

薬を飲みやすくするには？

静岡市立高等学校 科学探究科
3 年 伊藤陽奈 望月彩夏

1. 研究目的

私達は、嚥下能力の低下した高齢者のための、服薬補助剤としてのゼリーに注目した。服薬ゼリーはとても便利であるが、薬を飲み続けなければならない高齢者が日々の服薬に使用し続けるのは、出費の面からあまり現実的ではない。そこで私たちは、家庭にある身近な材料を用いて服薬ゼリーを再現することを目標に、研究を進めることにした。

2. 予備実験

市販の服薬ゼリー（図 1 A）には、食感の似ている他のゼリー（図 1 B C）とは異なる次の特徴があった。

- ・開け口から中身が押し出される時に、ゼリーがクラッシュされる仕組みがある。
- ・クラッシュされた服薬ゼリーから、液体がまったく滴り落ちてこない。
- ・クラッシュされた服薬ゼリーには適度な弾力性がある。
- ・クラッシュされた服薬ゼリーに、薬に見立てたビタミン C 錠剤を包んで坂を下らせると、これを保持したままゆっくりと下っていく。

私達が作成する服薬ゼリーに求める性質は「弾力性」（柔らかさ）と「流動性」（喉の通りが良い）にあると定め、これらを数値化して市販服薬ゼリーに近づけることを目標とした。どのゼリーもクラッシュした後に各性質を測定することとし、クラッシュした際にゼリーから液体が滴り落ちない（離水しない）こと、薬（実際は薬に見立てたビタミン C 錠剤）を包んだ後に、これを保持したまま流れていくことも併せて目標とした。



A らくらく服薬ゼリー
（龍角散）



B ヴァームゼリー
（明治）



C 果汁 100%ゼリー
（アサヒ）

図 1 使用したゼリー

3. 実験 1

(1) 目的

「弾力性」と「流動性」を測定する装置を作り、市販服薬ゼリーの特徴を見つける。

(2) 使用した市販ゼリー

予備実験と同じゼリー（図 1）を使用した。

(3) 測定方法

ア 固形ゼリーのクラッシュ方法

チャック袋の角を 1 cm 切り落とし（図 2）、ゼリーを詰めてカップ（図 3）に押し出した。

イ 弾力性の測定方法（図 3）

- ① 固定した台座にゼリーカップ（図 1 C）をはめ込み、この中を、アの方法でクラッシュしたゼリーで満たし、表面を平らにならした。
- ② ゼリーカップの上部にクランプで固定したスケールを設置し、ゼリーカップの真上（15cm）に来るようにスーパーボール（直径 2 cm）をセットしてクランプで挟んだ。
- ③ クランプを握ってスーパーボールをゼリー面に自然落下させた。
- ④ スーパーボールがゼリー面から何 mm 頭を出すかを測定した。（図 4）
- ⑤ ④の高さは、撮影した動画を拡大し、スロー再生させた画面から読み取った。
- ⑥ 1 つのゼリーにつきゼリーカップ 3 つ分を用意し、それぞれについて 3 回ずつ測定した。

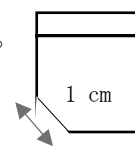


図 2 クラッシュ用
チャック袋

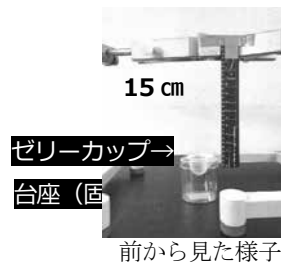


図3 「弾力性」測定装置

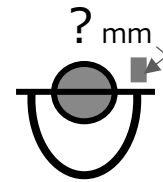
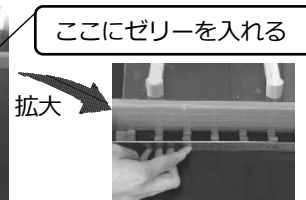
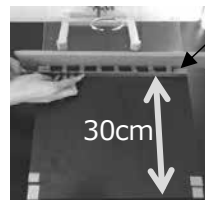
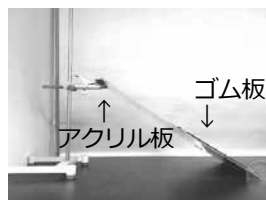


