

# ジュースの凍り方

3510 太田夏芽 3503 伊藤静香 3517 熊澤咲季

## 要旨

私たちは、ジュースを凍らせたとき、融け始めがとても甘くだんだん味が薄くなってしまふことに疑問を持った。そこで、凍るときの条件が関係して、均等に凍らないという仮説のもと実験を行った。実験から、凍らせるとペットボトルの中央に糖分が集まっていることが分かった。凍らせたペットボトル内には既に糖度の差ができていて、それが原因で融けるときのにも糖度に差ができてしまうと考えられる。今後は、ジュースを均等に凍らせる方法を考えていく。

## 1. 目的

ジュースを凍らせたときに、なぜ融け始めが甘いのか明らかにする。また、融け始めから終わりまで、均等なジュースを作る方法を見つける。

## 2. 仮説

凝固点降下が関係して、糖度に差が生じる。

### <凝固点降下>

溶液の凝固点は純溶媒の凝固点より低くなるという現象。

つまり、純溶媒よりも溶液は融けやすく、凍りにくい。

## 3. 実験で使用した道具

- ・糖度計
- ・ビーカー
- ・ガラス棒
- ・清涼飲料水(アクエリアス)
- ・果汁 100%ジュース
- ・果汁 30%ジュース
- ・清涼飲料水(1.5L)
- ・ペットボトル
- ・のこぎり
- ・食紅
- ・水道水
- ・氷
- ・食塩

- ・ボウル(大・小)

## 4. 実験の手順・結果

### 問1 なぜジュースは均等に凍らないのか

#### 【実験①】

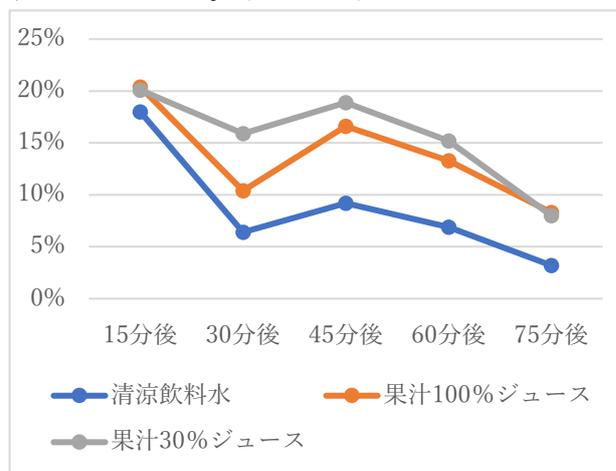
凍らせたジュースの融ける時間と糖度の関係を調べる。

#### [手順]

- 1) 清涼飲料水、果汁 100%ジュース、果汁 30%ジュースを 200mL ずつ用意し、200mL ビーカーに入れる。
- 2) 冷凍庫に一日入れ、完全に凍らせる。
- 3) 冷凍庫から取り出し、融けてきた溶液の糖度を 15 分ごとに測定する。

#### [結果]

全ての溶液で時間とともに糖度がだんだんと低くなっていた。(グラフ 1)



グラフ 1 融解時間と融け出した溶液の糖度

[考察]

時間が経つほど糖度が低くなっていることから、糖分→水の順番で融け出すと考える。また、30分後の値が急に低くなることから、この15分の間では水が多く融けたことが分かる。これは、ペットボトルの温度が水の融点に達したからであり、凍ったペットボトルの内部には、水を多く含んで凍る部分と、糖分を多く含んで凍る部分があると考えられる。

【実験②】

ジュースを凍らせた時、内部に糖度の差が生じているのかを確かめ、どの部分が最も糖度の高い部分なのかを調べる。

[手順]

- 1) 1.5Lのペットボトルにジュースを入れ冷凍庫に一日入れ、完全に凍らせる。
- 2) 完全に凍ったジュースをペットボトルごと横に5等分し、さらに縦に9等分する。(図1)
- 3) 計45個のジュースを融かし、糖度を測定する。

