

# 杜马斯燃烧法测定油料粗蛋白含量

田培<sup>1,2,3</sup>, 马飞<sup>1,2,3,4</sup>, 姜俊<sup>3,4,5</sup>, 甘冬生<sup>1,2,3,4</sup>, 李培武<sup>1,2,3,4,5\*</sup>

(1. 中国农业科学院油料作物研究所, 湖北 武汉, 430062; 2. 农业部油料作物生物学与遗传育种重点实验室, 湖北 武汉, 430062; 3. 农业部生物毒素检测重点实验室, 湖北 武汉, 430062; 4. 农业部油料产品质量安全风险评估实验室, 湖北 武汉, 430062; 5. 农业部油料及制品质量监督检验测试中心, 湖北 武汉, 430062)

**摘要:**通过优化杜马斯燃烧法测定油料粗蛋白含量条件, 比较了杜马斯燃烧法和凯氏定氮法测定大豆、花生、油菜籽、芝麻和菜籽饼粕等油料样品粗蛋白含量。结果表明: 杜马斯燃烧法与凯氏定氮法测定结果呈显著线性相关(线性相关系数为 0.998 8,  $P < 0.001$ ), 杜马斯燃烧法与凯氏定氮法在测定样品粗蛋白时无显著性差异( $P > 0.05$ ), 并且燃烧法变异系数 CV 小于 0.6%, 测定结果准确、重现性好, 更适用于油料样品粗蛋白含量检测。

**关键词:**杜马斯燃烧法; 凯氏定氮法; 油料作物种子; 粗蛋白

中图分类号: O652.2, O629.73 文献标识码: A 文章编号: 1007-9084(2012)06-0650-05

## Dumas combustion method for determination of crude protein content in oilseeds and products

TIAN Pei<sup>1,2,3</sup>, MA Fei<sup>1,2,3,4</sup>, JIANG Jun<sup>3,4,5</sup>, GAN Dong-sheng<sup>1,2,3,4</sup>, LI Pei-wu<sup>1,2,3,4,5\*</sup>

(1. Oil Crops Research Institute of the Chinese Academy of Agricultural Sciences, Wuhan 430062, China; 2. Key Laboratory of Biology and Genetic Improvement of Oil Crops, Ministry of Agriculture, Wuhan 430062, China; 3. Key Laboratory of Detection for Mycotoxins, Ministry of Agriculture, Wuhan 430062, China; 4. Laboratory of Risk Assessment for Oilseeds Products (Wuhan), Ministry of Agriculture, Wuhan 430062, China; 5. Quality Inspection and Test Center for Oilseeds Products, Ministry of Agriculture, Wuhan 430062, China)

**Abstract:** Dumas combustion method for determination of crude protein content in oilseeds and products was optimized in this study. The crude protein contents in samples of soybean, peanut, rapeseed, sesame and rapeseed meal were comparatively tested with both Dumas combustion and Kjeldahl method. Detected values from Dumas combustion method showed a significant linear correlation ( $r = 0.998 8, P < 0.001$ ) with Kjeldahl method and the results of Dumas method were more stable. Crude protein results in samples by both methods had no significant difference ( $P > 0.05$ ) and the coefficient of variation of Dumas combustion was lower than Kjeldahl ( $CV < 0.6\%$ ). The results indicated that Dumas combustion method could be applied in the analysis of crude protein contents in oilseed samples.

**Key words:** Dumas combustion; Kjeldahl method; Oilseeds; Crude protein

食物中的动物和植物蛋白是人体营养的重要来源。大豆、花生、油菜籽等油料不仅是食用油脂重要来源, 同时还为人类提供优质的蛋白<sup>[1]</sup>。大豆蛋白质功能特性好、营养价值高、用途广泛<sup>[2]</sup>; 花生含有 25%~30% 粗蛋白, 与其他植物蛋白相比, 其消化系数高达 90%, 易被人体吸收利用<sup>[3]</sup>, 对人体健康和

