

1 2 栄養ドリンク中のカルシウムイオンの定量

1 目 的

市販の栄養ドリンクに含まれるカルシウムイオンを酸化還元滴定で定量するという、身近な物質を使った実験で、生徒の興味・関心を高め、印象に残るようにする。

2 準 備

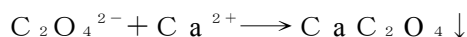
器具： ホールピペット、ビュレット、コニカルビーカー、ビュレット台、ビーカー、メスシリンダー、ろ紙、ろうと、ろうと台、洗浄びん、ガラス棒

薬品： シュウ酸アンモニウム、過マンガン酸カリウム、硫酸、

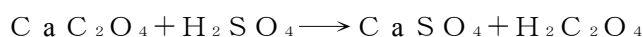
栄養ドリンク： 7種類

3 実験原理

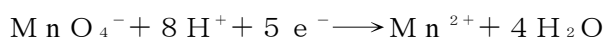
栄養ドリンク中のカルシウムイオンは、シュウ酸アンモニウムを加えることでシュウ酸カルシウムとして沈殿する。



この沈殿をろ過して取り出し、希硫酸を加えると、硫酸カルシウムとシュウ酸になる。



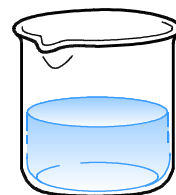
このシュウ酸を過マンガン酸カリウムで滴定することで、間接的に Ca^{2+} の量がわかる。つまり、シュウ酸の物質質量とカルシウムイオンの物質質量は等しい。



4 方 法

(1) 栄養ドリンク 10 ml を 50 ml ビーカーに取り、その中に 2.5 % シュウ酸アンモニウム水溶液 約 20 ml を加え、よく攪拌する。5 分ほど静置するとシュウ酸カルシウムの白色沈殿が底に沈むので、上澄み液を約 20 ml 捨て、水約 20 ml を加える。再び上澄み液を捨て、水約 20 ml を加える。

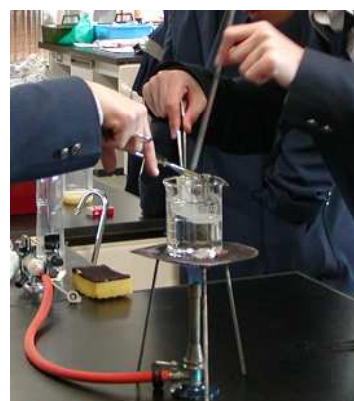
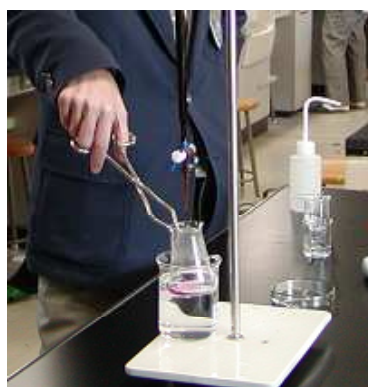
* ドリンク中の有機物が滴定に影響を与え、滴定の終点が判断しにくくなる、あるいは過剰の過マンガン酸カリウムが反応してしまうことがある。そのため、この段階では直接ろ過せず、雑ではあるが、溶液の上澄み液を複数回捨てる方法をとった。



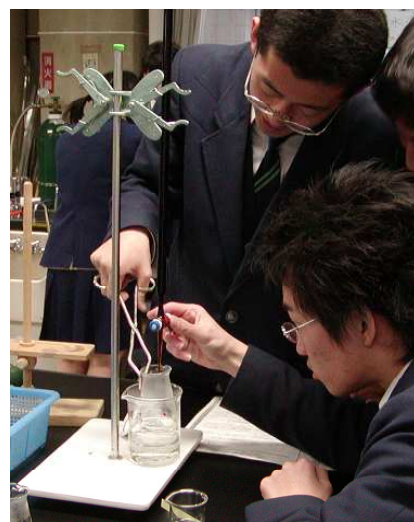
(2) 上澄み液を捨てたのち、残った溶液を沈殿ごと直径 6 cm のろ紙を使ってろ過し、少量の水を加えてビーカーの残った結晶を回収しつつ、ろ紙上の沈殿を洗う。



