]. Packaging Engineering, 2009, 30(2): 109—110.
- [6] 谢明辉, 李丽, 朱雪梅, 等. 国内外包装合理性评价指标体系比较研究[J]. 包装工程, 2009, 30(1): 194—198.  
XIE Ming-hui, LI Li, ZHU Xue-mei, et al. Comparative Study of Packaging Rationality Evaluation System[J]. Packaging Engineering, 2009, 30(1): 194—198.
- [7] 刘向红. 无菌砖包装质量评估体系的建立[J]. 包装工程, 2012, 33(1): 32—36.  
LIU Xiang-hong. Foundation of Packaging Quality Evaluation System of Aseptic Brick[J]. Packaging Engineering, 2012, 33(1): 32—36.
- [8] 李松, 饶竹, 黄毅, 等. 正态分布检验在地下水监测质量控制中应用[J]. 岩矿测试, 2010, 29(5): 585—589.  
LI Song, RAO Zhu, HUANG Yi, et al. Application of Normal Distribution Test in Quality Control for Analytical Data of Groundwater Samples[J]. Rock and Mineral Analysis, 2010, 29(5): 585—589.
- [9] HUANG Y X, DAGNE G. A Bayesian Approach to Joint Mixed-effects Models with a Skew-normal Distribution and Measurement Errors in Covariates[J]. Biometrics, 2011, 67(1): 260—269.
- [10] 肖颖喆, 王凌志. 统计过程控制在包装印刷质量管理中的应用研究[J]. 包装工程, 2010, 31(11): 110—113.  
XIAO Ying-zhe, WANG Ling-zhi. Research on SPC (Statistical Process Control) Applied in Packaging and Printing Quality Management[J]. Packaging Engineering, 2010, 31(11): 110—113.
- [11] 师义民, 徐伟, 秦超英. 数理统计[M]. 北京: 科学出版社, 2009.  
SHI Yi-min, XU Wei, QIN Chao-ying. Mathematical Statistics[M]. Beijing: Science Press, 2009.
- [12] AREZOUMANDI M. Estimation for Travel Time Reliability for Freeways Using Mean and Standard Deviation of Travel Time[J]. Journal of Transportation Systems Engineering and Information Technology, 2011, 11(6): 74—84.
- [13] MENG Xian-hua, WANG Jing-long, WU Xian-yi. Comparison of Simultaneous Intervals for the Mean of a Multivariate Normal Distribution[J]. Chinese Journal of Applied Probability and Statistics, 2009, 25(1): 95—101.
- [14] 王华, 金勇进. 统计数据准确性评估: 方法分类及适用性分析[J]. 统计研究, 2009(1): 32—39.

- urethane Acrylic Resin Used for Synthetic Leather[J]. Paint & Coating Industry, 2012, 42(7): 35—38.
- [10] 何游, 张力, 刘金铃, 等. 水性UV固化含氟丙烯酸酯涂料的制备及性能研究[J]. 涂料工业, 2013, 43(8): 18—22.  
HE You, ZHANG Li, LIU Jin-ling, et al. Preparation and Performance of UV-curable Waterborne Fluorinated Acrylate Coatings[J]. Paint & Coating Industry, 2013, 43(8): 18—22.
- [11] 林旭峰, 张守一, 钱军. UV固化水性超支化聚氨酯的合成及性能研究[J]. 涂料工业, 2013, 43(4): 37—43.  
LIN Xu-feng, ZHANG Shou-yi, QIAN Jun. Synthesis and Properties of UV-curing Waterborne Hyperbranched Polyurethane[J]. Paint & Coating Industry, 2013, 43(4): 37—43.
- [12] 屈贞财. 用于PE瓶盖的UV固化油墨的研制[D]. 广州: 华南理工大学, 2012.  
QU Zhen-cai. Development of UV Curable Ink Used on Plastic Bottle Cap[D]. Guangzhou: South China University of Technology, 2012.
- [13] BAI Chen-yan, ZHANG Xing-yuan, DAI Jia-bing, et al. A new UV Curable Waterborne Polyurethane; Effect of C=C Content on the Film Properties[J]. Progress in Organic Coatings, 2006, 55: 291—295.
