

## 緑茶を利用した曇り止めの作成

群馬県立前橋女子高等学校 3年

廣岡有梨香

### 1. 要旨

家庭内の使用済み茶葉の活用方法として、サポニンという界面活性剤と同じ作用の物質を緑茶が含むことから、使用済み茶殻から圧搾液を作成し、その防曇効果を検証した。対照区の水と測定したい液体を測り取りガラス板に直接置き、液体がなくなるまで乾燥させた後、ガラス板に一定量の沸騰蒸気をあて、目視評価にて防曇効果の評価を行った。茶殻圧搾液を複数の濃度に希釈して実験を行ったところ、0.003%に希釈しても、市販の曇り止めと防曇効果に差が認められなかった。二・三番煎じの茶殻圧搾液では、一番煎じよりも防曇効果が低かったが、希釈を下げて濃度を上げれば防曇効果を維持できた。また、この防曇効果はサポニンによるものかを検証するため、茶殻圧搾液を水溶性ペクチン、カテキン、サポニンに分画し、各画分液の成分分析と防曇効果の検証を行った。しかし、結果からは防曇効果はサポニンに由来するものかどうかは断定できず、画分液の成分分析については更なる検証が求められる。

### 2. 序論

国内の令和4年度における家庭内の緑茶の茶葉の年間消費量は約7.4万t<sup>1</sup>であることから、SDGsの12番目の目標「つくる責任使う責任」に向けて廃棄される茶殻を再利用できないかと考えた。既存の茶殻の再利用方法としては、茶殻を炒って味を付けてふりかけとして利用する方法や濡れた状態のまま畳掃除に利用するなどの方法があるが<sup>2</sup>、これらの再利用方法の他に緑茶に含まれている成分を利用した再利用方法として本研究を行った。

緑茶にはサポニンが含まれており<sup>3</sup>、サポニンは界面活性剤と同じ作用をする。また、界面活性剤は市販の曇り止めで使用されていることから、このサポニンを利用した曇り止めを作成出来るのではないかと考えた。実際にジャガイモの皮の実の部分で鏡を擦ると鏡が曇らなくなる現象について、ジャガイモに含まれているサポニンの影響で曇らなかったと考えられている<sup>4</sup>。

そこで、使用済みの茶殻には曇り止め効果があると仮説を立て、眼鏡とマスクを同時に着用したときに発生する曇りを防ぐことを最終目標に、曇り止めを作成することにした。

### 3. 防曇効果の検証方法について

#### 3-1 基本操作について

<実験装置>

曇りの発生方法には、低温の加湿器蒸気法、高温のやかん沸騰蒸気法、凍結の冷蔵庫付着水滴法の3種類方法があるが、マスク着用時の眼鏡の曇りを再現する手法として本研究

ではやかん沸騰蒸気法を利用した。やかん沸騰蒸気法では、水が沸騰するときに発生する蒸気をガラス板に当て、曇りを発生させる。本実験ではガスバーナーを用いて450~500mLの水を沸騰させた。そして、実験開始前に、ガラス板に水蒸気に当てて、1分間の水蒸気の付着量が0.23~0.27gになるように火の大きさを調節することで、気温・湿度が変化しても水蒸気量を一定に保つようにした。

#### <茶殻圧搾液作成法及び塗布方法>

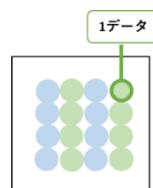
急須に7.5gの茶葉と200gの沸騰したお湯を入れ10分間蒸らした後、緑茶を注ぎ、残った茶殻を取り出して茶こしと乳棒で30回圧搾する。圧搾液をろ過した液体を「茶殻圧搾液」とし、それを希釈した液体を「茶殻希釈液」として以降の実験に使用した。ガラス版に塗布する際には、マイクロピペットで10 $\mu$ L直接滴下をして、ガラス表面上の液体がなくなるまで自然乾燥させた。

