

# 葡萄糖溶液标准物质的研制

罗思婷<sup>1</sup>, 杨亦<sup>1</sup>, 杨彬<sup>2</sup>, 陈玲<sup>1</sup>, 周瑾艳<sup>1</sup>, 黄彦捷<sup>1</sup>

<sup>1</sup>广东省计量科学研究院广东省现代几何与力学计量技术重点实验室, 广东 广州

<sup>2</sup>中国计量科学研究院前沿计量科学中心, 北京

收稿日期: 2022年6月21日; 录用日期: 2022年7月6日; 发布日期: 2022年8月10日

## 摘要

针对食品中糖类检测的需求以及国内缺乏葡萄糖单一组分水溶液标准物质的现状, 研制了浓度分别为 2.78 mmol/L、5.56 mmol/L、11.11 mmol/L 的葡萄糖溶液标准物质。采用重量称量法配制, 根据葡萄糖的纯度、称取葡萄糖的质量以及定容体积来确定其特性量值, 对其均匀性和稳定性进行了考察, 并进行不确定度评定。结果表明, 葡萄糖溶液标准物质的均匀性良好, 能够在 -70℃ 下稳定储存 6 个月。量值核验结果采用比对判据  $E_n$  值进行评价, 比对结果满意, 量值准确可靠。该标准物质有望于相关仪器的校准、葡萄糖的含量检测以及分析方法评价等领域得到广泛应用。

## 关键词

标准物质, 葡萄糖, 重量容量法, 不确定度

# Development of Reference Materials for Glucose Aqueous Solution

Siting Luo<sup>1</sup>, Yi Yang<sup>1</sup>, Bin Yang<sup>2</sup>, Ling Chen<sup>1</sup>, Jinyan Zhou<sup>1</sup>, Yanjie Huang<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Guangdong Provincial Key Laboratory of Modern Geometric and Mechanical Metrology Technology, Guangdong Provincial Institute of Metrology, Guangzhou Guangdong

<sup>2</sup>Center for Advanced Measurement Science, National Institute of Metrology, Beijing

Received: Jun. 21<sup>st</sup>, 2022; accepted: Jul. 6<sup>th</sup>, 2022; published: Aug. 10<sup>th</sup>, 2022

## Abstract

To meet the needs of sugar detection in food and the lack of glucose aqueous solution reference materials for single component, glucose aqueous solution reference materials with the concentrations of 2.78 mmol/L, 5.56 mmol/L and 11.11 mmol/L were developed. The reference materials

were prepared by weight-volume method. The certified value was determined according to the purity and the weight of glucose and the solution volume. The uniformity and stability were investigated and the uncertainty was evaluated. The results showed that glucose aqueous solution reference materials had favorable uniformity, and they can be stably stored at  $-70^{\circ}\text{C}$  for 6 months. The verification results were evaluated by the comparison criterion  $E_n$  value and the comparison results were satisfactory. The values are accurate and reliable. They are expected to be used in the calibration of relevant instruments, the detection of glucose content and the evaluation of analytical methods.

## Keywords

Reference Material, Glucose, Weight-Volume Method, Uncertainty

Copyright © 2022 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

糖类在自然界中广泛存在，同时也是人类生活的必需品。葡萄糖作为自然界分布最广泛的单糖，是一种多羟基醛，具有多元醇和醛的性质，其作用和用途十分广泛。它可以直接供给能量，或以糖原形式储存。在食品工业领域，葡萄糖可以作为基础培养基的主料之一[1]。在医药化工领域，葡萄糖可以用作矫味剂、渗透压调节剂等，同时葡萄糖的检测对于相关反应进程的监测以及相关产品组成的分析有着重要的作用[2]。目前检测葡萄糖的常用方法有液相色谱法[3] [4]、分光光度法[5]、旋光度法[6]、酶分析法[7]等。各种方法的灵敏度不一致，可能导致分析结果差异较大。因此，食品检验和医药卫生等领域在质量控制中需要统一量值的葡萄糖溶液标准物质作为参照。然而，国内葡萄糖水溶液相关标准物质的生产单位较少，不能满足生产和临床等方面的需求。为此，开展葡萄糖溶液标准物质的研究工作，提供统一的量值标准，可以为便携式血糖仪等计量器具的有效控制提供保障，同时也可以作为葡萄糖含量的量值溯源依据为食品检验和医药卫生等领域的日常测量、监督管理提供重要的技术支撑。