(3) 1.0 mol/l 硫酸 25 ml を 50 ml ビーカーにとり、熱湯の入った 300 ml ビーカーの中に浮かべ、硫酸を加熱する。この中へ (2) で得られたろ紙を入れ、ときどきろ紙を軽くガラス棒でこすりながら、約 5 分間沈殿を硫酸と反応させる。このとき、ろ紙をほぐしすぎるとろ紙の繊維質が浮遊して白濁し、以下の滴定に影響を与えるので注意が必要である。



(4) 沈殿が消失したのを確認したのち、溶液をろ過し、ろ液の 10 ml を $1.0 \times 10^{-2} \text{ mol/l}$ 過マンガン酸カリウム水溶液と反応させる。反応は、試料の入ったコニカルビーカーを先ほどのお湯の入った 300 ml ビーカーの中に浸して行う。過マンガン酸カリウムの消費量からシュウ酸の物質質量つまりカルシウムイオンの物質質量がわかる。



5 実験結果

カルシウムイオンの滴定は、7種類のドリンクで行った。結果は下の表である。

(単位はml)

溶液 \ 回数	一回目	二回目	三回目	平均
A	6.00	5.60	5.80	5.80
B	0.40	0.50	0.60	0.50
C	0.40	0.40	0.40	0.40
D	0.10	0.10	0.20	0.13
E	0.00	0.00	0.00	0.00
F	0.00	0.00	0.00	0.00
G	0.00	0.00	0.00	0.00

この結果から、各栄養ドリンクに含まれるカルシウムイオンの質量(mg)を求める。

A

$1.0 \times 10^{-2} \text{ mo l/l}$ 過マンガン酸カリウム水溶液の消費量は 5.80 ml であった。したがって、反応したシュウ酸の物質量は

$$1.0 \times 10^{-2} \times 5.80/1000 \times 5/2 = 1.45 \times 10^{-4} \text{ mo l}$$

であり、これがカルシウムイオンの物質量となる。

方法(3)で得た 25 ml のろ液のうち、10 ml を使ったので、2.5 倍すると、もとの栄養ドリンク 10 ml 中のカルシウムイオンの物質量が決まる。

$$1.45 \times 10^{-4} \times 2.5 = 3.625 \times 10^{-4} \text{ mo l}$$

もとのドリンクは 50 ml あったので 5 倍して、

$$3.625 \times 10^{-4} \times 5 = 1.81 \times 10^{-3} \text{ mo l}$$

含まれており、カルシウムイオン (式量 40) の質量[mg]に直すと、

$$1.81 \times 10^{-3} \times 40 \times 1000 = \underline{72.4\text{mg}}$$

B

$1.0 \times 10^{-2} \text{ mo/l}$ 過マンガン酸カリウム水溶液の消費量は 0.50 ml であった。したがって、反応したシュウ酸の物質量は

$$1.0 \times 10^{-2} \times 0.50/1000 \times 5/2 = 1.25 \times 10^{-5} \text{ mo l}$$

であり、これがカルシウムイオンの物質量となる。

もとの栄養ドリンク 10 ml 中のカルシウムイオンの物質量は、

$$1.25 \times 10^{-5} \times 2.5 = 3.125 \times 10^{-5} \text{ mo l}$$

もとのドリンクは 50 ml あったので 5 倍して、

$$3.125 \times 10^{-5} \times 5 = 1.56 \times 10^{-4} \text{ mo l}$$

含まれており、カルシウムイオン（式量 40）の質量[mg]に直すと、

$$1.56 \times 10^{-4} \times 40 \times 1000 = \underline{6.24\text{mg}}$$

C

$1.0 \times 10^{-2} \text{ mo/l}$ 過マンガン酸カリウム水溶液の消費量は 0.40 ml であった。したがって、反応したシュウ酸の物質量は

$$1.0 \times 10^{-2} \times 0.40/1000 \times 5/2 = 1.00 \times 10^{-5} \text{ mo l}$$

