

# 近红外光谱分析技术在 饲料检测中的应用

贾涛

北京市饲料监察所

**摘要** 由于现在近红外光谱(near infrared spectroscopy, NIR)分析技术所独具的特点, NIR已成为近年来发展最快的快速分析测试技术,尤其在饲料工业在线分析中的应用,产生了巨大的经济和社会效益。尽管 NIR 技术在饲料工业上的应用起步较晚,但越来越被人们所重视。为使广大饲料生产与检测行业对 NIR 及在饲料工业中的应用情况有所了解,文章分别对 NIR 分析技术的发展概况、测定原理及特点、分析测定过程、注意事项及在饲料工业中的应用等几方面进行讨论。

**关键词** 近红外 技术分析 饲料检测 应用

## 1 近红外分析技术的基本原理

近红外光谱的波长范围是 780~2 500 nm,通常又将这个范围划分为近红外短波区(780~1 100 nm, 又称 Herschel 光谱区)和近红外长波区(1 100~2 500 nm)。近红外光谱源于化合物中含氢基团,如 C-H、O-H、N-H 和 S-H 等振动光谱的倍频及合频的吸收。

近红外光谱法(NIRS)利用有机物中含有 C-H、O-H、N-H 和 S-H 等化学键的泛频振动或转动,以漫反射方式获得在近红外区的吸收光谱,通过主要成分分析、偏最小二乘法和人工神经网络等现代化化学计量学的手段,建立物质光谱与待测成分含量间的线性或非线性模型,从而实现用物质近红外光谱信息对待测成分含量的快速计算。近红外与固体试样作用时,会出现 6 种情形,全反射、漫反射、吸收、漫透射、折射和散射。

近红外光谱的获得通常有 2 种基本方式,即漫透射方式和漫反射方式。透射测定方法与常见的分光光度法类似,用透射率(T)或吸光度(A)表示样品对光的吸收程度,吸收度的大小符合比耳-郎伯定律。透射光谱一般用于均匀透明的真溶液或固体样品。其计算公式为:

$$A_i = \lg \frac{1}{T_i} = \epsilon_i b c_i$$

式中  $A_i$  为样品中  $i$  组分的吸光度;  $T_i$  为样品中  $i$  组分的透光率;  $\epsilon_i$  为摩尔吸光系数;  $c_i$  为  $i$  组分的浓度;  $b$  为样品池厚度。

漫反射法是对固体样品进行近红外测定的常用方法,当光源垂直于样品表面,有一部分漫反射光会向各个方向散射,将检测器放在与垂直光源成 45 度角,测定的散射光强度称为漫反射。光的反射有 2 种,一种是表面反射,另一种是漫反射。所谓表面反射,就是光线照射在光滑物体表面上被有规则地反射出来的现象,它没有携带入射光与样品相互作用的信息,与样品相互作用无关。所谓漫反射,就是光线照射到粗糙物体表面被无规则反射的现象。当光线照射到由一定厚度颗粒物质组成的样品层时,一部分被吸收,一部分被反射出来,反射出来的光线反映了样品的吸收特性,更多地携带有样品的化学信息。反射光强度与反射率  $R$  的关系为:

$$R = \frac{\text{反射光强}}{\text{完全不吸收的表面反射光强}}$$

反射光强度  $A$  与反射率  $R$  的关系为:

$$A = \lg \frac{1}{R}$$

因此,样品在近红外区的不同波长处会产生相应的漫反射强度,反射强度的大小与样品某成分的

收稿日期:2009-02-17

含量有关。用波长及其对应的反射强度便可给出样品的光谱图。光谱中峰位置与样品中组分结构有关。近红外漫反射分析的基础在于不同样品的不同组分在近红外区有特征吸收。被测组分含量与特征吸收波长漫反射率倒数的对数成线性关系,即吸光度(A) =  $\lg(1/R) \propto C$ 。事实上,这种方法相对简单和容易理解。对于被测饲料样品的光谱特征是多种组分的吸收光谱的综合表现,对其中一个组分便可建立一个回归方程:

