

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 2 年 6 月 23 日現在

機関番号：17401

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2014～2019

課題番号：26460120

研究課題名(和文)ベニバナの花の加工に伴う成分変化の機序と変化後の成分の化学構造の解明

研究課題名(英文)Elucidation of the mechanism of the component changes during processing of safflower flowers and the chemical structure of the components after the change

研究代表者

数馬 恒平 (Kazuma, Kohei)

熊本大学・大学院生命科学研究部附属グローバル天然物科学研究センター・特任准教授

研究者番号：70552446

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 4,000,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、伝統的手法を用いて、ベニバナ花から代表的な加工品を調整し、その結果得られる製品に含まれる成分LC-MSデータを統計学的に評価した。乱花、紅餅の差は、既知の事実である紅(カーサミン)の含有量が紅餅に多い事だけではなく、フラボノール配糖体や微量のキノカルコン類の量の差で表せる事を初めて明らかにした。これらの成分について、分子量のみを指標に単離するには難があった。そこで、カーサミンの分解物に着目してLC-MS分析し、特徴的な3成分を検出した。加工品抽出物中にも同一の成分を確認したことから、それらを単離して構造解析した。その結果、QCG-アルデヒドおよびサフロールメタボリンを同定した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究は、ベニバナ花に関して伝統産業で実際に行われている複数の加工に着目し、それらの製品に含まれる成分の差異を明らかにしたことに意義がある。ベニバナ花の加工法に科学的説明を加えることを通じて、ベニバナの生産と6次産業化、伝統産業、生薬国内生産の発展を後押しするものである。

研究成果の概要(英文)：In this study, a typical processed safflower flower product was prepared using the traditional method that was actually used. The components contained in the obtained product were analyzed by LC-MS, and then those data were evaluated statistically. As is known, the difference between sun-dried flowers and fermented flowers was that the content of Beni (carthamin) was high in red rice cake. It was revealed for the first time that it would be done. It was difficult to isolate these components using only the molecular weight as an index. Therefore, LC-MS analysis was conducted focusing on the decomposed product of carthamin, and three characteristic components were detected. Since the same components were confirmed in the processed product extract, they were isolated and structurally analyzed. As a result, QCG-aldehyde and safflor-metabolin were identified.

研究分野：医歯薬学

キーワード：ベニバナ色素 乱花 ベに餅 LC-MS分析 ケモメトリクス 単離構造解析

様式 C-19、F-19-1、Z-19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

ベニバナ (*Carthamus tinctorius* L.) は西アジア原産で、有史以前には既に作物であり、現代でも文化的・産業的に重要な作物である。紀元前 2500 年頃のエジプトではミイラの布は防虫目的で黄色色素により染められていた。紀元前 200 年から紀元頃、東アジアの遊牧騎馬民族「匈奴」は、支配下の少数民族をベニバナ栽培と紅の生産に当たらせ、匈奴女性の頬紅を生産させた。日本では紅の工業生産が江戸時代中期から後期にかけて成熟し、化粧品用の本紅やベニバナ染は日本の近代文化の一つの象徴である。現代の西アジアの家庭では、ベニバナで着色したパン生地を、ベニバナ油で焼き、現代の日本ではベニバナ花の色素が厚生労働省の食品添加物リストに記載されている。また、乾燥花は古来より血の巡りを良くする生薬であり、漢方薬 (通道散など) や中医薬の処方にならせない。

多様な利用法に対応するため、人々は利用目的にかなった花の加工法を発展させたと考えられる。紅では特に顕著だ (表 1)。摘んだばかりの黄色い花には紅が入っていないため、白でついて数日放置し赤い花を作り出し、これをせんべい状にして乾燥させたものが、紅餅だ。研究代表者は、従前の研究により黄色い花に入っている紅の元になる黄色色素 (プレカーサミン, precarthamin) の構造を明らかにし、プレカーサミンの酸化により紅 (カーサミン, carthamin) が生産される事を化学的に明らかにした [1]。また、薬として用いる場合には熱水で時間をかけて抽出するが、その抽出液からは Saffloquinoside A および B という新規黄色色素が最近発見された [2]。乾燥花からはさらに複数の黄色色素が報告されているが、研究代表者は、新鮮花の色素成分は単純で、乾燥する事により多成分になる事を明らかにした [3]。これらの事から、花の加工が成分に変化を及ぼす事は明白だ。同時に、既知の含有色素 (表 1) だけでは、乾燥花のすべてのピークを説明する事ができないため、構造研究すべき未知化合物が残っている。このように、変化の全体像を明らかにする研究は未だ行われていなかった。