本文根据 JJF 1006-1994《一级标准物质研制技术规范》[8]以及 JJF 1343-2012《标准物质定值的通用原则及统计学原理》[9]详细论述了三个浓度的葡萄糖溶液标准物质的研制过程。该系列标准物质有望用于相关便携式血糖仪等仪器的校准、分析方法评价，以及生物、食品、药品、化工产品及其化妆品中的质量控制等方面。

## 2. 材料与方法

### 2.1. 主要仪器与试剂

容量瓶：100 mL，A 级，天津玻璃仪器厂；十万分之一天平：CPA225D，德国赛多利斯科学仪器有限公司；单通道手动移液器：Research Plus，100~1000  $\mu\text{L}$ ，德国艾本德公司；葡萄糖乳酸盐分析仪：2500，美国 YSI 公司；安瓿融封机：RF-I 型，长沙万德机械设备有限公司；GBW10062 葡萄糖纯度标准物质：纯度 99.7%， $U = 0.5\%$ ， $k = 2$ ，中国计量科学研究院；GBW(E)091141 人血清中葡萄糖标准物质： $(6.61 \pm 0.15)$  mmol/L，广东省计量科学研究院/中国计量科学研究院；GBW(E)091146 人血清中葡萄糖标准物质： $(2.28 \pm 0.07)$  mmol/L，广东省计量科学研究院/中国计量科学研究院；GBW(E)091149 人血清中葡萄糖标

准物质:  $(12.82 \pm 0.36)$  mmol/L, 广东省计量科学研究院/中国计量科学研究院; 实验用水: 三次纯化水(反渗透、离子交换、石英器蒸馏), 已经过高压蒸汽灭菌。

## 2.2. 实验方法

### 2.2.1. 标准物质样品制备

分别采用减量法称取葡萄糖纯度标准物质 50.24 mg、100.39 mg、200.73 mg, 用灭菌水溶解, 并转移至 100 mL 容量瓶中, 定容至刻度线, 充分混匀得到浓度分别为 2.78、5.56、11.11 mmol/L 的葡萄糖溶液, 以下分别简称为水平 1、水平 2、水平 3。将葡萄糖溶液分装于 2 mL 棕色安瓿瓶中, 每支 1 mL, 每个浓度各分装约 100 支, 放置于  $-70^{\circ}\text{C}$  下, 避光保存。

### 2.2.2. 方法学验证

对 YSI 2500 葡萄糖乳酸盐分析仪测定结果的精密度进行测试。取三个浓度的葡萄糖溶液标准物质, 采用葡萄糖乳酸盐分析仪重复测定 6 次, 分别计算其相对标准偏差。

对葡萄糖乳酸盐分析仪的测定结果进行线性分析。以 GBW10062 葡萄糖纯度标准物质为原料配制六个不同浓度的葡萄糖溶液, 用该仪器测定上述葡萄糖溶液, 以测定平均值为横坐标, 以配制值为纵坐标, 得到其回归方程和相关系数。

### 2.2.3. 样品的均匀性检验

根据 JJF 1006-1994《一级标准物质研制技术规范》[8]的要求, 分别从已经编上号码的葡萄糖溶液标准物质中按照头尾、中间编号随机抽取 11 个样品, 实验室温度为  $(23 \pm 5)^{\circ}\text{C}$ , 选用葡萄糖乳酸盐分析仪进行测量, 进样量为 25  $\mu\text{L}$ , 每个样品平行测定 3 次, 3 次测量结果作为均匀性评价的结果, 并对其进行分析。

### 2.2.4. 样品的稳定性考察

依据标准物质技术规范, 对所研制的标准物质进行为期 6 个月的长期稳定性考察和 7 天的模拟运输条件下的短期稳定性考察。

长期稳定性考察在常规保存条件  $-70^{\circ}\text{C}$  下, 保存 0、1、2、3、4、6 个月后标准物质的特性量随时间的变化情况。按照均匀性检验采用的方法进行测试, 每个时间点随机抽取 3 瓶样品, 待样品恢复至  $25^{\circ}\text{C}$  时, 测定其浓度, 每瓶样品重复测量样 3 次, 取每个时间点的平均值作为长期稳定性评价的测量结果, 回归分析法评价。

