

# 《无机及分析化学实验》——食醋中醋酸含量的测定

## 教学设计

### 一、教学目标

#### 【教学章节】

第五章 基础实验

基础实验 3 食醋中醋酸含量的测定

#### 【教学内容】

1. 食醋中醋酸含量测定的原理；
2. 食醋中醋酸含量测定的实验流程；
3. NaOH 标准溶液的配制与标定；食醋中醋酸含量的测定。

#### 【专业教学目标】

1. 基本目标  
掌握称量、移液、定容和滴定等相关基本操作。
2. 理解目标  
学习强碱滴定弱酸的原理和指示剂的选择。
3. 应用目标
  - 1) 根据酸碱中和反应计算 NaOH 标准溶液的浓度和 HAc 的含量。
  - 2) 运用一元弱酸、弱碱解离平衡计算溶液 pH 值并选择合适的指示剂。
4. 能力目标  
观察学习能力；团队协作、沟通交流能力；动手实践能力。

#### 【课程思政教学目标】

1. 了解中国食醋悠久历史，弘扬我国传统文化和精神，激发学生的民族自豪感和责任感。
2. 对比我国传统酿醋与现代工业化生产间的差距，同时认识到科技进步对工业现代化的促进生产力发展的促进，明确“科技兴邦、科学是第一生产力”的意义。
3. 从介绍由于缺乏行业技术标准，导致食醋行业曾经的乱象的历史出

发，使学生明确行业标准对于企业的重要性，使学生明确为什么行业技术标准水平代表国家的核心竞争力，研究制定高水平的行业技术标准，保护国家核心竞争力是我们科技工作者的责任与使命。

## 二、教学实施过程

### (一) 课程内容导入

#### 1. 教学内容背景

我国是世界上最早用谷物酿醋的国家，据有文字记载，中国古代劳动人民以酒作为发酵剂来发酵酿制食醋，酿醋历史至少也在三千年以上，东方醋起源于中国，中国食醋西周已有，春秋使其遍及城乡，食醋的使用在我国有着悠久的历史。前人有句话“开门七件事，柴米油盐酱醋茶”，说明自古以来醋就在我国人民生活中占有重要地位。



吃醋

“就是为了这口醋，才包了这顿饺子。”  
“饺子的味道不好说，醋不错。”

电影《邪不压正》

醋也是我国“国家非物质文化遗产”。大家耳熟能详我国的四大名醋：江苏镇江香醋、山西老陈醋、四川保宁醋、福建永春老醋。

我们的祖先在不知道何谓微生物的过去，却能够成功地酿制出各种食醋？这是因为他们通过长期实践加上聪明与勤奋总结并掌握了酿造食醋的工艺技术和条件，这是他们劳动智慧的结晶。



但是历史悠久的食醋酿造行业长期依靠的是观察和口感，实践和经验，严重缺乏现代化技术的指导，缺乏行业技术标准和产品质量标准，缺乏现代化分析技

术对食醋生产、运输、存贮过程中物质变化的有效监控。

上述种种标准的缺乏，导致食醋工业行业门槛低，无数技术低的小企业制造出大量假冒伪劣食醋产品冲击正规，导致无序竞争。为拨乱反正，我国食醋行业采取相应行动，制定了强制性国家标准和原产地域保护，制定醋产业质量、安全、工艺等标准，完善了食醋标准体系，有效维护食醋行业的健康发展，维护中国食醋知名品牌的威望。

由于技术标准成为国际贸易游戏规则的重要组成部分，技术标准的竞争已成为国际科技竞争的焦点。随着科学技术的进步，我国的制醋工业已经发生了很大变化，采用自吸式深层发酵法的制醋工艺标志着我国传统的食醋业进入了工业化生产。据智研数据研究中心显示在食醋生产成套设备的自主研发、应用等方面与国外发达国家相比还有很大差距，同时也说明还有相当大的发展空间。因此，中国食醋业走向世界离不开大批食品专业技术复合型人才和相关技术人才的共同努力。

