

# Effects of the Position on the Plant and Ripening Stage of Tomato on the Sugar and Ascorbic Acid Contents and Radical Scavenging Activity

メタデータ	言語: jpn 出版者: 公開日: 2017-10-03 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: メールアドレス: 所属:
URL	<a href="http://hdl.handle.net/2297/4402">http://hdl.handle.net/2297/4402</a>

# 果房段位，熟度がトマトの糖・アスコルビン酸含有量 およびラジカル消去活性に及ぼす影響

寺沢なお子・三橋直子・鯨 幸夫

## Effects of the Position on the Plant and Ripening Stage of Tomato on the Sugar and Ascorbic Acid Contents and Radical Scavenging Activity

Naoko TERASAWA, Naoko MITSUHASHI and Yukio KUJIRA

### 緒言

農作物は用いた堆肥や栽培地域などにより栄養成分に差があることがわかっている<sup>1),2)</sup>。さらに，トマトは果房段位によっても成分組成に差があるといわれる<sup>3),4)</sup>が，果房段位と熟度との関係や機能性の差についても言及した報告はない。そこで本研究では，有機栽培トマトの果房段位および収穫時の熟度と栄養成分・ラジカル消去活性の関係について検討した。

### 実験方法

#### 1. 試料

トマト（穂木：桃太郎 8，台木：がんばる根 3号）は，石川県石川郡野々市町の農家において 2005 年にハウス内で有機無農薬栽培したものを試料として用いた。使用した肥料は表 1 に示した。

分析に際し，トマトは全て午前中に採取した。条件は以下のとおりである。トマト主茎の第 2，第 4，第 6 果房から，それぞれ(a)大きさは十分だが果皮の色が緑色のもの，(b)ほぼ全体に赤みがかっているがヘタ付近は緑色のもの，(c)全体に濃い赤色で果肉がやや軟化したものを採取した。一般的にトマトは果皮の色がやや赤味を帯びた段階(b)で収穫される。従って以下(a)～(c)の試料を，それぞれ「緑熟期」<sup>5)</sup>，「収穫期」，

表 1 トマト栽培の肥料（元肥）

溝（深さ 50～60cm×幅 18cm）	全層（前面耕耘 約 25～30cm）
ボカシ肥料 200kg/150 坪	ビートモス 1700L
<ボカシ肥料の材料>	カキ鉄（カキガラ+鉄分）120kg
米糠 75kg	カルゲン粉 30kg
油粕 50kg	IB化成（10,10,10） 40kg
魚粕 50kg	ゼオライト 100kg
バッドグアノ 25kg	FTE 4kg
カニガラ 25kg	
大豆くず 50kg	
ミクロエース 40kg	
（菌：加藤工業所 栃木県）	

追肥：なし

表 2 トマトの収穫日および試料重量

		収穫日	試料重量
第 2 果房	緑熟期	6 月 24 日	166±18.5
	収穫期	6 月 24 日	170±38.9
	過熟期	6 月 28 日	205±24.0
第 4 果房	緑熟期	6 月 28 日	164±15.8
	収穫期	6 月 28 日	172±28.5
	過熟期	7 月 12 日	198±26.5
第 6 果房	緑熟期	7 月 12 日	181±49.6
	収穫期	7 月 19・26 日	167± 4.3
	過熟期	7 月 26 日	236±30.2
市販（購入日）	収穫期	9 月 27 日	217±16.0
	過熟期	9 月 27 日	212±25.5

n=3, 平均値±標準偏差

「過熟期」<sup>5)</sup>とした。市販のトマトも同程度の着色度のものとし，金沢市内のスーパーで「有機」「無農薬」「減農薬」等の表示のないものを購入した。試料はいずれも 3 個ずつとし，その日のうちに分析した。各試料の重量は表 2 のとおりである。これらの試料につき，ヘタを取り

除いて果肉とゼリー部分に分け、果肉は縦に 8 分割して対角にある 2 片を細断し、均一に混ぜて用いた。またゼリー部分は全量を用いた。

## 2. 測定方法

1) 糖含有量の測定 各試料 10g を乳鉢ですり潰し、蒸留水 20ml を加えてさらにすり潰した後、No.2 の濾紙で濾過し、さらにクロマトディスク (0.45  $\mu$ m) で濾過した後 HPLC で分析した。条件は以下のとおりである。カラム: Shim-pack CLC-NH<sub>2</sub> (6.0mm i.d.×150mm) (島津), カラム温度: 40°C, 移動層: アセトニトリル-水 (75:25), 流速: 1.2ml/min, 検出器: RID-6A 示差屈折計 (島津), ポンプ: LC-9A (島津), データ処理機: クロマトバック C-R5A (島津)。糖の標準としてグルコース, フルクトース (いずれも試薬特級, 和光純薬) を用いて検量線を作成し, これをもとに含有量を算出した。結果は各試料 3 個の平均値±標準偏差で示した。

