

小麦品质实验室比对结果分析

胡学旭¹, 孙丽娟¹, 戴常军², 孙彩玲³, 余大杰⁴, 王步军^{1*}

- (1. 中国农业科学院作物科学研究所/农业部谷物产品质量安全风险评估实验室(北京), 北京 100081; 2. 农业部谷物及制品质量监督检验测试中心(哈尔滨), 哈尔滨 150086; 3. 农业部谷物品质监督检验测试中心(泰安), 泰安 271018; 4. 河南省农业科学院农业质量标准与检测技术研究所, 郑州 450002)

摘要: **目的** 检验实验室间测量准确度, 探讨评定小规模实验室检测能力的分析方法。 **方法** 选择国内4家有资质的实验室, 对强筋、中筋和弱筋3类不同品质类型样品8个面粉品质参数进行重复测定。 **结果** 不同实验室品质参数存在准确度差异, 实验室C中筋样品蛋白质含量和弱筋样品吸水量、实验室D强筋样品吸水量和中筋样品形成时间的重复性标准差为离群值, 达到柯克伦检验1%显著水平; 实验室B弱筋样品拉伸面积、实验室C中筋样品蛋白质含量测定值为离群值, 达到格拉布斯检验1%显著水平。初始能力评价结果表明, 实验室B和实验室C出现系统性偏离, 其中实验室B在弱筋样品拉伸面积, 实验室C在中筋样品蛋白质含量测定结果“不满意”。 **结论** 小规模试验检测能力评定, 应结合多种统计分析方法判定离群值, 初始能力评价采用经典法更为合适, 稳健统计法和分割样品设计可作为实验室能力评价参考。

关键词: 实验室比对; 小麦粉; 品质

Interlaboratory comparison results of wheat quality parameters

HU Xue-Xu¹, SUN Li-Juan¹, DAI Chang-Jun², SUN Cai-Ling³, YU Da-Jie⁴, WANG Bu-Jun^{1*}

- (1. *Institute of Crop Sciences, Chinese Academy of Agricultural Sciences/Laboratory of Quality and Safety Risk Assessment for Cereal Products (Beijing), Ministry of Agriculture, Beijing 100081, China*; 2. *Inspection and Testing Center for Quality of Cereals and Their Products (Harbin), Ministry of Agriculture, Harbin 150086, China*; 3. *Center of Cereal Quality Control and Test (Tai'an), Ministry of Agriculture, Tai'an 271018, China*; 4. *Research Institute of Agricultural Quality Standards and Testing Techniques, Henan Academy and Agricultural Sciences, Zhengzhou 450002, China*)

ABSTRACT: Objective The study was to investigate the accuracy and precision of testing results of interlaboratory comparison, and to assess laboratory testing capabilities. **Methods** Eight quality parameters of a strong gluten flour sample, a medium gluten flour sample and a weak gluten flour sample were tested by four certified laboratories. **Results** It was showed that the accuracy and precision of testing results of each laboratory was different. The repeatability standard deviations of 2 laboratories showed to be greater than the critical value of Cochran's test ($\alpha=1\%$), which were laboratory C with protein content of weak gluten sample and water absorption of weak gluten sample, and laboratory D with water absorption of strong gluten sample and development time of medium gluten sample. The test statistics of 2 laboratories were greater than the critical value of Grubbs's test ($\alpha=1\%$), which were laboratory B with extension area of weak gluten sample and laboratory C with protein content of medium gluten sample. They also showed to be outlier and

基金项目: 农业技术试验示范项目(125161009000150007)

Fund: Supported by the Agricultural Technology Demonstration Project (125161009000150007)

*通讯作者: 王步军, 研究员, 博士生导师, 主要研究方向为农产品质量与安全。E-mail: wangbujun@caas.cn

*Corresponding author: WANG Bu-Jun, Professor, Laboratory of Quality and Safety Risk Assessment for Cereal Products (Beijing), Institute of Crop Sciences, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100081, China. E-mail: wangbujun@caas.cn

unsatisfied, which were analyzed and appraised by adopting classical statistics and robust statistics respectively.

Conclusion It is adoptable to use classical statistics for analyzing and appraising the testing results when the data were limited, and to combine with Cochran's test and Grubbs test method to get rid of the outliers. The robust statistics and split-sample experiment can be used as a reference.