## 2. 引出教学主题——食醋中醋酸含量的测定

随着生活水平的提高，人们对于饮食的口味感受、食品安全的要求也在不断提高。目前，市场上的食醋品种繁多，如何鉴定评判食醋品质的高低呢？按照GB 2719-2018《食品安全国家标准 食醋》的要求，除色泽、气味等指标之外，总酸（以醋酸计）含量是食醋的一种特征性指标，其值越高说明食醋酸味越浓。按国家标准规定，其含量需大于 3.5 g/100mL。

请同学们思考如何测定食醋中乙酸的含量呢？

## 3. 过渡重点内容——食醋中醋酸含量测定的原理及技术

食醋中主要成分是醋酸（也称乙酸，图1），含有少量其他有机酸，用氢氧化钠标准溶液滴定，以指示剂显示终点，计算得出样品中乙酸的含量。需要酸碱滴定、指示剂的选择等基础理论，称量、移液、定容和滴定等相关基本实验操作技术，这是我们这节课的重点内容。



图 1

## (二) 重点内容的开展

根据实验原理，结合实验流程与步骤，利用教学视频结合教师亲自示范、纠错，带领学生学习相关实验操作。

## 1. 实验原理

### (1) NaOH 标准溶液的标定

NaOH 固体在空气中容易潮解变质，应采用间接法配制其标准溶液，即先将 NaOH 配制成近似所需浓度的溶液，再用基准物质标定。

基准物：邻苯二甲酸氢钾（化学式  $\text{KHC}_8\text{H}_4\text{O}_4$ ，图 2），易制得纯品，摩尔质量大，不吸水，易保存，是标定 NaOH 最理想基准物质。

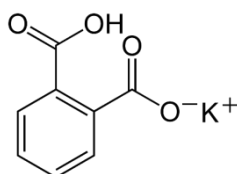


图 2



化学计量点时，体系的 pH 值大约为 9.0，因此可以选用酚酞为指示剂，溶液由无色变为浅红色，30 s 内不褪色即为滴定终点。

### (2) 食醋中醋酸含量的测定

醋酸为一元弱酸，其解离常数  $\text{K}_a^\theta = 1.8 \times 10^{-5}$ ，因此当其浓度高于  $5.6 \times 10^{-4} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$  时， $c\text{K}_a^\theta/c^\theta > 10^{-8}$  满足一元弱酸准确滴定条件，故可用 NaOH 标准溶液直接滴定。

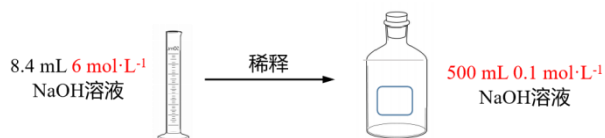


当达到化学计量点时，体系为 NaAc 溶液，呈弱碱性（pH 值为 8.72），可以选用酚酞为指示剂，溶液由无色变为浅红色，30 s 内不褪色即为滴定终点。

## 2. 实验流程与步骤

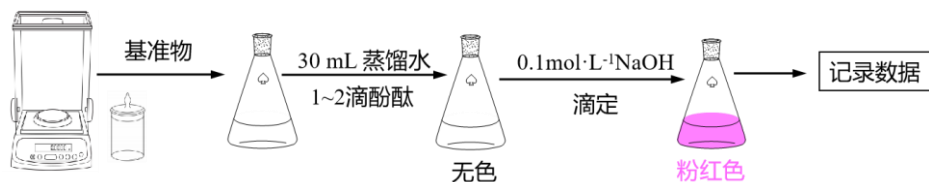
结合实验流程，讲解相关具体实验步骤及操作要领，利用教学视频结合教师亲自示范带领学生学习相关实验操作。同时对于重要知识点，通过提问的方式引导学生及时思考。

### (1) $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ NaOH 溶液的配制



【提问】：用量筒量取  $6 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$  NaOH 溶液的依据是什么？为什么不用吸量管？

