

極性物質組成に着目したイチジク果実エキスの調製方法

沖浦 文, 高橋 徹

Extract Preparation Techniques Focused on Polar Compound Composition Made from Fig (*Ficus carica* L.) Fruits

Aya Okiura, Toru Takahashi

Pipecolic acid (PIP) and trigonelline (TRG), the polar compounds contained in fig (*Ficus carica* L.) fruit, are expected to affect human health. Extraction techniques that not only maximize PIP and TRG content but also minimize contaminants are studied. The effects of ethanol concentration, acid (acetic, ascorbic, citric, formic, gluconic, lactic, malic, succinic and tartaric) or alkaline salt (K_2CO_3 , $NaHCO_3$) additives, and adsorbents (activated carbon, bentonite, diatomite, polyvinylpyrrolidone and silica) in a water-based extraction solvent are investigated.

Water mixed with 0.5%–5.0% (v/v) gluconic acid was concluded as the most suitable extraction solvent because of four properties it exhibited. (1) It did not interfere with the PIP and TRG extraction process. (2) It allowed an extraction below a pH of 4.0, which reduces the subsequent sterilization burden. (3) The concentration of arginine and lysine was reduced, which decreases their tendency to form advanced glycation end products with sugar. (4) The solvent had a limited effect on taste. Conversely, the sugar concentration of the extract was not affected by the tested extraction solvent. Moreover, there was no suitable adsorbent that lowered sugar concentration without affecting PIP and TRG concentration.

Key words: fig fruit, extract, polar compound, pipecolic acid, trigonelline, gluconic acid

イチジク (*Ficus carica* L.) 果実は糖質, ミネラル, 葉酸, 食物繊維などの栄養素の他, アントシアニンや植物ステロールなど数種の機能性成分を含むことが知られている¹⁻³⁾. 我々は極性物質の組成を調べた結果, 遊離アミノ酸やグルタチオンの他に, 非タンパク質構成アミノ酸のピペコリン酸 (PIP) とアルカロイドのトリゴネリン (TRG) を含むことを見出した⁴⁾. 両物質は, 組み合わせることでラット由来筋肉細胞の糖取り込みを促進した^{5,6)}. さらに糖尿病モデルラットにおいても耐糖能を改善する可能性を示した⁷⁾. 以上より, PIP と TRG には健康に寄与する機能が期待できると考えられる.

イチジク果実は生食の他にも, 乾果やジャムなど様々な加工品として利用される. ただし, 生果・加工品ともに PIP や TRG よりはるかに多くの遊離糖を含んでおり, 多量に摂取することは糖質の過剰摂取につながる恐れもある. 一方, 青果物に含まれる栄養成分や機能性成分を効率よく利用する手段の一つとして, 抽出エキスが挙げられる. この形態であれば, 抽出条件を変化させることで, 目的成分を多く含ませ, 同時に夾雑物など不要成分を極力排除することも可能と考えられる. そこで本研究では, PIP と TRG に着目したイチジク果実抽出エキスの調製方法について検討した. 具体的には, 両物質が効率よく抽出され,

かつ夾雑物が少なく官能特性に優れる抽出溶媒を検討した結果について報告する.

材料および方法

1. 材料

イチジク果実は, 当所附属農場で栽培している「榊井ドーフィン」種より収穫したものをを用いた. 剥皮・薄切りした果肉をファスナー付きポリエチレン袋に入れ, $-80^{\circ}C$ で保管した.

エタノール, 酢酸, 乳酸, ギ酸, コハク酸, DL-リンゴ酸, フマル酸 (以上, 特級), クエン酸, 炭酸水素ナトリウム, 炭酸カリウム (以上, 食品添加物), グルコン酸 (グレードなし) は富士フィルム和光純薬より, L-酒石酸 (食品添加物) は関東化学より, L(+)-アスコルビン酸 (食品添加物) は藤井薬品より, それぞれ入手した. 水は超純水 (ミリQ水) を用いた.

シリカ (微粉末) は富士シリシア化学のサイロピュート 202, 130, 230, RG20, RG22 およびサイロページ 762 を使用した. 珪藻土 (化学用), ベントナイト (グレードなし), 粉末活性炭 (特級) は富士フィルム和光純薬, ポリビニルピロリドン (PVPP, グレードなし) は

Merk のものを使用した。

2. 果実成分の抽出

果実は凍結乾燥した後、フードミル (IFM-720G: 岩谷産業) で破碎し粉末にした。共栓付き三角フラスコに果実粉末 1.0 g, 抽出溶媒 35 mL を加え、室温で 120 rpm × 5 分間攪拌した後、低温 (4℃) で 24 時間静置抽出した。全量を共栓付き 50 mL 容メスシリンダーに移しかえ、三角フラスコ内を抽出溶媒で洗い込み、50 mL に定容した。抽出液は 0.45 μm メンブランフィルターでろ過した。

2-1. エタノール濃度の影響

エタノール濃度 0 (水) ~ 100% (v/v) まで 5 種類 (0, 25, 50, 75, 100%) の含水エタノールを調製し、前述の方法で抽出した (n=3)。

2-2. 添加物の影響

酢酸、乳酸、グルコン酸、ギ酸の 1% (v/v) 水溶液、ならびにクエン酸、アスコルビン酸、コハク酸、酒石酸、リンゴ酸、炭酸水素ナトリウム、炭酸カリウムの 1% (w/v) 水溶液を用いて抽出した (n=1)。

2-3. グルコン酸濃度の影響

0 (水) ~ 10% (v/v) まで 7 種類 (0, 0.01, 0.1, 0.5, 1, 5, 10%) のグルコン酸水溶液を調製し抽出した (n=1)。

