

# 《食品物性学》实验指导书

编者：栾广忠

西北农林科技大学食品科学与工程学院

二〇〇九年五月

## 目 录

实验一	食品质构测定与分析	2
实验二	食品的颜色测定	4
实验三	液体黏度的测定	7
实验四	食品的动黏弹性测定	11
实验五	面粉粉质测定与分析	12
实验六	粉末状食品颗粒度的测定	13
附录 1:	GBT 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	14
附录 2:	激光粒度仪测定和工作原理	28

## 实验一 食品质构测定与分析

### 一、实验目的与要求

了解质构仪的结构、测定原理及操作基本，进一步理解固态和半固态食品力学性质的测定原理，并加强与感官品质间建立联系的能力。

### 二、实验内容

每组任选两种样品。

- 1) 利用反向挤出法比较不同类型酸奶的稠度及黏附性
- 2) 利用弯曲 (bend) 试验比较不同类型饼干的硬度与脆性
- 3) 火腿肠的 TPA 分析
- 4) 利用插入法测试果冻的凝胶强度。
- 5) 火腿肠的蠕变和应力松弛实验

### 三、实验步骤

#### 1) 样品处理

火腿肠去包装外衣后切成 2.5cm 圆柱体备用；果冻去包装后除去游离水分；酸奶去掉其包装杯上的封口薄膜；整块饼干从大包装中取出直接测定。

#### 2) 感官评价

利用两点嗜好试验法，对酸奶的黏度和稠度、饼干的硬度和酥脆性以及火腿肠的黏性与嫩度进行感官评价，以教材和后面所附饼干试验表格为例进行表格设计。

#### 3) 仪器测试

饼干、酸奶、火腿和果冻按质构仪设定的程序进行测定，记录测试条件和结果。每个样品重复实验 6 次。

### 四、实验报告要求

- 1) 对各种参数的含义及实验结果进行分析；
- 2) 说明其中两种样品采用所用测试方法的依据；
- 3) 根据应力-应变曲线解析蠕变实验和应力松弛实验的各个参数；
- 4) 对于两种饼干可按教材上两点嗜好实验法区分二者口感在硬度和酥脆度上的区别，并与仪器测定结果进行比较（先于仪器实验做）。

### 答卷第\_\_\_\_组

姓名\_\_\_\_\_ 性别\_\_\_\_\_ 年龄\_\_\_\_\_

在你面前有两个试样，请先品尝 No. 121，然后品尝 No. 261，并回答下列问题：

- ① 你觉得那一个样品更硬一些？\_\_\_\_\_ ( )
- ② 你觉得那一个样品更酥脆一些？\_\_\_\_\_
- ③ 口感上你更喜欢哪一种？喜欢\_\_\_\_\_

备注：该实验原理参见教材第三章和第五章相关内容（李里特著，食品物性学，中国农业出

版社，1998)。

## 实验二 食品的颜色测定

### 一、实验目的与要求

进一步了解食品颜色的测定方法和原理，加深理解颜色的表示方法及其意义。

### 二、实验内容

- 1) 利用比较测色计测定啤酒的颜色；
- 2) 色彩色差计测定西红柿的颜色值。

### 三、实验步骤

#### 1) 样品处理

啤酒去掉泡沫，除去二氧化碳。方法一：取预先在冰箱中冷至 10~15℃的啤酒 500~700 mL 于清洁、干燥的 1000mL 搪瓷杯中，以细流注入同样体积的另一搪瓷杯中，注入时两搪瓷杯之间距离约 20~30cm。反复注流 50 次（一个反复为一次），以充分除去酒中二氧化碳，静置。方法二：取预先在冰箱中冷至 10~15℃的啤酒，启盖后经快速滤纸过滤至三角烧瓶中，稍加振摇，静置，以充分除去酒中的二氧化碳。

取 3 个西红柿进行编号，保持表面洁净（可进行擦拭），然后进行测定。

#### 2) 测试

- 1) 首先目测三个西红柿之间是否有颜色差异。用“深”、“浅”、“同”标记。

目测颜色比较表

样品 \ 对照	对照 A	对照 B	对照 C
A 与其它样品相比			
B 与其它样品相比		—	

- 2) 西红柿沿中心均匀测定 6 个点取平均。

3) 目测两种啤酒哪个颜色更深，然后进行仪器测定，啤酒按要求测定三次，取平均值。

### 四、实验报告要求

- 1) 根据下表判断所测西红柿间在颜色上是否有差异。目测结果与之是否相同？

$$\Delta E_{ab}^* = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2}$$

$\Delta E_{ab}^*$ 值	感觉到的色差程度
0~0.5	极小的差异 (trace)
0.5~1.5	稍有差异 (slight)
1.5~3.0	感觉到有差异 (noticeable)
3.0~6.0	较显著差异 (appreciable)
6.0~12.0	很明显差异 (much)
12.0 以上	不同颜色 (very much)

$\Delta L^+$  表示偏白,  $\Delta L^-$  表示偏黑

$\Delta a^+$  表示偏红,  $\Delta a^-$  表示偏绿

$\Delta b^+$  表示偏黄,  $\Delta b^-$  表示偏蓝

2) 比较两种颜色方法的不同。

### 实验三 液体黏度的测定

#### 一、实验目的与要求

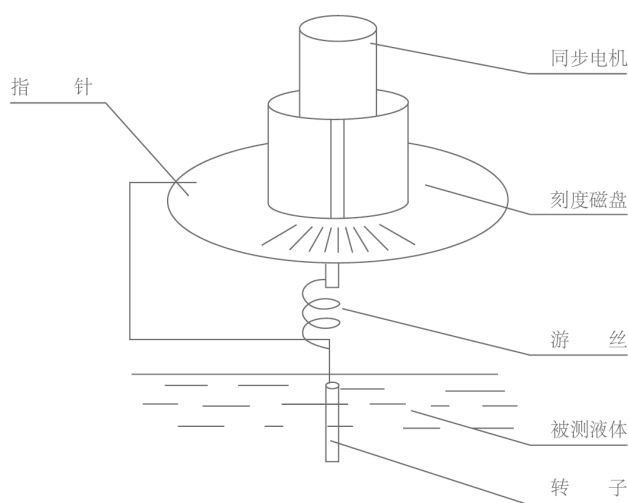
了解旋转粘度计的原理、结构和测试方法；  
加深理解黏性对食品口感的影响。

#### 二、实验内容

测定牛奶和两种酸奶的黏度，并进行比较。

在酸奶测定时，先将酸奶快速搅拌均匀，然后立刻测定其黏度。静止 30 分钟后再次测定酸奶黏度，观察测试值有何区别。

#### 三、旋转粘度计原理



如上图所示，同步电机以稳定的速度旋转，连接刻度圆盘，再通过游丝和转轴带动转子旋转。如果转子未受到液体的阻力，则游丝、指针与刻度圆盘同速旋转，指针在刻度盘上指出的读数为“0”。反之，如果转子受到液体的粘滞阻力，则游丝产生扭矩，与粘滞阻力抗衡，最后达到平衡，这时与游丝连接的指针在刻度圆盘上指示一定的读数（即游丝的扭转角）。将读数乘上特定的系数即得到液体的粘度（ $\text{mpa} \cdot \text{s}$ ）。

#### 四、实验步骤

1. 准备被测液体，置入直径不小于 70mm（500 mL 烧杯）的烧杯或直角容器中，准确地控制被测液体的温度。

2. 将转子保护架装在仪器上（向右旋装入，向左旋卸下）。

3. 将选配好的转子旋入连接螺杆（向左旋入装上，向右旋出卸下）。装卸转子时，必须用手将连接螺杆微微向上抬起。

4. 旋转升降旋钮，使仪器缓慢地下降，转子逐渐浸入被测液体中，直至转子液面标志和液面相平为止。

5. 再次调整好仪器水平。

6. 试样在测试温度下充分恒温，以保持示值稳定准确。

7. 面板操作：

(1) 打开仪器背面的电源开关，进入等待用户选择状态，面板显示如下：

• ROTOR 3#

VELOCLTY 30

提示符“•”在“ROTOR 3#”前面，表示记忆上一次测试选择的转子是 3 号转子，这时可以通过左右键来选择所需的转子号，按一下左键，表示选择 2 号转子；按一下右键，则

表示您选择了4号转子。选择好转子，按一下下键，提示符“•”在“VELOCITY 30”前面，表示记忆上一次测试选择的转速是30转/分。转速的选择与转子的选择一样操作，共有6转/分、30转/分、60转/分和AUTO自动方式供选择。选好转子和转速，按一下回车键，就可开始测量，面板显示如下：

测试数据 mPa•s

R3# V30 75%FS

第一行显示测试数据和粘度单位，第二行依次显示转子号、转速和测试数据占该量程的百分比。测量第二遍及以后各遍时，按一下复位键复位，再按一下回车键测量，重复上述显示过程。

转子选择说明：

1) 首先大约估计被测液体的粘度范围，然后根据下列量程表选择适合的转子和转速。



量程	转速				
	60	30	12	6	
转子					
1	100	200	500	1000	
2	500	1000	2500	5000	
3	2000	4000	10000	20000	
4	10000	20000	50000	100000	



2) 当估计不出被测液体的大致粘度时, 应视为较高粘度, 试用由小到大的转子 (转子号由高到低) 和由慢到快的转速。原则上高粘度的液体选用小转子 (转子号高), 慢转速, 低粘度的液体选用大转子 (转子号低), 快转速。

#### 五、实验报告要求

比较牛奶、搅拌后酸奶和搅拌后静置酸奶黏度测定结果, 并分析其原因。

## 实验四 食品的动黏弹性测定

### 一、实验目的与要求

了解流变仪的基本构造、测定原理、应用范围和基本操作方法。

### 二、实验内容

测定酸奶的动粘弹性指标储存弹性率  $G'$  和损失弹性率  $G''$ ；

测定 4%大豆蛋白溶液在加热过程中被  $\delta$ -葡萄糖酸内酯凝固过程中的储存弹性率  $G'$  和损失弹性率  $G''$ 。

### 三、实验步骤

1) 配制 4%的大豆分离蛋白溶液；

2) 在常温下加入大豆蛋白溶液 0.3%的  $\delta$ -葡萄糖酸内酯粉末，搅拌均匀。

3) 注入夹具，并升温至  $85^{\circ}\text{C}$ ，保持此温度 30min。测定整个过程的  $G'$  和  $G''$  随时间变化情况。

### 四、实验报告要求

1) 计算酸奶的损失角  $\tan \delta = G'' / G'$ ，并与凝固后的大豆蛋白溶液相比，评价二者粘弹性差异。

2) 总结大豆蛋白溶液凝固过程中  $G'$ 、 $G''$  和  $\tan \delta$  的变化规律，并说明其原因。

## 实验五 面粉粉质测定与分析

### 一、实验目的与要求

了解粉质仪的基本结构、工作原理和操作过程，进一步理解利用面粉在调粉过程中力学性质的变化判断其品质的原理。

### 二、实验内容

利用粉质仪评价一种市售小麦粉的品质。

### 三、实验报告要求

1) 本实验为演示实验，报告中写出粉质仪的型号、基本构造、测定原理和操作方法（原理、方法、步骤参考 GB/T 14614—2006，见附录 1）。

2) 根据粉质仪得到的面粉质地图对样品粉质进行评价。

## 实验六 粉末状食品颗粒度的测定

### 一、实验目的与要求

了解激光粒度仪的基本构造、测定原理和操作。

### 二、实验内容

测定面粉和淀粉颗粒的大小。

### 三、试验报告要求

1) 本实验为演示实验，报告中写出激光粒度仪的型号、基本性能等，以及激光粒度仪的基本构造、测定原理和操作方法（激光粒度仪的测定原理和工作原理见附录 2）。

2) 从粒度分布曲线比较面粉和淀粉颗粒大小和特点。

附录 1： GBT 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

ICS 67.060  
X 11



# 中华人民共和国国家标准

GB/T 14614—2006/ISO 5530-1:1997  
代替 GB/T 14614—1993

## 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

Wheat flour—Physical characteristics of doughs—Determination of water  
absorption and rheological properties using a farinograph

(ISO 5530-1:1997, IDT)

2006-05-18 发布

2006-09-01 实施



中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局 发布  
中国国家标准化管理委员会

## 目 次

前言 .....	I
1 范围 .....	1
2 规范性引用文件 .....	1
3 术语和定义 .....	1
4 原理 .....	1
5 试剂 .....	1
6 仪器 .....	1
7 取样 .....	2
8 测定步骤 .....	2
8.1 小麦粉水分含量的测定 .....	2
8.2 准备仪器 .....	2
8.3 试验样品 .....	2
8.4 测定 .....	4
9 结果表示 .....	4
9.1 吸水量 .....	4
9.2 面团形成时间 .....	5
9.3 稳定性(稳定时间) .....	5
9.4 弱化度 .....	6
9.5 其他特征值 .....	6
10 精密度 .....	6
11 试验报告 .....	6
附录 A(资料性附录) 粉质仪的说明 .....	7
附录 B(资料性附录) 实验室间试验结果 .....	10

## 前 言

本标准等同采用 ISO 5530-1:1997《小麦粉——面团的物理特性——第 1 部分:吸水量和流变学特性的测定——粉质仪法》(英文版)。

为便于使用,本标准做了下列编辑性修改:

- a) “本国际标准的本部分”一词改为“本标准”;
- b) 用小数点“.”代替作为小数点的逗号“,”;
- c) 删除国际标准的前言;
- d) 依据 GB/T 1.1—2000 的规定,用与附录不同的要素“参考文献”代替“附录 C(参考文献)”;
- e) 依据 GB 3100、3101 和 3102 的规定,统一用“r/min”代替该国际标准中某些地方出现的“min<sup>-1</sup>”、“/min”和“rev/min”;
- f) 更新了 ISO 712 的版本(由 ISO 712:1985 改为 ISO 712:1998),并删除相应的脚注说明;
- g) 更新了 ISO 13690 的版本(由 ISO 13690:Cereals—Sampling 改为 ISO 13690:1999 Cereals, pulses and milled products—Sampling of static batches),并删除相应的脚注说明。

本标准代替 GB/T 14614—1993《小麦粉吸水量和面团揉和性能测定法 粉质仪法》。

本标准与前版 GB/T 14614—1993 的主要技术差异如下:

- 更改了名称,使得名称与等同采用的国际标准完全一致;
- 增加了“术语和定义”;
- 将所使用的蒸馏水的温度由(30±5)℃改为(30±0.5)℃;
- 增加了“精密度”和“试验报告”两章。

本标准的附录 A、附录 B 为资料性附录。

本标准由国家粮食局提出。

本标准由全国粮油标准化技术委员会归口。

本标准起草单位:国家粮食局科学研究院。

本标准主要起草人:李歆、郝希成。

## 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

### 1 范围

本标准规定了用粉质仪测定小麦粉的吸水量及其面团耐搅拌特性的方法。  
本标准适用于由小麦(*Triticum aestivum* L.)加工成的面粉。

### 2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过本标准的引用而成为本标准的条款。凡是注日期的引用文件,其随后所有的修改单(不包括勘误的内容)或修订版均不适用于本标准。然而,鼓励根据本标准达成协议的各方研究是否可使用这些文件的最新版本。凡是不注日期的引用文件,其最新版本适用于本标准。

ISO 712 谷物和谷物制品——水分含量的测定(常规法)(Cereals and cereal products—Determination of moisture content—Routine reference method)

