

# 近红外(NIR)光谱法测定完整苹果糖的含量

金同铭 崔洪昌 河野澄夫  
 (北京蔬菜研究中心,北京 100081) (日本农林水产省食品研究所 筑波)

**摘 要** 介绍一种快速分析完整苹果糖分的新方法——近红外光谱法。在波长 910nm 附近,高、中、低糖含量的二阶导数光谱之间有明显差异,该波长选作定标的第一波长。经 910nm、884nm、843nm、991nm 四波长线性回归分析,其相关系数为 0.984,标准误差为 0.360,检验时的标准误差为 0.450,离差为 0.11。NIR 光谱法在实际应用中可满足完整苹果糖含量的测定精度。  
**关键词** 近红外光谱 苹果 糖

利用 NIR 光谱法非破坏分析果蔬类成分的工作有过一些报道。1985 年 Brith 等用于测定洋葱的干物质<sup>[1]</sup>,1989 年 Dull 等用于测定罗马甜瓜的可溶性固形物<sup>[2]</sup>,1992 年 Kawano 等用于测定桃子的糖含量<sup>[3]</sup>等都取得了成功。说明 NIR 光谱法在测定果蔬类内部成分方面具有很大的潜力。本文介绍用 NIR 光谱法分析完整苹果糖含量的研究结果。

## 1 材料和方法

### 1.1 材料

先后选用黄香蕉、红香蕉、大国光、小国光、红富士、红星、元帅等 7 个品种共 98 个果实,其中 60 个作定标用,38 个供检验用。

### 1.2 方法

1.2.1 近红外光谱测定 采用美国太平洋公司生产的 6250 型近红外光谱分析仪,配以 22mm×22mm 光导纤维探头,将待测苹果赤道部与探头先端接触,加盖密蔽的罩,防止杂散光干扰,扫描波长为 680~1 235nm,扫描次数为 50 次,每次样品测量前先用标准板参考测定。

1.2.2 糖分分析 用 ATAGO—N20 型糖度计进行。将近红外扫描后的照射部位切下

表 1 苹果中 Brix 值的统计特征

	定 标	检 验
样 品 数	60	38
糖含量范围	10.10~18.30	11.10~17.00
平 均	14.24	14.20
标 准 离 差	1.926	1.373
单 位	Brix	Brix

挤汁测定,每果测定 2 次取平均值,表 1 是供定标和检验用的统计结果。

## 2 结果与讨论

### 2.1 完整苹果的 NIR 光谱

图 1 是含有高、中、低 3 个不同糖含量的近红外光谱图,从原始光谱中看不出任何用于定量测定的特征,但是一阶导数和二阶导数光谱既有明显的特征,又能看出不同糖含量在 NIR 光谱上所表现出的细微差异,这就为进一步了解一阶导数和二阶导数与 Brix 值之间的相关性提供信息。图 2 是  $d^2\log(1/R)$  和 Brix 值相关性相对于波长的作图,可以看出在 893, 910, 959nm 处有较高的相关系数,在进行回归分析时,通过计算机选择和人工选择波长时发现,选择 910nm 为定标的第一波长比较理想,其回归结果不仅相关系数高,而且检验的误差也小,这一波长也正是蔗糖的特征吸收。

