

メレンゲを生成できる食材を探す ～豆乳は卵白の代替品になるのか～

What Kind of Food Meringue can Be Made from

千葉県立船橋高等学校理数科 3 年

早川美深

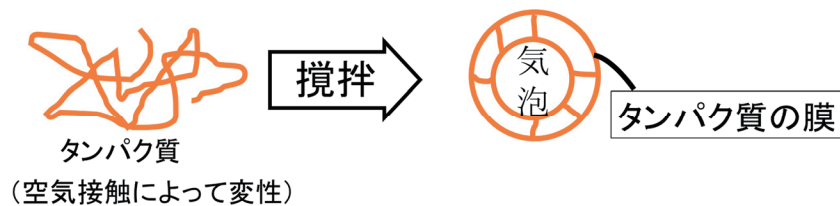
はじめに

メレンゲとは、主に卵白を用いて作られる泡であり(下写真左側)、焼き菓子にしたり、ケーキ材料に混ぜ込んで生地膨張を助ける役割がある(下写真右側)。調べたところによると鶏卵アレルギーの割合は、食物アレルギーの中で 4 割を占め、最も高いということが分かっている。そこで、卵アレルギーの人でも、メレンゲを用いた料理が食べられるようにするには、卵白以外の食材でメレンゲを生成する必要がある。この研究ではどんな食材で代替できるのか、実際に泡立て器を使用して泡立ててみることにした。今回は、豆乳がメレンゲの代替品となるのかを検証した。その際、生成した泡の性質を測定することで比較しようとしていたが、泡の体積を正確に測ることが困難であった。したがって、液体である試料に着目して実験を行った。



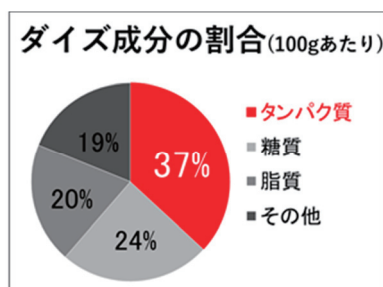
卵白メレンゲが泡立つ仕組み

卵白を撹拌した際、卵白に含まれるオボアルブミンと呼ばれるタンパク質が空気に触れることで変性し、膜状になって内部に空気を抱き込むことで泡になる。



豆乳を用いた理由

代替品として豆乳を選んだ理由を 3 点あげる。1 つ目は、大豆が、タンパク質を多く含むことである(左下円グラフ)。上に示したように、卵白はタンパク質が変性して泡となる。つまりタン



パク質含有量が豊富な食材を用いれば卵白同様に泡立つのではないかと考えた。そこで手始めに「畑の肉」とも呼ばれるタンパク質の豊富なダイズを水の中で煮詰めて煮汁を生成し、さらに水分をとばして濃縮したものを泡立てた。しかし煮汁は沢山のダイズから少量しか得られず、1 つの実験に膨大な

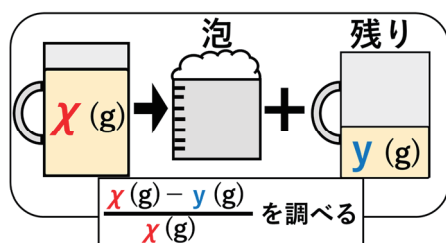
時間がかかってしまうため非効率であった。その上煮汁に溶け出るタンパク質やその他の成分の濃度も煮汁によって様々で、そもそも測定も出来なかった。そこで煮汁を用いずに、工場で生産されるゆえにダイズ成分の質量%濃度が一定である豆乳で泡立てることにした。2つ目は、豆乳がダイズと水で生成され、ダイズ由来成分のみを含む、言い換えればほかの余計なものを含んでいない点である。3つめは、インターネット上で、豆乳メレンゲ作りに挑戦している人を多く見かけたからである。

目的

生成したメレンゲを比較する上で基準となる卵白メレンゲの起泡力を測定し、豆乳を泡立てることで生成したメレンゲとの起泡力を比較し、卵白メレンゲの代替品として菓子作りに活かせるのかを検証する。今回の実験で豆乳を使用したのは、ダイズと水で生成され、ダイズ由来成分のみを含むことと、メレンゲの一般的な代用品であること、そしてタンパク質を多く含むためである。

起泡力の定義

用意した試料が何 g 泡にかわるかを調べ、起泡力と定義した。



予備実験①

生成した泡の比較方法を確定した。最初は、生成した泡の密度を測定した。しかし、容器として使った綿棒ケースに泡がしっかりと入り込まなかったため、体積を正確に測定することが出来なかった。そこで泡を容器に入れる際に入り込んでしまう空気を抜くため、数カ所に穴を開けたがそれでも正確に測定することはできなかった。そこで、液体である試料に着目して、測定しようと思いついた。

予備実験②

使用する豆乳の種類を決定するために2種類の豆乳の起泡力を比較した。これは大豆固形成分%（使用した豆乳中の水分を飛ばした残りの部分の百分率）のみに違いのある豆乳である。一般的に、大豆固形成分含有量が多いほど起泡力がよいと言われるため、それを検証することにした。