3. 抽出液の吸着剤処理

0.5% グルコン酸抽出液を共通試料とし、以下の方法で各種吸着剤処理を行った。抽出液に加える吸着剤の量や吸着処理条件は、それぞれの使用説明書またはメーカーの資料・推奨値に準じた。各処理液は 0.45 μm メンブランフィルターでろ過して分析に供した。

シリカ処理は、抽出液 5 mL に 0.1 g を加え、室温で 150 rpm × 20 分間攪拌した。全量を 15 mL 遠沈管に移しかえ 2000 rpm × 5 分間遠心分離し、上清を回収した (n=1)。珪藻土処理は、抽出液 2 mL に 0.04 g を加え、室温で 160 rpm × 20 分間振とうした後 1 時間静置した。10000 rpm × 5 分間遠心分離し、上清を回収した (n=1)。ベントナイト処理は、抽出液 2 mL に 0.002 g を加え、室温で 160 rpm × 2 時間振とうした後、低温 (4℃) で 22 時間静置した。10000 rpm × 5 分間遠心分離し、上清を回収した (n=1)。PVPP 処理は、抽出液 2 mL に 0.002 g を加え、室温で 160 rpm × 1 分間振とうした後 1 時間静置した。10000 rpm × 5 分間遠心分離し、上清を回収した (n=1)。活性炭処理は、抽出液 2 mL に 0.2 g を加え、室温で 160 rpm × 2 時間振とうした。10000 rpm × 5 分間遠心分離し、上清を回収した (n=1)。

4. 極性物質の分析

液体クロマトグラフ-四重極飛行時間型質量分析計 (LC-Q-TOF/MS) を用いた。LC 装置は LC-20AD

XR システム (島津製作所)、カラムは Scherzo SS-C18 150 mm × 2 mm, 粒径 3 μm (Imtakt) を用い、カラム温度は 45℃, 移動相は A 液: ギ酸/酢酸/水 = 0.2 / 0.2 / 99.6 (v/v), B 液: 200 mM 酢酸アンモニウム/メタノール = 50 / 50 (v/v) を使用し、流速 0.3 mL/分、B 液比率を分析開始時 ~ 1 分: 0%, 5 分: 2%, 25 分: 40%, 26 ~ 35 分: 100%, 35.01 ~ 45 分: 0% とするグラジエント条件で分離した。MS 装置は micrOTOF Q II (ブルカー・ジャパン) を用いた。分析条件は以下の通りとした。イオン化法: ESI (ポジティブモード), 測定範囲: m/z 50 - 1000, キャピラリー電圧: -4500 V, ネブライザーガス: N₂ (1.6 Bar), 乾燥ガス: N₂ (8 L/min, 200℃)。質量補正基準物質は、5 mM ギ酸ナトリウム (水/イソプロピルアルコール = 50 / 50 (v/v)) を用いた。試料は 10 μL 注入した。定量には、ピペコリン酸は m/z 130.08 ± 0.05, トリゴネリンは m/z 138.05 ± 0.05 の抽出イオンクロマトグラムを用い、内部標準として添加したアントラニル酸 (137.14 ng/10 μL) のピーク面積で補正した。標品で検量線を作成し定量した。解析には Compass Data Analysis (ブルカー・ジャパン) を用いた。

5. 糖の分析

液体クロマトグラフ-示差屈折率検出器 (RID) (アジレント・テクノロジー) を用いた。カラムは Unison UK-Amino 250 mm × 3 mm, 粒径 3 μm (Imtakt) を用い、カラム温度は 60℃, 移動相は水/アセトニトリル = 15 / 85 (v/v) を用い、流速 0.45 mL/分のイソクラティック条件で測定した。検出器の温度は 40℃とした。

6. pH の測定

コンパクト pH メータ LAQUAtwin (堀場製作所) を用いて測定した。

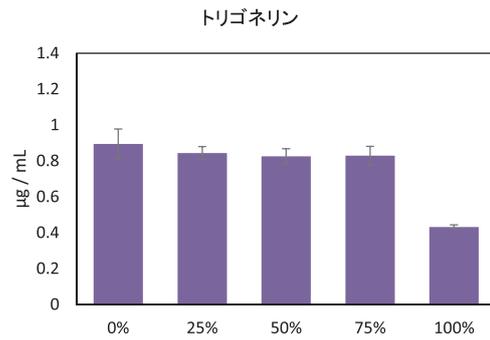
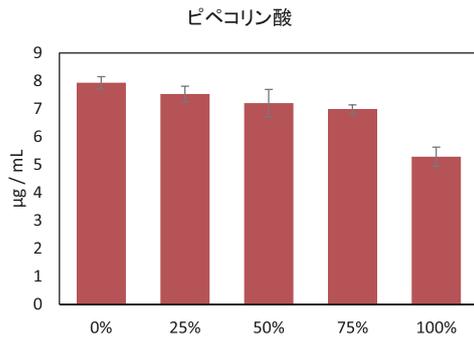
結果と考察

