

食 材 研 究

— トマトの生産・流通から栄養機能まで —

人間社会学部 スポーツ健康学科

於勢貴美子

1. トマトの来歴と品種

トマト (*Solanum lycopersicum*) はアンデス地方を原産地とするナス科ナス属の1年生植物で、世界には8000種以上もの品種が分布している。果肉の色調で赤系とピンク系に大きく分けられ、欧米ではトマトの香りと酸味が強い赤系トマトが調理・加工用品種として利用されているが、我が国では桃太郎を主要品種としたピンク系トマトがほとんどで、サラダなど生食用として利用されている。

トマトはスペイン人の手で南米から南ヨーロッパに渡りパスタソースやケチャップの原材料となり、その後トマトケチャップが欠かせないハンバーガーやホットドッグを通じて世界中に広まった。加工用トマトはイタリアのナポリの南にあるサンマルツァーノ村特産のサンマルツァーノ種が有名であるが、現在は機械収穫や病気に強い品種への改良が進んでいる。イタリアをはじめとする地中海沿岸諸国では、古くから家庭料理にトマトをふんだんに使用し、ソースやジュースの原料としてなくてはならないものとなっている。特にトマトに含まれるグルタミン酸がうま味、クエン酸やリンゴ酸が酸味として料理のアクセントとなると同時にペクチン物質等の可溶性固形分が加熱により独特のとろみを出す。カロテノイド系色素の一種であるリコピンが食欲をそそる鮮やかな赤色を示すと共に、熱にたいへん安定な色素であることから、トマト

は煮込み料理など長時間の加熱に適し西洋料理の中では重要な食品材料の1つである。

17世紀半ばにオランダ人によって日本に導入されたトマトは、当初主に観賞用であり、私たちが野菜として受け入れるようになったのは西洋料理が入ってきた明治時代になってからである¹⁾。

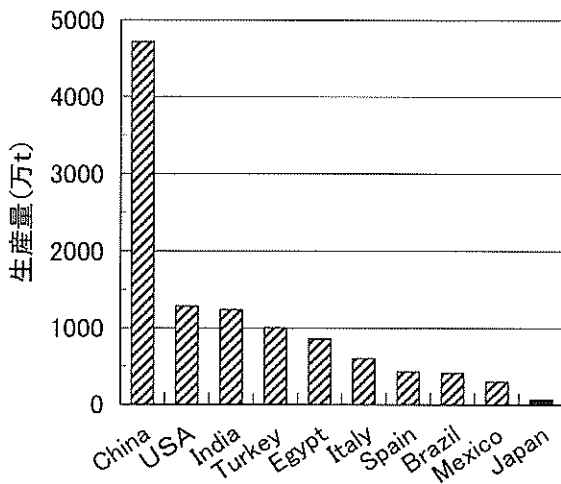
明治初期に導入された品種は赤系のトマト臭が強く酸味のある「ベストオブオール」や「プリンスオブウェールズ」であったため、ジュースやシチューなど加工・調理用に利用されたもののそれほど重要な野菜とはならなかった。第2次大戦後、ピンク系の大玉で多肉質な「ポンテローザ」が利用され始める²⁾と、その頃食生活の洋風化が始まったことで野菜を生で食べるサラダや付け合せに欠かせない野菜となった。その後国内で品種改良が進み、「強力東光」や「福寿」などが開発され生食用の野菜として消費が増えてきた。

トマト果実は夏を旬とする野菜であるが、施設栽培が始まり高知県でハウス栽培された「ファースト」系トマトが夏場以外にも市場に出回るようになった。1970年代後半には、果肉が硬く未熟な段階で収穫しても消費者の手元に届くころに適度な熟度となる「桃太郎」が品種開発され、現在、貯蔵性や流通性の観点から、市場に出回っているトマト果実は「桃太郎」の改良品種がほとんどである。

2. トマト果実の生産状況

(1) 世界におけるトマト果実の主要生産国と生産量

世界のトマトの総生産量は約1億1000万t (FAO 2010年度) で、主な生産国として中国が4700万tで最も多く、次いでアメリカが1300万t、インドが1200万tとなっている(第1図)。同じ年度の日本における生産量はFAOの統計では約69万tとなっており、中国を除いた主要生産国の15分の1程度である。