KEY WORDS: interlaboratory comparison; wheat flour; quality

1 引言

实验室比对是实验室质量控制的重要方法之一,可以有效检验实验室检测结果的准确度,通过系统误差和随机误差精密密度分析,识别实验室存在的问题并启动改进措施,促进参与实验室检测能力不断提高。评价小麦加工品质的主要指标有蛋白质含量、湿面筋含量、沉淀指数、粉质特性和拉伸特性等。部分实验室已经开展了品质比对试验, Nieman^[3,4]对粉质仪和拉伸仪进行多家实验室间比对,确定吸水量、形成时间、45 min 最大拉伸阻力和延伸度的重复性和再现性,对常用的品质参数,如粉质仪稳定时间和 135 min 拉伸仪参数没有研究。魏益民等^[5]采用 3 种小麦面粉进行多家实验室的粉质仪和拉伸仪比对,了解国内粉质仪和拉伸仪精确度和使用现状。申炳慧^[6]用同一样品对 11 家小麦粉生产企业进行灰分实验室比对,采用格拉布斯检验法和经典统计法对对比结果分析和讨论。以上试验局限于部分品质参数或实验仪器,不足以评价实验室综合检测能力。目前我国小麦面粉品质参数中仅蛋白质含量及粉质参数制定了标准物质,其他品质参数无标准物质为参考,无法确保其测定结果的准确度。为此,本研究选择了国内 4 家长期从事小麦品质检测且具有国家认证资质的实验室实施了实验室间比对实验,比对的样品包括强筋、中筋和弱筋 3 种不同品质类型,对 8 个重要的面粉品质参数进行重复 2 次测定,采用多种统计方法对实验室比对结果进行准确度和精密密度分析,探讨实验室比对结果分析方法,以期发现问题,更为科学客观评价各实验室检测能力,为小规模实验室比对提供参考。

2 材料与方 法

2.1 试验材料

比对样品选用中粮集团分别以强筋、中筋和弱筋小麦为原料生产的同批次、单粉路 3 种不同品质类型面粉,分别以 1、2 和 3 表示。各分装 12 份,参考相关方法和标准^[7,8],测定每份样品湿面筋含量和面筋指数,经检验样品均匀性后,样品袋排气密封,编号为 1~36,每份 3 kg,每个实验室随机收到 3 种类型面粉各 3 份,共 9 份样品。

2.2 试验方法

比对试验参考 GB/T 27043-2012《合格评定 能力验证

的通用要求》^[9]。确定 4 家实验室参加对比试验,以 A、B、C 和 D 编码。各实验室收到样品后,在限定时间内按照规定标准方法完成参数测定,其中籽粒蛋白质含量测定采用 NY/T 3-1982《谷物、豆类作物种子粗蛋白质测定法(半微量凯氏法)》,湿面筋含量测定采用 GB/T 5506.2-2008《小麦和小麦粉 面筋含量 第 2 部分:仪器法测定湿面筋》,沉淀指数测定采用 GB/T 21119-2007《小麦-沉淀指数测定-Zeleny 试验》,粉质仪参数测定采用 GB/T 14614-2006《小麦粉-面团的物理特性-吸水量和流变学特性的测定-粉质仪法》,拉伸仪参数测定采用 GB/T 14615-2006《小麦粉-面团的物理特性-流变学特性测定-拉伸仪法》。每个参数重复测定 2 次。

2.3 数据处理

离群值检验采用柯克伦(Cochran)检验法和格拉布斯(Grubbs)检验法^[10]。能力评定采用经典统计方法和稳健统计方法^[10-12],其中经典法分别以平均值和标准偏差为指定值和允许离散度计算各实验室 z 比分数,若结果: $|z| \leq 2$,表明结果满意,无需采取进一步措施; $2 < |z| < 3$,表明结果有问题,产生警戒信号; $|z| \geq 3$,表明结果不满意,产生措施信号。稳健统计法以中位值和标准化四分位距为指定值和允许离散度计算 Z 比分数,样品品质参数总平均值比对结果判定同经典统计方法;同时采用样品对比结果计算实验室间 Z 比分数(ZB)和实验室内 Z 比分数(ZW), ZB 主要反映结果的系统误差, ZW 主要反映结果的随机误差,结果判定同 Z 比分数, $ZB \geq 3$ 表明该样品对 2 个结果太高, $ZB \leq -3$ 表明结果太低, $ZW \geq 3$ 表明样品对 2 个结果间的差值太大。用 Microsoft Excel 2003 数据统计、方差分析、回归分析和作图。