一方、近年、生体サンプル抽出液中の成分を短時間で分離する高速液体クロマトグラフに、化合物の固有の重さを測定するマスマスペクトロメーター検出器を接続した LC-MS を用いた分析により、発がんマーカーや、血中の薬物およびその代謝物を明らかにするプロテオミクスやメタボロミクスというオミクス手法が発達した。これらの手法では、たくさんある成分の個々の変化量をサンプル間で比較して、病態や時間変化とどのような関連性があるのか統計解析し、変化を特徴付ける成分をあぶり出す事ができ、手作業による解析では見落とす様な小さな変動をも明らかにする事ができる。このような解析法による生薬サンプルの比較は、産地や保存方法といった品質管理で既に応用が模索されているが、ベニバナについては誰も行った事がなかった。

2. 研究の目的

ベニバナの花の加工法は種々存在する。(表 1)。これらの加工の結果として、「医薬や染色などの目的にかなった独特の成分が生み出される」と仮定し、多変量解析を用いて未知および既知の特徴的な成分を発見することを目的とした。特に、乾燥花・紅餅の抽出液 (表 1) を LC-MS で分析し、LC-MS データに関して乾燥花・紅餅の間でそれぞれ特徴的な成分を、統計解析ソフトで解析して明らかにする。明らかになった特徴的な成分を、乾燥花・紅餅から分離して化学構造を決定する。

紅餅への加工が紅を生産させるように、加工に関連した特徴的な成分は広く産業に効果を及ぼすことが期待される。食品分野では新規色調の食品添加物、医薬分野では (ベニバナが生薬であるゆえの) 新規生理活性物質、化粧品産業では紅とは色調が異なる新しい赤系の色素や機能性色素、伝統工芸の分野では新規色調の染料の開発、および新規製品開発による地域経済の活性化など産業に効果を及ぼすに違いない。その糸口とするために、研究で得られる花や花の加工品および化合物を用いて、有用ベニバナ色素の生合成解析、生物活性試験、および伝統的製法で得られる紅の成分分析を行うこととした。

3. 研究の方法

(1) ベニバナ花加工品と抽出物の調整

加工生産過程が明らかなサンプルを得るため、山形県河北町にて栽培加工農家 (河北べに花会) の協力のもとで花を収穫し、乾燥花 (乱花) および発酵乾燥花 (紅餅) を生産した (2014 年 7 月)。乱花は水洗新鮮花を天日により 1 日で乾燥させた。発酵花は水洗新鮮花を、日陰で 6 日間適宜散水しながら放置し、脱水後煎餅状にして天日で乾燥させ紅餅とした。なお、加工中も適宜サンプリングした。

(2) 抽出、LC-MS 分析、および統計解析
抽出溶媒として、メタノール、1%トリフルオロ酢酸含有メタノール、熱水、水を用いた。これらの抽出液は、逆層 (Capcell pak C18, 2 i. d. x 150 mm;

表1、ベニバナの加工形態、抽出方法、用途、および報告がある色素成分。

用途	食用色素	医薬品	紅および染色	
加工形態	乾燥花 (新鮮花)	乱花 (天日乾燥花)		べに餅
抽出方法	水	熱水 (煎じ)	アルコール	塩基性水
含有色素	Hydroxysafflor yellow A Safflor yellow B	Saffloquinoside A Saffloquinoside B	Hydroxysafflor yellow A Safflor yellow B Safflor yellow A Tinctormine Cartormin Safflomin C Anhydrosafflor yellow B フラボノイド配糖体	Carthamin (紅) Safflor metabolin QCG-aldehyde 本研究で明らか にされた成分