1. 溶媒特性が抽出液の PIP, TRG 濃度に及ぼす影響

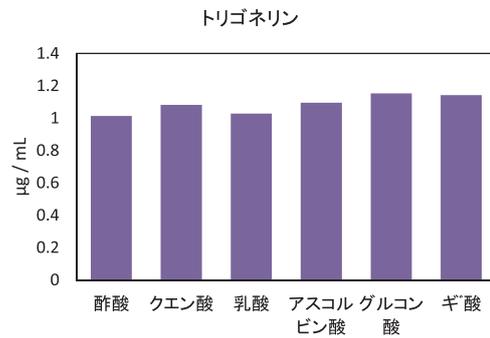
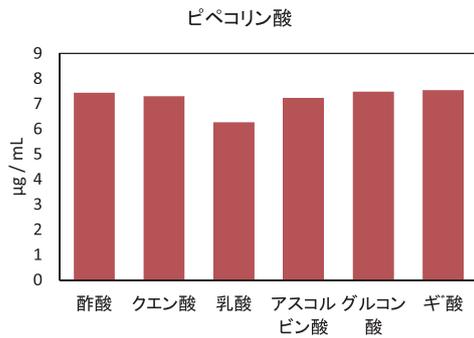
1-1. エタノール濃度

極性物質を対象に抽出する場合、極性溶媒の水またはアルコールが適していると考えられる。目的が食品利用なのでエタノールが最適と考え、その濃度が抽出に及ぼす影響を検討した。エタノール濃度 0 (水) ~ 100% で調製した抽出液中の PIP および TRG 濃度を図 1-A に示した。差はわずかなものの、エタノールが含まれると PIP, TRG の抽出量は減少する傾向を示した。100% エタノール抽出液では水抽出液の 5 ~ 6 割程度まで減少した。以上より、抽出溶媒としてはエタノールを含まない水が最適であることが分かった。

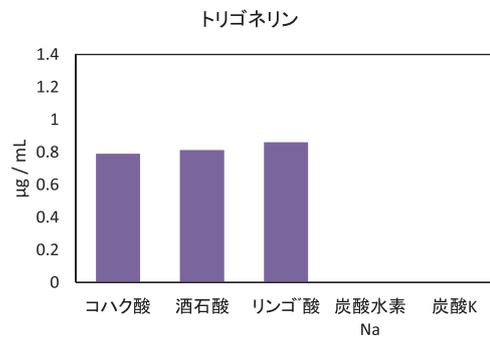
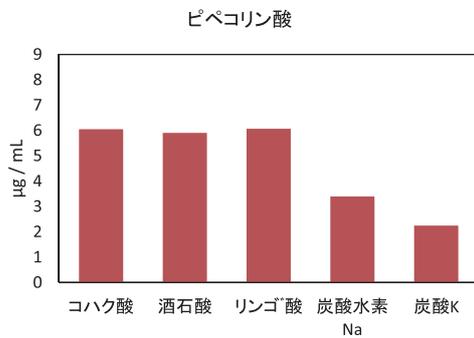
A 0~100%エタノール抽出液



B 1%酸またはアルカリ抽出液 (その1)



C 1%酸またはアルカリ抽出液 (その2)



D 0~10%グルコン酸抽出液

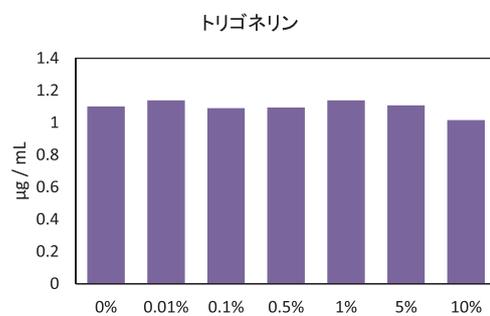
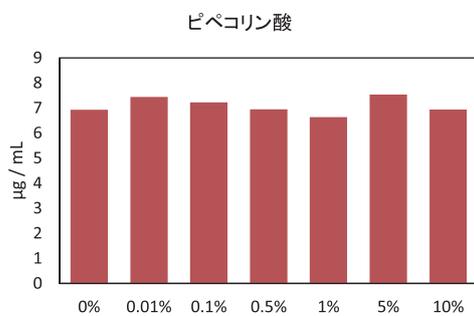


図1 各種抽出液中の PIP および TRG 濃度

* 抽出は A は n=3, その他は n=1 で実施した

1-2. 酸またはアルカリの添加

pH調整剤として使用される各種添加物が抽出に及ぼす影響を調べるため、9種類の酸および2種類のアルカリを比較した(図1-B・C)。抽出液のPIP濃度は、酸添加では明確な影響はみられなかったが、アルカリ添加では酸添加の4~5割程度まで減少した。TRG濃度も酸添加では大きな影響は受けなかったが、アルカリ添加では不検出となった。クエン酸抽出液では全イオンクロマトグラムにおいて、大きくブロードなクエン酸ピークがTRGピークと重複しており、イオンサプレッションなどにより定量に影響する可能性が考えられた。以上より、酸の添加はPIPとTRGの抽出に影響しないが、アルカリ水溶液での抽出は不適であることが分かった。なお、フマル酸は水に難溶で1%溶液を調製できなかったため、抽出は実施しなかった。

1-3. グルコン酸濃度

水分の多い加工食品においては、安全性確保のために加熱を主体とする殺菌処理が必要となる。その加熱条件(温度および時間)はpHが低いほど緩和されるため、品質(食味、色調、香り)への影響を小さくするには酸の添加は有効と考えられる。イチジク果実は酸味が少ない食味であることに加え、抽出液をさらに濃縮する可能性があることを考えると、酸味の弱い酸の利用が望まれる。本研究で使用した食品に添加可能な酸の中では、グルコン酸は酸味の強さがクエン酸の1/4~1/3と弱い⁸⁾ため、味への影響が小さく、かつpHを低く維持できる利点がある。そこで、グルコン酸濃度が抽出に及ぼす影響を調査した。0~10%まで7水準のグルコン酸濃度を比較したが、PIPとTRGどちらも濃度は明確な影響を受けなかった(図1-D)。

