

筑波大学

朝永振一郎記念

第18回「科学の芽」賞 応募用紙

受付番号 : GJ0031

応募部門 : 中学生部門

応募区分 : 団体応募

題名 : ヘビイチゴのかゆみ止めの秘密を探る

学校名 : 東京都 国立東京学芸大学附属国際中等教育学校

学年 : 3年生

代表者名 : 石橋紅音

※ 個人情報保護のため、入力された項目から抜粋して出力しています。

ヘビイチゴのかゆみ止めの 秘密を探る

東京学芸大学附属国際中等教育学校 3年

石橋紅音 長坪奏良

1. 序論

1.1 動機・目的

理科の授業で校内に生えている植物の葉の観察を行った際に、私たちはヘビイチゴ（学名：*Duchesnea chrysantha*、図1）に興味を持った。授業後、ヘビイチゴについてより深く調べてみると、日本をはじめ中国、インドネシアなどの日当たりのよいところで見かけられ、春に黄色い花が咲き、赤い実が生る¹⁾ことを知った。さらに、この実は2000年近く前からアジアで漢方薬として活用されていること²⁾も分かった。漢方薬の具体例としては、解熱、通経、咳止めも挙げられていたが、私たちはその中でかゆみ止めに着目した。しかし、ヘビイチゴのかゆみ止めの効果の科学的検証の報告は見当たらない。

そこで本研究では、ヘビイチゴのかゆみ止めが効く原因を突き止めることを目的とした。かゆみ止めの効果を証明することにより、ヘビイチゴのかゆみ止めに対する信頼度を上げ、より多くの人々が安心して薬を使えるようになることを期待する。



図1

校舎内のヘビイチゴ
(2022年5月16日撮影)

1.2 仮説

市販のかゆみ止めに含まれている成分がヘビイチゴのかゆみ止めの中にも確認されれば、ヘビイチゴのかゆみ止めの効果が検証されると考えた。比較対象とする市販のかゆみ止めに含まれている成分は、身の回りにあったかゆみ止めや製薬会社のウェブサイトで見つけた成分を5つ選んだ。

2. 本論

2.1 実験方法

校内で収穫したヘビイチゴを乾燥させ、エタノールに漬けた。これを濃縮し、ヘビイチゴからの抽出溶液（以下、試料溶液）を作成した。

試料溶液に、市販のかゆみ止めにある5つの成分が含まれているかを検証するために、薄層クロマトグラフィー（以下TLC）を行った。TLCは、成分物質の極性の違いにより、移動速度が異なることを利用して成分を分離する。しかし、TLCの展開溶媒の候補は無限にあるため、まずヘビイチゴの試料溶液の成分を分離できる展開溶媒を見つける必要がある。ヘビイチゴの試料溶液と市販のかゆみ止めの成分のTLCを行うことで、今回調査する5つの成分、そして池田模範堂株式会社の液体ムヒ（以下液体ムヒ）に含まれている成分が試料溶液にも含まれているか確認する。

2.2 試料溶液の比較対象物質

今回は、身の回りのかゆみ止めから5つの成分（ジフェンヒドラミン塩酸塩、イソプロピルメチルフェノール、*l*-メントール、リドカイン、(±)-カンフル）と液体ムヒを試料溶液の比較対象とした。

ジフェンヒドラミン塩酸塩 (C₁₇H₂₁NO · HCl)

抗ヒスタミン成分。かゆみなどアレルギー症状を引き起こすヒスタミンの作用を抑える。風邪薬や外用のかゆみ止めなどに含まれている。³⁾

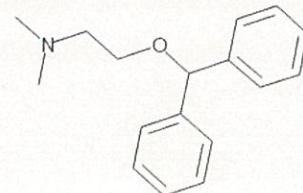
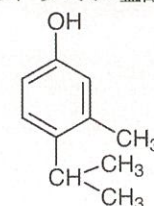


図2

ジフェンヒドラミン塩酸塩の構造式

イソプロピルメチルフェノール (C₁₀H₁₄O)

