

果品蔬菜贮藏运销学实验指导书

编者：寇莉萍 刘兴华 周元

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	温度对果品蔬菜贮藏品质的影响（设计性实验）	1
实验二	呼吸强度的测定（气流法）	2
实验三	不良环境对植物细胞膜的伤害	5
实验四	果蔬汁液冰点的测定	8
实验五	果蔬中乙醇含量的测定	9
实验六	贮运环境中温度、湿度和气体（O ₂ 和CO ₂ ）含量的测定	12
实验七	果蔬一般物理性状的测定	20

实验一 温度对果品蔬菜贮藏品质的影响(设计性实验)

一、实验目的和意义

本试验是由学生自行设计完成的一个综合性实验。通过实验，使学生认识到温度对果品蔬菜贮藏品质影响的重要性，加强对所学书本知识的理解和认识，提高实验设计能力和动手能力，培养科技创新思维能力。

二、实验时间安排

本实验在实验的四周时间内进行。第1周讨论并确定实验方案，对实验材料进行处理并进行初始品质分析检验；第2、3、4周对处理的实验材料进行分析检测，比较各温度水平下果品蔬菜品质状况；撰写实验报告，第4或5周上课时进行实验交流。

三、实验活动安排

- 1 实验分组：每班分5组，每组6人，由学习委员负责分组。
- 2 实验材料：葡萄、猕猴桃、香蕉、青椒、黄瓜。每组选择其中一种实验材料进行实验，同一班内各组实验材料不得重复。
- 3 每组根据所选实验材料，认真查阅资料并写出详细的实验方案。实验方案应包括以下内容：
 - 实验材料的种类及数量。
 - 实验所需试剂、仪器、设备。
 - 实验材料的处理方法、测定指标及方法。设计测定指标3~5个。
 - 本次实验设定两水平的保藏温度：即所选材料的适宜贮藏温度、室内自然温度。
 - 在第1周实验课时带上实验方案（讨论稿），师生共同讨论，确定最终实验方案。另外，第1周周日将实验方案电子版发至教师邮箱。

四、实验室名称：果品蔬菜贮藏加工实验室（南楼实验大楼2号）

五、实验要求及成绩评定

- 实验要求：实验完成后，每人按照要求撰写一份实验报告，并由每组推荐1人将实验报告做成powerpoint，在课内或课外进行实验报告交流。报告人由指导教师从各组随机指定。
- 成绩评定：指导教师根据实验报告及在实验中的表现，对每个学生进行实验评分，该成绩按20%比例计入考试成绩。

实验二 呼吸强度的测定（气流法）

一、目的与原理

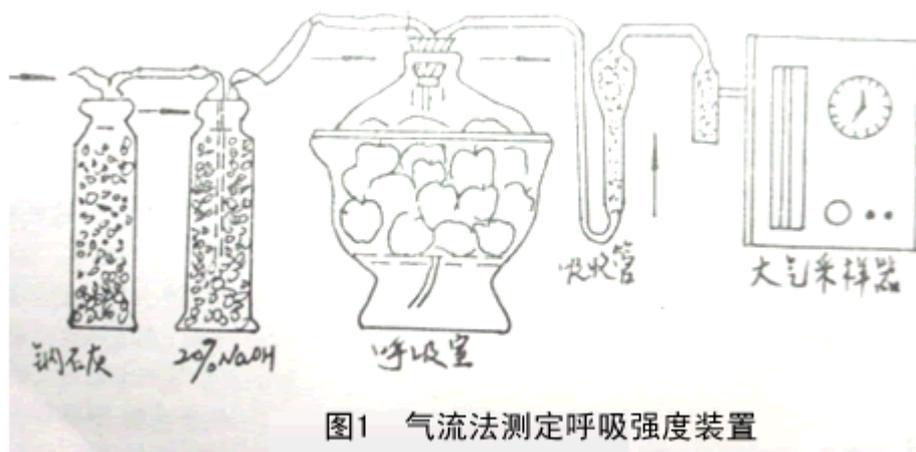
呼吸作用是农产品收获后进行的重要生理活动，是影响贮运效果的重要因素。测定呼吸强度可衡量呼吸作用强弱，了解农产品收获后生理状态，为低温和气调贮运以及呼吸热计算提供必要数据。因此，在研究或处理农产品贮藏问题时，呼吸强度是经常测定的指标。

呼吸强度的测定通常是采用定量碱液吸收农产品在一定时间内呼吸所释放出来的CO₂，再用酸滴定剩余的碱，即可计算出呼吸所释放出来的CO₂量，求出其呼吸强度。单位通常用每公斤每小时释放CO₂毫克数（CO₂mg/kg·h）表示。

反应如下：



测定分为气流法和静置法两种。气流法虽然设备较复杂，但结果准确，在科研和生产中比较常用。气流法的测定装置如图 1。



二、材料与用具

苹果，梨，柑桔，番茄，马铃薯，青菜。

钠石灰，20%氢氧化钠，0.4mol/L 氢氧化钠，0.1mol/L 草酸，饱和氯化钡溶液，酚酞指示剂，正丁醇，凡士林。

真空干燥中，大气采样器，吸收管，滴定管架，铁夹，25ml 滴定管，150ml 三角瓶，500ml 烧杯，10ml 移液管，洗耳球，100ml 容量瓶，万用试纸，台秤。