短期稳定性是为了考察运输条件对标准物质的稳定性影响。本项目模拟了  $(40 \pm 2)^{\circ}\text{C}$  和  $(4 \pm 1)^{\circ}\text{C}$  下的运输条件。每个温度各随机抽取 6 组样品, 每组 3 份, 分别在第 0、2、4、5、6、7 天时从  $-70^{\circ}\text{C}$  取出标准物质候选物置于模拟运输条件下, 7 日后一并取出(样品在运输条件下的保存时间分别为 7、5、3、2、1、0 天), 待样品恢复至  $25^{\circ}\text{C}$  时, 测定其浓度, 通过回归分析判断模拟条件对其稳定性的影响。

### 2.2.5. 定值

首先, 采用葡萄糖乳酸盐分析仪测定了空白溶剂三次水(进样量 25  $\mu\text{L}$ ), 测定结果为 0.00 mmol/L。厂家提供的本仪器对于葡萄糖的检出限为 0.005 mmol/L, 因此证实了三次水中葡萄糖浓度至少低于 0.005 mmol/L。

葡萄糖溶液标准物质是以国家一级标准物质 GBW10062 葡萄糖纯度标准物质为原料, 利用重量容量法来配制, 故根据葡萄糖纯度标准物质的纯度值和称取的质量、定容体积来确定其特性量值定值结果。采用重量容量法计算溶液含量:

$$C = \frac{m \times q}{V \times M}$$

式中,  $C$  为葡萄糖溶液标准物质配制浓度, mmol/L;  $m$  为葡萄糖纯度标准物质称取的质量, mg;  $q$  为葡萄糖纯度标准物质的纯度值, 质量百分含量, %;  $V$  为定容体积, L;  $M$  为葡萄糖的相对摩尔质量, g/mol。

### 2.2.6. 标准物质量值比对验证

本文采用广东省计量科学研究所和中国计量科学研究所联合研制的 GBW(E)091141、GBW(E)091146 和 GBW(E)091149 人血清中葡萄糖标准物质对 YSI 2500 葡萄糖乳酸盐分析仪进行校准, 再使用 YSI 2500 葡萄糖乳酸盐分析仪分别测定研制的 3 种不同浓度水平的葡萄糖溶液标准物质, 每个浓度测定三次, 将测试值与采用重量容量法的配制值进行比对, 根据以下公式采用比对判据  $|E_n|$  值进行评价。

$$E_n = \frac{Y_{ji} - Y_{ri}}{\sqrt{U_{ji}^2 + U_{ri}^2}}$$

式中,  $Y_{ji}$  为采用重量容量法配制葡萄糖溶液的配制值, mmol/L;  $Y_{ri}$  为采用人血清中葡萄糖标准物质校准后的测试值, mmol/L;  $U_{ji}$  为在研的葡萄糖溶液标准物质的扩展不确定度, mmol/L;  $U_{ri}$  为采用人血清中葡萄糖标准物质校准后测试的扩展不确定度, mmol/L。

## 3. 结果与讨论

### 3.1. 方法学验证结果

YSI 2500 葡萄糖乳酸盐分析仪精密度分析结果如表 1 所示, 三个浓度水平的葡萄糖溶液标准物质测定结果的相对标准偏差均小于 1%, 精密度良好。

**Table 1.** Precision analysis results of YSI 2500 glucose lactate analyzer (mmol/L)

**表 1.** YSI 2500 葡萄糖乳酸盐分析仪精密度分析结果(mmol/L)

浓度水平	1	2	3	4	5	6	RSD(%)
2.78	2.76	2.75	2.79	2.77	2.80	2.80	0.73
5.56	5.58	5.57	5.54	5.52	5.59	5.55	0.47
11.11	11.1	11.1	11.2	11.0	11.0	11.1	0.68

线性分析结果如表 2 和图 1 所示, 溶液的葡萄糖浓度在(1~15) mmol/L 配制值内与仪器测试值呈良好的线性关系, 回归方程为  $Y = 0.99866X + 0.03584$ ,  $r^2 = 0.99994$ 。每个浓度的葡萄糖溶液的配制值和测试值之间的差异较小, 表明该仪器具有良好的准确性。

