

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 6 月 7 日現在

機関番号：14301

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2013～2014

課題番号：25560036

研究課題名(和文)調理によって生理機能性成分を新たに創ることはできるのか？

研究課題名(英文)Is cooking capable of producing bio-functional components?

研究代表者

松村 康生 (MATSUMURA, YASUKI)

京都大学・(連合)農学研究科(研究院)・教授

研究者番号：50181756

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,800,000円

研究成果の概要(和文)：脂質代謝改善効果をもつオキソ酸は、トマトの加工工程で生じると考えられている。本研究では、トマト及び他の野菜を対象として、調理条件の違いによって、効率的にオキソ酸を生成させることができるのかを明らかにした。トマトを玉ねぎ、ニンニクなどと合わせ加熱することによりトマトソースを調製した。トマトソース中のオキソ酸は、トマトをミキサー処理することによって、さらに40℃で保持することによって増加した。官能検査の結果、オキソ酸を最大量含むトマトソースが、もっともおいしいと評価された。以上の結果、野菜の調理条件を制御することによって、体によく嗜好性にも優れた調理物を調製できる可能性が示唆された。

研究成果の概要(英文)：It was found that oxo-octadecanoic acids (ODA) are produced during the production process of tomato products such as juice. The aim of the present study is to know the effects of cooking or food processing condition on the amount of ODA in final products of tomato and other vegetables. Tomato sauce was made from tomato, onion, ginger and olive oil by cooking under various conditions. The amount of ODA was increased by chopping tomato with an electric mixer and keeping chopped tomato at 40℃ before mixing tomato with other vegetables and the final heating. Sensory testing revealed that the sauce with the highest amount of ODA was also evaluated as the best with respect to the acceptability or preference. These results indicate the possibility that the delicious and healthy final products are made from vegetables by controlling the cooking condition.

研究分野：食品科学

キーワード：調理 生理機能性成分 オキソ酸 野菜 嗜好性

1. 研究開始当初の背景

(1) 京都大学の河田照雄教授らのグループが、トマトジュース中に脂肪を燃焼させる成分が存在することを報告し、社会に大きなインパクトを与えた¹⁾。この成分は、13-oxo-9,11-octadecadienoic acid(略して13-oxo-ODA)であることが明らかとなった。一方、トマト果実中には、その異性体である9-oxo-10,12-octadecanoic acid(略して9-oxo-ODA)がわずかに存在し、活性としては劣るものの同様な効果を持つことも示された。いずれのODAもその構造からリノール酸にリポキシゲナーゼが作用し、生成されると考えられるが、その詳細は不明である。

(2) ODAには、合計4種類の異性体が存在するが、トマト果実と比較すると、そのジュース中には、ODA異性体が種類の上でも、量の上でも多く存在する。このことは、ODAがジュースの製造工程中に酵素反応によって、さらに生成されることを示している。

(3) 野菜の中には、トマト以外にも、ODAの基質となるリノール酸やリポキシゲナーゼをもつものは多い。このことは、野菜を調理、加工することによって、ODAを効率的に生成させることができる可能性を示唆している。

(4) これまで、食品分野では、野菜に含まれる生理機能成分に着目した研究は数多く存在したが、加工・調理によって、生理機能成分を生成、あるいは増強させることができるのか、という観点にたった研究はほとんど存在しなかった。そこで、私達は、トマトにいくつかの野菜を組み合わせることで、調理し、ODAを効率的に生成させることができるのか検討したいと着想するにいたった。

2. 研究の目的

(1) トマトにいくつかの野菜を組み合わせることでトマトソースを調製し、できあがったソース中にODAが生成するのか調べる。特に各種調理条件がODA生成に与える影響を明らかにする。

(2) 食品は、たとえ体によい成分を含んでいても、おいしくなければ食品として受け入れられることはない。そこで、(1)の各調理条件で調製したソースを対象として、嗜好性に関わる成分の分析を行うとともに、官能検査を実施し、その嗜好性について総合的に評価することも目的とする。