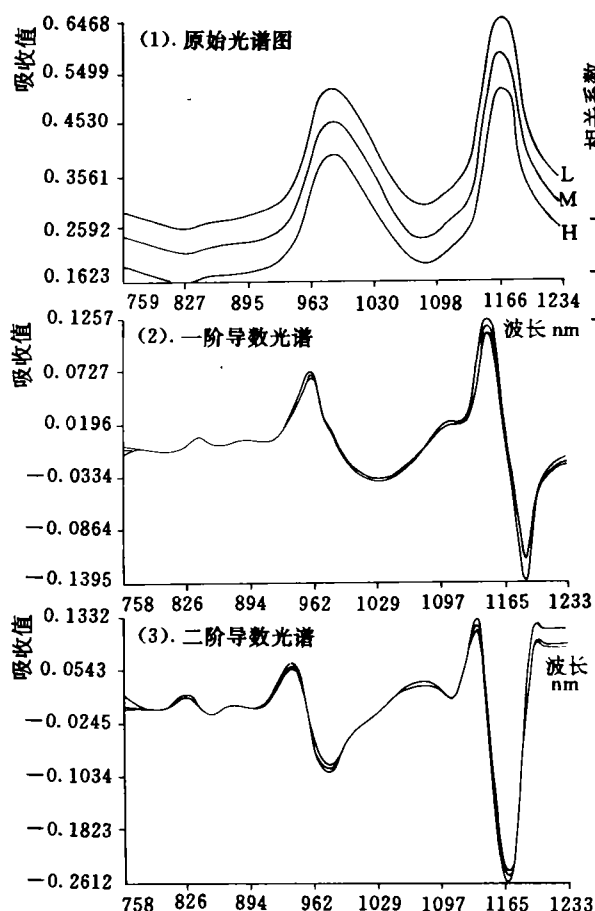


图 1 含高、中、低糖分苹果的 NIR 光谱图

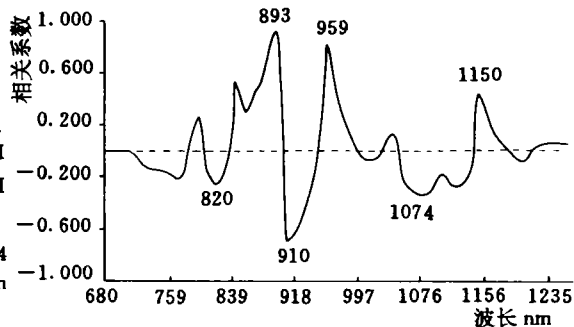


图 2 二阶导数和 Brix 值之间的相关图

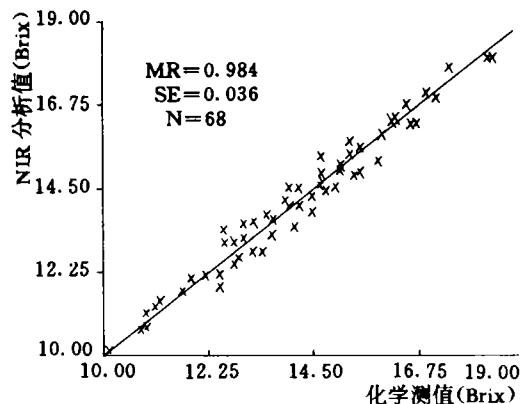


图 3 化学测定值与 NIR 分析值的定标相关图

2.2 定标和检验

表 2 是苹果含糖量的定标和待测样的检验结果。我们分别采用  $d\log(1/R)$  和  $d^2\log(1/R)$  两种回归方程作定标的数据处理。

方程  $A=K_0+K_1L(\lambda_1)+K_2L(\lambda_2)+K_3L(\lambda_3)+K_4L(\lambda_4)\cdots\cdots$  (下称 A)

方程  $B=K_0+K_1L(\lambda_1)/L(\lambda_2)+K_2L(\lambda_3)/L(\lambda_4)\cdots\cdots$  (下称 B)

其中  $K_0$  为回归方程常数; $K_1,K_2\cdots\cdots$ 是回归系数; $L(\lambda)$ 代表  $d\log 1/R(\lambda)$ ,  $d^2\log 1/R(\lambda)$ ;  $\lambda$  为波长 (nm)。

