

食肉を柔らかくする方法

化学班

指導 細谷進

協力 加藤華世

糸井周子

班員 村田菜々恵

高垣杏

武田萌伽

長里葵

はじめに

キウイ、パイナップル、マイタケ、発酵食品等にはタンパク質分解酵素が含まれている。これらの食品を用いて食肉を柔らかく調理する実験は過去に行われているが、肉の種類と酵素の相性について数値的に検証し、相性がいい理由にまで言及している研究は少なかった。

そこで我々は食肉を柔らかくするだけでなく、何故その酵素を含む食品がその種類の食肉を柔らかくするのかまで追求し、固い食べ物に抵抗のある、特にお年寄りの方や小さな子どもも含め、たくさんの方がより良い食生活を送れるようにしたいと考え、この研究テーマを設定した。

「柔らかい」について

タンパク質が分解されるならば、肉の組織が分解され、弾力がなくなるのではないかと考えた。そこで、今回の実験では、「肉に重りを乗せて外した後戻ってきにくいもの」を柔らかいと定義した。

仮説と検証

実験試料

パイン、キウイ、タマネギ、ショウガ、マイタケ、ヨーグルト、シオコウジ
牛もも肉、豚もも肉、鶏むね肉（食品データベースより一般的に家庭で用いられる部位のうち、それぞれ脂質含有量の少ないものを選び、使用した。）

実験 1-1

仮説① 同じ肉でも漬ける食品によって効果に違いがある。

仮説② 同じ漬ける食品でも肉の種類によって効果に違いがある。

実験方法

パイン、キウイ、ショウガ、マイタケをペースト状にしたもの、ヨーグルト、シオコウジをそれぞれ100mL用意した。それに各食肉を3個ずつ漬けた。何にも漬けないもの（空白）を各食肉につき3個ずつ用意した。この食肉を冷蔵庫で1時間漬けた後、約180℃のホットプレートで8分間焼いた。室温程度まで冷ましてから、1kgのおもりをのせる前、のせている最中、おもりを外した後の肉片の高さを測定した。

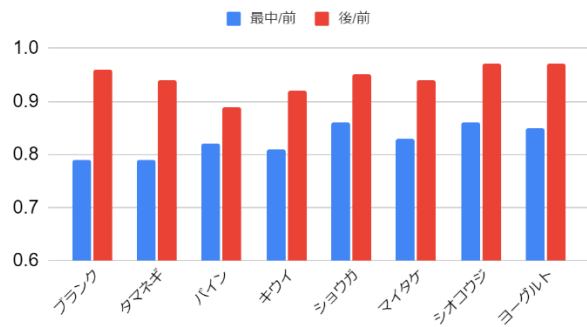


結果

グラフ1,2,3の青いグラフはおもりを載せている最中の肉片の高さを表し、赤いグラフは重りを外した後の肉片の高さを表している。赤のグラフと青のグラフの差が小さいほど、柔らかくなったといえる（グラフ1,2,3）。

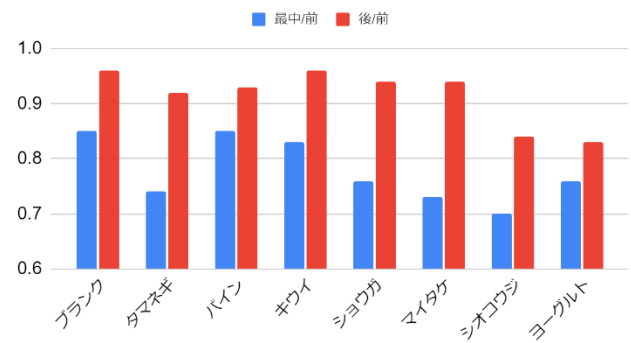
牛もも肉はパイン、豚もも肉はヨーグルト、鶏むね肉はシオコウジによって一番柔らかくなった。