細菌・酵母・カビに対しての殺菌性、かきむしりによる化膿を防ぐ効果がある。傷消毒薬、軟膏材などに含まれている。⁴⁾



l-メントール (C₁₀H₂₀O)

清涼感を与える、かゆみを緩和するなどの効果がある。化粧品やチューインガムなどといった食品にも含まれている。⁵⁾

リドカイン (C₁₄H₂₂N₂O)

局所麻酔成分。かゆみ止めでは、かゆみの神経の働きを弱める。外用痔疾薬、鼻炎用点鼻薬、水虫や火傷の外用药など幅広く使われている。⁶⁾

(±)-カンフル (C₁₀H₁₆O)

筋肉痛や挫傷、打撲などにおける局所刺激、結構の改善、消炎、鎮痛、鎮痒の効能がある。外用药として用いられる。⁷⁾

液体ムヒ (池田模範堂)

池田模範堂が販売しているかゆみ止め。かゆみ・腫れ・赤みに効き、清涼感を与える。⁸⁾

図3
イソプロピルメチルフェノールの構造式

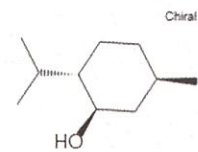


図4
l-メントールの構造式

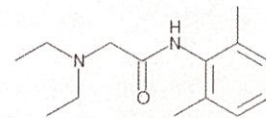
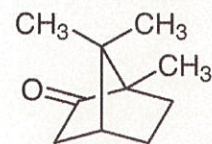


図5
リドカインの構造式



relative
図6
(±)-カンフルの構造式



有効成分 (100mL中)	
デキサメタゾン酢酸エステル	25mg
ジフェンヒドラミン塩酸塩	2.0g
l-メントール	2.0g
(±)-カンフル	3.5g
グリチルレチン酸	1.0g
イソプロピルメチルフェノール	0.2g
注	音

図7
液体ムヒ (池田模範堂)

2.3 試料溶液の作成手順

2.3.1 作成に用いたもの

ヘビイチゴ (校舎内で収穫、重さは収穫当時)

2022年5月9日収穫 76.64g

2022年5月18日収穫 68.90g

2022年5月23日収穫 74.03g

計 219.57g

なお、収穫と試料溶液作成の間に3か月弱の間があり、その間はビニール袋に入った状態で冷凍保存した。

試薬

エタノール 99.5% (甘糟化学産業)

器具・装置

電子天秤、乾燥機、三角フラスコとゴム栓、ろ紙、ロート、ロータリーエバポレーター

2.3.2 作成手順

1. ヘビイチゴを乾燥させる

成分を分離させたときに、水が TLC の邪魔とならないようにできる限り水分を抜いた。乾燥は、全て 60℃ で 6 時間行い、一晚室温で放置した。

2. 1. のヘビイチゴをエタノールに漬ける

ヘビイチゴをエタノールに 14 日間程度⁷⁾ 漬けた。三角フラスコに入れたヘビイチゴ全てがエタノールに浸かるようにし、蒸発しないようにゴム栓をして常温で直射日光に当てずに保管した。

試料溶液を追加で作成した際には、一度使用したヘビイチゴを再利用したため、エタノールに漬ける期間を本来の 2 倍の 28 日以上とした。

3. ヘビイチゴを取り除き、成分を濃縮する

TLC を行う際に不便にならないように、残っていた実を取り出した。

TLC を行いやすくする目的で、ロータリーエバポレーターに液体が琥珀色になるまでかけた。これは、エタノールの量を減らし、ヘビイチゴの成分の濃度を高くすることが目的である。



図 8
作成した試料溶液
(ヘビイチゴの
かゆみ止め)

2.4 薄層クロマトグラフィー

今年度の研究では 48 回 TLC を行った。1~16 回目の実験では、試料溶液を分離することができる展開溶媒を探す目的で行った。17~48 回目の実験は、試料溶液に 5 つのかゆみ止め成分が入っているか確認するために用いた。

