

トマトの味の再現 ～桃太郎の味のひみつ～

中島 杏奈 安田 伶央

要約

岡山県産の桃太郎という品種のトマトは、味も濃くおいしい。味はいろいろな成分の組み合わせでできていて、トマトの味にも組み合わせがある。トマトの味の成分組成を調べて、桃太郎トマトの味を実験室で再現できたら…と考えた。材料は熊本産・イタリア産缶詰・桃太郎トマトの三種を使う。比較することでより特徴を捉えやすくなると考えた。まず、イオン交換クロマトグラフィーで4つの画分に分離する。初めに、含まれるアミノ酸について調べた。薄層クロマトグラフィーでそれぞれの試料を展開する。事前にアミノ酸標準溶液から各アミノ酸の Rf 値を求めておいた値から含まれるアミノ酸を同定する。次に、含まれる糖量をフェノール-硫酸法で測定する。分析結果から得られたデータを元に、多く含まれるアミノ酸と、糖、クエン酸を溶かして桃太郎トマト味の水溶液を作成した。桃太郎トマトの分析結果は、うま味と甘味を持つアミノ酸のスポットが濃く出て苦みのアミノ酸のスポットはごく薄く、検出できた種類が少なく甘味のアミノ酸に集中し、糖量は他に比べて多い。この結果から、桃太郎トマトのおいしさの訳は、糖量も多いが甘味とうま味を感じるアミノ酸の種類も量も多く含む為、より甘く感じるからだと考えた。

1. 序論

トマトの中で、「桃太郎トマト」は味も濃くおいしい。他のトマトと比べて、この味の違いは何が違うからなのか。

トマトの味について調べると、トマトには多くのうま味が含まれていることがわかった。また、トマトの味はアミノ酸や糖類、有機酸、ミネラル類などの成分の組み合わせでできている。そこで、この味の成分を調べたらトマトの味が再現できるのではないかと考えた。

天然物の単離には、非破壊的な方法で検出する必要がある。そのため、本研究では主にクロマトグラフィーを利用して分析する。試料には三種類のトマトを使用する。それぞれの呈味成分を分析して「トマト特有の味」を検証し、また、今回の再現対象である「桃太郎トマト」の味の特徴を三種類のトマトの分析結果から比較し捉え、この味の再現を試みる。

2. 研究内容

実験1 イオン交換クロマトグラフィーによる

トマト成分の簡易分別

〈目的〉

三種類のトマトの果肉から液を絞り、簡易分別して今後の各種分析の前処理をする。

〈試料〉 熊本産トマト、イタリア産缶詰トマト、桃太郎トマト

〈試薬〉 2 mol/L HCl 溶液, 1N NaCl 溶液, 1 mol/L HCl 溶液, 0.8 mol/L HCl-55%エタノール溶液, 6 mol/L HCl 溶液

〈器具〉 クロマト管 (1.0×30cm), イオン交換樹脂 (DOWEX50w×8 200-400), 送風乾燥機 (FC-410), 三角フラスコ, スパチュラ, 1mL ホールピペット

〈手順〉

〈カラム下準備〉

1. クロマト管にイオン交換樹脂をスパチュラですくって入れ 5cm の高さに充填し、蒸留水で十分洗浄して液面を上端まで落とす。
2. 2 mol/L HCl 溶液 30mL, 1N NaCl 溶液 30mL, 1 mol/L HCl 溶液 30mL を 0.4mL/min の速度で流す。
3. 蒸留水を流し、十分洗浄する。

〈試料分析〉

4. トマトの果肉部分をガーゼで絞り、ろ紙で漉し試料とする。
5. 液面をカラム上端まで下げて、試料 1mL を静かに注ぎ、同じ流速で流す。蒸留水 20mL を流し、流下液を合わせて集める。[Fr. A]

- 0.8 mol/L HCl-55%エタノール溶液を 120mL 流し、流下液を集める。[Fr. B]
- 1 mol/L HCl 溶液 20mL を流し、流下液を集める。[Fr. C]
- 6 mol/L HCl 溶液 20mL を流し、流下液を集める。[Fr. D]
- これらの画分を送風乾燥し、乾固する。
- 蒸留水を少量加え、再び送風乾燥する。
- 一定量の蒸留水を加えてよく溶かし、この[Fr. A]～[Fr. D]を使ってさらに分析する。