$$y = C_0 + C_1x_1 + C_2x_2 + \dots + C_nx_n$$

式中  $y$  为有机物某成分的百分含量; $C_0, C_1, \dots, C_n$  代表回归系数; $x_1, x_2, \dots, x_n$  代表各有机成分的反射吸光度值。 $y$  值可通过常规法求得, $x_1, x_2, \dots, x_n$  值可用近红外光谱仪获得。

## 2 近红外光谱分析技术的进展

20世纪80年代以来,由于计算机技术的发展和化学计量学的应用,高性能的计算机与准确合理的计量学方法相结合,使光谱工作者能在较短的时间内完成大量的光谱数据的处理,NIR分析得到迅速发展,有关NIR研究及应用的文献呈指数增长。NIR仪器性能和生产规模都得到很大的提高,其应用已由传统的农副产品分析扩展到石油化工、精细化工、轻工食品、环境、医药、纺织品及饲料工业等众多领域。近10年来,随着光纤技术在NIR中的应用,使NIR实现了远程测试,NIR技术在工业生产过程中在线分析方面显示了强大的生命力,并取得了可观的经济效益。

NIR是一种无损的分析技术,采用透射或漫反射方式可直接对样品分析,不需预处理样品。在测量过程中不产生污染,通过光纤可对危险环境中的样品进行遥测。因此,NIR可称为环境友好的绿色快速分析技术,在人们日益注重生存环境的今天,NIR技术的这一特点更引起人们的重视。

1988年建立了国际近红外光谱协会(CNIRS),该协会的北美分会对NIR的文献(1905~1990)做了全面的汇编。我国在NIR技术的研究及应用方面起步较晚,但近年来在仪器的研制、软件开发、基础研究及应用研究方面已取得了可喜的进展,有些领域已进入实质应用阶段,并创造了可观的经济效益。NIR技术在我国饲料工业的应用刚刚起步,越来越

受到人们重视。可预见,随着人们对NIR技术认识的逐步深入,其应用及发展将有广阔的前景。

## 3 近红外光谱仪的几种典型类型

根据分光方式,NIR仪器可分为滤光片型、光栅扫描型、傅里叶变换、固定光路多通道检测和声光可调滤光器等几种类型。下面分别简要介绍各类型的特点和进展情况。

### 3.1 滤光片型近红外光谱仪

滤光片型仪器可分为固定滤光片和可调滤光片2种形式。固定滤光片型光谱仪设计最早,这种仪器要根据测定样品的光谱特征选择适当波长的滤光片。测量教程是由光源发出的光经滤光片得到一定带宽的单色光,通过样品池与样品作用后由检测器检测。该类仪器的特点是设计简单、成本低、光通量大、信号记录快和坚固耐用,但这类仪器只能在单一波长下测定,灵活性较差,如样品基体变化,往往会引起较大的测量误差。为波长测定获得更多的样品信息,提高分析结果的准确性,有些仪器配备了2个固定滤光片和双通道检测器,还有些仪器配备了将8个滤光片安装在一个轮子上构成的一个滤光轮,这种仪器可根据需要较方便地在一个或多个波长下进行测定。滤光片型的NIR仪器,其检测波长一般在近红外波长区域,定量方法多用一元或多元线性回归分析。

### 3.2 扫描型近红外光谱仪

扫描型NIR仪器很早就得到使用,分光元件可是棱镜或光栅。为获得较高的分辨率,现代扫描型仪器多使用全息光栅作为分光元件,通过光栅的转动,使单色光按波长长短依次通过测样器件,进入检测器检测。根据样品形态不同,可选择不同的测样器件,进入检测器检测。根据样品形态不同,可选择不同的测样器进行透射或漫反射分析。这类仪器的特点是可进行全谱扫描,分辨率较高,仪器价格适中,便于维护;其最大弱点是光栅的机械轴长时间使用易磨损,影响波长的精度和重现性,一般抗振性较差,特别不适于作为在线仪器使用。