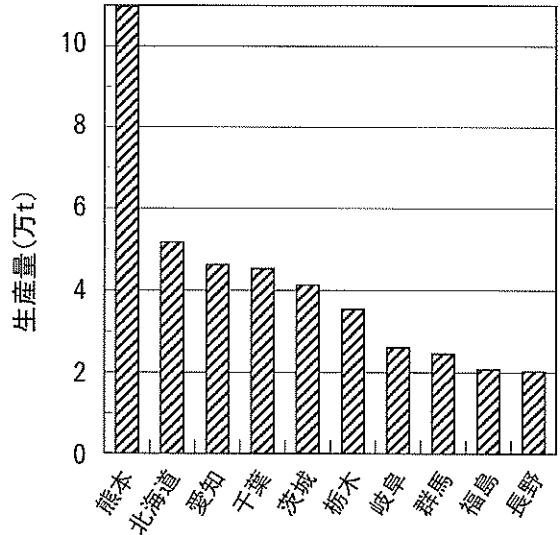


第1図 世界におけるトマト果実の主要生産国 (2010年度 FAOより作図)

(2) 我が国におけるトマト果実の主要生産地と生産状況

トマト果実は夏が旬の野菜であるが、今ではほぼ1年中手に入る野菜となっているのは南北に細長い日本列島において季節によって栽培される産地が移動することと、露地栽培にハウス促成、半促成、ハウス抑制栽培などの施設栽培を組み合わせた作型が確立されているからである。

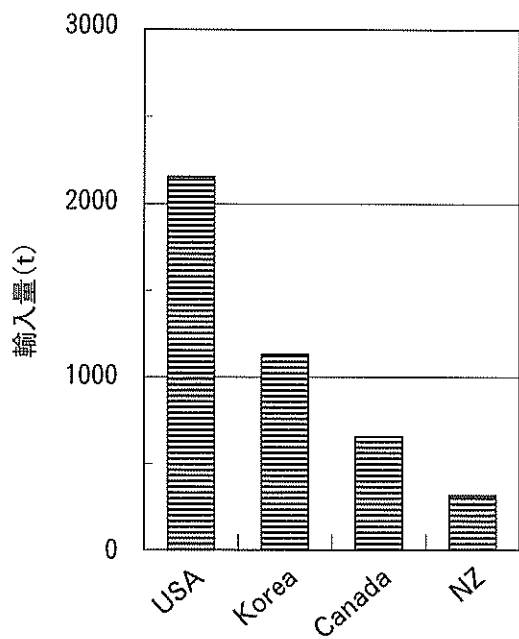
国内のトマト果実の主要生産地は熊本県で年間約11万t、次いで北海道、愛知県、千葉県である(第2図)。ほとんどの年で年間2



第2図 我が国における主なトマトの生産地と生産量

(2011年度 野菜生産出荷統計より作図)

から6万t程度を生産していることから、2000年にはアメリカ、韓国やカナダから500~2000tが輸入されているものの生産量の0.6%程度であり、国内で消費されているトマト果実のうち、生食用として市場に出回っているほとんどは国産である³⁾。



第3図 トマト果実の主要輸入国 (2000年度 貿易統計より作図)

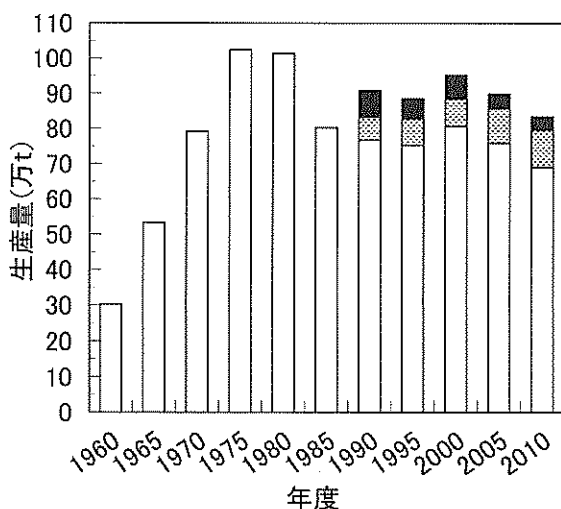
我が国においてトマト果実は、普通トマト、ミニトマトと加工用トマトが栽培されているが、普通トマトは1970年代に約100万t栽培されたのがピークでその後2011年に70.3万tにまで減少している。それに対し、ミニトマトは統計がとられ始めた1990年の6.4万tから年々増加し2011年には11万tと約2倍にまで生産量が増えている。加工用トマトは2000年頃までに6.6万tに増加したがその後は減少しており、2011年には2.9万と半分まで減少している。このようにわが国のトマトの年間生産量は、ピンク系の桃太郎など生食用品種としての普通トマトが60～70万tを推移しているのに対し、赤系の加工用トマトはその10分の1程度である。