- [14] 涂天平. UV固化聚氨酯丙烯酸酯水性乳液的合成及应用[D]. 西安: 西安科技大学, 2011.  
TU Tian-ping. Synthesis and Applications of UV-curing Polyurethane Acrylates Emulsion[D]. Xi'an: Xi'an University of Science and Technology, 2011.
- [15] 马晓旭, 魏先福, 黄蓓青, 等. UV油墨固化速率的影响因素研究[J]. 中国印刷与包装研究, 2012, 4(3): 41—42.  
MA Xiao-xu, WEI Xian-fu, HUANG Bei-qing, et al. Study on the Influencing Factors of Curing Rate of UV Ink[J]. China Printing and Packaging Study, 2012, 4(3): 41—42.
- [16] 高倩, 胡卫雅, 方锡武, 等. 水性紫外光固化涂料的研究进展[J]. 化工生产与技术, 2011, 18(3): 39—42.  
GAO Qian, HU Wei-ya, FANG Xi-wu, et al. Research Progress in Waterborne UV-curing Coatings[J]. Chemical Production and Technology, 2011, 18(3): 38—42.
- [17] 方长青, 王宏涛, 骆光林. 环保性水性油墨稳定性、抗水性研究[J]. 包装工程, 2007, 28(8): 112—113.  
FANG Chang-qing, WANG Hong-tao, LUO Guang-lin. Research on the Water Resistance and Stability of the Water-based Ink[J]. Packaging Engineering, 2007, 28(8): 112—113.
- (上接第12页)
- WANG Hua, JING Yong-jin. Statistical Data Accuracy Assessment; Methods Classification and Applicability[J]. Statistical Research, 2009(1): 32—39.
- [15] 刘璐. 纸/塑/铝复合结构纸板强度性能的试验研究[J]. 包装工程, 2012, 33(9): 49—53.  
LIU Lu. Experimental Research on Strength Properties of Paper/Plastic/Aluminum Composite Board[J]. Packaging Engineering, 2012, 33(9): 49—53.
- [16] MOURAD A L, GARCIA L E C, VILELA G B, et al. Environmental Effects from a Recycling Rate Increase of Cardboard of Aseptic Packaging System for Milk Using Life Cycle Approach[J]. The International Journal of Life Cycle Assessment, 2008, 13(2): 140—146.
- [17] 刘向红. 几种用于保鲜乳品屋顶型纸盒的材料强度性能测试[J]. 包装工程, 2012, 33(21): 31—36, 66.  
LIU Xiang-hong. Mechanical Properties of Gable Top Cartons for Fresh Milk Foundation of Packaging Quality Evaluation System of Aseptic Brick[J]. Packaging Engineering, 2012, 33(21): 32—36.
- [18] GB/T 22364—2008, 纸和纸板弯曲挺度的测定[S].  
GB/T 22364—2008, Paper and Board Determination of Resistance to Bending[S].
- [19] 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].
- [20] 孔祥芬, 何桢, 车建国, 等. 不同标准差估计方法下的过程能力指数的置信区间的比较研究[J]. 应用概率统计, 2009, 25(2): 164—170.  
KONG Xiang-fen, HE Zhen, CHE Jian-guo, et al. A Comparative Study on Confidence Interval of Cp in Terms of Standard Deviation Estimated by Different Methods[J]. Chinese Journal of Applied Probability and Statistics, 2009, 25(2): 164—170.
- [21] WANG Hai-xian, ZENG Jian-jun, CHEN Gui-jing. Two-Stage Confidence Intervals for the Variance of a Normal Distribution[J]. Chinese Journal of Applied Probability and Statistics, 2003, 19(2): 118—124.
- [22] 李鹏祥. 样本容量对总体均值区间估计精度的影响[J]. 黄冈师范学院学报, 2009(S1): 124—125.  
LI Peng-xiang. The Effect of Sample Size on the Accuracy of Interval Estimation for Population Mean[J]. Journal of Huanggang Normal University, 2009(S1): 124—125.