### 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本标准。

#### 3.1

**稠度 consistency**

在粉质仪中,以规定的恒定转速搅拌面团时的阻力。

注:以专用单位——粉质仪单位(FU)表示。

#### 3.2

**小麦粉吸水量 water absorption(of flour)**

在本标准规定的操作条件下,面团的最大稠度达500 FU时,所需添加水的体积。

注:以每100 g水分含量为14%(质量分数)的小麦粉中所需添加水的毫升数表示吸水量。

### 4 原理

用粉质仪测量和记录小麦粉在加水后面团形成以及扩展过程中的稠度随时间变化的曲线。

注:通过调整加水量使面团的最大稠度达到固定值(500 FU),此时的加水量被称为小麦粉吸水量,由此获得一条完好的揉混曲线,该曲线的各特征值可表征小麦粉的流变学特性(面团强度)。

### 5 试剂

蒸馏水,或相当纯度的水。

### 6 仪器

实验室常规仪器及下述特殊仪器。

#### 6.1 粉质仪<sup>1)</sup>,带有水浴恒温控制装置(参见附录A)。

具有如下操作特性:

- 1) 本标准是基于 Brabender Farinograph 制定的。提供该信息是为了方便本标准用户的使用,而不是对该仪器的认可。可获得相同结果的其他粉质仪均可使用。



——慢搅拌叶片转速： $(63 \pm 2)$  r/min；快慢搅拌叶片的转速比为 $(1.50 \pm 0.01) : 1$ ；  
 ——每粉质仪单位的扭力矩：

- a) 300 g 揉混器为 $(9.8 \pm 0.2)$  mN · m/FU [ $(100 \pm 2)$  gf · cm/FU]；  
 b) 50 g 揉混器为 $(1.96 \pm 0.04)$  mN · m/FU [ $(20 \pm 0.4)$  gf · cm/FU]；

——记录纸速度： $(1.00 \pm 0.03)$  cm/min。

6.2 滴定管：

- a) 用于 300 g 揉混器，起止刻度线从 135 mL 到 225 mL，刻度 0.2 mL；  
 b) 用于 50 g 揉混器，起止刻度线从 22.5 mL 到 37.5 mL，刻度 0.1 mL。  
 从 0 至 225 mL 或从 0 至 37.5 mL 的排水时间均不超过 20 s。

6.3 天平，称量精度为 $\pm 0.1$  g。

6.4 刮刀，由软塑料制成。

7 取样

本标准不规定取样方法。推荐采用 ISO 13690。

实验室接收的样品应真实、具有代表性，在运输和储存过程中不能被损坏且不能发生任何变化。

8 测定步骤

8.1 小麦粉水分含量的测定

按 ISO 712 规定的方法测定小麦粉的水分含量。

8.2 准备仪器

8.2.1 接通粉质仪(6.1)恒温控制装置的电源并使水循环，揉面钵达到所需温度 $(30 \pm 0.2)$  °C后方可使用仪器。在仪器使用前和使用过程中，应随时检查恒温水浴和揉面钵的温度。揉面钵上设有测温孔。

8.2.2 从驱动轴端卸下揉混器，调节平衡锤的位置，使电动机在规定转速(见 6.1)下运转时指针的偏转为零。关闭电动机，重新装上揉混器。

用一滴水润滑搅拌叶片与揉混器后面板间的缝隙处。在洁净的空揉面钵中，使搅拌叶片在规定的转速下转动，检查指针的偏转应在 $(0 \pm 5)$  FU 范围内。如果偏转大于 5 FU，则应彻底清洁揉混器或消除其他引起摩擦阻力的因素。

调节记录笔架，使记录笔与指针的读数一致。

在电动机运转时，调节油阻尼器，使指针从 1 000 FU 到 100 FU 所需时间为 $(1.0 \pm 0.2)$  s。从而使得曲线带宽大约为 60 FU~90 FU。

8.2.3 用温度为 $(30 \pm 0.5)$  °C 的水注满滴定管(6.2)。

8.3 试验样品

必要时，应将小麦粉的温度调节至 $(25 \pm 5)$  °C。

称取质量相当于 300 g (300 g 揉混器)或 50 g (50 g 揉混器)水分含量为 14% (质量分数) 的小麦粉试验样品，精确至 0.1 g。试验样品质量设为  $m$ ，单位为克(g)； $m$  与水分含量的函数关系见表 1。

表 1 相当于水分含量为 14% (质量分数) 的 300 g 和 50 g 小麦粉的质量数值

水分/ [% (质量分数)]	相当于小麦粉的质量 $m/g$		水分/ [% (质量分数)]	相当于小麦粉的质量 $m/g$	
	300 g	50 g		300 g	50 g
9.0	283.5	47.3	9.4	284.8	47.5
9.1	283.8	47.3	9.5	285.1	47.5
9.2	284.1	47.4	9.6	285.4	47.6
9.3	284.5	47.4	9.7	285.7	47.6

表 1(续)

水分/ [% (质量分数)]	相当于小麦粉的质量 <i>m</i> /g		水分/ [% (质量分数)]	相当于小麦粉的质量 <i>m</i> /g	
	300 g	50 g		300 g	50 g
9.8	286.0	47.7	13.2	297.2	49.5
9.9	286.3	47.7	13.3	297.6	49.6
10.0	286.7	47.8	13.4	297.9	49.7
10.1	287.0	47.8	13.5	298.3	49.7
10.2	287.3	47.9	13.6	298.6	49.8
10.3	287.6	47.9	13.7	299.0	49.8
10.4	287.9	48.0	13.8	299.3	49.9
10.5	288.3	48.0	13.9	299.7	49.9
10.6	288.6	48.1	14.0	300.0	50.0
10.7	288.9	48.2	14.1	300.3	50.1
10.8	289.2	48.2	14.2	300.7	50.1
10.9	289.5	48.3	14.3	301.1	50.2
11.0	289.9	48.3	14.4	301.4	50.2
11.1	290.2	48.4	14.5	301.8	50.3
11.2	290.5	48.4	14.6	302.1	50.4
11.3	290.9	48.5	14.7	302.5	50.4
11.4	291.2	48.5	14.8	302.8	50.5
11.5	291.5	48.6	14.9	303.2	50.5
11.6	291.9	48.6	15.0	303.5	50.6
11.7	292.2	48.7	15.1	303.9	50.6
11.8	292.5	48.8	15.2	304.2	50.7
11.9	292.8	48.8	15.3	304.6	50.8
12.0	293.2	48.9	15.4	305.0	50.8
12.1	293.5	48.9	15.5	305.3	50.9
12.2	293.8	49.0	15.6	305.7	50.9
12.3	294.2	49.0	15.7	306.0	51.0
12.4	294.5	49.1	15.8	306.4	51.1
12.5	294.9	49.1	15.9	306.8	51.1
12.6	295.2	49.2	16.0	307.1	51.2
12.7	295.5	49.3	16.1	307.5	51.3
12.8	295.9	49.3	16.2	307.9	51.3
12.9	296.2	49.4	16.3	308.2	51.4
13.0	296.6	49.4	16.4	308.6	51.4
13.1	296.9	49.5	16.5	309.0	51.5

表 1(续)

水分/ [% (质量分数)]	相当于小麦粉的质量 $m/g$		水分/ [% (质量分数)]	相当于小麦粉的质量 $m/g$	
	300 g	50 g		300 g	50 g
16.6	309.4	51.6	17.4	312.3	52.1
16.7	309.7	51.6	17.5	312.7	52.1
16.8	310.1	51.7	17.6	313.1	52.2
16.9	310.5	51.7	17.7	313.5	52.2
17.0	310.8	51.8	17.8	313.9	52.3
17.1	311.2	51.9	17.9	314.3	52.4
17.2	311.6	51.9	18.0	314.6	52.4
17.3	312.0	52.0			

注：可按下列公式计算本表中的值：

a) 相当于 300 g 14% 水分的小麦粉的质量数值，单位为克(g)：

$$m = 25\ 800 / (100 - H)$$

b) 相当于 50 g 14% 水分的小麦粉的质量数值，单位为克(g)：

$$m = 4\ 300 / (100 - H)$$

其中  $H$  为以质量分数表示的样品的水分含量。

将小麦粉全部倒入揉混器中，盖好盖，直至揉混(8.4.1)结束，除在短时间内往揉混器里加注蒸馏水和用刮刀刮除粘附在内壁上的碎面块(参见 A.2.2)外，揉混器上盖在测定过程中不得移开。

#### 8.4 测定

8.4.1 启动揉混器，以规定的转速(见 6.1)揉混小麦粉 1 min 或略长时间。当笔尖正好处于记录纸上的整分钟刻度线时，立即用滴定管自揉混器盖的右前角加水，并于 25 s 内完成。

注：为了减少等待时间，在揉混小麦粉时可向前转动记录纸。切勿反向转动。

加入一定量的水以使面团的最大稠度(9.1)接近于 500 FU。当面团形成时，在不停机的状态下，用刮刀(6.4)将粘附在揉面钵内壁的所有碎面块刮入面团中。如果稠度太大，可补加少量水使最大稠度(9.1)约为 500 FU。停止揉混，清洗揉混器。

8.4.2 根据需要进行重复测定，直至两次揉混符合：

——在 25 s 内完成加水操作；

——最大稠度在 480 FU~520 FU 之间；

——如果需要报告弱化度，则在到达形成时间(9.2)后继续记录至少 12 min。

停止揉混并清洗揉混器。

#### 9 结果表示

注：为便于计算，可使用计算机。但必须对粉质仪进行改造，增加一个用于将数据传输至计算机的电信号输出端口。利用适当的计算机软件即可按 9.1 至 9.4 对粉质曲线进行评价，并提供粉质曲线和试验结果。

##### 9.1 吸水量

与最大稠度为 500 FU 相对应的校正加水量  $V_c$ ，由最大稠度在 480 FU 至 520 FU 之间的揉混试验得出，数值以毫升(mL)表示，按式(1)(对于 300 g 揉混器)和式(2)(对于 50 g 揉混器)计算：

$$V_c = V + 0.096(C - 500) \quad \dots\dots\dots(1)$$

$$V_c = V + 0.016(C - 500) \quad \dots\dots\dots(2)$$

式中:

$V$ ——自滴定管加入小麦粉中的水的体积,单位为毫升(mL);

$C$ ——最大稠度,单位为粉质仪单位(FU)(见图 1),按式(3)计算:

$$C = \frac{C_1 + C_2}{2} \dots\dots\dots(3)$$

式中:

$C_1$ ——曲线上轮廓的最高点的数值,单位为粉质仪单位(FU);

$C_2$ ——曲线下轮廓的最高点的数值,单位为粉质仪单位(FU)。

注:在极少数情况下可观测到两个最大值,这时取较高的峰值。

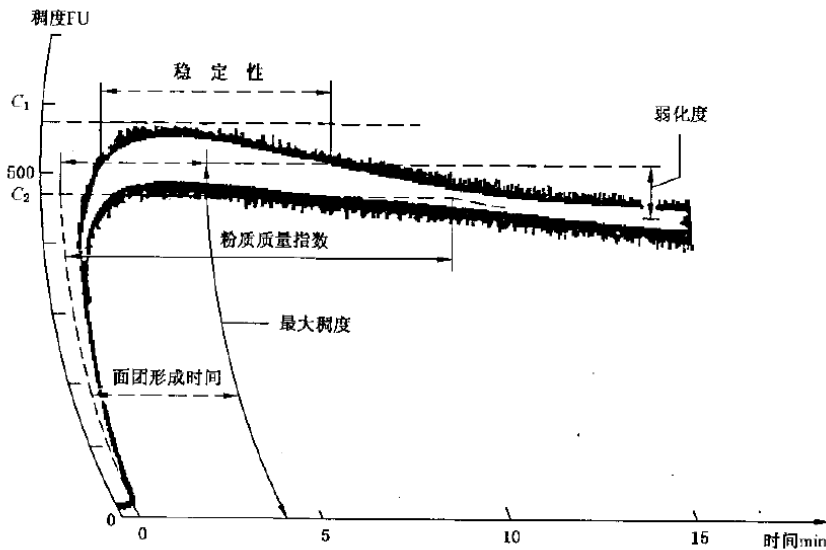


图 1 标有常规测定指标的典型粉质曲线

为计算双试验  $V_c$  的平均值,规定其差值不大于 2.5 mL(300 g 揉混器)或 0.5 mL(50 g 揉混器)。粉质仪吸水量以每 100 g 水分含量为 14% 的小麦粉所需添加水的毫升数(mL)表示,按式(4)(对于 300 g 揉混器)和式(5)(对于 50 g 揉混器)计算:

$$(\bar{V}_c + m - 300) \times \frac{1}{3} \dots\dots\dots(4)$$

$$(\bar{V}_c + m - 50) \times 2 \dots\dots\dots(5)$$

式中:

$\bar{V}_c$ ——对应于最大稠度为 500 FU 时的校正加水量的平均值,单位为毫升(mL);

$m$ ——由表 1 查取的试料质量的数值,单位为克(g)。

报告结果精确到 0.1 mL/100 g。

9.2 面团形成时间

以从加水点起,至粉质曲线到达最大稠度后开始下降的时刻点的时间间隔表示面团形成时间(见图 1)。

注:在极少数情况下可以观测到两个最大值,用第二个最大值计算形成时间。

取来自于两条曲线的面团形成时间的平均值作为试验结果,精确到 0.5 min。当面团形成时间小于或等于 4 min 时,双实验差值不超过 1 min;超过 4 min 时,双实验差值应不大于其平均值的 25%。

9.3 稳定性(稳定时间)

以粉质曲线的上边缘首次与 500 FU 标线相交至下降离开 500 FU 标线两点之间的时间差值表示稳定性,精确到 0.5 min(见图 1)。通常,此数值可表示小麦粉的耐搅拌特性。

当最大稠度偏离 500 FU 标线时(见 9.1),应使用平行于 500 FU 标线的最大稠度中心线来评价。

#### 9.4 弱化度

以面团到达形成时间点时曲线带宽的中间值和此点后 12 min 处曲线带宽的中间值之间高度的差值表示弱化度(见图 1)。

取两条曲线测定的弱化度的平均值作为试验结果,精确到 5FU。当弱化度不超过 100 FU 时,双试验差值不超过 20 FU,弱化度数值较大时,应不大于平均值的 20%。

#### 9.5 其他特征值

9.5.1 9.1 至 9.4 给出的曲线特征值严格取自所记录的曲线(图 1)。

9.5.2 在某些国家计算粉质质量指数,是沿着时间轴从加水点起,至比最大稠度中心线衰减 30FU 处的长度,单位为毫米(mm)。

注:粉质质量指数可以代替或与稳定性和弱化度一起报告。用粉质质量指数代替稳定性和弱化度可缩短总的揉混时间,尤其适用于由较弱的小麦粉制备面团的场合。在粉质质量指数、稳定性和弱化度三者之间各自存在良好的相关性。

9.5.3 在美国和其他某些国家,用如下特征值说明所记录的曲线:到达时间、峰值时间、公差时间、离开时间、20 min 下降值、衰减时间以及评价值。其中某些特征值由其他途径定义,不能与本标准中的特征值对比。这些特征值在参考文献[2]和[3]中报告。

#### 10 精密度

附录 B 汇集了关于本方法的精密度在实验室间试验的数据。对于其他的浓度范围和测试对象来说,这些试验数据可能是不适用的。

#### 11 试验报告

试验报告需说明:

- 完整地识别样品所需的所有信息;
- 取样方法;
- 试验方法;
- 揉混器规格;
- 小麦粉品种;
- 所有在本标准中未规定或视为任意的操作细节,以及其他可能已经影响了实验结果的事件;
- 获取的试验结果;
- 如检验了重现性,列出最终结果。

