

豆粕中粗蛋白含量测定的不确定度评定

张美玲 (中国检验认证集团山东检测有限公司, 山东青岛 266032)

摘要 按照《饲料中粗蛋白测定方法》GB/T 6432—1994 标准测定豆粕中粗蛋白的含量, 通过计算测量过程中的系统因素和随机因素导致的不确定度, 最终来评定豆粕中粗蛋白测定的不确定度。

关键词 豆粕; 粗蛋白; 不确定度

中图分类号 S816 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2017)26-0109-04

Evaluation of Uncertainty in Determination of Crude Protein in Soybean Meal

ZHANG Mei-ling (China Certification & Inspection Group Shandong Test Co., Ltd., Qingdao, Shandong 266032)

Abstract The content of crude protein in soybean meal was determined according to *Determination Method of Crude Protein in Forage* GB/T 6432—1994, and the uncertainty caused by random factors and system factors in the process of measurement was calculated, and the uncertainty of crude protein in soybean meal was finally evaluated.

Key words Soybean meal; Protein; Uncertainty

豆粕是食用油生产链下游产品, 常被用于生产饲料, 是一种营养价值全面的原料。豆粕品质评价指标有很多, 其中最重要的就是粗蛋白含量。对豆粕中所含蛋白含量的检测结果进行不确定度评定, 既可以满足实验室对检测结果进行不确定度评定^[1]的能力要求, 又可以在不确定度影响到对限度符合性判断时进行检测结果的不确定度判定。尤其是当检测值处于标准的临界值时, 计算不确定度一方面能检查检测工作是否存在差错, 另一方面也能减轻检测人员和检测机构的风险, 更利于检测结论的判定。

测定豆粕中的粗蛋白含量大多采用凯氏定氮法。凯氏定氮法的原理^[2]如下: 使用强酸硫酸破坏有机物, 加入催化剂, 样品中的含氮物被转化为硫酸铵, 使用强碱蒸馏使氨气逸出, 硼酸来吸收氨气, 吸收液被酸滴定, 测出样品的含氮量, 乘以换算系数 6.25, 计算出粗蛋白含量。笔者按照《饲料中粗蛋白测定方法》GB/T 6432—1994 标准测定豆粕中粗蛋白含量, 通过计算测定过程中的系统因素和随机因素导致的不确定度, 最终来评定豆粕中粗蛋白测定的不确定度。

1 试剂与仪器设备

1.1 试剂 硫酸、硫酸铜、硫酸钾、40% 氢氧化钠溶液、甲基红、2% 硼酸溶液、溴甲酚绿混合指示剂、盐酸、蔗糖, 均为分析纯。

1.2 仪器设备 样品筛(0.5 mm); 多功能粉碎机; 50 mL 酸式滴定管; 电子天平(感量 0.000 1 g); 250 mL 锥形瓶; 消煮炉; 300 mL 消化管; 自动凯氏定氮仪。

2 测定步骤与测定结果

2.1 测定步骤

2.1.1 消煮样品。称取 0.5 g 豆粕样品(精确至 0.000 2 g)放入消化管中; 加入混合催化剂(0.4 g 硫酸铜、6 g 硫酸钾), 加入硫酸 12 mL, 将消化管放到消化炉上消煮。先慢火, 样品小火焦化后, 泡沫开始消失, 再调高炉子温度, 分 2 个梯度升高到 420 ℃, 在 420 ℃ 下消化 1 h 以上, 直到消化液的颜色呈

现透明的蓝绿色, 取出消化管, 放在架子上冷却, 再加入 30 mL 蒸馏水。

2.1.2 蒸馏氨。自动定氮仪按照作业程序操作, 将消化好的消化管放到蒸馏装置上, 锥形瓶中加入 25 mL 硼酸作为吸收液, 加入混合指示剂 2 滴, 向消煮管中加入 50 mL 氢氧化钠溶液, 蒸馏 5 min, 吸收液体积在 120 mL 左右, 用蒸馏水冲洗冷凝管末端, 收集冲洗液, 卸下锥形瓶。

2.1.3 滴定。将吸收液用 0.1 mol/L 的盐酸溶液滴定, 滴定终点是蓝绿色的试液变成灰红色。

2.1.4 测定空白。不称量样品, 只称量蔗糖 0.5 g, 其他步骤同豆粕样品的操作步骤一致, 消耗约 0.2 mL 0.1 mol/L 盐酸标准溶液, 否则, 查找原因, 重新补测。

