

ゆこう非可食部の有効利用について

徳島県立城南高校応用数理科 3 年

米田光里 和田愛椋

目次

・ 研究の概要	3
・ 動機	3
・ 目的	4
・ 実験 1 フードペーパーの作成	4
・ 実験 2 精油の抽出	6
・ 実験 3 精油の抗菌効果の検証	8
・ 今後の展望	10
・ 参考文献	10

研究の概要

徳島県のみで作られている、ゆこうという柑橘の果物がある。しかしその認知度は非常に低く、市場流通量も少ないことから“幻の果実”とも称される。このような背景の中、私たちはこの地域資源に新たな光を当てるべく、これまで利用されることのなかった非可食部に注目し、研究を行うことにした。上勝町は、日本で初めて「ゼロ・ウェイスト宣言」を掲げた自治体としても知られ、町全体がごみを出さない循環型社会の実現に取り組んでいる。この理念に共鳴し、私たちはゆこうの非可食部を活用することによって、食品廃棄の削減や地域活性化に貢献できると考えた。

本研究では、はじめに、ゆこうの果皮をもちいたフードペーパーの作成を行った。結果として、果皮の繊維から紙状の素材を製造することに成功した。

続いて、精油の抽出では、圧搾法と水蒸気蒸留法を実施し、水蒸気蒸留法による高温処理が効果的であることを実証した。これは、加熱により油胞が裂けて水蒸気と一緒に取り出されたのだと考える。

精油の抗菌効果も調べた。大腸菌を培養した培地に、水を染み込ませたろ紙とゆこうの精油を染み込ませたろ紙をおいて比較を行った。阻止円の形成が見られず、抗菌効果があるとは言い切れない結果となった。

今後の展望としては、ゆこうが他の菌に対して抗菌効果を示すか確かめ、ゆこうの循環サイクルを回すことだ。また、様々なゆこう製品の商品化により地域の活性化を図りたい。このような取り組みにより、地域資源としてのゆこうの可能性を広げ、持続可能な社会の実現に向けた助けとなることを目指している。

動機

私たちは、「ゆこう」という柑橘の果物があることを知り、興味を持った。ゆこうはユズとダイダイの自然交配種であり、徳島県の中でも主に上勝町でのみ栽培されており、全国での出荷率も90%以上は上勝町である。生産量が少なく、店に並ぶこともほとんどないため、“幻の果物”とも呼ばれている。

上勝町は日本で初めて「ゼロ・ウェイスト宣言」を掲げた町として知られ、住民一人ひとりがごみの分別やリサイクルに積極的に取り組み、町全体で循環型社会の実現を目指している。

私たちはこのような上勝町の取り組みに共感し、上勝町を盛り上げたいという思いから、町の特産であるゆこうについてさらに詳しく知りたいと考えた。そこで、ゆこう農家の山部倍生さんの農園を訪ね、収穫体験をさせていただいた。山部さんからお話を伺う中で、ユズやすだちは1kgあたり1000円で販売されているのに対して、ゆこうは1kgあたり50円程度と、とても安い

値段で販売されているとわかった。このような背景をふまえ、私たちはゆこうの新たな価値を見つけ出し、上勝町の活性化につながるような研究を行いたいと思い、研究を行った。



図1：ゆこう収穫の様子

目的

ゆこうの搾汁の残りの皮は現在破棄されているため、これを利用することでゆこうの価値を高める。また、非可食部を有効活用し、フードロス削減につなげ、ゴミゼロの町である上勝町をアピールする。そして、非可食部に付加価値を与えることにより、ゆこう産業の活性化を図る。

実験1 フードペーパーの作成【ゆこうの皮で紙を作る】

予備実験

旬の時期ではなく、ゆこうが手に入らなかったため、同じ柑橘類であるオレンジの果皮を使って実験を行った。

実験器具

オレンジの果皮、重曹、洗濯のり、ミキサー、網

方法

ざっくり切った材料をゆでてやわらかくし、重曹水（飽和水溶液）で中和処理する。これは、無駄なものを取り除き、セルロースだけにするためである。次に、洗濯のりを少量加え、細くなるまで、ミキサーにかける。最後に網で繊維を漉く。