3. 研究の方法

(1) 試料及び試薬
 トマトは、井出トマト農園のBM桃太郎トマトを、玉ねぎ、ニンニクは市販品を、油脂は日清オイリオ株式会社のBOSCOオリーブオイルを使用した。各種定量で用いた試薬は全て和光純薬工業株式会社(大阪)製特級を使用した。

(2) トマトソースの調製
 試料配合割合と各資料の前処理

表1に示す通り、ソース材料の配合に関しては、トマト重量に対して、玉ねぎでは12.5%、ニンニクでは1.25%とし、「トマト、玉ねぎ、ニンニク」の重量に対してオリーブオイルは5%と、一定の分量配合されるようにした。

表1 トマトソース調製における各試料の添加割合

トマト	2果(300~400g)
玉ねぎ	トマト重量に対して12.5%
ニンニク	トマト重量に対して1.25%
オリーブオイル	トマト、玉ねぎ、ニンニクの総重量に対して5%

トマトは1/4カットしたもの、あるいはそれをミキサー処理したものを用いた。ニンニクは皮と根元を除き、粉碎した。玉ねぎも皮を剥ぎ粉碎した。

トマトソース調製法

各条件のトマトソース調製方法を以下に示す。

条件Aは、鍋にオリーブオイル、粉碎したニンニクを加え、弱火で2分間炒めた後、粉碎した玉ねぎを加え、4分間弱火で炒めた。この香味野菜にミキサー処理したトマトを加え、中火でソース量が煮詰め前の重量の60%になるまで煮詰めた。

条件Bは、条件Aと同様な操作で行ったが、加えたトマトの形態が1/4カットしたものであった。煮詰めた後ミキサー処理している。

条件Cは、条件Aと同様な方法で調理したが、加えたトマトは前もってミキサー処理した後、40℃で保持をしたものである。

条件Dは、トマトを真空パックし、40℃保持した後、ミキサー処理した。そのトマトを炒めた香味野菜の鍋に入れ煮詰めた。

(3) ODAの定量

調製したトマトソースを凍結乾燥した。乾燥粉末をエタノールで抽出し、遠心分離後の上清をUPLC-MS(カラム BEH C18 1.7um 2.1x100mm(Waters))で分析した²⁾。定量したODAは、以下の4種類である。

(10E,12Z)9-oxo-10,12-octadecadienoic acid
 : [略号 9-oxo-ODA(E,Z)]

(10E,12E)9-oxo-10,12-octadecadienoic acid
 : [9-oxo-ODA(E,E)]

(9Z,11E)13-oxo-9,11-octadecadienoic acid
 : [13-oxo-ODA(Z,E)]

(9E,11E)13-oxo-9,11-octadecadienoic acid
 : [13-oxo-ODA(E,E)]

(4) 嗜好性に関わる成分の分析

色の分析

カラーアナライザーを用い色差測定を行った。RGB値及びHSL値を算出した。

香気成分の分析

各ソースをガラスバイアルに密封し、ヘッドスペースガスをSPMEで分取し、GC-MSで

分析した。

糖の分析

還元糖の定量は Somogyi-Nelson 法で行った。フルクトース、グルコース、スクロースは HPLC により分析した。

酸度測定

トマトソースに加水し、遠心分離後の上清にフェノールフタレイン指示薬を加え、0.1 N 水酸化ナトリウム水溶液を用いて滴定を行い、酸度を求めた。

(5)官能検査

官能検査は武庫川女子大学の学生 26 名(平均 21.4 ± 0.6 歳)を対象として行った。香り色、味の項目と総合評価について 1 位から 4 位の順位付けの評価を行った。