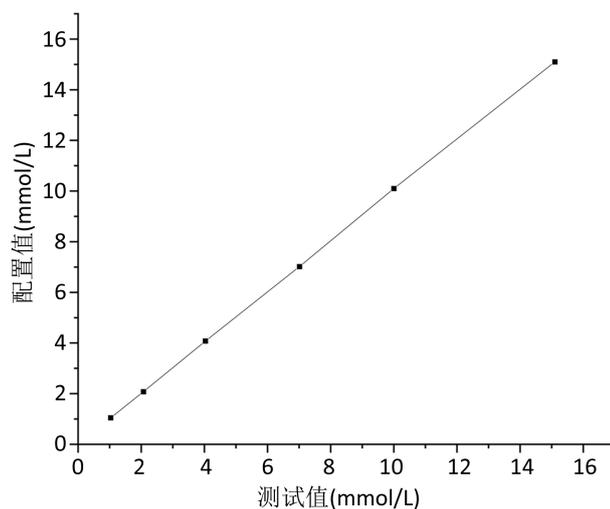
**Table 2.** Comparison of preparation value and test value of glucose aqueous solution (mmol/L)

**表 2.** 葡萄糖溶液的配制值和测试值比较(mmol/L)

配制值	1.05	2.08	4.08	7.02	10.1	15.1
测试值	1.03	2.07	4.03	7.01	10.0	15.1

### 3.2. 均匀性检验

表 3 为 2.78 mmol/L 葡萄糖溶液标准物质的均匀性检验结果, 对测定结果进行单因素方差分析, 各浓度的统计检验结果如表 4 所示。



**Figure 1.** Linear analysis diagram of YSI 2500 glucose lactate analyzer

**图 1.** YSI 2500 葡萄糖乳酸盐分析仪线性分析图

**Table 3.** Homogeneity data of glucose aqueous solution reference material with the concentration of 2.78 mmol/L  
**表 3.** 2.78 mmol/L 葡萄糖溶液标准物质的均匀性检验数据

瓶号	浓度			平均值
	1	2	3	
1	2.76	2.74	2.79	2.76
2	2.76	2.78	2.74	2.76
3	2.74	2.74	2.77	2.75
4	2.75	2.76	2.73	2.74
5	2.73	2.73	2.76	2.74
6	2.74	2.77	2.77	2.76
7	2.77	2.80	2.76	2.78
8	2.74	2.76	2.77	2.75
9	2.77	2.78	2.75	2.77
10	2.74	2.73	2.77	2.75
11	2.79	2.78	2.81	2.79

**Table 4.** Variance analysis of homogeneity test for glucose aqueous solution reference materials

**表 4.** 葡萄糖溶液标准物质均匀性检验方差分析结果

葡萄糖溶液浓度(mmol/L)	2.78	5.56	11.11
$Q_1$	$6.82 \times 10^{-3}$	$3.55 \times 10^{-2}$	$2.23 \times 10^{-1}$
$Q_2$	$6.95 \times 10^{-3}$	$3.67 \times 10^{-2}$	$2.38 \times 10^{-1}$
$v_1$	10	10	10
$v_2$	22	22	22
$s_1^2$	$6.82 \times 10^{-4}$	$3.55 \times 10^{-3}$	$2.23 \times 10^{-2}$
$s_2^2$	$3.16 \times 10^{-4}$	$1.67 \times 10^{-3}$	$1.08 \times 10^{-2}$
$F$	2.156	2.216	2.064

由  $F$  分布临界值  $F_\alpha$  表可得,  $F_\alpha = 2.297$ ,  $F < F_\alpha$ , 表明三个浓度的样品具有良好的均匀性。

### 3.3. 稳定性考察

葡萄糖溶液标准物质的长期稳定性和短期稳定性结果分别列于表 5、表 6。

**Table 5.** Long term stability test data of glucose aqueous solution reference materials

**表 5.** 葡萄糖溶液标准物质长期稳定性检验结果

时间(月)	浓度(mmol/L)		
	2.78	5.56	11.11
0	2.78	5.55	11.1
1	2.75	5.51	11.0
2	2.78	5.58	11.0
3	2.75	5.56	11.0
4	2.77	5.51	11.1
6	2.75	5.55	11.0
$\beta_1$	$-2.60 \times 10^{-3}$	$-3.43 \times 10^{-4}$	$3.17 \times 10^{-3}$
$s(\beta_1)$	$3.48 \times 10^{-3}$	$6.93 \times 10^{-3}$	$1.31 \times 10^{-2}$
$t_{0.05,4} \cdot s(\beta_1)$	$9.68 \times 10^{-3}$	$1.93 \times 10^{-2}$	$3.63 \times 10^{-2}$

