

# 在线近红外光谱仪在膨化大豆粉质量控制中的应用

王鲁飞<sup>1</sup>,董迎章<sup>1</sup>,周梅升<sup>1</sup>,周海<sup>2</sup>,杨龙娟<sup>1</sup>,时圣爱<sup>1</sup>

(1. 中粮油脂(菏泽)有限公司, 山东 菏泽 274000; 2. 无锡迅杰光远科技有限公司, 江苏 无锡 214000)

**摘要:**为了指导生产,实现膨化大豆粉生产线在线检测水分、粗蛋白质和粗脂肪含量,在膨化大豆粉生产线安装近红外光谱仪,并将在线检测数据与国标方法(人工取样)检测数据进行了对比。结果表明:在线近红外光谱仪测定膨化大豆粉样品的水分、粗蛋白质、粗脂肪含量结果与国标方法接近,符合国标允许误差要求;配套的全自动镜头吹扫系统可有效去除黏附在采集窗口上的膨化大豆粉,保证了检测结果的准确性。实践证明,将在线近红外光谱仪应用于膨化大豆粉生产上,完全能满足膨化大豆粉加工行业在线实时监控的需求。

**关键词:**膨化大豆粉;近红外光谱;实时监控;水分;粗蛋白质;粗脂肪

中图分类号:TS228;O657.33 文献标识码:B 文章编号:1003-7969(2023)01-0135-03

## Application of online near infrared spectrometer in quality control of puffed soybean powder

WANG Lufei<sup>1</sup>, DONG Yingzhang<sup>1</sup>, ZHOU Meisheng<sup>1</sup>, ZHOU Hai<sup>2</sup>,  
YANG Longjuan<sup>1</sup>, SHI Sheng'ai<sup>1</sup>

(1. COFCO Oil (Heze) Co., Ltd., Heze 274000, Shandong, China; 2. Wuxi Intelligent Analysis Services Co., Ltd., Wuxi 214000, Jiangsu, China)

**Abstract:** In order to guide for production and realize online detection of moisture, crude protein and crude fat contents in puffed soybean powder production line, a near infrared spectrometer was installed in the production line, and the online detection data was compared with that of the national standard method for manual sampling. The results showed that the results of moisture, crude protein and crude fat contents of puffed soybean powder detected by online near infrared spectrometer were close to those by the national standard method, and met the allowance error of the national standard. The fully automatic lens purging system could effectively remove the puffed soybean powder adhering to the collection window to ensure the accuracy of the detection results. Practice has proved that the application of the online near infrared spectrometer in the production of puffed soybean powder can fully meet the needs of online real-time monitoring.

**Key words:** puffed soybean powder; near infrared spectroscopy; real-time monitoring; moisture; crude protein; crude fat

在膨化大豆粉加工行业,水分、粗蛋白质、粗脂肪含量是3个核心关键指标,对其实现快速检测以指导生产,是实现精细化质量管理、降本增效的重要途径。近红外光谱分析方法因具有快速、准确、无需

样品前处理、无试剂消耗、实时监控等优势,在粮食收购、食品加工、饲料生产等行业被广泛应用。目前,近红外光谱仪在线检测技术在大豆粕行业已有较广泛的应用,但在膨化大豆粉行业应用较少,主要是由于膨化大豆粉未经脱脂处理,样品黏度较大,易黏附在近红外光谱仪镜头(采集窗口)上,影响测定结果的准确性。

本文采用近红外光谱仪及配套全自动吹扫系统在线测定膨化大豆粉水分、粗蛋白质、粗脂肪含量,研究了设备安装位置对测定结果的影响,并与国标

收稿日期:2021-10-30;修回日期:2022-08-07

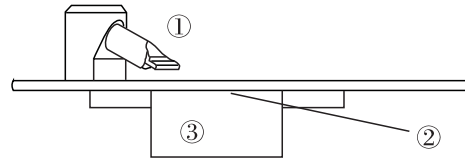
作者简介:王鲁飞(1982),男,工程师,主要从事粮油质量安全检测管理工作(E-mail) wanglufei006@126.com。