2.2 测定结果 取待测样品豆粕, 分别独立操作 8 次, 检测结果见表 1。

表 1 豆粕中粗蛋白含量测定结果

Table 1 The determination results of crude protein content in soybean meal

序号 No.	样品质量 Sample mass (m) // g	消耗 HCl 的体积 Volume of used hydrochloric acid (V) // mL	粗蛋白含量 Content of crude protein (w) // %
1	0.502 4	27.02	46.99
2	0.501 9	27.16	47.27
3	0.506 2	27.31	47.13
4	0.501 7	27.23	47.41
5	0.503 4	27.11	47.04
6	0.504 1	27.39	47.46
7	0.498 5	27.08	47.45
8	0.507 2	27.43	47.24
均值 Mean	0.503 2	27.22	47.25

注: 空白 $V_0 = 0.10$ mL

Note: Blank $V_0 = 0.10$ mL

3 数学模型建立及不确定度来源分析

3.1 数学模型建立

$$w(\%) = (V - V_0) \times C \times 0.014 0 \times 6.25 \times 100 / m \quad (1)$$

式中, w 为测得的粗蛋白含量(%); V 为滴定试样时所需标准酸溶液体积(mL); V_0 为滴定空白时所需标准酸溶液体积

作者简介 张美玲(1980—), 女, 山东青岛人, 助理工程师, 从事不确定度的评定研究。

收稿日期 2017-08-16

(mL); C 为盐酸标准溶液浓度 (mol/L); m 为试样质量 (g); 0.014 0 为每毫克当量氮的克数; 6.25 为氮与蛋白质换算的平均系数。

3.2 不确定度分析来源 ①盐酸标准溶液的浓度; ②样品的制备过程; ③样品中粗蛋白含量的测定; ④A类不确定度——重复性测量带来的不确定度。

4 不确定度分量计算

4.1 盐酸标准溶液浓度的不确定度

4.1.1 数学模型的建立。按照实验室标准溶液程序配制盐酸标准溶液, 2个人对其浓度进行标定, 列出数学公式:

$$c(\text{HCl}) = m \times w_0 \times 2 \times 1\,000 / (V_1 - V_2) \times M \quad (2)$$

式中, $c(\text{HCl})$ 表示标准盐酸溶液的浓度 (mol/L); m 表示基准物质无水碳酸钠的质量 (g); V_1 表示盐酸标准溶液滴定量 (mL); V_2 表示空白消耗盐酸标准溶液的量 (mL); w_0 表示基准物质无水碳酸钠纯度 (g/g); 1 000 为换算系数, 由 mL 转化为 L; 2 为 Na^+ 参加反应的个数; M 表示基准物质无水碳酸钠的摩尔质量, 为 105.988 g/mol。

4.1.2 不确定度的来源分析。盐酸标准溶液的浓度主要有 5 个不确定度来源^[3], 包括重复性测量、无水碳酸钠的称重、碳酸钠的摩尔质量、滴定体积、最终浓度的数值修约。

4.1.3 计算不确定度。

4.1.3.1 2人重复性标定盐酸产生的标准不确定度。用精密天平称量 0.2 g 无水碳酸钠, 置于 270~300 °C 高温炉中灼烧 2 h, 加入 50 mL 水溶解, 加入甲基红-溴甲酚绿指示剂 5 滴, 用配制的盐酸溶液滴定碳酸钠, 溶液由绿色变为暗红色, 即为滴定终点, 2 min 内煮沸, 用凉水立即冷却, 继续滴定至溶液再度呈现暗红色。同时, 测定 2 个空白。2 人标定盐酸标准溶液的结果见表 2。

表 2 盐酸标准溶液的标定结果

Table 2 The calibration results of hydrochloric acid standard solution

编号 No.	m g	V_1 mL	c mol/L
1	0.200 3	37.67	0.100 4
2	0.199 8	37.53	0.100 5
3	0.199 1	37.66	0.099 8
4	0.200 1	37.55	0.100 6
5	0.199 5	37.71	0.099 9
6	0.199 2	37.57	0.100 1
7	0.199 6	37.61	0.100 2
8	0.200 7	37.83	0.100 2
均值 Mean	0.199 8	37.64	0.100 2