2. 溶媒特性が抽出液のpHおよび食味に及ぼす影響

今回調製した各抽出液のpHを表1に示した。無添加(グルコン酸0%)では5.9であったpHは、1%酸添加では2.3~3.3、1%アルカリ添加では8.4~10.7となった。グルコン酸では、0.5%以上の添加量でpHが4.0未満となった。pH5.9では中心部を120℃で4分以上加熱する必要があるが、pH4.0未満では同65℃で10分まで軽減できる。

グルコン酸抽出液の食味評価は、担当者のみで実施したので主観的要素が強いが、1%添加ではほとんど酸味は感じられず、5%でも弱い酸味を感じる程度で喫食に支障はないと思われた。5%抽出液のフレーバーは、イチジクというよりウメ果汁飲料の様な印象であった。添加量が10%になると強い酸味が感じられ、嗜好に影響が出ると思われた。pH低下による微生物制御・殺菌加熱条件軽減と、食味に対する影響の観点から、グルコン酸添加濃度は0.5~5%が適切と考えた。

表1 酸またはアルカリ抽出液のpH

抽出液	pH
酸	
1%酢酸	3.3
1%アスコルビン酸	3.3
1%コハク酸	3.0
1%グルコン酸	2.9
1%乳酸	2.6
1%クエン酸	2.5
1%リンゴ酸	2.5
1%ギ酸	2.3
1%酒石酸	2.3
アルカリ	
1%炭酸カリウム	10.7
1%炭酸水素ナトリウム	8.4
グルコン酸	
0%	5.9
0.01%	5.5
0.1%	4.1
0.5%	3.2
1%	2.9
5%	2.3
10%	2.1

* 抽出はn=1で実施した

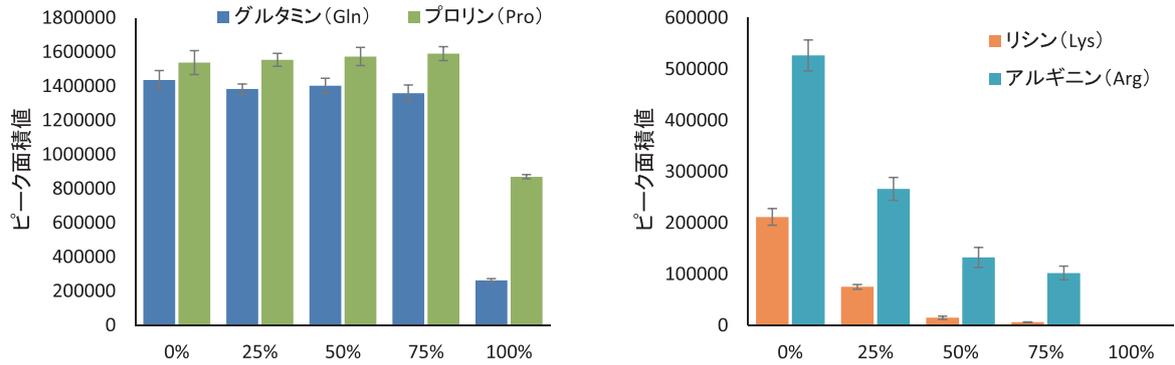
3. 溶媒特性が抽出液のアミノ酸組成に及ぼす影響

イチジク果実には、極性物質として遊離アミノ酸も含まれる。本研究において調製した各種抽出液からは、微量のものも含めアスパラギン酸(Asp)、アスパラギン(Asn)、グルタミン(Gln)、グルタミン酸(Glu)、プロリン(Pro)、グルタチオン(還元型:RD、GSH)、ロイシン(Leu)、イソロイシン(Ile)、ヒスチジン(His)、フェニルアラニン(Phe)、リシン(Lys)、アルギニン(Arg)が検出された。各成分の抽出イオンクロマトグラム(EIC)のピーク面積値を濃度指標として比較した結果、抽出溶媒特性の影響が見られた成分を抜粋して図2に示した。

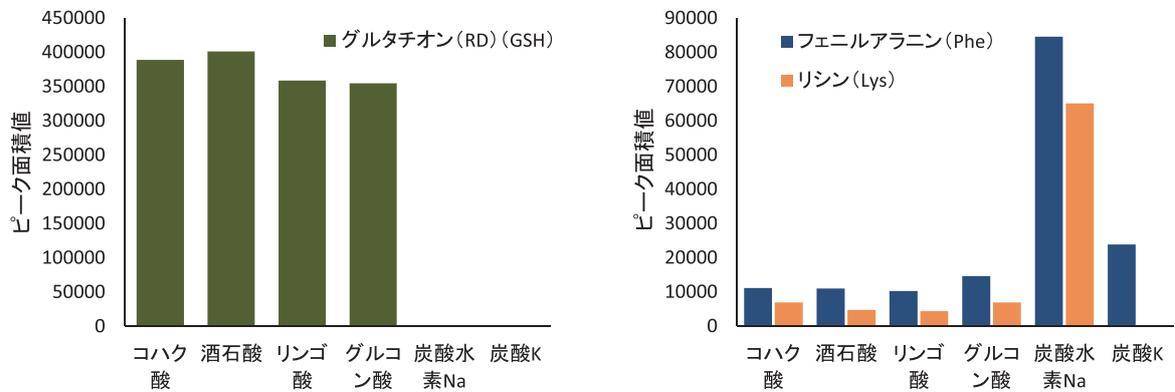
エタノール濃度は数種遊離アミノ酸の抽出に影響を及ぼした。Asn、Gln、Proは100%で抽出量が減る以外は濃度の影響はなかった(図2-A左)。Gluは0%と100%で抽出量が少なかった(データ省略)。GSHは75%までは濃度に比例して抽出量が多くなったが、100%ではほとんど抽出されなかった(データ省略)。一方、Phe、Lys、Argは濃度に比例して抽出量が減少した(図2-A右)。