イタリア料理ブームが起こった2000年頃に調理用トマトが注目され食品素材として加工用品種の赤系トマトの消費が増えたが、当時、調理用トマトの生果はトマト加工メーカーが独自の品種改良と農家との契約栽培を行って

おり、収穫後ただちにフレッシュパックされており、おもにトマトジュースの原料として利用されるため、一般の市場に出回ることはほとんどなかった。

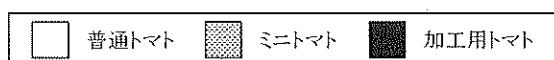
このように赤系品種は一般消費者の手に入ることが難しかったため主に家庭用には輸入缶詰が利用されていた。その後生果での国内産調理用トマトが求められるようになり、タキイ種苗会社から「ティオクック」等の新品种が開発され、また、カゴメ㈱の「こくみトマト」の一品種として高リコピンタイプの赤系の生食用トマトが市場で見かけられるようになった。

最近では、糖度が9度以上の高糖度トマト（フルーツトマト）など、付加価値を付けたトマトの栽培方法が確立され、味を差別化して高い価格で売れるブランドトマトが定着するようになった。このような高糖度トマトは特別な品種ではなく、一般的な品種を従来と異なった方法で栽培したもので、たとえば土耕栽培では、隔離ベットや水はけのよい砂地などで栽培し水分をコントロールすることによって水分ストレスを与える方法と、水耕栽培では培養液の肥料濃度を上げて、高濃度培養液管理を行い植物体の吸水を抑制する方法で、やや小さめな高糖度の果実をつくるという方法がとられている。徳谷トマトや塩トマトなどのブランドトマトがこれである。



第4図 我が国におけるトマト果実の生産量の推移

(FAOおよび野菜生産出荷統計より作図)



3. トマトの栄養成分と機能性成分

半世紀以上に国民食糧および栄養対策審議会から公表された日本食品標準成分表が、その後改訂が繰り返され平成25年1月現在、文部科学省科学技術・学術審議会資源調査会分科会報告の「5訂増補日本食品標準成分表」

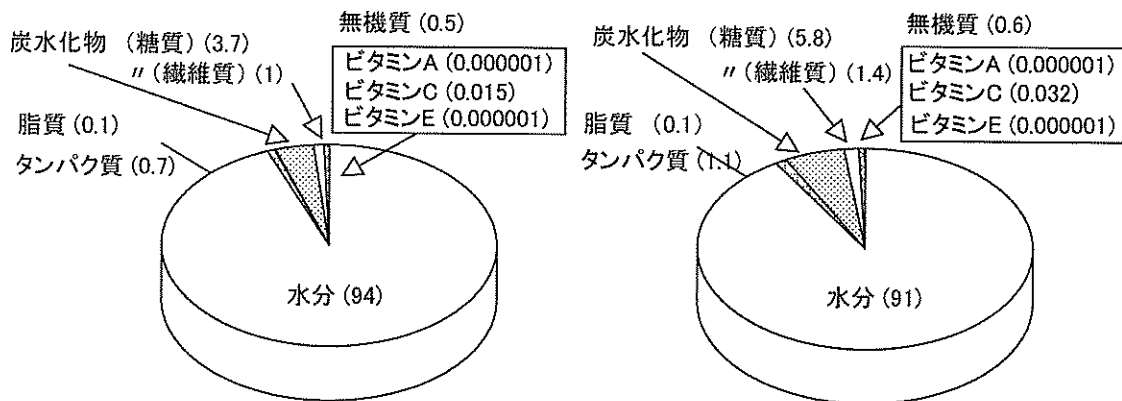
が最新版である。改訂が繰り返されても、そのたびにすべての食品成分が測定しなおされるわけではない。しかし野菜に関しては、これまでに掲載されていなかった新野菜が増えたことや、従来の野菜が、ハウス栽培など作型の多様化や季節による栽培地の移動で周年供給が広がったこと、また、外食産業や食品スーパーの広まりで常時一定量の供給が必要となり、輸入野菜が増加したこと、さらに2000年1月から始まった有機農産物表示の義務付けに伴い認証を受けた有機農産物が流通するようになるなど、野菜の栽培・流通を取り巻く環境が著しく変化したこと、いくつかのデータが変更されている。例としてミニトマトはこれまで掲載されていなかったが、新規に加えられた野菜の1つである。