通信作者:董迎章,高级工程师(E-mail) dongyingzhang@cofco.com。

检测方法进行了对比,以期为在线近红外光谱分析技术的进一步应用提供参考。

### 1 近红外光谱仪的安装及检测参数设置

采用 IAS - Online S100 近红外光谱仪,该仪器自带数据库已涵盖不同国别大豆所生产的膨化大豆粉,仅需用国标方法检测结果修正截距即可。将近红外光谱仪安装在膨化大豆粉成品暂存罐下部圆锥部位、计量打包前。此位置有两个优点:一是最接近打包后发货成品;二是在暂存罐底部圆锥处可有效减少样品间隙,同时利用样品下落时的惯性减少样品在镜头上的黏附,提高检测的准确性和稳定性。为减少样品在镜头上的黏附,在镜头斜上方安装一个吹扫装置(如图 1 所示)。该吹扫装置由在线近红外光谱仪控制,在光谱采集间隙时打开开关,将黏附在镜头上的膨化大豆粉吹落,保证光谱与实际产品的实时一致性。此系统采用 PLC 控制,可以根据实时工况自动或手动调节吹扫间隔和吹扫强度。



注:①吹扫喷嘴;②近红外镜头前玻璃窗;③近红外光谱仪

图 1 吹扫装置示意图

近红外光谱仪的参数设置:波长 950 ~ 1 650 nm,扫描频次 20 次/min,自动吹扫,吹扫时间间隔 2 s。当膨化大豆粉通过仪器检测窗口时,水分、粗蛋白质、粗脂肪含量被自动检测,并输出给显示器,检测数据实时传输至服务器,可长期存储查阅。

### 2 定标模型验证

为了验证定标模型的准确度,从生产线上连续抽取 15 个膨化大豆粉样品,分别按照文献[1-3]的方法测定其水分、粗蛋白质、粗脂肪含量,通过比较在线测定值与国标方法测定值之间的偏差,评价在线近红外光谱仪的准确度,结果见图 2。

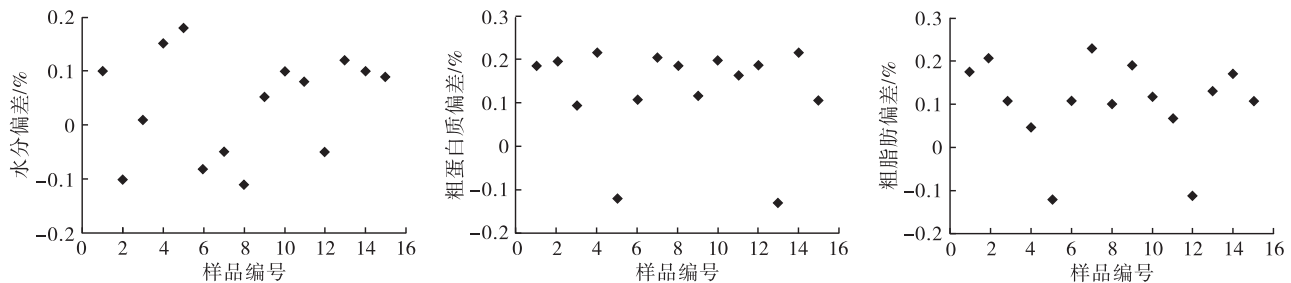


图 2 膨化大豆粉水分、粗蛋白质和粗脂肪含量偏差

从图 2 可以看出,膨化大豆粉的水分、粗蛋白质、粗脂肪含量这 3 项指标的在线测定值与国标方法测定值之间的偏差范围分别为  $-0.11\% \sim 0.18\%$ 、 $-0.13\% \sim 0.22\%$ 、 $-0.12\% \sim 0.23\%$ ,平均偏差分别为  $0.04\%$ 、 $0.13\%$  和  $0.10\%$ ,符合文献[4]中对水分、粗蛋白质、粗脂肪含量的允许误差(分别低于  $0.35\%$ 、 $0.45\%$ 、 $0.35\%$ ),表明定标模型