采用全谱校正,可从NIR谱图中提取大量的样品信息,通过合理的计量学方法将光谱数据与校正集样品的组成或性质数据关联,可得到相应的校正模型。对未知样品分析时,根据测定的未知样的谱图和已建立的数学模型,即可预测未知样品的组成或性质。

### 3.3 傅里叶变换近红外光谱仪

进入 20 世纪 80 年代,傅里叶变换近红外光谱成为近红外光谱仪器的主导产品。该类型 NIR 仪器的主要光学元件是 Michelson 干涉仪,其作用是使光源发出的光分成 2 束后,造成一定的光程差,再使之复合以产生干涉,所得的干涉图函数包含了光源的全部频率和强度信息,用计算机将样品干涉图函数及光源干涉图函数经傅里叶变换为强度按频率分布图,二者的比值即为样品的近红外谱图。与扫描仪器相比,该类型仪器的扫描速度快、波长精度高且分辨率好,短时间内即可进行多次扫描,可使信号做累加处理,光能利用率高且输出能量大,仪器的信噪比和测定灵敏度较高,可对样品中的微量成分进行分析;这类仪器的缺点是干涉仪中有移动性部件,需较稳定的工作环境。定性和定量分析采用全谱校正技术。从近期几次国内外仪器展览会上看,该类型的仪器将成为 NIR 仪器的主导产品。

### 3.4 固定光路多通道检测近红外光谱仪

固定光路多通道检测 NIR 仪器是 20 世纪 90 年代新发展的一类 NIR 仪器。其原理是光源发出的光先经样品池,再由光栅分光,光栅不需转运,经光栅色散的光聚集在多通道检测器的焦面上,同时被检测。这类仪器采用全息光栅分光,加之检测器的通道达 1 024 或 2 048 个,可获得很好的分辨率。由于检测器对所有波长的单色光同时检测,在瞬间可完成几十次甚至上百次的扫描累加,因而可得到较高的信噪比和灵敏度。采用全谱校正,可方便地进行定性和定量分析。仪器光路固定,波长精度和重现性得到保证。仪器内无移动性部件,其耐久性和可靠性都得到提高。因此,这类仪器适合现场分析和在线分析。

### 3.5 声光可调滤光器近红外光谱

声光 NIR 仪器被认为是 20 世纪 90 年代 NIR 最突出的进展,其分光器件为声光可调滤光器。声光光谱的工作原理是根据各向异性双折射晶体的声光衍射原理,采用具有较高的声光品质因素和较低的声衰减的双折射晶体制成分光器件。晶体对 1 个固定的声频率,只有很窄的光谱带被衍射,因而连续改变超声频率就能实现衍射波长的快速扫描。该仪器的最大特点是无机械移动部件,测量速度快,精度高,准确性好,可长时间稳定地工作;并消除光路中

各种材料的吸收及反射等干扰。

## 4 近红外光谱分析技术的特点及在饲料检测中的应用

### 4.1 近红外光谱的特点

#### 4.1.1 近红外光谱分析的优点

1)各种不同物态的样品不需处理可直接测量,且不消耗样品。2)谱带较弱,故测量光程较长,光程的精确度要求不高。3)所用光学材料便宜,一般石英或玻璃即可满足要求,并可用较强的辐射源,使信号的强度增加,提高信噪比。4)近红外光的散射效应较强,可做固体、半固体和液体的漫反射可散射分析。5)近红外短波区域由于吸光系数非常小,在固体样品中的穿透深度可达几厘米,因而可用透射模式直接分析固体样品。6)适用于近红外的光导纤维易得,利用光纤可实现在线分析或遥测,极适于生产过程控制和恶劣环境下的样品分析。7)分析速度快。8)除了含有氢原子的化学键外,其他基团的振动频率均不在近红外区域产生吸收,减少了干扰;有可能在其他基团组成的物质中检测极微量的含氢基团的物质,如谷物中微量水的分析。9)从一个光谱可获得样品的多方面信息。10)仪器的构造较简单,易于维护。