1年中食卓にのる野菜の1つであるトマトについては5訂版において全面的に分析しなおされた。しかし栽培条件の違いによる成分表示を行うかどうかの検討が行われたものの露地栽培とハウス栽培、化学肥料を使用した従来の栽培と有機肥料を用いた有機農産物に一定の傾向がなかったため⁴⁾、栽培条件で区分して表示することは見送られた。最近では

輸入品も増えていることから、成分分析に用いた試料には輸入品も加え、消費者の野菜摂取の実態に即したサンプリングがなされた。これに対してハウレンソウには、ビタミンC含量が冬季に高く夏季に低いことが多くの文献で報告されており、その有意な含量差が、収穫直後であっても品種が異なっても認められることから、冬季と夏季に分けて掲載されることとなった⁵⁾。

第5図に示したように、トマト果実は90%以上が水分で、栄養成分としてのタンパク質と脂質は少ない。タンパク質の主な構成アミノ酸はうま味を示すグルタミン酸でソースやジュース等に加工した時の呈味成分として重要な役割を果たしている。100g新鮮重当たり4.7g含まれている炭水化物の内訳は3.7gが糖質でそのほとんどは甘味を示すグルコース（ブドウ糖）やフルクトース（果糖）などの単糖類で、約1gが繊維質である。ミニトマトは普通トマトに比べ水分がやや少なく、糖質が2gほど多いが、成分表に示されるそのほかの栄養成分にそれほど大きな差はない。

このようにトマト果実の成分は私たちの生命を維持するための五大栄養素という点から



第5図 普通トマト（左）とミニトマト（右）の栄養成分について
（カッコ内の数値は生果100g当たりの含有量 単位はg）

見るとあまり重要な食材ではないものの、最近はその以外の成分が注目されるようになってきた。例えば、リコピンなどの抗酸化物質や食物繊維である。

人間にとって酸素は生命を維持するためになくてはならない物質であるが、生体内で呼吸、消化などエネルギー代謝の過程で酸素由来のフリーラジカル（活性酸素）に転換され、これらはある一定の酸化還元バランスが崩れると、核酸や細胞膜成分の代謝系に障害を与え、老化や発がん等を引き起こす原因物質となる⁶⁾。このために生体内にはスーパーオキシドディスムターゼ（SOD）やカタラーゼを活性化して、過酸化物を除去するシステムが存在する。植物も同様に、自身の生体内における代謝に伴い発生した活性酸素を除去するSODやカタラーゼ、ビタミンCを特異的に電子供与体とするアスコルビン酸パーオキシダーゼなど過酸化物を除去する酵素や、アントシアン系色素をはじめとしたポリフェノール類やカロテノイド系の色素等の抗酸化力のある成分を含有している。

人間が長い年月をかけて多数の植物の中から選別し改良し植物性食品として確立したのが、現在私たちが利用している野菜や果物である。このような植物性食品が含有する成分の中には、炭水化物、タンパク質や脂質などのエネルギーや体の構成成分を作り出す栄養成分と、人間の体内の酸化ストレスを抑制する抗酸化成分としての役割を果たすものがある。現在これらの成分は、生体の機能を調節する機能性成分としての役割が認められ、野菜や果物は食品としての重要性が注目されている。