慢性病防治有重要作用<sup>[4]</sup>; 油菜籽蛋白质为完全蛋白质, 其氨基酸组成模式良好, 符合 FAO 推荐需求<sup>[5]</sup>, 营养品质可与动物蛋白质相媲美<sup>[6]</sup>; 同时, 菜粕(菜籽饼粕)是一种价廉易得的优质蛋白饲料资源, 在畜禽、水产等养殖领域广泛应用<sup>[7]</sup>。因此, 油料粗蛋白含量是油料品质的重要参数。

收稿日期: 2012-04-22

基金项目: 湖北省创新团队项目; 国家油菜现代产业技术体系(CARS-13); 国家科技支撑计划(2011BAD02D02, 2010BAD01B07); 农产品质量安全监管专项

作者简介: 田培(1988-), 女, 湖北天门人, 主要从事农产品质量安全检测, E-mail: ty0130@163.com

\* 通讯作者: 李培武(1961-), 男, 二级研究员, 博士, 博士生导师, 主要从事农产品质量安全标准与检测技术研究, E-mail: peiwuli@oilcrops.cn

油料粗蛋白含量的测定方法主要有凯氏定氮法、杜马斯燃烧法、分光光度法、滴定法等。分光光度法简单迅速,灵敏度低。滴定法在操作过程中主要是实验者利用肉眼进行判断容易发生疏失误差。目前,国内外常规检测方法是凯氏定氮法,该方法结果准确、重现性好,但在样品前处理消化过程中使用强酸、强碱,操作繁琐、费时,产生二氧化硫、氨气对人体有害且污染环境。随着人们对环境保护意识的日益增强,促使人们寻求新的检测方法。杜马斯燃烧法前处理简单、省时,能够自动连续大批量检测,具有环境友好、安全等特点,是未来油料粗蛋白含量测定的发展趋势。本研究以大豆、花生、油菜、芝麻和菜粕等油料为研究对象,优化包括称样量、粉碎细度、氧气因子和氧气流量组合等在内的参数,建立杜马斯燃烧法测定油料中粗蛋白的方法,旨在为高含油高蛋白油料样品快速测定提供新途径。

## 1 材料与方 法

### 1.1 材 料

油菜籽、大豆、花生、芝麻和菜籽饼粕样品由农业部油料及制品质量监督检验测试中心提供,为不同年份、不同主产区生产的油料产品样品。

### 1.2 主要仪器与试剂

NDA-701 杜马斯定氮仪(意大利 VELP 公司);UDK-152 凯氏定氮仪(意大利 VELP 公司);CPA-224S 电子分析天平(德国 Sartorius 公司);ZM-100 粉碎机(德国 Retsch 公司);10 目、20 目、40 目样品筛(浙江上虞市龙翔精密仪器厂)。

乙二胺四乙酸(EDTA,标准品纯度 $\geq 99\%$ ,美国 Sigma-aldrich);铜粒,氧化铜,VLT 催化剂,VHT 催化剂(意大利 VELP 公司),五氧化二磷、锡箔纸(均购自意大利 VELP 公司);硫酸,盐酸,硼酸,硫酸铜,硫酸钾,氢氧化钠,甲基红,溴甲基酚绿,尿素(分析纯,国药集团化学试剂有限公司);氧气纯度 $\geq 99.999\%$ ,氮气纯度 $\geq 99.999\%$ ,氦气纯度 $\geq 99.999\%$ 。

### 1.3 样品处理

油菜籽、大豆、芝麻、菜粕等样品粉碎、过筛,然后在 $105^{\circ}\text{C}$ 烘箱内干燥 $180\text{min}$ ,样品上机检测。

### 1.4 杜马斯燃烧法

测定步骤:称取 $100\text{mg}$ 样品(总氮含量为 $3\sim 8\text{mg}$ )于锡箔纸中压实,置于自动落样器上,待上机检测。同上,称取 EDTA 标准品 $15.0$ 、 $20.0$ 、 $30.0$ 、 $40.0$ 、 $50.0$ 、 $60.0$ 、 $70.0$ 、 $80.0$ 、 $100.0$ 和 $120.0\text{mg}$ ,待上机检测,得标准曲线。样品燃烧反应条件:温度为