附 录 A  
(资料性附录)  
粉质仪的说明

**警告:**必须正确使用设备制造者安装的安全设施。如果揉混器未盖盖或其前部与后壁脱离,这些预防设施将使设备停止运转。早期的设备没有这些安全设施,应注意下列事项:

- 保证你的手指或其他物品远离运转的揉混器;
- 保证领带、衣袖等远离正在转动的粉质仪的驱动轴。

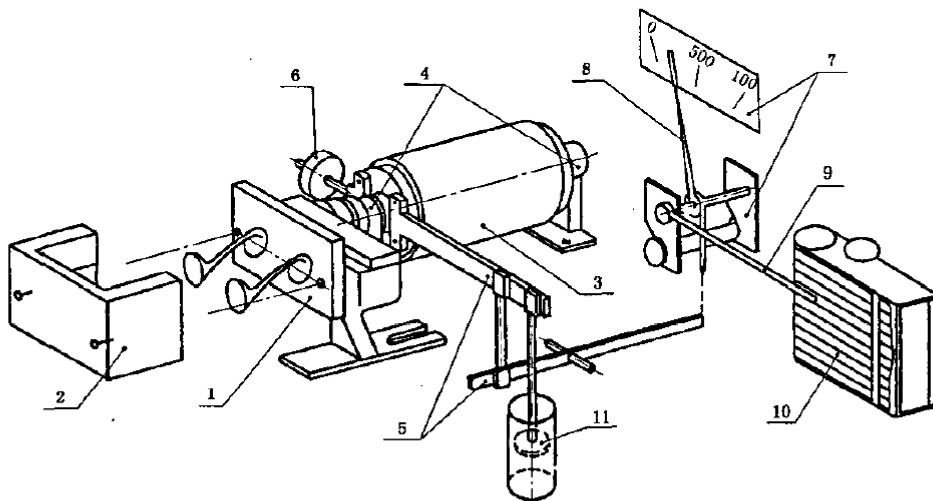
开始测试时或在揉混器已安在粉质仪上低速运转的情况下对其进行清理操作时,注意勿使伸入揉混器的刮刀触及转动的搅拌叶片,以免其损坏。

#### A.1 一般说明

粉质仪由两个部分构成:

- a) 粉质仪主机,由带水夹套的揉混器、以粉质曲线的形式记录面团稠度的装置和滴定管组成(A.2);
- b) 循环水恒温控制装置(A.3)。

在图 A.1 中图示说明了粉质仪的构成。



- |                  |           |
|------------------|-----------|
| 1——带搅拌叶片的揉混器后面板; | 7——刻度盘表头; |
| 2——揉面钵(揉混器其余部分); | 8——指针;    |
| 3——电机和齿轮组机箱;     | 9——记录笔架;  |
| 4——滚珠轴承;         | 10——记录器;  |
| 5——杠杆;           | 11——油阻尼器。 |
| 6——平衡锤;          |           |

图 A.1 粉质仪结构图

#### A.2 粉质仪主机

A.2.1 粉质仪主机装在一个由四个水平调节螺栓支撑的沉重的铸铁基座上,包括:

- a) 可拆卸的带水夹套的揉混器(A.2.2);
- b) 电动机,用于驱动揉混器(A.2.3);

- c) 齿轮和杠杆系统,作为测力计用于测定齿轮和揉混器之间的驱动轴上的扭力矩(A. 2. 3);
- d) 阻尼器,用于阻尼测力计的运动(A. 2. 3);
- e) 刻度盘,其指针在测力计的带动下运动(A. 2. 3);
- f) 记录器,其笔在测力计的带动下运动(A. 2. 4);
- g) 滴定管,用于测量向小麦粉中加入水的体积。

A. 2. 2 揉混器为双搅拌叶片型,并按揉混 300 g 或 50 g 小麦粉面团的要求分别设计。它由两部分组成:

- a) 可通入来自恒温水浴的循环水的空心后壁;在其背面为齿轮箱,用于驱动通过后壁向前突出的两个搅拌叶片;
- b) 揉混器的其余部分(简称为揉面钵),如两侧壁、前壁和底板,均可通入来自恒温水浴的循环水。

上述两部分由两个螺栓和蝶形螺母连接在一起,可以拆卸清洗。

齿轮箱中的轴直接驱动慢搅拌叶片,在新式粉质仪中其转速为 63 r/min。快搅拌叶片由齿轮组驱动,其转速为慢搅拌叶片的 1.5 倍。

注:早期制造的粉质仪驱动轴的转速与新式标准化的 63 r/min 不同。如果转速在 59 r/min 至 67 r/min 范围内,则转速对测定结果的影响可以忽略。如果超出此范围,以稠度  $C$  替代标准稠度 500 FU 即可得到近似准确的吸水量。可按式(A. 1),由驱动轴或慢搅拌叶片的真实转速  $n$ (r/min)计算  $C$  值:

$$C = 500 + 200 \ln \left( \frac{n}{63} \right) \dots\dots\dots (A. 1)$$

如果必须用稠度  $C$  替代标准稠度,则面团的形成时间应按式(A. 2)改变:

$$t_0 = t - 320 \left( \frac{1}{n} - \frac{1}{63} \right) \dots\dots\dots (A. 2)$$

式中:

$t_0$ ——按 6.1 中所述操作用粉质仪测定的面团形成时间,单位为分钟(min);

$t$ ——由实际记录曲线上读出的面团形成时间,单位为分钟(min)。

不充分的数据也可用于对弱化度作类似的校正。

可用盖子关闭揉混器,在新式粉质仪中,盖子由两个部分构成:

- a) 底盖,仅在将小麦粉倒入揉混器时打开。当打开底盖时,安全系统就切断仪器的电源。在底盖上开有长形孔,可通过该长孔用刮刀将面团从和面钵的侧壁刮下。必须通过揉混器右侧长孔的前端加水。
- b) 上盖,位于底盖的上面,用以盖住长孔。仅在加水或刮除面团时打开。

在老式粉质仪中,揉混器由置于其顶端的平整塑料板关闭。打开盖子才能加水或刮除面团。

A. 2. 3 电机及其减速器和测力计的齿轮组被装配在同一个机箱内。从机箱的前端和后端伸出的轴,由滚珠轴承支撑,机箱的测力部分可以相对轴转动。

由前端伸出的轴驱动搅拌叶片。如果面团揉混阻力在轴上产生的扭矩不平衡,将导致机箱测力部分产生反向旋转。

机箱的测力部分带动一个杠杆臂,杠杆臂的另一端通过杠杆系统与刻度盘和记录笔连接。测力部分产生的反向扭矩与刻度盘指针和记录器笔的偏转呈线性相关。如果两个扭矩彼此平衡,则刻度盘指针和记录笔的偏转就与驱动轴上的扭矩,即揉混面团的阻力成比例。针对不同规格的揉混器,操作者需选择每偏转单位的正确扭矩(6. 1),方式如下:

——使用刻度盘表头中的平衡砝码:通过手柄可抬升平衡砝码并使它失去作用(见图 A. 1 中的 7);

——调节下杠杆臂的有效长度:通过改变下杠杆臂和电机机架测力部分杠杆臂之间的连接位置调节下杠杆臂的有效长度(见图 A. 1 中的 5)。

在型号较新的仪器中,可以使用这两种方法进行调节。在型号较老的仪器中仅使用第二种调节

方法。

电机测力部分、杠杆、刻度盘和记录器笔组成的记录系统由连接在电机测力部分杠杆臂最右端的油阻尼调节。阻尼的范围可以调整：阻尼越大，曲线越窄。

A.2.4 以成卷的形式提供记录器纸。它由电子钟型的电动机以 1.00 cm/min 的速率驱动。沿其长度方向印有以分钟为分度值的刻度。沿着其宽度方向印有以专用单位(从 0 FU 到 1 000 FU)为分度值的弧状刻度线(半径 200 mm)。

### A.3 恒温控制装置

恒温控制装置通常由水箱和下述部分组成：

- a) 电子加热元件；
- b) 温度调节器，用以控制加热元件，可使揉面钵保持在  $(30 \pm 0.2)^\circ\text{C}$ 。在不利的条件下，需要略高的水温；使用同样的精确度控制；
- c) 温度计；
- d) 电机驱动泵和搅拌器。泵与揉面钵上的水夹套之间以软管相连接。应有足够的功率使揉面钵壁温保持在  $(30 \pm 0.2)^\circ\text{C}$ 。对于 300 g 揉混器，水至少以 2.5 L/min(最好是 5 L/min 或更大)的流速通过夹套，对于 50 g 揉混器，至少为 1 L/min。除了一些早期型号的粉质仪外，油阻尼器也可以与泵连接；然而，如果阻尼器中阻尼油的粘度对温度不敏感，则并不真正需要温度控制。
- e) 一或两个金属盘管。粉质仪制造商现在供应的温度控制装置有两个盘管。其中一个用于连接自来水以冷却恒温水浴。蒸馏水(第 5 章)通过另一个盘管被泵入滴定管以调节其温度(8.2.3)。如果只有一个盘管，除特殊条件外应用于冷却恒温水浴。如果不需要用自来水冷却水浴，可以将蒸馏水泵入仅有的盘管以调节其温度。

### A.4 粉质仪的校验

粉质仪和与其相连接的揉混器的校验情况影响粉质仪测定的再现性。

可以调节测力计、杠杆系统和粉质仪的刻度以得到正确的结果。也可以校正滴定管。然而，对揉混器没有绝对的调节方法。每一个揉混器(或仪器)都可以通过使用一定范围的小麦粉与其他的揉混器(或仪器)相比较。

制造商有可能按照自己的标准调节揉混器。对于旧或已损坏的仪器则不可能。随着揉混器使用量的增加，由该揉混器得出的结果可能改变。若要保持仪器间良好的一致性，需要经常检查。



**附录 B**  
(资料性附录)  
**实验室间试验结果**

1989~1990年由设在荷兰 Wageningen 的 TNO 营养和食品研究所谷物、饲料和烘焙技术部 (IGMB) 组织进行实验室间试验。粉质仪试验的再现性结果见表 B.1, 其资料来源见参考文献[4]。

表 B.1 粉质仪所要求的精密度

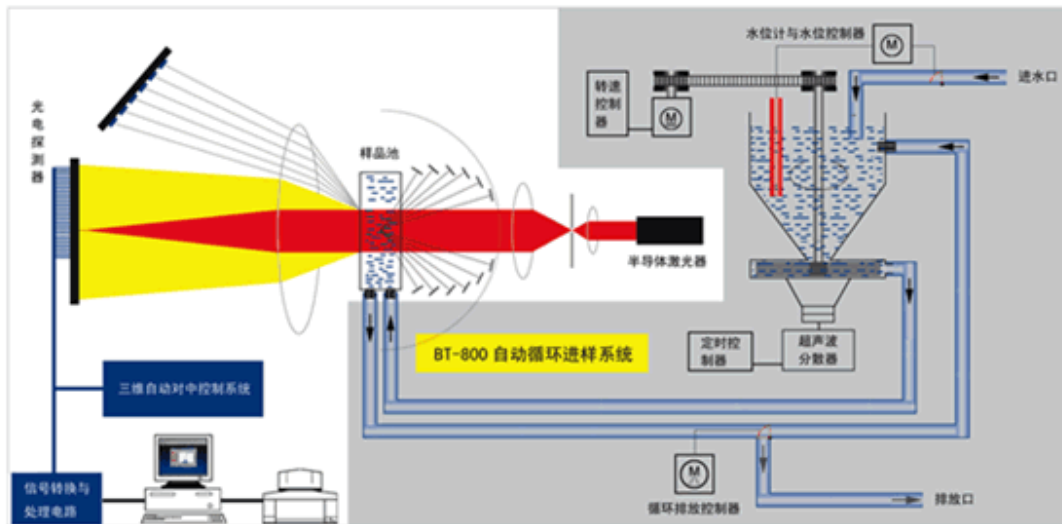
测定	重复性	再现性
吸水量	0.52% <sup>a</sup>	1.60% <sup>a</sup>
面团形成时间等于或低于 4 min	平均值的 16%	平均值的 48%
高于 4 min	没有可靠的结果可供使用	
<sup>a</sup> 以 100 g 小麦粉中水的毫升数表示。		

**参 考 文 献**

- [1] ISO 13690 Cereals, pulses and milled products—Sampling of static batches.
- [2] D'Appolonia B. L. and Kunerth W. H. (eds.), The Farinograph Handbook, AACC, St Paul, MN, 1990.
- [3] AACC Standard Method 54-21.
- [4] Nieman Ir. W. Report No. T 91-31. The reproducibility of farinograph results. IGMB-TNO, Wageningen, The Netherlands, March, 1991.

## 附录 2：激光粒度仪测定和工作原理

光粒度分布仪的工作原理基于夫朗和费（Fraunhofer）衍射和米(Mie)氏散射理论。激光衍射式粒度分布仪的基本装置见附图 1。低能源半导体激光器发出波长为 0.6328 微米的单色光，经空间滤波和扩束透镜，滤去杂光形成直径最大 10mm 的平行单色光束。该光束照射测量区中的颗粒时，会产生光的衍射现象。衍射光的强度分布服从夫朗和费衍射理论。在付立叶透镜后聚焦平面上形成散射光的远场衍射图形。在透镜后焦平面上放置一多环光电检测器，接收衍射光的能量并转换成电信号输出。



附图 1 激光衍射式粒度分布仪的基本装置

根据夫朗和费衍射原理，当测量区中有一直径为  $d$  的球形颗粒时，它的衍射光强分布为：

$$I(\theta) = I_0 \frac{\pi^2 d^4}{16 f^2 \lambda} \left[ 2 \frac{J_1(X)}{X} \right]^2 \quad (1)$$

式中：

$f$ ：是接收透镜的焦距

$\lambda$ ：是入射光的波长

$J_1$ ：是一阶贝塞尔函数  $\theta$ ：是散射角

$$X = \pi d \sin \theta / \lambda$$

激光衍射光强分布落在光电探测器第  $n$  环（环半径从  $S_n$  到  $S_{n+1}$ ，对应的散射角从  $\theta_n$  到  $\theta_{n+1}$ ）上的光能量为：

$$e_n = \int_{S_n}^{S_{n+1}} I(\theta) 2\pi S dS \quad (n = 1, 2, 3 \dots) \quad (2)$$

将 (1) 式中的  $I(\theta)$  代入后可得：

$$e_n = \frac{\pi d^2}{4} I_0 [J_0^2(X_n) + J_1^2(X_n) - J_0^2(X_{n+1}) - J_1^2(X_{n+1})] \quad (3)$$

式中： $J_0$ ：是零阶贝塞尔函数

如果测量中同时有  $N$  个直径为  $d$  的颗粒存在，则在第  $n$  个光环上所接收到的光能量将是一个颗粒时的  $N$  倍 ( $N \cdot e_n$ )。以此类推，当颗粒群中直径为  $d_i$  的颗粒共有  $N_i$  个，则颗粒群总的衍射光能将是所有各个颗粒衍射光能之和，即

$$e_n = \frac{\pi I_0}{4} \sum N_i d_i^2 [J_0^2(X_{i,n}) + J_1^2(X_{i,n}) - J_0^2(X_{i,n+1}) - J_1^2(X_{i,n+1})] \quad (4)$$

