

目次

環境

未来の福祉をデザインする ～仮想将来世代との対話から導く日本の明日～	1
	芦田航一 太田実遊花 西村春香
京都市の「いのちの森」と「糺の森」における成木と実生の毎木調査 ～京都から考える都市林の未来～	4
	梅澤凌我 原田周典 安岡由都
「京都」をつくる ～京都文化の持つ地域性が育む街並み～	10
	川西零陽 須磨由菜 谷淳至 本部紬
「京都人」と外国人観光客とのマナー意識の違い ～観光と生活が調和する街・京都を目指して～	15
	中村有沙 野上駿介 三井有唯 南穂乃花

数学

非自然数階微分の定義について	20
	浅野青
実数階微分について	25
	岡優太郎 伏見宗紘
三次元における反転と図形アルベロスについて	30
	東谷仁
判別分析法による二値化画像及びエッジ抽出画像を用いたサポートベクトルマシン(SVM)による表情認識 ～コンピュータに自動で笑顔かどうかを判別させる～	34
	安岡里都
“洗濯機”の流れを考える ～軸対称回転流モデルの利用～	40
	清水花音
超音波による雨粒の除去 ～ワイパーに代わる超音波のポテンシャル～	45
	高木恒佑
成長する AI ～重力付き四目並べにおける盤面評価の違いによる AI の挙動の変化～	48
	尾上礼音

生物

肥料職人！ ～カイワレダイコンから探る肥料吸収～	51
	阿部結子 後藤優和 廣瀬奈穂美
ゼブラフィッシュの行動観察	56
	飯田龍成 武田錦二郎 吉田和真
シロアリ誘引剤を作る ～ドクダミを用いた環境に優しい防除～	60
	田邊裕紀 椎村響 山地夏鈴

なぜ院内感染がおこるのか？ ～大腸菌培養による薬剤耐性の解明～	66
	内田那々子 中川隆乃介 中野勇輝
植物性乳酸菌で腸内環境を変える～京漬け物の魔法～	70
	秋間友莉子 浅田美紅
ゼブラフィッシュの左右記憶力 ～T字路実験による検証～	75
	古仲達貴 佐々木友希 清水陽華莉
安いお肉を柔らかく！？ ～電気泳動で見るタンパク質分解酵素の力～	80
	上田有希 大橋歩実 三木凜音
蚊の繁栄を防ぐ方法 ～ボウフラの pH 耐性 ～	86
	井之川慎 喜多恭平 後藤健太郎

物理地学

副虹を探そう ～水の代用品 ガラスビーズを用いて～	89
	強田亜美加 志波穂の花 芳井真穂子
太陽風からエネルギーを取り出す ～コイルを用いた誘導電流の検知～	92
	大西翔太 新見渉 藤井信 和木隆浩
最高の建築 ～ハニカム構造は強いのか～	98
	池田圭吾 菅原葵 太口悠里 中澤翔
食塩を用いたアミドによる媒晶作用の検証 ～ダイヤ型の食塩を作る～	101
	笹田翔太 福井創
ヤマトシジミ貝殻の形態と生育環境	106
	安達夏葵 金田わかな 南條絢音

化学

納豆由来の PGA を用いた水質浄化	109
	川上智大 田辺みゆ 森康平
身近な食材で菌を撃退 ～辛味・香り成分による殺菌・抗菌効果～	112
	東さくら 北田絢音 黒田良介 崎山美穂
宇宙で使える人工土をつくる ～発泡ウレタンによる植物の栽培～	116
	浅居湧登 奥村真央 内藤瑠璃 牧野茜
エステルの組み合わせでつくる果物の香り	122
	澤坂綾乃 前田菜緒 向園愛花
カテキンとビタミン C の抗酸化作用には相乗効果があるのか ～Synergistic Antioxidant Effects between Catechins and VitaminC ～	126
	小笹右登 小椋友菜 寺田優惟

納豆由来のPGAを用いた水質浄化

川上智大 田辺みゆ 森康平

要旨

本研究では、販売されている納豆から、高分子凝集剤である γ -ポリグルタミン酸(以下PGAとする)を採取し、懸濁液に入れることで凝集作用を確認し、無機系凝集剤を共に用いることによる効果の向上を確認した。更に、二つの凝集剤の最も効率の良い比率を確認した。

1. はじめに

大豆が納豆へと変化する過程で大豆内の納豆菌が生産するPGAは、懸濁液中の懸濁物質を絡め落とすことができる。また、予備実験により、高分子凝集剤であるPGAは、 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 等の無機系凝集剤と併用することにより、凝集効果を高めることができることが確認できるといわれている。これらの報告は数多くの企業・団体によってなされている。しかし、そこには各材料の分量を明記した記述は少なく、また分量による凝集効果の変化について言及したものも見つけれない。そこで本研究では、懸濁液に対するPGA、無機系凝集剤それぞれの比率、またそれらを併用した際的一方に対する他方の比率において最適な値の解明に取り組んだ。

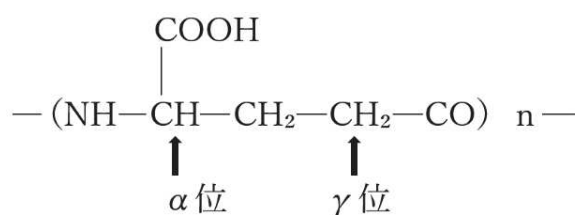


図1 γ -ポリグルタミン酸

一般的なグルタミン酸はアミノ基と α 位のカルボキシ基の間でペプチド結合しているが、納豆菌由来のPGAではアミノ基が γ 位のカルボキシ基とペプチド結合しているところが違っている。

PGAのこのような独自の鎖状構造は、懸濁液中に浮遊する懸濁物質を絡めてフロックを生成する。それらは懸濁物質より大きい沈殿しやすくなる。また、無機系凝集剤と併用することにより、より大きな効果を得られる。

2. 材料・研究方法

2-1. 研究試料

本研究では、PGA、 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 、コバルトブルーの絵具、カオリンを用いた。PGAは和光製薬より購入したものと、市販の納豆よりエタノール法を用いて抽出したものを乾燥させて水に溶かし、遠心分離した上澄み液を使った。

2-2. 研究方法

まず、市販の納豆をビーカーに入れ、納豆がつかかる程イオン交換水を入れ、よくかき混ぜた。その後、液体だけを取り出してエタノール(99%)を加え、浮遊物を絡めとった。絡めとったものを十分に自然乾燥させ粉にし、水に溶かして遠心分離した。上澄み液を懸濁液に入れ、観察した。

次に同じ方法でPGAを採取し、 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ も共に懸濁液に入れ、違いを観察した。

なお、実験1-3では和光製薬より購入したPGAを用いた。

【実験1】

コバルトブルーの絵具溶液 20 mL を試験管 4

本に用意し、処理なし、PGA、Ca(OH)₂とPGA、Ca(OH)₂をそれぞれ①、②、③、④とし、実験を行った。

【実験2】

懸濁液にカオリン溶液(0.2 g/L)を用いて【実験1】と同じ方法で再度実験を行った。処理なし、PGA、Ca(OH)₂とPGA、Ca(OH)₂をそれぞれ⑤、⑥、⑦、⑧とした。

【実験3】

カオリン溶液 20 mL を試験管 3 本に用意し、それらすべてに PGA(0.02 g)を加えた。そして、それぞれに、Ca(OH)₂を 0.01 g, 0.001 g, 0.0001 g を加え、順に⑨、⑩、⑪とし、実験を行った。

【実験4】

カオリン溶液 20 mL を入れた試験管 2 本に納豆から作った PGA と市販の PGA をそれぞれ入れて観察した。

3. 結果

【実験1】

4本を比べると、沈殿物の量は①<②<③=④となった。(図2)



