

3 种不同检测方法测定大豆水分含量的差异分析

刘宏超¹, 杨莹², 王步军^{1*}

(1. 中国农业科学院作物科学研究所/农业农村部谷物品质监督检验测试中心, 北京 100081;

2. 云南省兽药饲料检测所, 昆明 650021)

摘 要: **目的** 对比国标法、整粒烘 ASAE 法和快速水分法 3 种不同水分检测方法测定大豆水分含量的结果差异。**方法** 取自 3 种不同产地的大豆, 包括巴西大豆、美国大豆和国产大豆, 进行大豆整籽粒和粉碎后的水分测定实验来比较大豆水分含量差异。同时对 2 种谷物粉碎仪差异进行了比较。**结果** 以进口巴西大豆为例, 用国标法测定水分平均值为 7.76%, 其中谷物磨测量值为 7.75%, 万用粉碎仪测量值为 7.78%; ASAE 法测得水分值为 10.39%, 快速水分仪测定值为 10.7%。国标法水分测量值低于用 ASAE 法和快速水分仪法, 且不同的粉碎磨粉碎后的水分测量值无明显差异($P > 0.05$)。通过对比, ASAE 法和快速水分法测定的大豆整籽粒水分含量比较接近真实值, 而粉碎后测得的水分含量比真实值低。结果表明, 国标法中将大豆粉碎后水分测量值低于用 ASAE 法和快速水分仪法整籽粒法水分测量值($P < 0.05$), 且不同的粉碎磨粉碎后的水分测量值无明显差异。**结论** 结合实际现场测量的实验环境、实验周期和成本等因素考虑, 推荐谷物快速水分法为最佳检测方法。

关键词: 大豆; 水分; 快速水分; 粉碎; 整籽粒

Difference analysis of the determination of moisture content in soybean by 3 kinds of different methods

LIU Hong-Chao¹, YANG Ying², WANG Bu-Jun^{1*}

(1. Institute of Crop Sciences, Chinese Academy of Agricultural Sciences/Cereal Quality Supervision and Testing Center, Ministry of Agriculture, Beijing 100081, China; 2. Yunnan Testing & Inspection Institute for Veterinary Drugs & Feedstuff, Kunming 650021, China)

ABSTRACT: Objective To compare the moisture content determination results of soybean by national standard method, ASAE method and rapid moisture method. **Methods** The moisture content difference of soybean was compared by moisture determination experiments of whole soybean seeds and crushed soybeans from 3 different producing areas, including Brazil soybean, United States soybean and domestic soybean. **Results** Taking Brazil soybean as an example, the average value of moisture was 7.76% by national standard method, including 7.75% by grain mill, 7.78% by universal pulverizer, 10.39% by ASAE and 10.7% by rapid moisture meter. The moisture

基金项目: 国家粮油作物产品质量安全风险评估专项(GJFP2018001)、中国农业科学院科技创新工程项目、国家重点研发计划项目(2017YFF201803)

Fund: Supported by the National Grain and Oil Crop Product Quality and Safety Risk Assessment Project (GJFP2018001), the Science and Technology Innovation Project of Chinese Academy of Agricultural Sciences and the National Key Research and Development Plan Project (2017YFF201803)

***通讯作者:** 王步军, 研究员, 主要研究方向为农产品加工与食物安全。E-mail: wangbujun@caas.cn

***Corresponding author:** WANG Bu-Jun, Professor, Institute of Crop Sciences, Chinese Academy of Agricultural Sciences/Cereal Quality Supervision and Testing Center, Ministry of Agriculture, Beijing 100081, China. E-mail: wangbujun@caas.cn

content measured by the national standard method was lower than that by ASAE method and rapid moisture meter method, and there was no significant difference between the moisture content measured by different grinding methods ($P > 0.05$). By comparison, the moisture content of soybean whole grain measured by ASAE and rapid moisture method is close to the real value, but the moisture content measured after crushing is lower than the real value. The results showed that the water content measured by the national standard method was lower than that by ASAE method and rapid moisture meter method ($P < 0.05$), and there was no significant difference between the moisture content measured by different grinding methods. **Conclusion** Considering the factors of experiment environment, experiment period and cost, it is recommended that the rapid moisture method of grain is the best method.