如果尺寸分布用重量  $W$  表示， $W$  和  $N$  之间的关系为：

$$N_i = \frac{6W_i}{\pi \rho d_i^3} \quad (5)$$

式中： $\rho$  为颗粒物质的密度，将上式代入式 (4) 可得：

$$e_n = \frac{3I_0}{2\rho} \sum \frac{W_i}{d_i} [J_0^2(X_{i,n}) + J_1^2(X_{i,n}) - J_0^2(X_{i,n+1}) - J_1^2(X_{i,n+1})] \quad (6)$$

式 (6) 建立了光电探测器各环的衍射光信号与被测颗粒粒径及分布之间的对应关系。

在实际计算中，使用的光电探测器共有 74 个有效环，光电探测器上 74 个环中的第  $n$  个环的内半径为  $S_n$ ，外半径为  $S_{n+1}$ 。这样一来，由式 (6) 即可算得系数矩阵，一旦测出 74 个有效环上的光能分布  $E$ ，通过对式 (6) 所列线性方程组的求解，就能得到颗粒尺寸的体积分布  $W$ 。

## 实验二 软饮料原辅料的检验

任何一种饮料，其质量是与组成饮料的各种原辅料分不开的，如果使用的原辅料质量不好，所生产的饮料产品往往会有一些不良现象。因此，我们在外购原辅料时，一定要按标准对其质量进行检验，这样才能为保证产品质量打下基础。

对于生产中使用的绝大多数原辅料来说，使用前一般只做感官检验，核对其是否符合产品标准规格，这里仅介绍生产中使用最普遍的白砂糖及柠檬酸的检测方法。

### 一、白砂糖检验

#### (一) 感官指标

颜色：色泽洁白发亮。

晶粒：大小一致，晶面明显，无碎末，并富有光泽。

气味和滋味：具有纯正的甜味，不带有苦焦味、酸味和其它杂质味。

夹杂物：不允许含有夹杂物，水溶液应清晰透明，无悬浮物、沉淀物或浑浊现象。

#### (二) 水分测定

加热干燥的原理是基于物料中的水分受热后产生的蒸汽压高于它在烘箱中的分压。物料干燥的速度取决于这个压差的大小，红外线、高频或微波加热能使物料表面与内部均匀加热，使水分迅速向表面移动；真空干燥能使水分迅速离开物料表面。因此，它们的干燥速度要比同温度下的常压干燥快得多。通常采用常压干燥法，方法如下：

精确称取白砂糖样品 5—10 克，放到已干燥、冷却和称重的有盖金属皿中，移到 100—105℃烘箱里，开盖，约 2 小时左右后取出，加盖，放到干燥器内冷却，称重。如此重复操作，直到前后两次的重量差不超过 0.002 克即算恒重。

按下式计算水分含量：

$$\text{水分}(\%) = \frac{G}{W} \times 100$$

式中：G—样品干燥后失重（克）；

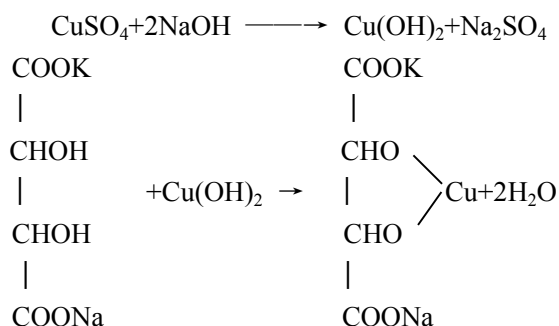
W—样品重量（克）。

#### (三) 蔗糖测定

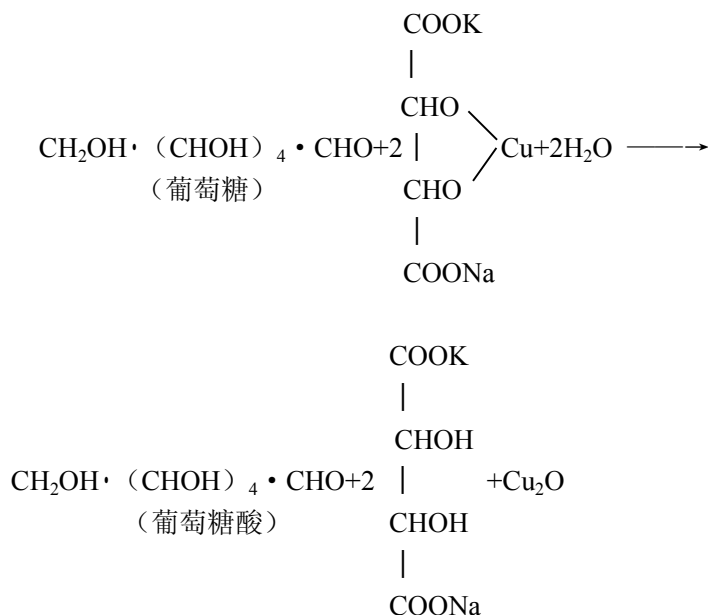
测定糖分的方法有物理法（旋光法、折光法、比重法）、物理化学法（电位法、极谱法、光度法、色谱法）和化学法（斐林氏法、铁氰化钾法、蒽酮比色法、高锰酸钾法、碘量法、卡啉比色法）三种。目前工厂中普遍使用的方法是斐林氏容量法。

##### 1. 原理

斐林氏 A、B 液混合时，生成的天蓝色氢氧化铜沉淀，立即与酒石酸钾钠起反应，生成深蓝色的氧化铜和酒石酸钾钠的络合物—酒石酸钾钠铜。反应式如下：



酒石酸钾钠铜被葡萄糖和果糖还原，生成红色的氧化亚铜沉淀，反应式如下：



达到终点时，稍微过量的转化糖将蓝色的次甲基蓝染色体还原为无色的隐色体，而显出氧化亚铜的鲜红色。

## 2. 试剂

①斐林氏 A 液：溶解 69.28 克化学纯的硫酸铜（ $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ）于 1000 毫升水中，过滤备用。

②斐林氏 B 液：溶解 346 克化学纯酒石酸钾钠和 100 克化学纯氢氧化钠于 1000 毫升水中，过滤备用。

斐林氏溶液的标定：准确称取经烘干冷却的分析纯蔗糖 1.5—2.0 克，用蒸馏水溶解并移入 250 毫升容量瓶中，加水至刻度，摇匀。吸取此溶液 50 毫升于 100 毫升容量瓶中，加盐酸 5 毫升，摇匀。置水浴中加热，使溶液在 2—2.5 分钟内升温至 67—69℃，保持 7.5—8 分钟，使全部加热时间为 10 分钟。取出，迅速冷却至室温。用 30% 氢氧化钠溶液中和，加水至刻度，摇匀，注入滴定管中（必要时过滤）。

准确吸取斐林 A、B 液各 5 毫升于 250 毫升三角瓶中，加水约 50 毫升，玻璃珠数粒，置石棉网上加热至沸，保持 1 分钟，加入次甲基蓝指示剂 1 滴，再煮沸 1 分钟，立即用配制好的糖液滴定至蓝色褪尽显红色为终点。正式滴定时，先加入比预试时少 0.5 毫升左右的糖液，煮沸 1 分钟，加指示剂 1 滴，再煮沸 1 分钟，继续用糖液滴定至终点。按下式计算其浓度：

$$A = \frac{W \times V}{500 \times 0.95}$$

式中：A——相当于 10 毫升斐林氏 A 和 B 混合液的转化糖的量（克）；

- W——称取的纯蔗糖的量（克）；  
 V——滴定时消耗的糖液量（毫升）；  
 1/500——稀释比（ $1/250 \times 50/100$ ）；  
 0.95——换算系数（0.95克蔗糖可转化为1克转化糖）。

### 3. 操作方法

样液制备和转化与斐林氏溶液的标定中蔗糖溶液的转化相同。将检液注入滴定管中，吸取斐林氏 A 和 B 液各 5 毫升于 250 毫升锥形瓶中，按斐林氏溶液的标定方法（仅以检液代替标准糖液，操作完全相同）进行滴定。按下式计算样品含糖量：

$$\text{总糖（以转化糖计\%）} = \frac{A \times 1000}{W \times V} \times 100$$

- 式中：A——相当于 10 毫升斐林氏 A 和 B 混合液的转化糖含量（克）；  
 W——称取的样品的量（克）；  
 V——滴定时消耗的样液量（毫升）；  
 1000——稀释倍数（ $500 \times 100/50$ ）。

## （四）还原糖测定

葡萄糖分子中含有游离醛基，果糖分子中含有游离酮基，乳糖和麦芽糖分子中含有游离的半缩醛羟基，因而都具有还原性，在适当的条件下易被氧化。这些糖类统称为还原糖。因此，测定总糖时所有将糖类水解为转化糖再测定的方法，都可用来测定还原糖。最好选用和测定总糖相同的方法。故在这里仍选择斐林氏容量法。

斐林氏容量法的原理、试剂、方法与总糖测定相同，只是样液不必经过转化，而直接取滤液进行滴定。滤液中的还原糖含量以 0.2—0.5% 为宜，可增减样品量或改变稀释倍数来调节。10 毫升斐林氏 A 和 B 混合液在理论上相当的还原糖量如下：

葡萄糖（无水）、果糖或转化糖	0.0500 克
乳糖	0.0678 克
麦芽糖	0.0807 克

## （五）灰分测定

称取样品  $5.0 \pm 0.5$  克于已恒重的瓷坩埚中（称准至 0.001 克），滴加硫酸 1—2 毫升，先行炭化后再移至 550℃ 灰化炉中烧至灰白色为止，取出，冷却、称重。按下式计算：

$$\text{灰分（\%）} = \frac{S \times 0.9}{W} \times 100$$

- 式中：S——灰分的重量（克）；  
 W——样品的重量（克）；  
 0.9——炭化系数。

表 1 白砂糖主要理化指标（国家标准）

项目名称	精糖	优级	一级	二级
蔗糖不少于（%）	99.85	99.75	99.65	99.45
还原糖不多于（%）		0.08	0.15	0.17
灰分不多于（%）	0.03	0.05	0.10	0.15
水分不多于（%）	0.04	0.06	0.07	0.12
色值不超过（°st）	0.04	1.00	2.00	3.50

不溶于水的杂质不超过 (mg/kg)		40	60	90
--------------------	--	----	----	----

## 二、柠檬酸检验

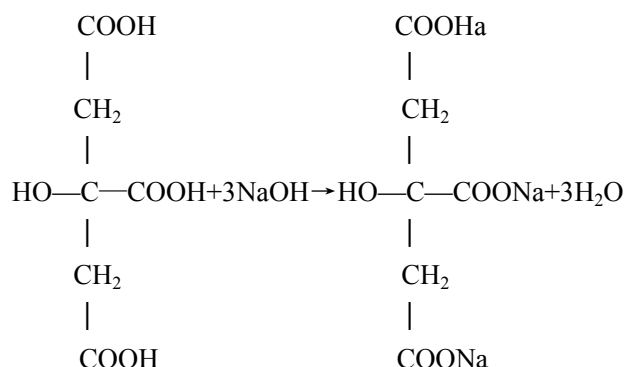
### (一) 感官指标

柠檬酸为无色半透明结晶或白色颗粒，或白色结晶性粉末，无臭，味极酸，干燥松散。

### (二) 柠檬酸含量测定

#### 1. 原理

柠檬酸与碱溶液滴定时，被中和生成盐类。反应式如下：



用酚酞作指示剂，它在 pH 约 8.2 时，就确定了游离酸中和的终点。无色的酚酞与碱作用时生成酚酞盐，同时失去 1 分子水，引起醌型重排而呈红色。

#### 2. 试剂

①1%酚酞指示剂：溶解酚酞粉末 1.0 克于 100 毫升 90%乙醇中。

②0.1N 氢氧化钠标准溶液：称取 4 克 NaOH，用 1000 毫升不含 CO<sub>2</sub> 的水溶解，加数滴饱和氢氧化钡，放置过夜，标定时吸收上部清液。

标定：称取于 105—110℃烘至恒重的基准苯二甲酸氢钾 0.5—0.6 克，称准至 0.001 克，放入锥形瓶内，加不含二氧化碳的水 50 毫升，小心摇动，使其溶解。加 1%酚酞指示剂 2 滴，用欲标定的 0.1N 氢氧化钠溶液滴定至溶液呈粉红色，即为终点（取 80 毫升 pH 为 8.5 的缓冲液，加入 1%酚酞指示剂 2 滴，作为终点颜色的标准）。

同样条件下，取 80 毫升不含二氧化碳的水，作空白试验，换算成 50 毫升水时消耗的氢氧化钠量进行修正。

计算：氢氧化钠标准溶液的当量浓度 N 按下式计算：

$$N = \frac{W}{V \times 0.204227}$$

式中：W——苯二甲酸氢钾的重量（克）；

V——氢氧化钠溶液的用量（毫升）；

0.204227——每毫克当量苯二甲酸氢钾的克数。

#### 3. 测定

精确称取柠檬酸 1 克，加蒸馏水溶解，并定容至 100 毫升。吸取 1 毫升置于 250 毫升三角瓶中，加蒸馏水 50 毫升，酚酞指示剂 2—3 滴，用 0.1N 氢氧化钠标准溶液滴定至淡粉红色，记录氢氧化钠溶液消耗的毫升数。

$$\text{柠檬酸含量 (\%)} = \frac{N \cdot V \cdot 0.064}{W \cdot \frac{1}{100}} \times 100$$

式中：N——氢氧化钠标准溶液的当量浓度；  
V——氢氧化钠溶液消耗的毫升数；  
0.064——柠檬酸毫克当量数；  
W——样品重（克）。

表 2 酸味剂标准规格

名称	柠檬酸 (以 $C_6H_6O_7 \cdot H_2O$ 计)	乳酸	醋酸	磷酸
含量 (%)	$\geq 99.0$	$\geq 80$	$\geq 99.0$	$\geq 85.0$
灼烧残渣 (%)	$\leq 0.1$	$\leq 0.1$		
硫酸盐 (%)	$\leq 0.05$	$\leq 0.01$		$\leq 0.005$
铁 (%)	$\leq 0.001$	$\leq 0.001$	$\leq 0.0002$	
重金属 (以 Pb 计) (%)	$\leq 0.001$	$\leq 0.001$	$\leq 0.0002$	$\leq 0.001$
砷 (%)	$\leq 0.0001$	$\leq 0.0001$	$\leq 0.0001$	$\leq 0.0001$
其它	草酸盐、钙盐符合规定	氯化物 $\leq 0.002\%$	蒸发残渣 $\leq 0.02\%$ 甲酸 $\leq 0.05\%$ 乙醛 $\leq 0.05\%$ 甲醛 $\leq 0.03\%$ 高锰酸钾试验 $\geq 5$ 分钟 异臭符合规定	色度 $\leq 20$ 氟 $\leq 0.001\%$ 氯化物 $\leq 0.0005\%$ 易氧化物 $\leq 0.012\%$



# 实验三 软饮料成品检验

## 一、感官指标检验

### 1. 色泽

果味汽水、果汁汽水具有天然新鲜果肉（或其果汁）近似的色泽或习惯承认之颜色，可乐型及其他汽水应具有相符之色泽。同一产品色泽鲜亮一致，无变色现象。

### 2. 香气与滋味

开瓶或罐嗅之及品尝，具有本品种应有的香气和滋味，不得有异味。

### 3. 外观形态

①果汁汽水、果味汽水中清汁类应澄清透明。不混浊、不分层、不沉淀；

②果汁汽水、果味汽水中混汁类应具有相应的果汁混浊度，均匀一致不分层，允许有果肉沉淀；

③液面高度：液面与瓶口的距离不超过 6 厘米，封盖后应能看到液面；

④杂质：不得有外来杂物和沉淀物，瓶身整洁。

### 4. 包装检查

①检查瓶盖封口，用手旋瓶盖是否压紧，封紧密，不漏气；

②商标，粘贴端正，图案清晰。

## 二、理化指标检验

### （一）CO<sub>2</sub> 含量测定

#### 1. 仪器

CO<sub>2</sub> 检压器。

#### 2. 方法

取汽水一瓶用检压器轧住瓶颈（注意不要让瓶盖松动），拧紧锁口，旋动气阀用顶针刺穿瓶盖（包括铁壳，软木或塑料胞垫），手拿住瓶子用力摇动，摇动至表上的指针稳定为止。记下压力数，旋开气阀，卸下检压器，随即打开瓶盖，用温度计测量瓶内液体温度，根据压力和温度查表即得 CO<sub>2</sub> 气容积倍数。