図2

【実験2】

⑥が⑤よりも効率的にカオリンを落とすことができた。

【実験3】

3本を比べると、沈殿物の量は⑨<⑩<⑪となった。

【実験4】

納豆から取り出した PGA による凝集効果を確認することができたが、市販の PGA と比べるとその効果は小さかった。

4. 考察

【実験1】

①と②、③と④のそれぞれを比べると沈殿物の量に大差はなかった。③と④で沈殿物が多かったのは、Ca(OH)₂が懸濁物質の負の電荷を中和し、PGA がフロックを形成しやすくなったためだと考えられる。①と②で沈殿物が少なかったのは、絵具が PGA では取り切れないほどの電荷を帯びていたからだと思われる。そこで、電荷を帯びていないカオリンを懸濁液に用いて実験2を行った。

【実験2】

この結果は、PGA がカオリンを絡めとり、フロックを形成し、沈殿しやすくなったため生じたと思われる(図3)。⑦が仮説の通り⑥よりも効率的に落とすことができていなかった。そこで新たに、PGA と Ca(OH)₂との最も適切な比率を確かめるため実験3を行った。



図3 左:PGA 右:処理なし

【実験3】

⑨, ⑩, ⑪それぞれは⑥に比べると効率よく落とすことができていなかった. このことから, PGAとCa(OH)₂の相乗効果は確認することができなかった. Ca(OH)₂を入れることによって, 懸濁液のpHが上昇し, PGAの構造が凝集作用を失ったと考えられる.

【実験4】

納豆から作ったPGAの凝集効果が小さいのは, 市販のPGAと比べて不純物が多く混ざっていたため, 同量では含まれるPGAの量に差が生じたのだと考えられる.

5. まとめと今後の課題

今回の結果から, PGAとCa(OH)₂とを併用することによる高い凝集効果を確認することができなかった. PGAは生分解性に優れている点で環境にやさしく自然環境改善への応用に期待が持てる. ただ, 今回用いたCa(OH)₂は強塩基であるため環境へ悪影響を与えられるので, 自然環境改善のために活用すること及び, PGAとの相乗効果を確認することを考えると, 今後他の無機系凝集剤を用いる必要がある. また, PGAでの水質浄化をより簡単に行えるように納豆からの効率的かつ簡単なPGAの抽出方法を見つきたい.

6. 謝辞

本研究に助言して頂いた, 京都工芸繊維大学の鈴木秀之教授, 高知大学の芦内誠教授に感謝します.

7. 参考文献

大手前高校, 納豆のねばねばで水質浄化, 1-3,

otemae-hs. ed. jp

柿井一男, 納豆菌の“ねばねば”パワーで排水処理,

chem. utsnomiya-u. ac. jp

木内幹・永井利朗・木村啓太郎, 2008, 納豆の科学,

東京建帛社

森脇洋ほか, 2009, 納豆を用いた凝集沈殿の実験—環境教育における実験への生物資源の応用—, 生活衛生 Vol. 53 No. 4, 271—274

日本ポリグル, 水質浄化剤, poly-glu. com
水質屋の水処理通信, 凝集プロセス 凝集現象の原理と実際の利用方法について, mizusyoli. com

身近な食材で菌を撃退

～ 辛味・香り成分による殺菌・抗菌効果 ～

東さくら 北田絢音 黒田良介 崎山美穂

要旨

食材 8 種類の辛味・香り成分の抗菌効果と殺菌効果を調べる実験を行い、発展途上国の人々が自分たちの手で安全な飲み水を作れるよう、高価な薬品ではなく現地で栽培可能な食材を使って菌の処理ができないかを調べた。その結果、ニンニク、ショウガ、からしが、そのような食材として期待できることが分かった。

1. はじめに

水は人間が生きる上で必要不可欠なものである。しかし、アフリカ、中南米諸国、インド、インドネシアなどを始めとする発展途上国では基準値を超える数の一般細菌や大腸菌が生活用水から検出されており、安全な飲み水が十分に普及しているとは言い難い。そこで本研究では、水に含まれる大腸菌群や一般細菌の繁殖を抑制することを目的として、実験を行った。高価な薬品を使うことなく、自然の食材で殺菌、抗菌をすることを目指し、また、目的は飲み水であるので味や匂いのつかない食材を探した。

2. 材料・研究方法

2-1. 研究試料

本研究で用いた成分及び食材は、ショウガオール・ジンゲロール、アリルからし油、ペリラルデヒド、ニンニク、玄米茶、ほうじ茶、ウーロン茶、食酢の合計8試料である。

ショウガオール・ジンゲロール、アリルからし油、ペリラルデヒドにおいては土ショウガ、からしチューブ、大葉からそれぞれ抽出を行った。

2-2. 研究方法-ニオイの実験

100mL の水道水を泡立てないように入れた三角フラスコを 10 個用意し、そのうちの 8 個に、本

実験で使う 8 試料をそれぞれ微量ずつ入れた。水道水のみが入ったフラスコ 2 個と、試料を入れた 8 個のうちの 1 個を 1 セットとして、20 人においを確認してもらい、3 個の三角フラスコのうちにおいを感じるものがあるかどうか、そのにおいは何のにおいか、を答えてもらった。

2-3. 研究方法-抗菌の実験

抽出した8種類の試料をフィルターに通して滅菌し、これらを各種2本の試験管に分けて、そのうちの一方の試験管にのみ大腸菌を入れ、1週間放置した。その後、2本の試験管の濁り具合を比較した。また、大腸菌を入れず培地のみを入れた試験管と、大腸菌と培地を入れた試験管も用意した。

2-4. 研究方法-殺菌の実験

①9 つのシャーレの上に大腸菌をそれぞれ 100 μ L ずつマイクロピペットでのばし、37 $^{\circ}$ C で保管した。翌日、滅菌した 8 試料をシャーレに乗せ、残り 1 つのシャーレに次亜塩素酸ナトリウムを 10 μ L 乗せた(ニンニクは 0.006g、その他は 10 μ L)。2 日後、次亜塩素酸ナトリウムを含む 9 試料を 70 μ L (ニンニクは 0.3g)ずつシャーレの 3 か所に分けて乗せた。

②9 枚の 3M フィルターに培養した大腸菌を乗せ

た後、さらに 8 試料と次亜塩素酸ナトリウムをそれぞれ乗せ、37℃で保管した。分量については、大腸菌と試料を合わせて 1mL であり、大腸菌と試料の割合については、1:1, 2:1, 3:1, 1:2(大腸菌:試料)の 4 種類の割合で確認した。

1 日後、4 日後、7 日後に様子を観察した。

次に、濃度を変えた大腸菌を新しい 3M フィルターに乗せ、1 日後に様子を観察した。濃度はそれぞれ 100 倍、50 倍、10 倍、5 倍、1 倍で実験を行った。

3. 結果

3-1. 抽出結果

カラシと大葉は、抽出液から食材特有のにおいがした。カラシは、抽出液中に白色沈殿が生じた。抽出実験を行った 3 種類の試料の抽出液について、色、においなどを比較したのが、以下の表 1 である。

試料	色	臭い	その他
ショウガ	透明で淡黄褐色	無	-
カラシ	淡黄色	有	白色沈殿
大葉	黄褐色	有	-

表 1. 抽出結果

3-2. ニオイの実験の結果

100g の水に入れてもにおいを感じない量が最も多かった試料は、玄米茶、ほうじ茶、ウーロン茶の 3 種類で、どれも 0.5g であり、そのあと食酢、カラシと続く。最も少ない量でにおいが感じられたのは、ニンニクで、0.006g であった。以下の図 1 にこれらの結果をまとめた。