**Table 6.** Short term stability test data of glucose aqueous solution reference materials

**表 6.** 葡萄糖溶液标准物质短期稳定性检验结果

时间(天)	浓度(mmol/L)					
	2.78		5.56		11.11	
	(40 ± 2)°C	(4 ± 1)°C	(40 ± 2)°C	(4 ± 1)°C	(40 ± 2)°C	(4 ± 1)°C
0	2.79	2.77	5.52	5.52	11.0	11.0
1	2.75	2.75	5.51	5.60	11.1	11.1
2	2.77	2.79	5.54	5.54	11.1	11.0
3	2.79	2.79	5.58	5.57	11.1	11.0
5	2.78	2.74	5.54	5.53	11.0	11.2
7	2.79	2.79	5.53	5.57	11.0	11.1
$\beta_1$	$2.50 \times 10^{-3}$	$1.49 \times 10^{-3}$	$2.57 \times 10^{-3}$	$1.58 \times 10^{-3}$	$-5.08 \times 10^{-3}$	$2.13 \times 10^{-2}$
$s(\beta_1)$	$2.71 \times 10^{-3}$	$3.88 \times 10^{-3}$	$4.84 \times 10^{-3}$	$5.82 \times 10^{-3}$	$8.66 \times 10^{-3}$	$1.18 \times 10^{-2}$
$t_{0.05,4} \cdot s(\beta_1)$	$7.53 \times 10^{-3}$	$1.08 \times 10^{-2}$	$1.35 \times 10^{-2}$	$1.62 \times 10^{-2}$	$2.41 \times 10^{-2}$	$3.28 \times 10^{-2}$

采用线性模型对长期稳定性和短期稳定性的数据进行分析:  $Y = \beta_0 + \beta_1 X$ , 式中:  $\beta_0$ ,  $\beta_1$ ——回归系数;  $X$ ——时间;  $Y$ ——标准物质候选物质的特性值。

$$\text{斜率 } \beta_1 = \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})(Y_i - \bar{Y})}{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2};$$

截距  $\beta_0 = \bar{Y} - \beta_1 \bar{X}$  ;

直线上每点的标准偏差  $s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (Y_i - \beta_0 - \beta_1 X_i)^2}{n-2}}$  ;

$\beta_1$  的标准偏差  $s(\beta_1) = \frac{s}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}}$  ;

式中  $X_i$  为第  $i$  个时间点;  $Y_i$  为第  $i$  个时间点的观测值;  $\bar{X}$  为所有时间点的平均值;  $\bar{Y}$  为所有观测值的平均值;  $n$  为测量次数。

长期稳定性和短期稳定性均采用  $t$ -检验进行判断, 在自由度  $n-2=4$ , 置信水平  $p=0.95$  条件下, 查表得  $t_{0.05,4}=2.78$ 。由于  $|\beta_1| < t_{0.95,4} \cdot s(\beta_1)$ , 斜率不显著, 表明葡萄糖溶液在储存条件以及模拟运输条件下的量值没有发生明显的变化, 保持了良好的稳定性。

### 3.4. 不确定度评定

根据 JJG 1006-1994《一级标准物质研制技术规范》[8]及 JJF 1343-2012《标准物质定值的通用原则及统计学原理》[9]的规定, 标准值的总不确定度由溶液标准物质定值实验引入的不确定度、样品不均匀产生的不确定度和样品不稳定产生的不确定度这三部分组成。本文以 2.78 mmol/L 葡萄糖溶液标准物质为例进行说明。

#### 3.4.1. 定值引入的不确定度

参照溶液标准物质的研制方法[10] [11]以及定值的数学模型, 这部分不确定度来源为: 1) 纯度标准物质的纯度所引入的不确定度( $u_w$ ); 2) 称取纯度标准物质的质量所引入的不确定度( $u_m$ ); 3) 标准物质配制时体积所引入的不确定度( $u_V$ ); 4) 葡萄糖摩尔质量所引入的不确定度( $u_M$ )。