4. 研究成果

(1) ODA 量の測定

トマトおよびトマトソース 1g 当たりの ODA 量を図 1 に示す。

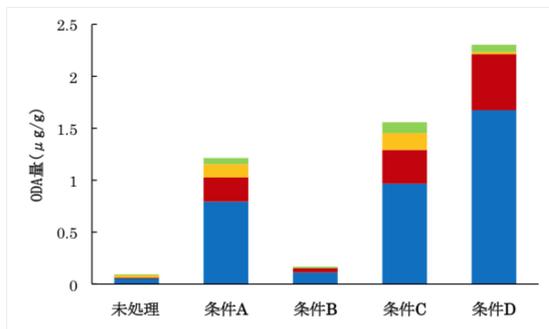


図 1 トマトソース中の ODA 量

トマト及びトマトソース 1g 当りの ODA 量測定結果を示す。は 13-oxo-ODA(e,e)、は 13-oxo-ODA(z,e)、は 9-oxo-ODA(e,e)、は 9-oxo-ODA(e,z)を示す。未処理は生のトマト、条件 A は「ミキサー処理後、香味野菜と混ぜて煮詰め」、条件 B は「香味野菜と混ぜて煮詰めた後、ミキサー処理」、条件 C は「ミキサー処理、40 保持後、香味野菜と混ぜて煮詰め」、条件 D は「40 保持、ミキサー処理後、香味野菜と混ぜて煮詰め」を示す。

未処理のトマトの ODA 量は $0.09 \mu\text{g/g}$ とほとんど含まれていなかったが、ソース状に調理した条件 A では $1.21 \mu\text{g/g}$ 、条件 B では $0.17 \mu\text{g/g}$ 、条件 C では $1.56 \mu\text{g/g}$ 、条件 D では $2.30 \mu\text{g/g}$ と、全条件において ODA 量は増加した。しかし、条件 B のみ ODA 量は他のソースに比べて低値を示した。条件 B は煮詰め後にソース全体をミキサーにかけているのに対し、条件 A、条件 C、条件 D は煮詰め前にミキサーにかけていることから、煮詰める前に細胞を壊す処理(ミキサー処理)を行うことで、トマト中の ODA の生成量が増加しやすいことが示された。

また、条件 A よりも条件 C、条件 D で ODA 量が多くなったことから、40 保持操作を行

うことにより ODA 量は増加したと考えられる。さらに、40 保持操作の効果は、ミキサー処理の前に行う方が、ODA 量増加が大きくなるという結果となった。

これらの結果より、条件 D の「40 保持、ミキサー処理後、煮詰め」のソースで ODA 量が最も多く生成され、これは煮詰め前の「ミキサー処理」及び「40 保持」によって、ODA を生成する酵素反応が効率的に行われたためであると考えられた。