由于近红外光谱的以上特点,与传统方法相比,在测量精度上有很大改善;与标准试验方法相比,NIR 提供数据的速度快;其应用一般会使试验成本降低,提高分析效率,并取得可观的经济效益。

#### 4.1.2 近红外光谱分析的缺点

近红外分析也有其固有的缺点,主要表现在以下几点:1)由于测定的是倍频吸收,灵敏度差,特别在近红外短波区域,需较长的光程,对微量组分的分析仍较困难。2)红外光谱分析不是一个直接测定方法,而是将未知样品测得的光谱通过定标模型分析其组成或性质。因此,定标模型的适用范围、基础数据的准确性及选择计量学方法的合理性,都将直接影响最终的分析结果。

### 4.2 近红外光谱技术在饲料检测中的应用

由于现代近红外光谱分析所独具的特点,加之仪器的制造水平,光谱化学计量学软件的开发及各种测样附件的研制均已达到较高水平,自 20 世纪 80 年代中后期以来,近红外光谱已由传统的农副产品分析扩展至众多的其他领域。目前应用的领域已

包括农产品与食品、石油化工产品、生命科学与医学、化学分析、纺织行业和环境监测等。在饲料检测中,目前近红外光谱技术不仅能测定饲料中的常规成分,如水分、粗蛋白、粗纤维和粗脂肪,还能测定饲料中的微量成分,如氨基酸、维生素和有毒有害物质(棉酚和植酸)等,还可进行饲料营养价值评定,如消化能、代谢能、可利用氨基酸及有机物消化率等,也可用于在线品质控制,此外,在饲料原料的真伪鉴别方面也存在很大的潜力。

## 5 近红外光谱的分析过程

### 5.1 定标程序

动用一套定标用样品,根据其化学测定值和特征波长处的吸光度值,动用多元回归计算出定标方程的系数,即求出定标方程的过程。

#### 5.1.1 标样筛选

从大量样品中筛选出一套用于定标用的样品,筛选出的样品必须具有代表性,即需含将来所要分析样品的特性,包括物理学、化学、植物学特性和加工贮藏方法。选样的方法可根据样品的含量分布、结构特性或样品光谱特性随机选样。创建一个新的校正模型,至少需要 50 个样品,通常以 70 ~ 150 个样品为宜。样品过少,将导致模型的欠拟合性;样品过多,将导致模型的过拟合性。

#### 5.1.2 稳定样品组

为使定标模型具有较好的稳定性,即其预测性能不受仪器本身波动和样品温度发生变化的影响,应在定标中加上温度发生变化和仪器发生变化的样品。

#### 5.1.3 常规化学法测定成分含量

采用国家标准或其他公认的化学法测定样品中某些成分的含量。

#### 5.1.4 获取近红外光谱数据

用近红外光谱分析仪获得定标样品的光谱数据,并对其进行数学转换(一阶或二阶导数形式)。

#### 5.1.5 定标方程建立

利用样品成分含量及样品的光谱数据,通过主成分分析、偏最小二乘法和人工神经网络等现代化学计量学手段,建立物质光谱与待测成分间的线性或非线性模型,以实现用现代近红外光谱信息对待测成分含量的快速计算。

##### 5.1.5.1 逐步回归(stepwise multiple linear regression, SMLR)

选择回归变量,产生最优回归方程的一种常用

数学方法。它首先通过单波长点的回归校正,误差最小的波长点的光谱读数即为多元线性回归模型中的第一独立变量;以第一变量进行二元回归模型比较,误差最小的波长所对应的光谱读数则为第二独立变量;以此类推获得第三独立变量。但独立变量的总数不超过 $[(N/10) + 3]$ ,  $N$  为定标系数中样品的数量,否则将产生模型的过适应性。