3 结果与分析

3.1 离群值检验

柯克伦法检验结果表明(表 1),实验室 C 在样品 2 蛋白质含量和样品 3 吸水量重复性标准偏差显著偏高, $C = 0.676$,达到 1%显著水平;样品 1 稳定时间重复性标准偏差显著偏高, $C = 0.590$,达到 5%显著水平。实验室 D 在样品 1 吸水量和样品 2 形成时间标准偏差显著偏高, $C = 0.676$,达到 1%显著水平;在样品 1 最大拉伸阻力和样品 3 湿面筋含量重复性标准偏差显著偏高, $C = 0.590$,达到 5%显著水

平。达到1%显著水平的离群值需要格拉布斯法对相应重复测定值进行检验,避免离群值对实验室能力评价造成影响。

格拉布斯法对柯克伦法检验结果进一步检验表明,实验室C和实验室D离群值的6次重复测定值中均无离群值,测定值是否保留,需要对同一品质类型内实验室间测定值一致性检验后确定。对实验室间测定值一致性检验结果表明,实验室B在样品3拉伸面积、实验室C在样品2蛋白质含量测定值显著高于其他实验室, $G = 1.49$, 达到1%显著水平,对测定值进行核查后剔除离群值;此外,实验室B在样品3稳定时间、实验室C在样品1蛋白质含量测定值显著高于其他实验室, $G = 1.48$, 达到5%显著水平,应引起注意。

3.2 初始能力评价

3.2.1 经典统计法

根据2.1分析结果,剔除格拉布斯法检验出的离群值,对各实验室Z值进行计算,统计结果见表2。

实验室A 该实验室3种不同品质类型样品8个品质参数的测定结果,判定结果均满意。与其他实验室相比,该实验室各品质类型沉淀指数测定值最小,出现系统性偏离。

实验室B 该实验室样品3拉伸面积测定值不满意, $|Z| > 3$, 产生措施信号。与其他3家实验室相比,该实验室在3种品质类型的湿面筋含量、沉淀指数、稳定时间和拉伸面积测定值最高,出现系统性偏离。

实验室C 该实验室样品2蛋白质含量测定值不满意, $|Z| > 3$, 产生措施信号。与其他3家实验室相比,该实验室在3种品质类型的蛋白质含量测定值最高,而最大拉伸阻力测定值均低,出现系统性偏离。

实验室D 该实验室测定结果均满意。与其他3家实验室相比,该实验室在3种品质类型的吸水量测定值最低,出现系统性偏离。

3.2.2 稳健统计法

为分析各实验室能力和潜在问题,采用两种Z值计算方法,一种采用样品总平均值计算Z值(表2),一种采用相同品质类型样品对计算各实验室ZB、ZW值(表3)。

实验室A 该实验室各品质类型的8个品质参数测定值 $|Z| < 2$, 判定结果满意。样品对分析表明,样品2最大拉伸阻力重复性较差, $2 < ZW < 3$, 产生警戒信号。

实验室B 该实验室样品1稳定时间、样品3稳定时间和拉伸面积测定值不满意, $|Z| > 3$, 产生措施信号;样品2拉伸面积和样品3沉淀指数测定值 $2 < |Z| < 3$, 判定结果有问题,产生警戒信号。样品对分析表明,以上结果 $|ZB| > 2$, 主要由系统误差造成。此外,样品1形成时间测定值偏高,系统误差较大, $|ZB| > 2$, 产生警戒信号;样品3形成时间和最大拉伸阻力随机误差较大, $|ZW| > 2$, 产生警戒信号。

实验室C 该实验室样品1、2蛋白质含量测定值不满意, $|Z| > 3$, 产生措施信号;样品3蛋白质含量和最大拉伸阻力测定值 $2 < |Z| < 3$, 判定结果有问题,产生警戒信号。样品对分析表明,以上结果 $|ZB| > 2$, 主要由系统误差造成。此外,样品3形成时间测定值偏高,系统误差较大, $|ZB| > 2$, 产生警戒信号;样品1沉淀指数、形成时间、稳定时间和拉伸面积,其测定值随机误差较大, $|ZW| > 2$, 产生警戒信号;样品2蛋白质含量,样品3吸水量和形成时间,其测定值随机误差较大, $|ZW| > 2$, 产生警戒信号。