注: 空白 $V_2 = 0.02$ mL

Note: Blank $V_2 = 0.02$ mL

表 2 中的计算结果属于 A 类重复性测量不确定度^[4]。计算单次测量的标准差采用贝塞尔公式计算 ($n = 8$), 则:

$$u(x) = S_x = \frac{s}{\sqrt{n}} = 9.91 \times 10^{-5} \text{ (mol/L)}, \mu(x) = n - 1 = 7。$$

4.1.3.2 基准物质无水碳酸钠带入的标准不确定度。

4.1.3.2.1 试剂纯度引入的标准不确定度 $u(p)$ 。基准物质碳酸钠的纯度为 (100.00 ± 0.05)%, 可认同为矩形分布

$$(K = \sqrt{3}), \mu = \infty。$$

$$u(p) = 0.000\,5 / K = 0.000\,5 / \sqrt{3} = 0.000\,288\,7 \text{ (g)}, \mu(p) = \infty$$

$$\text{相对标准不确定度 (\%)} = \frac{u(p)}{p} = \frac{u(p)}{100\%} = 0.000\,288\,7$$

4.1.3.2.2 称量带入的标准不确定度 $u(m)$ ^[5]。干燥器与天平称量仓内均放置同质硅胶, 可认为湿度相同, 称量时不会吸潮。天平称量允差为 ±0.1 mg (查阅电子天平检定证书); 视为矩形分布 ($K = \sqrt{3}$), $\mu = \infty$ 。

$$u(m) = 0.000\,1 / K = 5.77 \times 10^{-5} \text{ (g)}, \mu(m) = \infty$$

$$\text{相对标准不确定度 (\%)} = \frac{u(m)}{m} = \frac{u(m)}{0.199\,8} = 2.89 \times 10^{-4}$$

4.1.3.2.3 基准物质无水碳酸钠的摩尔质量带入的标准不确定度。基准无水碳酸钠摩尔质量产生的标准不确定度不大, 可以忽略。

4.1.3.2.4 滴定体积带入的标准不确定度 $u(v)$ 。

(1) 滴定管校准带入的标准不确定度。50 mL 酸式滴定管 (A 级), 相对允许误差为 ±0.05 mL (查阅校准证书), 按照矩形分布 ($K = \sqrt{3}$), $\mu = \infty$ 。

$$u(V_1) = u_1(V_2) = 0.05 / K = 0.028\,9 \text{ mL}, \mu(v) = \infty$$

(2) 温度变化引入的标准不确定度 $u(v_1)$ 。试验在控温设备条件下进行, 设室温变化范围为 (20 ± 3) °C。滴定管的体积变化小于液体体积变化, $V_1 = 37.64$ mL, $V_2 = 0.02$ mL, 水的体积膨胀系数为 2.1×10^{-4} °C, 依照矩形分布 ($K = \sqrt{3}$), $\mu = \infty$ 。

$$u_2(V_1) = 3 \times 2.1 \times 10^{-4} \times V / K = 3 \times 2.1 \times 10^{-4} \times 37.64 / \sqrt{3} = 0.013\,7 \text{ (mL)}, \mu(v_1) = \infty$$

$$u_2(V_2) = 3 \times 2.1 \times 10^{-4} \times V / K = 3 \times 2.1 \times 10^{-4} \times 0.02 / \sqrt{3} = 7.27 \times 10^{-5} \text{ (mL)}, \mu(v_2) = \infty$$

(3) 滴定体积合成不确定度分量。 $u(V_1)^2 = u_1(V_1)^2 + u_2(V_1)^2$, $u(V_1) = \sqrt{0.028\,9^2 + 0.013\,7^2} = 3.20 \times 10^{-2}$ (mL)

$$u(V_2)^2 = u_1(V_2)^2 + u_2(V_2)^2, u(V_2) = \sqrt{0.028\,9^2 + 0.000\,007\,27^2} = 2.90 \times 10^{-2} \text{ (mL)}$$

$$u(V_1 - V_2) = \sqrt{0.032^2 + 0.029^2} = 4.32 \times 10^{-2} \text{ (mL)}$$

$$\text{相对标准不确定度 (\%)} = \frac{u(v_1 - v_2)}{v_1 - v_2} = \frac{u(v_1 - v_2)}{37.64 - 0.02} =$$

$$1.15 \times 10^{-3}$$

4.1.3.3 盐酸标准溶液浓度的数值修约带入的标准不确定度。2 人进行试验, 每人做 4 个平行, 测定的盐酸标准溶液的平均浓度值为 0.100 2 mol/L, 按照均匀分布处理, $K = \sqrt{3}$, 属于 B 类评定, 因此其标准溶液浓度的修约的标准不确定度 $u(r)$ 为:

$$u(r) = \frac{a}{K} = \frac{0.000\,1/2}{\sqrt{3}} = 2.89 \times 10^{-5} \text{ (mol/L)}$$

$$\text{相对标准不确定度 (\%)} = \frac{u(r)}{c} = 2.88 \times 10^{-4}$$

4.1.3.4 盐酸标准溶液的不确定度。盐酸标准溶液的不确定度分量分析结果见表 3。

表 3 不确定度分量及其分析

Table 3 The uncertainty components and their analysis

不确定度分量 Uncertainty component	不确定度来源 Uncertainty sources	分布 Distribution	类型 Type	标准不确定度 Standard uncertainty	自由度 Degree of freedom
$u(x)$	重复性标定	正态	A	9.90×10^{-5} mol/L	7
$u(p)$	基准试剂无水碳酸钠纯度	矩形	B	0.000 288 7 g	∞
$u(m)$	分析天平称量	矩形	B	5.77×10^{-5} g	∞
$u(V_1 - V_2)$	盐酸标定体积	矩形	B	0.043 2 mL	∞
$u(r)$	数值修约	矩形	B	2.89×10^{-5} mol/L	∞

4.1.3.5 盐酸标准溶液浓度平均值的 B 类相对合成标准不确定度的计算。标定体积、测量的重复性、基准试剂无水碳酸钠质量等不确定度相互独立,故应将上述数据合成,得到盐酸的相对合成标准不确定度:

$$U_B(c) = \sqrt{\left[\frac{u(m)}{m}\right]^2 + \left[\frac{u(p)}{p}\right]^2 + \left[\frac{u(v_1 - v_2)}{v_1 - v_2}\right]^2 + \left[\frac{u(r)}{r}\right]^2} = 1.25 \times 10^{-3}$$

4.1.3.6 盐酸标准溶液浓度平均值的 $U(c)$ (A 类+B 类)。盐酸标准溶液浓度平均值的 $U(c)$ 为:

$$U(c) = \sqrt{u_A(c)^2 + u_B(c)^2} = \sqrt{0.000 991^2 \times 0.100 2^2 + 0.001 25^2 \times 0.100 2^2} = 0.000 159 8 (\text{mol/L})$$

盐酸标准溶液浓度的相对不确定度为:

$$U(c)_{\text{rep}} = 0.000 159 8 / 0.100 2 = 0.001 6$$

4.2 样品制备不确定度的评定 试验采用的样品经粉碎机粉碎后,过 0.5 mm 的筛网,再次混合均匀,取样。因此,样品不均匀产生的不确定度,可以忽略。

4.3 样品中粗蛋白含量测定不确定度的评定

4.3.1 样品称量的不确定度。称量所用精密天平(万分之一),型号为 AB-204N;电子天平检定证书中天平称量允许误差为 ± 0.1 mg;视为矩形分布($k = \sqrt{3}$),进行 B 类不确定度评定,其标准不确定度为:

$$u(mr) = \frac{0.000 1}{\sqrt{3}} = 5.774 \times 10^{-5}$$

则称量的相对不确定度为:

$$u_r(mr) = u(mr) / 0.503 2 = 0.000 114 7$$

4.3.2 滴定的不确定度评定。

4.3.2.1 50 mL 酸式滴定管带入的不确定度。50 mL 酸式滴定管,按照矩形分布($k = \sqrt{3}$),按照检定规程,相对允许误差为 ± 0.05 mL,对其进行 B 类不确定度的评定,其标准不确定度:

$$u(V_r) = \frac{0.05}{\sqrt{3}} = 0.028 87$$

则消耗盐酸体积的相对标准不确定度为:

$$u_r(V_r) = u(V_r) / 27.22 = 0.001 061$$

4.3.2.2 温度对滴定结果的不确定度影响。滴定室实际测

定温度为 (20 ± 3) $^{\circ}\text{C}$,滴定管的体积变化小于液体体积变化, $V_a = 27.22$ mL, $V_{a_0} = 0.10$ mL,水的膨胀系数为 2.1×10^{-4} $^{\circ}\text{C}$,单位体积产生的变化为 $\pm (1 \times 2.1 \times 10^{-4} \times 3)$ mL = 6.3×10^{-4} mL。

$$u(V) = 27.22 \times 6.3 \times 10^{-4} \text{ mL} / \sqrt{3} = 0.009 901 \text{ mL}$$

$$u_0(V_0) = 0.10 \times 6.3 \times 10^{-4} \text{ mL} / \sqrt{3} = 0.000 036 37 \text{ mL}$$