肉片の高さの変化（牛もも肉）



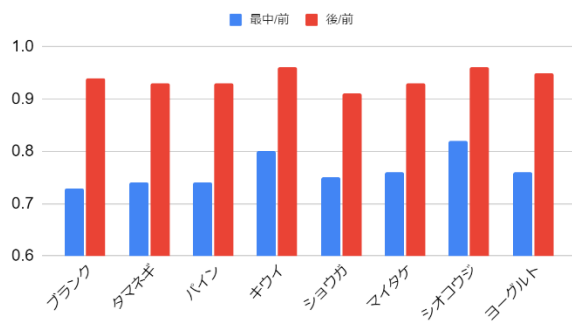
グラフ1

肉片の高さの変化（豚もも肉）



グラフ2

肉片の高さの変化（鶏むね肉）



グラフ3

考察

今回使用した食品には、食肉を柔らかくする働きがある。

実験1-2

仮説③ 柔らかくなった肉片は組織が分解されている。

実験方法

焼いた肉片を薄くスライスしてから、ビウレット反応でタンパク質を染色し、顕微鏡で観察した。

結果

実験1-1の結果によらず、各肉片の組織の様子に大きな差はみられなかった。

実験2

仮説④ パイン、ショウガ、シオコウジのような食肉を柔らかくする食品はタンパク質を分解する。

実験方法

1%ゼラチン水溶液45gに対し、パイン、キウイ、タマネギ、マイタケ、ヨーグルト、シオコウジ5gを混ぜ合わせ、45分間冷蔵庫内で放置した。その後ろ過をし、15分後（1%ゼラチン水溶液と食品を混ぜ合わせてから1時間後）にビウレット反応による呈色を観察した。色のRGB値を測定し、色を数値化した。RGB値はカラーサイトを使用して得た。

RGB値・・・その色に赤緑青がどれだけ含まれているかを示したものであり、値が大きければその色は白に近く、小さいほど黒に近い。

吸光度・・・赤緑青の光の波長がそれぞれどれくらい吸収されたかを表すものであり、値が大きくなるほど色が濃くなったといえる。

RGB値を用いてデータを分析することが適切かどうか判断するため、RGB値が小さくなる（黒色に近づく）ほど、吸光度が大きくなる（色が濃くなる）

ことを次の手順で確かめた。

- ① 0.2%、0.4%、0.6%、0.8%のゼラチン水溶液を用意し、それぞれビウレット反応させた溶液の透過率をラボディスクで測定
- ② ①で得た値を吸光度に変換
- ② RGB値のグラフと吸光度のグラフを比較

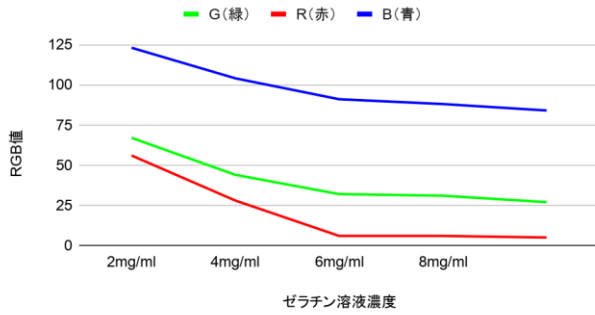


ラボディスク

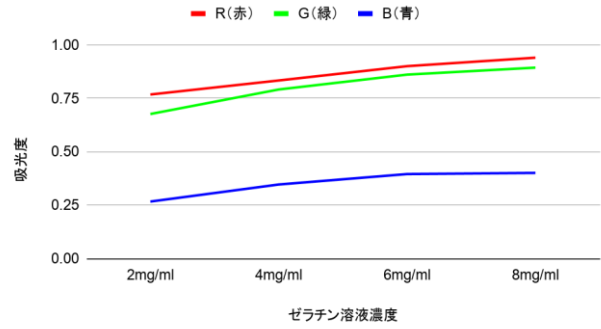


カラーサイト.com

色解析(RGB値)