表1 比对结果($n=2$)

Table 1 Test results of interlaboratory comparison ($n=2$)

样品	实验室	蛋白质含量 /%	湿面筋含量 /%	沉淀指数 /mL	吸水量 /%	形成时间 /min	稳定时间 /min	拉伸面积* /cm ²	最大拉伸阻力* /E.U
1	A	14.62±0.12	32.5±0.05	33.5±0.16	62.1±0.12	9.0±1.05	16.3±0.81	139±5.31	610±17.04
	B	14.72±0.13	35.5±0.37	36.8±0.52	64.5±0.00	11.7±0.29	20.8±0.29	142±8.49	586±8.61
	C	15.52±0.20	35.0±0.30	35.4±0.54	65.0±0.30	10.1±1.38	17.4±1.37	139±6.66	586±8.54
	D	14.78±0.12	33.2±0.19	34.8±0.26	62.0±1.12 ^c	8.9±0.60	16.9±0.53	133±4.76	637±26.75
2	A	12.25±0.03	28.5±0.07	27.8±0.24	59.3±0.20	4.7±0.33	7.2±0.34	76±4.36	425±15.79
	B	12.26±0.12	31.5±0.22	30.5±0.63	61.2±0.25	5.2±0.29	8.2±0.29	84±6.27	468±11.69
	C	13.03±0.29 ^{ab}	30.9±0.84	29.2±0.54	62.4±0.17	6.0±0.22	7.7±0.48	74±2.08	376±11.53
	D	12.32±0.10	28.4±0.56	28.3±0.41	60.0±0.19	3.8±0.81 ^c	6.6±0.24	72±4.45	413±18.44
3	A	9.07±0.09	21.5±0.07	20.5±0.37	58.6±0.31	1.5±0.10	1.5±0.12	60±2.58	415±6.27
	B	9.16±0.11	22.8±0.32	22.6±0.49	61.3±0.12	1.5±0.00	3.2±0.29	71±3.40 ^b	398±11.25
	C	9.56±0.03	22.2±0.10	21.5±0.05	61.8±0.59 ^c	1.6±0.16	1.7±0.29	61±3.61	352±26.58
	D	9.25±0.09	19.6±0.45	21.4±0.38	59.5±0.13	1.6±0.13	1.8±0.27	60±2.48	408±20.08

*: 135 min 拉伸特性数值; c: 柯克伦法检验的离群值; g: 格拉布斯法检验的离群值

表 2 各实验室经典统计法和稳健统计法 Z 比分数
Table 2 Z scores of 4 laboratories given by classical statistics and robust statistics