ビタミン類の中で（体内で発生した「活性

酸素」を除去する）抗酸化性を示すものとして、アスコルビン酸（ビタミンC）、トコフェロール（ビタミンE）やカロテノイド系の色素（ビタミンA）がある。これらの抗酸化性のあるビタミンは、たとえば脂溶性ビタミンであるビタミンEは自身が酸化されることで脂肪の酸化を抑え、水溶性ビタミンであるビタミンCも同様に自身が酸化されることにより相手を還元する。それぞれが単独でも還元力を発揮すると同時に、共存すれば酸化されたビタミンEをもとに戻す働きもする。トマト果実はカロテンとしてビタミンAを45 μ g、ビタミンCを15mg含んでいる。また、ビタミンEとして α -トコフェロールを0.9mgおよび γ -トコフェロールを0.2mg含んでおり抗酸化性成分として働いている⁶⁾。

カロテノイド系色素は体内で分解されビタミンA（主にレチノール）となる。トマト果実は成熟するにつれてクロロフィルが分解し、カロテノイド系色素の β -カロテンとリコペンが生合成されて着色する⁷⁾。トマト果実の色調は橙色の β -カロテンよりも赤色のリコペンによるもので、加工用品種は生食用品種の2~3倍多くリコペンを含有している。 β -カロテンは体内でビタミンA効力を示し、皮膚や粘膜の健康を保ち、抗酸化力を持つなどの生理作用を持つ。トマトの赤色を発色するリコペンは同じくカロテノイド系の色素であるが、ビタミンA効力をもたないことからこれまで注目されてこなかったが、最近ではリコペン自身がカロテンやビタミンE以上に活性酸素除去能をもつことがわかり、抗酸化作用をもつ物質の一つとしてその機能性が注目されるようになってきた。

最近、肥満による脂質異常症や脂肪肝を改

善する新しい成分として13-オキソオクタデカジエン酸 (13-oxo-ODA ; 13-oxo-9,11-octadecadienoic acid) が見いだされた⁸⁾。この物質は不飽和脂肪酸の1種で特にトマト果汁の中に含まれており、体内で脂肪の燃焼を促進する。肥満・糖尿病モデルマウスに13-oxo-ODAを0.02%あるいは0.05%を加えた高脂肪食を与えて4週間飼育すると、血中および肝臓中の中性脂肪量の上昇を抑制したと報告されている。これを人間が摂取する量に換算すると、毎食時にトマトジュース200mlを飲む場合に相当する。

その他のトマトに含まれる生体調節機能を持つ成分として、食物繊維の一種であるペクチン物質がある。ペクチン物質は植物の細胞壁の中葉や1次細胞壁に存在し植物細胞の接着剤としての役割を果たしており、成熟初期には高分子物質であるプロトペクチンが多く果肉は硬いが、熟度が進むにつれてペクチン分解酵素が活性化され低分子化するので、果肉が軟らかくなり私たちは果物が熟れたと感じる⁹⁾。このような果実の熟度変化に関わる成分が、私たちの体内に入ると腸のぜん動作用を促進する生体調節機能としての働くのである。

4. トマト果実の熟度と収穫後の品質保持

果実や果菜類は収穫されるまで樹上で熟度が進み成熟する。しかしこれらは収穫された後も生体内で生理的变化を起こし、熟度が進展する¹⁰⁾。これは追熟という生理的变化でトマトは追熟する性質を持つ果菜類の1つである。やや未熟な果実を収穫して15℃以上の温度に保持すると、果肉の軟化、糖含量の増加、有機酸含量の減少、芳香成分の生成やリコペ