合成滴定体积的不确定度分量:

$$u(V)^2 = u(V_r)^2 + u(V)^2$$

$$u(V) = 0.030 5 (\text{mL})$$

$$u(V_0)^2 = u(V_r)^2 + u_0(V_0)^2$$

$$u(V_0) = 0.028 9 (\text{mL})$$

温度对滴定结果产生的标准不确定度为:

$$u(V - V_0)^2 = u(V)^2 + u(V_0)^2$$

$$u(V - V_0) = 0.042 0 (\text{mL})$$

$$\text{则相对标准不确定度} = \frac{0.042 0}{27.22 - 0.10} = 0.001 549$$

4.3.2.3 滴定终点对滴定结果的不确定度影响。该试验中判断终点的指示剂是甲基红-溴甲酚绿。在滴定过程中,滴定终点为灰红色,pH 为 4.2~6.3。研究表明,实际滴定时会多消耗一定量的标准滴定液,其不确定度为 0.004 mL,肉眼判断终点滞后,不确定度为 0.03 mL。此次滴定平均消耗盐酸标准溶液 27.22 mL。

合成不确定度为:

$$u(D_r) = \sqrt{0.004^2 + 0.03^2} = 0.030 27 (\text{mL})$$

相对合成不确定度为:

$$u_r(D_r) = u(D_r) / 27.22 = 0.001 112$$

4.3.2.4 滴定的合成标准不确定度^[6]。

$$u = \sqrt{u(V_r)^2 + u(V - V_0)^2 + u(D_r)^2} =$$

$$\sqrt{0.028 87^2 + 0.042 0^2 + 0.030 27^2} = 0.059 28 \text{ mL}$$

4.3.2.5 滴定的相对合成标准不确定度。

$$u_3 = u / 27.22 = 0.002 178$$

4.4 重复性检测结果带来的不确定度评定 在一致条件下,测定了 8 次豆粕中的粗蛋白含量,结果见表 1,粗蛋白含量测定结果为 47.25%。

测定结果的标准不确定度为:

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (w_i - \bar{w})^2}{n-1}} = 0.183 7$$

$$u(x_i) = \frac{s}{\sqrt{n}} = 0.064\ 95$$

测定结果的相对标准不确定度为:

$$u(x) = u(x_i)/47.25 = 0.001\ 375$$

4.5 不确定度分量计算 不确定度分量计算结果见表4。

表4 不确定度分量

Table 4 The uncertainty component

参数 Parameters	X	u(X)	u(X)/X
rep	1	0.183 7	0.001 375
m	0.503 2	5.774×10^{-5}	0.000 114 7
V - V ₀	27.22	0.059 28	0.002 178
C _{HCl}	0.100 2	0.000 159 8	0.001 6

4.5.1 相对合成标准不确定度。

$$U_{rel} = \sqrt{0.001\ 375^2 + 0.000\ 114\ 7^2 + 0.002\ 178^2 + 0.001\ 6^2} = 0.003\ 034$$

合成标准不确定度:

$$U_c = U_{rel} \times w = 0.003\ 034 \times 47.25\% = 0.143\ 4\%$$

4.5.2 扩展不确定度。测量结果的扩展不确定度,取K=2(95%置信概率),则表述扩展不确定度为:

$$U = K \times U_c = 2 \times 0.143\ 4\% = 0.29\%$$

4.5.3 不确定度判定。豆粕中粗蛋白含量(采用国标 GB/T 6432—1994),其测试结果为47.25%,其扩展不确定度为:

$$U = 0.29\%, K = 2$$

(上接第101页)

表2 麦芽糖化不同初始pH对啤酒发酵的影响

Table 2 Effect of saccharification initial pH on alcohol fermentation

初始 pH Initial pH	原麦汁浓度 Wort concentration °P	残糖 Final real extract °P	实际发酵度 Real attenuation %	酒精度 Ethanol content %
4.5	16.5	6.4	61.2	5.0
5.0	16.2	4.0	75.3	6.2
5.5	16.0	4.0	75.0	5.9
6.0	16.0	4.2	73.7	5.6
6.5	15.5	5.4	65.2	4.5