KEY WORDS: soybean; moisture; rapid moisture; flour milling; whole grain

1 引言

大豆富含优质蛋白质和脂肪,是一种重要的经济作物,也是我国主要的油料作物之一。由于需求量大,我国每年还会从国外进口大量大豆用作大豆油脂的加工及畜禽饲料的加工,以满足不同行业的需要。进口大豆通过货船运输约 50 d 到达我国港口^[1],因为整个货期的大豆处于密闭空间,所以大豆容易发生变质。引起大豆变质的根本原因是水分含量过高。大豆中的水分含量直接影响大豆在储运时期的质量以及后期加工品质。水分含量是油料作物储存的一个重要参考指标,也是营养成分的指标。一定的水分含量可以保持大豆的品质、感官性状和维持大豆中其他组分的平衡关系。水分含量的高低影响到大豆风味和整体质量,也会导致大豆中其他营养物质的水解^[2]。大豆水分含量是决定大豆储存和运输期间是否安全的关键因素。因此快速准确测定大豆水分含量,并控制好大豆储藏之前的水分含量对于大豆安全储藏、运输、加工以及保持大豆品质稳定都有极其重要的意义。但水分含量的实际值和真实值却因检测方法的不同而不同。

大豆中的水分主要是以游离水和化合水 2 种形式存在。常见的水分测定方法是国标法 GB 5009.3-2016《食品安全国家标准食品中水分的测定》里的第一法直接干燥法^[3],直接干燥法因操作简单且结果准确的优点而被广泛应用,该标准规定油料作物水分含量低于 13%时适用此法。实验室收到样品后,水分含量是需要第一时间检测的指标,为保证快速得到结果,通常使用粉碎法测定;整粒烘法因实验周期长,很少被使用;快速水分仪法没有相应的国家标准或行业标准方法支持,只能作为辅助参考方法。根据实验室常用粉碎机的类型,本研究比较了 2 种粉碎方式,重点研究比较了国标法、ASAE 法和快速水分法 3 种方法测大豆的水分含量的差异,以期大豆品质提供科学的保障。

2 材料与方法

2.1 材料、试剂与设备

谷物粉碎磨(Perten Laboratory Mill 3310、Foss Cyclotec 1093)、FW100 高速万能粉碎机(天津泰斯特仪器有限公司);XP204 电子分析天平(瑞士梅特勒-托利多公司);DHG-9140A 电热鼓风干燥箱(上海以恒科学仪器有限公司);Mini GAC plus 谷物水分测定仪(美国帝强公司)。

实验材料为取自货船货舱内的进口大豆(巴西和美国;合同中约定水分 $\leq 13\%$ 、粗蛋白 $\geq 32\%$ 、粗脂肪 $\geq 18\%$)和本研究所在实验基地收获的国产大豆。

2.2 样品预处理

取自货船货舱和谷物仓库的整粒大豆,将明显且较大的杂质,如石头、土块、茎叶、豆荚等去除。

选取了 2 种最常见的粉碎方式同时进行粉碎后差异的比较。第 1 种,两步粉碎,先粗粉后细粉。第 1 步用 Perten Laboratory Mill 3310 粉碎磨对样品进行初步粉碎到 40 目,第 2 步再选用 Foss Cyclotec 1093 粉碎磨对样品进行二次粉碎,达到 60 目粒度;第 2 种,一步粉碎。用高速万能粉碎机粉碎制样,加入机体容积三分之二体积的大豆颗粒,粉碎 15~20 s,直接一步将整粒大豆粉碎成均匀的 80 目粒度大豆粉。因为高脂肪的缘故,用高速万能粉碎机粉碎大豆时一部分大豆粉会粘在粉碎机内壁和刀头,需要借助称量勺将所有粉碎机内的大豆粉取净,混匀,放入自封袋内备用。

2.3 实验方法

选用国标法、ASAE 法和快速水分法 3 种方法测大豆水分含量,主要参数如表 1 所示^[4]。

国标法和 ASAE 法测定水分,因需要天平、烘箱和干燥器完成,受环境和场地限制,只能在实验室完成;快速水分法则比较灵活,不受环境场地限制,可随时在现场进行实

时检测, 只需将快速水分仪放在水平面上即可检测^[7]。

3 结果与分析

收集各种来源的实验材料共 6 份, 每份材料重复 3 次实验, 按照不同水分测定方法的结果如表 2 所示。同时选取谷物磨和高速万能粉碎机这 2 种最常见的谷物粉碎机分别粉碎样品, 测定水分后进行对比, 结果见图 1。