方法	样品	实验室	蛋白质含量/%	湿面筋含量/%	沉淀指数/mL	吸水量/%	形成时间/min	稳定时间/min	拉伸面积/cm ²	最大拉伸阻力/E.U
经典统计法	1	A	-0.71	-1.10	-1.18	-0.43	-0.65	-0.47	0.17	0.21
		B	-0.46	0.99	1.23	0.62	1.37	1.49	0.97	-0.78
		C	1.48w	0.69	0.18	1.01	0.11	-0.36	0.26	-0.76
		D	-0.31	-0.58	-0.23	-1.19	-0.83	-0.66	-1.40	1.33
	2	A	-0.69	-0.80	-0.98	-0.49	0.05	-1.09	-0.09	0.12
		B	-0.46	1.05	1.30	0.18	0.16	1.08	1.42	1.25
		C	21.48a	0.66	0.22	1.31	1.11	0.58	-0.43	-1.17
		D	1.15	-0.91	-0.55	-1.00	-1.32	-0.56	-0.90	-0.21
	3	A	-0.89	0.01	-1.19	-0.66	-0.78	-0.34	-0.91	0.77
		B	-0.47	0.91	1.25	0.65	-0.78	1.49	15.30a	0.17
		C	1.41	0.48	0.05	1.04	1.31	-0.67	1.07	-1.45
		D	-0.06	-1.39	-0.11	-1.03	0.26	-0.48	-0.16	0.52
稳健统计法	1	A	-0.54	-1.04	-1.56	-0.52	-0.42	-0.10	-0.08	0.49
		B	-0.12	0.85	1.69	0.52	1.80	3.33a	1.42	-0.50
		C	3.13a	0.57	0.28	0.90	0.42	0.10	0.08	-0.49
		D	0.12	-0.57	-0.28	-1.26	-0.62	-0.42	-3.05a	1.60
	2	A	-0.17	-0.61	-0.89	-0.39	-0.10	-1.03	0.24	0.24
		B	-0.12	0.94	1.60	0.39	0.10	1.00	2.37w	1.84
		C	3.40a	0.61	0.42	1.67	1.75	0.53	-0.24	-1.60
		D	0.12	-0.70	-0.42	-0.97	-2.52w	-0.53	-0.90	-0.24
	3	A	-0.84	-0.33	-1.90	-0.58	-0.51	0.12	-0.36	0.68
		B	-0.27	0.93	2.09w	0.58	-0.51	3.20a	3.12a	-0.28
		C	2.25w	0.33	0.13	0.92	1.52	-0.45	0.15	-2.90w
		D	0.27	-2.28w	-0.13	-0.90	0.51	-0.12	-0.15	0.28

a: 措施信号; w: 警戒信号

表 3 各实验室稳健统计法 ZB 和 ZW 比分数
Table 3 ZB and ZW scores of 4 laboratories given by robust statistics

样品	实验室	Z 值	蛋白质含量/%	湿面筋含量/%	沉淀指数/mL	吸水量/%	形成时间/min	稳定时间/min	拉伸面积/cm ²	最大拉伸阻力/E.U
1	A	ZB	-0.22	-1.04	-1.60	-0.49	-0.54	-0.16	-0.40	-0.39
		ZW	-0.71	0.00	-0.69	-0.22	-0.24	0.00	0.00	-0.43
	B	ZB	-0.22	0.78	1.81	0.49	2.80w	2.94w	0.98	0.39
		ZW	-0.58	0.00	-0.34	-0.22	0.24	0.00	-1.10	0.43
	C	ZB	2.94w	0.59	0.24	0.81	0.20	0.16	0.40	1.06
		ZW	1.05	0.00	2.07w	0.22	2.14w	3.52a	3.22a	1.28
	D	ZB	0.22	-0.59	-0.24	-1.52	-0.20	-0.57	-1.79	-1.78
		ZW	0.58	0.00	0.34	2.92w	-1.19	-0.70	0.00	-1.28

续表 3

样品	实验室	Z 值	蛋白质含量/%	湿面筋含量/%	沉淀指数/mL	吸水量/%	形成时间/min	稳定时间/min	拉伸面积/cm ²	最大拉伸阻力/E.U
2	A	ZB	-0.19	-0.58	-0.76	-0.35	-0.12	-1.02	0.19	-0.36
		ZW	-0.91	-0.58	-0.91	1.52	-0.67	-0.45	0.32	2.51w
	B	ZB	-0.10	1.14	2.02w	0.35	0.12	1.13	2.60w	0.36
		ZW	0.30	-0.70	0.91	-0.51	0.67	-2.25w	1.94	0.19
	C	ZB	3.50a	0.58	0.34	1.79	1.36	0.51	-0.19	1.96
		ZW	2.07w	1.05	0.58	0.51	0.67	0.45	-0.32	-0.96
	D	ZB	0.10	-0.58	-0.34	-1.04	-2.92w	-0.51	-0.84	-0.77
		ZW	-0.30	0.58	-0.58	-0.51	-0.67	0.45	-0.97	-0.19
3	A	ZB	-0.89	-0.32	-1.33	-0.52	0.00	0.00	-0.48	-1.01
		ZW	0.42	-0.62	1.10	0.00	0.00	-1.84	0.72	-0.16
	B	ZB	0.04	0.96	1.98	0.52	-1.08	3.94a	2.08w	0.58
		ZW	-1.05	0.21	0.55	0.00	-2.31w	1.10	0.48	3.02a
	C	ZB	3.19a	0.32	0.25	1.08	3.24a	-0.14	0.38	0.81
		ZW	-0.42	-0.21	-0.55	4.05a	2.31w	0.37	-1.69	-0.48
	D	ZB	-0.04	-2.29w	-0.25	-1.03	0.00	0.00	-0.38	-0.58
		ZW	1.47	2.70w	-0.82	0.00	0.00	-0.37	-0.48	0.16