表 2 完整苹果含糖量的定标和检验

		波 长 选 择 (nm)				R	SEC	SEP	Bias
		$\lambda_1$	$\lambda_2$	$\lambda_3$	$\lambda_4$				
$d\log(1/R)$	A	908 <sup>M</sup>				0.431	1.75	1.72	-0.15
		908 <sup>M</sup>	923 <sup>M</sup>			0.932	0.71	1.09	1.70
		908 <sup>M</sup>	923 <sup>M</sup>	873 <sup>c</sup>		0.979	0.40	0.52	1.07
		908 <sup>M</sup>	923 <sup>M</sup>	873 <sup>c</sup>	899 <sup>c</sup>	0.985	0.34	0.50	1.39
	B	908 <sup>M</sup>	/886 <sup>c</sup>			0.918	0.77	0.95	0.18
		908 <sup>M</sup>	/886 <sup>c</sup>	991 <sup>c</sup>	/1083 <sup>c</sup>	0.947	0.63	0.82	0.18
$d^2\log(1/R)$	A	910 <sup>M</sup>				-0.69	1.42	1.09	0.05
		910 <sup>M</sup>	884 <sup>c</sup>			0.978	0.41	0.54	-0.05
		910 <sup>M</sup>	884 <sup>c</sup>	843 <sup>c</sup>		0.981	0.38	0.49	-0.08
		910 <sup>M</sup>	884 <sup>c</sup>	843 <sup>c</sup>	991 <sup>c</sup>	0.984	0.36	0.45	-0.11
	B	910 <sup>M</sup>	/884 <sup>c</sup>			-0.969	0.48	0.67	-0.02
		910 <sup>M</sup>	/884 <sup>c</sup>	891 <sup>M</sup>	/1072 <sup>c</sup>	0.972	0.46	0.67	-0.01

注: R——相关系数; SEC——定标时标准误差; SEP——检验时标准误差; M——人工选择波长; C——计算机选择波长。

从表 2 中可以看出,波长的选择依赖于采用一阶导数或是二阶导数进行多元回归分析,光学数据和 Brix 值之间的相关系数随选择的波长数增加而增加,采用不同回归方程所得出的结果也不同。在本研究中 A 方程好于 B 方程,一阶导数和二阶导数结果相近。综合起来我们认为选用二阶导数,910、884、843、991 四个波长进行线性回归比较理想,其相关系数为 0.984,标准误差为 0.36,用 38 个待测样品检验其误差为 0.45,离差为-0.11。

其定标结果按下式计算苹果糖的含量:

Brix 值 = 10.922 + 2230.823d<sup>2</sup>log(1/R910) + 3044.681d<sup>2</sup>log(1/R884) - 623.687d<sup>2</sup>log(1/R843) - 55.074d<sup>2</sup>log(1/R991)

图 3 是化学测定值与近红外分析值对定标结果作图。从图 3 可见实测值与计算值非常接近,具有很好的线性关系。这两种方法经 T 检验结果无显著差异(P<0.05),说明近红外光谱法可以在苹果糖含量的非破坏分析中应用。该法的最大特点是速度快,可以在 1min 内完成 1 个样品的测定,不需要任何前处理,保持样品的完整性,分析后的果实仍可作商品出售。这对评价苹果品质,划分苹果质量等级,特别是苹果加工品制作过程中的质量控制都十分方便。

## 参 考 文 献

- 1 Brith GS et al. Nondestructive spectrophotometric determination of dry matter in onions. J Amer soc Hort Sci, 1985, 110: 279~303
- 2 Bull G G et al. Near Infrared analysis of soluble solids in intact cantaloupe. J Food Sci, 1989, 54: 393~395
- 3 Kawano S et al. Measurement of sugar contents in intact peaches by NIRs. J Japan soc Hort Sci 1992, 61 (2): 445~451

## Determination of Sugar Content in Apples by Near Infrared Spectroscopy

Jin Tongming      Cui Hongchang

(Beijing Vegetable Research Center 100081)

Sumio Kawano

(National Food Research Institute, Japan, Tsukuba)

**Abstract** In this paper a fast nondestructive analytical method to measure sugar content in intact apples——near infrared spectroscopy (NIRS) was introduced. There were clear differences among the NIR second derivative spectra of samples with high, medium, and low Brix values in the 910nm wavelength region. This wavelength was characteristic of sucrose and therefore selected as the first calibration wavelength. The highest multiple correlation coefficient of 0.984nm was obtained in the linear regression equation that included four optical terms of  $d^2 \log(1/R)$  at 910nm, 884nm, 843nm and 991nm and the standard error of calibration (SEC) was 0.36 Brix. A bias-corrected standard error of prediction (SEP) was 0.45 Brix with a bias of 0.11 Brix, suggesting that the NIR method to be practical in determining sugar content in intact apples with sufficient accuracy.

**Key words:** NIRS; Apples; Sugar