### （二）可溶性固形物测定

#### 1. 仪器

手持糖量计。

#### 2. 方法

分开校镜，用脱脂棉蘸乙醚或酒精擦干净，用玻璃棒蘸取均匀试样 1-2 滴，仔细滴入折光计平面之中央，迅速闭合上下二棱镜，静置一分钟。对准光亮处目镜观察，旋动螺旋，使视野明暗两部分界限明晰，读标尺所示百分数，即为汽水糖度。

### （三）酸度测定

#### 1. 测定原理及所需试剂

同本章第二节柠檬酸含量测定。

#### 2. 测定方法

将整瓶汽水倒掉一半，放入水浴锅中加热煮沸 10 分钟（赶走 CO<sub>2</sub>），取出自然冷却至室温。用移液管吸取 10 毫升样品，于 250 毫升三角瓶中，加 50 毫升蒸馏水。置电炉上加热至沸，取下待冷后加入酚酞指示剂 2 滴，用 0.1NaOH 标准溶液滴定至终点，记录所用碱液毫升数。

### 3. 计算

$$\text{酸度\% (以柠檬酸计)} = \frac{N \cdot V \cdot 0.064}{V_1} \times 1000$$

式中：N——NaOH 标准溶液的当量浓度；

V——消耗 NaOH 标准溶液的毫升数；

V<sub>1</sub>——吸取样品毫升数；

0.064——柠檬酸的毫克当量系数；

## 三、微生物指标检验

### （一）细菌总数测定

菌落总数是指食品检样经过处理，在一定条件下培养后，所得 1 克或 1 毫升检样中所含细菌菌落的总数。

菌落总数主要作为判定食品被污染程度的标志，也可以应用这一方法观察细菌在食品中繁殖的动态，以便对待测样品进行卫生学评价时提供依据。

每种细菌都有它一定的生理特性，培养时，应用不同的营养条件及其它生理条件（如温度，培养时间，pH 值，需氧性质等），去满足其要求，才能分别将各种细菌都培养出来。但在实际工作中，一般都只有一种常用的方法去作细菌菌落总数的测定，所得结果，是包括一群能在营养琼脂上发育的嗜温性需氧菌的菌落总数。

#### 1. 培养基和试剂

##### ①营养琼脂培养基

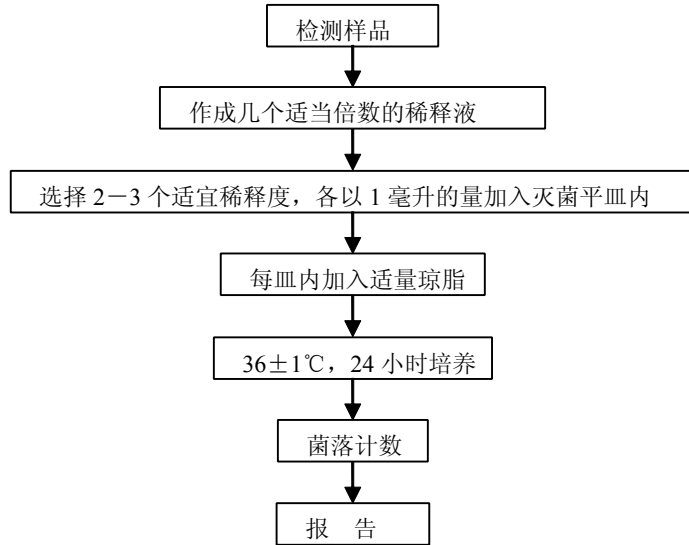
成分：蛋白胨	10 克	琼脂	15—20 克
牛肉膏	3 克	蒸馏水	1000 毫升
NaCL	5 克		

制法：将琼脂以外的各种成份溶解于蒸馏水内，加入 15%NaOH 溶液约 2 毫升，调 pH 至 7.2—7.4，加入琼脂，加热煮沸，使琼脂溶化。分装烧瓶，121℃ 高压灭菌 20 分钟。

##### ②75%酒精。

##### ③生理盐水或其它稀释液，定量及装入玻璃瓶和试管内灭菌。

#### 2. 检验程序



### 3. 检验步骤

#### (1) 检测样品稀释及培养

- ①以无菌操作，将检测样品用无菌吸管吸 1 毫升注入含 9 毫升灭菌生理盐水的试管里，振摇试管混合均匀，作成 1：10 的均匀稀释液。
- ②用 1 毫升灭菌吸管，吸取 1：10 稀释液 1 毫升沿管壁注入含有 9 毫升灭菌生理盐水的试管内，振摇试管混合均匀，作为 1：100 的稀释液。
- ③另取 1 毫升灭菌吸管，按上述操作顺序，作 10 倍递增稀释液。如此每递增一次，即换用 1 支 1 毫升灭菌吸管。即稀释成 1：1000，1：10000 等备用。
- ④根据食品卫生标准要求或对本污染的情况估计。选择 2—3 个适宜稀释度，分别在作 10 倍递增稀释的同时，即以吸取该稀释度的吸管吸 1 毫升稀释液于灭菌平皿内，每 1 个稀释度作两个平皿。
- ⑤稀释液注入平皿后，应及时将凉至 46℃ 营养琼脂培养基，注入平皿约 15 毫升，并转动平皿使混合均匀，同时将营养琼脂培养基倾入 1 毫升稀释液的灭菌平皿内作空白对照。
- ⑥待琼脂凝固后，翻转平板，置 36±1℃ 温箱内培养 24±2 小时（肉、水产、乳和蛋白质为 48±2 小时），取出，计算平板内菌落数目，乘以稀释倍数即得每克（或毫升）样品所含菌落总数。

#### (2) 菌落计数方法

作平板菌落计数时，可用肉眼观察，必要时用放大镜检查，以防遗漏。在记下各平板的菌落数后，求出同稀释度的各平板平均菌落数。

#### (3) 菌落计数的报告

①平板菌落数的选择：选取菌落数在 30—300 之间的平板作为菌落总数测定标准。一个稀释度使用两个平板应采用两个平板平均数。其中一个平板有较大片状菌落生长时，不宜采用，而应以无片状菌落生长的平板作为稀释度的菌落数。若无片状菌落不到平板的一半，而其余一半中菌落分布又很均匀，即可计算半个平板后乘 2，以代表全皿菌落数。

#### ② 稀释度的选择

I、应选择平均菌落数在 30—300 之间的稀释度，乘以稀释倍数报告之（表 1 例 1）。

表 1 稀释度选择及菌落数报告方式

例次	稀释液及菌落数	两稀释液之比	菌落总数 (个/克或毫升)	报告方式 (个/克或毫升)

	$10^{-1}$	$10^{-2}$	$10^{-3}$			
1	多不可计	164	20	—	16400	16000 或 $1.6 \times 10^4$
2	多不可计	295	46	1.6	37750	38000 或 $3.8 \times 10^4$
3	多不可计	271	60	2.2	27100	27000 或 $2.7 \times 10^4$
4	多不可计	多不可计	313	—	313000	310000 或 $3.1 \times 10^5$
5	27	11	5	—	270	270 或 $2.7 \times 10^2$
6	0	0	0	—	$<1 \times 10$	$<10$
7	多不可计	305	12	—	30500	31000 或 $3.1 \times 10^4$

II、若有两个稀释度，其生长的菌落数均在 30—300 之间，则应按二者菌落数总数之比值决定。若其比值小于 2，应报告其平均数，若大于 2 则报告其中较小的数字（表 1 例 2 及 3）。

III、若所有稀释度的平均菌落数均大于 300，则应按稀释度最高的平均菌落数，乘以稀释倍数报告之（表 1 例 4）。

IV、若所有稀释度的平均菌落数均小于 30，则应按稀释度最低的平均菌落数乘以稀释倍数报告之（表 1 例 5）。

V、若所有稀释度均无菌落生长，则以小于 1 乘以最低稀释倍数报告之（表 1 例 6）

VI、若所有稀释度均不在 30—300 之间，其中一部分大于 300 或小于 30 时，则以最接近 30 或 300 的平均菌落数乘以稀释倍数报告之（表 1 例 7）。

#### （4）菌落数的报告

菌落数在 100 以内时，按其实有数报告，大于 100 时，采用二位有效数字，在二位有效数字后面的数值，以四舍五入方法计算。为了缩短数字后面的零数，也可用 10 的指数来表示（见表 1 “报告方式栏”）。在报告菌落数为“无法计算”时，应注明水样的稀释倍数。

## （二）大肠菌群测定

大肠菌群系指一群能发酵乳糖，产酸产气，需氧和兼性厌氧的革兰氏阴性无芽胞杆菌。该菌主要来源于人畜粪便，故以此作为粪便污染指标来评价食品的卫生质量，具有广泛的卫生学意义。

食品中大肠菌群系以每 100 毫升（克）检样内大肠菌群最可能数（MPN）表示。

### 1. 培养基及试剂

#### （1）乳糖胆盐发酵管

成分：蛋白胨	20 克	0.04%溴甲酚紫水溶液	25 毫升
猪胆盐（或牛、羊胆盐）	5 克	蒸馏水	1000 毫升
乳糖	10 克	pH	7.4

制法：将蛋白胨、胆盐及乳糖溶于水，校正 pH，加入指示剂，分装每管 10 毫升，并放入一个小倒管，高压灭菌 115℃，15 分钟。

双料乳糖胆盐发酵管除蒸馏水外，其他成分加倍；乳糖发酵管除不加胆盐外，其它成分与制法与乳糖胆盐发酵管相同。

#### （2）伊红美兰琼脂（EMB）

成分：蛋白胨	10 克	2%伊红 Y 美溶液	20 毫升
--------	------	------------	-------

乳 糖	10 克	0.65%美兰溶液	10 毫升
磷酸氢二钾	2 克	蒸馏水	1000 毫升
琼脂	17 克	pH	7.1

制法：将蛋白胨、磷酸盐和琼脂溶解于蒸馏水中，校正 pH，分装于三角瓶内，高压灭菌 121℃，15 分钟备用，及时加入乳糖并加热溶化琼脂，冷至 50—55℃。加入伊红和美兰溶液，摇匀，倾注平板。

### (3) 革兰氏染液

①结晶紫染色液：结晶紫 1 克，95%酒精 20 毫升，1%草酸铵水溶液 80 毫升。将结晶紫溶解于酒精中，然后与草酸铵溶液混合。

②革兰氏碘液：碘 1 克，碘化钾 2 克，蒸馏水 300 毫升。将碘与碘化钾进行混合，加入蒸馏水少许，充分振摇，待完全溶解后，再加蒸馏水至 300 毫升。

③沙黄复染液：沙黄 0.25 克，95%酒精 10 毫升，蒸馏水 90 毫升。将沙黄溶解于酒精中，然后用蒸馏水稀释。

#### ④染色法

I、将涂片在火焰上固定，滴加结晶紫染色液，染 1 分钟，水洗。

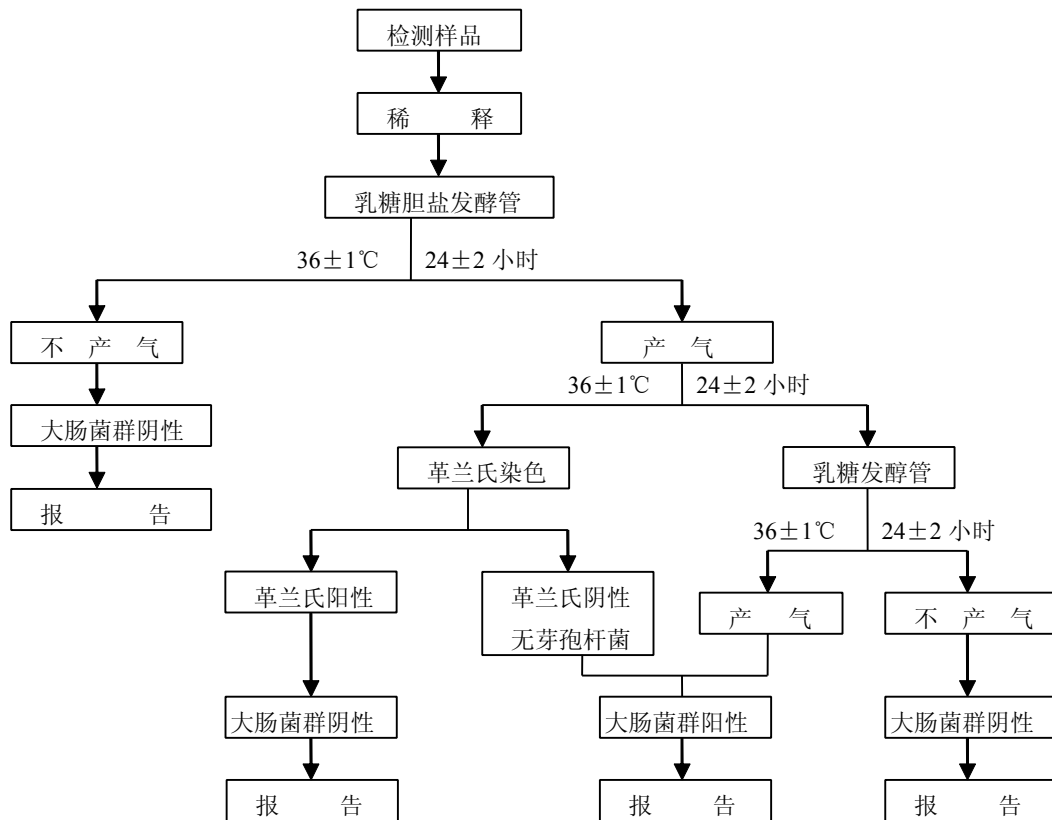
II、滴加革兰氏碘液，作用 1 分钟，水洗。

III、滴加 95%酒精脱色，约 30 秒钟，或将酒精滴满整个涂片，立即倾去，再用酒精滴满整个涂片，脱色 10 分钟。

IV、水洗，滴加复染液，复染 1 分钟，水洗，待干镜检。

V、结果：革兰氏阳性菌呈紫色，革兰氏阴性菌呈红色。

### 2. 检验程序



### 3. 检验步骤

①用 1 毫升灭菌管，吸取检测样品 1 毫升，注入含有 9 毫升生理盐水的试管内，振摇试管混匀，作为 1：10 的稀释液。

②选择三个稀释度，每个稀释度接种 3 管。

③乳糖发酵试验：将待检样品接种于乳糖胆盐发酵管内，接种量在 1 毫升以上者，用双料乳糖胆盐发酵管。1 毫升及 1 毫升以下者，用单料乳糖胆盐发酵管。每一个稀释度接种 3 管，置  $36\pm 1^{\circ}\text{C}$  恒温箱内，培养  $24\pm 2$  小时，如所有乳糖胆盐发酵管都不产气，则可报告为大肠菌群阴性，如有产气者，则按下列程序进行。

