トマト果実の着色に関する研究 (第1報)

トマト果実の色素含量の測定について

高橋 敏秋・中山 昌明

(信州大学農学部)

T. TAKAHASHI and M. NAKAYAMA: Studies on the coloration of tomato fruits. (I) Measurement of pigment contents of tomato fruits

Summary

The present paper deals with the quantitative analysis of tomato fruit pigments which may be influenced by environmental and cultural factors, especially with procedures of the measurement. Two varieties, such as Matsudo Ponderosa and Kurihara were used.

(1) In analyzing pigments the column chromatographic method was used, in which calcium carbonate and active alminum oxide were used as adsorbents and acetone, petroleum benzine and ethyl ether as solvents.

(2) In determining the concentrations of pigments in the extracts, the extinction coefficients were measured for chlorophyll, xanthophyll, carotene and lycopene with wave length 660, 440, 448 and 470 m μ respectively, by using the 1 cm cell of BECKMANN DU spectrophotometer. The concentrations of each pigment were estimated from extinction coefficients obtained by using standard calibration curve.

(3) Total pigments in Matsudo Ponderosa showed much higher contents than those in Kurihara.

トマトの需要は近年一層増大しつつある。従つてその栽培面積は拡大されて行くと共に、幾多のトマト品種が作出されている現状である。トマト植物に関しては栽培管理の方法や、植物体の生理作用について幾多の研究が行われ、かつ進行している。しかしトマト果実は生食並びに加工の両用に供せられ、それぞれの立場からこれに適した品種の選択や栽培法が採られているが、これらの場合は果実の収量や食味ばかりでなく、果実の色調も重要な要素の1つと考えられる。

本研究はトマト果実の着色が環境条件及び栽培方法などによつていかに変化するかを追究する目的をもつて、先づトマト果実の成分色素の定量方法について検討したものであつて以下に結果を報告する。

本研究を遂行するに当り、絶えず御教示を賜つた京都大学塚本教授並びに信州大学清水純夫助教授に対し厚く御礼申し上げる。

I. 実験材料

1957年信州大学農学部において実験を行つた。供試材料は松戸ポンテローザ及び栗原の2品種である。4月1日温床に播種し、4月28日移植、6月3日本圃に定植した。栽培管理は慣行法に従つた。

II. 定量方法及び考察

トマト色素の定量に関しては、既に ZECHMEISTER^(3,4)の研究があるが、本研究においては、多数個体を取扱いかつ操作を簡単にする目的のために、同氏などの方法を改良し、特に吸着剤並びに溶媒の選択に重点をおいて第1図のような定量方法を得た。

Fig.1 Procedure of pigment analysis

1958年1月22日受理

1. 試料：採集されたトマト果実は果頂部を中心として表皮を除き、果肉について生体 20 g を測定する。

2. 抽出：試料を乳鉢中でアセトンを加えてすりつぶし、完全に試料が無色となるまで抽出を繰返し、最後に抽出液を 100 cc 定容とする。

3. 葉緑素の定量：抽出液 100 cc 中より 20 cc をとり、BECKMANN DU spectrophotometer により 1 cm の cell を使用して、波長 660 m μ における葉緑素の吸光度を測定して、予め別に作製した標準検量線からその吸光度に応ずる濃度を決定する。

4. 分液：抽出液 100 cc 中より 80 cc をとり、水酸化バリウムで葉緑素を吸着させた後濾別し、濾液に石油ベンジンを加えて色素を石油ベンジンに移行させて分液し、減圧下で濃縮して石油ベンジンを 25 cc 定量とする。

5. キサントフィル、カロチン及びリコピンの吸着及び定量。

(1) キサントフィル：300°C においてよく乾燥した後デシケータ中で冷却した炭酸カルシウムを第2図に示したカラム管につめ、濃縮液 25 cc 中から 5 cc を採つてカラム管に注入し、石油ベンジンで展開すると、第3図 (a) のようにカロチン及びリコピン系の色素が殆ど溶出してくるので、溶出液が無色となるまで石油ベンジンを加えて行くと吸着剤の中心より上部にキサントフィルが吸着される。次に第3図 (b) のようにエーテルを溶媒として加えると炭酸カルシウムに吸着されていたキサントフィルが溶出される。完全に溶出して溶出液を 25 cc 定容として BECKMANN DU spectrophotometer により 1 cm の cell を使用して、波長 440 m μ におけるキサントフィルの吸光度を測定する。

(2) カロチン及びリコピン：

よく乾燥した活性アルミナをカラム管につめて (1) において溶出した石油ベンジン溶出液を注入し、第3図 (c) のようにエーテル 1 : 石油ベンジン 10 の割合の溶媒で展開するとカロチン色素は容易に溶出し、リコピン色素のみが吸着剤の中央より上部に吸着される。カロチン色素が完全に溶出するまで上記の溶媒を加える。カロチン色素が溶出した後、第3図 (d) のようにエー