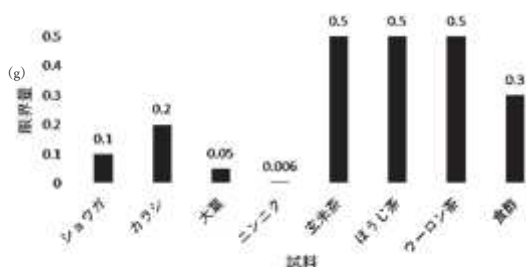


図 1. 100g の水に対するニオイの限界量

3-3. 抗菌の実験の結果

まず、大腸菌を入れず培地のみを入れた試験

管と、大腸菌と培地を入れた試験管を比較すると、前者は透明で、後者はかなり濁りが確認できた。

次に、それぞれの試料について 2 本の試験管の濁り具合を比較すると、ショウガ、カラシ、ニンニク、食酢では、大腸菌を入れた方の試験管が、大腸菌を入れず試料のみを入れた試験管と同じくらい透明であった。大葉は、大腸菌を入れた方の試験管が、大葉の抽出液のみの試験管より少し濁っていた。玄米茶、ほうじ茶、ウーロン茶は、大腸菌を入れた方の試験管でかなりの濁りが確認できた。培地のみを入れた試験管と大腸菌と培地を入れた試験管の比較の結果より、大腸菌が入っていても濁らなかった試料が、大腸菌の繁殖を抑制したと考えられる。

これらの結果を以下の図 2 にまとめた。

食材	抗菌	大腸菌有/無
ショウガ	○	
カラシ	○	
大葉	△	
ニンニク	○	
玄米茶	×	
ほうじ茶	×	
ウーロン茶	×	
食酢	○	

図 2. 抗菌実験の結果

3-4. 殺菌の実験の結果

①どの 10 μ L のシャーレでも大腸菌が死滅した様子は観察できなかった。70 μ L のシャーレについても、大腸菌の死滅した様子が見られるものはなかった。殺菌効果のある次亜塩素酸ナトリウムを乗せたシャーレでも、大腸菌が殺菌された様子は確認できなかった。② 3M フィルターの説明書通りに実験を行ったにもかかわらず、4 パターン用意した大腸菌と試料の割合のどのパターンにおいても、変化が観察できた 3M フィルターはなかった。

4. 考察

今回使用した試料の中で我々が求めていた要項を満たすものは、ニンニクとカラシであった。においがする限界量の試料を大腸菌が入った培地に加えたのち、大腸菌の繁殖が確認されなかったのは、ニンニク、カラシ、ショウガ、食酢であった。しかし、安全な水を作るために必要な材料の調達から、発展途上国の人々自らの手でできることを目標にしているので、食材を現地で作ることを考えて、生育地域についての考察が必要である。

ニンニクの原産地は中央アジア(温暖湿潤気候)もしくは西シベリア(亜寒帯気候)と言われている。初心者でも栽培しやすく、18度から20度でよく育つ。現在は中国での生産が盛んである。からしの原料はからし菜という植物で原産地は中央アジア(温暖湿潤気候)であり、冷涼な気候を好むがどんな土壌でもよく育つ。ショウガの原産地は東南アジア(熱帯雨林気候)で熱帯を中心に分布し、現在はインド、中国、ネパールで多く生産されている。酢の作り方は以下の通りである。米こうじという酵素と水を、蒸した米に加えると、酵素が米のデンプンを糖に変える。それに酵母を加え、糖をアルコール発酵して酒を作り、それに酢酸菌を加えて加温すると、酢酸菌が酒に含まれるアルコール成分を酢酸にかえる。この製造より、米と酢酸菌が入手可能な地域においては生産可能であると予測できる。酢酸菌は自然界に広く存在し、主に果実や花に生息する常在菌であるため、稲作の盛んなインドネシア、インド、マダガスカルでは、酢を製造することができると考えられる。

これらの生息地の気候から考えて、中南米諸国で栽培可能と考えられる試料は見つけることができなかった。

次に、それぞれの試料の殺菌メカニズムについて調べた。

① ニンニク

ニンニクに含まれるアリシンがマクロファージを作り出し、免疫システムを刺激して、キラー

細胞を活動的にさせることが数々の実験によって示されている。この働きによって、ウイルスの感染を防ぐことができると考えられている。したがって、発展途上国で使用する場合、汚染された水にニンニクを入れても菌そのものを死滅させることにはつながらないが、人体の免疫システムを向上させる可能性があると推測する。

② カラシ

カラシに含まれるアリルイソチオシアネートがカットキャベツの褐変やエチレン生成を強力に抑制するのは、アリルイソチオシアネートが、これらの反応に関与する酵素の活性を直接に阻害するというよりは、それらの酵素が傷害により誘導されてくる段階を強力に抑制するためである、ということが、研究により明らかにされている。以上から、アリルイソチオシアネートによって腐食を誘発する酵素の活性が抑制されるということは、菌の増殖が抑えられるということであるので、アリルイソチオシアネートによる抗菌作用が発揮されると推測する。

③ ショウガ

メカニズムはまだ解明されていないため不明である。

④ 食酢

食酢の主成分は酢酸であり、これによってpHが低下して菌の細胞液が酸性になり、核タンパク質の変性が生じて、菌が死滅すると推測する。

⑤ 大葉

大葉に含まれるペリルアルデヒドが菌の核酸のアミノ酸をアルキル化して、細胞分裂を不可能にし、死滅させると考えられる。

⑥ 茶

カテキンがタンパク質に吸着しやすく、菌の細胞膜に取り付いて活動を抑えたり、細胞膜そのものを破壊したりする。また、菌は表面のとげのようなもので人体の細胞に取り付くが、カテキンはこのとげに吸着して菌の侵入を阻止すると

考えられている。すなわちカテキンは菌自体を死滅させる働きもありながら、菌が人体に侵入するのを防ぐ効果も持っているということである。

株式会社 mizkan, お酢のできるまで
<http://www.mizkan.co.jp/k-plus/information/osu/make.html>

5. まとめと今後の課題

気になる臭いを生じることなく、十分な抗菌作用が確認された試料はニンニク、カラシ、ショウガ、食酢であり、現地での栽培を考慮すると、ニンニク、カラシ、食酢が適していると考えられる。ただ食酢に関しては、製造にかなりの手間と時間を要する。したがって、発展途上国の水問題を解決する食材として期待できるのは、ニンニクとカラシである。試料の抗菌作用を比べる際に、水の濁りの目視ではなく濁り具合を数値化できるとより正確な比較ができると思う。また、殺菌作用を確かめる実験が失敗に終わり、適切な方法が不明であるということが問題である。

6. 謝辞

ニオイの実験に協力してくださった人々に感謝する。

7. 参考文献

Jica, 水の問題(前編)池上彰と考える! ビジネス
パーソンの「国際貢献」入門

<https://www.jica.go.jp/aboutoda/ikegami/01/>

JOMF, 海外生活と水

<http://www.jomf.or.jp/report/kaigai/2/2.htm>

Water Life, 発展途上国の水問題に対して日本
ができることは何!?