##### 5.1.5.2 主要成分回归法(principal components regression, PCR)

如果在回归中应用所有的 100 个 NIR 波长点光谱的信息,建立回归模型时,至少需要 101 个样品建立 101 个线性方程。该方法可用于压缩所需样品数量,同时又采用了光谱所有的信息,它将高度相关的波长点归于一个独立变量中,进而以为数不多的独立变量建立回归方程,独立变量内高度相关的波长可用于主成分得分,将其联系起来。

##### 5.1.5.3 偏最小二乘法(partial least square regression, PLSR)

偏最小二乘回归法是 20 世纪 80 年代末应用到近红外光谱分析上的。该方法与 PCR 很相似,仅在确定独立变量时,不仅考虑了光谱的信息,还考虑了化学分析值,该方法是目前近红外光谱分析上应用最多的回归方法。在制定饲料中水分、粗蛋白、粗纤维、粗脂肪、赖氨酸和蛋氨酸测定的定标模型时多采用此法。

##### 5.1.6 定标方程准确性的检验

定标方程优劣的评判可选用定标标准差(standard error of calibration, SEC)、变异系数(CV)、定标相关系数  $R_c$  和  $F$  检验的  $F$  值等对定标结果做初步评价,如 SEC 值和 CV 值较低,而  $R_c$  值和  $F$  值较高则说明其准确性好,相反则不好。这些参数的具体含义如下:

标准分析误差(SEC 或 SEP)指样品 NIR 与经典分析间残差的标准差,表达为  $SEC = \sqrt{\sum(Y_{Nci} - Y_{Rci})^2 / (n_c - n_w - 1)}$ , 标样品常以 SEC 表示,检验样品常用 SEP 表示。相对于标准分析误差, [SEC(C)] 是指样品标准分析误差中扣除偏差的部分,表达为  $SEC(C) = SEC^2 - Bias^2$ 。偏差(Bias)指残差的平均值;相关系数( $r$ )指 NIR 测定值与真值的相关性,通常定标样品相关系数以  $R$  表示,检验相关系数以  $r$  表示。

异常样品指样品 NIR 光谱与定标样品差别过大,即当样品的 H 值大于 0.6,则该样品被视为异常。

残差的平均值:

$$Rc = \sqrt{1 - SEC^2(n_c - n_w - 1) / SD_{rc}^2(n_c - 1)}$$

$$F = R_c^2(n_c - n_w - 1) / (1 - R_c^2 n_w)$$

式中  $n_c$  和  $n_w$  分别为定标样品数和波长数;  $Y_{Nci}$  指第  $i$  个样品某成分近红外预测值;  $Y_{Rci}$  指第  $i$  个样品某成分的化学分析值;  $SD_{rc}$  指定标样品某成分化学分析值的分布标准差。

### 5.2 预测

预测是指考察定标方程用于测定未参与定标样品的准确性,预测所选样品应能代表被测样品的大致含量范围。用预测标准差 SEP(standard error of performance)、变异系数、预测相关系数  $R_p$  和偏差对定标方程做最终评价。若预测样品的特性与定标样品相近,则预测效果好,否则效果差。

如果预测标准差和相关系数与定标值二者相差不大,则说明定标是可行的:

$$SEP = \sqrt{\sum(Y_{Npi} - Y_{Rpi})^2 / (n_p - 1)}$$

$$R_p = \sqrt{1 - SEP^2 / SD_{RP}^2}$$

式中  $n_p$  为被测样品数;  $Y_{Npi}$  为第  $i$  个预测样品某成分含量的近红外分析值;  $Y_{Rpi}$  为第  $i$  个预测样品某成分含量的化学分析值;  $SD_{RP}$  为预测样品某成分化学分析值的分布标准差。

