

# 果汁 100%ジュースにより多くの炭酸を入れるには どうすれば良いか

群馬県立高崎高等学校  
土山陽大 北村智明 畑野創太

## 要旨

純水，水道水，果汁 100%オレンジジュースに炭酸水メーカーで炭酸を入れ，密閉したデシケーター内でCO<sub>2</sub>を放出させ，その濃度を測定し，比較した。その結果，果汁 100%オレンジジュースには炭酸が入りにくいことがわかった。そこで，果汁 100%オレンジジュースにNaOHを入れて中和したところ，炭酸が入りやすくなることが明らかになった。また，とろみ調整用食品を入れて粘度を高めることによっても炭酸が入りやすくなることも明らかとなった。

## 1. はじめに

### 1.1 研究全体の目的

炭酸水メーカーで果汁 100%ジュースに炭酸を入れると，他の飲料よりも炭酸が入りにくいと感じた。この現象について先行研究が存在しなかったため，まず，本当に果汁 100%ジュースに炭酸が入りにくいのかを確かめることとした。もし入りにくいのであれば，より炭酸を多く入れる方法は何かを調べるため，この研究を開始した。

## 2. 測定装置作成：CO<sub>2</sub>濃度測定システムの作成

飲料に入れた炭酸の量を測定するために，炭酸を入れた飲料をデシケーター内で攪拌し，一度入れた炭酸を放出させて，CO<sub>2</sub>濃度を測定すればいいと考えた。しかし，有線でのCO<sub>2</sub>センサーだと外部のCO<sub>2</sub>の影響を受けてしまったり，内部のCO<sub>2</sub>が漏れてしまったりする可能性があった。そこで，Bluetooth通信を利用した密閉系でのCO<sub>2</sub>濃度測定システムを自作することにした。1秒毎にセンサーでCO<sub>2</sub>濃度を測定しBluetooth接続を利用してパソコンにデータを送信するプログラムをPythonで記述し，ESP-WROOM-32に書き込んだ。ESP-WROOM-32とCO<sub>2</sub>センサーを接続したものをデシケーター内に入れて密閉し，CO<sub>2</sub>濃度を測定することにした(図1)。

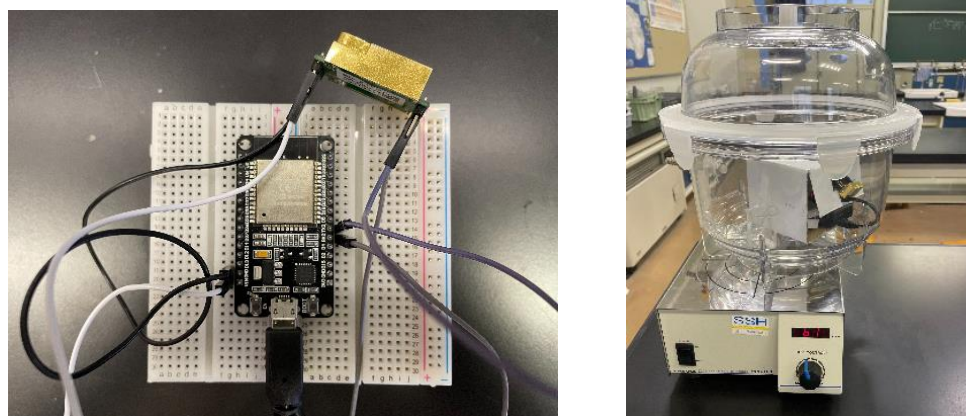


図1 測定装置（左）測定の様子（右）

### 3. 実験

#### 3.1 実験①：果汁 100%オレンジジュースの炭酸の入りにくさの確認

##### 3.1.1 仮説

果汁 100%のジュースは、水よりも飲料内の溶質が多いため、その分炭酸が入りにくいのではないかと考えた。

##### 3.1.2 方法

- 20°C (±1~2°Cの誤差あり) にした純水、水道水、果汁 100%オレンジジュースをそれぞれ 350ml 用意し、炭酸水メーカーで一定量の炭酸を注入する。  
注入の仕方は、炭酸水メーカーの注入ボタンを 1 秒毎に 1 回、全部で 3 回押す。
- 炭酸を入れた溶液 5ml を抽出し、10ml のビーカーに攪拌子とともに入れる。
- ビーカーをデシケーター内に置き、攪拌機で液体中に含まれた CO<sub>2</sub> をデシケーター内で放出させる。
- その濃度を自作の CO<sub>2</sub> 濃度測定システムで測定し、実験前後の濃度の差を計算する。  
これをそれぞれ 20 回測定する。

