

8. 身近な酸の中和

1. 目的

中和滴定は実験方法が容易で、得られる数値も正確な定量実験であり、また、多くの種類の酸についても再現性があるので、課題実験には適切な実験内容であると考えて取り上げた。さらに、日常口にする食品の中には酸を含んだものが多くあり、親近感のもてる実験として取り上げた。

2. 準備

(1) 使用器具・薬品

器具：ビュレット、ホールピペット、メスフラスコ、コニカルビーカー、ビーカー、メスシリンダー、発泡スチロール容器、電子天秤、pHメーター、吸引ろ過装置、デジタル温度計、マグネチックスターラー、テスター、手作り電極

薬品：水酸化ナトリウム、結晶シュウ酸、フェノールフタレイン、メチルオレンジ、米酢(表示酸度4.5%)、穀物酢(表示酸度4.2%)、純りんご酢(表示酸度5.0%)、グレープフルーツ(果物)、リンゴ(果物)、レモン(果物)、キウイ(果物)、リンゴジュース(ストレート果汁100%)、ミカンジュース(ストレート果汁100%)、グレープフルーツジュース(濃縮還元100%)、グレープジュース(濃縮還元100%)

(2) 参考資料

ア. 果実中の酸

出典：果実の科学（伊藤三郎・朝倉書店）より

果実	酸 [%]	主要な有機酸
ア ン ズ	～2～	リンゴ酸 (25～90%) , クエン酸
イ チ ゴ	～1～	クエン酸 (70%以上) , リンゴ酸
ウ メ	4～5	クエン酸 (40～80%) , リンゴ酸
☆ウンシュウミカン	0.8～1.2	クエン酸 (90%) , リンゴ酸
バレンシアオレンジ	0.7～1.2	クエン酸 (90%)
カ キ	～0.05～	リンゴ酸, クエン酸
☆キウイフルーツ	1～2	キナ酸 (36%) , クエン酸
☆グレープフルーツ	～1～	クエン酸 (90%) , リンゴ酸
オウトウ	～0.4～	リンゴ酸 (75%以上) , クエン酸
ス モ モ	1～2	リンゴ酸 (大部分) , クエン酸
セイヨウナシ	0.2～0.4	リンゴ酸, クエン酸
ナツミカン	1.5～2.0	クエン酸 (60%以上) , リンゴ酸
ニホンナシ	～0.2～	リンゴ酸 (90%) , クエン酸

果実	酸 [%]	主要な有機酸
パイナップル	0.6~1.0	クエン酸 (85%), リンゴ酸
バナナ	0.1~0.4	リンゴ酸 (50%), クエン酸
ビワ	0.2~0.6	リンゴ酸 (50%), クエン酸
☆ブドウ	~0.6~	酒石酸 (40~60%), リンゴ酸
モモ	0.2~0.6	リンゴ酸, クエン酸
☆リンゴ	0.2~0.7	リンゴ酸 (70~95%), クエン酸
☆レモン	6~7	クエン酸 (大部分), リンゴ酸

(☆は今回の実験に利用)

イ. 食品中の主な酸

- (a) 酢酸 CH_3COOH (分子量60) ・ ・ 食酢は3~5%酢酸である。
- (b) シュウ酸 $(\text{COOH})_2$ (分子量90) ・ ・ 結晶シュウ酸 $(\text{COOH})_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ は純粋なものが得やすいため標準溶液として使う。
- (c) クエン酸 $\text{C}_3\text{H}_5\text{O}(\text{COOH})_3$ (分子量192) ・ ・ 未熟ダイダイやレモンに多く含まれ、またスグリ、サトウダイコン、多くの花や植物の種子、果汁中に遊離の状態に含まれる。
- (d) リンゴ酸 $\text{C}_2\text{H}_4\text{O}(\text{COOH})_2$ (分子量134) ・ ・ リンゴ、ブドウなどの果実に含まれる。
- (e) 酒石酸 $\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2\text{COOH}$ (分子量150) ・ ・ 天然には遊離状態またはカルシウム塩、カリウム塩として果実など広く植物界に存在する。
- (f) 乳酸 $\text{C}_2\text{H}_5\text{O}(\text{COOH})$ (分子量90) ・ ・ 多くの動物の器管の中に存在する。疲労した筋肉中に蓄積される。多くの植物に遊離の状態が存在するほか果実の発酵の際に生ずる。従って多くの腐敗した物質中に含まれている。
- (g) キナ酸 $\text{C}_6\text{H}_{11}\text{O}_4\text{COOH}$ (分子量192) ・ ・ 遊離ではキナ皮に、またコーヒー豆中ではクロロゲン酸として存在し、そのほかキウイ、サトウダイコンなど多くの植物に分布する。