結果

ひび割れて1枚の紙にはならなかった。



図2：紙漉きの様子

考察

中和処理の時間が短く、セルロースだけにできておらず、ミキサーで細かくしただけではまだ粗かった。また、繊維同士が絡み合い紙になるが、今回の方法では繊維に分解できておらず、洗濯のりでは粘り気がたりなかった。

改善点

中和処理にかかる時間を長くし、無駄な部分を取り除き、より短い繊維に分解できる方法を調べる。また、のりの種類を変えることで粘度を高くする。

実験方法

予備実験をもとに方法を改良した。まず、ゆこうの果皮を使ってパルプづくりを行う。ゆこう果皮を1 cm から 2cm に切った後、ミキサーにかけかけ液を浸透しやすくする。次に、重曹水（飽和水溶液）に2日から一週間つけ、流水で水洗する。繊維が大きいものはこの工程を繰り返し、細かくする。そして、小さくなった材料を3分の1に薄めた漂白剤に2日から1週間つけ、漂白を行う同時に堅い部分をバラバラにする。最後に、1時間程度流水し、槌で細かく砕く。

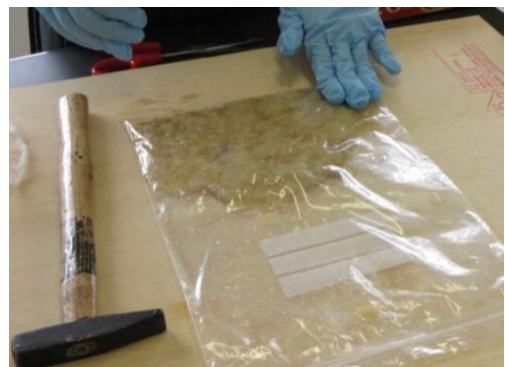


図3 木槌で細かく砕く様子

紙漉き

まず、紙漉き枠を作る。紙漉き枠は、はち鉢底ネットと三角コーナーの網をフレームと同じ大きさに切り、四方をクリップで止めて作る。次に、ペットボトルにパルプと、水を多めに入れ、のりを加えてよく振る。最後に、紙漉き枠にパルプを入れて紙を漉く。



図4：紙漉きの道具を作成し、紙漉きをしている様子

結果

フードペーパー（厚さ約 0.025mm）を作ること成功した。ヘタの部分を取り除かなかったため、凹凸ができてしまった。また、漂白の工程を繰り返さなかったため、色はきれいではなかった。しかし、ゆこう特有の色が残っているため、自然素材としての魅力を感じさせることができる。ゆこうのお菓子等の包み紙に使うことで、上勝町のアピールができると思う。



図5：ゆこうの皮から作成したフードペーパー

考察

ゆこう果皮を、セルロース繊維へと分解することで繊維同士が絡みやすくなりフードペーパーを作ることができた。果皮の繊維以外の余分な部分を取り除くことが大事だと考えられる。

実験2 精油の抽出

フードペーパーにする前に、ゆこうの皮から精油を抽出すると、より有効活用ができるのではないかと考えた。ゆこうの果皮には、1000マイクロメートル＝1ミリメートルほどの大きさである油胞という組織がある。どのような方法を用いることで、この組織から精油を抽出できるのか実験する。

油胞について

油胞とは、柑橘類の皮（特に外果皮）に見られる、小さな半透明の突起のこと。植物の細胞が集まってできた袋状の構造で、中に精油が蓄えられている。油胞は、病気やが害虫など外からの攻撃から植物を防御する役割を担っている。また、柑橘の香りを構成する成分を蓄えている。

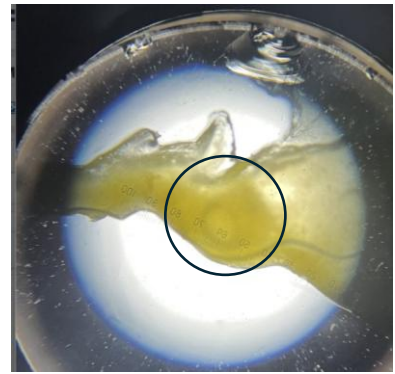


図6：顕微鏡（倍率 100 倍）で撮影したゆこうの皮の断面
（0.1mm 程度の油胞が見られる）

実験方法

精油の抽出には圧搾法と水蒸気蒸留法の2つの方法が存在する。

圧搾法とは、主に柑橘類の果皮を機械のローラー等で押し潰して、果皮内部の油胞に溜まっている精油を抽出する方法である。熱を使わないため、熱によって香りが変化するのを防ぐことができる。