三、操作方法

气流法的特点是产品处在气流畅通的环境中进行呼吸，比较接近自然状态。因此，可以在恒定的条件下进行较长时间的多次连续测定。测定时使不含 CO_2 的气流通过呼吸室，将产品呼吸时释放的 CO_2 带入吸收管，被管中定量的碱液吸收。经一段时间的吸收后，取出碱液，用酸滴定剩余的碱液，由碱量差值计算出 CO_2 量。

1、按图 6（暂不串接吸收管）连接好大气采样器，同时检查不使有漏气。开动大气采样器中的空气泵，如果在装有 20%NaOH 溶液的净化瓶中不断有气泡产生，说明整个系统气密性良好，否则应检查各接口是否漏气。

2、用台秤称取材料 1kg，放入呼吸室，先将呼吸室与安全瓶连接，拨动开关，将空气流量调至 400ml/分左右，将定时钟旋钮按反时针方向转到 30min 处，先使呼吸室抽空平衡半小时，然后连接吸收管开始正式测定。

3、空白滴定用移液管吸收 0.4mol/L 的 NaOH10ml，放入 1 支吸收管中，加一滴正丁醇，稍加摇后再将其中碱液毫无损失地移到三角瓶中，用煮沸过的蒸馏水冲洗几次，直到显中性为止，加 5ml 饱和 BaCl₂ 溶液和酚酞指示剂 2 滴，然后用 0.1mol/L 草酸滴定至粉红色消失即为终点。记下滴定量，重复一次，取平均值，即为空白滴定量 (V₁)。如果两次滴定相差超过 0.1ml，必须重新滴定一次，同时取一支吸收管装好同量碱液和一滴正丁醇，放在大气采样器的管架上备用。

4、当呼吸室抽空半小时后，立即接上吸收管，把定时针重转到 30min 处，调整流量大约 400ml/分。待样品测定半小时后，取下吸收管，将碱液移入三角瓶中，加饱和 BaCl₂5ml 和酚酞指示剂 2 滴，用 0.1mol/L 草酸滴定，操作同空白滴定，记下滴定量 (V₂)。

计算公式：

$$\text{呼吸强度 (CO}_2 \text{ mg/kg} \cdot \text{h)} = \frac{M(V_1 - V_2) \times 44}{wh}$$

M—H₂C₂O₄ 摩尔浓度 (mol/L)

W—样品重量 (kg)

h—测定时间 (小时)

V₁—空白滴定量 (ml)

V₂—样液滴定量 (ml)

44—CO₂ 的毫克数

四、记录与计算

1、将测定数据填入下表：

样品重 (kg)	测定时间 (h)	0.1MH ₂ C ₂ O ₄ 用量 (ml)		滴定差 V ₁ -V ₂	呼吸强度 CO ₂ mg/kg · h	测定温度 (℃)
		空白 (V ₁)	样液 (V ₂)			

样品重(kg) 测定时间 (h) 0.1MH₂C₂O₄用量 (ml) 滴定差 V₁-V₂

呼吸强度 CO₂mg/kg · h 测定温度 (℃) 空白 (V₁) 样液 (V₂)

2、列出计算式并计算结果

实验三 不良环境对植物细胞膜的伤害

一、原理

植物组织在受到各种不利的环境条件（如干旱、低温、高温、盐渍和大气污染）危害时，细胞膜的结构和功能首先受到伤害，细胞膜透性增大。若将受伤害的组织浸入无离子水中，其外渗液中电解质的含量比正常组织外渗液中含量增加，组织受伤害越严重，电解质含量增加越多。用电导仪测定外渗液电导率的变化，可反映出质膜受伤害的程度。在电解质外渗透的同时，细胞内可溶性有机物也随之渗出，引起外渗液可溶性糖、氨基酸、核苷酸等含量增加，氨基酸和核苷酸对紫外光有吸收，对紫外分光光度计测定受伤害组织外渗液消光值，同样可反映出质膜受伤害的程度。用电导仪法和紫外法测定结果有很好的 consistency。

二、材料与仪器设备

1、仪器设备

(1)DDS—11A 型电导仪法； (2)751—型紫外分光光度计；

(3)真空泵； (4)真空干燥器；

(5)三用水浴； (6)打孔器

(7)剪刀； (8)洗瓶；

(9)试管； (10)移液管；

(11)玻棒； (12)滤纸

2、试剂

去离子水

3、材料

低温处理过的黄瓜、番茄

三、方法步骤

1、清洗器具：由于电导仪变化非常灵敏，稍有杂质即产生很大误差。因此所用玻璃器具均需先用热肥皂水洗，再用洗液洗涤，然后用自来水、无离子水各冲四到五遍（最好是容器口朝下用水冲）。向洗净的试管中加入去离子水，用电导仪测定电导值，检查试管是否确实洗净。