由表2可知,随着初始pH降低,原麦汁浓度有所增加,发酵液残糖先减少后增加,实际发酵度和酒精度先升高后降低。当pH 5.0时,发酵液实际发酵度和酒精度均达到最高值,分别为75.3%和6.2%,比正常pH发酵液的实际发酵度提高了1.6%,酒精度提高了10.7%,效果显著。这表明适当降低麦芽水解初始酸度能够有效提高制备麦汁的发酵效果。

3 结论与讨论

该研究通过单因素试验优化得出麦芽糖化工艺:50℃蛋白质休止60 min,65℃糖化40 min,72℃糖化20 min,初始pH 5.0。制备麦汁中含还原糖103.7 g/L、总糖144.6 g/L、α-氨基氮514.0 mg/L、可溶性蛋白质571.4 mg/L。经发酵

5 结语

建立数学等式,计算系统因素和随机因素和带入的测量不确定度分量,找出豆粕粗蛋白测定的不确定度分量主要来源于4个分量:包括重复性测量的A类评定、天平称重、消耗标准溶液的体积和标准溶液浓度的B类评定,通过数值大小比较得出标准溶液浓度影响最大,分量滴定标准溶液体积次之。因此,在标定盐酸标准溶液时,称量基准工作试剂的质量小于等于0.5 g时,要用十万分之一分析天平,需2人进行试验,每人分别做4个平行,其标定结果的相对极差不得大于相对重复性临界极差,8个平行标定结果的相对极差不得大于相对重复性临界极差。盐酸标准滴定溶液的温度不是20℃时,应对标准滴定溶液体积进行修正。在实际工作中,要注意以上关键操作点,降低检测过程中产生的不确定度值。

参考文献

- [1] 中国合格评定国家认可委员会. 化学分析中不确定度的评估指南: CNAS—GL06,2006[S]. 北京:中国计量出版社,2006.
- [2] 全国饲料工业标准化技术委员会. 饲料中粗蛋白测定方法: GB/T 6432—1994[S]. 北京:中国标准出版社,1994.
- [3] 江苏省计量科学研究院,中国计量科学研究院,北京理工大学,等. 测量不确定度评定与表示: JJF 1059.1—2012[S]. 北京:中国标准出版社,2013.
- [4] 罗卓雅. 食品药品检测测量不确定度评定实例[M]. 北京:中国质检出版社,2015.
- [5] 耿维明. 测量误差与不确定度评定[M]. 2版. 北京:中国计量出版社,2015.
- [6] 郝玉林. 化学分析测量不确定度评定应用实例[M]. 北京:中国标准出版社,2011.

后得到酒精度6.2%、实际发酵度达75.3%的酒。

糖化温度是影响麦芽淀粉水解的主要因素,蛋白质休止温度、时间、pH是影响麦芽蛋白质水解的主要因素。降低pH到5.0有利于蛋白质分解为α-氨基氮,为啤酒酵母发酵提供充足氮源而提高啤酒发酵度和酒精度,特别适合添加了大米、淀粉、糖浆等辅料造成α-氨基氮降低的啤酒酿造。

参考文献

- [1] 顾国贤. 酿造酒工艺学[M]. 2版. 北京:中国轻工业出版社,2005: 110—121.
- [2] 刘秀华,满娟娟,李宏军. 小麦啤酒糖化工艺优化[J]. 安徽农业科学,2012,40(13):7898—7900,7904.
- [3] 唐浩国,肖枫,王冠宇,等. 啤酒麦芽汁的制备研究[J]. 食品科学,2008,29(9):139—142.
- [4] 闫素娟,李红,贾士儒. 提高麦汁发酵度的糖化工艺优化分析[J]. 酿酒科技,2015(4):20—22,27.
- [5] 李谦,秦礼康,夏辅蔚,等. 酿造苦荞酱油用糖浆的液化和糖化工艺优化[J]. 食品与发酵工业,2015,41(1):162—168.
- [6] 贾玉平. 水解条件对食品总糖测定的影响[J]. 大众标准化,2007(S2): 81—82.
- [7] 管敦仪. 啤酒工业手册:中册[M]. 北京:中国轻工业出版社,1982:190—216.
- [8] 李志江. 考马斯亮蓝 G250 染色法测定啤酒中蛋白质含量[J]. 酿酒,2008,35(1):70—72.
- [9] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局,中国国家标准化管理委员会. 啤酒分析方法: GB/T 4928—2008[S]. 北京:中国标准出版社,2008.