

近红外漫反射光谱技术快速预测蒸汽压片玉米常规成分含量的研究

薛丰^{1,2}, 王利³, 孟庆翔^{1,2}, 崔振亮^{1,2}, 任丽萍^{1,2*}

1. 中国农业大学动物营养国家重点实验室, 北京 100193
2. 中国农业大学动物科技学院, 肉牛研究中心, 北京 100193
3. 临清市农业局, 山东 临清 252600

摘要 应用近红外漫反射光谱分析技术(NIDRS), 采用偏最小二乘法, 建立了蒸汽压片玉米4个常规成分的近红外定量预测校正模型。研究中选用62个品种玉米的蒸汽压片为样本, 光谱扫描范围为950~1650 nm, 采用中心化+导数+多元散射校正的预处理方法。研究得出粗蛋白(CP)、中性洗涤纤维(NDF)、酸性洗涤纤维(ADF)和粗脂肪(EE)的校正模型交叉验证决定系数(R^2_{VAL})分别为0.951 1, 0.903 2, 0.714 3, 0.908 2, 交叉验证误差(SECV)分别为1.53, 1.89, 2.45, 0.50。本研究建立的模型可以用来准确、快速地预测蒸汽压片玉米的CP, NDF和EE的含量, 为蒸汽压片饲料工业提供了一种快速、经济和绿色的质量检测技术。

关键词 近红外漫反射光谱; 蒸汽压片玉米; 常规成分; 快速预测

中图分类号: S132 **文献标识码:** A **DOI:** 10.3964/j.issn.1000-0593(2011)01-0062-03

引言

蒸汽压片玉米是指将玉米通过蒸汽调制和压片处理制得的一种高能饲料。蒸汽压片改变玉米的物理化学状态, 从而有效的提高了普通玉米在动物胃肠道的消化率以及利用率, 优化氮素在机体内的分配, 改善动物的生产性能^[1,2], 减少畜牧养殖中氮^[3]和磷^[4]的排放。目前, 蒸汽压片玉米在发达国家已经广泛地应用于畜牧业的养殖, 中国于2003年开始引入该技术, 并于近几年得到了迅速的发展。饲料的粗蛋白(CP)、中性洗涤纤维(NDF)、酸性洗涤纤维(ADF)和粗脂肪(EE)等常规营养成分是饲料加工企业和质量监控以及畜牧养殖生产中日粮配合的重要指标, 对常规成分进行快速准确的测定是生产和养殖企业必须进行的工作。目前国内外仍然使用传统的化学方法测定玉米蒸汽压片的成分, 分析时需要使用大量的硫酸、丙酮、乙醚等化学试剂和很长的时间, 如粗脂肪的测定则需要在乙醚中回流10~12 h才能提取完全, 完成一个指标的分析就需要14 h左右。这不仅污染环境而且直接影响到分析者的健康, 同时由于化学分析耗时费力, 很难满足工业上大量生产的分析需要。近红外漫反射光谱(NIDRS)技术与常规化学方法相比, 可以更加简单、高效、

经济、绿色的预测各类农作物产品的品质^[5]。科研工作者利用NIDRS成功地预测了玉米和秸秆青贮等一些饲料原料的营养成分及生物学参数^[6,7], 但用NIDRS对蒸汽压片玉米成分的预测在国内外还未见报道。本试验对利用NIDRS快速预测不同品种玉米蒸汽压片的常规成分进行了研究, 旨在建立一种快速、准确预测蒸汽压片玉米品质的方法, 实现蒸汽压片玉米生产企业质量监控和养殖企业日粮配合中的实时检测。

1 实验方法

1.1 材料

将购自中国农业大学玉米改良中心的62种普通玉米进行蒸汽压片。蒸汽压片制作条件为: 常温下水浸泡12 h, 水蒸汽温度100℃, 蒸汽调制时间50 min, 压片厚度1 mm。蒸汽压片玉米做好后, 风干, 装入封口袋, 贴上标签, 备用。

1.2 蒸汽压片玉米常规成分的化学分析

NDF和ADF含量按Van Soest等纤维袋方法进行测定^[8]。CP含量根据GB/T 24318—2009《杜马斯燃烧法测定饲料原料中总氮含量及粗蛋白质的计算》测定(Leco Model FP-528, Leco Co., St. Joseph, MI, USA)。EE含量按GB/

收稿日期: 2010-04-28, 修订日期: 2010-08-02

基金项目: 国家“十一五”支撑项目(2007BAQ01047, 2006BAD12B02)和动物营养国家重点实验室项目(2004DA1251840802)资助

作者简介: 薛丰, 1982年生, 中国农业大学动物科技学院在读博士研究生 e-mail: xuefeng20042264@126.com

*通讯联系人 e-mail: renlp@cau.edu.cn

T 6433—2006《饲料中粗脂肪的测定》测定。

1.3 仪器与近红外漫反射光谱收集

本试验采用瑞典波通 DA7200 型配有二极管阵列检测器和旋转式盛样托盘的近红外光谱分析仪(Perten Inc., Sweden)收集光谱数据。蒸汽压片玉米样品装入分析杯(直径 75 mm),并将表面刮平后进行连续扫描。扫描的波长范围为 950~1 650 nm。每个品种的蒸汽压片玉米重复装样 2 次,每次装样后重复扫描 2 次。