2、取样及处理

选取果品，一份放入适温下贮藏，另一份放入过低温度下使其受冷害，作为处理。用打孔器及切片器将样品制成厚薄均匀，大小一致的组织圆片，精确称取 2 克（或 10 个圆片），放入试管内，用去离子水冲洗三次，然后加入 30ml 去离子水。对照和处理均设 3~4 个重复。将试管放入真空干燥器内，开动真空泵抽气 10min，以抽出细胞间隙空气。缓慢放入空气，水即渗入细胞间隙，组织圆片变成透明状，细胞内容质易于渗出，取出试管，间隔几分钟振荡一次，在室温下保持 30min。

3、测定：将 DDS—11A 型电导仪电极插入试管，测定外渗液的电导值。测定之后，将试管放入水浴锅沸水中 5min 以杀死组织。待冷至室温后，再次测定外渗液的电导值。

4、计算：

（1）以细胞膜相对透性大小表示细胞受害的程度。通常按下式计算：

$$\text{细胞膜相对透性 (\%)} = L_1/L_2 \times 100$$

式中：L1：组织杀死前外渗液的电导值；L2 组织杀死后外渗液的电导值。

（2）直接计算细胞膜伤害率，通常采用下式计算：

$$\text{伤害率 (\%)} = \left(1 - \frac{1 - T_1/T_2}{1 - C_1/C_2} \right) \times 100$$

式中：C1：对照组织杀死前外渗液的电导值；C2：对照组织杀死后外渗液的电导值；T1：处理组织杀死前外渗液的电导值；T2 处理组织杀死后外渗液的电导值。

附电导仪使用方法：

- （1）将电极引线接到仪器相应接线柱上。
- （2）接上稳压器，接通电源，打开电源开关。
- （3）将开关拨向“校正”位置，调整调节器，使指针达到满偏。
- （4）将开关拨向“测定”位置。指针应回到 0 点。
- （5）拨动选择测定范围旋钮，使其处于测定范围之内，如不知测量范围，应先放在最大量程位置上，由大到小逐级调整。

(6) 将电极用量蒸馏水冲洗干净，并用滤纸吸去附着的水分。放在需测组织提取液中，待指针稳定后，读出指针所指数值，此数值即该提取液的电导度。

(7) 按上述方法测定组织圆片杀死后提取液电导度。

(8) 将电极用蒸馏水冲洗干净，放在水中，如长期不用，则应将电极洗净晾干包装收藏。

注意事项：电导率测定的整个过程均需在恒温下进行，因为温度不仅影响细胞内离子内外渗透速度，而且影响提取的电导率，一般每升高 1℃，电导率约增加 2%，通常以 25℃ 为标准温度，如不在 25℃ 下测定，则要求把电导率换算为标准温度 25℃ 的电导率。

实验四 果蔬汁液冰点的测定

一、目的与原理

冰点是果蔬重要的物理性状之一，对于许多种果蔬来说，测定冰点有助于确定其适宜的贮运温度及冻结温度。

液体在低温条件下,温度随时间下降,当降至该液体的冰点时,由于液体结放热的物理效应,温度不随时间下降,过了该液体的冰点,温度又随时间下降。据此,测定液体温度与时间的关系曲线,其中温度不随时间下降的一段所对应的温度,即为该液体的冰点。

测定时有过冷现象,即液体温度降至冰点时仍不结冰。可用搅拌待测样品的方法防止过冷妨碍冰点的测定。

二、材料与仪器设备

苹果,梨,葡萄,猕猴桃,蒜苔,花椰菜等新鲜果蔬。

标准温度计(测定范围 10°C — -10°C ,准确 $\pm 0.1^{\circ}\text{C}$),冰盐水(-6°C 以下,适量),手持榨汁器,烧杯,玻棒,纱布,钟表。

三、测定方法

取适量待测样品在捣碎器中捣碎,榨取汁液,二层纱布过滤,滤液盛于小烧杯中,滤液要足够浸没温度计的水银球部,将烧杯置于冰盐水中,插入温度计,温度计的水银球必须浸入汁液中。不断搅拌汁液,当汁液温度降至 2°C 时,开始记录温度随时间变化的数值,每30秒记一次。

温度随时间不断下降,降至冰点以下时,由于液体结冰发生相变释放潜热的物理效应,汁液仍不结冰,出现过冷现象。随后温度突然上升至某一点,并出现相对稳定,持续时间几分钟。此后汁液温度再次缓慢下降,直到汁液大部分结冰。

四、冰点的确定

画出温度—时间曲线,曲线平缓处相对应的温度即为汁液的冰点温度。冰点之前曲线最低点为过冷点,过冷点因冰盐水的温度不同而有差异。

实验五 果蔬中乙醇含量的测定

一、目的与原理

果蔬收获后,呼吸成为整个代谢过程的主导方面,当贮藏环境中氧浓度过低,或果蔬正常的生理代谢受阻时,会出现无氧呼吸的产物乙醇的积累,进而导致果蔬品质的劣变和耐贮性能降低。其次,乙醇对果实具有催熟的生理效应,因而贮藏产品和贮藏环境中乙醇的积累,可能导致不利的影响。再则,一些果蔬生理病变机制的研究,也涉及到乙醇的定量分析。