#### <防曇効果の評価方法>

曇りの評価方法としては、接触角を測定する濡れ性、曇り度光透過性を測定するヘイズ度、目視判定をする視認性の3種類の方法があるが、眼鏡に対する曇りを想定しているため、本実験では視認性の評価に用いる目視判定を利用した。

水や茶殻圧搾液、茶殻希釈液を10 $\mu$ L滴下したものを1データとしてガラス板1枚に1列4データを4列置く。茶殻圧搾液は水と緑茶成分からできており、防曇効果が水の作用に由来するものではないことを確認するため、対照区として水を茶殻圧搾液のとなりに置き実験を行った。また、この際に、ガラス番の場所により曇り方が異なる可能性を取り除くため、水と茶殻の列を交互に配置した。ガラス板1枚当たり水、茶殻圧搾液または茶殻希釈液は各8データが得られ、これをガラス板4枚分用意し、それぞれ合計32データを得た。そして、32データの中で曇らなかったデータ数から曇らなかった割合を計算し、これを防曇効果の指標とした。3回同じ実験を行いTukeyを使用して有意差を評価した。

$$\text{曇らなかった割合(\%)} = \frac{\text{曇らなかったデータ数}}{32 \text{ データ}} \times 100$$



水色：水 緑色：茶殻圧搾液または茶殻希釈液

### 3-2 ガラス板への塗布方法の確立

#### <異なる綿棒を用いて塗布した際の防曇効果>

実験当初は、ガラス版に緑茶を塗布する際に綿棒を使用していた（綿棒1）。しかし、途

中で異なる製造会社の綿棒（綿棒2）に変えて同様の実験を行ったところ標準誤差が14.5%と大きくなり、曇らなかつた割合のばらつきが大きくなった（表1）。

表1.綿棒1と綿棒2の防曇効果とその標準誤差(n=3)

| 曇らなかつた割合 (%) |           |
|--------------|-----------|
| 綿棒1          | 96.7±3.3  |
| 綿棒2          | 56.7±14.5 |

\* 各値の分母は30データ

綿棒1ではキットサン加工があり、綿棒2にはキットサン加工がなかつたため、曇らなかつた割合にばらつきが大きくなった原因はキットサン加工の有無にあると考え、別の製造会社のキットサン加工ありの綿棒（以降綿棒3）を用意し、曇らなかつた割合を調べた。しかし、綿棒3の曇らなかつた割合は80.0±11.5%(n=3、値の分母は15データ)で、標準誤差は大きかつた。そのため、曇らなかつた割合のばらつきにキットサン加工の有無による法則性は認められなかつた。

#### <新たな塗布方法の検討>

上記の結果より、曇らなかつた割合の違いやばらつきには綿棒のキットサン加工以外の別の要因が影響していると考えた。この要因が綿棒自体の影響によるものか、水蒸気量による影響なのか、それ以外の要因なのか沢山の候補を検討していく過程で、むしろ液体の塗布に綿棒を使用すること自体が防曇効果に影響する要因を増やしてしまっている事に気づいた。そこで、綿棒を使用せずに塗布を行うことで、防曇効果に関わる要因を減らし、茶殻圧搾液に含まれる成分による影響だけを検証できると考え、マイクロピペットでガラス板に直接茶殻圧搾液を置き、ガラス表面上の水滴が全てなくなるまで自然乾燥させることにした。

#### <塗布方法による標準誤差の違いの原因>

マイクロピペットを用いてガラス板に茶殻圧搾液を塗布し、その曇らなかつた割合と標準誤差を調べた。その結果、曇らなかつた割合は99.1±0.9%(n=3、値の分母は30データ)となり、標準誤差が小さかつた。