a: 措施信号; w: 警戒信号

实验室 D 该实验室样品 1 拉伸面积测定值不满意, $|Z| > 3$, 产生措施信号; 样品 2 形成时间和样品 3 湿面筋含量测定值 $2 < |Z| < 3$, 判定结果有问题, 产生警戒信号。样品对分析表明, 样品 3 湿面筋含量由系统误差和随机误差共同造成。此外, 样品 2 形成时间测定值偏低, 系统误差较大, $|ZB| > 2$, 产生警戒信号; 样品 1 吸水量测定值随机误差较大, $|ZW| > 2$, 产生警戒信号。

4 讨论

4.1 离群值检验

由于比对实验室数量较少, 为慎重判定离群值, 采用柯克伦检验法和格拉布斯检验法相结合, 在 1% 极显著水平上对离群值进行分析判定。两种检验方法计算公式及采用的数据集不同, 检验的对象也不同: 柯克伦法针对实验室内重复测定值标准偏差进行离群检验, 确定重复测定值是否为离群值; 格拉布斯法针对柯克伦检验结果, 对实验室内重复测定值中异常值进行检验, 又可检验实验室间测定值离群情况, 确定异常值是否为离群值。这 2 种方法相结合能够检验实验室内和实验室间测定值的一致性。因此, 在使用经典统计法分析和评价多个水平比对结果时, 应结合这 2 种检验方法对实验室测定值进行综合评定。

4.2 初始能力评价

为客观评定各实验室检测能力, 采用了经典统计法和稳健统计法对实验室进行分析和评定。从分析结果看, 经典统计法检验出 2 个“不满意”、1 个“有问题”; 稳健统计法比经典统计法严格, 检验出 6 个“不满意”、6 个“有问题”; 稳健统计法对样品对的检验结果: ZB 值 4 个“不满意”、7 个“有问题”, ZW 值 4 个“不满意”、9 个“有问题”, 检验结果中“不满意”和“有问题”数量多于经典统计法。稳健统计法中位值和标准化四分位距通常低于经典统计法平均值和标准偏差, Z 值计算结果高于经典统计法; 从表 1 可以看出, 参加比对的实验室重复性和再现性精密度较高, 其测定值一旦差异较大, 会导致 Z 值偏高(表 2), 容易犯统计学第一类错误, 稳健统计法和分割样品设计可作为实验室能力评价参考, 但不应作为小群体实验室比对结果评定的依据。因此, 对于小群体实验室比对, 应采用经典统计法评价实验室能力水平, 这与符颖操^[2]结论相同。

4.3 样品均匀性和稳定性

样品质量不均匀和不稳定会对比对结果产生很大影响。对每种品质类型样品 8 个品质参数测定的样品用量在 2 kg 左右, 对所有分割样品进行样品均匀性检验费时费力。湿面筋含量、面筋指数分别与蛋白数量和蛋白质量有

较高的相关性^[13,14],本试验采用湿面筋含量与面筋指数对分割样品检验其均匀性,从分析结果看,实验室不同品质类型各品质参数偏离大多具有规律性,这种规律性偏离主要由实验室系统误差造成,而非样品不均匀引起,表明利用与样品质量相关性较高的品质参数检验样品质量均匀性具有可行性。研究表明,小麦面粉质量随放置时间发生改变,但在一定时间内保持相对稳定^[15]。因此,在比对试验前将比对样品预先进行了15 d后熟处理,同一时间发放样品,并在方案中规定比对试验完成时间,避免因样品质量不稳定影响比对结果准确度。