Shiseido) または順層 (TSKgel Amide-80, 2 i.d. x 150 mm; Tosoh) HPLC にて分離した。溶出は流速 200 μ L/min にて逆層 HPLC では溶媒として 0.1%トリフルオロ酢酸含有アセトニトリル (0.1%トリフルオロ酢酸含有水に対して 2-45%グラジエント, 20 min) で、Amide カラムでは 5mM 酢酸アンモニウム含有水 (アセトニトリルに対して 5-60%グラジエント, 20 min) で行った。検出は LTQ Orbitrap XL-ETD (ThermoScientific) を用い、ESI-正負イオン化モードで、スキャン (分解能 60,000) および/または MS/MS (分解能 30,000) にて測定した。統計解析は、SIEVE (ThermoScientific)、XCMS Online (https://xcmsonline.scripps.edu/landing_page.php?pgcontent=mainPage)、および The Unscrambler (CAMO) を用いて行った。

(3) 成分の単離および構造決定

伝統製法で調整したカーサミンを LH-20 カラムクロマトグラフィー (0.1%トリフルオロ酢酸含有アセトニトリル (0.1%トリフルオロ酢酸含有水に対して 50%, 60%, 70%, および 80%でステップワイズ) で分離したところ、50%, 60%溶出画分に化合物 A および B、70%溶出画分にカーサミンを得た。さらに分取逆層 HPLC (Capcell pak C18, 10 i.d. x 250 mm; Shiseido) 0.1%トリフルオロ酢酸含有アセトニトリル (0.1%トリフルオロ酢酸含有水に対して 2-45%グラジエント, 60 min; 流速 2 mL/min) にて、化合物 A および B を単離した。加えて、カーサミンを水溶液 (赤色) として常温・明所で放置し、溶液がくすんだ黄色になったところで溶媒を減圧下濃縮乾固した。この物から分取逆層 HPLC (Capcell pak C18, 10 i.d. x 250 mm; Shiseido) 0.1%トリフルオロ酢酸含有アセトニトリル (0.1%トリフルオロ酢酸含有水に対して 2-45%グラジエント, 60 min; 流速 2 mL/min) にて、化合物 C を単離した。構造決定は、NMR および MS データを中心に、分光学的に行った。

(4) 伝統的製法による紅の調整

口紅や染色に用いる泥状紅を伝統的製法で作っている染司よしおか工房 (京都府伏見区) にて、伝統製法を体験した (2015 年 1 月)。科研費研究の社会への還元も兼ねて、一般市民に参加いただいて、京都で体験した伝統製法で泥状紅を生産した (2015 年 11 月~2016 年 3 月; 富山県富山市八尾町; 6 回; 延べ 60 人)。

(5) 生合成解析

研究協力者とベニバナ花色色素キノカルコン類の生合成解析を行った。ベニバナ花加工品と抽出物の調整 (2015 年) に合わせて、野生株 (カーサミンを生産し花が赤くなる系統) および花色変異体 (カーサミンを生成せず花色が黄色、およびキノカルコン類をも生産しない白花の系統) の新鮮な花から、それぞれ花で発現している mRNA を調整した。次世代シーケンサーで配列解析し、花色と発現量の差異を統計的に解析して、ベニバナ花で発現しているキノカルコン類生合成関連酵素遺伝子を網羅的に明らかにした。カルコン合成酵素や β -グルコシル基転移酵素などの組み替え酵素について反応解析を行った [4]。反作用の色素基質の提供などを行った。

(6) ベニバナ色素の生物活性解析

富山大学と武田薬品工業との契約に基づき武田薬品工業にカーサミン、サフロールイエロウ B、アンヒドロサフロールイエロウ B を提供して行った。これらの化合物は、研究代表者のベニバナ由来化合物ライブラリから供出した。リュージュマニア原虫に対する抗原虫活性測定は、安元加奈未博士 (徳島文理大学香川薬学部) に依頼した。

