

100-103

第23卷 第6期
1995年12月西北农业大学学报
Acta Univ. Agric. Boreali-occidentalisVol. 23 No. 6
Dec. 1995

电阻应变片式水果坚实度计的研制

李小昱 王为

(西北农业大学机电学院, 陕西杨陵 712100)

A 摘要 试制了一种无损检测的电阻应变片式水果坚实度计, 并比较了苹果坚实度无损测量方法与普通有损测量方法的精度。

关键词 电阻应变片, 水果坚实度, 无损检测

中图分类号 TS255.35, S661.109

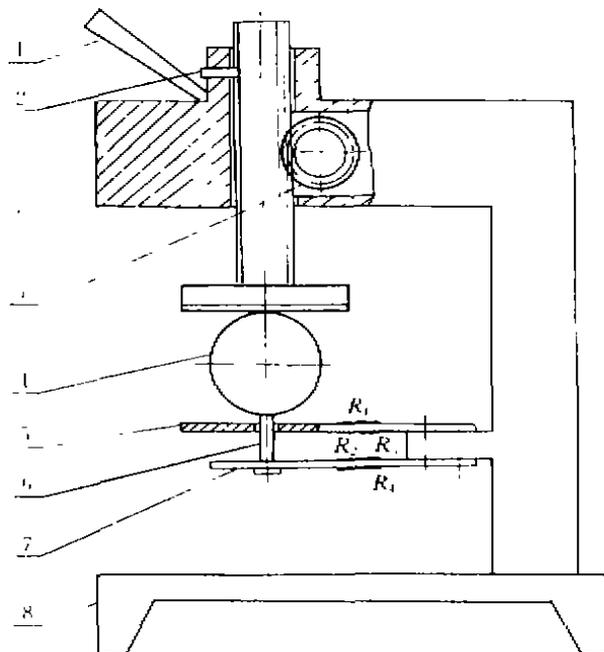
水果的坚实度是评价水果品质特性的重要指标之一。在适时收获、质量评估、加工工艺、市场销售、保鲜贮藏等各个环节中, 都有着广泛的应用。所以, 坚实度的测量与研究具有重要的意义。

早在1925年, Magness和Taylor^[1]发展与制定了测定水果坚实度的标准方法, 即用一圆冲头从果肉冲剪一圆柱凹体, 由加载弹簧所对应的读数反映出其剪切力值。这一仪器的原理、方法与计量标准至今还被广泛使用着, 即通常所说的Magness-Taylor坚实度。但由于水果表现出粘弹性性质, 因此其对冲头的阻力与冲头刺入的速率关系极大, 容易给测量带来较大的误差。虽然研究者们提出种种方法以求精确值^[1], 但这种有损的测量方法仍有难以克服的缺点, 即只能是一次性的测量并造成了很大的浪费。本研究利用传感器无损检测技术, 试制出一种电阻应变片式水果坚实度计。

1 电阻应变片式水果坚实度计的结构和工作原理

该坚实度计的结构示意图如图1

所示。为了排除加载速率与装夹固定力对测量值的影响, 将悬臂梁式传感器 I、II 设置于水果的下方, 传感器 I 用以消除水果自重及装夹力的影响, 传感器 II 则用来测量水果的坚实度。传感器 I 的末端有一小孔, 以便使传感器 II 末端的触头上下运动时通过。据无损检测技术的要求, 将触头伸出传感器 I 上平面的高度取 1.25 mm, 其直径取 3.5 mm。



附图 电阻应变片式坚实度计结构示意图

1. 手柄; 2. 固定螺钉; 3. 齿轮齿条装夹装置; 4. 水果;
5. 传感器 I; 6. 触头; 7. 传感器 II; 8. 支座

收稿日期: 1994-09-01

将水果放在传感器 I 上,水果与触头垂直接触,装夹压头施加很轻微的力,仅使水果固定不动即可。装夹压头到位后,用固定螺钉定位,传感器 I 通过触头引起变形,该变形所产生的应变值即为水果的坚实度。而水果自重及装夹力的影响可在测量计算中通过传感器 I 消除。传感器 I 的应变片 R_1 与 R_2 在弹性元件的同一截面上布片,该测量电路组成半桥,以消除温度的影响。传感器 I 的工作原理同理。然后接 YJ-5 型静态应变仪。其各项性能检验指标见表 1。

2 材料与方 法

2.1 试验材料

表 1 传感器性能检验指标

项 目	精 度	重 复 性	滞 后	非 线 性
传感器 I	0.2%	0.25%	0.54%	0.25%
传感器 II	0.2%	0.21%	0.50%	0.20%

供试验用的苹果,品种为秦冠,贮藏期为 6~8 个月,贮藏温度在 10℃ 以下。46 个苹果试样的直径在 60.1~81.2 mm,重量在 100.9~200.1 g。

2.2 试验方法

46 个苹果随机编号,每个苹果用应变片式坚实度计依次测量 6 个不同侧面,然后用普通的冲剪式 GY-1 型水果坚实度计测量同一个苹果,6 个测点位置与应变片式坚实度计所测位置相同并对应。

3 分析与讨论

3.1 用统计学方法对比两种坚实度的测定结果

从两种坚实度计所测结果统计参数的范围(表 2)。可知,应变片式坚实度计的变异系数小于 GY-1 型坚实度计的变异系数,说明前者测量重复性高于后者。

表 2 测量结果统计参数范围

类 型	测 量 值	标 准 差	变 异 系 数
应变片式坚实度计($\mu\epsilon$)	637.5~1287.5	9.72~16.91	1.52%~8.23%
GY-1 型坚实度计($\times 10^5$ Pa)	5.8~13.4	0.14~1.35	2.32%~10.10%