满足快速检测要求。

### 3 在线近红外光谱仪测定结果与包装后人工取样检测结果对比

利用在线近红外光谱仪快速检测车间过程产品(抽取 15 个样品),与包装后人工取样检测结果进行对比,结果见图 3。

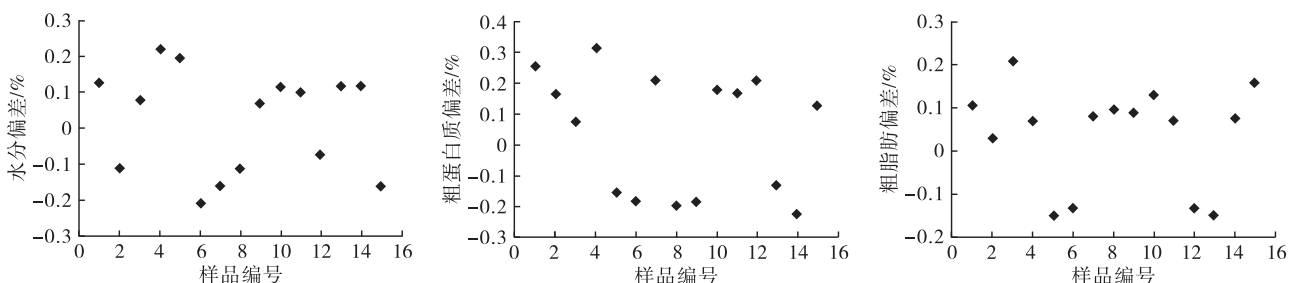


图 3 膨化大豆粉水分、粗蛋白质和粗脂肪含量偏差

由图 3 可以看出,水分、粗蛋白质和粗脂肪含量测定偏差范围分别为  $-0.21\% \sim 0.22\%$ 、 $-0.22\% \sim 0.32\%$  和  $-0.15\% \sim 0.21\%$ ,平均偏差分别为  $0.02\%$ 、 $0.05\%$  和  $0.04\%$ ,均满足文献[4]的要求。

结果表明,在线近红外光谱仪检测结果具有较高的精确度,满足连线发货的需要。

(下转第 152 页)