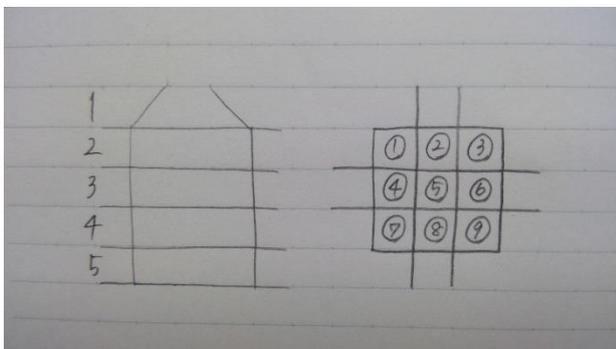


図1 ペットボトルの切り方

[結果]

1~5のすべての層で真ん中の⑤の部分が、一番糖度が高くなった。また、ペットボトルの底の部分にいくほど、(1→5)糖度が高くなっていることが分かる。(表1)

1	①	1.6	②	1.8	③	1.6
	④	1.9	⑤	3.3	⑥	2.3
	⑦	0.8	⑧	2.7	⑨	2.0
2	①	1.9	②	2.3	③	2.6
	④	2.9	⑤	3.9	⑥	2.4
	⑦	1.9	⑧	2.6	⑨	1.8
3	①	2.1	②	3.1	③	3.3
	④	2.9	⑤	5.2	⑥	3.6
	⑦	3.0	⑧	3.9	⑨	2.7
4	①	2.6	②	5.2	③	2.9
	④	5.1	⑤	8.6	⑥	3.5
	⑦	2.4	⑧	3.9	⑨	2.4
5	①	3.1	②	4.1	③	3.4
	④	4.0	⑤	7.9	⑥	5.4
	⑦	4.2	⑧	6.1	⑨	3.7

表1 各部分の糖度

[考察]

外側から凍ることで糖分は中央に集まる。また、ジュースを凍らせると水よりも糖分の密度が大きくなるので糖分が沈み、底の部分の糖度が高くなると考えられる。

【実験③】

どこに糖分が集まるのかを色水を用いて確かめる。

[手順]

- 1) 水道水に食紅を溶かし、500mL ペットボトルに入れる。
- 2) 手順1のものを凍らせる。
- 3) それを縦に2等分し、断面の色の濃淡を確認する。

[結果]

中央に赤い部分が集まって凍った。(図2) また、断面を見ると下側も赤いことが分かった。(図3)



図2 色水を凍らせたもの



図3 凍らせた色水の断面

[考察]

ジュースは融けるとき、外側のほうが空気に触れていて温められやすいので、外側から先に融け始める。しかし、実験では中央に糖分が集まることが分かった。そこで、どのようにして糖分の高い部分が先に融けて出てくるのかという疑問が生まれた。

問2 中央に集まった糖分はどのように出てきているのか。

【実験④】

色水を凍らせたものがどのように融けているのか確かめる。

[手順]

- 1) 実験③と同様に、食紅で色を付けた水を 500 mL ペットボトルに入れて凍らせる。
- 2) 冷凍庫から出し、一日室温に置いておいて、融ける様子をカメラで撮影する。

[結果]

どこの部分から最初に融けているかは分からなかったが、下の部分の氷の形の変化が大きいように見える。(図4、図5) また、冷凍庫から取り出して6時間経ったものは直後のものより色が薄かった。(図3、図6)



図4 融け方①



図5 融け方②



図6 6時間後の断面

[考察]

実験より、凝固点降下により融点が下がるので、糖度が高い下のほうから先に融けると考えられる。また、断面の様子より、6時間後の断面の方が色が薄いので、中央から糖分が融け出てきていると考えられる。しかし、断面の観察は異なる日の実験のため、色水の濃度を同じにしてもう一度行う必要がある。

問3 ジュースを均等に凍らせることは出来るのだろうか。

【実験⑤】

ジュースを冷凍庫ではなく、ボウルに氷を入れて混ぜながら凍らせ、融けた時の糖度がどのようにになるか調べる。

[手順]

- 1) 大きいボウルに氷を入れ、そこにジュースが入った小さいボウルを重ねる。
- 2) 大きいボウルに入った氷に食塩をかける。
- 3) ジュースを混ぜながら凍らせる。