④分离培养：将产气的发酵管分别转种在伊红美兰琼脂平板上，置  $36\pm 1^{\circ}\text{C}$  恒温箱内，培养 18—24 小时，然后取出，观察菌落形态，并作革兰氏染色和证实试验。

⑤证实试验：在上述平板上，挑取可凝大肠菌群菌落 1—2 个，进行革兰氏染色，同时接种乳糖发酵管，置  $36\pm 1^{\circ}\text{C}$  恒温箱内培养  $24\pm 2$  小时，观察产气情况。凡乳糖管产气、革兰氏染色为阴性的无芽孢杆菌，则可报告为大肠菌群阳性。

⑥报告：根据证实为大肠菌群阳性的管数，查 MPN 检查表(表 2)，报告每 100 毫升(克)大肠菌群的最可能数。

表 2 大肠菌群最可能数 (MPN) 检索表

阳性管数			MPN 100ml (g)	95%可信限	
1ml (g) ×3	0.1ml (g) ×3	0.01ml (g) ×3		下限	上限
0	0	0	<30		
0	0	1	30	<5	90
0	0	2	60		
0	0	3	90		
0	1	0	30		
0	1	1	60	<5	130
0	1	2	90		
0	1	3	120		
0	2	0	60		
0	2	1	90		
0	2	2	120		
0	2	3	160		
0	3	0	90		
0	3	1	130		
0	3	2	160		
0	3	3	190		
1	0	0	40	<5	200
1	0	1	70	10	210
1	0	2	110		
1	0	3	150		
1	1	0	70	10	230
1	1	1	110	30	360
1	1	2	150		
1	1	3	190		
1	2	0	110	30	360
1	2	1	150		
1	2	2	200		
1	2	3	240		
1	3	0	160		
1	3	1	200		
1	3	2	240		
1	3	3	290		

续

阳性管数		MPN 100ml (g)	95%可信限
------	--	------------------	--------

1ml (g) ×3	0.1ml (g) ×3	0.01ml (g) ×3		下限	上限
2	0	0	90	10	360
2	0	1	140	30	370
2	0	2	200		
2	0	3	260		
2	1	0	150	30	440
2	1	1	200	70	890
2	1	2	270		
2	1	3	340		
2	2	0	210	40	470
2	2	1	280	100	1500
2	2	2	350		
2	2	3	420		
2	3	0	290		
2	3	1	360		
2	3	2	440		
2	3	3	530		
3	0	0	230	40	1200
3	0	1	390	70	1300
3	0	2	640	150	3800
3	0	3	950		
3	1	0	430	70	2100
3	1	1	750	140	2300
3	1	2	1200	300	3800
3	1	3	1600		
3	2	0	930	150	3800
3	2	1	1500	300	4400
3	2	2	2100	350	4700
3	2	3	2900		
3	3	0	2400	360	13000
3	3	1	4600	710	24000
3	3	2	11000	1500	48000
3	3	3	≥24000		

注：①本表采用3个稀释度[1ml(g)、0.1ml(g)和0.01ml(g)]，每稀释度3管。

②表内所列检样量如改用10ml(g)、1ml(g)和0.1ml(g)时，表内数字应相应降低10倍；发改用0.1ml(g)、0.01ml(g)和0.001ml(g)时，则表内数字应相应增加10倍。其余可类推。



## 实验四 软饮料常用检测方法

### 一、可溶性固形物的测定

#### (一) 仪器

阿贝折光计或其他折光计：测量范围 0~80%，精确度±0.1%。  
组织捣碎机。

#### (二) 试液的制备

- (1) 透明液体制品，将试样充分混匀，直接测定。
- (2) 半粘稠制品（果浆、菜浆类），将试样充分混匀，用 4 层纱布挤出滤液，弃去最初几滴，收集滤液供测试用。
- (3) 含悬浮物质制品（果粒果汁饮料），将待测样品置于组织捣碎机中捣碎，用 4 层纱布挤出滤液，弃去最初几滴，收集滤液供测试用。

#### (三) 分析步骤

##### 1. 手持糖度计的使用方法

- (1) 测定前按说明书校正折光计，手持糖度计结构如图 1 所示。

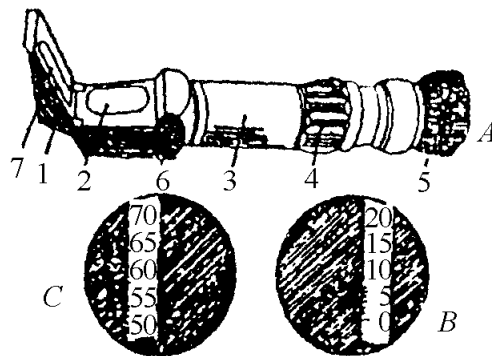


图 1 手持糖度计

A. 外形 B、C. 不同浓度范围的浓度标尺

1. 照明棱镜盖板
2. 折光棱镜
3. 望远镜管
4. 旋钮
5. 眼罩
6. 校正螺丝
7. 进光窗口

- (2) 分开折光计两面棱镜，用脱脂棉蘸乙醚或乙醇擦净。
- (3) 用末端熔圆之玻璃棒蘸取试液 2~3 滴，滴于折光计棱镜面中央（注意勿使玻璃棒触及镜面）。
- (4) 迅速闭合棱镜，静置 1min，使试液均匀无气泡，并充满视野。
- (5) 对准光源，通过目镜观察接物镜。调节旋钮，使视野分成明暗两部，再旋转微调螺旋，使明暗界限清晰，并使其分界线恰在接物镜的十字交叉点上。读取目镜视野中的百分数或折光率，并记录温度。
- (6) 如目镜读数标尺刻度为百分数，即为可溶性固形物的百分含量；如目镜读数标尺为折光率，可按表 1 (P<sub>23</sub>) 换算为可溶性固形物百分含量。

将上述百分含量按表 2 (P<sub>24</sub>) 换算为 20℃ 时可溶性固形物百分含量。

##### 2. 阿贝折光计的使用方法与注意事项

### (1) 使用方法

①阿贝折光计的结构如图 2。折光计在使用前，须对刻度尺读数进行校正。对于刻度尺折光率较低部分，可在一定温度下测定蒸馏水的折射率，借以进行刻度尺的校准。例如，纯水在 20℃时的折光率为 1.33299，折光计刻度尺读数必须与之一致。对于刻度尺折光率部分，可用折射率为一定标准的玻璃板校验读数。校验时，先把进光棱镜打开，在标准玻璃板抛光面上加一滴溴代萘，使之粘在折射棱镜表面上，将标准玻璃板抛光的一端向下，以接受光线。测得的折射率应与标准玻璃板的折射率相同。如有差异，则可旋动分界线调节旋钮，使明暗分界线刚好通过十字线交点。然后，将进光棱镜和折射棱镜仔细洗净揩干。

②用滴管式圆头玻璃棒取样液 1~2 滴，使之无气泡均布于进光棱镜的磨砂面上，旋转棱镜锁紧扳手 12。

③调节两反光镜 4、18 使两镜筒视野明亮。

④旋转旋钮 2 使棱镜组 13 转动，在望远镜中观测是明暗分界线上下移动，同时，旋转阿米西棱镜旋钮 10 使视野中除黑白两色外无其他颜色。当视野中无色且分界线在十字线中心时，由读数镜筒读取读数；右边刻度为折射率，左边刻度为样液百分浓度数。

### (2) 测定时的注意事项

①折光计棱镜是软质铅玻璃制成，每次测完后必须用洁净而柔软的布揩拭。糖液可用水，油类须用乙醇或苯等洗涤，切勿用硬质物触及棱镜，以防损伤。

②样液折射率因温度不同而有偏差，欲得准确结果，最好将样液调至 20℃进行测定，在条件不具备时，应对测定结果进行温度校正。

③对颜色很深的样品宜使用反射光进行测定，以减小误差。方法是调整反光镜，使无光线从进光棱镜射入，同时揭开折射棱镜的旁盖，让光线由折射棱镜的侧孔射入。

### (四) 允许差

同一样品两次测定值之差，不应大于 0.5%。取两次测定的算术平均值作为结果，精确到小数点后一位。

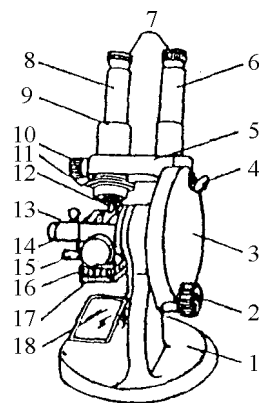


图 2 阿贝折光计

- 1.底座 2.棱镜调节旋钮 3.圆盘组（内有刻度板） 4.小反光镜  
5.支架 6.读数镜筒 7.目镜 8.观测镜筒 9.分界线调节旋钮 10.消色调节旋钮 11.色散刻度尺 12.棱镜锁紧扳手 13.棱镜组 14.温度计插座 15.恒温器接手 16.保护罩 17.主轴 18.反光镜

表 1 20℃时折光率与可溶性固形物换算表

折光率	可溶性 固形物 (%)	折光率	可溶性 固形物 (%)	折光率	可溶性 固形物 (%)	折光率	可溶性 固形物 (%)	折光率	可溶性 固形物 (%)	折光率	可溶性 固形物 (%)
1.3330	0.0	1.3549	14.5	1.3793	29.0	1.4066	43.5	1.4373	58.0	1.4713	72.5
1.3337	0.5	1.3557	15.0	1.3802	29.5	1.4076	44.0	1.4385	58.5	1.4725	73.0
1.3344	1.0	1.3565	15.5	1.3811	30.0	1.4086	44.5	1.4396	59.0	1.4737	73.5
1.3351	1.5	1.3573	16.0	1.3820	30.5	1.4096	45.0	1.4407	59.5	1.4749	74.0
1.3359	2.0	1.3582	16.5	1.3829	31.0	1.4107	45.5	1.4418	60.0	1.4762	74.5
1.3367	2.5	1.3590	17.0	1.3838	31.5	1.4117	46.0	1.4429	60.5	1.4774	75.0
1.3373	3.0	1.3598	17.5	1.3847	32.0	1.4127	46.5	1.4441	61.0	1.4787	75.5
1.3381	3.5	1.3606	18.0	1.3856	32.5	1.4137	47.0	1.4453	61.5	1.4799	76.0
1.3388	4.0	1.3614	18.5	1.3865	33.0	1.4147	47.5	1.4464	62.0	1.4812	76.5
1.3395	4.5	1.3622	19.0	1.3874	33.5	1.4158	48.0	1.4475	62.5	1.4825	77.0
1.3403	5.0	1.3631	19.5	1.3883	34.0	1.4169	48.5	1.4486	63.0	1.4838	77.5
1.3411	5.5	1.3639	20.0	1.3893	34.5	1.4179	49.0	1.4497	63.5	1.4850	78.0
1.3418	6.0	1.3647	20.5	1.3902	35.0	1.4189	49.5	1.4509	64.0	1.4863	78.5
1.3425	6.5	1.3655	21.0	1.3911	35.5	1.4200	50.0	1.4521	64.5	1.4876	79.0
1.3433	7.0	1.3663	21.5	1.3920	36.0	1.4211	50.5	1.4532	65.0	1.4888	79.5
1.3441	7.5	1.3672	22.0	1.3929	36.5	1.4221	51.0	1.4544	65.5	1.4901	80.0
1.3448	8.0	1.3681	22.5	1.3939	37.0	1.4231	51.5	1.4555	66.0	1.4914	80.5
1.3456	8.5	1.3689	23.0	1.3949	37.5	1.4242	52.0	1.4570	66.5	1.4927	81.0
1.3464	9.0	1.3698	23.5	1.3958	38.0	1.4253	52.5	1.4581	67.0	1.4941	81.5
1.3471	9.5	1.3706	24.0	1.3968	38.5	1.4264	53.0	1.4593	67.5	1.4954	82.0
1.3479	10.0	1.3715	24.5	1.3978	39.0	1.4275	53.5	1.4605	68.0	1.4967	82.5
1.3487	10.5	1.3723	25.0	1.3987	39.5	1.4285	54.0	1.4616	68.5	1.4980	83.0
1.3494	11.0	1.3731	25.5	1.3997	40.0	1.4296	54.5	1.4628	69.0	1.4993	83.5
1.3502	11.5	1.3740	26.0	1.4007	40.5	1.4307	55.0	1.4639	69.5	1.5007	84.0
1.3510	12.0	1.3749	26.5	1.4016	41.0	1.4318	55.5	1.4651	70.0	1.5020	84.5
1.3518	12.5	1.3758	27.0	1.4026	41.5	1.4329	56.0	1.4663	70.5	1.5033	85.0
1.3526	13.0	1.3767	27.5	1.4036	42.0	1.4340	56.5	1.4676	71.0		
1.3533	13.5	1.3775	28.0	1.4046	42.5	1.4351	57.0	1.4688	71.5		
1.3541	14.0	1.3784	28.5	1.4056	43.0	1.4362	57.5	1.4700	72.0		

表2 20℃时固形物对温度的校正表

温度 (℃)	可溶性固形物含量(%)														
	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70
	应减去之校正值														
10	0.50	0.54	0.58	0.61	0.64	0.66	0.68	0.70	0.72	0.73	0.74	0.75	0.76	0.78	0.79
11	0.46	0.49	0.53	0.55	0.58	0.60	0.62	0.64	0.65	0.66	0.67	0.68	0.69	0.70	0.71
12	0.42	0.45	0.48	0.50	0.52	0.54	0.56	0.57	0.58	0.59	0.60	0.61	0.61	0.63	0.63
13	0.37	0.40	0.42	0.44	0.46	0.48	0.49	0.50	0.51	0.52	0.53	0.54	0.54	0.55	0.55
14	0.33	0.35	0.37	0.39	0.40	0.41	0.42	0.43	0.44	0.45	0.45	0.46	0.46	0.47	0.48
15	0.27	0.29	0.31	0.33	0.345	0.34	0.35	0.36	0.37	0.38	0.38	0.39	0.39	0.40	0.40
16	0.22	0.24	0.25	0.26	0.27	0.28	0.28	0.29	0.30	0.30	0.30	0.31	0.31	0.32	0.32
17	0.17	0.18	0.19	0.20	0.21	0.21	0.21	0.22	0.22	0.23	0.23	0.23	0.23	0.24	0.24
18	0.12	0.13	0.13	0.14	0.14	0.14	0.14	0.15	0.15	0.15	0.15	0.16	0.16	0.16	0.16
19	0.06	0.06	0.06	0.07	0.07	0.07	0.07	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08
	应加入之校正值														
21	0.06	0.07	0.07	0.07	0.07	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08
22	0.13	0.13	0.14	0.14	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16
23	0.19	0.20	0.21	0.22	0.22	0.23	0.23	0.23	0.23	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24
24	0.26	0.27	0.28	0.29	0.30	0.30	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.32	0.32	0.32	0.32
25	0.33	0.35	0.36	0.37	0.38	0.38	0.39	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40
26	0.40	0.40	0.42	0.43	0.44	0.45	0.46	0.47	0.48	0.48	0.48	0.48	0.48	0.48	0.48
27	0.48	0.48	0.50	0.52	0.53	0.54	0.55	0.55	0.56	0.56	0.56	0.56	0.56	0.56	0.56
28	0.56	0.57	0.60	0.61	0.62	0.63	0.63	0.64	0.64	0.64	0.64	0.64	0.64	0.64	0.64
29	0.64	0.66	0.68	0.69	0.71	0.72	0.72	0.73	0.73	0.73	0.73	0.73	0.73	0.73	0.73
30	0.72	0.74	0.77	0.78	0.79	0.80	0.80	0.81	0.81	0.81	0.81	0.81	0.81	0.81	0.81