綿棒とマイクロピペットを使用した際に標準誤差が異なる原因には、綿棒と被塗布素材間の防曇成分を引き合う力が関係していると考えた（図1）。茶殻圧搾液が防曇効果を発揮するには、綿棒に付着した茶殻圧搾液に含まれる防曇効果のある成分が塗布する際に、ガラス板に付着する必要がある。しかし、綿棒の方がガラス板よりも防曇成分が付着しやすい場合には、成分があまりガラス板に付着せず茶殻圧搾液の防曇効果は発揮されない。そのため、異なる製造会社の綿棒で曇らなかつた割合やそのばらつきに差が生じた原因としては、製造会社によって綿棒の製造方法が異なることで、綿棒の防曇成分を引く力が異なるためだと考えた。一方で、マイクロピペットでガラス板上に茶殻圧搾液を直接置く際には、塗布に別の媒体を介さないため綿棒と被塗布素材間の防曇成分を引き合いが発生せ

ず、標準誤差が小さくなったと考えた。以上より、綿棒を使用した際には、防曇成分は綿棒とガラス板の2つの素材の性質の影響を受けやすいが、マイクロピペットを使用すると素材の性質の影響は受けにくいのではないかと考えた。

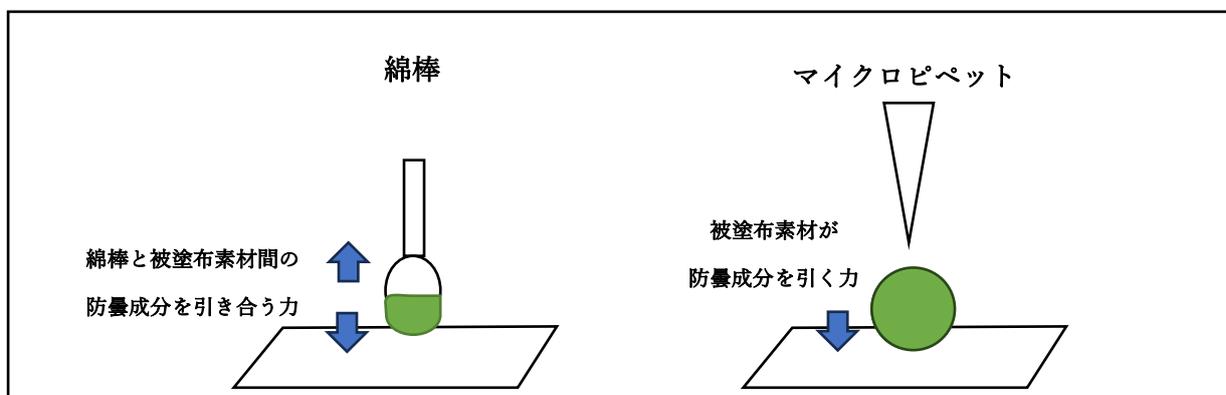


図1.綿棒・マイクロピペット塗布で働いている力の違い

この仮説を検証するため、被塗布素材を水が付着しやすい親水性素材であるガラス板から、水が付着しにくい疎水性素材であるアクリル板へと変えて、綿棒とマイクロピペットの2つの塗布方法による防曇効果の違いを調べた。すると、綿棒を使用したときは曇らない割合が0%だったのに対してマイクロピペットを使用したときは曇らない割合が100%だった（表2）。このことから、マイクロピペットを用いて直接塗布した方が塗布に使用する際の素材の影響を小さくすることができ、実験の再現性を高められると考えた。

表2.アクリル板への塗布方法とその防曇効果(n=1)

|        | 塗布方法     | 市販の曇り止め | 茶殻圧搾液 | 0.003%茶殻希釈液 |
|--------|----------|---------|-------|-------------|
| 曇らなかった | 綿棒       | 0       | 0     | —           |
| 割合 (%) | マイクロピペット | 100     | 100   | 100         |