吸光度



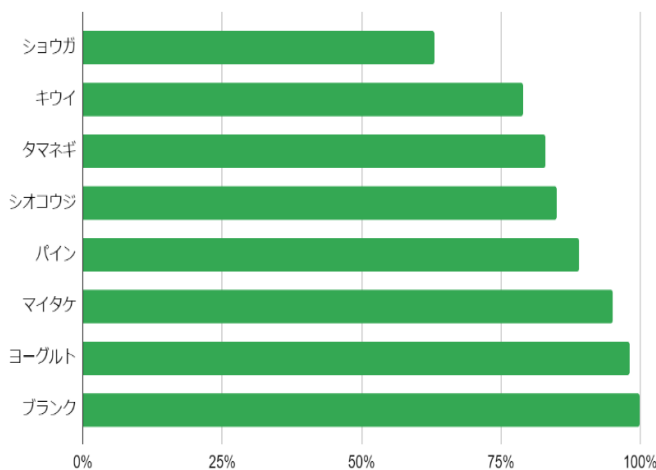
①～③を行ったところ、上のグラフよりRGB値が小さくなればなるほど、吸光度は大きくなっている。ゆえに、RGB値が小さくなるほど、色が濃くなるといえる。

緑の波長(550nm)とビウレット反応の呈色の波長(540nm)が近いため、ビウレット反応の前後のRGB値のうち、緑の値の変化をビウレット反応の呈色の変化に置き換えて考えた。

結果

タンパク質を一番分解したのはショウガ、タンパク質を一番分解しなかったのはヨーグルトだった(グラフ4)。

緑の変化量(ブランクとの比較)



ビウレット反応の呈色は、タンパク質が多く存在しているほど濃くなる(RGB値は小さくなる)。反応前のろ液はほぼ透明である(RGB値は大きい)ので、反応後のろ液の呈色が薄いとRGB値の減少量は小さくなる。グラフ4はビウレット反応前のRGB値の緑の値から反応後のRGB値の緑の値を引いたものであり、ブランクを100%としたときの相対値である。

グラフ4

考察

実験1-1の結果と実験2の結果を比較すると、食肉をよく柔らかくする食品とタンパク質をよく分解する食品が一致しなかったため、仮説④は検証されなかった。

実験3

仮説⑤ 食肉を漬けるのに用いる食品を煮沸すると、タンパク質分解酵素が失活し、タンパク質の分解量が少なくなる。

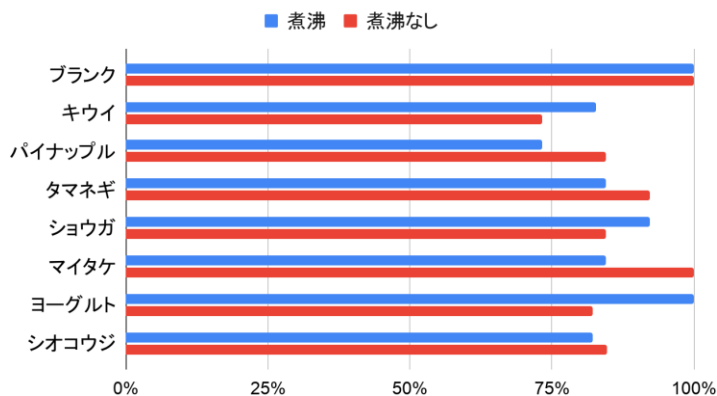
実験方法

実験2で用いた食品を、煮沸（70℃5分間湯煎）したものに置き換えて同様の実験を行った。

結果

煮沸したとき、一番タンパク質を分解したのはパイナップル、一番分解しなかったのはヨーグルトだった。ヨーグルト以外の食品を入れたものは、煮沸しても空白よりタンパク質が分解されていた（グラフ5）。

緑の変化量(空白との比較)



グラフ5

考察

- ・煮沸してもタンパク質が分解されたことから、実験1～3の低温、1時間という条件でタンパク質を分解していたものはタンパク質分解酵素だけではないと考えられる。
- ・パイナップルは煮沸したときに、いちばんタンパク質を分解していたため、酸によってタンパク質が分解されたのではないかと考えられる。