<http://water-life.info/?p=844>

株式会社 ZUCCA, 株式会社オモシロ

<http://www.yasaiyasai.com/name/k/karashina/>

キューピー株式会社 2008, キューピーと酢酸菌

<https://www.kewpie.co.jp/sakusankin>

宇宙で使える人工土をつくる

～ 発泡ウレタンによる植物の栽培 ～

浅居湧登 奥村真央 内藤瑠璃 牧野茜

要旨

本研究では、発泡ウレタンにポリマー微粒子や土といった異物を入れることにより保水性、吸水性を高め植物を育てられるようなスポンジを作り、実際に栽培や吸水実験を行った。その結果、スポンジでも植物が育てられることが分かった。

本実験 1

1. はじめに

宇宙において、現在宇宙ステーションなどに食料を輸送するのに莫大な費用がかかっている。その費用は宇宙ステーションに輸送する場合 1 ポンド当たり1万ドルという膨大な金額がかかると言われている。そのため NASA は「VEGGIE」という宇宙で植物を栽培する計画を行っており、そこで人工土が使われている。人工土は普通の土と違って散らばらなく水を吸いやすいという利点がある。そこで私たちは植物の栽培ができる人工土の作製を試みた。人工土は基本ジイソシアネートとポリオールと異物(ポリマー微粒子など)と少量の水を混ぜ合わせて作るのだが、私たちは発泡ウレタンとポリマー微粒子や土の配合率、配合する水の量、ジイソシアネートとポリオールの拡張回数で吸水量、保水性が変化すると考え様々な条件の下でスポンジをつくり吸水実験や栽培実験において対照実験を行った。

2. 材料・研究方法

2-1. 実験材料

【材料】

発泡ウレタンソフト F(日新レジソ社製)

以下二つは発泡ウレタンソフト F の内容物

A 液(ポリジオート)

B 液(ジイソシアネート)

ポリマー微粒子(積水テクポリマー40)

純水

腐葉土

【器材】

ガラス容器

薬さじ

湯浴槽

温度計

マイクロピペット

ストップウォッチ

アスピレーター

電子天秤

2-2. 実験方法(人工土の作製)

1. A 液を 21.3g, B 液を 8.5gそれぞれ測る。

2. ポリマー微粒子を 4.48g 測る。

(水を使う場合は 320 μ L とポリマー微粒子をよく攪拌する。)

3. 2 と A 液をよく攪拌する。(回数指定あり)

4. 3 に B 液を入れ 30 秒間攪拌する。

本実験において 4 の行程でおよそ 90 回をめぐりに攪拌した。

そして以下の方法でスポンジを作った

1. 水を入れずにポリマー微粒子と A 液を 100 回混ぜる。

2. 水を入れずにポリマー微粒子と A 液を 200 回混ぜる。

3. 水を入れてポリマー微粒子と A 液を 100 回混ぜる。
4. 水を入れてポリマー微粒子と A 液を 200 回混ぜる。
5. 3 と同じ条件でポリマー微粒子の代わりに乾いた腐葉土を入れる。

2-3. 実験方法 (吸水実験)

吸水実験では 3cm 立方に切った1~5のスポンジに水(水道水)を吸水させてスポンジ 1g 当りに吸った水の量を求めた。

2-4. 実験方法 (栽培実験)

栽培実験で使用した植物は小松菜で、スポンジに切れ込みを入れて、1 つのスポンジ当たり 10 粒ほど種子を植えた。一週間後に成長を確認した。また比較するため腐葉土でも同様に行った。

3. 結果

3-1. 吸水実験の結果

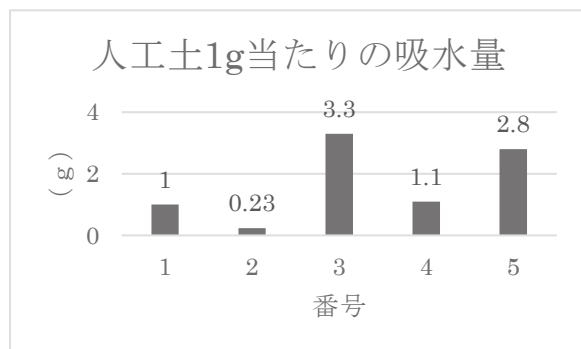


図 1

結果は図 1 のようになった。実験の結果、吸水量は3>5>4>1>2の順番となった。中でも3と5が水をよく吸った。

3-2. 栽培実験

1. 発芽せず
 2. 1 つ発芽
 3. 1 つ子葉が開いた
 4. 1 つ子葉が開いた
 5. 発芽して、枯れた
- 土では多数発芽し成長した。

4. 考察

吸水実験において柔らかいスポンジのほうが水を吸わなかったのは、体積当たりのポリマー量が少なかった為毛細管現象が起これにくかったのではないかと考える。また、栽培実験において土で育てるより成長がかなり遅かったのは、根が発達しなかったため、芽も発達しなかったと考えられる。また、5 番のスポンジの芽が枯れてしまったのは、排水がうまくいかず根腐れしてしまったためだと考えられる。

5. まとめと今後の課題

自作したスポンジでも植物が育てられることが分かった。しかし実際に土で育てる個体とスポンジで育てる個体の間に著しい成長差があることが分かった。そのため今後はその差を埋めることができるようなスポンジを作製する方法を研究したい。

本実験 2

1. はじめに

この実験はより植物の成長を進めるため、スポンジと土の体積差や混入させる粒について行った実験である。

2. 材料・研究方法

2-1. 実験材料

【材料】

発泡ウレタンソフト F(日新レジン社製)

以下二つは発泡ウレタンソフト F の内容物

A 液(ポリジオート)

B 液(ジイソシアネート)

ポリマー微粒子(積水テクポリマー40, 100, 200, 300)

純水

腐葉土

【器材】

プラスチックカップ

葉さじ

湯浴槽
温度計
マイクロピペット
ストップウォッチ
アスピレーター
電子天秤

2-2. 実験方法(人工土の作製)

本実験 1 と同じ行程で作製した。
以下の条件でスポンジを作製した。ポリマー微粒子を混入させるもの(1~4)は全て水 320 μ L を加え、A 液と 100 回混ぜる。

1. 積水テクポリマー40 を混ぜる
2. 積水テクポリマー100 を混ぜる
3. 積水テクポリマー200 を混ぜる
4. 積水テクポリマー300 を混ぜる
5. 水を加えず、腐葉土 1.12g と A 液を 100 回混ぜる

2-3. 実験方法(吸水実験)

吸水実験では 3cm 立方に切った1~5のスポンジに植物育成剤を吸水させてスポンジ 1g 当りに吸った水の量を求めた。

2-4. 実験方法(栽培実験)

栽培実験で使用した植物はカイワレ大根で、スポンジに切れ込みを入れて1つのスポンジ当たり10粒ほど種子を植え、一週間後に成長を確認した。また比較するため腐葉土でも作製した。

*なお、2~6のスポンジは2つずつ栽培実験を行った。

3. 結果

3-1. 吸水実験の結果

結果は図 2 のようになった。吸水量は多い順に 4>2>1>3>5 の順番となった。特に 2, 4 は吸水性が優れていた。

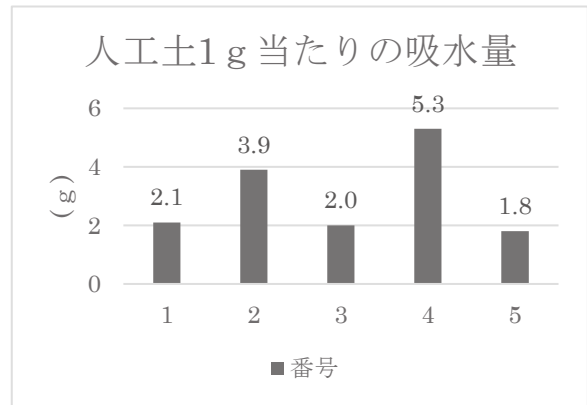


図 2

3-2. 栽培実験の結果

1. 4.8cm 成長 茎が立たなかった(図 9)
2. 4.4cm 成長 発芽率が悪かった(図 10)
3. 6.6cm 成長 比較的育った(図 11)
4. 4.2cm 成長 茎が黒くなった(図 12)
5. 3.1cm 成長 根が出てもすぐ枯れた 葉が黄色い(図 13)

対照実験の実際の土は 9.9cm 成長(図 14)

3-3. 電子顕微鏡による観察結果

何も入れていないスポンジ(図 3)

スポンジ 1(図 4)

スポンジ 2(図 5)

スポンジ 3(図 6)

スポンジ 4(図 7)

スポンジ 5(図 8)