#### 4. 結果及び考察

なお、以下の実験の順番については、時系列と異なるところがあるが、論理展開を優先して記載した。

##### 4-1 実験1

<目的>

茶殻圧搾液に防曇効果があるかについて、複数の濃度の茶殻圧搾液を用いて検証した。

<実験環境>

実験期間中における気温は25.8~26.5℃、湿度は44~50%であった。

<実験方法>

水または茶殻圧搾液及び茶殻希釈液（0.03%、0.006%、0.003%、0.001%）を用いて3-1の基本操作に従ってその防曇効果を検証した。

### <結果及び考察>

茶殻圧搾液から 0.003%茶殻希釈液まで、曇らなかつた割合は 97.7%と高く維持されていた。しかし、0.001%茶殻希釈液では曇らなかつた割合が 18.8%と低かつた（図 2）。これは、希釈により防曇効果作用を持つ物質の濃度が下がつたためだと考えられる。

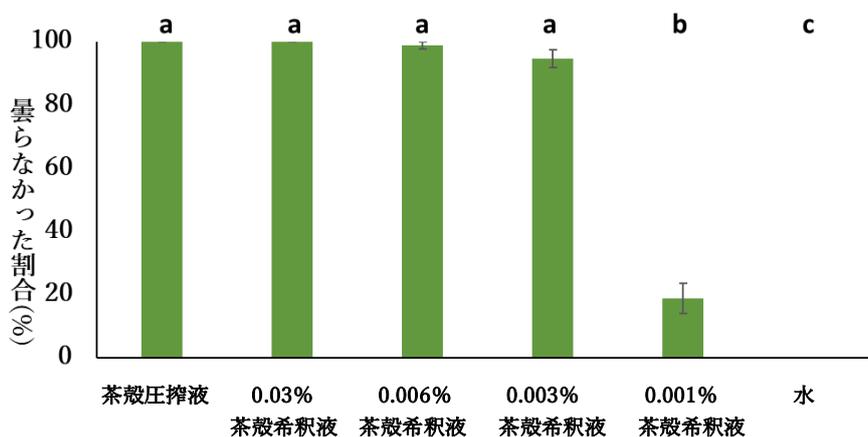


図 2.水、茶殻圧搾液、茶殻希釈液の防曇効果(n=3)

\* 同じ英文字間には Tukey(5%)で有意差がないことを示す

## 4-2 実験 2

### <目的>

茶殻希釈液の曇り止めとしての機能性は市販の曇り止めと同程度の能力を持つか検証した。

### <実験環境>

実験期間中における気温は 33.4~35.1°C、湿度は 38~41%であった。

### <実験方法>

#### ・透明度

水と茶殻圧搾液及び 0.003%茶殻希釈液、市販の曇り止めについて、カラーリーダーを使用して白色校正板を基準にしてマンセル値を測定し、白色校正板の上にガラス板または各処理を行ったガラス板を置いてマンセル値を測定した。また、ガラス板に懐中電灯を垂直にあて、ガラス板または各処理を行ったガラス板越しの照度を光量子計を使用して測定した。

#### ・防曇効果の持続性

ガラス板に水と 0.003%茶殻希釈液を置いてからの時間経過による防曇効果の変化と、0.003%の茶殻希釈液を作成してから冷蔵庫での保存期間が長くなることによる防曇効果の変化を、3-1 の基本操作に従って検証した。

#### <結果及び考察>

##### ・透明度

ガラス、水、市販の曇り止めでは、マンセル値と照度どちらにおいても同様の数値が認められた。茶殻圧搾液では、マンセル値が7.5Yで照度は一番低かった。しかし、0.003%茶殻希釈液では、マンセル値と照度どちらにおいても市販の曇り止め等の数値と同様の値が認められた(表3)。このことから、0.003%の茶殻希釈液は市販の曇り止めと同程度の透明性を持ち、眼鏡に塗布をした場合にも緑茶自体の色の影響を受けないと考えられる。