であり、これがカルシウムイオンの物質量となる。

もとの栄養ドリンク 10 ml 中のカルシウムイオンの物質量は、

$$1.00 \times 10^{-5} \times 2.5 = 2.50 \times 10^{-5} \text{ mo l}$$

もとのドリンクは 750 ml あったので 75 倍して、

$$2.50 \times 10^{-5} \times 75 = 1.875 \times 10^{-3} \text{ mo l}$$

含まれており、カルシウムイオン（式量 40）の質量[mg]に直すと、

$$1.875 \times 10^{-3} \times 40 \times 1000 = \underline{75.0\text{mg}}$$

D

$1.0 \times 10^{-2} \text{ mo/l}$ 過マンガン酸カリウム水溶液の消費量は 0.13 ml であった。したがって、反応したシュウ酸の物質量は

$$1.0 \times 10^{-2} \times 0.13/1000 \times 5/2 = 3.25 \times 10^{-6} \text{ mo l}$$

であり、これがカルシウムイオンの物質量となる。

もとの栄養ドリンク 10 ml 中のカルシウムイオンの物質量は、

$$3.25 \times 10^{-6} \times 2.5 = 8.125 \times 10^{-6} \text{ mo l}$$

もとのドリンクは 70 ml あったので 7 倍して、

$$8.125 \times 10^{-6} \times 7 = 5.69 \times 10^{-5} \text{ mo l}$$

含まれており、カルシウムイオン（式量 40）の質量[mg]に直すと、

$$5.69 \times 10^{-5} \times 40 \times 1000 = \underline{2.28\text{mg}}$$

6 考 察

実験で用いたAには、グルコン酸カルシウム $C_{12}H_{22}O_{14}Ca$ (式量 430) 1000mg (このうち Ca^{2+} は 93mg) 含まれている。滴定により、そのうち Ca^{2+} の約 78 %が定量されたことになる。ずれの原因としては、方法(1)で上澄みを捨てる際にシュウ酸カルシウムの一部が失われたことや、方法(2)で得たる紙がぬれていて試料溶液が薄まったこと、方法(3)でシュウ酸カルシウムが完全に反応しなかったことが考えられる。

また、Aには、アスパラギン酸マグネシウム $C_8H_{12}N_2O_8Mg$ (式量 288) が 500mg(このうち Mg^{2+} は 42mg) も含まれている。そのため、シュウ酸マグネシウム(約 200mg)が沈殿し、定量に影響を与えることが考えられたが、シュウ酸マグネシウムは水 100g に 70mg 溶解し、アンモニウム塩存在下では溶解度が大きくなることから、方法(1)の段階で大部分を除けたと考えてよい。

B、C、Dなど Ca^{2+} 含有量の少ない栄養ドリンクでは、煮沸・濃縮することでシュウ酸カルシウムの沈殿を得やすくなるが、共存有機物の影響が大きくなり、滴定値は大きく出やすい。

Ca^{2+} の定量にはEDTA滴定など、簡便で精度の高い別法も知られている。本法は、単なる滴定だけでなく、前処理も伴い、実験操作としては粗い点もあるが、生徒実験や探究活動の題材として適しているといえる。

7 参考文献

『化学大辞典 4』 P645、三省堂、1972年

柿原聖治、宮原雄一、川島良子 『化学の教育』、48号、P 684、2000年

松岡雅忠 『化学の教育』、50号、P110、2002年

8 補 足 (使用した市販の栄養ドリンク名)

アルフェ EX、アルフェミニ、カルシウムパーラー、アリナミンV、リポビタミンD、アスパラドリンク、グロンサン