一般刚采收的果实乙醇含量极少（0.04%），在贮藏中乙醇含量逐渐增加。苹果中乙醇含量达到0.3%时已能引起果实败坏。

在果蔬腌制品中，也进行着微量的酒精发酵，在研究蔬菜腌制问题时，对于其中酒精含量的情况，也应该有所了解。

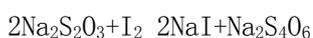
常用的测定微量乙醇的方法，首先是利用重铬酸钾氧化乙醇成为醋酸。



氧化乙醇后剩余的重铬酸钾则与碘化钾作用，生成游离的碘。



最后，游离的碘再被硫代硫酸钠还原，从而根据氧化乙醇所消耗的重铬酸钾量计算出乙醇含量。



二、材料与用具

苹果，猕猴桃，番茄，蒜薹等气调贮藏的果蔬

重铬酸钾、硫代硫酸钠，淀粉溶液，碘化钾、浓硫酸。

100ml 容量瓶、500ml 烧瓶、冷凝管，5、10、20ml 移液管，200、500ml 三角瓶，50ml 滴定管，25ml 量筒，酒精洒，洗瓶，三角架，石棉网，塞子，研钵。

三、操作方法

1、试剂制备：

（1）0.1N 标准重铬酸钾溶液：精确称取重铬酸钾 4.9g，溶解后移入 1000ml 容量瓶中，稀释到刻度。

（2）0.1N 硫代硫酸钠溶液：称取硫代硫酸钠约 25g，溶解后移入 1000ml 容量瓶中，稀释后定容至刻度。

（3）硫代硫酸钠溶液的标定：吸取标准重铬酸钾溶液 20ml 于 500ml 的三角瓶中，用量筒加入浓硫酸 5ml 及碘化钾 2g，盖塞在暗处放置 5min，加水约 200ml，用待标定的硫代硫酸钠溶液滴定，当溶液由橙色为止。从硫代硫酸钠的用量计算出浓度。

2、样品的测定

（1）微量乙醇的提取：称取样品 20g 研碎，用 150ml 水洗入 500 崙烧瓶中，连接冷凝器在瓶底加热蒸馏，收集蒸馏液于 100ml 容量瓶中，达到刻度为止，盖上瓶塞，混合均匀。

（2）乙醇的氧化：在 200ml 的三角瓶中放入 0.1N 的重铬酸钾 20ml，用量筒取浓硫酸 5ml，缓缓地倒入，然后滴入蒸馏液 10ml，并不断振荡，连接冷凝管，放在石棉网上加热回

流，使瓶中溶液轻微煮沸 10min。

(3) 游离碘的生成：待回流过的溶液冷却后，用水冲冷凝管，使全部溶液无损地盛在 200ml 三角瓶中，然后小心地将溶液移入 500ml 三角瓶，用水约 200ml 冲洗 200ml 的三角瓶，同时加入碘化钾 1g，盖塞，放置暗处 5min。

(4) 滴定：自滴定管中滴入 0.1N 的硫代硫酸钠溶液，当溶液的颜色由橙色变成浅黄色时，加淀粉溶液 5ml，继续滴定溶液由兰色变为绿色为止，记下消耗的硫化硫酸钠溶液的毫升数。

计算公式：

$$W = \frac{0.0115 (V_1 N_1 - VN)}{a \times 10/100} \times 100$$

W—100g 样品中 所含乙醇的克数；

a 样品克数；

V₁—加入重铬酸钾溶液的毫升数；

N₁——重铬酸钾的当量浓度；

V—滴定时所消耗的硫代硫酸钠毫升数；

N—硫代硫酸钠的当量浓度；

0.0115—消耗 1 毫克当量的重铬酸钾所能氧化的乙醇克数。

四、记录与计算

1、将测定数据填入下列表中：

硫代硫酸钠的标定

	重铬酸钾的浓度 (N)	重铬酸钾的用量 (ml)	硫代硫酸钠的浓度 (N)	硫代硫酸钠的用量 (ml)
第一次标定				
第二次标定				

微量乙醇的含量

样品名称	样品重	重铬酸钾的 浓度(N)	重铬酸钾的 用量 (ml)	硫代硫酸钠的 浓度 (N)	硫代硫酸钠的 用量 (ml)	微量乙醇含量 (g/100g)

2、列出计算式并计算结果

实验六 贮运环境中温度、湿度和气体（O₂和CO₂）含量的测定

贮运环境中的温度、湿度和气体（O₂和CO₂）含量是影响果蔬贮运效果的基本因素，它们对果蔬的生理代谢、商品质量、发病率、贮藏期与货架期产生极大影响。因此，在生产和科学研究中，需要经常性地测定贮运环境中的温度、湿度以及O₂和CO₂含量，作为该种果蔬贮运管理工作的依据。

温度的测定

摄氏温度（℃）和华氏温度（°F）是温度测量中使用的两个主要温标。摄氏温度是以水的相变为基础，将标准大气压下水的冰点定为0℃，沸点定为100℃。摄氏温度是得到批准的：S1国际温标，因此，采用的国家越来越多，我国采用的是摄氏温标。