5 つの成分は個体だったため試料溶液にも使用したエタノールに溶かして TLC にかけてられるようにした。

以下の実験結果では、全ての成分が展開溶媒によってうまく動いたもののみ表示する。

今回は、TLC プレートの着色剤としてヨウ素、りんモリブデン酸ナトリウムエタノール溶液 (以下りんモリブデン酸溶液)、ニンヒドリン溶液、p-アニスアルデヒド溶液 (以下アニスアルデヒド溶液) を用いた。このうち、ヨウ素、りんモリブデン酸溶液、アニスアルデヒド溶液は万能発色試薬である。ニンヒドリン溶液はアミノ基を含んだ成分だけを検出する。また、アニスアルデヒド溶液は化合物の官能基によって成分スポットの色が異なる。

ヨウ素はガラス瓶に入れホットプレートで温めた後、TLC プレートを投入して着色した。りんモリブデン酸溶液・アニスアルデヒド溶液・ニンヒドリン溶液は TLC プレートを漬け、余分な液体をふき取った後 200℃ のホットプレートで熱して着色した。

実際に使用した展開溶媒

ヘキサン：酢酸エチル、メタノール：酢酸エチル、ジクロロメタン：ヘキサン、ジクロロメタン：メタノール、ジクロロメタン：メタノール：水、テトラヒドロフラン：アセトニトリル、クロロホルム：アセトン、クロロホルム：メタノール

2.4.1 実験に用いたもの

試薬

<化合物>

試料溶液、ジフェンヒドラミン塩酸塩 (富士フィルム和光純薬)、イソプロピルメチルフェノール (東京化成工業)、 ℓ -メントール (富士フィルム和光純薬)、リドカイン (富士フィルム和光純薬)、エタノール 99.5% (甘糟化学産業)

<溶媒試薬>

ヘキサン (シグマアルドリッチ)、酢酸エチル (昭和化学)、メタノール (昭和化学)、ジクロロメタン (昭和化学)、テトラヒドロフラン (昭和化学)、クロロホルム (昭和化学)、アセトン (高橋藤吉) アセトニトリル (キシダ化学)

<発色試薬>

りんモリブデン酸ナトリウム（ナカライテスク）、ヨウ素（昭和化学）ニンヒドリン（昭和化学）、n-ブタノール（昭和化学）、p-アニスアルデヒド（東京化成）、酢酸（和光純薬）、濃硫酸（小宗化学）、エタノール99.5%（富士フィルム和光純薬）

器具・装置

ピンセット、展開層、キャピラリー、分析用電子天秤、電子天秤、メスピペット10ml、ホットプレート、ボルテックスミキサー、ピペッター、マイクロピペット、ガラス瓶、TLCプレート50mm×100ml（EMD Millipore）、鉛筆、定規、シャーレ、葉さじ、葉包紙

溶液調整

ジフェンヒドラミン塩酸塩は、エタノール1 mLに0.05g溶かしたものを使った。

イソプロピルメチルフェノールは、エタノール1 mLに0.08g溶かしたものを使った。

l-メントールは、エタノール1 mLに0.07g溶かしたものを使った。

リドカインは、エタノール1 mLに0.06g溶かしたものを使った。

(±)-カンフルは、エタノール1 mLに0.32g溶かしたものを使った。

TLCプレートの着色に使用したりんモリブデン酸ナトリウムエタノール溶液（以下りんモリブデン酸溶液）は、エタノール100mlにりんモリブデン酸ナトリウムを5g溶かしたものを使った。

同じくTLCプレートの着色に使用したニンヒドリン溶液は、ニンヒドリン300mgに酢酸3ml、n-ブタノール100mlを混ぜたものを使用した。

同じくTLCプレートの着色に使用したアニスアルデヒド溶液は、エタノール47.8mLにp-アニスアルデヒド1.3mL、酢酸0.5mL、濃硫酸1.8mLを混ぜたものを使った。

2.5 実験結果

ジフェンヒドラミン塩酸塩・イソプロピルメチルフェノール・l-メントール・リドカインの実験結果を図9・10に示す。図9・10のスポットは、全て左からジフェンヒドラミン塩酸塩、イソプロピルメチルフェノール、試料溶液、l-メントール、リドカインである。