$1\ 200^{\circ}\text{C}$ ,氧气因子为 $1.8\text{mL/mg}$ ,氧气流速为 $400\text{mL/min}$ ,氦气、氧气、氮气压力分别为 $2.0$ 、 $2.5$ 和 $3.0\text{Pa}$ ,高温下充分燃烧分解,生成的气体被净化、除杂,以氦气为载气传送,氮氧化物被还原后,混合气体被吸附,分离,依次通过检测器(TCD)检测,标准曲线计算定量。样品粗蛋白含量计算公式:粗蛋白含量 = 总氮含量/样品质量 $\times$ 换算系数(大豆为 $5.71$ ;芝麻为 $5.30$ ;花生为 $5.46$ ;其他计为 $6.25^{[8]}$ )。

### 1.5 凯氏定氮法

称取 $0.5\sim 1.0\text{g}$ 样品(总氮含量 $5\sim 80\text{mg}$ )于消化管中,加入催化剂( $6.0\text{g}$ 硫酸钾, $0.4\text{g}$ 硫酸铜)和 $12\text{mL}$ 硫酸, $420^{\circ}\text{C}$ 消化 $120\text{min}$ 至消化液澄清,冷却上机;定氮仪向消化管内加入 $40\text{mL}$ 氢氧化钠溶液( $40\%$ )后蒸馏 $5\text{min}$ ,用盐酸标准溶液( $0.1\text{mol/L}$ )滴定硼酸吸收液( $2\%$ ),溶液由蓝绿色变成灰红色为滴定终点,由盐酸标准溶液消耗量计算样品粗蛋白含量。

### 1.6 统计分析

采用 SAS<sup>[9]</sup> 统计软件对数据进行方差分析和多重比较,并对相关系数和截距进行 t 检验, $P < 0.05$  认为统计学检验有显著性差异。

## 2 结果与分析

### 2.1 杜马斯燃烧法条件优化

2.1.1 称样量 采用油菜籽和大豆样品,发现称样量对杜马斯燃烧法测定粗蛋白含量具有显著影响。结果表明样品质量小于 $0.10\text{g}$ 时,离散性大,样品均匀度不够;大于 $0.15\text{g}$ 时,燃烧不充分,测定结果偏低;在 $0.10\sim 0.15\text{g}$ 时,变异系数小,结果稳定(表1)。

2.1.2 样品粉碎细度 杜马斯燃烧法取样量小,样品均一性影响粗蛋白测定结果准确性。表2结果表明 $20$ 目和 $40$ 目样品筛处理的变异系数小。 $40$ 目样品筛孔径小,样品处理时间长,效率低,所以 $20$ 目样品筛适合对粉碎样品前处理。

2.1.3 氧气因子和氧气流量组合 采用油菜籽样品,研究不同氧气因子和流量条件(表3)发现,组合1、2、3中样品燃烧不充分,而组合4、5、6中样品均燃烧充分且检测结果无明显差异,因此宜采用氧气因子为 $1.8\text{mL/mg}$ 和氧气流量 $400\text{mL/min}$ 的组合。

2.1.4 标准曲线 油料粗蛋白含量差异大,称取不同质量 EDTA 标准品,以 EDTA 总氮含量为横坐标、峰面积为纵坐标建立标准曲线。样品总氮含量为 $1.0\sim 12.0\text{mg}$ ,标准曲线(图1)为: $y = 3\ 872.7x -$

670.32,线性相关系数为0.999 1。

表1 称样量对油料粗蛋白含量测定值的影响  
Table 1 Effect of sample weight on crude protein content measurement