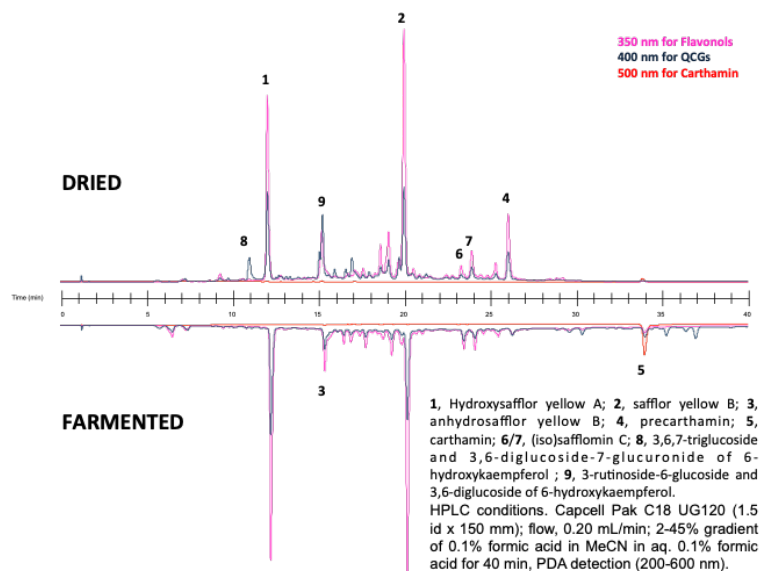


図1. 乱花 (dried) と紅餅 (fermented) のPDAクロマトグラム (350, 400および520 nm)

4. 研究成果

(1) ベニバナの加工

生産文化の継承と紅花の 6 次産業化を目的に活動している「河北べに花会」に合流し、一週間作業を手伝いながらサンプルを調整した。山形在来種の紅花はトゲが鋭く、早朝トゲが少し柔らかいうちに、総苞からふさふさと飛び出してポンポンのようになった筒状花を摘む。例えば「思い出ぼろぼろ (スタジオジブリ, 1991)」の一場面がそれに相当する。乱花用には出来るだけ黄色い花を摘み、ざるに広げて風通しの良い温室で乾燥させる。半日で鮮やかな赤みがかった黄色の乱

花が出来上がる。紅餅用には、オレンジ色がかった花を摘み、ざるに入れて水で洗い、乾かないようにしながら3-4日放置する。特異な紅花の香り以外に腐敗臭は全くしない。十分赤みが強くなった頃合いで、団子状にして板に挟んで重石をかけ、水分を搾り取ると、せんべい状の花になる。これを風通しの良い場所で乾燥させると、紅餅が出来上がる。乱花および紅餅ともに、複数のバッチを作成し、サンプルとした。黄色い花が赤く変わるの、紅（カーサミン）の前駆物質黄色色素プレカーサミンが酸化されるからである[1]。

(2) 加工花の LC-MS 分析

ベニバナ花の黄色および赤色色素をキノカルコン類という。山形で加工して得た花の加工および加工中間品では、いずれのサンプルからも主成分として、キノカルコン類ヒドロキシサフロールイエロウおよび safflor yellow B を検出した。そのほか、マイナー成分として、既知のその他のキノカルコン類 anhydrosafflor yellow B などや、フラボノイド配糖体類が検出され、これらは全て LC-MS の溶出時間と MS スペクトルおよび MS/MS スペクトルから同定された (図1)。これらの結果は、研究代表者の従前の結果と矛盾しなかった。