表3.各条件でのマンセル値と照度(n=1)

|         | 白<br>懐中電灯 | ガラス  | 水    | 市販の<br>曇り止め | 茶殻圧搾液   | 0.003%<br>茶殻希釈液 |
|---------|-----------|------|------|-------------|---------|-----------------|
| マンセル値   | N9.5      | N9.0 | N9.0 | N9.0        | 7.5Y8/2 | N9.0            |
| 照度(LUX) | 9422      | 8674 | 8535 | 8332        | 7903    | 8460            |

##### ・防曇効果の持続性

ガラス板に滴下してから1週間が経過しても曇らなかつた割合は84.4%と高く維持されていた(表4)。冷蔵庫保存期間では、2週間目までは曇らなかつた割合が87.5%と高かったが、3週間目になると曇らなかつた割合が28.1%と低かった(表5)。以上の結果から、茶殻希釈液は少なくとも1週間放置しても防曇効果は持続し、冷蔵庫保存であれば作成日から2週間までは防曇効果は持続する。そのため、作成した茶殻希釈液は持ち運びをせず家で使用する分には十分に使用できると考えた。

表4.乾燥経過時間による防曇効果の変化(n=1)

| 乾燥時間        | 1時間  | 4時間  | 1日   | 3日   | 7日   |
|-------------|------|------|------|------|------|
| 曇らなかつた割合(%) | 93.8 | 84.4 | 84.4 | 84.4 | 84.4 |

表5.冷蔵庫保存期間による防曇効果の変化(n=1)

| 保存期間        | 0日   | 7日   | 14日  | 21日  |
|-------------|------|------|------|------|
| 曇らなかつた割合(%) | 93.8 | 87.5 | 87.5 | 28.1 |

### 4-3 実験3

#### <目的>

繰り返し使用した茶殻でも防曇効果は維持されるのか検証した。

#### <実験環境>

実験期間中の気温は27.4~28.6°C、湿度で36~39%であった。

#### <実験方法>

水と1番煎じ茶殻希釈液(0.003%)、2番煎じ茶殻希釈液(0.003%)、3番煎じ茶殻希釈液(0.003%)を用いて、3-1の基本操作に従ってその防曇効果を検証した。なお、1

回緑茶を出して残った茶殻を1番煎じ茶殻、2回緑茶を出して残った茶殻を2番煎じ茶殻、3回緑茶を出して残った茶殻を3番煎じ茶殻とする。

<結果及び考察>

全ての茶殻希釈液は水に比べて曇らなかつた割合が高かったが、2番・3番煎じ茶殻希釈液は1番煎じ茶殻希釈液よりも曇らなかつた割合が低かった(図3)。その理由として、2・3番煎じをする過程で防曇作用を持つ成分の含有量が下がったと考えた。そこで、3番煎じ茶殻圧搾液の希釈を0.006%に変えて、同様の実験を行ったところ曇らなかつた割合が100%になった(n=1、値の分母は16データ)。このことから、繰り返し使用した茶殻希釈液も十分に曇り止めとして利用できると思われる。

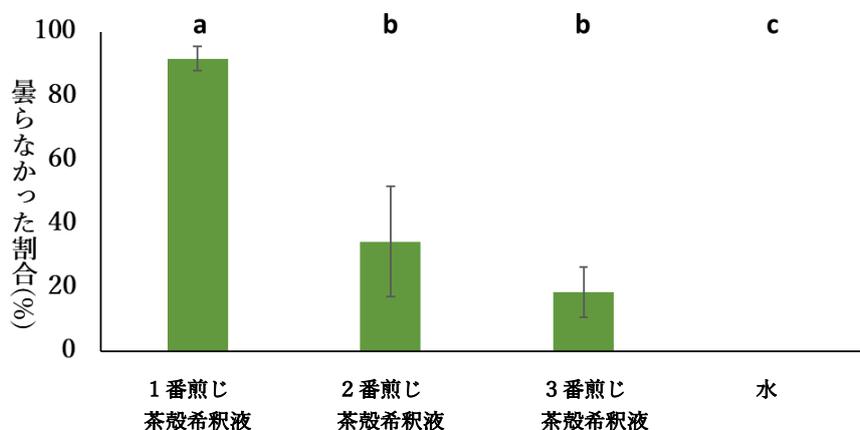


図3.繰り返し使用した茶殻希釈液の防曇効果 (n=3)