図 3

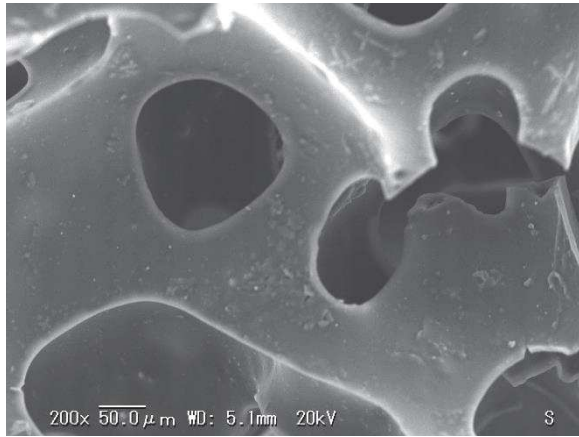


図 4

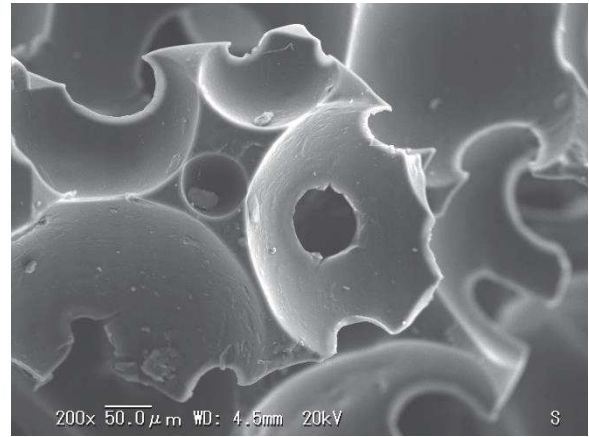


図 7

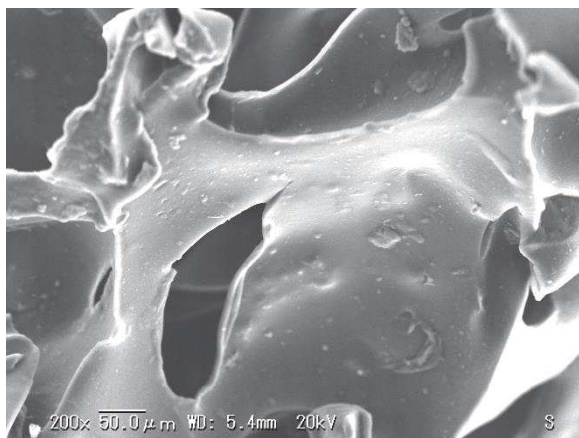


図 5

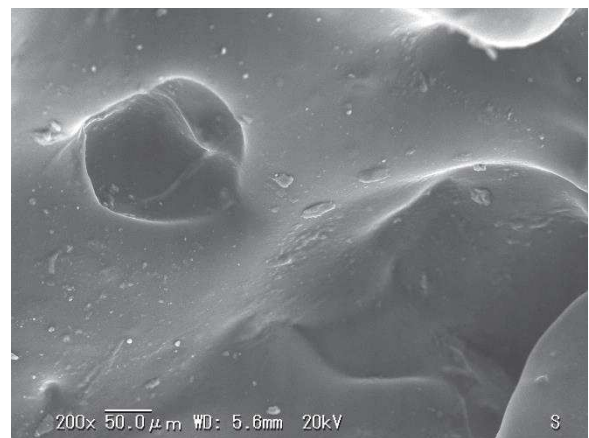


図 8

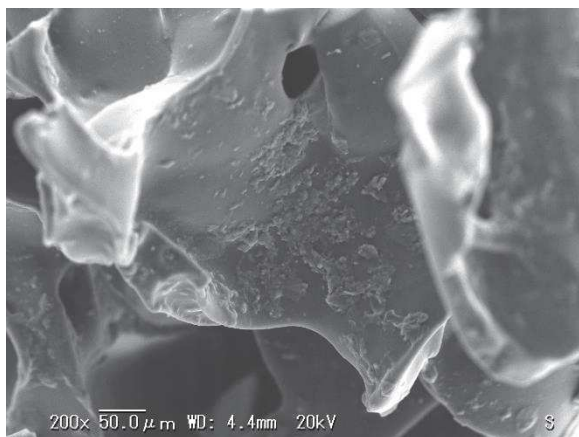


図 6

4. 考察

本実験1の考察で述べたようにスポンジのかさを高くすると植物も高く育った. このことから, 植物を育てるのにおいてしっかりと根を張る土台が必要であるということが考えられる. 吸水実験では粒の大きい微粒子を混ぜたものがよく水を吸ったが, 栽培実験最中では粒の小さい微粒子を混ぜ合わせたもののほうが上のほうまでよく湿っていたことから, 粒子が大きいほうが水はよく吸うが粒子が小さいほうが保水性は高いのではない方考えられる. 前回は最も水を吸ったスポンジが最も成長したので, 吸水実験の結果を受けて, 4のスポンジが最も成長すると考えたが, 実際には3のスポンジが最も成長した. 4のスポンジを電子顕微鏡で観察すると多くの穴が壊れていたことから穴の形が歪で水をよく吸い上げるが, 空気を含めていないの

ではないかと考えた。また 2 のスポンジは芽も根も短くあまり成長が見られなかった。電子顕微鏡では 2 のスポンジの穴は球形が多く見られたため、綺麗な球形の穴では根が伸びにくいと考えられる。5 のスポンジは他と違い少し葉が黄色くなっていたので薬品を洗いきれなかったと考えられる。

5. まとめ

今回の実験ではスポンジを用いて土と同等に育てることができなかった。しかし、スポンジの形状を変えた実験 2 では実験 1 よりもよく育ったので、もう少しスポンジの形に工夫を加えればこの実験は成功すると予想される。課題としては、土を含めたスポンジに可能な限り土を入れる方法の発見、土を用いた際に葉が黄色になってしまうことの原因の解明があげられる。

6. 謝辞

京都府立大学生命環境学部の細矢教授及び TA の皆様に感謝致します。

7. 添付資料



図 9



図 12



図 10



図 13



図 11



図 14

エステルの組み合わせでつくる果物の香り

澤坂綾乃 前田菜緒 向園愛花

要旨

本研究では香料の含有物を特定するために、エステルを組み合わせることで近い香りのものをつくった。その結果、酪酸エチルと酪酸メチルの組み合わせで希釈したものが、イチゴのシロップに近い香りとなった。

1. はじめに

食品表示において甘味料や着色料、保存料は内訳が表示されているにもかかわらず、多くの物質を組み合わせでつくられる香料は使われる量が微量のため何によって構成されているかを私たちは知ることができない。そもそも香りとは、1種類の物質によって構成されるのではなく、数種類、数十種類、ものによっては数百種類の物質の組み合わせによって生まれる。そのため、ある程度内訳がわかっている果物の香料について、主に使われているというエステルに着目し、それを組み合わせることにより、果物の香料に使われている物質を特定することを目的とし、研究を行った。

まず、揮発性が比較的高いエステルを 24 種類生成した。その際それぞれのエステルを均質化するために、できるだけ純度の高いエステルを生成した。

次に、生成したそれらを乳化剤によって混合した。また、香水をつければつけるほど感じる不快度が増すように、香りも強ければ強いほど良いというわけではない(表1)。ここで、つくった純度の高いエステルを純水によって薄め、濃度の違うエステルと純水の混合物を数種類つくった。

そしてできた 1 種類のエステル、2 種類のエステルの混合物、エステルと純水の混合物の香りをかぎ、果物の香料をつくるためにはどの方法が適切か、考察した。



臭気強度	0	1	2	2.5	3	3.5	4	5
	無臭	やっと感知できるにおい (検知閾値濃度)	何のにおいであるかがわかる 弱いにおい (認知閾値濃度)	25	案に感知できるにおい 視認基準前段	35	強いにおい	強烈なおい

表1 においの強さと感じ方の関係

(出典:日本デオドール, 6段階臭気強度表示法)