以上のことから、大豆固形成分8%の豆乳を用いて実験を行うことにした。

	大豆固形成分		泡立て後の様子
豆乳①	8%	豆乳①	泡だった
豆乳②	14%	豆乳②	泡立たなかった

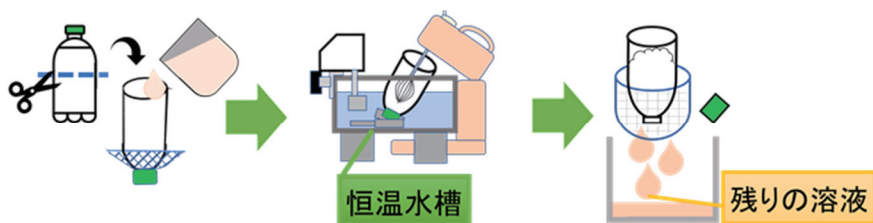
方法

- ①試料 50g を適温（下表参照）にガスコンロを用いて加熱
- ②この作業中に起こりうる試料の温度低下を防ぐため、ウォーターバスにペットボトルを入れ、その中に加熱した試料を入れて泡立て
- ③泡立ち残った試料の質量測定し、泡の様子を観察
- ④生成した泡の質量を算出し、そこから液体試料の質量に対する泡の質量の割合を計算

この実験は、試料の起泡力が最も高い状態で比較したかったため、先行実験の適温に従い、それが適しているか確認してこの実験を行った。

試料が最も泡立つときの加熱
前の試料温度

卵白	30℃
豆乳	65℃

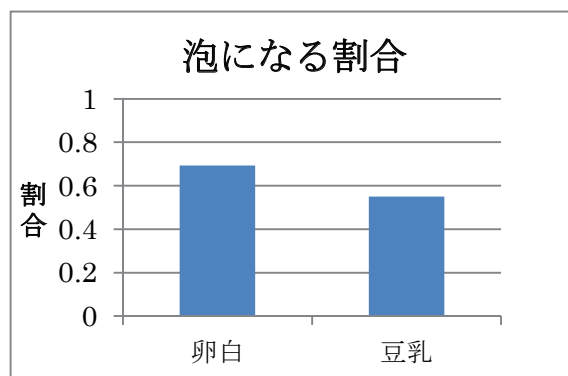


実験器具

- 電子天秤
- 電動泡立て器『ターボハンドミキサー』
- ペットボトル容器（三ツ矢サイダー・2 L）
- ウォーターバス (A3003-2)
- ガスコンロ
- 温度計
- ガラス棒
- 300mL ビーカー
- 豆乳…キッコーマン『おいしい無調整豆乳』（大豆固形成分 8%）

結果

- ・卵白・豆乳共に泡立った。
- ・卵白は豆乳より泡になる割合が高い。
- ・豆乳の泡は水に流すとすぐ流れた。
- ・卵白は流れなかった。

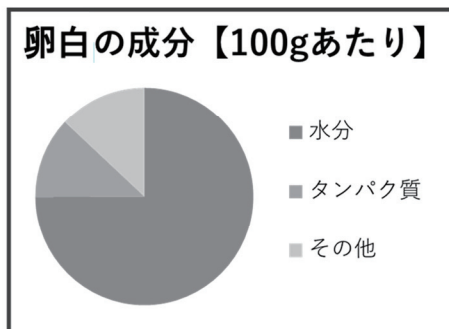
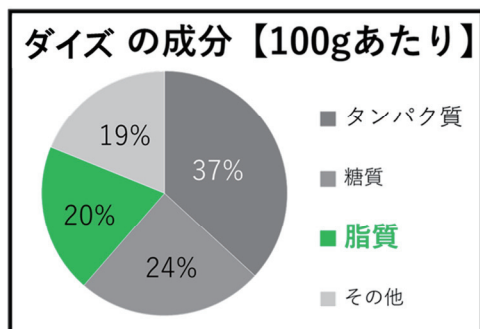


考察

豆乳の起泡力は卵白に比べて小さいと言える。また、豆乳の泡は卵白と比べ安定した泡を作れない。

豆乳が泡立ちにくい理由として考えられること

ではなぜ、タンパク質を多く含むにも関わらず豆乳の泡の起泡力は卵白よりも小さいのだろうか。それは、大豆に含まれる脂質が影響しているためではないか、と考えた。卵白を泡立てる上でも、油分の混入はタンパク質の膜を破壊してしまうため適切ではないことが知られている。しかしダイズには卵白とは違い、タンパク質だけではなく脂質も含まれている(次頁グラフ)。それが豆乳の泡立てを妨げている可能性がある。