(3) 多変量解析による差異関与成分の検出と、MS による構造推定

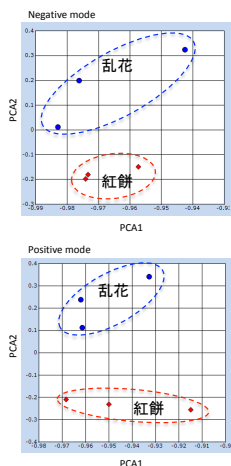


図2. SIEVEによる二群間比較解析

表2. SIEVEで解析された乱花と紅餅に含まれる成分。量的差があるとして有意差5%以内の成分のうち上位15化合物を表示した。

ID	Compound	MW (Da)	MZ (m/z)	RT (min)	Ratio	PValue	log2(Ratio)	-Log10(PValue)
a		896.2011	895.1938	23.65	13.85	1.25E-04	3.79	3.90
b		301.0345	300.0272	19.11	0.11	9.92E-04	-3.17	3.00
c	Flavonol glycoside?	610.1532	609.1459	12.52	0.20	3.59E-03	-2.32	2.44
d		1278.3103	1277.3030	20.96	0.26	3.86E-03	-1.95	2.41
e		786.1843	785.1771	12.50	0.11	5.25E-03	-3.15	2.28
f		1278.3107	1277.3035	18.35	0.09	5.41E-03	-3.47	2.27
g		1132.2529	1131.2456	19.52	0.11	5.87E-03	-3.25	2.23
h		1146.2688	1145.2615	24.18	0.11	8.15E-03	-3.24	2.09
i	Quercetin 3-glucoside	464.0953	463.0881	19.04	0.14	8.30E-03	-2.82	2.08
j		1132.2528	1131.2455	20.71	0.19	9.98E-03	-2.43	2.00
k		1056.2742	1055.2670	29.54	0.03	1.03E-02	-4.97	1.99
l		776.1583	775.1511	35.61	23.48	1.09E-02	4.55	1.96
m		788.2359	787.2286	15.42	0.15	1.29E-02	-2.78	1.89
n		744.1323	743.1250	35.61	37.00	1.31E-02	5.21	1.88
o	Kaempferol 3-glucoside	448.1005	447.0932	20.82	0.09	1.72E-02	-3.54	1.76

乱花、紅餅の LC-MS データ (正または負イオンスペクトルデータセット) を用いて PCA 解析したところ、正または負いずれのセットでも乱花、紅餅の集団は分離していた (図2)。得られた成分比較表には 402 成分が示され (図3; 表2、15 成分を示す)、有意差 5% ($P < 0.05$) 以内の成分は 42 成分であった。MS スペクトルから、フラボノイド配糖体 (例えば c, i, o など)、キノカルコン類 (a, d, f, g, j, k など) が推測された。カーサミンとプレカーサミンは有意差がつかなかったが、プレカーサミンの酸化に対する化学的不安定性により、乱花中のプレカーサミン含有量があらかじめ大きくばらついていたことが影響したと考えられる。

従前の研究では、乱花と紅餅の差に関与する成分は、カーサミン・プレカーサミンの組み合わせしか考えられなかったが、今回他にも差異の特徴づけに関与している化合物が多数あることが明らかになった。特にフラボノイド配糖体が紅餅で少ないことが明確になったことは、紅餅中にはこれらの化合物が分解 (糖の切断などや酸化) を受けた成分がことを示している。一方でこれらの成分はいずれもマイナー成分であり、このまま単離するには難があった。

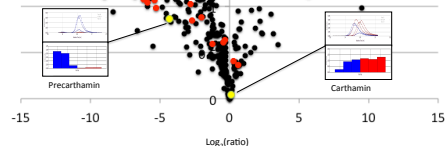


図3. SIEVEで解析された乱花と紅餅で含有差が見られる成分。表2の元データをボルケーノプロットで表示した。上に行くほど、有意差があり、右に行くほど紅餅で多い成分、左に行くほど乱花で多い成分。有意差5%を図中の点線で示す。

(4) 加工花卉中のカーサミン分解産物の同定と構造決定

既知キノカルコン類のうち特に不安定で分解しやすいカーサミンの分解産物が、特徴的成分の中に見出されるか、カーサミン分解産物の LC-MS データを指標に評価したところ、乱花・紅餅抽出物中にカーサミンの分解産物の存在が明らかとなった。同時に、それらは両者の差異の寄与している特徴的成分の一つであった。

すなわち、カーサミンの分解産物は、2015年に伝統的

製法で調整したカーサミンに含まれる不純物(塩基性水溶液中での分解物)として得られた。LC-MS データでは、カーサミン不純物では顕著な2成分(A, B)とマイナー1成分(C)が検出された。加えて、カーサミンを弱酸性水溶液(赤色)として常温・明所で放置し、溶液がくすんだ黄色になったところで溶媒を減圧下濃縮乾固して調整し他ところ、分解溶液からは顕著に化合物(C)と未分解のカーサミンのみが検出された。このことからカーサミンの分解は一定の様式に従うことが明らかになった。これらは、いずれもカーサミンのほぼ半分の質量数を持ち、二量体QCGであるカーサミンが単量体のQCG類に分解したと考えられた。カラムクロマトグラフィーにて3成分を単離した。化合物CはNMRでアルデヒド基が確認され、QCGアルデヒド(化合物C, 図4)と構造決定した。化合物Bはサフロールメタボリンと同一と推定されるが、化合物Aとともに現在構造決定中である。この結果より、カーサミンの水溶液中での分解は、二量体形成部位にあるオレフィンが酸化的切断あるいは、水和後にレトロアルドール反応により化合物A, BおよびCが生成すると考えられる。これらの結果を合わせて、ベニバナ花の加工に伴い生成する成分の一端を明らかにすることができた。