1.4 光谱数据的处理及模型建立方法

本试验应用一阶导数并结合多元散射校正对原始光谱进行预处理,采用偏最小二乘(PLS)分析法作为建立模型的化学计量学方法。62 个样品中的 40 个样品作为校正集用于建立近红外漫反射光谱分析模型,22 个样品作为验证集用于模型的验证。首先通过校正集样品建立校正模型并作交叉验证,再通过验证集样品进行外部验证。用美国 Thermo Electron 公司 GRAMS/AI 化学分析计量软件(7.02 版)建立数学模型并对模型进行优化。

2 结果与分析

2.1 蒸汽压片玉米常规成分的化学分析结果

表 1 为 62 个不同品种的玉米蒸汽压片样品的 CP, NDF, ADF, EE 含量的化学分析结果,其中包括校正集样品

Table 1 Components of steamed-flaking corn samples

成分	样本数	范围/%	均值/%	标准偏差/%
CP	62	6.9~9.8	8.09	3.76
NDF	62	15~28	20.77	5.74
ADF	62	1.6~3.7	2.56	1.85
EE	62	1.3~8.3	4.36	4.03

Table 2 Calibration and validation of compositions of steamed-flaking corn samples

成分	样本	Bias	Slope	R_{CAL}^2	SEC	R_{VAL}^2	SECV
CP	40	0	1	0.954 7	1.58	0.951 1	1.53
NDF	40	0	1	0.913 3	1.95	0.903 2	1.89
ADF	40	0	1	0.754 7	2.52	0.714 3	2.45
EE	40	0	1	0.959 7	0.41	0.908 2	0.50

Bias: 截距; Slope: 斜率; R_{CAL}^2 : 模型的校正决定系数; R_{VAL}^2 : 交叉验证决定系数; SEC: 校正标准差; SECV: 交叉验证标准差

2.4 蒸汽压片玉米预测模型的验证与应用

建立好校正模型后,通过外部验证的方法,利用未参与建模的 22 个样品验证模型的预测性能。将未参与建模的样品进行扫描,通过样品各常规成分的模型预测值与实际化学测定的数值相比较分析,结果见表 3。从表 3 中可以看出,将样品各成分的预测值和化学值进行成对数据双尾 t 检验时,除 ADF 外,样品其他成分的预测值和化学值间的 t 检验值均不显著($P>0.05$),其中,CP 的近红外模型测定平均值和化学测定平均值分别为 7.65% 和 8.17%,NDF 的近红外分析平均值和化学测定平均值分别为 21.38% 和 21.00%,EE

和验证集样品。由表 1 可见,不同品种玉米蒸汽压片的各成分含量变化幅度较大,这表明本试验采集的样品覆盖面大、来源范围广,具有很强的代表性,符合建立近红外校正模型的基本要求。

2.2 蒸汽压片玉米的近红外漫反射光谱

图 1 为蒸汽压片玉米的近红外漫反射光谱。从图中可以看出,在 950~1 650 nm 波长范围内,光谱存在多个吸收峰,可以为蒸汽压片玉米中各成分的定量分析提供丰富的信息。

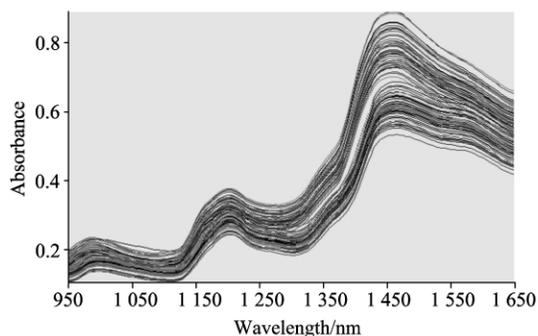


Fig 1 NIDRS spectra of steamed-flaking corn samples

2.3 近红外漫反射光谱校正模型的建立与优化

根据蒸汽压片玉米的近红外漫反射光谱数据和及其四种成分的化学值,运用化学计量学方法,建立 NIDRS 校正模型。结果表明,采用中心化+一阶导数+多元散射校正处理光谱,CP, NDF, ADF, EE 选择的主因素数分别为 7, 1, 4, 6 时建立的模型相对较佳。表 2 为不同品种玉米蒸汽压片的 CP, NDF, ADF, EE 的定标建模结果。从中可以看出,CP, NDF, ADF, EE 校正模型的校正决定系数(R_{CAL}^2)分别为 0.954 7, 0.913 3, 0.754 7, 0.959 7, 交叉验证决定系数(R_{VAL}^2)分别为 0.951 1, 0.903 2, 0.714 3, 0.908 2。交叉验证误差(SECV)分别为 1.53, 1.89, 2.45, 0.50。