(2) 香気分析

各条件のトマトソース中の香気成分の GC-MS 分析の結果を図 2 に示す。

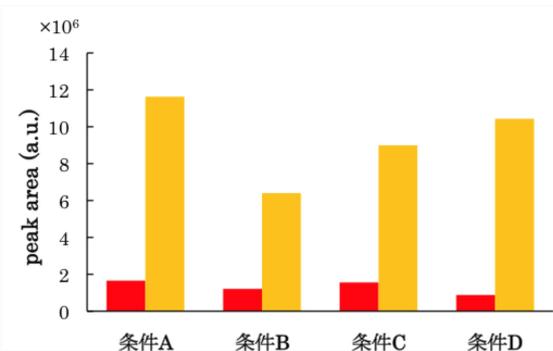


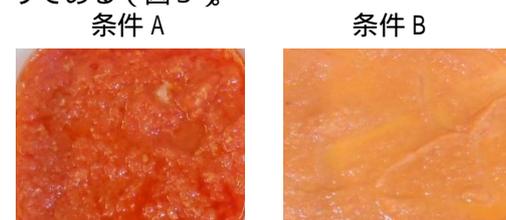
図 2 トマトソース中の香気成分の分析

グラフは各トマトソースの GC-MS 分析結果を示したものである。はトマト、はニンニクに特徴的な主要香気成分のピーク面積値の合計を示す。

各条件のトマトソース中香気成分の GC-MS 分析結果を図 2 に示す。各ソースにおいて、トマトに特徴的な主要香気成分はほぼ同ピーク面積を示し、差は認められなかったが、ニンニクに特徴的な主要香気成分は条件間に差が認められ、条件 B の場合に、他条件に比べて低値を示した。ニンニクは、アリイナーゼという酵素により、アリシン、ジアリルジスルフィドなどの香気成分を生成し、この生成要因は細胞破壊である。全ての条件においてニンニクは炒める直前に 30 秒間破碎しているため、香気成分を生成しやすい条件にあるが、条件 B のみ、煮詰め後にソース全体をミキサーにかけてきたことから、さらにニンニクが細分化され、他条件と比較して香気成分が揮発しやすい状態となり、香りが飛んでしまった可能性が考えられる。

(3) 色の分析

それぞれのソースの外観は以下に示した通りである(図 3)。



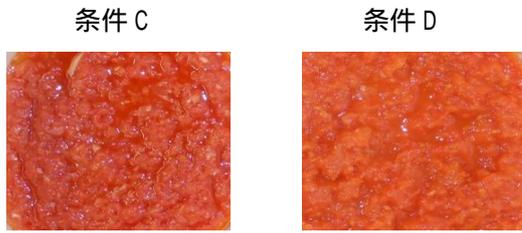


図3 トマトソースの外観

条件A及び条件Cは生のトマトに近い濃い赤色、条件Bは他条件に比べ顕著に薄い色、条件Dは条件A及び条件Cに比べ薄い赤色であった。実際の色差測定結果より、条件BのRGB合計値が最も高い値を示し、条件Dがそれに続き、条件A及び条件Cでは最も低かった。このようにRGB値の合計値は、生のトマトの色に近いものほど低値を示していた。また、HSL値では、H値(色相)やS値(彩度)に大きな差はみられなかったが、L値(明度)に関しては条件A、条件Cともに88と他条件に比べ低値を示し、生のトマトの色に近い濃い赤色を示した。また、条件BのL値(明度)では219となり、他条件と比べ高い値を示した。条件Bは、煮詰め後にソース全体をミキサーにかけるため、玉ねぎやニンニクが細かく砕かれ、色が薄まり、他条件のトマトソースの色差測定値と大きく異なると考えられた。

(4) 糖及び酸度の分析

Somogyi-Nelson法で還元糖の定量を行った結果、条件Cのソースが最も高い値を示し(約77mg)、条件Bのソースが最も低い値を示したが(約60mg)、全ての条件を通して有意な差は認められなかった。HPLCの糖分析の結果においても、条件Cのソースがやや高い値を示したものの、他の条件のソースとの間に有意な差は認められなかった。

酸度については、条件Bのソースが、クエン酸換算で8.16%と高く、他は約7.5%程度であった。

(5) 官能評価

香りに関する官能評価

「好みの香り」についての官能評価結果の結果、条件Dのソースの香りを好む人の割合が全体の46.2%で、最も好まれ、次いで条件Aの34.6%、以下は条件C、Dと続き、Dの場合は10%以下であった。「ニンニク臭の強さ」では、条件Dが42.3%と最も高い値となった。「香りの強さ」では、条件Dが79ポイント、次いで条件Aが72ポイント、条件Cが63ポイント、条件Bが46ポイントとなり、「好みの香り」の結果と同様の傾向を示した。これらの結果から、トマトソースの香りの強さと好みには関連性があり、香りが強いほど好まれることが示された。なお、ニンニクの香気成分分析の結果(前項)と好みの香