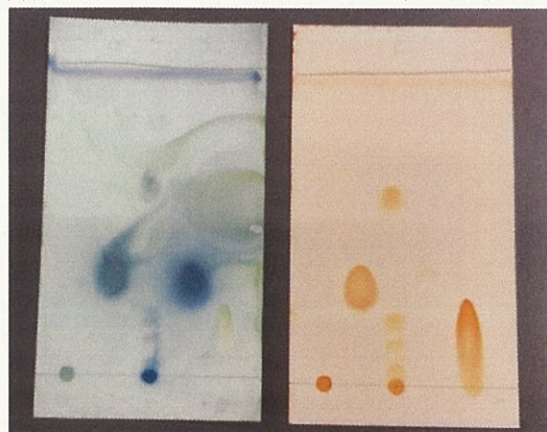


図9 TLCの結果

ジクロロメタン：ヘキサン=3：1

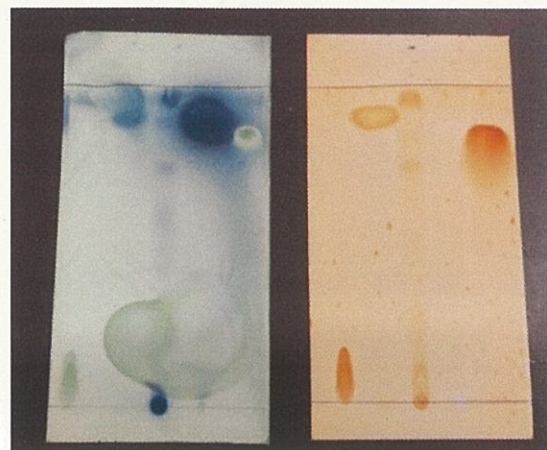


表1 図9のRf値

展開溶媒	ジクロロメタン：ヘキサン=3:1	
	ヨウ素 (図9右)	りんモリブデン酸溶液 (図9左)
試料溶液	0.13	0.12
	0.18	0.17
	0.22	0.21
	0.61	0.60
$C_{17}H_{21}NO \cdot HCl$	測定不可	測定不可
$C_{10}H_{14}O$	0.30	0.36
$C_{10}H_{20}O$	測定不可	0.34
$C_{14}H_{22}N_2O$	0.25	0.22

表2 図10のRf値

図 10 TLC の結果
クロロホルム：アセトン=1：1

展開溶媒	クロロホルム：アセトン=1:1	
	ヨウ素 (図10右)	りんモリブデン酸溶液 (図10左)
試料溶液	0.26	
		0.59
	0.74	0.74
		0.89
$C_{17}H_{21}NO \cdot HCl$	0.15	0.15
$C_{10}H_{14}O$	0.90	0.89
$C_{10}H_{20}O$	測定不可	0.89
$C_{14}H_{22}N_2O$	0.83	0.85

実験した TLC には終了後も成分が透明で見えないものがあるため、着色して成分を可視化した。図 9・10 両方とも左がりんモリブデン酸溶液、右がヨウ素による着色である。

スポットの位置を正確に表す Rf 値を、表 1・2 に示す。Rf 値とは、溶媒の移動距離を成分の移動距離で割り、相対値を示すものである。この数値は、小数点第三位を四捨五入した数値である。また、「測定不能」は成分の位置がはっきりしない・分離されていないものを示す。