的近红外分析平均值和化学测定平均值分别为 6.25% 和 6.19%。这表明,蒸汽压片玉米的 CP, NDF 和 EE 的近红外预测值和化学测定值之间的差异不显著($P>0.05$),所建立近红外模型能较为准确的预测其化学值,即近红外漫反射光谱模型可以用于在实际生产中快速预测蒸汽压片玉米中的 CP, NDF 和 EE 的含量。然而,ADF 的近红外分析平均值和化学测定平均值分别为 2.55% 和 2.01%,两者之间的差异显著($P<0.05$),说明 ADF 的近红外模型预测值和其化学测定值之间的差异较大,建立的 ADF 校正模型有待于进一步优化。目前,本研究建立的预测模型,已经用于蒸汽压片玉

米生产企业的产品 CP, NDF 和 EE 的快速检测和质量控制。

Table 3 Evaluation of the prediction models with validation sets for steamed-flaking corn

成分	样本数	R^2	t	$t_{0.05}$
CP	22	0.918 0	0.569 3	2.00
NDF	22	0.932 1	0.816 3	2.00
ADF	22	0.748 6	2.11	2.00
EE	22	0.931 7	0.864 9	2.00

3 结 论

本试验采用偏最小二乘回归法建立了适应不同品种的蒸

汽压片玉米的 CP, NDF, ADF 和 EE 的近红外漫反射光谱定量预测校正模型。预测模型在预测蒸汽压片玉米的常规成分 CP, NDF 和 EE 等成分准确度很高, 完全能满足实际生产中检测和质量控制的要求。对于 ADF 的预测效果不够理想, 但可以进行粗略的估计, 为实际应用提供参考。随着蒸汽压片玉米在畜牧业的广泛应用, 无论是蒸汽压片玉米生产企业还是养殖户都需要对蒸汽压片玉米的品质进行大量检测。本试验建立的预测模型实现了蒸汽压片玉米的多成分同时、快速检测, 这不仅极大的节约了检测成本和检测时间, 同时还避免了检测过程对环境的污染, 对推动蒸汽压片玉米的产业化具有重要意义。

References

- [1] Barajas R, Zinn R A. *Journal of Animal Science*, 1998, 76: 1744.
- [2] Yu P, Huber J T, Santos F A, et al. *Journal of Dairy Science*, 1998, 81: 777.
- [3] Burkholder K M, Guyton A D, McKinney J M. *Journal of Dairy Science*, 2004, 87: 2546.
- [4] Guyton A D, McKinney J M, Knowlton K F. *Journal of Dairy Science*, 2003, 86: 3972.
- [5] LI Wei, XIAO Ai-ping, LENG Juan(李 伟, 肖爱平, 冷 鹏). *Chinese Agricultural Science Bulletin(中国农学通报)*, 2009, 25(3): 56.
- [6] Fassio A, Fernández E G, Restaino E A, et al. *Computers and Electronics in Agriculture*, 2009, 67: 59.
- [7] Cozzolino D, Fassio A, Fernández E, et al. *Animal Feed Science and Technology*, 2006, 129: 329.
- [8] Van Soest P J, Robertson J B, Lewis B A. *Journal of Dairy Science*, 1991, 74: 3583.

Research on Using Near Infrared Diffuse Reflectance Spectroscopy for Rapid Prediction of Compositions of Steamed-Flaking Corn

XUE Feng^{1, 2}, WANG Li³, MENG Qing-xiang^{1, 2}, CUI Zhen-liang^{1, 2}, REN Li-ping^{1, 2*}

1. State Key Laboratory of Animal Nutrition China Agricultural University, Beijing 100193, China
2. College of Animal Science and Technology/Beef Cattle Research Center, China Agricultural University, Beijing 100193, China
3. Linqing City Agriculture Bureau, Linqing 252600, China

Abstract Near infrared diffuse reflectance spectroscopy (NIDRS) calibrations of chemical composition in 62 kinds of steamed-flaking corn were developed by partial least squares (PLS) regression. The calibration models were constructed by the mean centre+first deviation+multivariate scattering calibration in the square regions (950~1 650 nm). Results showed that the R^2_{VAL} are 0.951 1, 0.903 2, 0.714 3 and 0.908 2 for CP, NDF, ADF and EE respectively. The SECV are 1.53, 1.89, 2.45 and 0.50 for CP, NDF, ADF and EE respectively. Therefore, the models could be used to predict the content of CP, NDF and EE in steamed-flaking corn and provide a fast and economical method for quality control of steamed-flaking corn.

Keywords Near infrared diffuse reflectance spectroscopy (NIDRS); Steamed-flaking corn (SFC); Common composition; Rapid prediction

(Received Apr. 28, 2010; accepted Aug. 2, 2010)

* Corresponding author