## 二、粘度的测定

### (一) 毛细管粘度计法

#### 1. 仪器

(1) 毛细管粘度计如图3所示。若干支不同内径的毛细管粘度计组成一套，每支粘度计必须附有粘度计常数，可根据被测样液的粘度情况加以选用。

(2) 水银温度计 分度0.1℃。

(3) 秒表。

#### 2. 试剂

石油醚(60℃~90℃)或汽油、乙醇、铬酸洗液。

#### 3. 操作

(1) 将选用的粘度计用石油醚或汽油洗净。若是粘度计沾有污垢，就用铬酸洗液、自来水、蒸馏水或乙醇依次洗涤，然后放入烘箱中烘干，或用通过棉花滤过的热空气吹干备用。

(2) 在粘度计支管上套上橡皮管，并用手指堵住管身的管口，同时倒置粘度计，将管身插入样液中，这时利用吸气球将样液吸到标线处，并同时注意不要使管身扩张部分的液

体发生气泡。如有气泡需重新吸入，迅速提起，恢复其正常状态，把管身的管端外壁所粘附的样液拭去，并从支管取下橡皮管套在管身上。

(3) 把盛有样液的粘度计浸入预先准备好的 20℃ 的恒温水浴中，使其扩张部分浸入一半，垂直固定在支架上。

(4) 将温度计的水银球接近粘度计毛细管的中央点之水平面，并使温度计上的 20℃ 的刻度位于恒温水浴的液面上 10 cm 处，然后用夹子固定在支架上，准确保持水浴温度 (20±0.1)℃。

(5) 恒温 10 min 后，用吸气球通过套在管身上的橡皮管将样液吸到扩张部分，使液面稍高于标线，并注意不要让毛细管和扩张部分中的液体产生气泡或裂隙。

(6) 取下吸气球，观察样液在管身中的流动情况。当液面正好到达上标线时，立即开动秒表，待液面恰好流到下标线时，迅速停止秒表。

(7) 重复 4~6 次，记录各次的流动时间。

#### 4. 计算

其中各次流动的时间与其算术平均值的差数不应超过算术平均值的 0.5%。超过者将其弃去，然后取不少于 3 次的流动时间所得的算术平均值，作为样液的流动时间。

在 20℃ 时，样品的运动粘度  $\nu_{20}$  (cSt) 的计算公式如下：

$$\nu_{20} = K \tau_{20}$$

式中：K——粘度计常数，cSt/s；

$\tau$ ——样液的平均流动时间，s。

[例] 粘度计的常数为 0.512 cSt/s，样液在 20℃ 的流动时间是 255.6、256.0、257.5、254.9 和 255.4s。流动时间的算术平均值为：

$$\begin{aligned} \tau_{20} &= (255.6+256.0+257.5+254.9+255.4) / 5 \\ &= 255.88 \text{ (s)} \end{aligned}$$

各次流动时间与平均流动时间的允许差数等于：

$$255.88 \times 0.5 / 100 = 1.28 \text{ (s)}$$

因 257.5s 与平均流动时间之差已超过 1.28s (0.5) %，所以应将其数弃去。则计算平均流动时间只能应用 255.6、256.0、254.9 和 255.4s 的记时读数。

$$\begin{aligned} \tau_{20} &= (255.6+256.0+254.9+255.4) / 4 \\ &= 255.48 \text{ (s)} \end{aligned}$$

样品的运动粘度的测定结果为：

$$\nu_{20} = K \tau_{20} = 0.512 \times 255.48 = 130.8 \text{ (cSt)}$$

## (二) 旋转粘度计法

### 1. 仪器

旋转粘度计如图 4 所示。上海天平仪器厂的 NDJ-1 型粘度计测量范围为  $10^{-2} \text{Pa} \cdot \text{s} \sim 100 \text{Pa} \cdot \text{s}$ ，有 5 种转子及 4 个转子转速可供选用。

### 2. 操作

(1) 将旋转粘度计安装于固定支架上，校准水平（若手提使用，则不必调平）。

(2) 用直径不小于 70 mm 的直筒式烧杯盛装样液，保持溶液恒温。

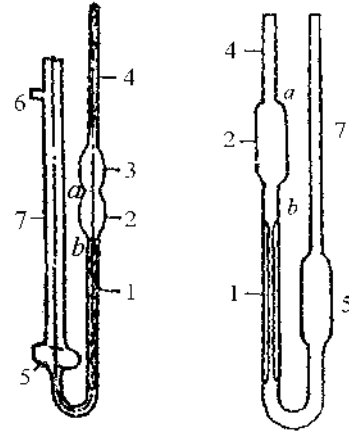


图 3 毛细管粘度计

1.毛细管 2、3、5.扩张部分 4、7.管身 6.支管 a、b.标线

(3) 选择适当的转子及转子转速，装好转子，调整仪器高度，使转子浸入样液直至液面标志为止。

(4) 接上电源，使转子在液体中旋转。

(5) 经多次旋转后，指针趋于稳定（或按规定的旋转时间指针达到恒定值）。将操纵杆压下，同时中断电源，按指针指示的位置读数。如读数值过高或过低，应改变转速或转子，务必使读数在 20~90 刻度范围内。

### 3. 计算

$$\eta = K \cdot S$$

式中： $\eta$ ——粘度， $10^{-3}\text{Pa} \cdot \text{s}$ ；

$K$ ——换算系数；

$S$ ——刻度盘读数。

### 4. 说明

(1) 测定范围的选择 先大约估计待测样品的粘度范围，再按表 3 选择适当转速和转子。例如被测样液的粘度约  $3.5\text{Pa} \cdot \text{s}$ ，可采用下列配合：2 号转子，6r/min 或 3 号转子，30r/min。

(2) 仪器使用前，应仔细阅读该仪器的说明书，然后按说明书进行操作。

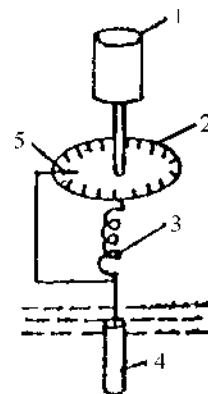


图 4 旋转粘度计作用原理

1.同步电机 2.刻度圆盘

3.游丝 4.转子 5.指针

表 3 可测的最大粘度值 ( $10^{-3}\text{Pa} \cdot \text{s}$ )

转速 (r/min) 转子号	60	30	12	6
1	100	200	500	1000
2	500	1000	2500	5000
3	2000	4000	10000	20000
4	10000	20000	50000	100000
0	10	20	50	100

换算系数  $K$

转速 (r/min) 转子号	60	30	12	6
1	1	2	5	10
2	5	10	25	50
3	20	40	100	200
4	100	200	500	1000
0	0.1	0.2	0.5	1.0

## 三、类胡萝卜素的测定（分光光度法）

### 1. 仪器及用具

分光光度计、高速组织捣碎机、真空泵、50ml 容量瓶、分液漏斗、抽气瓶、称瓶。

### 2. 试剂

(1) 丙酮 分析纯。

(2) 石油醚 分析纯，沸程  $60^{\circ}\text{C} \sim 90^{\circ}\text{C}$ 。

(3) 氯化钠 分析纯。

(4) 无水硫酸钠 分析纯。

(5) 玻璃粉 碎玻璃经过 20 目筛子，用盐酸处理，再用氢氧化钠溶液处理，用蒸馏水洗至中性烘干备用。

### 3. 方法

鲜果去核后切碎，用高速组织捣碎机充分捣碎混匀（组织紧密的果实，可加蒸馏水 1:1 捣碎）。精确称取 5g 左右（视类胡萝卜素含量而定），用丙酮石油醚（1:1）将试样转移到装有等量玻璃粉的 3 号玻璃砂漏斗中，再用总容积 60ml 的丙酮石油醚分几次（4~5 次）抽提试样，然后用丙酮抽提 2~3 次（每次 10ml~15ml），至滤液无色为止。全部抽提液均移入盛有 50ml 蒸馏水的分液漏斗中，振摇分液漏斗，静置弃去水-丙酮液，再用水洗涤石油醚提取液 3~4 次，直至丙酮全部洗出为止（即洗涤水中无丙酮气味）。若石油醚层与水层界面不清，可加入饱和食盐水，将石油醚抽提液定容至 50ml，加少许无水硫酸钠脱水，放置暗处备用。

用分光光度计，在波长 451nm 下，以厚度 1cm 的比色皿测定消光值，石油醚为空白。

### 4. 计算

总类胡萝卜素含量以  $\beta$ -胡萝卜素的换算值表示，鲜果中总类胡萝卜素含量按下式计算：

$$\begin{aligned} X(\mu\text{g}/100\text{g}) &= \frac{E \times Y \times 100 \times 1000 \times 1000}{E_1 \times W \times 100} \\ &= \frac{E \times 50 \times 100 \times 1000 \times 1000}{2500 \times W \times 100} \\ &= \frac{E}{W} \times 20000 \end{aligned}$$

式中： $X$ ——100g 样品中以  $\beta$ -胡萝卜素换算值表示的总类胡萝卜素含量， $\mu\text{g}$ ；

$E$ ——试样在 451 nm 波长下的消光值；

$E_1$ —— $\beta$ -胡萝卜素在石油醚中 451nm 波长下的消光值为 2500；

$Y$ ——试样色素石油醚提取液定容毫升数；

$W$ ——试样克数。

## 四、山梨酸和苯甲酸的测定方法（GB5009.29）

### （一）薄层色谱法

#### 1. 原理

样品酸化后，用乙醚提取山梨酸、苯甲酸。将样品提取液浓缩，点于聚酰胺薄层板上，展开。显色后，根据薄层板上山梨酸、苯甲酸的比移值，与标准比较定性，并可进行粗略定量。

#### 2. 试剂

- （1）异丙醇。
- （2）正丁醇。
- （3）石油醚 沸程 30℃~60℃。
- （4）乙醚 不含过氧化物。
- （5）氨水。
- （6）6mol/L 盐酸 取 100ml 盐酸，加水稀释至 200 ml。
- （7）无水乙醇。
- （8）聚酰胺粉 200 目。
- （9）山梨酸标准溶液 精密称取 0.2000g 山梨酸，用少量乙醇溶解后移入 100ml 容量瓶中，并稀释至刻度，此溶液每毫升相当于 2mg 山梨酸。
- （10）苯甲酸标准溶液 精密称取 0.200g 苯甲酸，用少量乙醇溶解后移入 100ml 容量瓶中，并稀释至刻度，此溶液每毫升相当于 2mg 苯甲酸。

(11) 展开剂 正丁醇-氨水-无水乙醇 (7:1:2), 或异丙醇-氨水-无水乙醇 (7:1:2)。

(12) 显色剂 0.04%溴甲酚紫的 50%乙醇溶液, 用 0.1mol/L 氢氧化钠溶液调至 pH=8。

(13) 4%氯化钠酸性溶液 于 4%氯化钠溶液中加少量 6mol/L 盐酸酸化。

### 3. 仪器

吹风机、层析缸、玻璃板 10×18cm、微量注射器 (10 μl, 100 μl)、喷雾器。

### 4. 操作方法

(1) 样品提取 称取 2.5g 事先混合均匀的样品, 置于 25ml 带塞量筒中, 加 0.5ml、6mol/L 盐酸酸化, 用 15ml、10ml 乙醚提取两次, 每次振摇 1min, 将上层醚提取液吸入另一个 25ml 带塞量筒中, 合并乙醚提取液。用 3ml 4%氯化钠酸性溶液洗涤两次, 静止 15min, 用滴管将乙醚层通过无水硫酸钠滤入 25ml 容量瓶中。加乙醚至刻度, 混匀。吸取 10.0 ml 乙醚提取液分两次置于 10ml 带塞离心管中, 在约 40℃的水浴上挥干, 加入 0.10ml 乙醇溶解残渣, 备用。

#### (2) 测定

①聚酰胺粉板的制备 称取 1.6g 聚酰胺粉, 加 0.4g 可溶性淀粉, 加约 15ml 水, 研磨 3min~5min, 立即倒入涂布器内制成 10cm×18cm、厚度 0.3mm 的薄层板两块, 于室温干燥后, 于 80℃干燥 1h, 取出, 置于干燥器中保存。

②点样 在薄层板下端 2cm 的基线上, 用微量注射器点 1 μl, 2 μl 样品液, 同时各点 1 μl, 2 μl 山梨酸、苯甲酸标准溶液。

③展开与显色 将点样后的薄层板放入预先盛有展开剂的展开槽内, 展开槽周围贴有滤纸, 待溶剂前沿上展至 10cm, 取出挥干, 喷显色剂, 斑点成黄色, 背景为蓝色。样品中所含山梨酸、苯甲酸的量与标准斑点比较定量 (山梨酸、苯甲酸的比移值依次为 0.82, 0.73)。

#### (3) 计算

$$X_1 = \frac{A_1 \times 1000}{m_1 \times \frac{10}{25} \times \frac{V_2}{V_1} \times 1000}$$

式中:  $X_1$ ——样品中山梨酸 (苯甲酸) 的含量, g/kg;

$A_1$ ——测定用样品液中山梨酸 (苯甲酸) 的含量, mg;

$m_1$ ——样品质量, g;

$V_1$ ——加入乙醇的体积, ml;

$V_2$ ——测定时点样的体积, ml;

10——测定时吸取乙醚提取液的体积, ml;

25——样品乙醚提取液总体积, ml。

注: 本方法还可以同时测定果酱、果汁中的糖精。

## (二) 色相色谱法

### 1. 原理

样品酸化后, 山梨酸、苯甲酸用乙醚提取浓缩后, 用附氢火焰离子化检测器的气相色谱仪进行分离测定, 与标准系列比较定量。

### 2. 试剂

(1) 乙醚。

(2) 石油醚 沸程 30℃~60℃。



(3) 盐酸。

(4) 无水硫酸钠。

(5) 山梨酸、苯甲酸标准溶液 精密称取山梨酸、苯甲酸各 0.2000g，置于 100ml 容量瓶中，用石油醚-乙醚（3：1）混合溶剂溶解后并稀释至刻度。此溶液每毫升相当于 2mg 山梨酸或苯甲酸。

(6) 山梨酸、苯甲酸标准使用液 吸取适量的山梨酸、苯甲酸标准溶液，以石油醚-乙醚（3：1）混合溶剂稀释至每毫升相当于 50、100、150、200、250 μg 山梨酸或苯甲酸。

### 3. 仪器

气相色谱仪、具氢火焰离子化检测器。

### 4. 操作方法

(1) 样品提取 按（一）4（1）自“称取 2.5g”至“加乙醚至刻度”依法操作。准确吸取 5ml 乙醚提取液于 5ml 带塞刻度试管中，置 40℃ 水浴上挥干，加入 2ml 石油醚-乙醚（3：1）混合溶剂溶解残渣，备用。

(2) 色谱条件

①色谱柱 玻璃柱，内径 3mm，长 2m，内装涂以 5%DEGS+1%H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> 固定液的 60~80 目 Chromosorb W AW。

②气流速度 载气，氮气，50ml/min（氮气和空气、氢气之比按各仪器型号不同选择各自的最佳比例条件。）

③温度 进样口 230℃；检测器 230℃，柱温 170℃。

(3) 测定 进样 2 μl 标准系列中各浓度标准使用液于气相色谱仪中，可测得不同浓度山梨酸、苯甲酸的峰高，以浓度为横坐标，相应的峰高值为纵坐标，绘制标准曲线。同时进样 2 μl 样品溶液，测得峰高与标准曲线比较定量。