3. 方 法

<実験1>市販されている「酢」の酸濃度を調べる。【穀物酢、米酢、純りんご酢】

(1) 水酸化ナトリウム水溶液の調製と濃度決定

1 [ℓ] のメスフラスコに結晶シュウ酸6.30 [g] をとり純水を加えて溶かし、0.0500 [mol/ℓ] の標準溶液を作り、酢に滴定に用いる水酸化ナトリウム水溶液の濃度を決定する。(以後この濃度の決まった水酸化ナトリウム溶液を「標準塩基」と呼ぶ)

(2) 穀物酢をホールピペットで10.0 [ml] とり、100 [ml] メスフラスコに入れて純水を加

えて試料溶液をつくる。

- (3) この試料溶液を10 [ml] ホールピペットを用いてコニカルビーカーにとり、指示薬としてフェノールフタレインを数滴加える。
- (4) ビュレットに「標準塩基」を入れ、試料溶液を滴定する。
- (5) 穀物酢を米酢に変えて(2)～(4)を同様に行う。
- (6) 穀物酢を純りんご酢に変えて(2)～(4)を同様に行う。

＜実験2＞「果物」中の酸濃度を調べる【レモン、リンゴ、キウイ、グレープフルーツ】

- (1) レモンをしぼり、果肉等を除くため吸引ろ過する。ホールピペットで10 [ml] とり、100 [ml] のメスフラスコに入れ純水を加えて試料溶液をつくる。
- (2) 試料溶液を10 [ml] ホールピペットでコニカルビーカーにとり、指示薬としてフェノールフタレインを数滴加える。
- (3) ビュレットに「標準塩基」を入れ、試料溶液を滴定する。
- (4) リンゴをジューサーでしぼり、レモンと同様に試料溶液を作る。酸度が低いため、「標準塩基」を10倍に希釈し、試料溶液を滴定する。
- (5) キウイをしぼり、レモンと同様に試料溶液を作る。リンゴと同様に酸度が低いため、標準塩基を10倍に希釈し、試料溶液を滴定する。
- (6) グレープフルーツをしぼり、レモンと同様に試料溶液を作る。リンゴと同様に酸度が低いため、「標準塩基」を10倍に希釈し、試料溶液を滴定する。

＜実験3＞市販「ジュース」の酸濃度を調べる

【リンゴジュース（ストレート果汁100%）、ミカンジュース（ストレート果汁 100%）、グレープフルーツジュース（濃縮還元100%）、グレープジュース（濃縮還元100%）】

中和滴定、中和熱、電気伝導度滴定の3つの方法で比較実験した。

・中和滴定

- (1) 市販ジュースを10 [ml] ホールピペットでコニカルビーカーにとり、指示薬としてフェノールフタレインを数滴加える。
- (2) ビュレットに「標準塩基」を入れ、試料溶液を滴定する。

・中和熱による温度変化から求める

- (3) 室温になっている市販ジュース20 [ml] をホールピペットで発泡スチロール容器に取り、スターラーでかき混ぜながら温度を測る。
- (4) 室温になっている「標準塩基」をビュレットから2.00 [ml] ずつ加え、その都度最高温度を測る。
- (5) グラフを書き中和点を求める。

・電気伝導度滴定

- (6) 市販ジュース10 [ml] をホールピペットでビーカーにとり、テスターとつないだ手作り

電極を入れ、液はスターラーでかき混ぜながら抵抗値を測る。

(7) 「標準塩基」をビュレットから1.00 [ml] ずつ加え、その都度値が一定になってから抵抗値を測る。

(8) グラフをかき中和点を求める。

4. 実験結果

[実験1 市販の酢]

種類	表示値[%]	滴下量[ml]	モル濃度[mol/l]	パーセント濃度[%]
穀物酢	4.2	7.30	0.728	4.37
米酢	4.5	7.81	0.779	4.67
純りんご酢	5.0	8.58	0.855	5.13