2. 材料・研究方法

2-1. 研究試料

本研究では、カルボン酸(ギ酸、酢酸、酪酸)、アルコール(メタノール、エタノール、プロピルアルコール、イソプロピルアルコール、イソブタノール、イソアミルアルコール、ベンジルアルコール、オクタノール)、濃硫酸を使用した。また、エステルを精製する過程で、炭酸水素ナトリウム、ジエチルエーテルも使用した。エステル同士を混合したり、エステルを純水で薄めたりするために、乳化剤として、ポリソルベート 80、ポリソルベート 20 をそれぞれ使用した。

2-2. 研究方法

本研究では、まず基本的なエステルの作り方を土台とした。カルボン酸 2ml とアルコール 2ml を混合した後濃硫酸 0.5ml を加え、70℃から 80℃の湯水に 10 分間つけた(図1)。

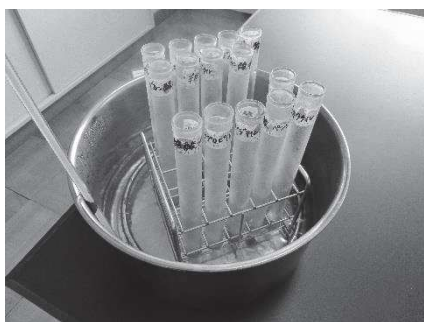


図1 湯水につけている様子

次に、液の上部にできたエステル層を純水で洗ってから採取した。そして、生成したエステルは綿にしみこませ小瓶に保管した。

しかし、この方法で2回予備実験を行った結果、1回目につくったものは香りが強いものが多く、2回目につくったものは香りが弱くなったものが多かったというように、エステルの香りの強さが不均一だった。そのため、エステル同士を混合する前に、次の4つの方法によりエステルの均質化を行った。

1つ目は湯水の温度管理を徹底した。予備実験では1回目が68℃、2回目が75℃と温度が異なっていたため、それが影響したのではと考えたからである。よって60℃、70℃、80℃に湯水の温度を変え、そのことにより香りの強さに違いがでるかを確かめた。2つ目はエステルに含まれている不純物を取り除くために、炭酸水素ナトリウムを用いたり、ジエチルエーテルで抽出したりした。3つ目は、今まで体積比を揃えて混合していたがそれを物質質量比に変えた。使用したカルボン酸、アルコール、濃硫酸は全て95%以上ゆえ同じ濃度とみなし、カルボン酸とアルコールをそれぞれ0.05mol、濃硫酸を0.01molずつ混合した。4つ目は生成したエステルの保存方法を綿にしみこませるのではなく、直接小瓶に入れるようにした(図2)。



図2 保存方法

この方法で作ったエステルを用いて、組み合わせを考えた。まず2種類のエステルを、ポリソルベート80を用いて混合した。また、酪酸エチルと純水を、ポリソルベート20を用いて1:1, 1:10, 1:20, 1:50の4種類の比率で混合した。

3. 結果

エステルの香りの強さを均質化するための実験により、次の結果が得られた。湯水の温度はエステルの香りに影響しなかった。炭酸水素ナトリウム水溶液で洗ったり、ジエチルエーテルを用いて抽出したりすることにより、エステルの香りが強くなった。また、物質質量比を揃えて混合したことにより、より純度の高いエステルが得られた。そして、エステルを直接小瓶に入れて保存することで、時間が経つにつれて香りが弱くなったり変わったりすることがなくなった。

次に、香料の香りに近い、カルボン酸とアルコールの組み合わせが4つあった。酪酸エチルがパイナップルとイチゴのシロップの香り、ギ酸イソアミルがリンゴと洋ナシの香り、酢酸オクチルがマヨネーズのようなすっぱい香りになった。(表2)

混合できなかったエステル同士は、ポリソルベート80、エステルと純水は、ポリソルベート20を乳化剤として用いると混合することができた。この方法により、2種類のエステルを混合したところ、酪酸ベンジルと酪酸プロピルの混合物がパイナップルとイチゴとミントの香り、酪酸ベンジルとイソプロピルの混合物が、リンゴとナシ、甘いミントのような香り、酪酸エチルと酪酸メチルの混合物がイチゴのシロップの香り、酪酸エチルと酪酸プロピルの混

化合物がパイナップルとナシの香り、酪酸メチルと酪酸イソプロピルの混合物がリンゴとミントの香りがした(表3)。酪酸ベンジル、酪酸プロピル、酪酸イソプロピル、酪酸メチルは不快な臭いがしたが混合することにより良い香りになった。また、酪酸エチルと純水を、1:50の比率で混合したものが一番良い香りだと感じた。

エステル	香り
酪酸エチル	パイナップル, イチゴのシロップ
ギ酸イソアミル	リンゴ, 洋ナシ
酢酸オクチル	マヨネーズ(酸っぱい香り)

表2 エステルの香り

組み合わせ	香り
酪酸ベンジル 酪酸プロピル	パイナップル, イチゴ, ミント
酪酸ベンジル 酪酸イソプロピル	リンゴ, ナシ, 甘いミント
酪酸エチル 酪酸メチル	イチゴのシロップ
酪酸エチル 酪酸プロピル	パイナップル, ナシ
酪酸メチル 酪酸イソプロピル	リンゴ, ミント

表3 混合したエステルの香り

4. 考察

炭酸水素ナトリウム水溶液を加えることで反応せずに残っていたカルボン酸が塩となり取り除かれ、エステルの純度が上がった。ジエチルエーテルは、エステルを溶かしやすく、揮発性が高いため、エステルを抽出することができた。これらの精製方法により、未反応のカルボン酸やアルコールのにおいを取り除くことができた。初期の保存方法では、綿とエステルが何らかの化学反応を起こし、香りが変わってしまったと考えられる。また、綿にしみこませたときの方が、表面積が大きくなり、揮発しやすくなるため、やはりエステルを直接小

瓶にいれて保存する方法が適切だと考えられる。

純水でエステルの濃度を薄めた方が良い香りがしたことから、エステルを生成し、ポリソルベート20を用いて純水と乳化させる操作は、香料を作る上で有用だと考えられる。

今回、2種類のエステルを組み合わせるところまでしかできなかったが、不快なおいであった酪酸メチルが、酪酸エチルと組み合わせることによって、イチゴのシロップの香りに近づいたことから、組み合わせるエステルの数を増やすことで、より果物の香りに近づけられると考えられる。

また、酪酸エチルと酪酸メチルの混合物を、ポリソルベートを乳化剤として1/50倍に希釈したものがイチゴのシロップの香りに近かったことから、イチゴの香料には、酪酸、エタノール、メタノール、乳化剤(ポリソルベート)が原料として含まれていると予想できる。

5. まとめと今後の課題

エステルを炭酸水素ナトリウムで洗ったり、ジエチルエーテルで抽出したりすることにより、純度の高いエステルが得られた。また、できたエステルを綿にしみこませるのではなく、小びんに直接入れることにより香りの強さを保つことができた。乳化剤については、ポリソルベート80を用いることでエステル同士を、ポリソルベート20を用いることでエステルと純水を混合することができた。そして、それらにより果物に近い香りのする組み合わせ、濃度を特定することができた。

しかし、まだ2種類のエステルの混合しか行えておらず、近い香りはつくれたものの、完全に果物の香りをつくれたとはいえない。よって、今後さらに多くの種類のエステルを混合することにより、その香りをかいだ人が、高い確率でどの果物の香りかわかる香料をつくりたい。そして、果物の香料に使われている物質をさらに詳しく分析していきたい。