(±)-カンフルの実験結果を図 11 に、図 11 の Rf 値を表 3 に示す。図 11 のスポットは、左から試料溶液、重ねうち、(±)-カンフルである。

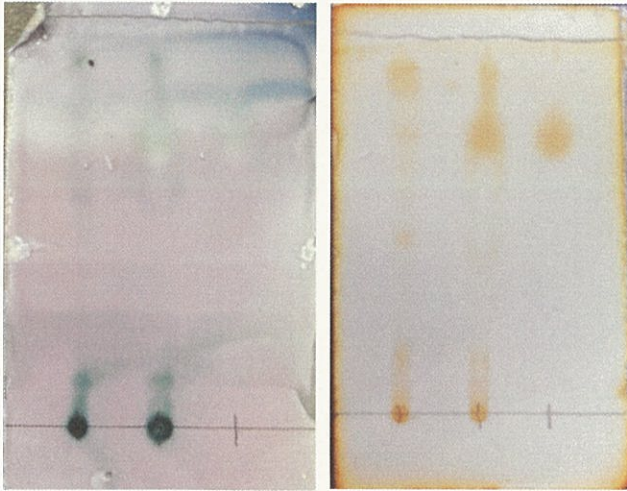


図 11 TLC の結果
クロロホルム：アセトン=1：1

実験した TLC には終了後も成分が透明で見えないものがあるため、着色して成分を可視化した。左がアニスアルデヒド溶液、右がヨウ素による着色である。

液体ムヒの実験結果を図 12 に、図 12 の Rf 値を表 4 に示す。図 12 のスポットは、左から試料溶液、重ねうち、液体ムヒである。

表 3 図 11 の Rf 値

展開溶媒	クロロホルム：アセトン=1：1	
	ヨウ素 (図11右)	アニスアルデヒド溶液 (図11左)
試料溶液		0.12
	0.16	
	0.46	
		0.56
	0.74	
	0.86	
	0.9	0.9
$C_{10}H_{16}O$		0.67
	0.73	0.74

表 4 図 12 の Rf 値

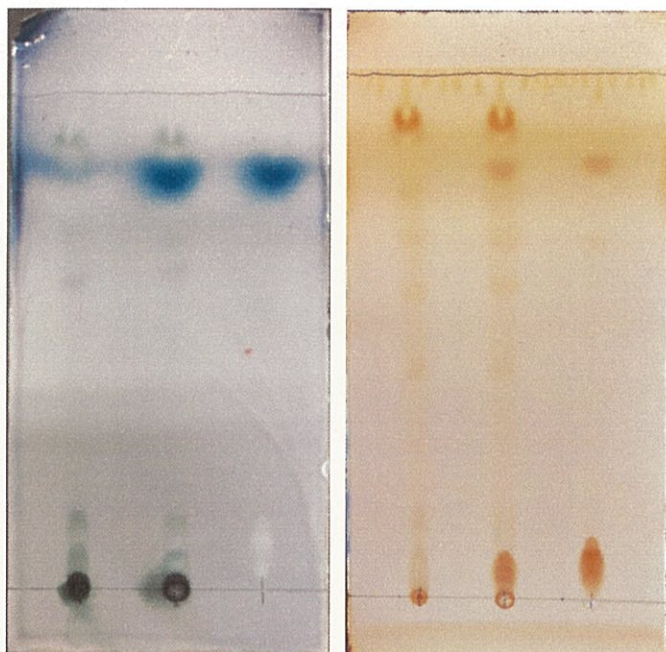


図 12 TLC の結果

クロロホルム：アセトン＝1：1

実験した TLC には終了後も成分が透明で見えないものがあるため、着色して成分を可視化した。左がアニスアルデヒド溶液、右がヨウ素による着色である。

展開溶媒	クロロホルム：アセトン＝1：1	
着色剤	ヨウ素	アニスアルデヒド溶液
	(図12右)	(図12左)
試料溶液	0.07	0.07
	0.14	0.15
	0.44	
	0.58	
		0.62
	0.69	
		0.72
	0.77	
	0.88	0.87
	0.92	0.91
液体ムヒ (池田模範堂)		0.04
		0.09
	0.11	
		0.13
	0.68	
	0.82	0.83

2.6 考察

図9・10のジフェンヒドラミン塩酸塩・イソプロピルメチルフェノール・*l*-メントール・リドカインの実験において、表1より試料溶液には4つ以上の成分が確認されたことが分かる。また、図9・10には試料溶液の成分が上下に複数固まっていることが確認されるため、展開溶媒の極性を溶媒試薬の混合比を調整することにより、より多くの成分を分離することができる可能性がある。