上記2点と、酵素がより働く条件を検証するために、以下の実験を行った。

仮説⑥ 酸によってタンパク質が分解される。

仮説⑦ 最適温度下でタンパク質分解酵素をゼラチンと反応させると、より多くのタンパク質を分解する。

実験4

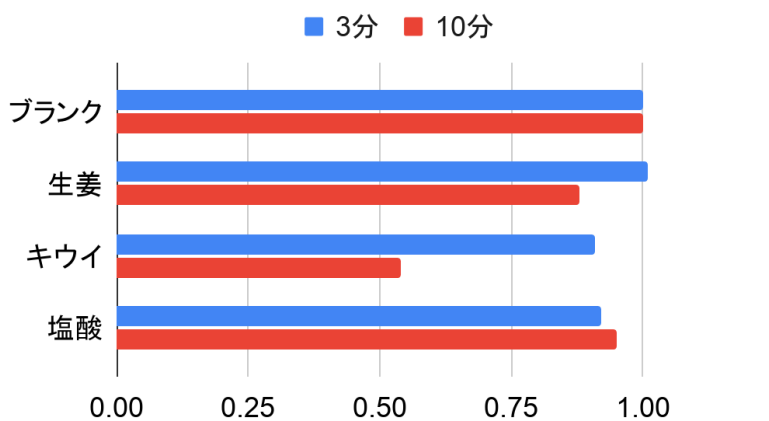
実験方法

1%ゼラチン水溶液45gに対し、ショウガ（pH=7、分解酵素有）、キウイ（pH=3、分解酵素有）、塩酸（pH=3、分解酵素無）5gをそれぞれ混ぜ合わせ、60℃で3分間、10分間加熱したものをそれぞれ用意した。ろ過をし、溶液を流水で室温まで下げたのち、ビウレット反応による呈色の観察、カラーサイトによる色解析を行った。

結果

3分間加熱したものはキウイと塩酸がタンパク質をよく分解し、10分間加熱したものはキウイとショウガがたんぱく質をよく分解した。（グラフ6）

緑の変化量(ブランクとの比較)



グラフ6

考察

- ・60℃10分という条件では、タンパク質分解酵素によってタンパク質が分解されていると考えられる。また、一般に温度が10℃上昇するごとに反応速度は2~3倍になることから、実験1~3の低温、1時間という条件は、タンパク質分解酵素によるタンパク質分解を期待するには温度が低かった、また反応時間が短かったと考えられる。
- ・塩酸を10分間加熱した時、タンパク質の分解量が増えなかったのは、塩酸が揮発性であるためだと考えられる。
- ・キウイとショウガでは酸性であるキウイの方がよりタンパク質を分解していたのは、キウイの酵素と酸の両方がタンパク質分解に作用したためだと考えられる。

まとめ

- ・これまでの実験から、食肉を柔らかくしたいなら、牛もも肉はパイナップル、豚もも肉はキウイ、鶏むね肉はシオコウジに漬けるとよく、食肉中のタンパク質を分解したいならば、ショウガやキウイに漬けるとよいということが分かった。
- ・また、食品を用いてたんぱく質を分解し、漬け汁ごと調理することで、漬け汁に用いた食品に含まれる栄養素を摂取でき、また、体内で分解する必要のあるタンパク質が減少し、消化が容易になると考えられる。

今後の課題

- ・食品中の脂肪などのタンパク質以外の成分や漬けた食品中に含まれるカリウムなどの成分に注目して、食肉が柔らかくなる要因を考察する。
- ・温度や反応時間など、酵素が働きやすい条件で実験を行い、この条件下では、酵素がより多くのタンパク質を分解することを確かめる。

参考文献

「食肉を柔らかくする方法」

https://www.jst.go.jp/cpse/jissen/pdf/houkoku/TKI6000I_matome2018_020.pdf

「タンパク質の加水分解に伴うビウレット反応とニンヒドリン反応の呈色変化」

https://www.jstage.jst.go.jp/article/kakyoshi/45/5/45_KJ00003520149/_article/-char/ja/

総タンパク質の定量法

<https://www.jsac.or.jp/bunseki/pdf/bunseki2018/201801nyuumon.pdf>

食品データベース 文部科学省

<https://fooddb.mext.go.jp/>

実教出版 化学 新改訂版