国标法与美国 ASAE 法通过 SPSS 软件进行 *t* 检验数

据处理分析。分析结果小于检验水平 0.05, 即 $P < 0.05$ 。结果显示国标法水分测量值显著小于 ASAE 法。

国标法与快速水分检测仪法通过同样数据处理分析, 分析结果小于检验水平 0.05, 即 $P < 0.05$ 。结果显示国标法水分值显著低于快速水分法。

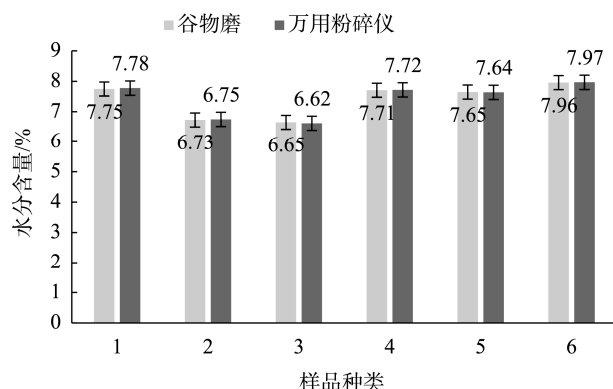
ASAE 法与快速水分仪比较结果为差异不显著($P > 0.05$)。表明 ASAE 法与快速水分仪法测量的水分值, 无明显差异。

表 1 不同方法测定大豆水分含量
Table 1 Determination of water content in soybean by different methods

方法	设备	样品	实验条件
国标法 ^[3] (直接干燥法)	电热恒温鼓风干燥箱	取 3.0 g 粉碎后的大豆粉	103 °C烘至恒重
ASAE 法 ^[5]	电热恒温鼓风干燥箱	取 10.0 至 11.0 g 整粒大豆	103 °C烘 72 h
快速水分检测法 ^[5,6]	谷物水分测定仪	取约 300 g 整粒大豆	室温下测定

表 2 不同方法测定大豆水分结果(%)(*n*=3)
Table 2 Determination of water content in soybean by different methods (%)(*n*=3)

实验方法	样品状态		水分结果			平均值
			1	2	3	
国标法 (直接干燥法)	大豆粉碎	巴西 1	7.76	7.75	7.78	7.76
		巴西 2	6.75	6.74	6.75	6.75
		美国	6.65	6.68	6.63	6.65
		国产(大粒)	7.68	7.72	7.72	7.71
		国产(小粒)	7.63	7.66	7.65	7.65
		国产(杂交)	7.97	7.96	9.98	7.97
ASAE 法	整籽粒大豆	巴西 1	10.51	10.27	10.4	10.39
		巴西 2	10.02	10.01	10.02	10.02
		美国	8.99	8.95	8.94	8.96
		国产(大粒)	9.41	9.39	9.43	9.41
		国产(小粒)	9.69	9.72	9.74	9.72
		国产(杂交)	9.75	9.74	9.74	9.74
快速检测法	整籽粒大豆	巴西 1	10.7	10.6	10.7	10.7
		巴西 2	9.8	9.8	9.8	9.8
		美国	9	9.2	9.2	9.1
		国产(大粒)	9.3	9.5	9.9	9.6
		国产(小粒)	9.9	10.3	10.5	10.2
		国产(杂交)	9.7	9.7	9.8	9.7



注: 1: 巴西大豆; 2: 巴西大豆; 3: 美国大豆; 4: 国产(大粒); 5: 国产(小粒); 6: 国产(杂交)。

图 1 两种不同的大豆粉碎方式测定水分含量结果对比($n=3$)

Fig.1 Comparison of 2 kinds different ways of soybean milling ($n=3$)