図1. 試料作成



図2. 実験装置



図3. 分離後の試料



図4. 乾燥機で風乾

- この薄層プレートに印をつけておいた位置に、試料をスポットする。
- 展開槽に試料を付けた薄層プレートを浸して密閉し、7cm 程度展開する。
- 展開後、展開液の先端をマーキングし、ドラフト内で乾燥させる。
- 乾燥後の薄層プレートにドラフト内で 0.1%ニンヒドリン-n-ブタノール溶液を噴霧し、発色させる。
- ドライヤーで加熱し、乾燥させる。
- 発色した部分の中心をマークし、Rf 値を求める。



図5. 展開槽



図6. 試料をスポットする

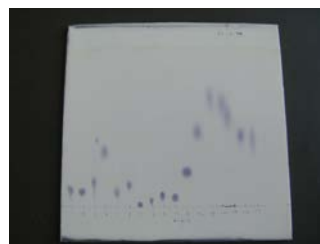


図7. 展開後のプレート

実験2 薄層クロマトグラフィーによる標準アミノ酸溶液の Rf 値の測定

〈目的〉

各アミノ酸の Rf 値を測定し、トマトに含まれる未知のアミノ酸を同定するため。

〈試料〉 アミノ酸標準溶液(0.01mol/L)

Asp, Thr, Ser, GLu, GLy, ALa, Met,

Leu, Tyr, Lys, His, Arg, Pro, VaL, ILe, Phe, Cys, Trp

〈試薬〉(展開剤) n-ブタノール:酢酸:水(4:1:1)

(発色剤) 0.1%ニンヒドリン-n-ブタノール溶液

〈器具〉 展開槽, 薄層プレート(アビセル SF セルロース薄層プレート 10×10cm), 毛细管, ドライヤー, アトマイザー

〈手順〉

- 展開槽に n-ブタノール:酢酸:水(4:1:1)を入れ、蓋をして密閉し、蒸気を満たしておく。(展開は上昇法)
- 薄層プレートの下の方から 1.5~2cm のところに、スタートライン(ベースライン(原点))を書く。

〈結果〉

表1. 各アミノ酸の Rf 値

		Rf 値 (平均)
グリシン	GLy	0.097
セリン	Ser	0.074
トレオニン	Thr	0.152
チロシン	Tyr	0.319
アスパラギン酸	Asp	0.083
グルタミン酸	GLu	0.125
シスチン	Cys	0.014
リジン	Lys	0.046
アルギニン	Arg	0.063
ヒスチジン	His	0.048
アラニン	ALa	0.208
バリン	VaL	0.447
ロイシン	Leu	0.719

イソロイシン	ILe	0.633
フェニルアラニン	Phe	0.566
メチオニン	Met	0.485
トリプトファン	Trp	0.402

実験3 トマトに含まれるアミノ酸の分析

〈目的〉

イオン交換クロマトグラフィー後のFr. B, Dの溶液を使って、薄層クロマトグラフィーでそれぞれのトマトに含まれるアミノ酸を分離・分析する。

〈試料〉熊本産トマト, イタリア産缶詰トマト,

桃太郎トマトのFr. B, Dの溶液

〈試薬〉(展開剤) n-ブタノール:酢酸:水 (4:1:1)

(発色剤) 0.1%ニンヒドリン-n-ブタノール溶液

〈器具〉展開槽, 薄層プレート(アビセルSFセルロース薄層プレート10×10cm), 毛細管, ドライヤー, アトマイザー

〈手順〉

1~8. 実験2と同様に行う。

9. あらかじめ測定しておいたアミノ酸標準溶液のRf値を使って、求めたRf値からそれぞれのトマトに含まれるアミノ酸を同定する。

〈結果〉

〈各トマトのRf値〉

表2. 熊本産トマト

	Rf値	予想されるアミノ酸
Fr.B①	0.017	シスチン
②	0.046	セリン
③	0.089	アスパラギン酸
④	0.143	グルタミン酸
⑤	0.215	アラニン
⑥	0.28	チロシン
⑦	0.336	トリプトファン
⑧	0.517	フェニルアラニン
⑨	0.638	イソロイシン
⑩	0.731	ロイシン
Fr.D	0.043	リジン