りの順位が一致していることから、トマトソースの香りの嗜好性にはニンニクの香りが大きく関与している可能性が考えられた。色に関する官能評価

「好みの色」では、条件Aを好む人が60%、条件Cが36%、条件Dが4%の順となり、条件Aと条件Cが特に好まれたのに対し、条件Bのトマトソースの色を好む人は0%であった。「色の濃さ」では、条件Aが83ポイント、条件Cが76ポイント、条件Dが57ポイント、条件Bが34ポイントとなり、特に条件A、条件Cのトマトソースの色を濃いと感じる傾向にあった。前項の色差測定の結果から、条件A及び条件CはRGB値の合計値、HSL値のL値(明度)が他条件に比べて低値であった。これらの結果より、トマトソースの色の濃さと好みの間には関連性が認められ、色が濃いと感じられる条件Aと条件Cが特に好まれることが示された。一方、条件Bの色は好まれず、4条件の中で色が最も薄いソースと評価された。条件Bは、煮詰め後にソース全体をミキサーにかけ、玉ねぎやニンニクが細かく砕かれたため、色が薄まったと考えられる。条件Dは、写真(図3)や色差測定において条件A及び条件Cと同程度の赤色を示していたが、条件A及び条件Cと比較すると色が薄く感じられ、そのため、「好みの色」では評価が低かったと考えられた。以上の結果を総合して、トマトソースの色としては、RGBの合計値が低く、HSL値ではL値(明度)が低い、トマトらしい濃い赤色が好まれることが示唆された。

味に関する官能評価

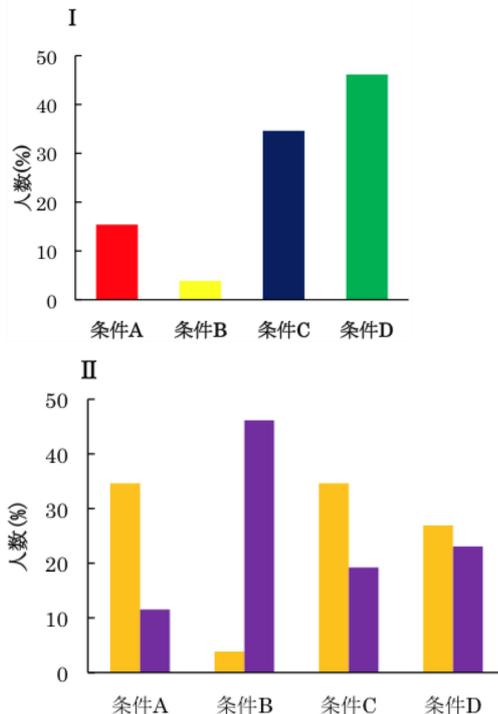


図4 味に関する官能評価の結果

は「好みの味」の結果を示す。は条件A「ミキサー処理後、煮詰め」、は条件B「煮詰め後、ミキサー処理」、は条件C「ミキ

サー処理、40 保持後、煮詰め」は条件 D「40 保持、ミキサー処理後、煮詰め」は「酸味・甘味の強さ」の結果を示す。は酸味の強さ、は甘味の強さを示す。

図 4- 「好みの味」では、条件 D が 46.2% と最も好まれ、次いで条件 C が 34.6%、条件 A が 15.4%、条件 B が 3.8% となった。また、図 4- の酸味が最も強いものを選択した人数の割合は、条件 A 及び条件 C が 34.6% と最も高く、次いで条件 D が 26.9%、条件 B が 3.8% となった。また、甘味が最も強いものを選択した人数の割合では、条件 B が 46.2% と最も高く、次いで条件 D が 23.1%、条件 C が 19.2%、最も低い条件 A は 11.5% となった。これらの酸味、甘味の感じ方は、実際のソース中に含まれる糖含有量及び酸度とは必ずしも相関していない(前項参照)。条件 B のソースなどでは、他と糖含量や酸度や大きくは異なっていないのに、酸味は感じられない一方で、強い甘味を感じている。このような味の感じ方は、ソースの物性やフレーバーに関係しているのかもしれない。

