

令和 5 年 6 月 19 日現在

機関番号：34509

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2016～2022

課題番号：16K16269

研究課題名（和文）脂溶性成分の吸収率が向上する植物油の網羅的検索と調理の影響について

研究課題名（英文）Comprehensive search for vegetable oils that improve the absorption rate of fat-soluble component and the effects of cooking

研究代表者

坂本 裕香（富山）（Sakamoto, Yuka）

神戸学院大学・栄養学部・実験助手

研究者番号：20368484

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,000,000円

研究成果の概要（和文）：脂溶性成分は、脂質と調理する事によってその吸収率が向上する事が知られている。本研究では脂溶性成分と植物油を用いて、膜透過性スクリーニングをPAMPA法を用いた人工膜透過性試験により行い、脂溶性成分と植物油の相性を客観的に数値化し、調理した場合の影響も検証した。一般的に販売されている植物油のうち、リン脂質含有量が高い植物油にコーン油を脂溶性成分にケルセチンを用いて膜透過性を検証した。脂溶性成分の膜透過性は、植物油の存在下で高まりリン脂質（PC）添加コーン油では脂溶性成分の膜透過性に変化が見られたので、リン脂質（PC）添加コーン油の脂肪酸組成が影響している可能性が示唆された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

人工膜透過試験（PAMPA法）により食品と植物油の相性を数値化することで、脂溶性成分の吸収率が向上する植物油が客観的に判断できる。簡単明瞭で消費者に受け入れられやすく、学童の食育教育にも寄与する。また脂質をうまく利用し過剰摂取を減らせば、肥満・メタボリックシンドローム・冠動脈疾患などを減らし、将来的には生活習慣病などの予防・改善等に役立つものと考えられる。

研究成果の概要（英文）：Fat-soluble component such as vitamins and flavonoids are known to improve their absorption rate by cooking with lipids, and the absorption rate is also improved by a small amount of coexisting phospholipids. In this study, We aimed to objectively quantify the compatibility of fat-soluble ingredients and vegetable oil by an artificial membrane permeability test using the PAMPA method. Furthermore, the effect of cooking on fat-soluble components was also verified. Among commonly sold vegetable oils, the membrane permeability was verified by using corn oil as a vegetable oil with a high phospholipid content and using quercetin as a fat-soluble component. The membrane permeability of fat-soluble components increased in the presence of vegetable oil. Therefore, it was suggested that the fatty acid composition of the phospholipid (PC)-added corn oil may have an effect.

研究分野：食生活学

キーワード：植物油 脂溶性成分 膜透過性

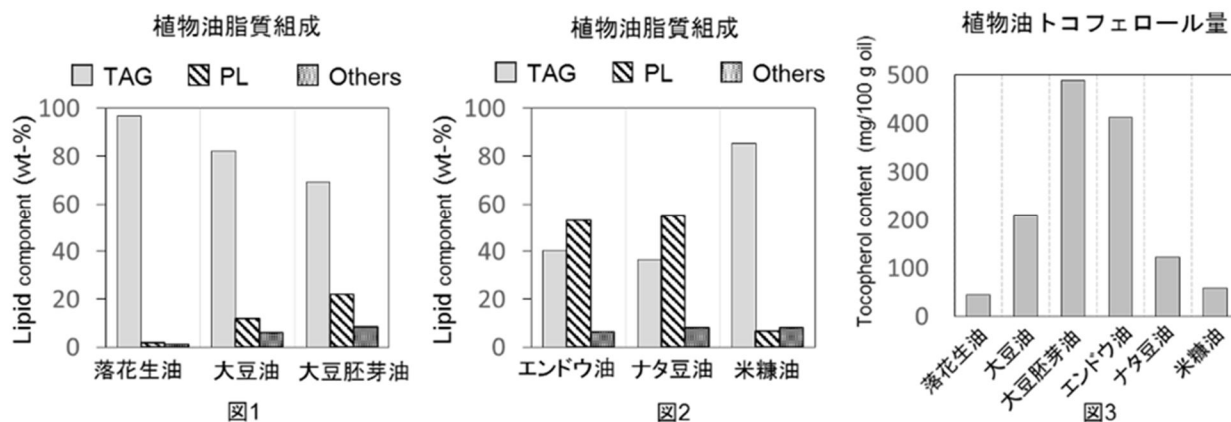
## 様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

脂溶性食品成分ケルセチン(タマネギに含まれるフラボノイド)や、 $\beta$ -カロテン(ニンジンに含まれるカロテノイド)は、植物油と炒めることで吸収率が向上する事が知られている。このように脂質は、調理の際に少量加えることで栄養素の吸収が高められる一方で過剰摂取は、肥満・メタボリックシンドローム・冠動脈疾患などを引き起こすので、生活習慣病を予防するには「油をとりすぎない」ことが重要になる。