参考文献

- [1] Rosario P, Martinez JL, Silvan JM, *et al.* Comparison of different statistical methods for evaluation of proficiency test data [J]. *Accred Qual Assurance*, 2008, 13(9): 493-499.
- [2] 符颖操, 罗茜. 实验室间比对结果分析统计方法的探讨[J]. *理化检验-物理分册*, 2006, 42(6): 295-299.
Fu YC, Luo X. Discussion on the statistical method in the analysis of the results of the inter-laboratory comparisons [J]. *Phys Test Chem Anal Part A: Phys Test*, 2006, 42(6): 295-299.
- [3] Nieman Ir W. Report No. T 91-31. The reproducibility of farinograph results [R]. IGMB-TNO, Wageningen, The Netherlands, 1991.
- [4] Nieman Ir W. Report No. T 92-251. Repeatability and reproducibility of extensograph measurements [R]. IGMB-TNO, Wageningen, The Netherlands, 1991.
- [5] 魏益民, 张波, 关二旗, 等. 面团流变学特性检测仪器比对试验分析[J]. *中国农业科学*, 2010, 43(20): 4265-4270.
Wei YM, Zhang B, Guan EQ, *et al.* Comparisons of instruments in measuring dough rheological properties [J]. *Sci Agric Sin*, 2010, 43(20): 4265-4270.
- [6] 申炳慧. 小麦粉比对检验结果的分析[J]. *食品安全质量检测学报*, 2014, 5(9): 2914-2918.
Shen BH. Analysis of wheat flour on the inspection test results [J]. *J Food Saf Qual*, 2014, 5(9): 2914-2918.
- [7] ISO 13528: 2005. Statistical methods for use in proficiency testing by interlaboratory comparisons [S].
- [8] 中国合格评定国家认可委员会. CNAS—GL03. 能力验证样品均匀性和稳定性评价指南[S].
China National Accreditation Service for Conformity Assessment. CNAS—GL03. Guidance on evaluating the homogeneity and stability of samples used for proficiency testing [S].
- [9] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局. 中华人民共和国国家标准: GB/T 27043-2012. 合格评定 能力验证的通用要求 [S].
General Administration of Quality Supervision, Inspection and Quarantine of the People's Republic of China. National Standard of the People's Republic of China: GB/T 27043-2012. Conformity assessment—General requirements for proficiency testing [S].
- [10] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局. 中华人民共和国国家标准: GB/T 6379-2004. 测量方法与结果的准确度(正确度与精密度) [S].
General Administration of Quality Supervision, Inspection and Quarantine of the People's Republic of China. National Standard of the People's Republic of China: GB/T 6379-2004. Accuracy (trueness and precision) of measurement methods and result [S].
- [11] 中国合格评定国家认可委员会. CNAS—GL02. 能力验证结果的统计处理和评价指南[S].
China National Accreditation Service for Conformity Assessment. CNAS—GL02. Guidance on statistic treatment of proficiency testing results and performance evaluation [S].
- [12] GB/T 28043-2011. 利用实验室间比对进行能力验证的统计方法[S].
GB/T 28043-2011. Statistical methods for use in proficiency testing by interlaboratory comparisons [S].
- [13] 胡琳, 盖钧镒, 许为钢, 等. 小麦品质特性的分类及相对重要性分析[J]. *麦类作物学报*, 2006, 26(5): 60-64
Hu L, Gai JY, Xu WG, *et al.* Study on the classification and relative importance of quality properties in wheat [J]. *J Triticeae Crops*, 2006, 26(5): 60-64.
- [14] 尹成华, 王亚平, 路辉丽, 等. 小麦品质指标与面团流变学特性指标的相关性分析[J]. *河南工业大学学报(自然科学版)*, 2006, 33(4): 41-44.
Yin CH, Wang YP, Lu HL, *et al.* Correlation analysis of wheat quality index and dough rheological property index [J]. *J Henan Univ Technol (Nat Sci Ed)*, 2006, 33(4): 41-44.
- [15] 孙辉, 姜薇莉, 田晓红, 等. 小麦粉储藏品质变化规律研究[J]. *中国粮油学报*, 2005, 20(3): 77-82.
Sun H, Jiang WL, Tian XH, *et al.* Quality changes of wheat flour during storage in controlled condition [J]. *J Chin Cereals Oils Assoc*, 2005, 20(3): 77-82.

(责任编辑: 李振飞)

作者简介



胡学旭, 助理研究员, 主要研究方向为谷物质量与安全。

E-mail: huxuexu@caas.cn



王步军, 研究员, 主要研究方向为农产品质量与安全。

E-mail: wangbujun@caas.cn