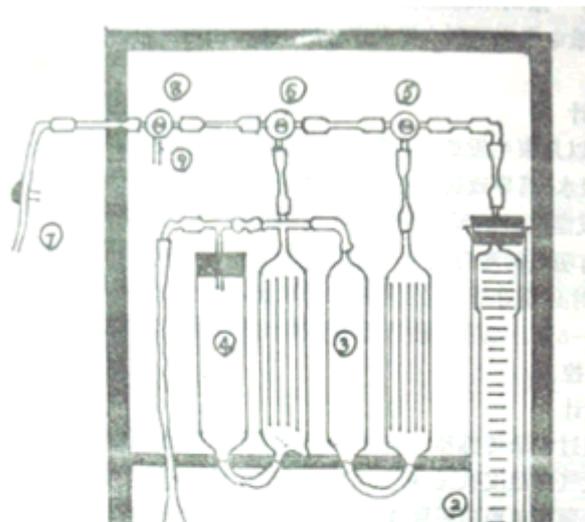
华氏温度是将标准大气压下水的冰点和沸点分别定为32°F和212°F，是目前国际上使用最为广泛的温标。

摄氏温度和华氏温度可以按下式进行换算：

$$^{\circ}\text{C} = 5/9 (^{\circ}\text{F} - 32)$$

摄氏温度和华氏温度可以按下式进行换算：

$$^{\circ}\text{C} = 5/9 (^{\circ}\text{F} - 32)$$



一、温度测量仪器

1、玻璃管液体温度计

这类温度计是最常用的温度测量仪器，它们是以液体受热膨胀和受冷收缩的原理为基础，体积变化从对应的固定标尺上读出。液体温度计便宜、简单、易于读数、对温度变化具有可接受的响应速度。但是这种玻璃管温度计易碎、必须小心使用，通常使用的液体是水银或酒精为便于识别常着红色)。水银的冰点为 -38.9°C ，沸点为 356.6°C ；酒精的冰点为 -115°C ，沸点为 78.3°C 。水银是有毒物质，漏出的水银必须恰当处理。

这类温度计如果结构不合理或使用不当，就会给出不正确的读数。除非附标准检查合格证，否则，每支温度计都必须用精确的标准仪器在其量程的上、下限处进行校核。这类液体温度计在设计上要完全或部分地插入测量对象中，以做出相应的记录。在使用温度计时，必须小心，不要使热载体（例如使用者的热、或冷却物体）来影响读数。由于玻璃具有一定的热容量和导热性，故必须有足够的时间让温度计达到热平衡。

2、布尔登（Bourdon）管温度计

布尔登管温度计能在几米的距离以内测量，因而常作冷库的库外读数温度计。它有一个通过毛细管与布尔登管相连的球状传感器，整个管系充满液体、气体或饱和蒸汽。温度变化引起压力变化，使布尔登管动作，于是与布尔登管相连的指针就在刻度盘上标示出温度。布尔登管温度计的传感小球用像钢之类的比热小，传热快的材料制成，对温度变化的反应比液体温度计慢些，这种温度计应每年校正一次。

3、双金属片温度计

这种温度计由两种金属的层压薄片构成，其中一层膨胀系数高，另一膨胀系数低。双层结构随温度变化而改变形状，从而带动指针或刻度盘。其对温度的变化的反应就慢。由于机械元件的磨擦，示出的读数有小的误差，这种误差可通过轻轻拍打刻度盘而部分地消除。双金属片温度计比较牢固，将测量尖端插入产品，即可方便地测量产品的温度。为了使沿金属

枢轴方向的热传导引起的误差减到最小，温度计的插入深度至少应为枢轴直径的 20 倍。

4、热电偶温度计

将两条不同的金属导体的两端分别连在一起，并令这两个结分别在不同的温度下，则在这个由两部分构成的导体中就会产生电动势，其大小取决于所使用的金属材料两个结之间的温差。这个原理被用于大多数温差电偶温度计。最简单的热电偶温度计是由两端焊接在一起的两条金属丝构成，并在回路上用电流计或电位计测量所产生的电动势。一个结保持在恒定的温度下，通常为冰溶解温度 0℃；另一结即为传感元件，放在被测量温度的地方。通常使用的成对金属中铜和康铜（含 60%铜、40%镍的一种合金），所产生的电动势大约为每摄氏度 39 μ V。

热电偶温度计有如下优点：（1）金属丝的长度是无关紧要的，故可用于远距离测量；（2）测量探头可以很小；（3）能取得高精度和快反应，读数可由人工抄录，也可自动记录。热电偶温度计最适用于探测温度随空间和时间的变化，如常用于满负荷的冷库和负载的运输车辆上。

5、电阻温度计

电阻温度计具有热电偶温度计的许多优点，可用于遥控测量，并测量精确，不需要冷结、传感器包括一根热敏电阻丝，通常为铂丝，或一个热敏电阻。由于传感器可加保护，所以电阻温度计牢固，测量装置的电缆较粗而且可很好地绝缘。由于它的这种牢固性，所以常用在固定的远距离读数装置中，如用于冷藏车、船中。