水蒸気蒸留法とは、植物などから香り成分(精油)を抽出する際に、水蒸気を利用する蒸留法である。水蒸気を原料に吹き込み、精油成分を気化させて冷却し、液体に戻すことで精油を採取する。一方、水蒸気蒸留法は熱を加えるため、より多くの植物の種類から精油を抽出できるが、熱に弱い成分は劣化する可能性がある。

圧搾法の実施

2枚の板の間にゆこうの皮を挟み、片方から万力で押しつぶした。少しの水分はでたが、非常に少量であり、精油は抽出できなかった。これ以上の圧力を加えるのは、不可能だと考え、水蒸気抽出法を用いることにした。

水蒸気抽出器の作成

水蒸気抽出法を実施するにあたり、実験室に存在する蒸留する器具であるフラスコ内に砕いたゆこうの皮と水を入れ、フラスコをガスバーナーで加熱・沸騰させ、水蒸気をリービッヒ冷却器で冷却する蒸留法を用いた水蒸気抽出法を試したが、匂いのついた水は抽出できたが、精油を抽出することができなかった。そのため、大量の蒸留を可能にする装置を自作することにした。

材料

3.5 Lの寸胴鍋、シリコンホース（7mm）、ニップル、エルボ【これらはすべてホームセンターコーナーで購入した】、リービッヒ冷却器

方法

- ① 3.5 Lの寸胴鍋（トルククランプで確実に蓋ができるもの）の用意し、蓋にドリルを使い、5 cm の穴を開ける。
- ② 直径5 cm のエルボを穴に差し込み、シリコンで固定、水蒸気が逃げないように加工する。
- ③ エルボの先にニップルを付け、シリコンホースを取り付ける。
- ④ シリコンホースの先にガラス管を付け、ゴム栓でリービッヒ冷却器につなぐ。

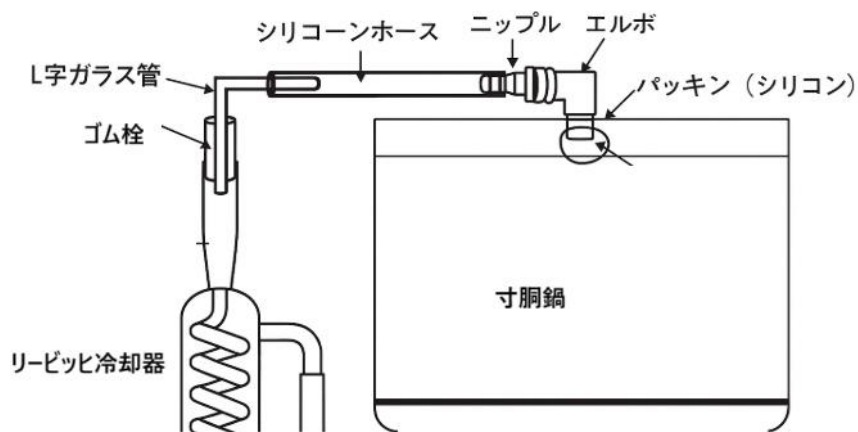


図7：作成した水蒸気抽出器のイメージ



図8：完成した水蒸気抽出器

水蒸気抽出方法について

実際に精油の抽出を行っている池田薬草さんに話をお聞きしたところ、3000 万円する機械で、40℃程度で蒸発させ、精油を抽出しているということが分かった。そのため、強火での抽出と弱火での抽出で比較することとした。

実験方法

ゆこう 500g と水 1. 5L をミキサーにかける。寸胴鍋の中にミキサーで刻んだゆこうをいれる。火にかけて、300ml 蒸留する。(A)弱火でじっくり蒸留する (B)強火ですぐに蒸留するの2つの方法を試す。取り出した蒸留液の上部に溜まった精油を、ピペットで取り出す。