样品 Sample	样品质量 Weight/g	粗蛋白质含量均值平均数 Crude protein content average(n = 5)	变异系数 Coefficient of variation (CV)/%	燃烧后样品状态 Sample state after combustion
油菜籽 Rapeseed	0.05	19.19	0.71	灰色,燃烧充分 Grey, sufficiently burned
	0.10	19.28	0.01	灰色,燃烧充分 Grey, sufficiently burned
	0.15	19.20	0.01	灰色,燃烧充分 Grey, sufficiently burned
	0.20	19.22	0.01	灰色,燃烧充分 Grey, sufficiently burned
	0.25	18.89	0.53	灰色夹杂黑色,燃烧不充分 Grey and black, insufficiently burned
大豆 Soybean	0.05	38.14	0.46	灰色,燃烧充分 Grey, sufficiently burned
	0.10	38.20	0.01	灰色,燃烧充分 Grey, sufficiently burned
	0.15	38.17	0.02	灰色,燃烧充分 Grey, sufficiently burned
	0.20	37.73	0.42	灰色夹杂黑色,燃烧不充分 Grey and black, insufficiently burned
	0.25	37.54	0.61	灰色夹杂黑色,燃烧不充分 Grey and black, insufficiently burned

表2 样品粉碎细度对油菜籽粗蛋白含量的影响  
Table 2 Effect of grinding fineness on rapeseed crude protein content measurement

样品筛目数 Mesh	油菜籽粗蛋白含量 Crude protein content of rapeseed/%						CV /%	影响 Effect
	重复数 Sample repeat							
	1	2	3	4	5	6		
10	25.92	25.19	23.34	24.03	23.03	25.42	4.85	容易过筛 Easy to sieve
20	24.53	24.59	24.52	24.42	24.42	24.58	0.31	容易过筛 Easy to sieve
40	24.57	24.42	24.45	24.59	24.41	24.55	0.33	不易过筛 Hard to sieve

表3 氧气因子和氧气流量对燃烧后灰分状态的影响  
Table 3 Effect of oxygen factor and oxygen flow on combustion state

项目 Item	组合 Combinations					
	1	2	3	4	5	6
氧气因子 Oxygen factor/(mL/mg)	1.6	1.6	1.8	1.8	2.0	2.0
氧气流量 Oxygen flow/(mL/min)	300	400	300	400	300	400
燃烧后灰分状态 Combustion state	黑色,不充分 Black, sufficiently burned	浅黑色,燃烧不充分 Light black, insufficiently burned	灰色夹杂黑色, 燃烧不充分 Grey and black, insufficiently burned	灰色,燃烧充分 Grey, sufficiently burned	灰色,燃烧充分 Grey, sufficiently burned	灰色,燃烧充分 Grey, sufficiently burned

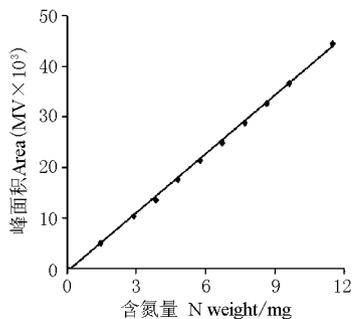


图1 杜马斯燃烧法含氮量标准曲线

Fig.1 Calibration of nitrogen content by Dumas combustion

## 2.2 杜马斯燃烧法测定油料中粗蛋白含量

采用优化后的杜马斯燃烧法测定5种油料样品粗蛋白含量,结果表明大豆中粗蛋白含量范围33.84% ~ 41.31%,平均值36.89%;花生为

20.41% ~ 27.10%,平均值24.89%;油菜籽为18.03% ~ 24.81%,平均值21.57%;芝麻为19.20% ~ 22.47%,平均值20.07%;菜粕为38.91% ~ 42.86%,平均值40.37%。

## 2.3 杜马斯燃烧法和凯氏定氮法测定油料中粗蛋白的比对研究

2.3.1 样品准确度实验及质量控制 采用EDTA和尿素标准样品,分别确定杜马斯燃烧法和凯氏定氮法的准确度,两种方法回收率在95.4% ~ 100.1%之间,准确度良好,符合油料作物中粗蛋白含量分析的要求<sup>[10,11]</sup>。本实验室于2009 ~ 2010年应加拿大谷物委员会邀请,参加了由世界33个权威质检机构组成的油料作物实验室能力验证项目(WCC/RCC Laboratory Proficiency Program)。采用

