

微波快速测量奶粉水分方法的研究

黄铭^{1,3}, 杨晶晶¹, 赵家松², 张剑龙¹, 胡宝晶¹

(1. 云南大学信息学院, 云南 昆明 650091) (2. 云南农业大学, 云南 昆明 650201)

(3. 昆明理工大学材料与冶金工程学院, 云南 昆明 650093)

摘要: 研究了利用微波技术快速测量奶粉的水分的方法。用最小二乘法研究了奶粉水分含量的校准模型, 并将微波法的测量结果与标准失重法进行了比较, 结果表明微波法测量误差小于 0.2%。因此, 微波法有望成为奶粉工业生产中水分测量控制的一种重要方法。

关键词: 微波; 奶粉; 水分; 传感器

中图分类号: TS252.7; 文献标识码: A; 文章编号: 1673-9078(2007)04-0068-03

Study of Microwave Technique for Quick Determination of Water Content of Milk Powder

HUANG Ming^{1,3}, YANG Jing-jing¹, ZHAO Jia-song², ZHANG Jian-long¹, HU Bao-jing¹

(1.School of Information Science and Engineering, Yunnan University, Kunming 650091, China)

(2.Agricultural University of Yunnan, Kunming 650201, China)(3.Faculty of Materials and Metallurgical Engineering, Kunming University of Science and Technology, Kunming 650093, China)

Abstracts: The principle of quick determining water content of milk power by microwave method is studied. The calibration models of water content of milk power are established with least square method and the results achieved using microwave method are compared with the results determined by standard methods. It was found that the standard deviation using microwave method was less than 0.2%. Therefore, microwave technique would be a powerful tool to determine water content of milk power in the production of milk powder.

Key words: milk powder; microwave; water; sensor

新鲜奶粉具有很高的营养价值, 但保质期很短, 因此通过浓缩和干燥生产奶粉是应用最广泛的技术。奶粉生产过程中, 奶粉水分含量高, 会影响奶粉质量; 水分含量低, 生产能耗增加。实践表明, 及时控制奶粉水分含量, 不仅能保证产品质量, 而且能降低生产费用^[1]。目前, 工业生产上一般采用红外技术在线检测奶粉水分含量等理化^[2,3]。相关研究表明^[4,5]: 红外波长短, 穿透深度浅, 仅能测量物料表面水分, 且测量结果受物料表面特性的影响。因此, 研究一种高效、及时、准确在线测定奶粉体水分含量的方法具有重要意义和生产指导价值。除红外法外, 测量物料水分的方法还有电容法、电导法、中子法、阻力法、电化学法、核磁共振法和微波法等^[6]。其中, 微波法具有较高的精度和检测限, 测量的是物料的平均水分, 受物料电导率的影响较小, 适合于工业环境使用。

目前, 国内外虽然有用微波法测量物料水分的报

收稿日期: 2006-12-19

作者简介: 黄铭(1963-), 男, 博士, 研究方向: 无线与微波技术应用

道^[7-9], 但是对用微波法测量奶粉水分的研究尚未见报道, 因此, 研究微波法快速测定奶粉水分具有重要的实际意义。本文研究了微波技术快速测定奶粉的水分, 并介绍了测试原理、校准模型和设备使用方法。结果表明微波法有望用于奶粉生产过程中水分的在线测量控制。

1 实验部分

1.1 实验原料

实验原料是大颗粒速溶全脂奶粉, 来自云南省某乳业有限公司, 其成份含量如表 1 所示。

表 1 奶粉成份含量 单位: %

成分	乳脂	矿物质	蛋白质	乳糖	水分
含量	≥26	4~4.5	≥34	≥30	≤5

将实验样品烘干后均匀分成 7 份, 每份 20 g, 加入不同比例的水, 混合均匀后即可得到不同水分含量的奶粉样品。

1.2 测试原理

当样品的含水量为 1.05%~8.22%时, 样品水分与微波传感器输出信号带宽的关系如图 3 所示, 拟合曲线为:

$B = 0.0004x^2 - 0.0012x + 0.0344$, 其中,

B 为输出信号带宽, x 为样品的水分含量, 其单位为重量百分比(%). 样品水分与微波传感器输出电压/带宽的关系如图 4 所示, 拟合曲线为:

$y = -0.4396x^2 - 0.0637x + 66.1709$, 其中, y 为

输出电压与带宽之比。样品水分与微波传感器谐振频率/带宽的关系如图 5 所示, 拟合曲线为:

$z = -0.3891x^2 - 0.1011x + 74.2660$, 其中, z 为

谐振频率与带宽之比。将校准曲线存入计算机, 于是, 通过测量不同水分含量奶粉样品所对应的微波传感器的输出参数, 即可得到其水分含量 (x)。测量结果及误差见表 2~表 4。

表 2 样品水分与传感器输出信号带宽校准模型实验结果 %

实际含水	1.05	2.44	4.22	5.21	5.88	7.55	8.22
检测值	1.05 ± 0.20	2.44 ± 0.02	4.22 ± 0.05	5.21 ± 0.07	5.88 ± 0.01	7.55 ± 0.18	8.22 ± 0.12

表 3 样品水分与输出电压/带宽校准模型实验结果 %

实际含水	1.05	2.44	4.22	5.21	5.88	7.55	8.22
检测值	1.05 ± 0.42	2.44 ± 0.44	4.22 ± 0.08	5.21 ± 0.12	5.88 ± 0.13	7.55 ± 0.14	8.22 ± 0.05

表 4 样品水分与谐振频率/带宽校准模型实验结果 %

实际含水	1.05	2.44	4.22	5.21	5.88	7.55	8.22
检测值	1.05 ± 0.45	2.44 ± 0.48	4.22 ± 0.08	5.21 ± 0.12	5.88 ± 0.13	7.55 ± 0.11	8.22 ± 0.02

从表 2~表 4 可看出, 奶粉的水分测量精度与测量时采用的校准模型有关。当采用微波传感器输出信号的带宽与水分含量的校准模型时, 测量结果误差小于 0.2%; 当采用微波传感器输出电压/带宽与水分含量的校准模型时, 测量结果误差小于 0.44%; 当采用微波传感器谐振频率/带宽与水分含量的校准模型时, 测量结果误差小于 0.48%。

3 结论

(1) 测量精度与采用的校准模型密切相关;

(2) 奶粉水分含量为 1.05%~8.22%时, 文中得到的最佳校准模型检测误差小于 0.2%;

(3) 本文介绍的微波技术有望解决奶粉生产过程中水分在线测量控制的技术问题。

参考文献

- [1] Gerrit Smit 主编, 任发政, 韩北忠等译. 现代乳品加工与质量控制[M]. 北京: 中国农业大学出版社, 2006.6: 264
- [2] 朱俊平, 刘玲君, 张彦辉等. 近红外光谱分析技术快速测定儿童高钙奶粉理化指标的研究, 食品科技[J], 2003, (5): 83-86
- [3] Wüst E., Rudzik L., The use of infrared spectroscopy in the dairy industry, Journal of Molecular Structure, 2003, (661-662). 291-298
- [4] K.Kupfer. Electromagnetic Aquametry. Berlin, Heidelberg, NewYork: Spring-Verlag, 2005:1
- [5] Ming Huang, Jinhui Peng, Jingjing Yang, Jiaqiang Wang, Microwave cavity perturbation technique for measuring the moisture content of sulphide minerals concentrates, Minerals Engineering, Jan. 2007, (1): 92-94
- [6] 黄铭, 彭金辉, 王威廉等. 微波快速测量硫化镍精矿水分新方法的研究, 金属矿山[J], 2006.5: 39-41
- [7] 姜宇, 丁雪梅, 杨国辉. 基于微波谐振腔的湿度传感器, 仪表技术与传感器[J], 2006.5:3-5
- [8] Trabelsi S., Kraszewski A. W., Nelson S. O., A Microwave Method for On-line Determination of Bulk Density and Moisture Content of Particulate Materials, IEEE Tran. On Instrumentation and Measurement, 1998, 47(1): 127-132
- [9] Gradinarsky L., Brage H., Lagerholm B., et.al., In Situ Monitoring and Control of Moisture Content in Pharmaceutical Powder Processes using an Open-end Coaxial Probe, Measurement science and technology [J], 2006, 17: 1847-1853
- [10] Carter R G Accuracy of microwave cavity perturbation measurements [J]. Microwave theory and techniques, IEEE Trans. 2001, 49(5): 918-923

致谢: 作者感谢昆明金汇通无线与微波技术研究所提供的微波传感器!