今回、カーサミンの酸化分解物の構造が決定されたことから、発酵過程が化合物の酸化分解を伴うことが実証された。花の発酵は、空気酸化により紅(カーサミン)の含有量を高めることと一般的に説明されてきたが、今回空気酸化はプレカーサミン以外の化合物にも起こっている科学的に裏づけられた。カーサミン以外の他の成分についても広範に酸化の影響が見られることが推測される。

(5) 伝統的手法による紅(カーサミン)の生産とその純度

伝統的製法とは、精製試薬を使わず、日常生活の中で得られる天然物を工夫して用いて調整する方法である。すなわち、乾燥花を水でなんども洗い水溶性黄色色素を洗いだす。次に、あらかじめ調整した草木灰の澄んだ灰汁の中で、花を揉んで、カーサミンを含んだ暗赤色の液を得て、花の残渣は捨てる。あらかじめ調整した烏梅(梅の燻製)抽出液で、弱酸性に調整した染液で麻布を染める。染められた麻布を水で洗って不純物を取り去ったのち、新しい灰汁で麻布からカーサミンを溶出させて、高純度のカーサミン溶液を得る。最後に烏梅液で強酸性にして紅を沈殿させ、布で漉しとる。このように調整して得た紅をLC-MS分析したところ、カーサミンの他に、2種類の黄色色素(AおよびB)から構成されており、PDA検出器のMax Plot(200-600 nm)によるクロマトグラムでは、カーサミン(90%)、化合物A(5%)およびB化合物(5%)のピーク比であった。

(6) ベニバナ色素の生物活性解析

詳細は述べないが、ヒドロキシサフロールイエロウA、アンヒドロサフロールイエロウB、サフロールイエロウBについて、A549細胞などに対する中〜低度の細胞障害毒性が検出された。カーサミンに対するリューシマニア活性はなかった。

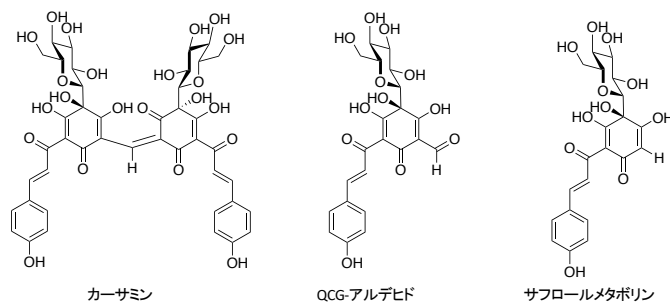


図4. 紅(カーサミン)、およびその分解物QCG-アルデヒドおよびサフロールメタボリン化学構造。

(7) まとめ

本研究では、伝統的手法を用いて、ベニバナ花から代表的な加工品を調整し、その結果得られる製品に含まれる成分をLC-MSデータで統計学的に評価した。乱花、紅餅の差は、既知の事実である紅(カーサミン)の含有量が紅餅に多い事だけではなく、フラボノール配糖体や微量のキノカルコン類の量の差で表せる事を初めて

明らかにした。今回検出した化合物の多くは、紅餅では相対量が少ない成分で、紅餅への加工により分解され減少したものと推察される。逆に紅餅で相対的に多い成分の検出は少ない感があり、サンプルの問題か解析の技術的な問題かは現在のところ不明である。

これらの成分の単離を試みたが、質量数のみで分画を追っていくには難があった。そこで、カーサミンの分解物に着目してLC-MS分析し、特徴的な3成分を検出した。加工品抽出物中にも同一の成分を確認したことから、それらを単離して構造解析した。その結果、QCG-アルデヒド、サフロールメタボリンが同定された。残り1成分は構造解析中である。