##### 3.1.3 結果

実験結果は表 1、図 2 のようになった。

それぞれについてウェルチの t 検定 ( $\alpha = .05$ ) を行ったところ、純水と 100%オレンジジュース、水道水と 100%オレンジジュースの間では、100%オレンジジュースは他 2 つに比べ、CO<sub>2</sub> 濃度の差が有意に小さかった。一方、純水と水道水の間には有意差は認められなかった (順に、 $t(38) = 4.07, p = .0003, g = 1.26, 95\% \text{ CI } [0.59, 1.93]$ ;  $t(38) = 3.21, p = .0003, g = 1.00, 95\% \text{ CI } [0.35, 1.64]$ ;  $t(38) = 1.47, p = .15, g = .45, 95\% \text{ CI } [-0.16, 1.07]$ )。

表1 実験前後のCO<sub>2</sub>濃度の差の平均

	平均値 (ppm)	標準偏差
純水	183.4	371.5
水道水	1707.0	299.0
100%ジュース	1247.1	566.4

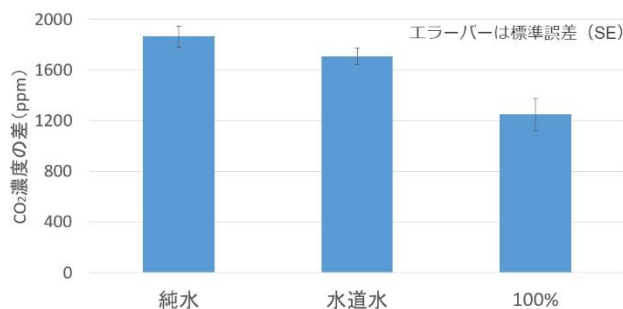


図2 実験前後のCO<sub>2</sub>濃度の差

##### 3.1.4 考察

CO<sub>2</sub> の注入量は純水 > 水道水 > 100%オレンジジュースとなった。このことから、実際に果汁 100%オレンジジュースには炭酸が入りにくいことが示された。このようになった理由は、弱酸遊離反応によって揮発性の酸である CO<sub>2</sub> が液中にいられなくなったからではないかと考えられる。HY をオレンジジュースに含まれる二酸化炭素より強い酸として化学反応式で書くと、



(Y はオレンジジュースの何らかの成分)

という反応が起きたのではないかと考えられる。

## 3.2 実験②：pH調整した果汁100%オレンジジュースの測定

### 3.2.1 仮説

弱酸遊離反応が起こっているならば、CO<sub>2</sub>よりも強い酸であるオレンジジュースの何らかの成分を中和してpHを中性に近づけることで炭酸が入りやすくなるのではないかと考えた。

### 3.2.2 方法

1. 果汁100%オレンジジュースに10mol/LのNaOH水溶液2.2mlを入れてpHがより中性に近いオレンジジュースを作成する。
2. 3.1と同様の方法でCO<sub>2</sub>濃度を測定し、結果を実験①と比較する。

### 3.2.3 結果

実験結果は表2、図3のようになった。

pH調整100%オレンジジュースと実験1の各結果についてウェルチのt検定( $\alpha = .05$ )を行ったところ、純水や100%オレンジジュースの間では有意差が認められ、水道水の間では有意差が見られなかった(順に、 $t(38) = 2.43, p = .02, g = 1.26, 95\% \text{ CI } [0.59, 1.93]$ ;  $t(38) = 2.72, p = .01, g = .84, 95\% \text{ CI } [0.21, 1.48]$ ;  $t(38) = .98, p = .33, g = .30, 95\% \text{ CI } [-0.31, .92]$ )。

表2 実験前後のCO<sub>2</sub>濃度の差の平均

	平均値 (ppm)	標準偏差
pH調整100%ジュース	1622.0	245.2
純水	183.4	371.5
水道水	1707.0	299.0
100%ジュース	1247.1	566.4

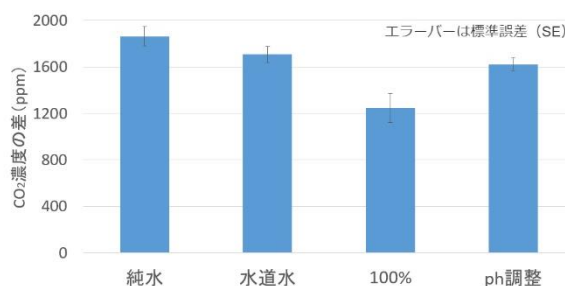


図3 実験前後のCO<sub>2</sub>濃度の差

### 3.2.4 考察

NaOHを入れることで中和し、pHを7に近くに調整したオレンジジュースには、炭酸が入りやすくなったことがわかった。このようになった理由は、NaOHを入れることでオレンジジュースに含まれる酸が中和され、弱酸遊離反応を引き起こしていた酸がなくなったため、CO<sub>2</sub>が遊離しなくなったからではないかと考えられる。

### 3.3 実験③：とろみをつけた果汁 100%オレンジジュースの測定

#### 3.3.1 仮説

pH以外にも炭酸を入りやすくする方法があるのではないかと考え、オレンジジュースの粘度を高めれば、とろみによってCO<sub>2</sub>が揮発しにくくなり、炭酸が入りやすくなるのではないかと考えた。