表3. イタリア産缶詰トマト

	Rf値	予想されるアミノ酸
Fr.B①	0.015	シスチン
②	0.04	セリン
③	0.087	アスパラギン酸
④	0.137	グルタミン酸
⑤	0.181	トレオニン
⑥	0.231	アラニン
⑦	0.291	チロシン
⑧	0.39	トリプトファン
⑨	0.521	フェニルアラニン
⑩	0.706	ロイシン
Fr.D	0.043	リジン

表4. 桃太郎トマト

	Rf値	予想されるアミノ酸
Fr.B①	0.021	シスチン
②	0.044	セリン
③	0.081	アスパラギン酸
④	0.136	グルタミン酸
⑤	0.198	トレオニン
⑥	0.25	アラニン
⑦	0.291	チロシン
Fr.D	0.042	リジン

〈各トマトの展開後の薄層プレート〉



図8. 熊本産トマト



図9. イタリア産缶詰トマト



図10. 桃太郎トマト

〈考察〉

三種類のトマトに含まれるアミノ酸を分離し比較した。

熊本産トマトでは、グルタミン酸以外のアミノ酸のスポットは同じ色調で、検出できた種類は多いが全体的に色調は薄い。イタリア産トマトでは、スポットの数が他より多く色調も濃い。移動距離の大きいスポットの色調は、他に比べて濃く検出した。全体的に色調が濃く検出。桃太郎トマトでは、グルタミン酸のスポットの色調が3つの中で際立って濃い。移動距離が小さいものに集中し、移動距離の大きいスポットは薄く見にくかった。

側鎖にOH基などの水に馴染みやすい官能基を持つ親水性アミノ酸は、この溶媒に対して溶けにくいいため移動速度が遅くなり、溶けやすい疎水性アミノ酸は移動速度が速くなる。また、この発色にはニンヒドリン反応を使った。この反応は検出とともに、発色の濃淡である程度の量の判断ができる。このことから、熊本産は含有するアミノ酸の種類は同等だが含有量が少なく、イタリア産缶詰は種類も含有量も多く、桃太郎は親水性アミノ酸を主に含有し、疎水性アミノ酸の含有量は少ないことが分かる。

シャーレンバガーのAH-B説によると、グリシンやアラニンなどは比較的甘味を示し、多くのL型の疎水性アミノ酸は苦味を持つといわれている。甘味を感じるのは、側鎖が小さいために甘味受容体と結合できるが、側鎖が大きいと立体障害を生じ結合できないため甘味を感じない。この説から考え三つのトマトの味の特徴を捉えてみると、熊本産トマトは、スポットの色調が全体的に薄く見られることから味も薄くてさっぱりしていることがわかる。イタリア産缶詰トマトは、3つのトマトの中で色調が濃く他の2つのトマトより味が濃いことがわかる。桃太郎トマトは、数が少なく移動距離も小さいものが中心である。苦味を感じるアミノ酸が少なく、甘味を感じるアミノ酸が目立って検出されたことがわかる。

また、三つのトマトに共通していたのはグルタミン酸のスポットを一番濃く検出したことである。このアミノ酸はトマトの味に関わる大きな要素の一つだといえる。

実験4 フェノール-硫酸法によるトマトの全糖量の測定

〈目的〉

三種類のトマトに含まれる糖量を測定する。

〈試料〉熊本産トマト、イタリア産缶詰トマト、

桃太郎トマトのFr.Aの溶液

〈試薬〉0~115 $\mu\text{g/mL}$ のブドウ糖標準溶液, 5%フェノール溶液, 濃硫酸

〈器具〉分光光度計(OPTIMA SP-300), セル, 試験管, 駒込ピペット

〈糖標準溶液から検量線の作成〉

1. 試験管に各標準溶液 1mL と 5%フェノール溶液 1mL をとり、濃硫酸 5mL を液面に直接当たるように加え混合し、発色させる。
2. 強く発熱する為室温で放冷し、490nm の吸光度を測定。
3. 検量線を作成する。

〈試料の全糖量を求める〉

4. 試料溶液(10倍希釈)を同様に発色させ、吸光度を測定する。
5. 検量線から試料の糖量を求める。



図 11. 分光光度計

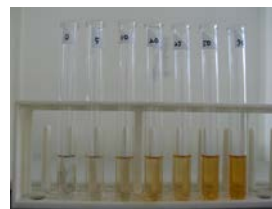


図 12. 発色後の溶液

〈結果〉

表 4. ブドウ糖標準溶液の吸光度 (濃度: $\mu\text{g/mL}$)