6、温度记录器

温度记录器可记录许多天的温度，金属条或线圈的形状随温度波动而产生的变化被记录在由时钟装置驱动的时间函数图表上。温度记录器需要定期保养，并对时间和温度二者进行校准和调整。

二、测温点的选择

测温装置在冷库和类似结构内的安放位置是很重要的，在观察产品的冷却或升温速度时，或用恒温器控制制冷或加热时尤其如此。制冷系统的本质意味着在产品与冷却盘管之间必须存在着温度梯度。此外，穿过库体过量的热泄漏，或包装的不合理堆垛，会使温度梯度增大。用于对强制通风冷却器进行温度控制的恒温控制器最好放在离冷却器有一定距离的地方，并根据产品堆垛内的温度读数进行调节。冷库、船舱或集装箱内产品温度应在几个不同的位点测量，因为温度不可避免地会有空间变化，门内测附近的空气温度并不能准确反映产品的实际温度。

湿度的测定

空气中的水蒸气含量，即大气的温度状态，可以用含水量或水蒸气压力来表示，采用绝对值或相对值。

相对湿度（RH）是在同一温度下空气中的水蒸气压力与饱和水蒸气压力之比，用百分率表示为： $RH = (P/P_0) \times 100\%$

式中：P—在温度 T 时空气的水蒸气压力；

P_0 ——在温度 T 时的饱和水蒸气压力。

绝对湿度是已知重量的干空气中所含水蒸气的重量的一个量度。典型的温度图上都示出以每千克干空气中水蒸气的克数或千克数表示的绝对湿度的标度，我国通常用每 m^3 大气中所含水蒸气的克数来表示。绝对湿度与水蒸气压力成正比，在 10、20 和 30℃ 时饱和空气的绝对湿度分别近似为 3、15 和 27g/kg。

饱和水蒸气压是在水的自由表面处于动态平衡时的水蒸气压，随空气温度的上升而迅速增大。

露点就是在空气遇冷而含水量没有变化的情况下达到饱和状态时的温度。露点也是一个实用的参数，它同时表示了温度和 100% 的相对湿度，也表示了饱和水蒸气压或饱和含水量。在露点以上空气温度的变化不影响含水量，但冷却到露点以下时，由于在更冷的表面上冷凝而使空气中的水分被凝结。在产品的贮藏和运输中，为了防止凝结的发生，露点的测定具有实用价值。

为了测量大气或空间的湿度，人们设计了许多种测量的方法，但到目前为止还没有任何一种湿度计（或干湿计）能在湿度和温度的整个范围内适合于一切用途。现在常用的湿度测量仪器有以下几种：

1、干湿球湿度计

这是最简单、使用最广泛的测量湿度的仪器。它由两个温度计组成，其中一个干球温度计，测量空气温度；另一个是湿球温度计，在球周围有一条湿的吸水带，湿带上的水分蒸发到空气中去需要能量，这些能量来自带中吸附的水分，由于蒸发使带子上的水分被冷却。使用专门制做的换算表，可把温度的下降换算为以百分数表示的相对湿度、水蒸气压力或露点。这些表上的数值随大气压力而变化，但是在 82-101kPa (620-760mm 汞柱，1500m 海拔高度) 范围内，对于大多数的实际应用来说，这个变化可以忽略不计。

为了取得精确的读数，需要注意以下几点：湿带必须干净、无灰尘和其它污染物，最好使用蒸馏水，干湿球必须用每秒至少 3 米的气流通风，以保证湿球充分蒸发和冷却应对仪器加以遮护，使之不受太阳，日光灯辐射源或其他比周围空气冷或热得多的表面的影响；在仔细的操作下，并在读取温度计的读数时精确到 0.1℃，则得出精确到 ± 的相对湿度是可能的。

对于一般的果蔬贮藏库、运输车、船，用悬挂式湿度计即可满足测量需要。现在已有了配备热敏电阻而不配水银温度计的干湿球湿度仪，其优点是体积小，可以远距离操作和控制。

2、毛发湿度计

毛发湿度计以几束毛发或一段别的某种材料作为传感元件，这些毛发或材料既能吸水，又能够解吸水，而导致长度变化。这类材料机械地联接在刻度盘的指针上，由于毛细管吸水慢，毛发湿度计的反应也慢（10-30 秒），由于它在某种程度上还取决于装置内的含水量，所以有明显的滞后效应。因此，这种湿度计不应放在温度和湿度波动大的环境中使用，使用时必须对每个温度范围进行校准，在 30-80%的相对湿度范围内，该仪器的测量精度为 2-5%。毛发湿度计适用于类似冷库中温度比较稳定的场所，可对缓慢的湿度变化进行监控。

3、电学湿度计

这类仪器通过记录传感器的电阻、电容或某些别的电参数随水的吸收或解吸而发生的变化来测量大气的湿度状况。将钨电极或碳电极接在一个绝缘基座上，这个绝缘基座浸渍或涂上了一薄层电解质稀释液，这种溶液通过水分的吸收或解吸而与周围空气平衡。其传志类型与温度有关，并受到滞后效应和老化效应的影响。但是这类仪器体积小，而且反应迅速，其信号可以放大，因而可用于遥控。电容式传感器则更稳定、更可靠。