### 2) 還元型アスコルビン酸含有量の測定

RQ フレックスプラス (Merck) とリフレクトクアントアスコルビン酸テスト (Merck) を用いて測定した。結果は各試料 3 個の平均値±標準偏差で示した。

### 3) ラジカル消去活性測定

各試料 5g に 0.1M 酢酸緩衝液 (pH 5.5) 45ml を加えて 90°C 以上の水浴中で 5 分間加熱した。これを冷水浴中で急冷した後, No.2 の濾紙で濾過し, 適宜希釈し試料液とした。この試料液 2ml とエタノール 2ml, 0.5mM DPPH/エタノール溶液 1ml を試験管中で混合し, 混合直後 (0 分後) と 30 分後に 517nm で吸光度測定した。0.5mM DPPH/エタノール溶液の代わりにエタノールを加えたものを色ブランク, 試料液の代わりに 0.1M 酢酸緩衝液を加えたものをコントロールとした。測定は 3 連で行い, ラジカル消去活性は以下の式に従って算出した<sup>6)</sup>。

$$\text{ラジカル消去活性(\%)} = \{A - (B - C)\} \div D$$

×100

A=コントロール 0 分後の吸光度

B=試料 30 分後の吸光度

C=色ブランク 30 分後の吸光度

D=コントロール 30 分後の吸光度

さらに, Trolox (和光純薬) について濃度とラジカル消去活性の関係を検量線に表し, これを用いて各試料のラジカル消去活性を Trolox 濃度に換算して表した。結果は各試料 3 個の平均値±標準偏差で示した。

## 結果および考察

### 1. 還元糖含有量

トマトの還元糖含有量 (表 3) は果肉・ゼリーとも第 2 果房の収穫期および過熟期, 第 4 果房の過熟期などが多く, グルコース・フルクトースの合計量では第 2 果房の収穫期 (果肉) とそれ以外の収穫期 (果肉) との間にすべて有意差が認められ, また第 4 果房の過熟期と第 6 果房および市販の過熟期 (いずれも果肉) の間にも同様に有意差が認められた (表 3 中にアルファベットで示した)。また, 果肉とゼリーでは果肉の方が糖が多い傾向にあり, 第 2 果房の緑熟期および収穫期, 第 4 果房の緑熟期では有意に果肉の方が多かった (表 3 中にアスタリスクで示した)。一方, 第 4 果房では果肉・ゼリーとも熟度に伴い還元糖量が増加したが, 第 6 果房の果肉では逆に減少した。これは, 今回栽培したトマトでは追肥を全く行わなかったことが原因と考えられ, トマトの糖含有量に対する追肥の重要性が示唆された。またトマトの糖含有量には, 日光の量や灌水量などが影響する<sup>1)</sup>ため, 一般的には上位果房の方が糖含有量が多くなると考えられる。しかしそのような傾向がみられない品種もあったとの報告<sup>7)</sup>や, トマトの糖度は同一果房でも個体差がかなり大きいとの報告<sup>8)</sup>もあり, 比較の難しさが示唆されている。その一方で, 糖度には収穫前 20 日間の光条件が影響するともいわれる<sup>9)</sup>ことから, 今後は日

表3 トマトのグルコース・フルクトース含有量

	Glc (g/100g)			Fru (g/100g)			Glc+Fru (g/100g)		
	緑熟期	収穫期	過熟期	緑熟期	収穫期	過熟期	緑熟期	収穫期	過熟期
果肉	1.90±0.23	2.54±0.16	2.23±0.34	1.11±0.16	1.64±0.12	1.32±0.27	3.01±0.22 <sup>Ab**</sup>	4.18±0.28 <sup>AcDE**</sup>	3.55±0.60 <sup>G</sup>
第2果房	1.72±0.08	1.90±0.09	2.19±0.44	0.84±0.05	0.85±0.09	1.85±0.21	2.56±0.08 <sup>Ba*</sup>	2.75±0.17 <sup>Cd</sup>	4.04±0.65 <sup>HKL</sup>
第4果房	1.72±0.19	1.47±0.35	1.20±0.16	1.45±0.22	1.13±0.35	0.94±0.10	3.17±0.41 <sup>m</sup>	2.60±0.69 <sup>d</sup>	2.14±0.25 <sup>IKm</sup>
第6果房		1.30±0.07	0.94±0.15		1.07±0.11	0.69±0.09		2.37±0.08 <sup>EN</sup>	1.63±0.24 <sup>GLN</sup>
ゼリー									
第2果房	0.89±0.13	1.83±0.06	1.86±0.60	1.13±0.14	1.49±0.09	1.32±0.51	2.02±0.28 <sup>O**</sup>	3.32±0.15 <sup>OPq**</sup>	3.18±1.11
第4果房	1.29±0.29	1.56±0.03	1.65±0.19	0.77±0.05	0.95±0.01	1.81±0.17	2.05±0.25 <sup>St*</sup>	2.51±0.02 <sup>Fsu</sup>	3.46±0.37 <sup>Tuvw</sup>
第6果房	0.88±0.29	1.07±0.26	1.16±0.13	1.04±0.40	1.11±0.21	1.31±0.08	1.92±0.69	2.18±0.47 <sup>q</sup>	2.47±0.21 <sup>v</sup>
市販		1.25±0.23	1.02±0.19		1.12±0.19	1.00±0.27		2.37±0.43 <sup>r</sup>	2.02±0.46 <sup>w</sup>