ン、β-カロテンの生合成などが起こり、完熟する。その他に追熟させて利用される果実として、メロン、イチゴや熱帯果実であるバナナ、パイナップルやマンゴー等がある。

現在、トマト果実はこの性質を利用して収穫後の輸送、貯蔵を経て消費者に届くまでの期間に適熟となるようにbreaker (緑熟) かlightpinkのやや未熟な段階で収穫される。私たちがトマトをおいしいと判断するのは、ただ甘味が強いだけでなく、私たちが砂糖として利用しているシュクロース (ショ糖) より高い甘味を示すグルコース (ブドウ糖) やフラクトース (果糖) などの①還元糖含量が高いこと、甘味比とされる②糖/酸比 (還元糖と有機酸の割合) が高いこと、③糖と有機酸含量を合わせた濃度が高いことという3つの要因が必要であるが、トマトは完熟に近くなってから収穫するとこの3つの要因が理想的な状態になる³⁾。また熟度が進み着色が進むのはカロテンやリコペン含量が増加する¹¹⁾ という報告がある。

そのため樹上成熟 (完熟) させたトマトの方が品質的には良いのだが、完熟したトマトを流通すると果肉が軟らかいため、輸送中の荷傷みやスーパーマーケット等の店頭における陳列中に果実が損傷しロスとなる¹²⁾。追熟果実であるトマトは未熟な段階で収穫することから、温度管理さえ間違えなければ品質の良いものを消費者の手元まで届けることができる。現在年中市場で見かける「桃太郎」は、未熟な段階で収穫しても、この追熟の過程をうまく利用し輸送中に適度な熟度まで追熟できる特徴的な品種である。

このように、私たちはトマト果実を、生育段階として未熟な段階の果実を利用している

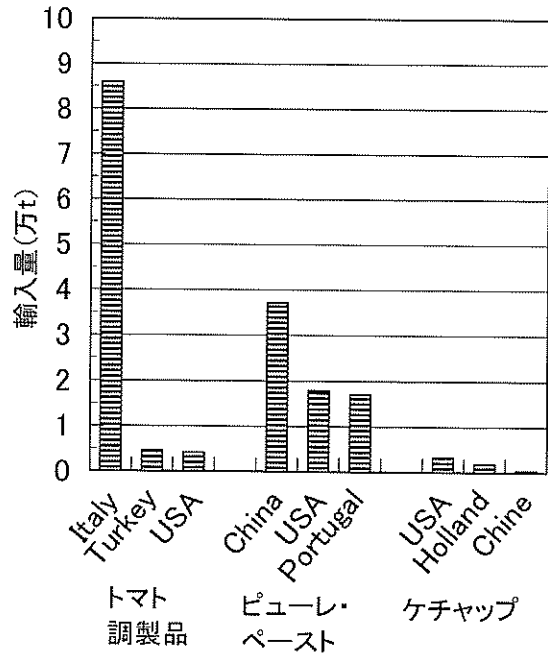
ため、低温で保持すると正常な追熟が起こらずそのまま腐敗する。これは低温障害といわれる現象の1つであり、ナス、ズッキーニ、キュウリやメロンなど同じように低温下でこのような追熟不良を起こす¹³⁾。

トマト果実の低温での貯蔵限界温度は7～13℃で、正常に追熟させるにはこの温度帯より上の温度で保存するのがよい¹⁴⁾。家庭においても購入したトマト果実の熟度によっては、追熟させてから冷蔵庫で保管することが望ましい。例えばメロン果実で、購入後すぐに冷蔵庫で保管するのではなく食べ頃まで追熟してから食べる数時間前に冷蔵庫で冷やすように、と注意書きされているのはこのためである。

また、トマト果実は収穫後、環境ガス(O₂とCO₂)濃度を調節した貯蔵庫(CA貯蔵庫)で保管すると、クロロフィルの分解やリコペン、β-カロテンの合成が抑制され、約1週間貯蔵期間が延長できる。低O₂下で保管すると追熟期間が延長できるので出荷調整などに使われる技術である¹⁴⁾。

5. トマト加工品の現状

最近ではパスタソースやトマト鍋などのトマト系調味料の需要が増加していることから、一次加工された濃縮加工品の輸入が増えている。トマト加工品としてトマトジュース、トマトピューレ(無塩で可溶性固形分が24%未満)、トマトペースト(同24%以上)、トマトケチャップ(調味して可溶性固形分が25%以上)、およびチリソースがJASで定義されているが、着色料や保存料を一切使用してはならないことになっており、色素や可溶性固形分量など原料トマトの品質が加工上重要な要



第6図 トマト加工品の主要輸入国
(2011年度 農林水産輸出入概況品目別統計表より作図)