濃度	0	10	20	25	50	70	75	110	115
A	0	0.15	0.31	0.38	0.875	1.05	1.135	1.662	1.736

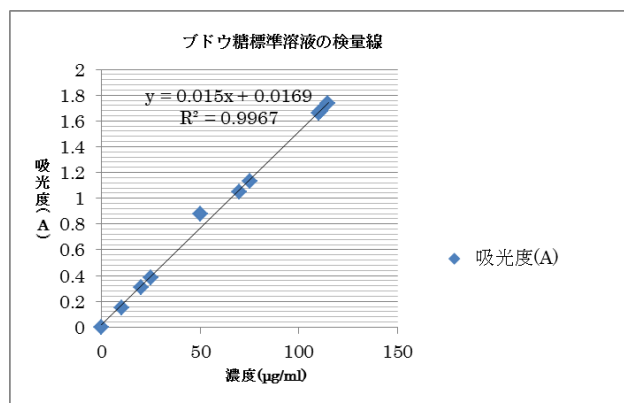


図 12. 検量線

表6. 各トマトの吸光度と全糖量

	吸光度	糖量 (μg/mL)
熊本産トマト	1.672	1110
イタリア産缶詰トマト	1.662	1100
桃太郎トマト	1.736	1145

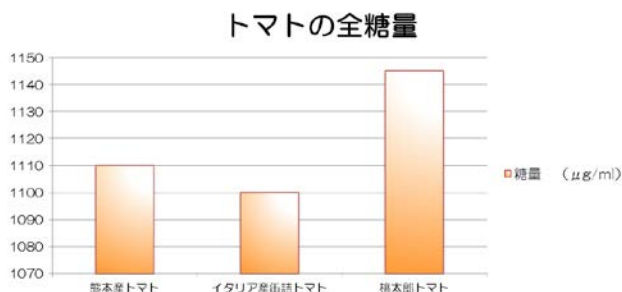


図14. 三種類のトマトの糖量

〈考察〉

糖と強酸の加熱により生ずるフルフラール類は、フェノールと反応して褐色の呈色物質を生成する。この処理で多糖も加水分解を受けるので、全糖量を測定することができる。

測定すると、熊本産とイタリア産缶詰トマトの含有量はほぼ同量で、桃太郎は他の二つのトマトより含有量が多かった。

実験1~4から、桃太郎トマトの味について検証する。

まず、アミノ酸については、移動距離の小さいスポットが集中していることから、主に親水性を示すアミノ酸が含まれていると考える。この集中したスポットについて分析すると、特に濃く検出したのはグルタミン酸で、うま味に関わるアミノ酸である。また、トレオニン、アラニン、チロシンなどのスポットが検出され、これらは側鎖の構造が小さく、前述の説から甘味を感じるアミノ酸ではないかと考える。

また、移動距離の大きい疎水性アミノ酸の含有が極めて少ないことがわかった。疎水性アミノ酸の含有が少ないということは、苦味を示す要素が少ないといえる。

糖の含有量が多く、うま味と甘味のアミノ酸を主に含有し、他のアミノ酸の含有量が少ないことから、より強く甘味とうま味を感じるために、桃太郎トマトは「甘くおいしい」と感じるのではないかと考える。

この結果を元に、味の再現実験を行うことにした。

実験5 トマトの味の再現

〈目的〉

実験1~4で得られたデータから、桃太郎トマトの味を合成する。

〈材料〉 ミネラルウォーター 50mL (コントレックス:

ミネラル分を多く含むものを選択)、ブドウ糖 0.1g(約0.2%)、クエン酸 0.25g(約0.5%)、アミノ酸 (桃太郎トマトから検出したものから1~3の配合)

表7. アミノ酸の配合 (g)

アミノ酸	1	2	3
グルタミン酸	0.38	0.38	0.38
アスパラギン酸	0.07	0.07	0.07
アラニン	0.045	0.045	0.045
チロシン	0.09	0.09	0.09
トレオニン	0	0.06	0
セリン	0	0	0.055