O₂ 和 CO₂ 含量的测定

一、目的与原理

采后的果蔬仍是一个有生命的活体，在贮藏中不断地进行呼吸作用，必然影响到贮藏环境 O₂ 和 CO₂ 的含量，如果 O₂ 过低或 CO₂ 过高，或者二者比例失调，会危机果蔬正常生命活动。特别是在调节气体贮藏中，要随时掌握贮藏环境中 O₂ 和 CO₂ 的变化，所以在果蔬贮藏期间经常测定的 O₂ 和 CO₂ 含量。

测定 O₂ 和 CO₂ 的方法有化学吸收法与物理化学测定法，前者是用奥氏气体分析仪或改良奥氏气体分析仪，以 NaOH 溶液吸收 CO₂，以焦性没食子酸碱性溶液吸收 O₂，从而测出它们的含量。后者是 O₂ 和 CO₂ 利用测试仪表进行测定。

本试验介绍奥氏气体分析仪的使用操作方法，利用此方法可测定各种果蔬的呼吸系数。

二、奥氏气体分析仪的装置及各部分的用途

奥氏气体分析仪是由一个带有多个磨口活塞的梳形管与一个有刻度的量气筒和几个吸气球管相连接而成，并固定在木架上。

1、梳形管：是带有几个磨口活塞的梳形连通管，其右端与量气筒②连接，左端为取气孔⑦，套上胶管即与欲测气样相连。磨口活塞⑤⑥各连接一个吸气球管，它控制着气样进吸气球管。活塞⑧起调节进气或排气关闭的作用，梳形管在仪器中起着连接枢纽的作用。

2、吸气球管③④分甲乙两部分，两者底部由一小的 U 形玻璃连通，甲管内装有许多小玻璃管，以增大吸收剂与气样的接触面，甲管顶端与梳形管上的磨口活塞相连。

吸收球管内装有吸收剂，为吸收测定气样用。

3、量气筒②为有一刻度的圆管，底口通过胶管与调节液瓶①相连，用来测量气样体积。刻度管固定在一圆形套筒内，套筒上下应密封并装满水，以保证量气筒的温度稳定。

4、调节液瓶①是一个下口玻璃瓶，开口处用胶管与量气筒底部相连，瓶内装蒸馏水，由于它的提高与降低，造成瓶中的水位变动而形成不同的水压，使气样被吸入或排出或被压进吸气球管使气样与吸收剂反应。

5、三通活塞：它是一个带有丁字形通孔的磨口三通活塞，转动活塞⑧改变丁字形通孔的位置呈┌状，└状，├状，起着取气、排气或关闭的作用。活塞⑤⑥的通气孔一般呈┌状，它切断气体与吸气球管的接触。改变活塞⑤⑥通孔呈└状，使气先后进出吸气球管洗涤 O₂ 和 CO₂ 气体。

三、操作步骤

1、清洗与调整

将仪器内所有玻璃部分洗净，磨口活塞涂凡士林，并按图 2 装配好。

在各吸气球管中注入吸收剂。管③注入浓度为 30%NaOH 或 KOH 溶液（以 KOH 为好，因 NaOH 与 CO₂ 作用生成的沉淀多时会堵塞通道）作吸收 CO₂ 用。管④装入浓度为 30%的焦性没食子酸和等量的 30%NaOH 或 KOH 混合液，作吸收 O₂ 用。吸收剂要求达到球管口。在液瓶①和保温套筒中装入蒸馏水。最后将吸气孔接上待测气样。

将所有的磨口活塞⑤⑥⑧关闭，使吸气球管与梳形管不通。转动⑧呈└状并高举①，排出②空气。以后转⑧呈├状，打开活塞⑤降下①，此时③中的吸收剂上升，升到管口顶部时立即关闭⑤，使液面停止在刻度线上，然后打开活塞⑥同样使吸收液面到达刻度线上。

2、洗气

右手举起①，同时用左手将⑧至└状，尽量排出②空气，使水面达到刻度 100 时为止，迅速转动⑧呈┌状，同时放下①吸进气样，待水面降至②底部时立即转动⑧回到└状。再举起①，将吸进的气样再排出，如此操作 2-3 次，目的是用气样冲洗仪器内原有的空气，使进入②内的所样保证纯度。

3、取样

洗气后转⑧呈┌状并降低①，使液面准确达到零位，并①移近②，要求①②两液面同在一水平线上并在刻度零处。然后⑧转至├状，封闭所有有通道，再举起①观察②的液面，如果液面不断上升则表明漏气，要检查各连接处及磨口活塞，堵漏后重新取样，若液面在稍有