- 4) 凍ったら、大きいボウルから取り出して、融けたものの糖度を測る。

[結果]

凍らせる前の糖度	14.8%
3分後	15.3%
6分後	16.6%
9分後	13.6%
12分後	13.7%
15分後	13.0%
18分後	11.3%

混ぜながら凍らせても、糖度に差が出てしまう。

[考察]

混ぜながら凍らせた時の誤差はほとんどが1～

2%であることが分かった。この1～2%の誤差は人間の味覚ではあまり感じないのではないか。

【実験⑥】

実験⑤での人間の味覚と糖度の違いを調べると、凍らせるときの条件を変えて、どのように糖度が変化するかを調べる。

[手順]

- 1) 250mlのペットボトルのジュースを、そのまま凍らせるもの、アルミホイルを巻いて凍らせるもの、発砲スチロールの中に入れて凍らせるものに分けて調べる。
- 2) それぞれ融け出した溶液の糖度を測定する。
- 3) それを全て融けきるまで行う。
- 4) それぞれの糖度を測定したのち、一時間ごとに自分たちの味覚で確かめる。

[結果]

	そのまま	スチロール	アルミ
1時間後	18.8%	19.5%	17.1%
2時間後	10.4%	13.5%	11.6%
3時間後	5.7%	6.1%	6.7%

アルミホイルで巻いて凍らせても、発砲スチロールに入れて凍らせてみせても、そのままの状態とほぼ変わらない。

《自分たちで飲んでみて》

1～3%では味覚に違いを感じない。5%以上誤差があると、糖度の違いが分かる。

[考察]

結果より、自分たちの手で何かをしない限り、ほとんど同じ糖度のまま融け出すことは出来ない。

5. 結論

ペットボトルのジュースを冷凍庫に入れると次のように凍る。

①冷気に冷やされた外側から順に凍っていく。

(図7)

②この時、水のみが凍るため、糖分は水が凍る過程で中央に集められる。また、糖分が重みで

下にもたまりやすい。(図8)

③最終的に外側に水、中央に糖分の部分というように分かれて凍る。(図9)

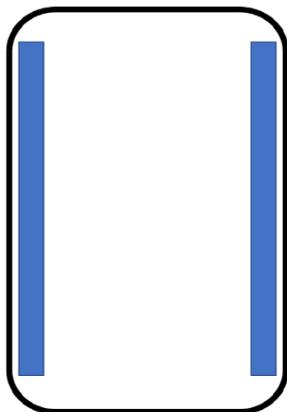


図7 凍り方①

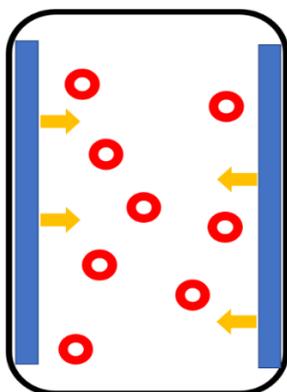


図8 凍り方②

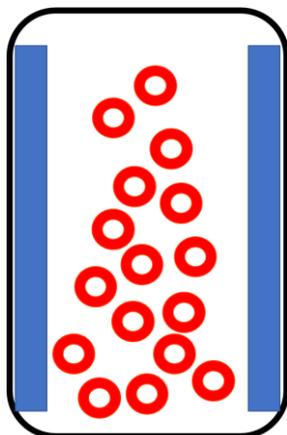


図9 凍り方③

また、【実験⑤】より、混ぜながら凍らせることで、ほぼ均等に融けきることが出来る。

糖度を測定したときに、何%かの差が出るが、これらの差は人間の味覚では感じない。

#### 6. 展望

混ぜながら凍らせることで、ジュースを均等に凍らせる方法を見つけることが出来た。今後は、混ぜて凍らせる以外の方法、より効率の良い方法を見つけたい。

#### 7. 謝辞

協力して下さった先生方、ありがとうございました。

#### 8. 参考文献

- ・サントリー <https://www.suntory.co.jp>
- ・東京書籍 改訂 化学教科書