### 5. 计算

$$X_2 = \frac{A_3 \times 1000}{m_2 \times \frac{5}{25} \times \frac{V_4}{V_3} \times 1000}$$

式中：X<sub>2</sub>——样品中山梨酸或苯甲酸的含量，g/kg；

A<sub>3</sub>——测定用样品液中山梨酸或苯甲酸的含量，μg；

V<sub>3</sub>——加入石油醚-乙醇（3：1）混合溶剂的体积，ml；

V<sub>4</sub>——测定时点样的体积，μl；

m<sub>2</sub>——样品质量，g；

5——测定时吸取乙醚提取液的体积，ml；

25——样品乙醚提取液的总体积，ml。

由测得苯甲酸的量乘以 1.18，即为样品中苯甲酸钠的含量。

## 五、CO<sub>2</sub> 含量（容积倍数）的测定

### 1. 仪器

检压仪

### 2. 测定

将汽水样品瓶（罐）用检压器上的针头刺穿皇冠盖（或罐盖），旋开放气阀排气，待压力表指针回零后，马上关闭放气阀，将样品瓶（罐）往复剧烈振摇约 40s，待压力稳定后，记下压力数（取小数后 2 位）。旋开放气阀，随即打开瓶（罐）盖，以温度计测量容器内的液体温度。

### 3. 结果

根据测得的压力和温度，查碳酸气吸收系数表（表 4），即得二氧化碳气的容积倍数。

表 4 碳酸气吸收系数表

温度℃	压力 MPa																
	0.00	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09	0.10	0.11	0.12	0.13	0.14	0.15	0.16
0	1.71	1.88	2.05	2.22	2.39	2.56	2.73	2.90	3.07	3.23	3.40	3.57	3.74	3.91	4.08	4.25	4.42
1	1.65	1.81	1.97	2.13	2.30	2.46	2.62	2.78	2.95	3.11	3.28	3.43	3.60	3.76	3.92	4.08	4.25
2	1.58	1.74	1.90	2.05	2.21	2.37	2.52	2.68	2.83	2.99	3.15	3.30	3.46	3.62	3.77	3.93	4.09
3	1.53	1.68	1.83	1.98	2.13	2.28	2.43	2.58	2.73	2.88	3.03	3.18	3.34	3.49	3.64	3.79	3.94
4	1.47	1.62	1.76	1.91	2.05	2.20	2.35	2.49	2.64	2.78	2.93	3.07	3.22	3.36	3.51	3.65	3.80
5	1.42	1.56	1.71	1.85	1.99	2.13	2.27	2.41	2.55	2.69	2.83	2.97	3.11	3.25	3.39	3.53	3.67
6	1.38	1.51	1.65	1.78	1.92	2.06	2.19	2.33	2.46	2.60	2.74	2.87	3.01	3.14	3.28	3.42	3.55
7	1.33	1.46	1.59	1.73	1.86	1.99	2.12	2.25	2.38	2.51	2.64	2.78	2.91	3.04	3.17	3.30	3.43
8	1.28	1.41	1.54	1.66	1.79	1.91	2.04	2.17	2.29	2.42	2.55	2.67	2.80	2.93	3.05	3.18	3.31
9	1.24	1.36	1.48	1.60	1.73	1.85	1.97	2.09	2.21	2.34	2.46	2.58	2.70	2.82	2.95	3.07	3.19
10	1.19	1.31	1.43	1.55	1.67	1.78	1.90	2.02	2.14	2.25	2.37	2.49	2.61	2.73	2.84	2.96	3.08
11	1.15	1.27	1.38	1.50	1.61	1.72	1.84	1.95	2.07	2.18	2.29	2.41	2.52	2.63	2.75	2.86	2.98
12	1.12	1.23	1.34	1.45	1.56	1.67	1.78	1.89	2.00	2.11	2.22	2.33	2.45	2.55	2.66	2.77	2.88
13	1.08	1.19	1.30	1.40	1.51	1.62	1.72	1.83	1.9	2.05	2.15	2.26	2.37	2.47	2.58	2.69	2.79
14	1.05	1.15	1.26	1.36	1.46	1.57	1.67	1.78	1.88	1.98	2.09	2.19	2.29	2.40	2.50	2.60	2.71
15	0.02	1.12	1.22	1.32	1.42	1.52	1.62	1.72	1.82	1.92	2.02	2.13	2.23	2.33	2.43	2.53	2.63
16	0.98	1.08	1.18	1.28	1.37	1.47	1.57	1.67	1.76	1.86	1.96	2.05	2.15	2.25	2.35	2.44	2.54
17	0.96	1.05	1.14	1.24	1.33	1.43	1.52	1.62	1.71	1.81	1.90	1.99	2.09	2.18	2.28	2.37	2.47
18	0.93	1.02	1.11	1.20	1.29	1.39	1.48	1.57	1.66	1.75	1.84	1.94	2.03	2.12	2.21	2.30	2.39
19	0.90	0.99	1.08	1.17	1.26	1.35	1.44	1.53	1.61	1.70	1.79	1.88	1.97	2.06	2.15	2.24	2.33
20	0.88	0.96	1.05	1.14	1.22	1.31	1.40	1.48	1.57	1.66	1.74	1.83	1.92	2.00	2.09	2.18	2.26
21	0.85	0.94	1.02	1.11	1.19	1.28	1.36	1.44	1.53	1.61	1.70	1.78	1.87	1.95	2.03	2.12	2.20
22	0.83	0.91	0.99	1.08	1.16	1.24	1.32	1.40	1.48	1.57	1.65	1.73	1.81	1.89	1.97	2.06	2.14
23	0.80	0.88	0.96	1.04	1.12	1.20	1.28	1.36	1.44	1.52	1.60	1.68	1.76	1.84	1.91	1.99	2.07
24	0.78	0.86	0.94	1.01	1.09	1.17	1.24	1.32	1.40	1.47	1.55	1.63	1.71	1.78	1.86	1.94	2.01
25	0.76	0.83	0.91	0.93	1.06	1.13	1.21	1.28	1.36	1.43	1.51	1.58	1.66	1.73	1.81	1.88	1.96

续

温度℃	压力 MPa		倍															
	0.17	0.18	0.19	0.20	0.21	0.22	0.23	0.24	0.25	0.26	0.27	0.28	0.29	0.30	0.31	0.32	0.33	
0	4.59	4.76	4.93	5.09	5.26	5.43	5.60	5.77	5.94	6.11	6.28	6.45	6.62	6.79	6.95	7.12	7.20	
1	4.41	4.57	4.73	4.90	5.06	5.22	5.38	5.54	5.71	5.87	6.03	6.19	6.36	6.52	6.68	6.84	7.01	
2	4.24	4.40	4.55	4.71	4.87	5.02	5.18	5.34	5.49	5.65	5.81	5.96	6.12	6.27	6.43	6.59	6.74	
3	4.09	4.24	4.39	4.54	4.69	4.84	4.99	5.14	5.29	5.45	5.60	5.75	5.90	6.05	6.20	6.35	6.50	
4	3.94	4.09	4.24	4.38	4.53	4.67	4.82	4.96	5.11	5.25	5.40	5.54	5.69	5.83	5.98	6.13	6.27	
5	3.81	3.95	4.09	4.23	4.38	4.52	4.66	4.80	4.94	5.08	5.22	5.33	5.50	5.64	5.78	5.92	6.06	
6	3.69	3.82	3.96	4.10	4.23	4.37	4.50	4.64	4.77	4.91	5.06	5.18	5.32	5.45	5.59	5.73	5.86	
7	3.56	3.70	3.83	3.96	4.09	4.22	4.35	4.48	4.62	4.75	4.88	5.01	5.14	5.28	5.40	5.53	5.67	
8	3.43	3.56	3.69	3.81	3.91	4.07	4.19	4.32	4.45	4.57	4.70	4.82	4.95	5.08	5.20	5.33	5.48	
9	3.31	3.43	3.56	3.68	3.80	3.92	4.05	4.17	4.29	4.41	4.53	4.66	4.78	4.90	5.02	5.14	5.27	
10	3.20	3.32	3.43	3.55	3.67	3.79	3.90	4.02	4.14	4.26	4.38	4.49	4.61	4.73	4.85	4.97	5.08	
11	3.09	3.20	3.32	3.43	3.55	3.66	3.77	3.89	4.00	4.12	4.23	4.34	4.46	4.57	4.68	4.80	4.91	
12	2.99	3.10	3.21	3.32	3.43	3.54	3.65	3.76	3.87	3.98	4.09	4.20	4.31	4.42	4.53	4.64	4.76	
13	2.90	2.01	3.11	3.22	3.33	3.43	3.54	3.65	3.76	3.86	3.97	4.08	4.18	4.29	4.40	4.50	4.61	
14	2.81	2.92	3.02	3.12	3.23	3.33	3.43	3.54	3.64	3.74	3.85	3.95	4.06	4.16	4.26	4.37	4.47	
15	2.73	2.83	2.93	3.03	3.13	3.23	3.33	3.43	3.53	3.63	3.78	3.84	3.94	4.04	4.14	4.24	4.34	
16	2.64	2.73	2.83	2.93	3.03	3.12	3.22	3.32	3.42	3.51	3.61	3.71	3.80	3.90	4.00	4.10	4.19	
17	2.56	2.65	2.75	2.84	2.94	3.03	3.13	3.22	3.31	3.41	3.50	3.60	3.69	3.79	3.88	3.98	4.07	
18	2.42	2.58	2.67	2.76	2.85	2.94	3.03	3.13	3.22	3.31	3.40	3.49	3.58	3.68	3.77	3.86	3.95	
19	2.42	2.50	2.59	2.68	2.77	2.86	2.95	3.04	3.13	3.22	3.31	3.39	3.48	3.57	3.66	3.75	3.84	
20	2.35	2.44	2.52	2.61	2.70	2.78	2.87	2.96	3.04	3.13	3.22	3.30	3.39	3.48	3.56	3.65	3.74	
21	2.29	2.37	2.46	2.54	2.62	2.71	2.79	2.88	2.96	3.05	3.13	3.21	3.30	3.38	3.47	3.55	3.64	
22	2.22	2.30	2.38	2.47	2.55	2.63	2.71	2.79	2.87	2.96	3.04	3.12	3.20	3.28	3.37	3.45	3.53	
23	2.15	2.23	2.31	2.39	2.47	2.55	2.63	2.71	2.79	2.87	2.95	3.03	3.11	3.18	3.26	3.34	3.42	
24	2.09	2.17	2.25	2.32	2.40	2.48	2.55	2.63	2.71	2.79	2.86	2.94	3.02	3.09	3.17	3.25	3.32	
25	2.03	2.11	2.18	2.26	2.33	2.41	2.48	2.56	2.63	2.71	2.78	2.86	2.93	3.01	3.08	3.16	3.23	

续

温度℃	压力 MPa																
	0.34	0.35	0.36	0.37	0.38	0.39	0.40	0.41	0.42	0.43	0.44	0.45	0.46	0.47	0.48	0.49	0.50
0	7.45	7.63	7.80	7.97	8.14	8.31	8.48	8.64	8.81	8.98	9.15	9.32	9.49	9.66	9.83	10.00	10.17
1	7.17	7.33	7.49	7.66	7.82	7.98	8.14	8.31	8.47	8.63	8.79	8.96	9.12	9.28	9.44	9.61	9.77
2	6.90	7.06	7.21	7.37	7.52	7.68	7.84	7.99	8.15	8.31	8.46	8.62	8.78	8.93	9.09	9.24	9.40
3	6.65	6.80	6.95	7.10	7.25	7.40	7.56	7.71	7.86	8.01	8.16	8.31	8.46	8.61	8.76	8.91	9.06
4	6.42	6.56	6.71	6.85	7.00	7.14	7.29	7.43	7.58	7.72	7.87	8.02	8.16	8.31	8.45	8.60	8.74
5	6.20	6.34	6.48	6.62	6.76	6.91	7.06	7.19	7.33	7.47	7.61	7.75	7.89	8.03	8.17	8.31	8.45
6	6.00	6.13	6.27	6.41	6.54	6.68	6.81	6.96	7.09	7.22	7.36	7.49	7.63	7.76	7.90	8.04	8.17
7	5.80	5.93	6.06	6.19	6.32	6.45	6.59	6.72	6.85	6.98	7.11	7.24	7.37	7.51	7.64	7.77	7.90
8	5.58	5.71	5.84	5.96	6.09	6.22	6.34	6.47	6.60	6.72	6.85	6.98	7.10	7.23	7.36	7.48	7.61
9	5.39	5.51	5.63	5.75	5.88	6.00	6.12	6.24	6.36	6.49	6.61	6.73	6.85	6.98	7.10	7.22	7.34
10	5.20	5.32	5.44	5.55	5.67	5.79	5.91	6.03	6.14	6.26	6.38	6.50	6.61	6.73	6.85	6.97	7.09
11	5.03	5.14	5.25	5.37	5.48	5.60	5.71	5.82	5.94	6.05	6.17	6.28	6.39	6.51	6.62	6.73	6.85
12	4.87	4.98	5.09	5.20	5.31	5.42	5.53	5.64	5.75	5.86	5.97	6.08	6.19	6.30	6.41	6.52	6.63
13	4.72	4.82	4.93	5.04	5.14	5.25	5.36	5.47	5.57	5.68	5.79	5.89	6.00	6.11	6.21	6.32	6.43
14	4.57	4.68	4.78	4.88	4.99	5.09	5.20	5.30	5.40	5.51	5.61	5.71	5.82	5.92	6.02	6.13	6.23
15	4.44	4.54	4.64	4.74	4.84	4.94	5.04	5.14	5.24	5.34	5.44	5.54	5.65	5.75	5.85	5.95	6.05
16	4.29	4.39	4.48	4.58	4.68	4.78	4.87	4.97	5.07	5.17	5.26	5.36	5.46	5.55	5.65	5.75	5.85
17	4.16	4.26	4.35	4.45	4.54	4.64	4.73	4.82	4.92	5.01	5.11	5.20	5.30	5.39	5.49	5.58	5.67
18	4.04	4.18	4.23	4.32	4.41	4.50	4.59	4.68	4.77	4.87	4.96	5.06	5.14	5.23	5.32	5.42	5.51
19	3.98	4.02	4.11	4.20	4.28	4.37	4.46	4.55	4.64	4.73	4.82	4.91	5.00	5.09	5.18	5.26	5.35
20	3.82	3.91	4.00	4.08	4.17	4.26	4.34	4.43	4.52	4.60	4.69	4.78	4.86	4.95	5.04	5.12	5.21
21	3.72	3.80	3.89	3.97	4.06	4.14	4.23	4.31	4.39	4.48	4.56	4.65	4.73	4.82	4.90	4.98	5.07
22	3.61	3.69	3.77	3.86	3.94	4.02	4.10	4.18	4.27	4.35	4.43	4.51	4.59	4.67	4.76	4.84	4.92
23	3.50	3.58	3.66	3.74	3.82	3.90	3.98	4.06	4.14	4.22	4.30	4.37	4.45	4.53	4.61	4.69	4.77
24	3.40	3.48	3.56	3.63	3.71	3.79	3.86	3.94	4.02	4.10	4.17	4.25	4.33	4.40	4.48	4.58	4.64
25	3.31	3.38	3.46	3.53	3.61	3.68	3.76	3.83	3.91	3.98	4.06	4.13	4.20	4.28	4.35	4.43	4.50