\*同じ英文字間には Tukey(5%)で有意差がないことを示す

#### 4-4 実験4

<目的>

防曇作用がサポニンの効果によるものか検証する

<実験環境>

実験期間中の気温は33.1~35.0°C、湿度は34~43%であった。

<実験方法>

・画分液の作成

以下の方法により、茶殻圧搾液または茶殻希釈液(0.006%、0.003%)から、固相抽出カラム(Sep-pak)を用いて3つの画分液を作成した<sup>5</sup>。

1. 固相抽出カラム(Sep-pak)にメタノール5mL、蒸留水5mL、茶殻圧搾液または茶殻希釈液(0.006%、0.003%)2mLを注入し、更に蒸留水8mLを流して水溶性ペクチン画分(以降画分液1)を回収した。
2. 次に、20%メタノール15mLを流してカテキン類画分(以降画分液2)を回収した。
3. 最後に80%メタノール5mLを流してサポニン画分(以降画分液3)を回収した。

・防曇効果の検証及び画分液の成分分析

各画分液について、3-1の基本操作に従って、その防曇効果を検証した。また、茶殻圧搾液及び0.003%茶殻希釈液については成分分析を依頼した。なお、成分分析については、水溶性ペクチン、サポニンについて行われ、その手法は以下の通りである。

<水溶性ペクチン定量(カルバゾール硫酸法)>

氷冷した硫酸四ホウ酸ナトリウム溶液を5mL試験管に採り、茶殻圧搾液画分液1mLを静かに加え、氷槽中で混合した後、沸騰水中で10分間加熱した。ついで0.2%カルバゾール/エタノール液を加え振盪し、再び沸騰水中で15分間加熱した。加熱後、水冷して室温とした反応液の吸光度(530nm)を測定した。なお、検量線作成用の標準物質としてD- $\alpha$ -ガラクトuron酸水溶液(0~20 $\mu$ g/mL)を用いた。

<サポニン定量(フェノール硫酸法)>

茶殻圧搾液画分液1mLに5%フェノール水溶液1mL、濃硫酸5mLを加え、80°Cで30分間加熱した。その後、室温に戻した反応液の吸光度(490nm)を測定した。なお、検量線作成用の標準物質として大豆サポニン水溶液(20~200 $\mu$ g/mL)を用いた。

<結果及び考察>

・画分液の成分分析

0.003%茶殻希釈液で作成した画分液については濃度が薄すぎたため、茶殻圧搾液で作成した画分液のみしか各成分の濃度を検出することができなかった。

成分分析の結果、本来画分液3にのみサポニンが含まれているはずだが、サポニンは画分液1、画分液3の両方に含まれており、さらにその濃度は画分液1の方が画分液3よりも約6倍高いことが明らかになった(表6)。このことから分画が正しく行われていないことがわかった。このように画分が正確に行えなかった理由として、茶殻圧搾液に含まれているサポニンが過剰に含まれており、固相抽出カラムを用いて画分液を作成した際に、固相抽出カラムに保持できる限界量を超え、分画を行いたい成分が注入するときの勢いで押し流されてしまった可能性がある。

表6.画分液1と画分液3のペクチンと、サポニンの濃度

| 定量成分            | 画分液1 |      | 画分液3 |      |
|-----------------|------|------|------|------|
|                 | ペクチン | サポニン | ペクチン | サポニン |
| 濃度( $\mu$ g/mL) | 27   | 1166 | 11   | 195  |