n=3, 平均値±標準偏差

Glc+Fru欄のアルファベット、アスタリスクは、同一文字の間に有意差のあることを示す（小文字および\* : p &lt; 0.05, 大文字および\*\* : p &lt; 0.01）

照状況との関連も検討する必要がある。さらに望月ら<sup>7)</sup>は、栽培方法の異なるトマトのグルコース・フルクトース量の合計が果汁100mlあたり2.72~3.82gであったと報告している。本研究で得られたトマト果肉の還元糖含有量はこれと同程度であったが、市販のトマトではやや少なく、市販の過熟期のトマトが最も少なかった。これは収穫後、糖が消費されたためと考えられるが、高澤ら<sup>10)</sup>は窒素の施肥量が増したトマト果実の窒素含有量が高い場合、糖含有量が低下したと報告している。有機栽培では化学肥料栽培よりも植物の窒素吸収量が減少するため、有機栽培試料の方が糖含有量が高くなった可能性も考えられる。

## 2. 還元型アスコルビン酸含有量

還元型アスコルビン酸量はトマトの熟度に伴い増加する傾向にあったが、第6果房においては熟度に関わらず同程度であった(図1)。また、緑熟期では第2・第4果房のアスコルビン酸量は有意に少ないが、それ以降は果肉の場合、ほぼ一定になることが示された。トマトのアスコ

ルビン酸含有量は熟度の進行に伴い、70~90%着色までは増加し、その後(100%着色)は減少するとの報告<sup>8)</sup>もみられ、今回の結果はこれと一致した。一方、果肉とゼリーではゼリーの方がアスコルビン酸量が高い傾向にあり、第2果房の収穫期、第4果房の過熟期、第6果房の緑熟期と過熟期ではそれぞれゼリーが有意に高かった(有意水準いずれも1%、図には示していない)。アスコルビン酸含有量は糖含有量と正の相関があり、日光がよく当たる上位果房のものほど多いという報告<sup>1),3),4),9)</sup>もあるが、今回の結果では果房部位との顕著な相関はみられなかった。トマトの総アスコルビン酸含有量については、有機認証トマトで15~30mg/100g<sup>2)</sup>、有機および無機栽培トマトでそれぞれ12.8mg/100g、15.9mg/100g<sup>10)</sup>と報告されている。今回の結果は還元型アスコルビン酸含有量であるため単純に比較はできないが、上記の値とほぼ同程度であった。アスコルビン酸含有量は土壌中のカリウム含量や硝酸含量などにも影響を受けるといわれるため<sup>1),4)</sup>、今後はこれらの点についても検討を要する。