しかし、4つのかゆみ止めの成分とヘビイチゴのかゆみ止めの成分の位置をRf値で比べると、数値が一致するものが少ないことが読み取れる。図10のクロロホルム：アセトン＝1：1のりんモリブデン酸溶液着色では試料溶液の成分の1つとイソプロピルメチルフェノールが見た目では一致しているように見えるが、ジクロロメタン：ヘキサン＝3：1の実験、そして表2のRf値では一致しないことが確認できる。よって、4つの成分は試料溶液に含まれていないことが確認できる。

図11では試料溶液に3つ以上の成分が確認されたが、表3で示した通り、(±)-カンフルのRf値とは1つも一致しなかった。また、アニスアルデヒドで着色した際に、カンフルと同じ白色に着色された成分で一致するものがなかったため、(±)-カンフルは試料溶液には含まれていないと判断した。

図12では、ヨウ素着色・アニスアルデヒド着色ともにRf値の数値が近く、アニスアルデヒド溶液では反応した成分の着色が同じである成分が見つかった。このことから、液体ムヒには試料溶液と一致している可能性のある成分があるのではないかと考察した。

2.7 追加実験

試料溶液と一致している可能性のある成分が見つかった、液体ムヒを販売している池田模範堂株式会社に、研究について相談させていただいた。その結果、ヘビイチゴと比較対象にしていた液体ムヒには植物由来の成分であるグリチルレチン酸が含まれていることが分かった。そこで、私たちはヘビイチゴのかゆみ止めにグリチルレチン酸が含まれているか確認することとした。

実験結果は、他の5つの成分と同じTLCを用いた。

2.7.1 グリチルレチン酸の効能

グリチルレチン酸 (C₃₀H₄₆O₄)

筋肉痛や捻挫、しもやけなどに用いられる。植物由来の成分。外用薬（患部に塗布あるいは塗擦）として使用する。⁹⁾

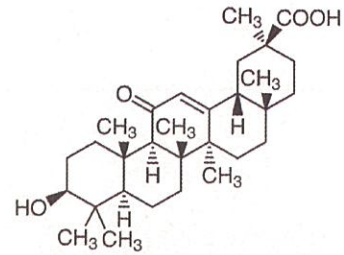


図 13
グリチルレチン酸の構造式

2.7.2 実験に必要なもの

試薬

<化合物>

18β-グリチルレチン酸（シグマアルドリッチ）、エタノール 99.5%（甘糟化学産業）

<展開試薬>

クロロホルム（昭和化学）、アセトン（高橋藤吉）

<発色試薬>

りんモリブデン酸ナトリウム（ナカライテスク）、ヨウ素（昭和化学）、p-アニスアルデヒド（東京化成）、酢酸（和光純薬）、濃硫酸（小宗化学）、エタノール 99.5%（富士フィルム和光純薬）

器具・装置

ピンセット、展開層、キャピラリー、分析用電子天秤、電子天秤、メスピペット 10ml、ホットプレート、マイクロピペット、ガラス瓶、TLCプレート 50mm×100ml（EMD Millipore）、鉛筆、定規、葉さじ、葉包紙