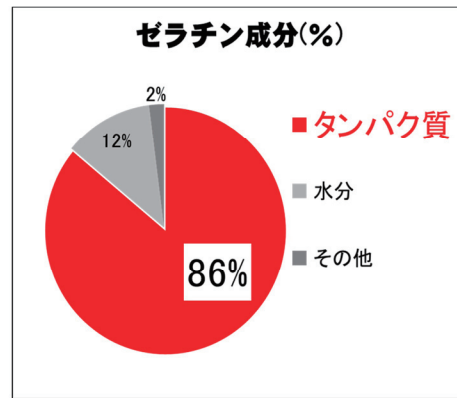


もう一つの理由として、卵白と豆乳の泡の種類が違う可能性があげられる。ダイズにはサポニン(配糖体の一種)と呼ばれる物質が含まれており、

これも攪拌すると泡立つ物質である。しかしこの泡は、水に流すとすぐに流れてしまい、或いは放置しておくと短時間で離水してしまう、言わば石鹸や洗剤のようなものである。つまり豆乳の泡はタンパク質が泡になったのではなく、このサポニンという物質の影響によって発生した可能性も否定できないのだ。そこから、安定したメレンゲを作るには、タンパク質を多く含み、他の物質がほとんど含まれていない食材で泡立てるのが適当ではないかと考え、ゼラチンを用いて同様に実験を行った。

実験方法

熱湯 50g に粉ゼラチン 1g を溶かし、試料の温度を最も泡立ちやすい 40℃に冷却した後、3 分間泡立てた。そこから泡立ち残った試料の質量測定し、生成した泡の質量を算出した。また、泡の様子も観察した。

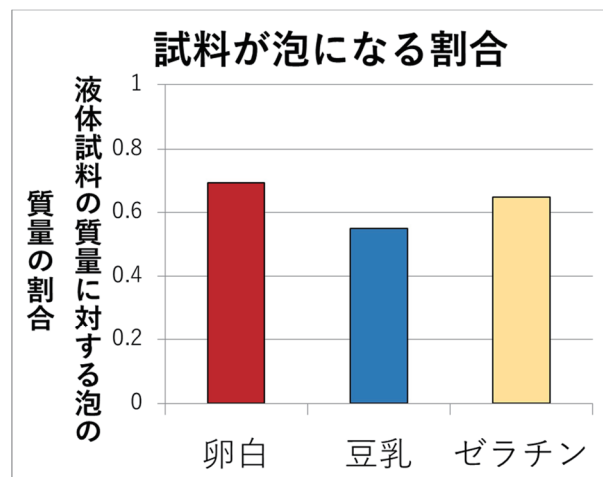


結果

- ・ゼラチン水は泡立った。
- ・卵白とゼラチン水の泡になる割合の差は小さい。
- ・ゼラチンの泡は水に流すとすぐに流れた。
- ・生成した泡は時間が経つとゼリー状になった。

考察

ゼラチン水メレンゲと卵白メレンゲの起泡力に差はない。しかしゼラチンの泡は卵白と比べ安定した泡を作れない。



結論

卵白の代替として豆乳、ゼラチンを用いてメレンゲ泡を生成することは可能ではあるが、泡の安定性が低く、現時点で菓子作りに用いるのは難しい。よってほかの食材でメレンゲ泡を生成できるのかを検証していく必要があるがその一方で、豆乳、ゼラチンによって生成した泡を活用していく方法も模索していく必要があるといえる。

参考文献

疫学・自然歴：食物アレルギー診療ガイドライン 2016 ダイジェスト版

www.jspaci.jp/allergy_2016/chap03.html

金親あつ美（2009）『食材料としての豆乳泡沫の特性』日本調理科学会誌 vol. 42

北畠直文 土井悦四朗（1987）『泡沫の物性』日本食品科学雑誌 第 34 巻

村田安代（1985）『卵白の泡立て程度とケーキの性状について』家政学雑誌 Vol. 36 No. 3

感想

この研究で一番時間がかかってしまったのは実験方法の決定だった。当初、メレンゲを比較するために、生成した泡の密度を測定する予定だったが、メレンゲを容器に上手く詰めることが出来ず、正確な数値を得られなかった。そこで、たまたま生物室にいらっしやっていた理数科卒業生の方に相談したところ、新たな実験方法を考案して下さった。そのおかげでかなり大きな前進が出来た。

実験中においては、疲れてきたり、時間がなくなって焦ったりすると実験を失敗することがあった。これは時間を無駄にロスするうえにショックも大きくなるので注意せねばならないと痛感した。また、ポスターもスライド作りも絶対に3日くらい余裕をもって作るべきだと学んだ。なぜなら、『完成した。もうミスはない』と思っても、翌朝見直すと直すべき箇所がたくさん出てくるからだ。

授業を通して、実験手順が正しいかあるいはとったデータが正確か念入りに考える力が身についたように思う。さらにパソコン技術は自分でも驚くほど上達したといっている。人前で発表することにも慣れてきたのではないだろうか。災難や苦労続きの科目ではあったが、その分得たものも数えきれないほどあったので、理数科で課題研究をできたことは私にとって素晴らしい経験になった。