另外,为了更好地对比两种测量方法的结果,选用苹果试样的坚实度范围较大。将苹果试样按坚实度范围分为 3 组,两种测量方法的相关系数见表 3。由此可知,苹果的坚实度范围不同,其相关系数差异很大。在通常的统计方法中,其各自的标准差

表 3 两种测量方法的相关系数与 Sd^2 值

坚实度范围 ($\times 10^5$ Pa)	相关系数 R	Sd^2
5.0~7.0	0.538	3.1
5.0~14.0	0.913	3.0
10.0~14.0	0.804	3.4

与变异系数说明各自测量方法的精密度与重复性的优劣程度,线性回归分析和相关系数一般被用来对照两种测量方法相关的程度或其中一种测量方法的精确度。而在此,线性回归分析和相关系数显然不适合于对比这两种坚实度的测量方法。因为在实际测量中,一般

所测对象的坚实度范围并不很大,往往较为集中,用相关系数来对比两种方法的一致性就会带来判断上的错误。但两种测量方法的可比程度究竟有多大,这是性能检验与实际应用中必然面临的问题,需进一步研究与探讨。

3.2 用 Sd^2 对比两种坚实度的测量结果

根据 Peleg^[1]所提出的方法,可检验两种方法测量值的差值 $D=X-Y$ 的方差 Sd^2 。由于两种测量方法的计量单位不同,必须转换为同一量纲值,这样才能直接计算二测量值的差值 D 。可用下面的公式使其转换为相同的无量纲值^[1,6]。

$$X = 10(SG - SG_{\min}) / (SG_{\max} - SG_{\min}) \quad (1)$$

$$Y = 10(MT - MT_{\min}) / (MT_{\max} - MT_{\min}) \quad (2)$$

式中, X ——应变片式坚实度计的无量纲值; Y —GY-1 型坚实度计的无量纲值; SG ——应变片式坚实度计的测量值; MT —GY-1 型坚实度计的测量值。

用所测坚实度的极限值使两种方法的测量值均转换为无量纲 0~10 之间的值。这种转换并不改变两种测量方法测量值的相对位置,不妨碍进一步用 Sd^2 来比较这两种测量方法。

$$Sd^2 = \frac{1}{n-1} \sum (D - \bar{D})^2 = \frac{1}{n-1} \sum (X - \bar{X})^2 + (Y - \bar{Y})^2 + 2(X - \bar{X})(Y - \bar{Y}) \quad (3)$$

显然, Sd^2 值越小,这两种方法测量结果的一致性越高。

从 3 组坚实度不同苹果的 Sd^2 值(表 3)看是较为一致的,且与试样坚实度范围无关,由此表明,两种测量方法结果的分布基本一致。

将两种测量方法的测量值同转换为无量纲值后,可直接对比与参照,以便在实际应用中评估所测对象坚实度的大小。因为有损检测的 Maghess-Taylor 方法仍是现在世界上水果工业中的一个基本标准^[7],生产者与科研工作者均熟悉这一标准,所以在无损检测方法未推广普及与新的计量标准未制定以前,有必要对这两种方法作一对比。

4 小 结

1) 应变片式水果坚实度计的精度高于普通的 GY-1 型水果坚实度计,可考虑将其作为无损检测水果坚实度的一种手段和方法。

2) 线性回归分析和相关系数不适宜于对比无损与有损两种坚实度测量方法的精度。通过两种方法无量纲值差值的方差 Sd^2 可判断两种测量结果的一致性,但 Sd^2 的精度指标还有待于进一步研究。

3) 在目前研究水平阶段,可考虑用无量纲值作一参照,来评估坚实度的大小。

参 考 文 献

- 1 Mohsenin NN. Physical properties of Plant and Animal Materials. 2nd ed. New York, Gordon and Breach Science Publishers, 1986: 417~424
- 2 Mattus G E. Mechanical thumb test of apple firmness. Proc. Am. Soc. Hort. Sci. 1965, 87, 100~103
- 3 Mizrach A, Nahir D, Ronen B. Mechanical thumb sensor for fruit and vegetable sorting. Transactions of the ASAE, 1992, 35(1): 247~250
- 4 Peleg, K. Comparison of non-destructive and destructive measurement of apple firmness. J. agric. Engng Res. 1993, 55(3): 227~238
- 5 Westgard J O, Hunt M R. Use and interpretation of common statistical tests in comparison studies. Clinical Chemistry. 1973, 19, 49~57
- 6 Altman D G, Bland J M. Measurement in medicine the analysis of method comparison studies. The Statistician. 1983, 32: 307~317
- 7 Delwiche M, Sarig Y. A probe impact sensor for fruit firmness measurement. Transactions of the ASAE, 1991, 34(6), 187~192

Development of Fruit Firmness Meter Made with Resistance strain Gauge

Li Xiaoyu Wang Wei

(The College of Mechanical and Electronic Engineering, Northwestern
Agricultural University, Yangling, Shaanxi, 712100)

Abstract A fruit firmness meter with resistance strain gauge was developed with the method of non-destructive technique. The precision of non-destructive method was compared with that of the conventional destructive method in the apple firmness measurement.

Key words resistance strain gauge, fruit firmness, non-destructive measurement