1%酸抽出液で影響が見られた成分はGluのみで、酒石酸、クエン酸で抽出量が増加した(データ省略)。1%

A 0~100%エタノール抽出液 (一部抜粋)



B 1%酸またはアルカリ抽出液 (一部抜粋)



C 0~10%グルコン酸抽出液

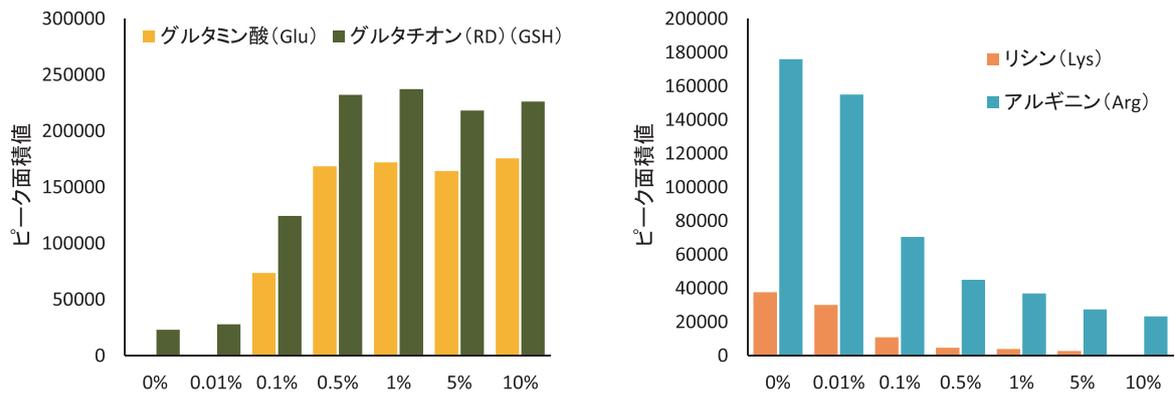


図2 各種抽出液中の遊離アミノ酸濃度

* 抽出は A は n=3, その他は n=1 で実施した
 * 各成分の抽出イオンクロマトグラム (EIC) のピーク面積で表した相対値

アルカリ抽出液ではGSHが不検出となった(図2-B左)。一方, Phe, Lys, Argは炭酸水素ナトリウム抽出液で抽出量が特に多くなった(図2-B右)。

グルコン酸濃度も抽出量に影響した。GluとGSHは0.5%までは濃度依存的に増加し, それ以上の濃度では頭打ちとなった(図2-C左)。逆にPhe, Lys, Argは濃度依存的に抽出量が減少した(図2-C右)。

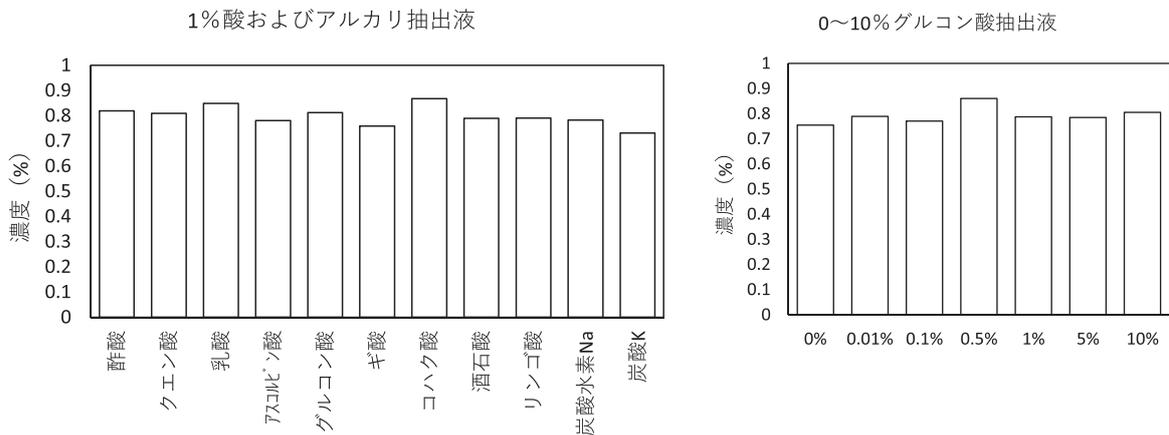
以上の通り, 一部の遊離アミノ酸の抽出量は, 抽出溶媒特性の影響を大きく受けることが分かった。現時点では, 抽出液の遊離アミノ酸濃度は機能性食品の特性としては重要視していない。ただし, LysとArgは糖との反応による最終糖化生成物(AGEs)を生成しやすいとされる⁹⁾。AGEsは分解されにくく, 生体組織への蓄積は老化や様々な病気(糖尿病, 高血圧, がん等)を引き起こすといわれている⁹⁾。糖を含んだ果実抽出液では, 濃縮過程でAGEs生成が促進する可能性があるため, 両アミノ酸の抽出量を

減少させることは有意義と考えられる。今回の結果では, グルコン酸濃度0.1%で両アミノ酸量は半減し, 0.5%以上では減少の割合が小さくなった。一方, グルコン酸濃度0.1%以下では高い抗酸化作用を持つGSHの抽出量が減少した。これらを合わせると, グルコン酸の添加濃度は0.5%以上が適していると考えられる。