官能検査による総合評価

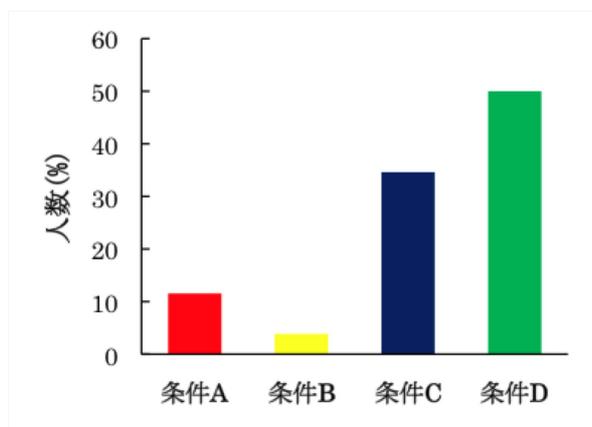


図 5 官能検査による総合評価の結果

は条件 A「ミキサー処理後、煮詰め」、は条件 B「煮詰め後、ミキサー処理」、は条件 C「ミキサー処理、40 保持後、煮詰め」、は条件 D「40 保持、ミキサー処理後、煮詰め」を示す。

官能評価における総合評価の結果を図 5 に示す。総合評価で最も好まれたのは、条件 D であり、50%をの人が好ましいと判断し、次いで条件 C が 34.6%、条件 A が 11.5%、条件 B が 3.8% と最も低い結果となった。この結果は、味の好み(図 4-)と同様の傾向を示していたことから、トマトソースの総合評価に際しては、香りや色よりも、味を重要視している可能性が示唆された。特に、酸味や甘味を強く感じすぎないソースが好まれる傾向にあったといえる。

(6) 結論

以上の結果より、条件 D「40 保持、ミキサー処理後、煮詰め」のトマトソースで ODA 生成量が最も多く、官能評価でも最も好まれることが示された。また、トマトソースの香りはニンニクの香りの強いもの、色は RGB 値及び L 値(明度)の低いトマトらしい濃い赤色のものが好まれる傾向にあった。しかし、総合評価に最も影響するのは味の好みであり、好まれる味の要因としては、甘味及び酸味は単独で好みを決定する要因にはならなかった。すなわち、甘味が強く、酸味が弱い条件 B がもっとも好まれず(図 4-II および図 5)、甘味も酸味も平均程度の条件 D がもっとも好まれるなど、甘味と酸味のバランスや他の味との組み合わせによって評価される可能性があることが示された。

以上、本研究によって、調理条件を制御することによって、効率的に野菜の生理機能成分を増強でき、かつ嗜好性に優れた調理物を調製できる可能性が示唆された。今後、他の野菜や調理法、調理技術を組み合わせて検討を進めることにより、野菜の消費・利用拡大につながる基礎的な知見が得られるものと期待される。

引用文献

Kim YI *et al.*, Potent PPAR α activator derived from tomato juice, 13-oxo-9,11-octadecadienoic acid, decreases plasma and hepatic triglyceride in obese diabetic mice. *PLoS One.*, **7**(2),e31317 (2012).

Takahashi H *et al.*, Comparative and stability analyses of 9- and 13-Oxo-octadecadienoic acids in various species of tomato. *Biosci. Biotech. Biochemi.*, **75**(8), 1621-1624 (2011).

5 . 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計 0 件)

〔学会発表〕(計 1 件)

武井友里恵、米山果歩、宮本有香、松村康生、調理条件がトマトソース中の機能性成分に与える影響。日本食品科学工学会第 61 回大会、2014 年 8 月 29 日、中村学園大学(福岡市)に於いて。

〔図書〕(計 0 件)

〔産業財産権〕

出願状況(計 0 件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
出願年月日：
国内外の別：

取得状況（計 0 件）

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
出願年月日：
取得年月日：
国内外の別：

〔その他〕
ホームページ等
なし

6. 研究組織

(1) 研究代表者

松村康生 (MATSUMURA, Yasuki)
京都大学・大学院農学研究科・教授
研究者番号：50181756

(2) 研究分担者

宮本有香 (MIYAMOTO, Yuka)
武庫川女子大学短期大学部・講師
研究者番号：70399252

(3) 連携研究者

()

研究者番号：