由表 2 和图 1 结果可见, 国标法通过对大豆粉碎后直接干燥的方法, 结果明显低于整粒烘 ASAE 法。表 2 和图 1 结果可见, 国标法通过对大豆粉碎后直接干燥的方法的结果明显低于整粒烘 ASAE 法。以巴西大豆为例, 巴西大豆水分用国标法测定平均值为 7.76%, 其中谷物磨测量值为 7.75%, 万用粉碎仪测量值为 7.78%; ASAE 法测得水分值为 10.39%, 快速水分仪测定值为 10.7%。因此判定 ASAE 法和谷物快速水分测定仪法更接近大豆真实水分, 大豆粉碎后的直接干燥法的结果低于真实值。2 种不同的磨粉方式水分测定结果并未出现明显差异, 说明磨粉方式对水分值的影响不大。

4 结论与讨论

通过 2 次实验对比发现, 大豆粉碎后直接干燥法水分测定结果明显低于 ASAE 法和快速水分法。原因是由于大豆在粉碎和过筛过程中增加了大豆的表面积, 因而会造成水分的蒸发, 且与不同的设备部件、容器接触过程中也会带走和损失部分水分; ASAE 法和快速水分仪法测大豆水分是在保证大豆整籽粒的完整性下, 检测大豆水分的, 因此更能反映大豆的实际水分^[8,9]。但考虑到实验室条件和实验周期, 许多实验室普遍采用国标法将大豆粉碎后直接干燥法测定大豆水分, 结果虽与实际值相差较大, 但并不属于实验失误。检测水分含量是实验室进行诸多营养成分检测中的第一步, 需要保证在收到样品后尽快得到水分含量, 因此粉碎直接干燥法为实验室首选。

我国进口大豆在货运期间, 会有一部分大豆出现局部或者大面积变质, 甚至整舱发生发霉变质、热损的现象^[10]。出现货损的根本原因是由于大豆自身水分含量超过安全储存水分。大豆收获后到装船之前的水分含量为初始水分, 一般根据买卖双方签订的合同约定。因此在实际

中, 当发生质量纠纷时, 需要对货损的大豆进行分析评价, 作为赔偿依据。水分含量的实际值就成为了评价的焦点。大豆在封闭的船舱中密封储存约 50 d 到达我国港口, 期间大豆一直进行呼吸作用, 呼吸产生一定的热量和水, 与货舱顶端的间隙空气结合, 遇到周围金属舱壁和舱顶生成冷凝水重新降落到大豆表面^[11], 因此在整个密封环境中, 大豆整体平均水分并不会发生明显改变^[12]。而在对货损大豆进行评估时发现, 委托检验方测得的水分含量往往比合同中签订的初始值低很多^[13,14], 不能反映大豆的实际水分, 对评估货损造成一定的偏差。而 ASAE 法虽然比较符合真实值, 但实验周期较长, 许多实验室通常不采用该方法。和实验室收到的检测样品不同, 船运大豆数量庞大, 能及时快速检测大豆水分含量是关键。综合考虑, 使用谷物快速水分测定仪是最理想且较准确的检测方法^[15]。谷物快速水分测定仪因体积小, 便于随身携带, 能够快速出结果。为保证整体结果的准确性, 可以在货舱内豆堆的不同位置多次取样, 取平均值, 非常适合现场快速检测数量庞大的谷物水分测量。

综上所述, 大豆粉碎直接干燥法测得的大豆水分含量偏低, 不能反映出真实结果, 整粒烘 ASAE 法检测结果比较接近真实值, 但实验时间较长且实验成本较高, 谷物水分快速测定法能够及时得出水分结果, 接近实际值, 且方便随身携带。因此建议将谷物快速水分测定仪作为进口大豆到港后水分含量检测的首选方法。