溶液調整

グリチルレチン酸は、エタノール 1 ml に 0.07g 溶かしたものを使った。

りんモリブデン酸溶液・アニスアルデヒド溶液は、上の実験と同じ方法で調整したものを使用した。

2.7.3 実験結果

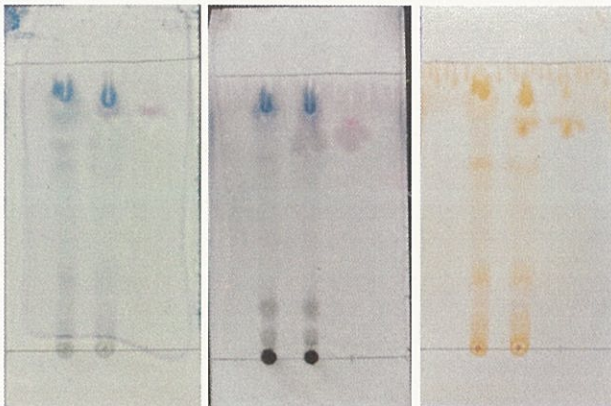


図 13 TLC の結果
クロロホルム：アセトン = 1 : 1

表 5 図 12 の Rf 値

展開溶媒	クロロホルム：アセトン = 1 : 1		
	ヨウ素 (図12右)	アニスアルデヒド溶液 (図12中央)	りんモリブデン酸溶液 (図12左)
試料溶液			0.07
			0.17
		0.24	0.23
		0.28	0.26
		0.65	0.64
			0.71
		0.81	0.80
		0.85	
		0.89	0.87
C ₃₀ H ₄₆ O ₄	0.76		0.76
	0.83	0.83	

グリチルレチン酸の実験結果を図 13 に、図 13 の Rf 値を表 5 に示す。図 13 のスポットは、左から試料溶液、重ねうち、グリチルレチン酸である。実験した TLC には終了後も成分が透明で見えないものがあるため、着色して成分を可視化した。左がりんモリブデン酸溶液、中央がアニスアルデヒド、右がヨウ素による着色である。

2.7.4 考察

表 5 の Rf 値より、ヨウ素着色のプレートではグリチルレチン酸の (0.83) に近い数値が複数確認できる。しかし、同じ成分との一致を図 13 のアニスアルデヒド溶液着色で見ると、成分の色が異なるため、成分は一致していないといえる。他に見た目で一貫してそのような成分は特にないため、グリチルレチン酸は試料溶液に含まれていないといえる。

3. 結論

3.1 研究の結論

実験結果より、ヘビイチゴのかゆみ止めには、市販のかゆみ止めに頻出する6つの成分（ジフェンヒドラミン塩酸塩（ $C_{17}H_{21}NO \cdot HCl$ ）、イソプロピルメチルフェノール（ $C_{10}H_{14}O$ ）、*l*-メントール（ $C_{10}H_{20}O$ ）、リドカイン（ $C_{14}H_{22}N_2O$ ）、（±）-カンフル（ $C_{10}H_{16}O$ ）、グリチルレチン酸（ $C_{30}H_{46}O_4$ ））が含まれていないことが分かった。また、池田模範堂の液体ムヒには、ヘビイチゴのかゆみ止めと一致している可能性のある成分があることが確認された。

3.2 実験の妥当性

本実験で利用した TLC は、有機化合物の有効成分の分離方法として一般的な方法である。しかし、TLC は、展開溶媒の候補が無限にあり、適切な展開溶媒を見出すことが大きな課題となる。そこで、本研究では成分を分離する際に展開溶媒を複数使って実証した。複数の展開溶媒で検討することによって、片方の展開溶媒では見えなかった成分が見える可能性がある。また、成分の位置が異なるため比較して分析した時の正確性が増す。また、展開溶媒を1つしか使用していない実験にはアニスアルデヒド溶液を用いた着色を行って官能基を生かした着色を行い、妥当性を上げた。

実験後の TLC プレート上の成分を可視化するにあたって、着色剤を2つ使い、それぞれ Rf 値を計算した。異なる着色剤を使ったことによって、どちらかでは見えなかった成分が見えるようになり、成分の存在がより確かになった。また、異なる着色剤を使った TLC プレートで Rf 値をそれぞれ計算することによって、Rf 値自体の正確性も上がった。

また、Rf 値を算出する際には、最小単位が 1 mm のもので測定してしまったため、多少の誤差があることが想定される。しかし、図を提示し、Rf 値とともに根拠としたため、考察の信頼性が上がった。

3.3 今後の展望

本研究を踏まえて、今後行いたいことが3つある。

まず、本研究のテーマであるヘビイチゴを使ったかゆみ止めの効果の理由を突き止めることだ。今回の実験から、5つの成分が含まれていないことが明らかになったが、今後は市販のかゆみ止めに含まれている他の成分がヘビイチゴのかゆみ止めに含まれているかを確認していきたい。