4. 溶媒特性が抽出液の糖濃度に及ぼす影響

イチジク果実の遊離糖組成は, フルクトースとグルコースがほぼ同量で, 両者がほとんどを占めるという特徴がある¹⁰⁾。今回調製した1%酸またはアルカリ抽出液, ならびに0~10%グルコン酸抽出液の糖濃度を図3に示した。フルクトース濃度は0.73~0.87%, グルコース濃度は0.81~0.91%であった。PIP, TRG, 遊離アミノ酸と異なり, 添加物の種類やpH(2.1~10.7)は遊離糖の抽出には影響しなかった。

A フルクトース



B グルコース

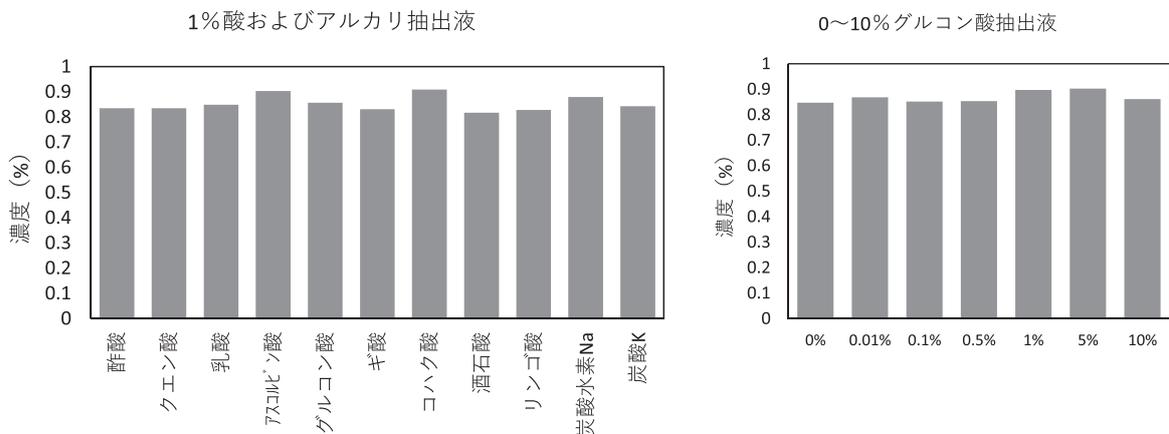


図3 各種抽出液の糖濃度

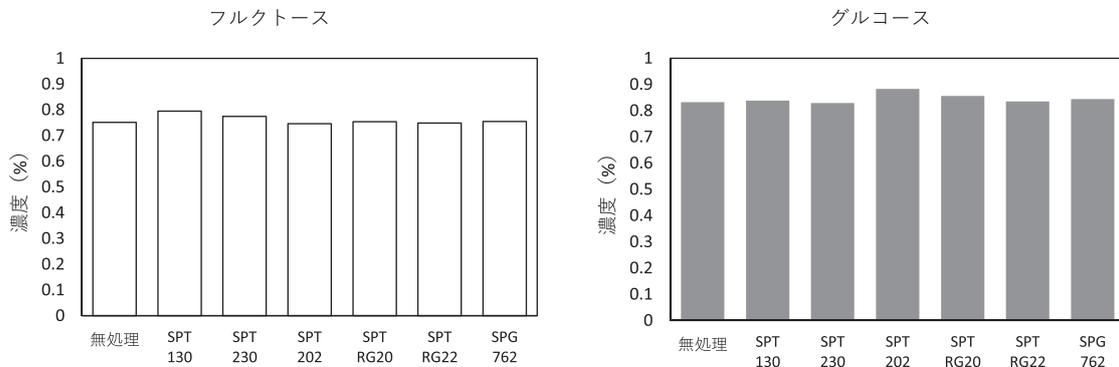
5. 吸着剤が抽出液中の糖濃度に及ぼす影響

今回調製した果実抽出液の糖濃度は1%弱で、それほど高くなかった。一方、PIPとTRGの濃度は1~8 µg/mL (0.0001~0.0008%)とわずかなため、商品化にあたっては濃縮する必要があると考えられる。その場合糖濃度も高くなってしまい、「機能性表示食品の届出等に関するガイドライン」¹¹⁾に記載された、「糖類(単糖類又は二糖類であって、糖アルコールでないものに限る。)の過剰な摂取につながるものではないこと」に抵触する可能性がある。そこで、0.5%グルコン酸抽出液を試料として、食品利用可能な吸着剤で糖濃度を低下させることができるか検討した。シリカはろ過助剤、または清澄剤として使用される「二酸化ケイ素」(サイロピュート 202, 130, 230,

RG20, RG22)と、食品へ直接添加できる「微粒二酸化ケイ素」(サイロページ762)を検討した。珪藻土は、アミノ酸製造のろ過助剤として用いられており、糖化液をろ過する副生物として糖含有珪藻土が産出されている¹²⁾。ベントナイトはワインや酢の清澄剤として使用されている^{13,14)}。PVPPはろ過助剤で、ワインやビールの品質改良剤として使用されている¹⁵⁾。粉末活性炭は食品系排水から単糖の吸着材として有効との報告がある¹⁶⁾。

各種吸着剤で処理した後の抽出液の糖濃度を図4に示した。活性炭処理ではフルクトース、グルコースともに約2割減少した。しかし、他の吸着剤処理では濃度変化はなく、糖の除去効果は見られなかった。