参考文献

- [1] 刘根平, 卓晓辉, 邱辉, 等. 进口大豆水分检测方法探讨[J]. 粮食储藏, 2014, 6(43): 51-53.
Liu GP, Zhuo XH, Qiu H, et al. Discussion on the detection method of imported soybean water powder for grain storage [J]. Grain Stor, 2014, 6(43): 51-53.
- [2] 唐芳, 程树峰, 欧阳毅, 等. 储存水分、温度和真菌生长对大豆品质的影响[J]. 粮油食品科技, 2016, 24(3): 74-78.
Tang F, Cheng SF, Ou YY, et al. Effects of storage water, temperature and fungal growth on soybean quality, grain [J]. Sci Technol Cere Oils Foods, 2016, 24(3): 74-78.
- [3] GB 5009.3-2016 食品安全国家标准 食品中水分的测定[S].
GB 5009.3-2016 National food safety standard-Determination of water content in food [S].
- [4] 张敏, 周凤英. 粮食储藏学[M]. 北京: 科学出版社, 2010.
Zhang M, Zhou FY. Grain storage [M]. Beijing: Science Press, 2010.
- [5] 马晓年, 董玉英, 张瑞雨, 等. 大豆粉中水分含量测定的研究[J]. 安徽农业科学, 2016, 28(32): 99-101.
Ma XN, Dong YY, Zhang RY, et al. Study on the determination of water content in soybean flour [J]. Anhui Agric Sci, 2016, 28(32): 99-101.
- [6] 陈萍, 何洪洲, 单振菊, 等. 进口大豆储运温度和含水量对大豆发生热损伤的影响[J]. 中国油脂, 2015, 40(10): 31-35.
Chen P, He HZ, Dan ZJ, et al. Effects of storage and transportation temperature and water content of imported soybeans on heat damage of

- soybeans [J]. *China Oils Fats*, 2015, 40(10): 31–35.
- [7] 徐飞, 盛漪, 钱大钧, 等. 大豆样品水分测定方法分析比较[J]. *粮食与油脂*, 2014, 27(8): 61–65.
- Xu F, Sheng Y, Qian DJ, *et al.* Analysis and comparison of determination methods of moisture in soybean samples [J]. *J Cere Oils*, 2014, 27(8): 61–65.
- [8] 周洲, 李红, 何海燕, 等. 大豆含水量测定方法的改进探讨[J]. *安徽农业科学*, 2011, 39(31): 574, 643.
- Zhou Z, Li H, He HY, *et al.* Discussion on the improvement of determination method of soybean water content [J]. *Anhui Agric Sci*, 2011, 39(31): 574, 643.
- [9] 赵鑫, 陆鹏, 庄苏, 等. 不同产地对大豆及其制品常规营养成分的研究[J]. *饲料博览*, 2018, 12: 12–26.
- Zhao X, Lu P, Zhuang S, *et al.* Research on conventional nutrients of soybean and its products in different areas [J]. *Feed Expo*, 2018, 12: 12–26.
- [10] 陈俊伸, 王琴琴, 徐涛, 等. 转基因大豆加工适宜性分析[J]. *食品安全导刊*, 2018, 7: 170–172.
- Chen JS, Wang QQ, Xu T, *et al.* Suitability analysis of genetically modified soybean processing [J]. *Chin Food Saf Magaz*, 2018, 7: 170–172.
- [11] Yukiko M, Masayuki S, Saeko Y, *et al.* Effects of heat treatment under low moisture conditions on the protein and oil in soybean seeds [J]. *Food Chem*, 2019, 275: 577–584.
- [12] 褚丽琼. 储存条件对大豆品质变化的影响研究[J]. *现代食品*, 2017, (27): 76–78.
- Chu LQ. Study on the effect of storage conditions on soybean quality change [J]. *Mod Food*, 2017, (27): 76–78.
- [13] 李晨阳, 张振山, 刘玉兰. 储存条件对大豆品质变化的影响[J]. *粮油食品科技*, 2014, 22(1): 71–75.
- Li CY, Zhang ZS, Liu YL. Effect of storage conditions on soybean quality change [J]. *Sci Technol Cere Oils Foods*, 2014, 22(1): 71–75.
- [14] Cynara CK, Barreto, Cristiano CO, *et al.* Evaluation of the stability during storage of a diesel-like fuel obtained by the pyrolysis of soybean oil [J]. *Biomass Bioenergy*, 2012, 37: 42–48.
- [15] 尹相伟, 王以宪, 左兆迎. 进口大豆残损鉴定关键点及控制措施研究[J]. *质量与认证*, 2019, 8: 79–81.
- Yin XW, Wang YX, Zuo ZY. Research on key points and control measures for damage identification of imported soybeans [J]. *Qual Certific*, 2019, 8: 79–81.

(责任编辑: 于梦娇)

作者简介



刘宏超, 硕士研究生, 主要研究方向为食品加工与安全。
E-mail: beautifulxh@139.com



王步军, 研究员, 主要研究方向为农产品加工与食物安全。
E-mail: wangbujun@caas.cn