6. 参考文献

- 日本デオドール, 臭気強度と快・不快度,
<https://www.deodor.co.jp/bousihou-kyouudo.htm>
- 佐野博敏・花房昭静, 2012, スクエア最新図説化学, 第一学習社, 202 - 203
- 広山均, 2005, フレーバー, フレグランスジャーナル社, 38 - 39・44 - 45
- ナオサミ, 2014, 食添ライフ - Shokuten life-,
<http://shokutenlife.com./2014/04/08/3262.html>
- evangelist@nikkol, 2011, chemical-navi,
<http://www.chemical-navi.com/column/foods>
- 2010, 食品添加物基礎講座(その 1),
www.asama-chemical.co.jp/TENKAB/YUKAWA14.HTM
- 2017, たべるご, taberugo.net/21

カテキンとビタミン C の抗酸化作用には相乗効果があるのか

～ Synergistic Antioxidant Effects between Catechins and VitaminC ～

小笹右登 小梶友菜 寺田優惟

要旨

本研究は、カテキン、ビタミン C のうちどちらがより強い抗酸化作用をもつのか、カテキンとビタミン C の抗酸化作用には相乗効果があるのか、を調べることを目的とする。DPPH ラジカル粉を試薬として吸光度を測定することで抗酸化力を求めた。その結果として、変色域がカテキン、ビタミン C 共に濃度 0.02 g/L~0.08 g/L であること、カテキン、ビタミン C とともに抗酸化力は比例関係にあること、そしてある濃度におけるカテキン、ビタミン C の持てる抗酸化力には限界があることが明らかとなった。

1. はじめに

『活性酸素と抗酸化物質の化学(中村成夫, 2013)』よりカテキン・ビタミン C が生体内で抗酸化作用を持つことがわかった。そこで、カテキンとビタミン C のどちらがより強い抗酸化作用を持つのか・どのビタミン C を本実験で用いればいいのかを調べるために、リンゴ・十円玉を用いた実験を行った。

まず、煎茶・ウーロン茶・ほうじ茶・紅茶・鳩麦茶を、エピガロカテキンガレートが多く抽出される 90℃~100℃で抽出し濾過したもの・ビタミン C の粉末 2 種の同濃度の水溶液を用意する。それぞれをリンゴのかけら、きれいな十円玉にかけて経過を観察した。結果、茶を使ったものは、茶の色が試料に移り抗酸化作用があるのか確認することは出来なかった。一方ビタミン C の水溶液は抗酸化作用があるという結果を得ることが出来、また試料として日本薬局方ビタミン C アスコルビン酸 K 原末 200 g【第 3 類医薬品】(小林薬品工業株式会社)を用いることが決まった。添付資料写真①~⑥のうち①②は日本薬局方ビタミン C アスコルビン酸 K の水溶液、③④は DHC ビタミン C の水溶液、⑤⑥は純水を用いたものである。①②、③④、⑤⑥の順にリンゴ・十円玉の酸化が進んでいることがわかる。この結果から、ビタミン C には

生体外でも抗酸化作用があり、日本薬局方ビタミン C アスコルビン酸 K が一番強い抗酸化力を持つと言える。カテキン、ビタミン C のうちどちらがより強い抗酸化作用を持つのかについては結果を得ることが出来なかった。原因はカテキンの色によりリンゴ・十円玉の色の変化を正確に知ることが出来なかったことである。

よって本研究では、

・カテキン、ビタミン C のうちどちらがより強い抗酸化作用を持つのか

・カテキンとビタミン C の抗酸化作用には相乗効果があるのか

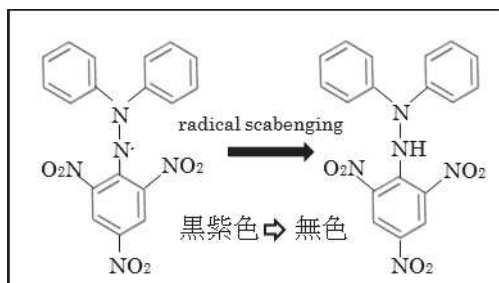
この 2 点について DPPH ラジカル粉を用いて、抗酸化力を測定した。

2. 材料・研究方法

2-1. 研究試料

本研究で用いた試薬は 1,1-ジフェニル-2-ピクリルヒドラジル フリーラジカル(以下, DPPH ラジカル粉)である。安定な遊離ラジカル分子からなる暗色の結晶粉末で 520 nm 付近に強い吸収帯を持つため、この物質の溶液は深紫色であるが、中性化により無色または白黄色に変化する(図 1)。この性質より吸光度計を用いて抗酸化力を評価するためのラジカル消去率を求められる。

ビタミン C の試料として日本薬局方ビタミン C アスコルビン酸 K 原末 200 g【第 3 類医薬品】(小林薬品工業株式会社), カテキンの試料として茶カテキン 50 g (株式会社 原料屋ドットコム) を用いた。



(図 1)

2-2. 研究方法

Tris-HCl 緩衝液 (200 mM, pH 7.4) 25 mL, 10 mL の DPPH 溶液 (0.2 mg DPPH/mL エタノール) を混合し, 混合物を混合物 A とする. 混合物 A 4.5 mL に測定試料 0.5 mL を加えてよく攪拌した. 反応液を暗所で 20 分間反応させた後に, 分光光度計 (Shimadzu UV-1700) を用いて 520 nm の吸光度を測定した. ラジカル消去率は, 次の式①を用いて計算した.

$$\text{ラジカル消去率} = \frac{\alpha - \beta}{\alpha} \times 100 \quad (\text{式①})$$

α = DPPH 試薬の吸光度

β = DPPH 試薬と試料の混合液の吸光度とする.

測定試料として,

A カテキン 1.00 g/L

B カテキン 0.500 g/L

C ビタミン C 1.00 g/L

D ビタミン C 0.500 g/L

E ビタミン C 0.100 g/L

F ビタミン C 0.0500 g/L

G ビタミン C 1.00 g/L とカテキン 1.00 g/L の混合液

H ビタミン C 1.00 g/L とカテキン 0.100 g/L の混合液

I ビタミン C 0.0200 g/L

J カテキン 0.0200 g/L

K カテキン 0.0200 g/L とビタミン C 0.0200 g/L の混合液

L カテキン 0.0200 g/L とビタミン C 0.0200 g/L の混合液

M カテキン 0.0200 g/L とビタミン C 0.0200 g/L の混合液

N カテキン 0.0200 g/L とビタミン C 0.200 g/L の混合液

を使用する.

3. 結果

実験 2 の結果を Fig.1 に示す. ①から⑧の試料の吸光度からラジカル消去率を求めた. この時のブランク試料の値は 0.788 となり, この値で計算した. ラジカル消去率をみると 70%前後の結果が多く, 試料の濃度とラジカル消去率との関係が現れなかった.

実験 2 の結果を Fig.2, Fig.3 に示す. カテキン及びビタミン C の濃度とラジカル消去率の関係を示した. グラフには標準誤差の範囲も示した.

実験 3 の結果を Fig.4 に示す. ⑨から⑭の試料の吸光度からラジカル消去率を求めた. この時のブランク試料は 0.991 となり, この値で計算した.