A シリカ



B その他

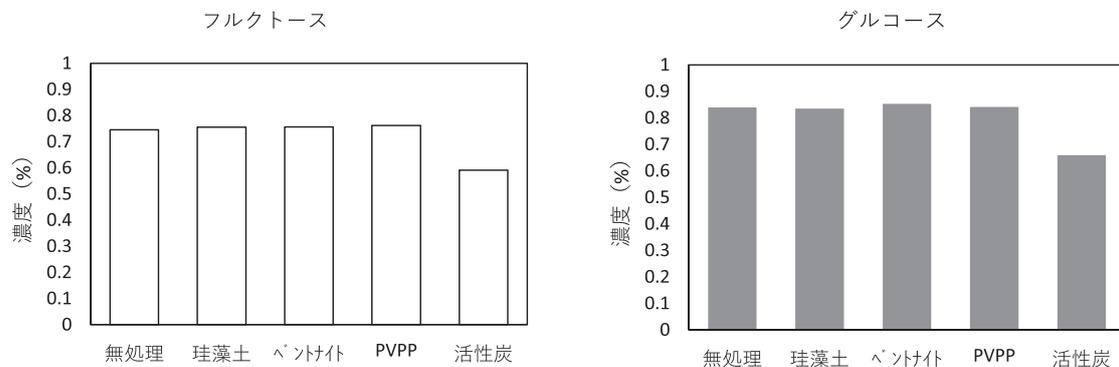


図4 各種吸着剤処理を行った0.5%グルコン酸抽出液の糖濃度

* SPT:サイロピュート SPG:サイロページ

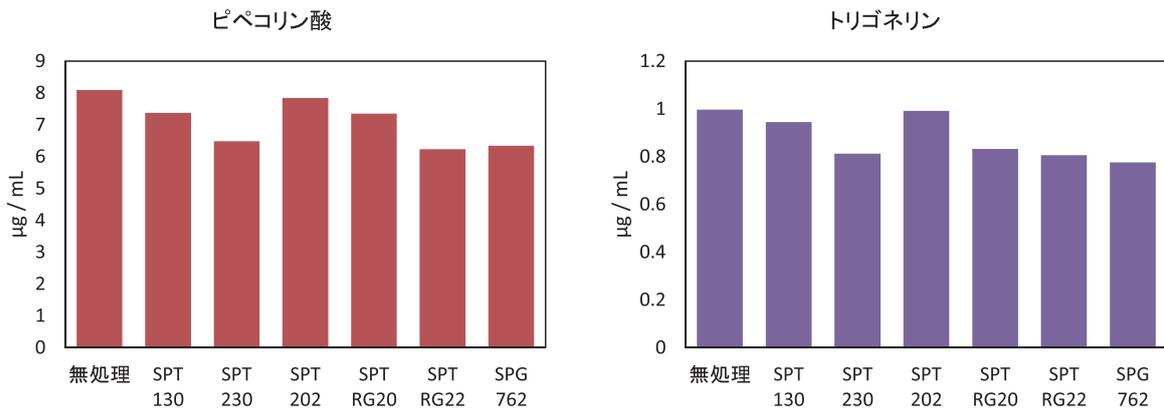
各種吸着剤で処理した後の抽出液のPIPおよびTRG濃度を図5に示した。シリカ処理では、サイロピュート230, RG22およびサイロページ762でPIPおよびTRGが少量であるが吸着される可能性がみられた。遊離アミノ酸に関しては、Argがサイロページ762処理で約7割, PheがサイロピュートRG22およびサイロページ762処理で約5割に減少したが、その他には大きな変化は見られなかった(データ省略)。

糖除去に多少の効果がみられた活性炭処理では、PIPが

約5割に減少し、TRGは不検出レベルまで激減した。遊離アミノ酸も2割~9割、あるいは不検出レベルまで減少した(データ省略)。その他の吸着剤処理では、PIPには影響がなかったが、TRGは珪藻土で約5割、ベントナイトで約2割に減少した。ベントナイトでは遊離アミノ酸のArgも6割に減少していた(データ省略)。