### 5.3 实际测定

如果预测效果好,就可反定标方程用于生产,进行实际监测。近红外光谱分析过程如图 1 所示。

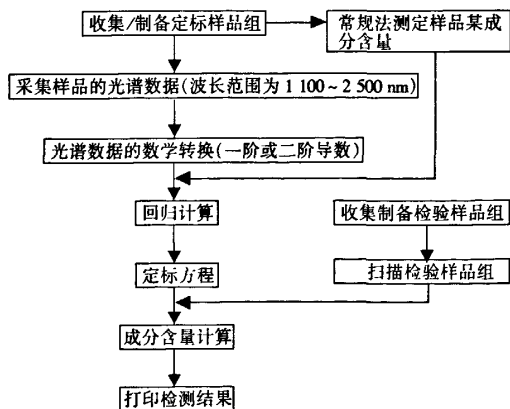


图 1 红外光谱分析过程

### 5.4 定标模型的更新

定标是一个由小样品估计整体的计量过程,因此,定标模型预测能力的高低取决于定标样品的代表性和化学分析方法的准确性。由于预测样品的不确定性,因此,很难一下选择到大量的适宜定标样品。所以,在实际检测分析工作中,通常采用动态定标模型方法来解决这个问题。所谓动态定标模型方法就是在日常分析中边分析边选择异常样品,定期进行定标模型的升级,具体可概括为以下几个步骤:1)定标设计。2)分析测定。3)定标运算。4)实际预测。5)异常数据检测。6)再定标设计。7)再分析测定。8)再定标运算。

## 6 近红外光谱检测分析时的注意事项与讨论

漫反射分析检测器所检测到的信号是分析光与样品间经多次反射、折射、衍射及吸收后返回样品表面的光。光与样品作用,在反射、折射及衍射等方面的差异都将影响反射系数,而这些差异又源于样品的粒径大小、分布和外观形态等方面的差异。另外,样品基体的变化对漫反射的强度也有很大的影响。其中,样品的粒径大小和均匀度对光漫反射强度影响很大。因此,要求待测样品的粒径大小、均匀度和基体与用于定标样品尽可能相同。

### 6.1 异常样品的分类

异常样品可分为好和坏 2 类。好的异常样品加入定标后可增加该模型的分析能力,而坏的异常样品加入定标模型后降低模型准确度。甄别样品的标准有 2 个:1)H 值,好的异常样品  $0.6 \leq H \leq 5.0$ ,通常坏的异常样品  $H > 5.0$ 。2)SEC,通常好的异常样品加入定标模型后,SEC 不会显著增加,而坏的异常样品加入定标模型后,SEC 显著增加。

### 6.2 异常样品的处理

NIR 分析中发现异常样品后,要用经典方法对该样品进行分析,同时对该异常样品类型进行确定。属于好的异常样品则保留,并加入到定标模型中,对定标模型进行升级;属于不好的则不应加入到定标模型中,以免破坏定标模型。

### 6.3 定标模型的选择

定标模型的选择原则为定标样品的 NIR 光谱能代表被测样品的 NIR 光谱,操作上是比较它们

(下转第 19 页)

产中,合理运用稻米代替部分玉米作能量饲料,中草药组方可替代抗生素达到提高肉仔鸡生产水平和经济效益的目的。

表3 经济效益 元/只

指标	A组	B组	C组	D组
总收入	9.96 <sup>a</sup>	8.24 <sup>b</sup>	8.40 <sup>b</sup>	6.74 <sup>c</sup>
饲料成本	3.62 <sup>a</sup>	3.22 <sup>b</sup>	3.36 <sup>b</sup>	2.76 <sup>c</sup>
毛利	6.34 <sup>a</sup>	5.02 <sup>b</sup>	5.04 <sup>b</sup>	3.98 <sup>c</sup>