図4 「弾力性」測定箇所

ウ 流動性の測定方法 (図5)

- ① アクリル板の上にゴム板を貼り、30°の角度になるようにこれをクランプで固定した。
- ② 小さじ1杯分のクラッシュゼリーをよそい、薬に見立てたビタミンC錠剤(図5)を入れてゴム板上部に置き、金属製物差しでせき止めた。
- ③ 金属製物差しを外し、30cmの斜面を下り降りるのにかかる時間を測定した。
- ④ 時間は、動画を撮影して測定した。
- ⑤ 1つのゼリーにつきゼリーカップ3つ分用意し、6回分をすくって測定した。



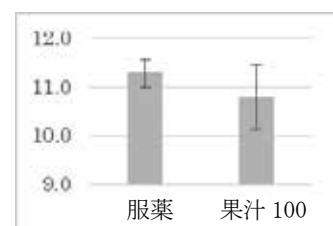
←小林製薬
栄養補助食品
ビタミンC

図5 「流動性」測定装置

(4) 結果

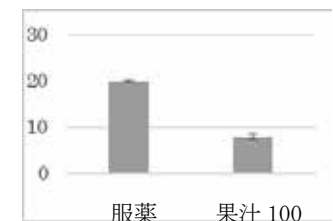
ア 弾力性 (mm)

ゼリーカップNo.	1			2			3			Ave.
服薬ゼリー	12	11	11	12	10	10	12	12	12	11.3
ヴァームゼリー	0	8	6.5	0	0	0	0	0	0	—
果汁100%ゼリー	10	9	10	13	13	13	12	9	8	10.8



イ 流動性 (秒)

ゼリーカップNo.	1	2	3	4	5	6	Ave.
服薬ゼリー	19	23	15	24	20	20	20
ヴァームゼリー	18	15	16	12	15	16	15
果汁100%ゼリー	5	7	11	8	10	6	8



(5) 考察

<弾力性>服薬ゼリーは、ボールの11mmほど頭を出す柔らかさがあった。

図6のように、ボールがゼリー面に着地する硬さを目標の柔らかさとする。

<流動性>30cmの斜面を20秒ほどで流れ落ちる特徴があった。

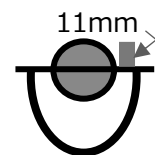


図6 着地する様子

4. 実験2

(1) 目的

寒天を用いてゼリーを作り、服薬ゼリーに近づけることができるかどうか検討する。

(2) 使用した寒天ゼリーの濃度

予備実験として0.25、0.50、0.75、1.00、1.25、1.50%の各濃度の寒天ゼリーを作ったが、0.75%以上の濃度の寒天ゼリーはとても硬くクラッシュできなかった。よって、0.25%、0.375%、0.50%の寒天ゼリーを作成し、それぞれの弾力性と流動性を測定した。

(3) 結果

ア 寒天ゼリーのクラッシュ後の様子

どの寒天ゼリーも、クラッシュすると液体が発生し離水した。

イ 弾力性 (mm)

スーパーボールは、図7のようにゼリー内部に沈むことが多かった。沈んだ場合は、その深さに関係なく「0」と表記した。

ゼリーカップNo.	1			2			3			Ave.
0.25 %	3	0	3	0	0	0	0	0	0	0.67
0.375 %	4	5	5	3	2	2	2	2	2	3.0
0.50 %	8	6.5	7	4	3.5	5	3	3	4	5.3



図7 沈む様子

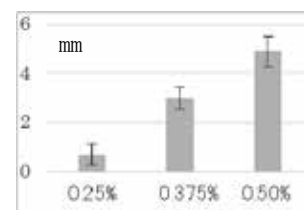


図8 寒天ゼリー・弾力性の結果

ウ 流動性 (秒)

離水していることもあり、あっという間に坂を下った。中には、ゼリー内部に包んだビタミンC錠剤を置き去りにして流れていった（表中の太字）ものもある。流れ方に違いがあるため、平均値はとらなかった。

ゼリーカップNo.	1	2	3	4	5	6	Ave.
0.25 %	1	1	1	1	2	3	1.5
0.375 %	1	1	1	1	2	2	
0.50 %	1	1	1	1	2	—	1.2