1) 纯度标准物质的纯度所引入的不确定度: 根据标准物质证书, 葡萄糖纯度标准物质的扩展不确定度为 0.5% ( $k=2$ ), 则  $u_{rel(w)} = \frac{0.5\%}{2 \times 99.7\%} = 0.251\%$ 。

2) 称取纯度标准物质的质量所引入的不确定度: 采用减量法称量葡萄糖纯度标准物质, 称重为 50.24 mg。天平称量的不确定度来源为重复性和天平的不确定度。称取标准物质的天平, 最大允许误差为  $\pm 0.05$  mg, 标准分量应重复计算两次, 因此, 称取纯度标准物质的质量引入的标准不确定度:

$u_{m1} = \sqrt{2} \times \frac{0.05}{\sqrt{3}} = 0.0409$  mg。由天平称量示值误差的标准偏差计算得到天平称量重复性引入的不确定度:

$u_{m2} = \frac{0.0253}{\sqrt{6}} = 0.0104$  mg。合并得到:  $u_m = \sqrt{u_{m1}^2 + u_{m2}^2} = 0.0425$  mg,  $u_{rel(m)} = \frac{u_m}{50.24} \times 100\% = 0.0845\%$ 。

3) 标准物质配制体积所引入的不确定度: 葡萄糖溶液定容使用 100 mL 单标线容量瓶, A 级合格, 检定证书给定容量允差为  $\pm 0.10$  mL, 容量瓶体积的不确定度为  $u_{V1} = \frac{0.10}{\sqrt{3}} = 0.0578$  mL。实验室的温度波动范围为  $\pm 2^\circ\text{C}$ , 对水体积膨胀系数为  $2.1 \times 10^{-4} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ , 采用矩形分布, 由容量瓶校准温度与使用温度不同引起的体积

不确定度为:  $u_{V2} = 100 \times 2.1 \times 10^{-4} \times 2\sqrt{3} = 0.0234$  mL。以上合并得到:  $u_V = \sqrt{u_{V1}^2 + u_{V2}^2} = 0.0627$  mL,

$u_{rel(V)} = \frac{u_V}{100} \times 100\% = 0.0627\%$ 。

4) 葡萄糖摩尔质量所引入的不确定度: 由 C、H、O 的相对原子质量的标准偏差计算得到葡萄糖摩尔质量引入的不确定度:  $u_M = 3.68 \times 10^{-3}$  g/mol,  $u_{rel(M)} = \frac{u_M}{180.16} \times 100\% = 0.00204\%$ 。

合成定值时引入的相对不确定度得到： $u_{rel,定值} = \sqrt{u_{rel(w)}^2 + u_{rel(m)}^2 + u_{rel(v)}^2 + u_{rel(M)}^2} = 0.272\%$ 。

### 3.4.2. 均匀性引入的不确定度

由均匀性部分计算结果可知，样品瓶间不均匀性所产生的标准偏差为  $s_{bb} = \sqrt{\frac{s_1^2 - s_2^2}{3}} = 0.011$ 。因此，

样品间不均匀性引入的相对不确定度为： $u_{rel,bb} = \frac{s_{bb}}{C} = 100\% = \frac{0.011}{2.78} \times 100\% = 0.397\%$ 。

### 3.4.3. 稳定性引入的不确定度

根据溶液标准物质的稳定性实验数据分析结果，有效期  $t = 6$  个月的长期稳定性的不确定度贡献为：

$u_{lts} = s(\beta_1) \times t = 3.48 \times 10^{-3} \times 6 = 0.0209$  mmol/L，短期稳定性的不确定度贡献为：

$u_{sts} = s(\beta_1) \times t = 2.71 \times 10^{-3} \times 7 = 0.0190$  mmol/L，合成稳定性引入的不确定度得到：

$u_s = \sqrt{u_{lts}^2 + u_{sts}^2} = 0.0283$  mmol/L， $u_{rel,s} = \frac{0.0283}{2.78} \times 100\% = 1.02\%$ 。

### 3.4.4. 标准物质总的不确定度

因此，2.78 mmol/L 葡萄糖溶液标准物质的相对不确定度： $u_{rel} = \sqrt{u_{rel,定值}^2 + u_{rel,bb}^2 + u_{rel,s}^2} = 1.12\%$ ，相对扩展不确定度： $U_{rel} = k \times u_{rel} = 2.4\%$ ， $k = 2$ 。