結果

高温で蒸留したときは、300 mL の蒸留液をとりだすのに30分かかり、約3mL の精油を抽出することができた。低温で蒸留したときは、300 グラムの蒸留液をとりだすのに4時間かかり、精油は抽出できなかった。



図9：取り出された精油（上部に浮いている）

考察

高温での加熱により、精油が水蒸気と一緒に取りだされた。ゆこう 500g に対し、約3mL 取り出すことができた。一方で、低温では、精油成分が水蒸気になじまず抽出することができなかったのではないかと考えられる。寸胴鍋をつかった蒸留法でゆこうの精油を抽出する場合、高温で抽出した方が良いと考えられる。

実験3 精油の抗菌効果

抽出した精油に抗菌効果があるか調べた。

仮説

柑橘類の精油に含まれるとされているリモネンという成分には、油汚れの除去だけでなく、抗菌作用があることが知られている。また、主成分であるリモネンの他に、シトラロールやリナロール、 γ -テルピネン、 α -ピネンなどの成分も含まれるとされている。これらはそれぞれ異なる作用機序で菌の増殖を抑える効果があることが知られており、たとえばシトラールは細菌の細胞膜を破壊する性質を持っている。このことから私たちはゆこうの精油が抗菌効果を示すのではないかと考えた。

実験方法

- ① 1cm の円形のろ紙を作成し、ゆこうの精油と水を染みこませる。
- ② 大腸菌を塗布した培地に、ゆこうの精油を染み込ませた 1cm の円形のろ紙と、水を染み込ませたろ紙を置き、ディスク拡散法にて、比較する。

ディスク拡散法について

ディスク拡散法とは、抗菌薬などの薬剤が塗布されたディスクの周囲に、微生物の発育が見られない円形の領域のことである。阻止円の大きさにより、その抗生物質に感受性を示すか、耐性を示すかを判定する。この円が大きいほど、その菌の増殖が抑えられている。つまり、その薬剤の効果が高いということが推測できる。反対に阻止円が小さい場合には、その薬剤の効果が薄いということが推測できる。

結果

ゆこうの精油に阻止円が形成されたかどうかわかりにくい結果となった。このことから、ゆこうの精油は大腸菌に対して抗菌効果があるとは言い切れない。

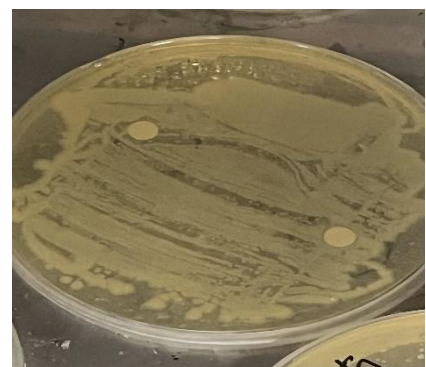


図 1 0 : ディスク拡散法の結果

考察

今回の実験では、大腸菌への抗菌効果は見られなかったが、実験回数が不十分であった可能性もあるため、さらに実験を重ねることで大腸菌への抗菌効果が確認できるかもしれない。阻止円の形成は、培地の pH や水分量、培養温度などの条件にも左右されるため、正確に抗菌効果を検証するにはこれらの要因を統一し、複数回の繰り返し試験をする必要があると考える。

また、成分分析を行い、抽出したゆこうの精油に含まれるそれぞれの成分の割合や働きを調べることで、ゆこう精油の抗菌効果のメカニズムがより明らかになると考えられる。

今後の展望

ゆこうの精油に含まれる成分を解析するとともに、大腸菌以外の菌に対して抗菌効果があるかについても調べる。そして、ゆこうを収穫しゆこうの果皮を使った商品を作る、残った果皮から精油を抽出しフードペーパーを作る、最終的に肥料になるといったゆこうの循環サイクルをまわす。さらに、今後は、フードペーパーや精油を活用したワークショップを地域で開催し、観光資源としての活用も検討したい。また、ゆこうの香り成分が持つリラックス効果についても調査し、アロマ商品や入浴剤、ルームスプレーとしての商品展開も視野に入れている。特に近年は、自然由来の製品への需要が高まっており、SDGs の観点からも注目される可能性がある。

参考文献

- ・身近な植物で紙を作る新手法 小川 誠 著
- ・Japan Journal of Aromatherapy Vol.23, No1, 2022