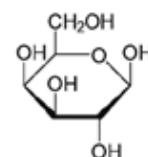


図9 ガラクトース

(4) 考察

寒天の成分であるガラクトースの構造（図9）には多くの親水基があり、高分子になると多くの水素結合が働いて固くなることを予想していた。実際、クラッシュする前の寒天ゼリーは低濃度でも固かったが、クラッシュすると固さは保たれず、ゼリー内部に水分を保持する力も無かった。

5. 実験3

(1) 目的

図1Aのラベルに「増粘多糖類」と記載されていたため、手に入りやすい「ペクチン」を用いてゼリーを作り、服薬ゼリーに近づけることができるかどうか検討する。

(2) 使用したペクチンゼリーの濃度

いちごジャムの作り方を参考にペクチン、スクロースの濃度を定め、pH3のクエン酸を溶媒に用いてペクチンゼリー液を作成したが、低濃度のペクチン溶液ではゼリーのように固まらず、一方で、高濃度のペクチン溶液を作るのは困難であった。よって、ペクチン濃度を1%に固定し、糖（スクロース）濃度を55、60%に変えてペクチンゼリーを作成し、測定することにした。

(3) 結果

ア 1%ペクチンゼリーの様子

どのペクチンゼリーを冷やしても固まらず、とろみのある液体状態のままであった。ただ、柑橘ペクチンゼリーは“さらさら”、林檎ペクチンゼリーは“どろどろ”だった。

イ 弾力性

① 1%柑橘ペクチン

参考までにスーパーボールを落下させたが、ボールは沈んでしまった。

② 1%林檎ペクチン

①と同様に、参考までにスーパーボールを落下させた。どろっとした液体状であることからスーパーボールは「浮く」傾向を示し、ゼリー面から頭を出す結果になった。

ウ 流動性 (秒)

ゼリー部分のみが速く流れ落ちて錠剤は置き去りにされたため、データを測定することはできなかった。糖濃度が低いペクチンゼリーの方が、薬を保持する時間が長い傾向が見られた。

(4) 考察

ペクチンを構成する糖のヒドロキシ基はメチルエステル化されていることが多い。分子間に水素結合が生じにくく、予想通り、どのペクチンゼリーも柔らかく固まらなかったが、柑橘と林檎ペクチンで異なる種類のとろみが生じたのは発見だった。“適度な固さはあるがクラッシュすると離水してしまうゼリー”と組み合わせれば、服薬ゼリーとして有効な性質が現れるかもしれない。ただ、高濃度の糖を溶かすのはとても大変だった。今後は、糖濃度を下げて実験することにする。

6. 実験 4

(1) 目的

「ゼラチン」を用いてゼリーを作り、服薬ゼリーに近づけることができるかどうか検討する。

(2) 使用したゼラチンゼリーの濃度

様々な濃度で予備実験し、1.5、1.625、1.75%のゼラチンゼリーを作成することにした。

(3) 結果

ア ゼラチンゼリーの様子

どのゼリーもクラッシュすると離水し、しかも寒天ゼリーよりも多くの水分が生じた。

イ 弾力性

離水したゼラチンゼリーにスーパーボールを落下させたが、当然、どれも沈んでしまった。

ウ 流動性 (秒)

ゼリーカップ No.	1	2	3	4	5	6	Ave.
1.5 %	3	2	2	3	2	2	2.3
1.625 %	3	3	4	11	3	5	4.8
1.75 %	5	5	4	12	3	5	5.7

(4) 考察

ゼラチン分子間には水素結合が生じにくいことから、ペクチンゼリーと同様に柔らかくなることを予想していた。ペクチンゼリーより若干固かったが、やはりクラッシュされると離水し、水分を蓄えておくことは難しかった。

7. 実験 5 < 2 種類の材料を混ぜる >

(1) 目的

ペクチンのとろみが離水を最小限に抑えることを期待し、「寒天+ペクチン」ゼリーと「ゼラチン+ペクチン」ゼリーを作成し、服薬ゼリーに近づけることができるかどうか検討する。なお実験 3 の結果を踏まえ、ペクチンを溶かす際の糖濃度は、45%、50%に設定した。参考までに、「寒天+ゼラチン」ゼリーも作成する。