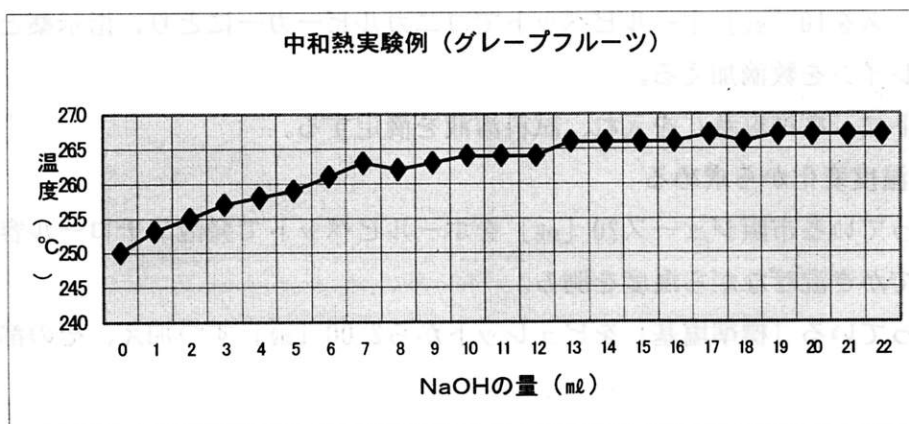
- ・水酸化ナトリウム水溶液の濃度は0.0997 [mol/l]
- ・モル濃度を求める際、酢の中の酸はすべて酢酸として計算した。
- ・質量パーセント濃度に換算する際、酢の比重は1.00で計算した。

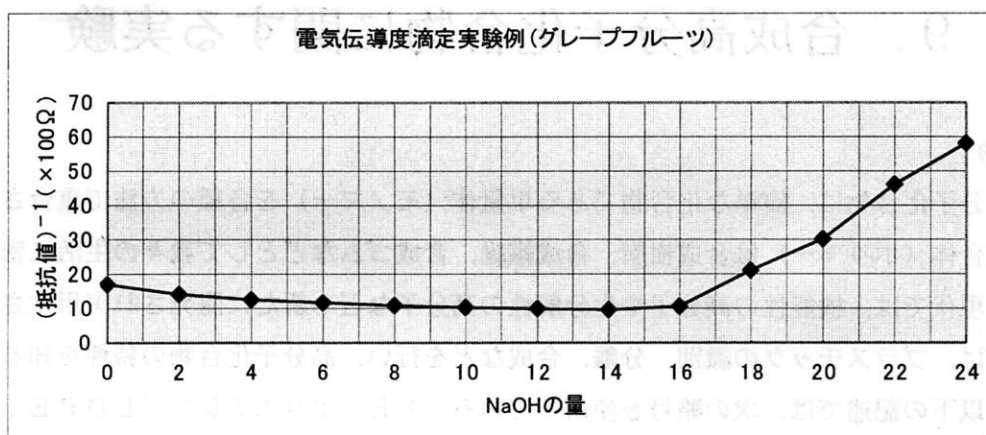
[実験2 果物]

種類	pH	滴下量[ml]	モル濃度	濃度[%]	酸の種類
レモン	2.12	10.42	0.340	6.53	クエン酸
リンゴ	3.50	18.99	0.0186	0.249	リンゴ酸
キウイ	4.30	17.37	0.0388	0.745	キナ酸36%、クエン酸64%
グレープフルーツ	4.40	17.37	0.0499	0.958	クエン酸

- ・NaOHaqの濃度0.0980 [mol/l]
- ・リンゴ、キウイ、グレープフルーツは、NaOHaqを10倍に薄めて使用した。
- ・モル濃度は酸の種類に示した酸として計算した。
- ・質量パーセント濃度に換算する際、果汁の比重は1.00として計算した。

[実験3 市販の酢の酸の濃度]





種類	実験の種類	滴下量 [ml]	モル濃度	濃度 [%]	酸の種類
リンゴジュース	中和滴定	5.90	0.0286	0.383	リンゴ酸
	中和熱	温度差が少なく測定できない			
	抵抗値	5.6	0.027	0.36	
ミカンジュース	中和滴定	12.86	0.0413	0.794	クエン酸
	中和熱	12.4	0.040	0.77	
	抵抗値	11.2	0.036	0.69	
グレープフルーツ	中和滴定	16.54	0.0533	1.032	クエン酸
	中和熱	15.0	0.048	0.93	
	抵抗値	16.0	0.051	0.97	
グレープ	中和滴定	果汁の色が濃いため測定できない			酒石酸50%、 クエン酸50%
	中和熱	7.8	0.030	0.52	
	抵抗値	6.7	0.026	0.44	

- ・ NaOHaqの濃度0.0967 [mol/ℓ]
- ・ モル濃度は酸の種類に示した酸として計算した。
- ・ 質量パーセント濃度に換算する際、果汁の比重は1.00として計算した。
- ・ 中和熱は試料を20 [ml] 使用して実施したが表は10 [ml] に換算して示した。

5. 発 展

中和滴定だけでなく中和熱や電気伝導度滴定を取り入れ、酸の濃度を調べられそうなので、今後より多くの食品で実験してみたい。

6. 参考文献

- 化学大辞典 (東京化学同人・共立出版)
- 果実の科学 (伊藤三郎・朝倉書店)