\*ペクチンはD- $\alpha$ -ガラクトuron酸当量、サポニンは大豆サポニン当量を標準物質として使用

・画分液の防曇効果

茶殻圧搾液では、画分液1、画分液3においては曇らなかった割合は100%だった(表7)。また、どの濃度の茶殻希釈液においても画分液3が最も曇らなかった割合が高かった。

表7.各濃度における画分液の防曇効果(n=3)

|                 | 分画物質        | 画分液 1 | 画分液 2 | 画分液 3 |
|-----------------|-------------|-------|-------|-------|
| 曇らなかった<br>割合(%) | 茶殻搾液        | 100   | 45    | 100   |
|                 | 0.05%茶殻希釈液  | 2     | 1     | 100   |
|                 | 0.003%茶殻希釈液 | 0     | 1     | 13    |

・ 防曇効果はサポニンに由来するのかの検討

茶殻希釈液から作成した画分液では画分液3が最も曇らない割合が高かったが、それぞれの画分液のサポニン含有量がわからないため、サポニンの影響によるものかは判断できな  
 ないと考えた。例えば、0.05%において、画分液1のサポニン量が茶殻搾液と同じように画分液3の6倍含まれているのならば防曇効果の由来はサポニンではないと考えられるが、分画が成功しており画分液1のサポニン量が少ないのであれば防曇効果はサポニンに由来する  
 と考えられる。このように、現時点では防曇効果はサポニンに由来するのかわからないのかを断定することはできなかった。

5.結論

今回の研究を通して、使用済みの茶殻から曇り止めは作成可能であり、繰り返し使用した茶殻も利用可能であることが明らかになった。

しかし、防曇作用はサポニンに由来するものであるとは断定できなかった。断定するには、0.05%茶殻希釈液から作成した画分液1、画分液3の成分分析を行い、画分液1でサポニンが含まれておらずペクチン濃度のみが高く、画分液3でペクチンが含まれておらずサポニン濃度のみが高い結果を得る必要がある。もし、0.05%茶殻希釈液で作成した画分液の濃度が低く、成分分析が行えなかった場合には、0.05%よりも濃度の高い茶殻希釈液で画分液を作成し、同様に成分分析と防曇効果の検証も行う必要があると考える。

また、今回はガラス板を用いて実験を行ったが、現在使用されている眼鏡の多くはガラスではなくウレタン樹脂から作られている。そのため、塗布をする素材にウレタン樹脂を使用した際の防曇効果や機能性の評価についても検証を行う必要があると考える。

6.謝辞

本研究を行うにあたり、南保技術研究所所長南保幸男先生には、実験計画から長きに渡り丁寧かつ熱心なご指導を賜りました。この場をお借りし、感謝申し上げます。

7.引用文献・参考文献

<引用文献>

1. 全国茶生産団体連合会・全国茶主産府県農協連絡協議会 2022 茶の生産と流通,茶の需給,茶類の国内消費量の推移 <https://www.zennoh.or.jp/bu/nousan/tea/seisan01b.htm>  
 2024年9月21日閲覧

2. 大井川茶園 2016 日本茶について.捨てるなんてもったいない！茶殻活用術  
<https://www.ooigawachaen.co.jp/blog/2016/04/25/291>  
2024年9月21日閲覧
3. 橋爪昭人・酒戸弥二郎（1965）茶葉サポニンの研究（第1報）：茶葉サポニンの単離とその性質 農化 第40巻, 第1号, p.8~12, 1966
4. ジャガイモ博物館 ポテトエッセイ.ジャガイモの意外な効用・ウラワザ  
<https://potato-museum.jrt.gr.jp/kouyou.html>  
2024年9月21日閲覧
5. 島田和子（2003）緑茶浸出液中の茶葉サポニンと水溶性ペクチンの分析 日本家政学会誌 Vol.54 No.11 957~962

<参考文献>

南保幸男 監修（2021）防汚・防曇技術の最新動向 （株）シーエムシー出版