杜马斯燃烧法测定的油菜粗蛋白含量开展比对检测。实验结果表明:2009年样品CN2009CHK,本实

表4 杜马斯燃烧法和凯氏定氮法测定油料粗蛋白含量

Table 4 Determination of crude protein content using Dumas combustion and Kjeldahl methods

油料样品 Oilseed sample		粗蛋白含量 Crude protein content/%		C - K/%	C/K	P
来源 Source	编号 Code	杜马斯燃烧法 Dumas combustion	凯氏定氮法 Kjeldahl method			
大豆 Soybean	1	33.91 ± 0.16	34.34 ± 0.23	-0.44	0.99	0.16
	2	37.93 ± 0.08	37.80 ± 0.17	0.13	1.00	0.52
	3	33.98 ± 0.09	33.36 ± 0.22	0.62	1.02	0.17
	4	35.31 ± 0.13	35.84 ± 0.05	-0.52	0.99	0.12
	5	34.37 ± 0.13	34.84 ± 0.06	-0.47	0.99	0.14
	6	40.76 ± 0.13	40.51 ± 0.23	0.25	1.01	0.32
	7	33.84 ± 0.13	33.71 ± 0.13	0.13	1.00	0.44
	8	41.31 ± 0.13	41.19 ± 0.26	0.13	1.00	0.65
	9	38.41 ± 0.16	37.91 ± 0.08	0.50	1.01	0.06
	10	39.11 ± 0.08	38.52 ± 0.21	0.59	1.02	0.16
花生 Peanut	1	23.32 ± 0.13	22.91 ± 0.09	0.41	1.02	0.07
	2	20.41 ± 0.06	20.05 ± 0.08	0.36	1.02	0.04
	3	26.79 ± 0.01	26.36 ± 0.08	0.43	1.02	0.08
	4	23.99 ± 0.13	23.56 ± 0.08	0.43	1.02	0.06
	5	24.35 ± 0.13	23.93 ± 0.08	0.42	1.02	0.06
	6	27.10 ± 0.12	26.71 ± 0.22	0.39	1.01	0.16
	7	26.04 ± 0.05	25.77 ± 0.15	0.27	1.01	0.25
	8	24.65 ± 0.13	24.32 ± 0.16	0.32	1.01	0.16
	9	25.26 ± 0.13	24.91 ± 0.04	0.35	1.01	0.17
	10	27.06 ± 0.07	26.61 ± 0.04	0.45	1.02	0.02
油菜籽 Rapeseed	1	24.35 ± 0.09	24.03 ± 0.09	0.32	1.01	0.07
	2	22.33 ± 0.01	21.92 ± 0.06	0.40	1.02	0.06
	3	19.70 ± 0.06	19.54 ± 0.06	0.16	1.01	0.11
	4	22.54 ± 0.04	22.40 ± 0.08	0.14	1.01	0.28
	5	21.41 ± 0.14	21.09 ± 0.13	0.32	1.02	0.14
	6	21.43 ± 0.08	21.36 ± 0.09	0.07	1.00	0.50
	7	19.74 ± 0.04	19.51 ± 0.13	0.23	1.01	0.26
	8	24.81 ± 0.08	24.44 ± 0.20	0.37	1.02	0.25
	9	18.03 ± 0.07	17.72 ± 0.06	0.31	1.02	0.04
	10	21.41 ± 0.11	21.15 ± 0.09	0.26	1.01	0.12
芝麻 Sesame	1	20.61 ± 0.08	20.49 ± 0.08	0.13	1.01	0.26
	2	19.27 ± 0.03	19.26 ± 0.06	0.01	1.00	0.86
	3	22.47 ± 0.06	22.35 ± 0.10	0.12	1.01	0.28
	4	21.43 ± 0.05	21.08 ± 0.05	0.35	1.02	0.02
	5	20.38 ± 0.09	20.12 ± 0.15	0.26	1.01	0.17
	6	19.20 ± 0.03	18.97 ± 0.06	0.23	1.01	0.12
	7	19.23 ± 0.05	19.07 ± 0.11	0.16	1.01	0.30
	8	19.43 ± 0.06	19.20 ± 0.08	0.23	1.01	0.08
	9	19.34 ± 0.12	19.15 ± 0.13	0.19	1.01	0.28
	10	19.35 ± 0.11	19.10 ± 0.11	0.25	1.01	0.16
菜粕 Rapeseed meal	1	40.33 ± 0.33	40.07 ± 0.09	0.26	1.01	0.11
	2	40.28 ± 0.02	39.51 ± 0.06	0.77	1.02	0.04
	3	40.46 ± 0.17	39.68 ± 0.12	0.79	1.02	0.03
	4	38.96 ± 0.30	38.71 ± 0.16	0.24	1.01	0.22
	5	42.25 ± 0.04	42.68 ± 0.16	-0.43	0.99	0.16
	6	42.86 ± 0.33	42.27 ± 0.17	0.59	1.01	0.07
	7	39.85 ± 0.25	39.11 ± 0.15	0.74	1.02	0.07
	8	39.51 ± 0.07	38.86 ± 0.10	0.65	1.02	0.02
	9	40.29 ± 0.18	39.69 ± 0.21	0.59	1.01	0.09
	10	38.91 ± 0.06	38.12 ± 0.17	0.79	1.02	0.10