注同表2

### 3 小结与讨论

试验结果表明,在平均日增质量、采食量、饲料转化率和经济效益方面,试验结果以混合型基础日粮+复方中草药添加剂组效果最好;而以混合型与玉米型饲料及中草药添加剂与抗生素添加剂的对比来看,混合型饲料优于玉米型饲料,中草药添加剂优于抗生素添加剂,这说明,用稻米代替部分玉米作能量饲料,用中草药代替抗生素是可行的。试验的复方中草药配方中含有大蒜素和辣椒素成分,能刺激味觉,增强适口性和采食量,与文献报道一致。这表

明,日粮中添加中草药添加剂可改善饲料的适口性,提高饲料采食量和日增质量,降低耗料比和饲料成本。

### 参考文献

- [1] 蒋万发,高富林,徐建中.复方中草药饲料添加剂替代抗生素对肉仔鸡生产性能的影响.中国畜牧兽医,2008,35(8):13-16.
- [2] 刘渤海,李国智,陈国顺,等.复方中草药饲料添加剂替代抗生素对肉仔鸡生产性能的影响.甘肃科技,2007,23(5):133-135.
- [3] 徐红琴,周伟灵.复方中草药添加剂对三黄鸡生长的影响.养殖与饲料,2008(8):59-61.
- [4] 田允波,葛长荣,韩剑众,等.绿色饲料添加剂的研制与开发.饲料工业,1999,20(4):43-46.
- [5] 石现瑞,高峰.抗生素添加剂的负面效应及其替代品的研究.饲料博览,2000(3):24-26.

通讯地址:湖南衡阳市石鼓区望城路165号湖南环境生物职业技术学院 421005

(上接第13页)

光谱间的H值。如果待测样品的H值 $\leq 0.6$ ,则可选用该定标模型;如果待测样品H值 $> 0.6$ ,则不能选用该定标模型;如果没有定标模型,则需要对现有模型进行升级。

#### 6.4 模型的升级

定标模型升级的目的是为了使该模型在NIR光谱上能适应于待测样品。操作上是选择25~45个当地样品,扫描其NIR光谱,并用经典方法测定水分、粗蛋白、粗纤维、粗脂肪、赖氨酸或蛋氨酸含量,然后将这些样品加入到定标样品中,用原有的定标方法进行计算,即获得升级的定标模型。

#### 6.5 波长的准确性和重现性

用加盖的聚苯乙烯来测定仪器的波长准确度和重现性,以陶瓷参比作为对照,测定聚苯乙烯皿中聚苯乙烯的3个吸收峰的位置,该3个吸收峰位置的漂移应小于0.5 nm,每个波长处漂移的标准差应小于0.05 nm。

#### 6.6 仪器外用检测样品的测定

将1个饲料样品(通常为豆粕或玉米)密封在样品槽中作为仪器外用的检测样品,测定样品中粗蛋白、粗纤维、粗脂肪和水分含量,应无显著差异。

#### 6.7 仪器噪声

多次扫描(至少30次)仪器内部陶瓷参比,以多次扫描光谱吸光度残差的标准差来反映仪器的噪声。残差的标准差应控制在 $30 \lg(1/R) \times 10^{-6}$ 以内。

#### 6.8 异常样品的确定

根据待测样品NIR光谱选用对应的定标模型,对样品进行扫描,然后进行待测样品NIR光谱与定标样品间的比较。如果待测样品H值 $\leq 0.6$ ,则仪器将直接给出样品的测定结果,如果待测样品H值 $> 0.6$ ,则说明该样品已超出了该定标模型的分析能力,对于该定标模型,该样品被称为异常样品。

### 参考文献

- [1] 丁丽敏.近红外光谱分析技术及其在评定饲料营养价值中的应用(上).中国饲料,1997(1):11-13.
- [2] 丁丽敏.近红外光谱分析技术及其在评定饲料营养价值中的应用(下).中国饲料,1997(2):8-11.
- [3] 魏瑞兰,张子仪.近红外光谱技术在花生饼粕可利用氨基酸评定中的应用.中国饲料,1987(2):10-14.