申請者は、これまでに油糧種子や雑豆類・米糠等の脂質を抽出し、トリアシルグリセロールの分子種特性、リン脂質の脂肪酸位置分布特性さらに抗酸化成分等の関わりを重点的に明らかにしてきた<sup>1,2)</sup>。本申請研究では、これまでの成果を基に脂質の栄養機能性を一般にもわかりやすく提示することを目標とし、脂質成分間の栄養学的な相性を解明するため脂溶性成分の吸収率が向上する植物油を探索し、調理した場合の影響も検証した。

これまでの研究より、油糧種子として用いられる落花生、大豆など脂質含量の高いものはトリアシルグリセロール(TAG)が圧倒的に多いのに対して、雑豆類であるエンドウやナタ豆など脂質含量の低いものは、リン脂質(PL)が多い傾向を明らかにした(図1、2)。脂溶性ビタミンの一種であるカロテノイドの吸収量は、カロテノイド単体よりも、リン脂質の存在下では向上する事が報告されている<sup>3)</sup>。このことより、リン脂質の割合が高いエンドウやナタ豆から抽出した植物油を食品とともに調理した場合、他のリン脂質の割合が低い植物油と比べて、食品中の脂溶性成分の吸収率が向上する事が予想される。またこれまでの研究より、大豆胚芽やエンドウは脂質含有量は少ないが、その抽出油にはトコフェロールの割合が高いことを明らかにした(図3)。トコフェロールの割合が高い大豆胚芽油やエンドウ油は“質の高い植物油”として注目される。質の高い植物油を少量使い、食品の栄養素が無駄なく摂取できれば、生活習慣病予防にも貢献できる可能性がある。今まで食品中の脂溶性成分については、体内動態や代謝、作用機構、バイオアクセシビリティに関する分野の研究が主体であった。食品中の脂溶性成分に着目し、その吸収率が向上する植物油を探索し、調理によって脂溶性成分がどう変化するかという詳細な報告はない。以上を背景としてこの研究を申請するに至った。



文献 <sup>1)</sup> Characteristics of fatty acid composition in different acyl lipids of colored rice bran cultivars. Yoshida H. *et al.*, *Food Sci. Technol. Res.*, 20, 121-127 (2014).

<sup>2)</sup> Tocopherol distributions and regiospecific profiles of fatty acids of Jack beans (*Canavalia gladiata* DC.). Yoshida H. *et al.*, *Can. J. Plant Breed.* 1, 51-59 (2013).

<sup>3)</sup> Effects of fats and oils on the bioaccessibility of carotenoids and vitamin E in vegetables. Nagao A. *et al.*, *Biosci. Biotechnol. Biochem.* 77, 1055-60 (2013).

### 2. 研究の目的

食品に含まれる有効成分を効率的に摂取する上で、調理方法が与える影響は大きい。ビタミンやフラボノイドなどの脂溶性成分は、脂質と調理する事によってその吸収率が向上する事が知られているほか、共存する微量のリン脂質によっても吸収率が向上する。本研究では脂溶性成分と植物油を用いて、膜透過性スクリーニングを PAMPA 法を用いた人工膜透過性試験により行い、脂溶性成分と植物油の相性を客観的に数値化し、適切な組み合わせを選択する。さらに調理した場合の脂溶性成分に対する影響も検証する本研究は、食品と植物油の相性を数値により具体化する事で、消費者に分かりやすく、生活習慣病などの改善に寄与する事を目標とした。

### 3. 研究の方法

まず実験で用いるリン脂質含有量が高い植物油を選定するために、一般的に販売されている植物油5種(オリーブ油・コーン油・大豆油・綿実油・菜種油)について、薄層クロマトグラフィー(TLC)により各脂質成分を単離・精製し、ガスクロマトグラフィー(GC)により各脂質成分の量的・組成的分析を行った。選定した植物油については、GCにより脂肪酸の組成分析も行った。つぎに選定された植物油と脂溶性成分に「ケルセチン」を用いて、人工消化液を作成し、

人工膜透過試験（PAMPA 法）により膜透過性を検証した。さらに Caco-2 細胞（ヒト結腸癌由来株化細胞）を用いた物質透過実験で膜透過性を再評価した。透過したケルセチンの量は、ポリフェノール類化合物はカテコール構造を有し、レドックス・サイクリング染色法により染色される物質が多く存在するため、レドックスサイクリング染色（RCS）にて測定した。