注:油料粗蛋白含量测定平均值及标准差(n=3);C-K指杜马斯燃烧法和凯氏定氮法绝对相差;C/K指杜马斯燃烧法和凯氏定氮法比值

Note: Calculated as crude protein content with standard deviations of replicate determinations (n=3); C-K: Absolute difference between Dumas combustion and Kjeldahl method; C/K: Ratio of Dumas combustion and Kjeldahl method

实验室测定值为 27.81%, 33 个实验室平均值为 27.96%, 相对标准偏差为 -0.01%; 2010 年样品编号 CN2010CHK 的, 本实验室测定值为 22.54%, 33 个实验室平均值为 22.66%, 相对标准偏差为 -0.01%。本实验室采用杜马斯燃烧法测定实验结果与其他实验室一致, 结果准确, 重现性好。

2.3.2 杜马斯燃烧法和凯氏定氮法测定油料样品中粗蛋白含量比较 表 4 是杜马斯燃烧法和凯氏定氮法分别检测大豆、花生、油菜籽、芝麻和菜粕样品中粗蛋白含量。结果表明, 样品两种方法测定值无显著性差异 ( $P > 0.05$ ,  $C/K = 0.99 \sim 1.02$ ), 杜马斯燃烧法测定油料样品粗蛋白含量结果准确。

杜马斯燃烧法测定结果略高于凯氏定氮法 ( $C/K = 1.00 \sim 1.02$ ), 其中大豆、菜粕样品采用杜马斯燃烧法和凯氏定氮法测定值间差值范围是: -0.52% ~ 0.62% 和 -0.43% ~ 0.79%。

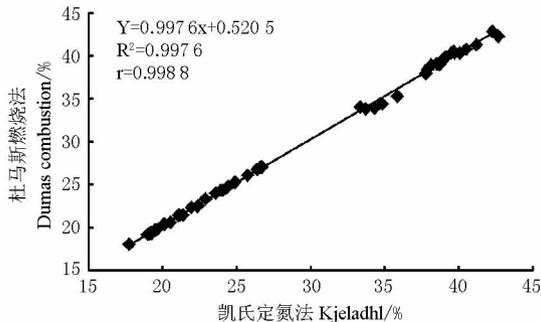


图 2 杜马斯燃烧法和凯氏定氮法测定粗蛋白含量相关性  
Fig.2 Correlation of crude protein content results between Kjeldahl and Dumas methods