同理，5.56 mmol/L 葡萄糖溶液标准物质的相对不确定度  $u_{rel} = 1.10\%$ ，相对扩展不确定度  $U_{rel} = 2.4\%$ ， $k = 2$ 。11.11 mmol/L 葡萄糖溶液标准物质的相对不确定度  $u_{rel} = 1.09\%$ ，相对扩展不确定度  $U_{rel} = 2.2\%$ ， $k = 2$ 。

## 3.5. 不确定度评定

在研标准物质经过 GBW(E)091141、GBW(E)091146 和 GBW(E)091149 人血清中葡萄糖标准物质校准后的测定结果与重量容量法的配制值的比对结果如表 7 所示。结果表明，三个浓度水平的葡萄糖溶液标准物质计算得到的  $|E_n|$  值均小于 1，YSI 2500 葡萄糖乳酸盐分析仪的测定结果与重量容量法的配制值具有可比性，量值可靠。

**Table 7.** Verification results of reference materials (mmol/L)

**表 7.** 标准物质验证结果(mmol/L)

测定结果	水平 1	水平 2	水平 3
测定 1	2.79	5.53	11.1
测定 2	2.77	5.54	11.0
测定 3	2.80	5.56	11.0
平均值	2.79	5.54	11.0
扩展不确定度	0.14	0.14	0.15
配制值	$2.78 \pm 0.07$	$5.56 \pm 0.14$	$11.11 \pm 0.25$
$ E_n $	0.044	0.086	0.264

## 4. 结论

本文研制的葡萄糖溶液标准物质采用纯度标准物质直接稀释配制，均匀性良好，可以在储存条件下稳定保存 6 个月。量值比对验证结果符合要求，已成功申报国家二级有证标准物质。研制的标准物质可

满足食品、药品、卫生防疫等方面研究和检测的需要,可望用于相关仪器(如基于酶膜法的葡萄糖分析仪)的校准、分析方法评价,为食品检测中葡萄糖含量测试提供有利保障。

## 基金项目

广东省市场监督管理局科技项目(2020HBZ01),广东省计量科学研究院科技项目(2019SCM02)。

## 参考文献

- [1] 马勇, 图雅, 刘晓光. 产油酵母菌高产培养基的营养成分优化[J]. 湖北农业科学, 2013, 52(23): 5832-5835.
- [2] 王亮, 尚会建, 王丽梅, 等. 葡萄糖检测方法研究进展[J]. 河北工业科技, 2010, 27(2): 132-135.
- [3] 林婧焯, 柯李晶, 鲁伟, 等. 高效液相色谱法测定龙眼中水溶性单糖和寡糖[J]. 食品与生物技术学报, 2009, 28(4): 513-516.
- [4] 王运照, 胡文忠, 李婷婷, 等. HPLC-ELSD 法测定冰酒中的糖类含量[J]. 食品工业科技, 2014, 35(21): 320-323.
- [5] 邱小香. 纳米金催化光度法快速检测葡萄糖[J]. 渭南师范学院学报, 2013, 28(12): 54-58.
- [6] 罗凤琴, 李燕, 韩海. 旋光度法测定复方丹参注射液中葡萄糖的含量[J]. 华西药学杂志, 2003, 18(2): 147-148.
- [7] 张凤霞, 张立群, 孟宇, 等. 己糖激酶法与葡萄糖氧化酶法测定血糖的实验研究[J]. 国际检验医学杂志, 2014, 35(6): 697-699.
- [8] 国家技术监督局. JJF 1006-1994 一级标准物质研制技术规范[S]. 北京: 中国计量出版社, 1994.
- [9] 国家质量监督检验检疫总局. JJF 1343-2012 标准物质定值的通用原则及统计学原理[S]. 北京: 中国质检出版社, 2012.
- [10] 花秀兵, 陈玲, 黄彦捷, 等. 异辛烷中硬脂酸甲酯溶液标准物质的研制[J]. 化学分析计量, 2019, 28(Z1): 6-10.
- [11] 黄梓宸, 周瑾艳, 黄彦捷, 等. 水中总有机碳溶液标准物质的研制[J]. 食品安全质量检测学报, 2019, 10(11): 3530-3535.