〈試薬〉(展開剤) n-ブタノール:酢酸:水(4:1:1)

(発色剤) 0.1%ニンヒドリン-n-ブタノール溶液

〈器具〉ビーカー, メスシリンダー, 攪拌機, 電子天秤, 展開槽, 薄層プレート(アビセル SF セルロース 薄層プレート 10×10cm), 毛細管, ドライヤー, アトマイザー, サンプル瓶

〈手順〉

1. 1~3の配合のアミノ酸を量り取る。
2. クエン酸, ブドウ糖を量り取る。
3. 1~3のそれぞれのアミノ酸, ブドウ糖, クエン酸, ミネラルウォーターを混合する。
4. 味見する。
5. 1~3の溶液を薄層クロマトグラフィーで分離し, 桃太郎トマト Fr. B のスポットと比較する。



図15. 混合材料



図16. 合成した溶液

〈結果〉

表 8. 味見の感想

1	すっぱかった。 甘味を特に感じられなかった。
2	酸味はあまり感じられなかった。 一番甘味を感じられた。 一番トマトらしい。
3	3つの中で一番すっぱかった。 甘味より酸味が際立った感じがした。



図 17. 桃太郎 Fr. B のスポット



図 18. 1~3 のスポット

〈考察〉

実験データから三つの条件でアミノ酸を配合し、溶液を作成した。食品成分表で調べると無機質も多く含んでいたため、この条件を満たすために再現には硬水を使用した。また、有機酸については、今回の実験では試料から分析していないので、文献から 0.5% と設定した。また、グルタミン酸とアスパラギン酸の量の割合では、文献を参考に 4:1 にした。配合条件には濃く検出された 5 種類を基本に配合し、甘味を感じるアミノ酸の種類を加減した。濃度は 0.01mol/L を基準にした。

この条件で桃太郎トマトの味の再現を試みたところ、かなり近い味の水溶液ができた。薄層クロマトグラフィーで分離し、桃太郎トマトから検出したスポットと比較すると、特に 1 の溶液の出方や色調が近似した。

1~3 の溶液を薄層クロマトグラフィーで分離して比較すると近似のスポットが検出できたが、実際に味見すると 1 種類のアミノ酸の加減だけで味がかなり異なった。

また、たくさんの人に味見をしてもらうと意見が分かれた。近い味と感じた件数は、2 が一番多く、1 が少し、3 はほとんどなかった。2 のトレオニンを加えたものが一番近い味と感じた件数が多かった。「トマトの味」と感じ

る要素が何であるか、意見も様々だった。性別や年代、食習慣などで異なるのではないかと考えられる。

3. 結論

桃太郎トマトの味の再現は、かなり近い味の溶液を作成することができ、再現ができたのではないと思う。

分析結果から、桃太郎トマトは、① 含まれる糖の量が多い、② 検出できたアミノ酸の種類が少ない、③ うま味や甘味を感じるアミノ酸がほとんどを占め、その量も多い (特にグルタミン酸)、④ 苦味を感じるアミノ酸をほとんど検出できない、この①~④の相互作用で、より甘く、おいしく感じるのではないかと考える。

この合成した水溶液を各年代・性別で味見をしてもらうと、意見が分かれた。「トマトである」という味の要素が、人それぞれで様々であるようだ。多くの人に「トマト味」と認識してもらえるには、どのような条件が考えられるのかが課題となった。

4. 今後の課題

多くの人に「トマトらしい味」と認識してもらえる水溶液の作成が課題である。アミノ酸の配合については、組み合わせの違いで呈味がどのように変化するのか研究してみたい。また、有機酸、糖の他にも味に関わる考えられる要素を検証したいと思う。

そして、ほかの野菜や果物などの味も再現できるのか調べたい。

5. 参考文献

うま味の文化・UMAMI の科学

(山口静子監修 丸善株式会社 1999)

うま味 味の再発見 栄大選書

(河村洋二郎他 女子栄養大学出版 1987)

食品学総論実験 (江角彰彦著 同文書院 2007)

新食品学実験法 (高橋幸資他 朝倉書店 2008)

サイエンスビュー化学総合資 (実教出版 2009)

ダイナミックワイド図説生物 (東京書籍 2010)

新ビジュアル食品成分表 (大修館書店 2001)

化学大辞典 (共立出版 1963)