通讯地址:北京市朝阳区安外北苑路甲15号北京市饲料监察所 100107

# 近红外光谱分析技术在饮料检测中的应用

作者: [贾涛](#)  
作者单位: [北京市饲料监察所](#)  
刊名: [饲料研究](#) [ISTIC](#) [PKU](#)  
英文刊名: [FEED RESEARCH](#)  
年, 卷(期): 2009(6)

## 参考文献(3条)

1. [丁丽敏](#) [近红外光谱分析技术及其在评定饲料营养价值中的应用\(上\)](#) [期刊论文]-[中国饲料](#) 1997(01)
2. [丁丽敏](#) [近红外光谱分析技术及其在评定饲料营养价值中的应用\(下\)](#) [期刊论文]-[中国饲料](#) 1997(02)
3. [魏瑞兰](#); [张子仪](#) [近红外光谱技术在花生饼粕可利用氨基酸评定中的应用](#) 1987(02)

## 本文读者也读过(10条)

1. [牛智有](#); [韩鲁佳](#); [NIU Zhi-you](#); [HAN Lu-jia](#) [基于近红外光谱的反刍动物饲料营养指标的检测方法研究](#) [期刊论文]-[华中农业大学学报\(自然科学版\)](#) 2007, 26(5)
2. [牛智有](#); [韩鲁佳](#); [Niu Zhiyou](#); [Han Lujia](#) [近红外光谱分析技术在饲料检测中的应用](#) [期刊论文]-[饲料研究](#) 2007(8)
3. [杨玫](#); [周安国](#); [王之盛](#) [近红外光谱分析技术及其在饲料检测中的应用](#) [期刊论文]-[饲料博览](#) 2006(11)
4. [牛智有](#); [韩鲁佳](#); [苏晓鸥](#); [杨振海](#); [Niu Zhiyou](#); [Han Lujia](#); [Su Xiao'ou](#); [Yang Zhenhai](#) [精料补充料中肉骨粉含量的近红外光谱检测](#) [期刊论文]-[农业工程学报](#) 2005, 21(4)
5. [杨海锋](#); [吕小文](#); [秦玉昌](#); [李军国](#); [牛立斌](#) [近红外光谱分析技术在豆粕质量监控中的应用研究](#) [期刊论文]-[饲料工业](#) 2006, 27(19)
6. [王海东](#); [秦玉昌](#); [李军国](#); [吕小文](#) [近红外光谱技术与饲料质量评价](#) [期刊论文]-[饲料工业](#) 2007, 28(23)
7. [周文海](#); [屈健](#) [近红外光谱法在饲料检测中的应用](#) [期刊论文]-[畜禽业](#) 2005(5)
8. [杨曙明](#); [张瑜](#); [Yang Shuming](#); [Zhang Yu](#) [应用近红外光谱分析技术快速分析饲料质量](#) [期刊论文]-[分析测试学报](#) 1999, 18(1)
9. [费坚](#); [岳田利](#); [张飞](#); [袁亚宏](#); [高振鹏](#); [FEI Jian](#); [YUE Tian-li](#); [ZHANG Fei](#); [YUAN Ya-hong](#); [GAO Zhen-peng](#) [果品-果汁加工中的近红外光谱技术](#) [期刊论文]-[西北农业学报](#) 2005, 14(1)
10. [张小希](#); [杨维旭](#); [郑研](#); [丛培丽](#); [刘春景](#) [饲料中粗灰分的近红外光谱快速检测](#) [会议论文]-2006

本文链接: [http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical\\_slyj200906003.aspx](http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical_slyj200906003.aspx)