試料番号	試料の量 (mL)	吸光度	ラジカル消去率 (%)
A	0.50	0.256	67.5
B	0.50	0.264	66.4
C	0.50	0.215	72.7
D	0.50	0.251	68.1
E	0.50	0.234	70.3
F	0.50	0.428	45.7
G	A を 0.25 C を 0.25	0.224	71.6
H	A を 0.25 E を 0.25	0.428	71.9

Fig.1 試料とラジカル消去率の関係

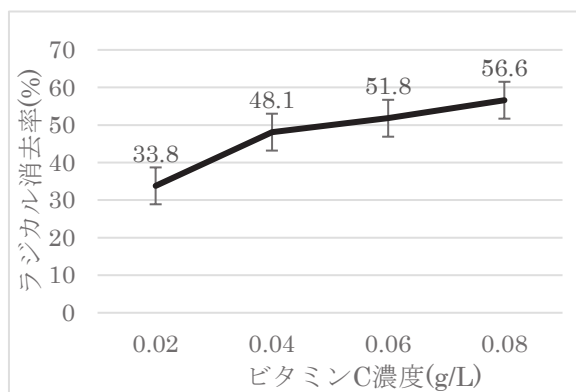


Fig.2 ビタミンC濃度とラジカル消去率

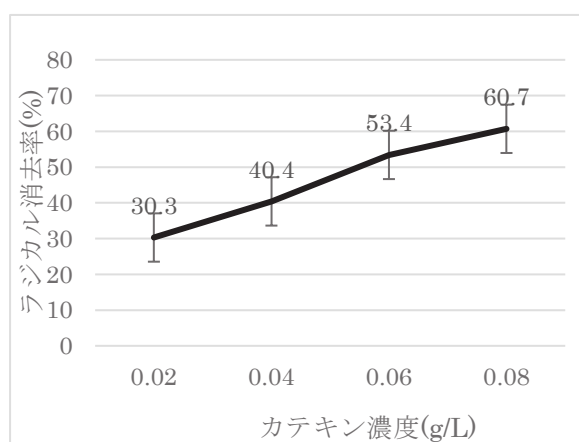


Fig.3 カテキン濃度とラジカル消去率

試料番号	試料濃度 (g/L)	試料の量 (mL)	吸光度	ラジカル消去率 (%)
I	ビタミンC 0.02	0.50	0.990	0.10
J	カテキン 0.02	0.50	0.840	15.2
K		Iを0.25 Jを0.25	0.848	14.4
L		Iを0.25 Jを0.25	0.850	14.2
M		Iを0.25 Jを0.25	0.878	11.2
N		Iを0.25 Jを0.25	0.878	11.4

Fig.4 試薬とラジカル消去率の関係

4. 考察

今回のカテキンとビタミン C 各試料の吸光度測定によるラジカル消去率において、任意の濃度でのカテキンとビタミン C の混合溶液のラジカル消去率が、その濃度での各々のラジカル消去率の平均値を上回った場合に相乗効果が認められると判断する。実験 1 において結果よりどの試料においてもラジカル消去率は 70%前後の値となった。このことから実験 1 では DPPH ラジカル溶液の割合に対してカテキン及びビタミン C が過剰であったと考えられる。

次に実験 1 の結果を受けて、実験 2 ではカテキンとビタミン C の変色域の測定を行った。結果のグラフ及び写真⑦⑧より DPPH 溶液 4.5 mL に対してカテキン、ビタミン C 共に濃度 0.02 g/L~0.08 g/L が変色域内に含まれることがわかった。この変色域において試料はどちらともに 30%~60% のラジカル消去率を示した。図よりカテキン及びビタミン C の抗酸化力には比例の関係があると考えられる。また実験 1 でカテキン、ビタミン C の濃度を 0.1 g/L にした際の値が 70% であることから、ラジカル消去率の最高値は 70% 付近であると考えられる。

これらを踏まえて実験 3 では再びカテキンとビタミン C の抗酸化作用の相乗効果の有無を調べる実験を行った(写真⑨)。実験 1 同様にカテキンとビタミン C 混合試料のラジカル消去率が、その濃度でのカテキンとビタミン C の各々のラジカル消去率の平均値を上回った場合に相乗効果が認められると判断できる。結果よりカテキンとビタミン C の混合溶液のラジカル消去率は、その濃度におけるそれぞれのラジカル消去率の平均値を上回った。このことからビタミン C とカテキン 0.2 g/L の濃度においては相乗効果があると考えられる。しかし今回実験 1 で混合した際試料が過剰だったことを踏まえて使用する試料の濃度を実験 2 における変色域の最低値である 0.2 g/L にした結果、色の変化はほとんど見られなかった。そのため試料、特にビタミン C が十分に反応していなかった可能

性が考えられる。

5. まとめと今後の課題

5-1. まとめ

本実験を通して、DPPHラジカル溶液のビタミンCとカテキンに対する変色域がカテキン、ビタミンC共に濃度 0.02 g/L~0.08 g/L であることが分かった。またカテキン、ビタミンCともに抗酸化力と濃度とは比例関係にある。かつ両者ともにラジカル消去率は70%付近が最高点と考えられる。このことから、ある濃度におけるカテキン、ビタミンCの持つ抗酸化力には限界があると考えられる。

5-2. 今後の課題

今後の課題として、次の3点が挙げられる。1点目は、変色域をより詳しく調べることである。DPPH溶液においてビタミンCとカテキンの変色域を調べることは、相乗効果があるか否かを調べる上で役立つだろう。2点目は反応時間を20分より長くして実験を行うことである。実験2の結果においてカテキンとビタミンCのラジカル消去率は同濃度で同じ値を示していた。そこから、二つの物質はまだ反応しきっておらず、反応時間を長くすればラジカル消去率に違いが出るのではないかと考察した。3点目は、変色域内で実験2と同じ作業を行い、確実な条件の下で相乗効果を調べることである。これが我々の実験の当初の目標であり、今期の実験では達成することができなかった。次年度の研究に期待する。相乗効果があることが明らかになれば、医療分野や食品保存の際に大いに役立つだろう。

6. 参考文献

寺嶋正明, 新島亜佐子, 岡崎夏子, 吉田麻里,
吉田麻友子, 椎葉昌美, 神戸女学院大学 人間科学部 環境・バイオサイエンス学科, 2009, レーダーチャートを用いたハーブティが示す抗酸化性の総合的評価

船山 智代, 2015, 科学的思考力の育成を目指した学生主体の化学実験プログラムの作成—ラジカル消去率の測定による物質の抗酸化能の評価

農研機構 食品機能性マニュアル, 抗酸化機能評価法,
<http://www.naro.affrc.go.jp/org/nfri/yakudaChi/manual/2-4.html>

中村成夫 日本医科大学基礎科学化学, 2013, 活性酸素と抗酸化物質の化学

Mark S. M. Alger (1997). *Polymer science dictionary*. Springer.
ISBN 0-412-60870-7

7. 添付資料



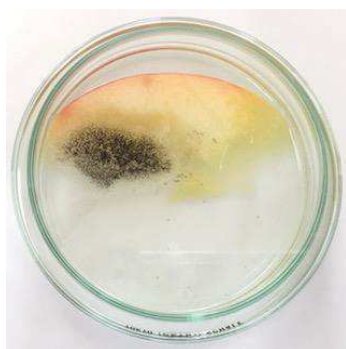
写真①



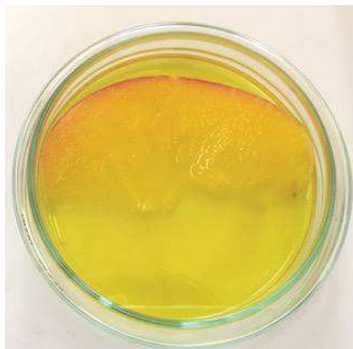
写真③



写真⑤



写真②



写真④



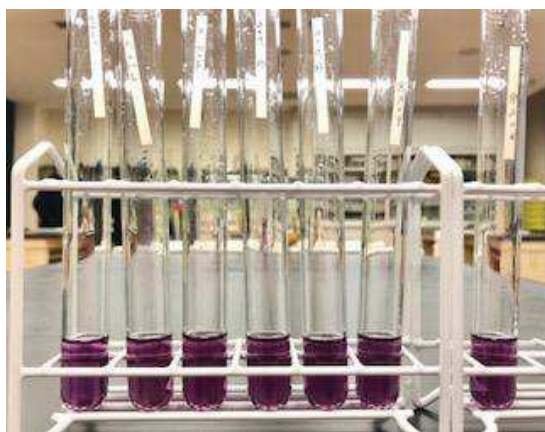
写真⑥



写真⑦ ビタミンC



写真⑧ カテキン



写真⑨

写真⑦⑧ (左から順に空白試料,
0.02, 0.04, 0.06, 0.08g/L)
写真⑨ (左から順に空白試料, I, J,
K, L, M, N)