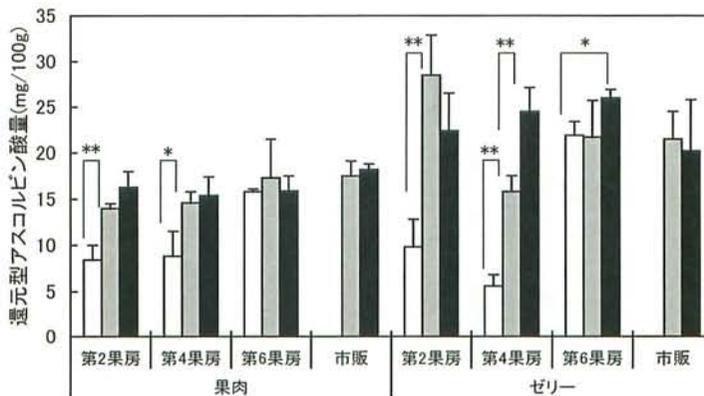


図1 トマトの還元型アスコルビン酸含有量

□緑熟期 □収穫期 ■過熟期

\* p<0.05, \*\* p<0.01

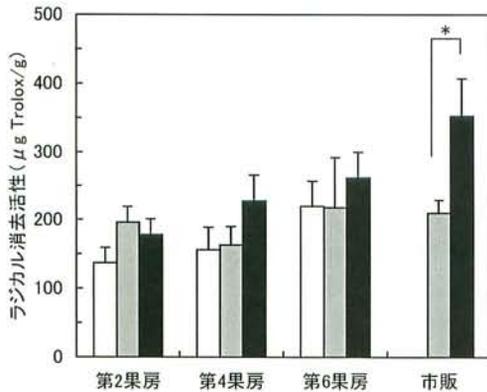


図2 トマトのラジカル消去活性

□ 緑熟期 □ 収穫期 ■ 過熟期

\*  $p < 0.05$ 

### 3. ラジカル消去活性

トマトのラジカル消去活性(図2)は，果房段位が上がるに従って高くなる傾向にあったが，有意差は認められなかった。また熟度による活性の差も小さく，果皮が緑の段階でも赤色のものとはほぼ同程度の活性を有することが示された。本研究では水溶性成分についてラジカル消去活性を調べたが，トマトではアスコルビン酸や各種ポリフェノール類などがこれに関与していると考えられる。またトマトにおいてはリコピンなどのカロテノイド色素がラジカル消去活性に大きく関与することがわかっている。生育中のトマトのカロテノイド生成は，適度な日照と温度により促進され，必ずしも多日照，高温が良いとはいえない。すなわちトマトのリコピン生成適温は19～24℃であり，30℃を超えると生成が抑制される。トマト貯蔵中の温度も同様で，20～25℃で最もリコピン生成が盛んであるといわれる<sup>11)</sup>。一般に市販のトマトは収穫後店頭で並ぶまで1～2日を要し，その間に完熟することから，時間経過とともにリコピン含有量は増加する。本研究において，市販の過熟期試料のラジカル消去活性は市販の収穫期試料より有意に高かったが，この理由は不明である。今後はリ

コピン量とラジカル消去活性の関連についても詳細に検討したい。

本研究により，トマトでは一般的な「収穫期」においてアスコルビン酸が増加し，その後はほぼ一定であったこと，ラジカル消去活性に熟度による有意差が認められなかったことなどから，果実の取り扱いのしやすさも含め，果房段位に関わらず「収穫期」のものを収穫することの有効性が示された。

### 要約

果房段位，熟度がトマトの糖・アスコルビン酸含有量およびラジカル消去活性に及ぼす影響について調べ，以下の知見を得た。

1. トマトの還元糖含有量は第2・第4果房で熟度に伴い増加する傾向にあった。
2. トマトの還元型アスコルビン酸含有量は熟度に伴い増加する傾向にあったが，第6果房では熟度に関わらずほぼ一定であった。また，収穫期，過熟期においては，果房段位に関わらず果肉のアスコルビン酸量はほぼ一定であった。
3. トマトのラジカル消去活性は，熟度および果房段位が上がるに従って若干高くなったが，有意差は認められなかった。

本研究を行うに当たり，試料をご提供いただきました野々市町の三納和之氏に深く御礼申し上げます。

### 引用文献

- 1) 高澤まき子，保井明子：産地の違いによる有機栽培トマトの成分，日本食生活学会誌，13(3)，163-167(2002)
- 2) 有田俊幸，宮尾茂雄：有機認証野菜のビタミンC及び硝酸含有量，東京都立食品技術センター研究報告，13，16-21(2004)

- 3) 小林和広, 金築賀依子, 今木 正: 有機栽培が果菜類(トマト・ピーマン)の栄養価におよぼす影響, 島根大学生物資源科学部研究報告, 1, 29-33 (1996)
- 4) 篠原 温, 鈴木芳夫, 渋谷正夫, 山本宗輝, 山崎肯哉: トマト・ピーマンにおける施肥条件とアスコルビン酸含量について, 園学雑, 49(1), 85-92 (1999)
- 5) 鈴木芳夫編著: 野菜栽培の基礎知識, p.96, 農山漁村文化協会, 東京 (2000)
- 6) 寺沢なお子, 山崎 希, 福井優美子: ハーブ水抽出成分の抗酸化活性, 食科工, 48(2), 99-104 (2001)
- 7) 望月龍也, 石内伝治, 伊藤喜三男: トマト果実における糖含量およびその栽培・環境条件に対する安定性の品種間差異, 園学雑, 68(5), 1000-1006 (1999)
- 8) 鈴木芳夫編著: 野菜栽培の基礎知識, p.73-74, 農山漁村文化協会, 東京 (2000)
- 9) 西村 剛, 志村 清: 促成トマトの品質に及ぼす果房段位, 果序順位及び収穫時期の影響, 野菜試験場報告, A.10, 135-145 (1982)
- 10) 高澤まき子, 保井明子: 有機栽培トマトの品質と土壌成分, 日本食生活学会誌, 10(3), 32-38 (1999)
- 11) 片山 脩, 田島 眞: 食品と色, pp.88-89, 光琳, 東京 (2003)