### (2) $0.1 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ NaOH 溶液的标定

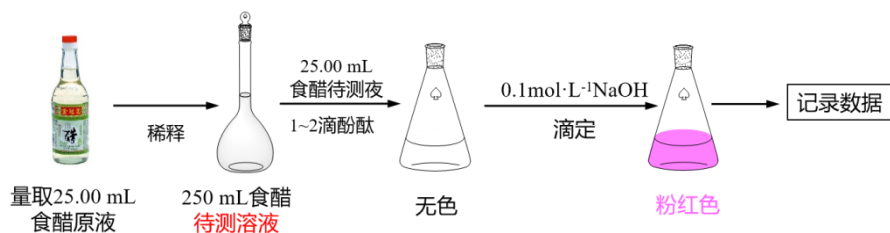


【提问】：① 电子天平称量操作流程是什么？操作时，严禁哪些动作？

② 准确称取  $0.4\sim 0.6 \text{ g}$   $\text{KHC}_8\text{H}_4\text{O}_4$  的依据是什么？

③ 量取 30 mL 蒸馏水时，用什么仪器？为什么？

### (3) 食醋中醋酸含量的测定

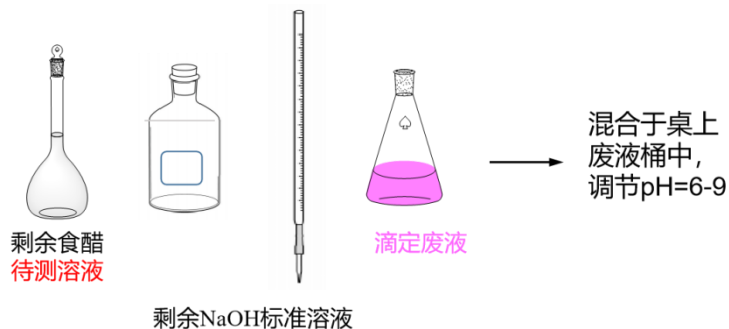


【提问】① 移液管与容量瓶的操作要领有哪些？滴定操作要领有哪些？

② 为什么稀释食醋原液用移液管和容量瓶而不是量筒和烧杯？

③ 为什么指示剂用酚酞而不能用甲基红或甲基橙？

### (4) 废液的处理



## 3. 实验数据记录与处理

### (1) 数据记录

将数据即时、准确记录在《无机及分析化学实验记录本》P8、P9 相关表格中。

## (2) 数据处理

### ① NaOH 标准溶液浓度的计算式

$$c(\text{NaOH}) = \frac{m(\text{KHC}_8\text{H}_4\text{O}_4) \times 1000}{M(\text{KHC}_8\text{H}_4\text{O}_4)V(\text{NaOH})} \quad (\text{mol} \cdot \text{L}^{-1})$$

式中： $m(\text{KHC}_8\text{H}_4\text{O}_4)$  为  $\text{KHC}_8\text{H}_4\text{O}_4$  的质量 (g)； $M(\text{KHC}_8\text{H}_4\text{O}_4)$  为  $\text{KHC}_8\text{H}_4\text{O}_4$  的摩尔质量 ( $204.22\text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$ )； $V(\text{NaOH})$  为标定消耗 NaOH 标准溶液的体积 (mL)。

### ② HAc 的含量计算式

$$\rho(\text{HAc}) = \frac{c(\text{NaOH})V(\text{NaOH})M(\text{HAc})}{V(\text{HAc})_{\text{测}}} \quad (\text{g} \cdot \text{L}^{-1})$$

式中： $c(\text{NaOH})$  为 NaOH 标准溶液的浓度 ( $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ )； $V(\text{NaOH})$  为测定食醋所消耗 NaOH 标准溶液的体积 (mL)； $M(\text{HAc})$  为 HAc 的摩尔质量 ( $60.052\text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$ )； $V(\text{HAc})_{\text{测}}$  为测定所用食醋原溶液的体积 (mL)。

## (三) 课后拓展

1. 请查阅相关资料，讨论是否可有其它测定食醋中乙酸含量的方法，若有请具体阐述说明。
2. 查阅相关文献，讨论本课程所学哪些分析技术可以用来分析食醋的哪些品质指标？

## (四) 课后作业

1. 学习通平台上的：练习题—食醋中醋酸含量的测定。
2. 课本 P73 页 思考题和案例分析。

## 三、参考资料

1. 龚宁，单丽伟，许河峰. 无机及分析化学实验. 科学出版社，2020.
2. 食醋产业将迎来“最好的时代”. 食评方，2019.
3. 杨林娥，李婷，杨宇霞，李慧，彭晓光. 中国食醋的历史、现状与对策. 中国调味品，2013，38，114-117.