関連して、ヘビイチゴ以外の植物を使った植物由来のかゆみ止めも調査していきたい。植物由来のかゆみ止めだけに含まれている成分に、かゆみ止めの効果を持つものがある可能性も考えられる。そのため、他の植物由来のかゆみ止めも調査し、かゆみ止め成分を探したい。

また、実際にヘビイチゴのかゆみ止めを使っている方々に直接話を聞き、可能であれば作り方や他の市販薬品・自然由来の薬と何が違うか聞いてみたい。

【謝辞】

本研究のメンターを務めてくださり、様々な面での丁寧なご指導、最後までサポートをしてくださった東京学芸大学附属国際中等教育学校の鮫島朋美教諭に感謝を申し上げます。

【参考文献】

- 1) Letter-du-nature. (2021年2月16日). ヘビイチゴは優秀な漢方薬！焼酎漬けの効能効果は虫刺されやニキビにも！. <https://lettre-du-nature.com/archives/5141>. (2023年9月14日)
- 2) Fan, M., Zhu, M., Chen, G. *et al.* *Duchesnea* genus: a comprehensive review of its phytochemistry, bioactivity, and pharmacology. *Phytochem Rev* (2022). <https://doi.org/10.1007/s11101-022-09842-z>
- 3) エスエス製薬. ジフェンヒドラミン塩酸塩. <https://www.ssp.co.jp/dictionary/diphenhydramine-hydrochloride/>. (閲覧日: 2023年9月14日)
- 4) 岡畑興産株式会社. (2021年7月15日). イソプロピルメチルフェノール (IPMP) とは? 効果や安全性を解説. <https://okahata.co.jp/blog/material/what-is-isopropylmethylphenol?adlt=strict&toWww=1&redig=BA92285534DB4A86838EDDF9587D33C7>. (閲覧日: 2023年9月14日)
- 5) Rohto. *l*-メントール. <https://jp.rohto.com/learn-more/bodyguide/dictionary/l-menthol/>. (閲覧日: 2023年9月14日)
- 6) エスエス製薬. リドカイン. <https://www.ssp.co.jp/dictionary/lidocain/>. (閲覧日: 2023年9月13日)

日)

- 7) おくすり 110. カンフル. <http://www.interq.or.jp/ox/dwm/se/se26/se2645700.html> . (最終閲覧日: 2023年9月14日)
 - 8) MUHI. 液体ムヒ S2a. https://www.ikedamohando.co.jp/products/insect_bite/r_muhi_s.html . (最終閲覧日: 2023年9月14日)
 - 9) 東京化成工業株式会社. Glycyrrhetic Acid. <https://www.tcichemicals.com/JP/ja/p/G0149>. (最終閲覧日: 2023年9月14日)
-
- M-hub . (2019年3月13日). <詳細解説>薄層クロマトグラフィー (TLC) の基本と原理. <https://m-hub.jp/analysis/2491/152> . (閲覧日: 2023年9月14日)
 - ネット de カガク. (2020年3月29日). TLC (薄層クロマトグラフィー) の展開溶媒は何を使う?. <https://netdekagaku.com/tlcsolvent/?adlt=strict&toWww=1&redig=BBE8B7A60550490784873AB45875D918>. (最終閲覧日: 2023年9月14日)
 - ネット de カガク. (2022年6月26日). リンモリブデン酸による TLC (薄層クロマトグラフィー) の検出と原理. <https://netdekagaku.com/tlc-detection-pma-principle/>. (最終閲覧日: 2023年9月14日)
 - ネット de カガク. (2019年12月10日). アニスアルデヒド・バニリンによる TLC (薄層クロマトグラフィー) の検出と原理. <https://netdekagaku.com/tlc-detection-anis-principle/>. (最終閲覧日: 2023年9月14日)
 - ネット de カガク. (2019年12月10日). ニンヒドリンによる TLC (薄層クロマトグラフィー) の検出と原理. <https://netdekagaku.com/tlc-detection-ninhydrin-principle/>. (最終閲覧日: 2023年9月14日)