加えて、ベニバナ色素の生合成関連遺伝子を網羅的に解析し、花で発現するフラボノイド生合成系遺伝子のうちカルコン合成酵素(CHS)をクローニングした。加えて、生物活性試験では、ベニバナ色素にいくつかのがん細胞に対する中から弱い細胞毒性が確認された。

<引用文献>

- [1] Kazuma, K. et al., Biosci. Biotech. Biochem. 59, 1588-1590, 1995
- [2] Jiang JS, et al., Org Lett., 12, 1196-1199, 2010
- [3] Kazuma, K. et al., Biosci. Biotech. Biochem. 64, 1588-1599, 2000
- [4] Shinozaki, et al., Natural Product Communications, 11, 787-790, 2016

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計8件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 3件）

1. 発表者名 篠崎淳一, 兼目裕充, 二瓶賢一, 野路征昭, 紺野勝弘, 浅川義範, 数馬恒平
2. 発表標題 ペニバナ花のトランスクリプトーム解析とカルコン合成酵素のクローニングおよび機能解析
3. 学会等名 天然有機化合物討論会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Kohei Kazuma
2. 発表標題 An LC-MS Study on Agricultural Products of the Flowers of Safflower.
3. 学会等名 The International Symposium on Natural Products for the Future 2016 (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 数馬恒平・紺野勝弘
2. 発表標題 ペニバナ花加工品の成分
3. 学会等名 日本薬学会135回年会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Kenmoku, H., Shinozaki, J., Masuda, K., Noji, M., Konno, K., Asakawa, Y., Kazuma, K.
2. 発表標題 Gene Mining for Carthamin Biosynthesis in Safflower, <i>Carthamus tinctorius</i> L., Using Next-generation Sequencing Platforms
3. 学会等名 Inaugural Symposium of the Phytochemical Society of Asia 2015 Tokushima (国際学会)
4. 発表年 2015年

1. 発表者名 Shinozaki, J., Kenmoku, H., Masuda, K., Noji, M., Konno, K., Asakawa, Y., Kazuma, K.
2. 発表標題 Mining the genes involved in carthamin biosynthesis in safflower, <i>Carthamus tinctorius</i> L.
3. 学会等名 The XXVIIth International Conference on Polyphenols & The 8th Tannin Conference , 2014 (国際学会)
4. 発表年 2014年

1. 発表者名 数馬恒平、紺野勝弘、篠崎淳一、増田和夫、兼目裕充、野路征昭、浅川義範
2. 発表標題 ペニバナ色素キノカルコン類のMS2解析
3. 学会等名 日本生薬学会第61回年会
4. 発表年 2014年

1. 発表者名 渡部萌、篠崎淳一、兼目裕充、二瓶賢一、野路征昭、浅川義範、数馬恒平
2. 発表標題 ペニバナ花由来カルコン合成酵素様遺伝子のクローニングおよび機能解析
3. 学会等名 第59回天然有機化合物討論会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 中井宏起、中田正義、篠崎淳一、数馬恒平、浅川義範、兼目裕充
2. 発表標題 ペニバナ赤色色素カーサミン生合成に関わる酵素遺伝子のクローニングと機能解析
3. 学会等名 日本薬学会第140年会
4. 発表年 2020年

〔図書〕 計1件

1. 著者名 数馬恒平	4. 発行年 2016年
2. 出版社 日刊工業新聞社	5. 総ページ数 2 (120頁中)
3. 書名 油用作物ベニバナの葉も食用となる (おもしろサイエンス 機能性野菜の科学 (佐竹元吉編) 中で)	

〔産業財産権〕

〔その他〕

<p>「放送大学 初歩からの化学 (' 18)、第 6 回」の収録、2017 「伝統紅を取る会」の開催 (6回)、主催：数馬恒平 (富山大学) および坂田清華 (富山糸紡ぎの会)、2016</p>

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究協力者	齋藤 スミ子 (SAITO Sumiko)		
研究協力者	坂田 清華 (SAKATA Kiyoka)		
研究協力者	兼目 裕充 (KENMOKU Hiromichi)		

6. 研究組織（つづき）

	氏名 (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究協力者	篠崎 淳一 (SHINOZAKI Jun-ichi)		
研究協力者	二瓶 賢一 (NIHEI Ken-ichi)		
研究協力者	安元 加奈未 (YASUMOTO Kanami)		