上升后停在一定位置上不再上升，证明不漏气，可以开始测定。

4、测定

转动⑤接通③管，举起①把样尽量压入③中，再降下①重新将气样抽回到②，这样上下举动①使气样与吸收剂充分接触，4-5次后降下①，待吸收剂上升到的③原来刻度线时，立即关闭⑤把①移近②，在两液面平衡时读数，记录后，重新打开⑤，上下举动①如上操作，再进行第二次读数，若两资助读数相同即表明吸收完全，否则重新打开⑤再举动①，直到读数相同为止，以上测定结果为CO₂含量，再转动⑥接通④管，用上述方法测出O₂含量。

四、结果计算

$$\text{CO}_2 \text{ 含量 (\%)} = (V_1 - V_2) / V_1 \times 100$$

$$\text{O}_2 \text{ 含量 (\%)} = (V_2 - V_3) / V_1 \times 100$$

式中：V₁—量气筒初始体积 (ml)

V₁—测定CO₂残留气体体积 (ml)

V₁—测定O₂残留气体体积 (ml)

五、注意事项

- 1、举起①时②内液面不得超过刻度100处，否则蒸馏水会流入梳形管，甚至到吸气球管内，不但影响测定的准确性，还会冲淡吸收剂造成误差，液面也不能过低，应以③中吸收剂不超过为⑤准，否则，吸收剂流入梳形管时，要重新洗涤仪器才能使用。
- 2、举起①时动作不宜太快，以免气样因受压过大而冲过吸收剂从U形管逸出，一旦发生这种现象，要重新测定。
- 3、先测CO₂，后测O₂。
- 4、焦性没食子酸的碱性液在15-20℃时吸O₂效能最大，吸收效果随温度下降而减弱，0℃时几乎完全丧失吸收能力。因此，测定时，室温一定要在15℃以上。
- 5、吸收剂的浓度按百分比浓度配制，多次举①读数不相等时，说明吸收剂的吸收能力减弱，需要重新配制吸收剂。

实验七 果蔬一般物理性状的测定

一、目的与原理

物理性状的测定是用一些物理测定方法来表示果蔬的重量、大小、容重、硬度等物理性状。其中也包含了某些感官的反映，色泽、新鲜度和成熟度等。果实在成熟、采收、运输、贮藏及加工期间的物理特性的变化，反映其组织内部一系列复杂的生理生化变化的结果。因此对物理性状的测定是进行化学测定的基础。

果蔬的物理性状测定是确定采收成熟度，识别品种特性，进行产品标准化的必要措施。新鲜果实是活的有机体，与外界环境条件的统一是保证贮藏特性的主要因素。欲控制适合于新鲜果蔬的环境，首先就要通过在贮藏期中进行物理性状的测定，是了解其加工适应性与拟定加工技术条件的依据。

二、材料与用具

苹果、梨、柑桔、葡萄、甜椒、番茄、茄子等。

卡尺、托盘台秤、果实硬度度、榨汁器、比色卡片、排水筒、量筒等。

三、操作方法

1、单果重 (g/个)，取 10 个果实，放在托盘台秤上称重。记录重量，求出其平均果重。

2、果形指数 (纵径/横径)：取 10 个果实，用卡尺测量果实的纵径和横径 (cm) ， 求出果形指数，以了解果实的形状和大小。

3、果面特征：取 10 个果实进行总体观察，记载果皮的粗细，底色和面色的状况，果实底色可分深绿、绿、浅绿、绿黄、黄、乳白等，也可用特制的比色卡进行比较，分成若干级。果实因种类和品种不同，显出的面色有所差别，应根据实际观察到的情况，记载颜色的种类和深浅、占果实表面积的百分比。

4、果肉比率 (%)：取 10 个果实，除去果皮、果心、果核和种子，分别称各部分的重量，以求果肉 (或可食部分) 的百分率。汁液多的果实，可将果汁榨出，称果汁重量，求果实的

出汁率。

5、果实硬度，果实硬度是果实成熟度的重要指标之一。取 10 个果实，在对应两面薄薄地削去一小块果皮，用果实压力硬度计，测定果肉的硬度，以每平方厘米面积上承受的压力数表示。在用 Mnagness-Tylor 型硬度计测定时，注明测头直径英寸数，压力以磅数表示（例如测头为 7/16 英寸，压力为 16 磅）。硬度越大，表明质地越致密。硬度与果实的贮藏性往往呈现一定的正相关性。

6、果实比重 (g/cm₃)

$$\text{果实比重} = \frac{\text{重量 (W)}}{\text{体积 (V)}}$$

取 10 个果实，在托盘台秤上称果实重量 W。

将排水筒装满水，多余的水由溢水孔流出，至不滴水为止。置一量筒于溢水孔下面，将果实轻轻放入排水筒水中，此时溢水孔流出的水盛于量筒内，再用细铁丝将果实全部没入水中，待溢水孔水滴滴尽为止。用量筒量出果实的排水量，即果实体积 V，用上式计算果实的比得。

7、果蔬容量 (kg/m₃)

果蔬容重是指 1m³ 容积果蔬的重量，它与果蔬的包装、运输和贮藏关系十分密切，可选用包装容器，如竹筐、纸箱、木桶、或特制一个 1m₃ 的容器，装满某种水果或蔬菜，取出并称其重量 (kg)，计算容器的容积 (m₃) 即可求出该种果蔬的容重。