#### 3.3.2 方法

1. 果汁 100%オレンジジュースに、デキストリンを含むとろみを付ける食品（以下、とろみ調整用食品）を入れてとろみがついたオレンジジュースを作る。
2. 3.1と同様の方法でCO<sub>2</sub>濃度を測定し、結果を比較する。

#### 3.3.3 結果

実験結果は表3、図4のようになった。

とろみ入りオレンジジュースと実験1、2の各結果についてウェルチのt検定 ( $\alpha = .05$ ) を行ったところ 100%オレンジジュースとの間では有意差が認められ、その他3つ(純水,水道水,pH調整 100%オレンジジュース)との間では有意差が見られなかった(順に、 $t(38) = 3.41, p = .002, g = 1.06, 95\% \text{ CI } [0.41, 1.71]$ ;  $t(38) = 1.67, p = .10, g = 0.52, 95\% \text{ CI } [-0.10, 1.16]$ ;  $t(38) = .02, p = .98, g = .01, 95\% \text{ CI } [-0.60, 0.61]$ ;  $t(38) = 1.18, p = .25, g = .36, 95\% \text{ CI } [-0.25, 0.98]$ )。とろみ入りオレンジジュースの二酸化炭素濃度差は100%オレンジジュースより有意に大きかった。

表3 実験前後のCO<sub>2</sub>濃度の差の平均

	平均値 (ppm)	標準偏差
とろみ入り100%ジュース	1705.5	202.0
pH調整100%ジュース	1622.0	245.2
純水	183.4	371.5
水道水	1707.0	299.0
100%ジュース	1247.1	566.4

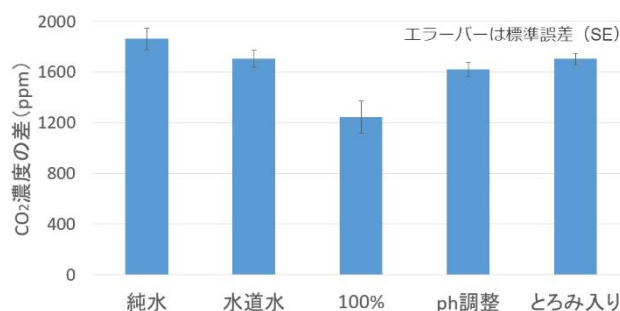


図4 実験前後のCO<sub>2</sub>濃度の差

#### 3.3.4 考察

とろみ調整用食品を入れてとろみをつけたオレンジジュースには炭酸が入りやすくなることがわかった。このようになった理由は、とろみ調整用食品に含まれるデキストリン<sup>※1</sup>や増粘多糖類<sup>※2</sup>によって粘度が増し、CO<sub>2</sub>が揮発しにくくなったからではないかと考えられる。

※1 デキストリン…いも類やとうもろこしなどのデンプンを分解（低分子化）した食品素材。食品に粘度を与える。<sup>2)</sup>

※2 増粘多糖類…高い粘性をもち、複数の糖からなる水溶性の多糖類。食品に粘度を与える。<sup>3)</sup>

## 4. まとめ

### 4.1 結論

CO<sub>2</sub>の注入量を純水、水道水、果汁 100%オレンジジュースで比較すると、果汁 100%オレンジジュースは純水、水道水より炭酸が入りにくかった。そして、オレンジジュースに NaOH を入れて pH を 7 近くに調整すると、CO<sub>2</sub> が揮発する弱酸遊離反応が起こらず、炭酸が入りやすくなった。また、とろみ調整用食品を入れてとろみをつけると、オレンジジュースの粘度が増して、CO<sub>2</sub> が揮発しにくくなり、炭酸が入りやすくなった。

### 4.2 今後の展望

pH や粘度以外にも炭酸を入りやすくする方法はあるのかを検証してみたい。また、今回はオレンジジュースでしか実験できなかったため、それ以外の果汁ジュースやお茶、牛乳などの果汁ジュース以外の飲料ではどうなのかも検証してみたい。そして、飲料についての研究であるため、なんといってもおいしさを損なわないようにしたい。

### 謝辞

群馬県立高崎高等学校の教諭の鈴木幸英先生にはゼミ担当としてご助言をいただきました。心より感謝申し上げます。

### 参考文献

1)langjest.jp Effect Size Calculator 1

<https://langtest.jp/shiny/mes/>

2)製品紹介増粘多糖類 - オルガノフードテックオルガノ

[https://oft.organo.co.jp > product](https://oft.organo.co.jp/product)

3)デキストリンとは何ですか。どのような目的で ... - コープ商品

[日本生活協同組合連合会](#)

[https://goods.jccu.coop > faq > 2017/11 > post-300](https://goods.jccu.coop/post-300)