素となっている。これらの原料に適する品種は主に赤系トマトであるため、品質と価格の面から1次加工されたトマト調製品やトマトピューレなどの形で輸入されている。

トマト調製品として輸入されているのはソリッドパックといわれる、完熟トマトの果皮をむき、芯を取って水煮かトマトジュースやトマトピューレを入れて缶詰にされたもので、イタリアから8万6千t、次いでトルコとアメリカから4000tほどが輸入されている。

トマトピューレはトマトを破碎し裏ごしして種と果皮を除き、規定の固形分濃度(24%未満)まで濃縮したもので無塩である。トマトペーストはトマトピューレを濃縮したもので、固形分濃度が25%以上のものである。トマトペーストとピューレは中国から3万7千t、アメリカとポルトガルからそれぞれ1万7千t輸入されている。

トマトケチャップは濃縮トマトに食塩、香辛料、食酢、糖類や、玉ねぎ、ニンニクなど

を加えて調味したもので、可溶性固形分が25%以上であるか、あるかはさらにペクチンや酸味料、化学調味料を入れたものの2種類がある¹⁵⁾が、アメリカから3200 t、オランダと中国からそれぞれ1800 t、400 t 輸入されている。輸入量はピューレ等に比べ少なく、市販のトマトケチャップは、コスト面から輸入されたトマト調製品などを原料に国内で加工されたものがほとんどである。

このようにトマト加工品の原料は輸入に頼っているが、最近ではカゴメ(株)やコーミ(株)等トマト加工品メーカーの多い愛知県が、「愛知県加工用トマト拡大協議会」を立ち上げ、国内産の加工用トマトを原材料としたケチャップ等のトマト加工品を製造することで、消費者に安心を与えると同時に、加工用トマトの国内生産量を増やすことによって、地産地消を推進し食料自給率の向上を目指すという取り組みがなされている¹⁶⁾。

(おせ きみこ 人間社会学部スポーツ健康学科教授)

引用文献

- 1) 農山漁村文化協会編：地域食材大百科 野菜 (農文協 東京) p 243 (2010)
- 2) 日本食品保蔵科学会編：食品保蔵・流通技術ハンドブック (建帛社, 東京) p 276, (2006)
- 3) 流通システム情報センター情報政策部編：青果物データブック 2008—グラフで見る野菜・果実の生産・流通・消費 (株)流通システム研究センター 東京) p187 (2008)
- 4) 農山漁村文化協会編：野菜園芸大百科 第2版 21 品質・鮮度保持 (農文協, 東京), p121 (2004)
- 5) 山下市二：園芸新知識 5 (タキイ種苗 京都) p19 (2001)
- 6) 高宮和彦編 野菜の科学 (朝倉書店 東京) p 95 (1993)
- 7) 齊藤進：食品色素の科学 (幸書房 東京) p 37 (1997)
- 8) Kim Y-I, Hirai S, Go to T, Ohyan C, Takahashi H, 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 doi:10.1371/journal.pone.0031317
- 9) 茶珎和雄編 園芸作物保蔵論—収穫後生理と品質保全— (建帛社 東京) p31, 37, 53 (2007)
- 10) 茶珎和雄・伊庭慶昭・舟越桂市・初谷誠一：農産物の鮮度管理技術 (農業電化協会 東京) p 53 (1992)
- 11) 安井秀夫編：青果物流通入門 (技報堂出版 東京) p107 (1990)
- 12) J.Weichmann Chemistry of fruit ripening Postharvest physiology of vegetables Marcel Dekker Inc. New York p527 1987
- 13) 大久保増太郎：野菜の鮮度保持 (養賢堂 東京) p 208 (1993)
- 14) D.K.Salunkhe, and M.T.Wu, Effect of low oxygen atmosphere storage on ripening and associated biochemical changes of tomato fruits. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 98:12 (1973)
- 15) 輸入食品事典研究会編：品目別輸入食品事典 (サイエンスフォーラム 東京) p219 (1994)
- 16) 村尾亨俊 国産および愛知県産加工用トマトへの取り組みについて 平成22年度東海地域食料自給率向上研究会 名古屋 (2011)