(2) 作成したゼリーの濃度

A 寒天+柑橘または林檎ペクチンゼリー

実験 2 で、最も固いが離水した 0.50%寒天ゼリーを軸にゼリーを作成した。

①「0.50%寒天+1%柑橘（または林檎）ペクチン・45%スクロース」ゼリー

②「0.50%寒天+1%柑橘（または林檎）ペクチン・50%スクロース」ゼリー

B ゼラチン+柑橘または林檎ペクチンゼリー

実験 4 で、最も濃度が高いが離水した 1.75%ゼラチンゼリーと、クラッシュできないほど固かった 2.0%ゼラチンゼリーを中心にゼリーを作成した。

③「1.75%ゼラチン+1%柑橘（または林檎）ペクチン・45%スクロース」ゼリー

④「2.0%ゼラチン+1%柑橘（または林檎）ペクチン・50%スクロース」ゼリー

C 寒天+ゼラチンゼリー

〔A〕の寒天濃度と、〔B〕のゼラチン濃度を組み合わせたゼリーを作成した。

⑤「0.50%寒天+1.75%ゼラチン」ゼリー ⑥「0.50%寒天+2.0%ゼラチン」ゼリー

(3) 結果

ア ①～⑥の様子

すべてのゼリーにおいて、クラッシュしても離水しなかった。

イ 弾力性

〔A〕 0.50%寒天+1%柑橘または林檎ペクチンゼリー(mm)

ゼリーカップNo.	1			2			3			Ave.
寒+柑ペ／糖 45	0	0	0	1	0	0	0	0	0	—
寒+柑ペ／糖 50	10	9	8	8	6	6	5	11	11	8.2
寒+林ペ／糖 45	11	11	10	12	12	11	12	12	11	11.3
寒+林ペ／糖 50	13	13	12	11	10	10	11	11	9	11.1

〔B〕 ゼラチン+1%柑橘または林檎ペクチンゼリー(mm)

ゼリーカップNo.	1			2			3			Ave.
1.75 ゼ+柑ペ／糖 45	5	4	4	7	6	4	7	6	5	5.3
1.75 ゼ+柑ペ／糖 50	7	6	7	8	7	7	4	5	4	6.1
2 ゼ+林ペ／糖 45	8	6	6	7	5	5	7	6	7	6.3
2 ゼ+林ペ／糖 50	12	10	11	11	11	11	5	5	4	8.9

〔C〕 0.50%寒天+ゼラチンゼリー(mm)

ゼリーカップNo.	1			2			3			Ave.
寒+1.75 ゼ	13	11	12	11	13	12	11	13	13	12.1
寒+2.0 ゼ	15	14	12	13	12	12	11	13	13	12.8

ウ 流動性

〔A〕と〔C〕の寒天を含むゼリーは、どちらも全く流動性を示さなかった。また、〔B〕のゼラチン+ペクチンゼリーは、流動性を示すもののビタミンC錠剤を包む力に乏しく、どの濃度のゼリーもビタミンC錠剤を置き去りにして、ゼリー部分のみ流れていってしまった。

(4) 考察

流動性は示さなかったが、〔A〕の0.50%寒天+1%林檎ペクチン(糖濃度45,50%)ゼリーの弾力性は、市販服薬ゼリーに近い数値だった。〔A〕は、分子間に水素結合が多い寒天と水素結合が少ないペクチンとの組み合わせ、〔C〕は、分子間に水素結合が多い寒天と水素結合が少ないゼラチンとの組み合わせと考えることができ、〔B〕の、水素結合が少ない分子どうしの組み合わせには見られない良いデータを得ることができた。今後は、これらのゼリーに流動性をもたらす方法を考える必要がある。

8. 結論

寒天、ゼラチン、ペクチン溶液を組み合わせることで水素結合の量をコントロールすれば、家庭でも服薬ゼリーを作成できる可能性があることがわかった。しかし、離水せずに弾力性と流動性の両方を兼ね備えるゼリーの作成は難しく、これらをうまくまとめるための、新たな物質を見つける必要性を感じた。

9. 参考文献

岩波理化学辞典、数研出版「高等学校 化学」、東京書籍「ダイナミックワイド図説化学」

10. 謝辞

静岡県立大学 食品栄養科学部 新井 映子 教授には、測定方法に加えて高齢者の誤嚥についてもご教示をいただきました。深く感謝申し上げます。