以上より、今回検討した吸着剤は糖除去に効果がないか、あっても目的物質のPIPとTRGも吸着除去してしまうため、本研究の目的には適さないことが分かった。

A シリカ



B その他

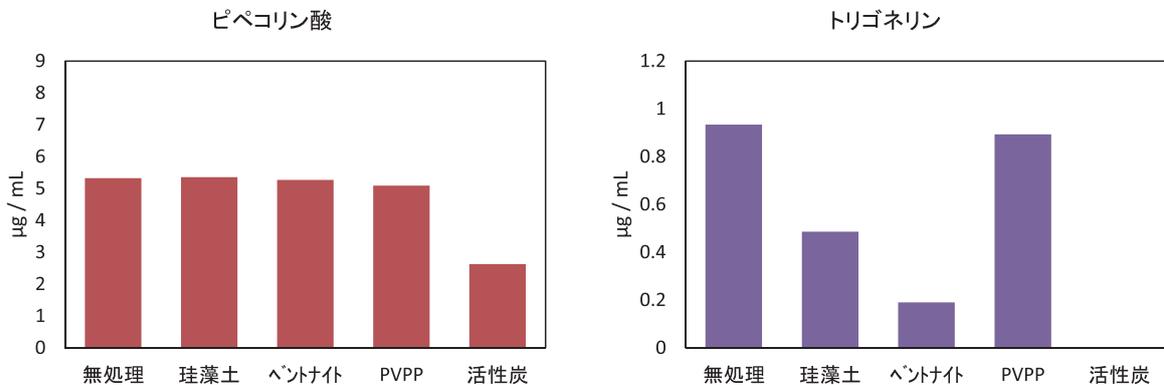


図5 各種吸着剤処理を行った0.5%グルコン酸抽出液のPIPおよびTRG濃度

* SPT:サイロピュート SPG:サイロページ

まとめ

イチジク果実に含まれる極性物質、特に機能性が期待されるPIPとTRGに着目し、両物質を多く含み、かつ夾雑物が少ない果実エキスの調製に適した抽出溶媒を検討した。PIP、TRGの基本的な抽出溶媒としては水が適していた。抽出時や製品の安全性向上(微生物増殖抑制)と殺菌加熱条件緩和を目的としたpH調整剤としては、PIP、TRGの抽出に影響がなく、食味への影響(酸味の増強)も小さいグルコン酸が適すると考えられた。エタノールやアルカリの添加はPIP、TRGの抽出に悪影響がみられた。グルコン酸濃度0~10%の範囲ではPIP、TRGの抽出に影響しなかったが、いくつかの遊離アミノ酸の抽出は影響を受けることが分かった。今回検討した抽出溶媒条件では糖(フルクトースとグルコース)の抽出は影響を受けなかった。

グルコン酸の最適添加濃度に関しては、pH低下の観点では0.5%以上(pHが4.0未満となる)、食味(酸味の強さ)の観点では5%以下、さらにAGEsを生成しやすいLys、Argの抽出量を低減(半分以下)させる観点からは0.5%

以上が適していると考えられた。以上を複合すると、0.5~5%のグルコン酸水溶液が、PIPとTRGを対象とした抽出溶媒として最適であると考えられる。

糖質の過剰摂取につながることを回避するため、食品用吸着剤で抽出液から糖を除去できるか検討したが、今回試験したシリカ、珪藻土、ベントナイト、PVPP、活性炭はいずれも適さなかった。今後はグルコースオキシダーゼ等の酵素による分解除去など、他の手段を検討したいと考えている。

参考文献

- 1) 文部科学省: 日本食品標準成分表(七訂), 7. 果実類(2015)
https://www.mext.go.jp/component/a_menu/science/detail/_icsFiles/fieldfile/2016/01/15/1365343_1-0207r2_1.pdf (2015)
- 2) Del Caro A. and Piga A.: Polyphenol composition of peel and pulp of two Italian fresh fig fruits cultivars (*Ficus carica* L.), *Eur. Food Res. Tech.*,

- 226, 715-719 (2008)
- 3) Jeong W.S. and Lachance P.A.: Phytosterols and fatty acids in fig (*Ficus carica*, var. Mission) fruit and tree components, *J. Food Sci.*, **66**, 278-281 (2001)
- 4) 高橋 徹, 沖浦 文, 松村有里子, 河野雅弘: イチジク果実の抗酸化能評価ならびに関与成分の探索, 園芸学研究 第13巻別冊2, p312 (2014)
- 5) 高橋 徹, 沖浦 文: ピペコリン酸とトリゴネリンが培養細胞の脂肪燃焼および糖取り込み活性に及ぼす影響, 日本食品科学工学会 第63回大会講演集, p171 (2016)
- 6) 高橋 徹, 沖浦 文: ピペコリン酸とトリゴネリンが筋管細胞の糖取り込みならびにラットの耐糖能に及ぼす影響, 日本農芸化学会 2018年度大会講演要旨 (2018)
- 7) 高橋 徹, 沖浦 文: ピペコリン酸とトリゴネリンの混合経口投与が健常および高血糖症ラットの耐糖能に及ぼす影響, 日本食品科学工学会 第66回大会講演集, p106 (2019)
- 8) 永井照和: グルコン酸およびその塩類の特徴・機能について, ミツバチ科学, **22**, 171-174 (2001)
- 9) 八木雅之, 高部稚子, 石崎 香, 米井嘉一: 糖化ストレスと抗糖化作用の評価, オレオサイエンス, **18**, 67-73 (2018)
- 10) 矢羽田二郎, 野方 仁: イチジク果実の糖含量・糖組成比の品種, 果実内部および結果節位間における相違, 園芸学会雑誌, **68**, 987-992 (1999)
- 11) 消費者庁: 機能性表示食品の届出等に関するガイドライン (2020)
https://www.caa.go.jp/policies/policy/food_labeling/foods_with_function_claims/pdf/foods_with_function_claims_200401_0002.pdf
- 12) 国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構: 新規土壌還元消毒を主体としたトマト地下部病害虫防除体系, p5 (2019)
https://www.naro.affrc.go.jp/publicity_report/publication/files/3c76e50cabb029d829fed7e51e9cdbbb.pdf
- 13) 奥田 徹, 福井正一, 高柳 勉, 横塚弘毅: ワインのタンパク質および多糖含量に及ぼす加熱冷却とベントナイト処理の影響, 日本ブドウ・ワイン学会誌, **14**, 2-8 (2003)
- 14) 鬼形正伸: ベントナイトの特性とその応用, 粘土科学, **46**, 131-138 (2007)
- 15) 辻 政雄: ポリビニルポリピロリドン (PVPP) を利用した白ワインの品質改善, 日本醸造協会誌, **92**, 472-477 (1997)
- 16) 大橋智子, 原田知左子, 井上守正, 吉岡秀樹, 平瀬龍二, 杉本 太: 天然成分を主剤とする凝集剤ならびに吸着材を用いた少糖, 単糖成分の除去性能に関する研究,
- 兵庫県立工業技術センター研究報告書, **21**, 48-49 (2012)