調理した場合の脂溶性成分に対する影響を検証するために、「フライパンにて中火で3分加熱」の条件で調整した加熱コーン油を用いて同様に実験を遂行した。

#### 4. 研究成果

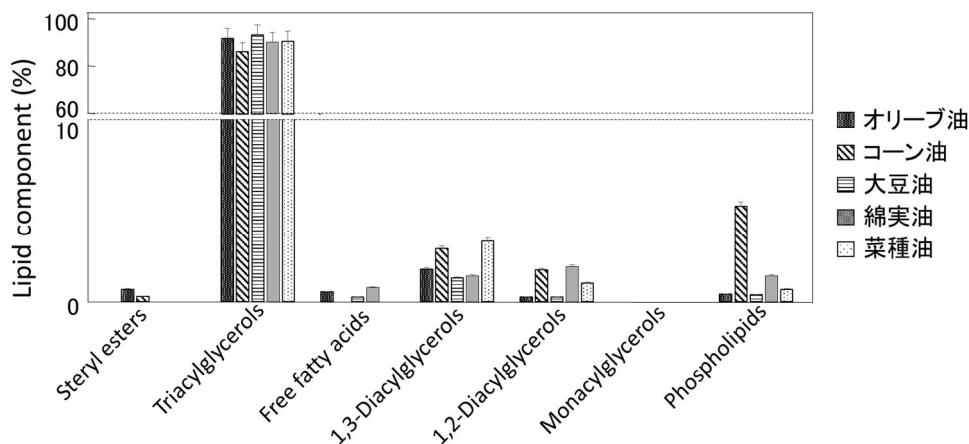


図.4 一般的に販売されている植物油の脂質成分の分布特性

(1) 植物油の主要成分はトリアシルグリセロール(TAG)であった。一般的に販売されている植物油ではその製造過程（脱ガム）でリン脂質を取り除くため、TAG 以外の脂質成分は際めて微量であった（図.4）。分析した植物油のうちリン脂質含有量が高い植物油にコーン油を、リン脂質含有量が低い植物油にオリーブ油を選定した。

(2) この2つの植物油と脂溶性成分に「ケルセチン」を用いて、人工膜透過試験（PAMPA 法）により膜透過性を検証し、Caco-2 細胞（ヒト結腸癌由来株化細胞）を用いた物質透過実験で膜透過性を再評価した。PAMPA にてケルセチンの膜透過性は 植物油の存在下で高まったものの、比較したコーン油とオリーブ油において、植物油のリン脂質含有量の違いはケルセチンの膜透過性に影響しなかった。

(3) この結果は植物油中のリン脂質含有量が低いことに起因している可能性を考え、コーン油にリン脂質（PC）の濃度を変えて添加したリン脂質（PC）添加コーン油を調整し、同様に実験を遂行した。リン脂質（PC）添加コーン油の濃度の違いはケルセチンの膜透過性に影響しなかったものの、リン脂質（PC）添加により PAMPA にてケルセチンの膜透過性に変化が見られたのでリン脂質（PC）添加コーン油の脂肪酸分布特性（図.5）が影響している可能性が示唆された。

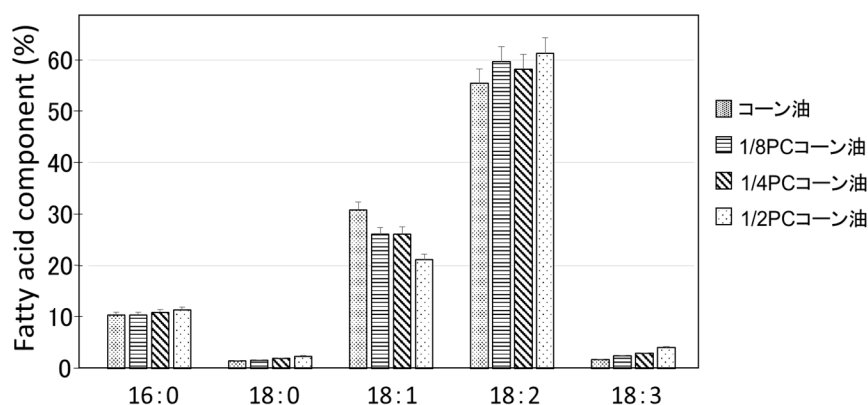


図.5 リン脂質（PC）添加コーン油の脂肪酸分布特性

4) 脂溶性成分の膜透過性に対して調理した際の影響は見られなかった。コーン油と「フライパンにて中火で3分加熱」の条件で調整した加熱コーンの脂肪酸分布特性に顕著な変化は見られなかった。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計2件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 坂本裕香、石井 剛志
2. 発表標題 脂溶性成分の人工膜透過性試験（PAMPA）における植物油中のリン脂質含有量の影響
3. 学会等名 第20回静岡ライフサイエンスシンポジウム
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 豊島 亮太、辻 愛、坂本 裕香、川畑 球一、石井 剛志
2. 発表標題 フラボノイドの分子会合に寄与する構造特性
3. 学会等名 農芸化学会
4. 発表年 2017年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

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
---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------