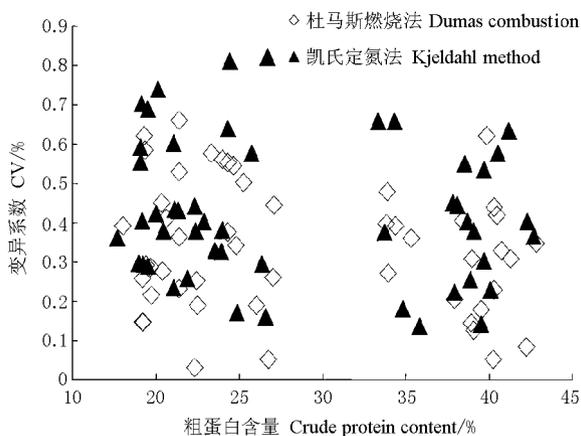


图 3 杜马斯燃烧法和凯氏定氮法测定值的变异系数(每个点代表一个样品)  
Fig.3 Coefficient of variation between Dumas combustion and Kjeldahl methods (Each point represents an individual sample)

2.3.3 相关性分析 图 2 所示, 杜马斯燃烧法和凯氏定氮法测定值间呈显著线性相关(相关系数为 0.9988,  $P < 0.001$ ), 不存在显著差异 ( $P > 0.2$ )。

因此, 能够应用于油料粗蛋白含量检测。

2.3.4 杜马斯燃烧法在油料实际样品粗蛋白检测中的应用 样品分别采用杜马斯燃烧法和凯氏定氮法(图 3), 平均变异系数分别为 0.34% 和 0.43%, 其中大豆、花生、油菜籽、芝麻和菜粕等 5 种油料样品杜马斯燃烧法测定值的平均变异系数分别为 0.33%、0.40%、0.34%、0.34%、0.28%; 而凯氏定氮法的平均为 0.44%、0.41%、0.46%、0.46%、0.35%。表明杜马斯燃烧法精密度好。

### 3 结论

杜马斯燃烧法测定 5 种油料粗蛋白含量与凯氏定氮法测定值显著线性相关, 且杜马斯燃烧法测定结果更稳定。采用杜马斯燃烧法参与国际实验室检测比对能力验证, 结果准确、重现性好, 符合要求; 其前处理简单, 时间短, 成本低, 能够自动连续大批量检测, 且避免造成环境污染, 适用于油料实际样品粗蛋白含量检测。

### 参考文献:

- [1] 李培武, 杨涓, 张文, 等. 我国油菜产品质量安全现状及对策[J]. 中国油料作物学报, 2004, 26(1): 84-88.
- [2] 肖能遑, 汤惠雨. 大豆的营养成分及其在我国膳食中的地位[J]. 中国油料作物学报, 1990, 12(3): 96-99.
- [3] 董贝森. 花生蛋白粉的制取及在食品工业中的应用[J]. 中国油料作物学报, 1998, 20(3): 86-90.
- [4] 苏晓雨, 王振宇. 植物来源生物活性蛋白研究进展[J]. 食品工业科技, 2008, 29(12): 293-296.
- [5] Vioquea J, Sánchez - Vioquea R, Clementea A, et al. Production and characterization of an extensive rapeseed protein hydrolysate [J]. Journal of the American Oil Chemists Society, 1999, 76(7): 819-823.
- [6] 解蕊. 一种潜在的植物蛋白资源 - 油菜籽蛋白的开发[J]. 农产品加工, 2003, 1: 26-27.
- [7] 陈佳毅, 叶元土, 张伟涛, 等. 双低菜粕是水产饲料中的优质植物蛋白源[J]. 饲料研究, 2008, 2: 58-60.
- [8] 何照范. 粮油籽粒品质及其分析技术[M]. 北京: 农业出版社, 1985. 1-41.
- [9] 阮桂海, 蔡建平, 建瓴, 等. SAS 统计分析实用大全[M]. 北京: 清华大学出版社, 2003. 136-244.
- [10] GB/T 14489.2-2008《粮油检验植物油料粗蛋白质的测定》[S].
- [11] 郭望山, 孟庆翔. 杜马斯燃烧法与凯氏定氮法测定饲料含氮量的比较研究[J]. 畜牧兽医学报, 2006, 37(5): 464-468.