- cyanobacteria, green algae and diatoms[J]. *Water Res*, 2008, 42(13): 3435–3445.
- [12] 李娟,张耀庭,曾伟,等.应用考马斯亮蓝法测定总蛋白含量[J].*中国生物制品学杂志*, 2000(2): 118–120.
- [13] 杨勇杰,姜瑞芝,陈英红,等.苯酚硫酸法测定杂多糖含量的研究[J].*中成药*, 2005(6): 706–708.
- [14] 牟世芬,朱岩,刘克纳.离子色谱方法及应用[J].3版.北京:化学工业出版社,2018.
- [15] 吕桂才.溶解有机物三维荧光光谱结合多变量分析在赤潮藻识别中的应用[D].山东 青岛:中国海洋大学,2010.
- [16] 李崇华,马贵党,尹斌,等.莱茵衣藻胞外聚合物的提取和红外光谱表征[J].*应用与环境生物学报*, 2019, 25(1): 176–183.
- [17] ZHANG B, CHEN S F. Effect of different organic matters on flocculation of *Chlorella sorokiniana* and optimization of flocculation conditions in swine manure wastewater[J]. *Bioresour Technol*, 2015, 192: 774–780.
- [18] OH H M, LEE S J, PARK M H, et al. Harvesting of *Chlorella vulgaris* using a bioflocculant from *Paenibacillus* sp. AM49[J]. *Biotechnol Lett*, 2001, 23(15): 1229–1234.
- [19] WANG H, LAUGHINGHOUSE H D, ANDERSON M A, et al. Novel bacterial isolate from Permian groundwater, capable of aggregating potential biofuel – producing microalga *Nannochloropsis oceanica* IMET1 [J]. *Appl Environ Microbiol*, 2012, 78(5): 1445–1453.
- [20] LI Y G, XU L, HUANG Y M, et al. Microalgal biodiesel in China: opportunities and challenges[J]. *Appl Energ*, 2010, 88(10): 3432–3437.
- [21] HUANG Z S, WANG Y F, JIANG L, et al. Mechanism and performance of a self – flocculating marine bacterium in saline wastewater treatment [J]. *Chem Eng J*, 2018, 334: 732–740.
- [22] GUO S L, ZHAO X Q, WAN C, et al. Characterization of flocculating agent from the self – flocculating microalga *Scenedesmus obliquus* AS – 6 – 1 for efficient biomass harvest[J]. *Bioresour Technol*, 2013, 145: 285–289.
- [23] MISHRA A, JHA B. Isolation and characterization of extracellular polymeric substances from micro – algae *Dunaliella salina* under salt stress [J]. *Bioresour Technol*, 2009, 100(13): 3382–3386.
- [24] VANDAMME D, FOUBERT I, FRAEYE I, et al. Influence of organic matter generated by *Chlorella vulgaris* on five different modes of flocculation[J]. *Bioresour Technol*, 2012, 124: 508–511.
- [25] 何嘉雯.柠檬酸杆菌 W4 收获小球藻工艺及作用机制研究[D].哈尔滨:哈尔滨工业大学,2019.
- [26] 孙素琴,梁曦云,杨显荣.六色灵芝的 FTIR 快速无损鉴别[J].*光谱学与光谱分析*, 2002(2): 226–228.
- [27] RASHID N, NAYAK M, LEE B, et al. Efficient microalgae harvesting mediated by polysaccharides interaction with residual calcium and phosphate in the growth medium[J]. *J Clean Prod*, 2019, 234: 150–156.
- [28] 张波,刘珂轶,张安龙,等.不同营养环境下棕鞭藻共栖细菌的群落结构比较[J].*环境科学学报*, 2020, 40(8): 2812–2818.
- [29] ZHAO R R, CHEN G W, LIU L, et al. Bacterial foraging facilitates aggregation of *Chlamydomonas microspira* in an organic carbon source – limited aquatic environment[J/OL]. *Environ Pollut*, 2020, 259: 113924 [2021–12–16]. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2020.113924>.
- [30] VU C H T, CHUN S J, SEO S H, et al. Bacterial community enhances flocculation efficiency of *Ettlia* sp. by altering extracellular polymeric substances profile [J]. *Bioresour Technol*, 2019, 281: 56–65.
- [31] LIU Y P, CHEN L, ZHANG N, et al. Plant – microbe communication enhances auxin biosynthesis by a root – associated bacterium, *Bacillus amyloliquefaciens* SQR9 [J]. *Mol Plant Microb Interact*, 2016, 29(4): 324–330.

(上接第 136 页)

#### 4 运行情况

经过半年的正常生产,近红外光谱仪采集窗口表面没有黏附膨化大豆粉,透光度仍然很好,说明配备的吹扫装置可以有效去除黏附在采集窗口上的膨化大豆粉,避免了对检测结果造成影响。实践表明,近红外光谱仪可以应用于膨化大豆粉中水分、粗蛋白质、粗脂肪含量的在线检测。

#### 5 结语

在线近红外光谱仪配合全自动镜头吹扫系统在膨化大豆粉加工行业具有可推广性,对膨化大豆粉水分、粗蛋白质和粗脂肪含量的测定具有可靠性和准确性,可以实时反映生产线产品指标的变化,为生产参

数的调整及时提供信息。另外,还可以继续开发在线近红外光谱仪测定膨化大豆粉灰分、尿素酶活性等其他质量指标定标曲线,以满足快速检测需求。

#### 参考文献:

- [1] 饲料中水分的测定:GB/T 6435—2014 [S].北京:中国标准出版社,2014.
- [2] 饲料中粗蛋白的测定 凯氏定氮法:GB/T 6432—2018 [S].北京:中国标准出版社,2018.
- [3] 饲料中粗脂肪的测定:GB/T 6433—2006 [S].北京:中国标准出版社,2006.
- [4] 饲料中水分、粗蛋白质、粗纤维、粗脂肪、赖氨酸、蛋氨酸快速测定 近红外光谱法:GB/T 18868—2002 [S].北京:中国标准出版社,2002.