Fig. 3. Column chromatograms
(a) (b): xanthophyll (c): carotene
(d): lycopene

テルを溶媒として加えると、リコピン色素が溶出する。カロチン及びリコピン色素の溶出液を各々 25 cc 定容として、BECKMANN DU spectrophotometer により 1 cm の cell を使用してそれぞれ 448 m μ 及び 470 m μ の波長における吸光度を測定し、別に作製した各々の標準検量線からカロチン及びリコピン色素の濃度を算出する。

以上の方法でトマト果実の色素含量を測定したのであるが葉緑素の定量試料中には当然葉緑素以外のカロチノイド系統の色素も含有されているわけである。したがって試料の吸光曲線は葉緑素のみの吸光曲線と多少変化するものと考えられる。それ故各々の色素の吸光曲線を BECKMANN DU spectrophotometer により検討した結果は第4～7図の如くである。すなわち葉緑素測定の場合に用いる 660 m μ の波長は他のキサントフィル、カロ

Fig. 4. Extinction curve of chlorophyll (50 ppm)
(solvent: acetone 85%)

Fig. 5. Extinction curve of xanthophyll (solvent: ether)

Fig. 6. Extinction curve of carotene (2.5 ppm) (solvent: petroleum benzene 10: ether)

Fig. 7. Extinction curve of lycopene (25 ppm) (solvent: ether)

素が 0ppm から 50ppm まで混在しても葉緑素の吸光度が 0.32 から 0.30 まで変化し、その変化は僅少であり、定量方法について葉緑素の吸光度測定の場合、他の

チン及びリコピンの吸光曲線に影響されないことが推察されるのであるが、更に葉緑素溶液中に混在するカロチン濃度の変化によって吸光曲線がいかに変化するかを検討したのが第8図である。すなわちカロチン色

Fig. 8. Influence of carotene contents upon the extinction coefficient of chlorophyll (chlorophyll — 25 ppm: wave length — 660 mμ)

色素の混入が大なる影響を及ぼさないことが想像される。

それぞれの色素の吸光度測定の場合における波長も第4～7図に見られるように、それぞれの吸光曲線における吸光頂点の波長であり、その波長が各々の色素について溶媒が一定なる時の特性を示すものである。

上述の定量方法に基づきトマトの松戸ボンテローザ及び栗原の2品種を用いて、未熟果及び完熟果の大果、小果について果実の色素含量並びに糖分含量を測定した結果は第1表の如くである。葉緑素の含量は外観を観察して判る如く未熟果に含有されて完熟果になると消失し、この変化は果実の成熟と共に除々に推移するものと考えられる。リコピンは葉緑素とは逆に未熟果においては存在せず、果実が成熟するにしたがつて発現するものと考えられる。カロチン及びキサントフィルは未熟果並びに完熟果共に存在するが、その含量は完熟果において大であるので、リコピン同様に成熟に伴って増加するものと推察される。品種別に考えると完熟果においては松戸ボンテローザは栗原よりも色素含量が大なることが示されている。これは栽培管理によって両品種間に差異が現われたものではなく、LE ROSEN ら⁽¹⁾ が指摘しているように品種そのものの持つ遺伝的特性と考えられる。しかし完熟果における大果と小果の色素含量は単位重量当りの表示では、その間に含量の差は認められない。しかるに WENT ら⁽²⁾ の研究によると完熟果においては大果実のものほど全色素含量に対するリコピン含量の割合が大であるとのべているが、本研究における分析結果は果実の1部を使用したために生じたものと考えられる。なお同氏らは成熟トマトの色素含量は生理的並びに外部的要因によつて変動し、なお親植物の生理作用により相当左右されることを指摘している。糖分含量は未熟果では松戸ボンテローザが栗原より大であるが、完熟果ではその逆の結果を示している。糖分含量と色素含量との関係については推察はできないが、何らかの関係があるものと考え

Table 1. Pigments and sugar contents of tomato fruits

		Fresh weight g	Chlorophyll mg/fresh weight 100 g	Carotene mg/fresh weight 100 g	Lycopene mg/fresh weight 100 g	Xanthophyll log T ₀ /T	Total sugar mg/fresh weight 10 g	Dry matter %	
Immature fruit	Matsudo-P.	62.1	12.15	0.422	0	0.057	243.0	5.9	
	Kurihara	113.3	10.85	0.453	0	0.054	220.0	6.5	
Mature fruits	Matsudo P.	large fruit	246.0	0	1.088	49.25	0.080	177.5	4.6
		small fruit	156.0	0	1.069	48.75	0.089	177.5	4.4
	Kurihara	large fruit	367.0	0	0.656	34.25	0.069	322.5	4.6
		small fruit	220.3	0	0.694	34.75	0.087	311.2	5.0

えられる。色素の生成が栽培管理並びに外部要因によりいかに左右されるかを追究することは興味ある課題と思われる。

摘 要

本研究はトマト果実の着色の状態が環境条件及び栽培方法によつていかに変化するかを追究する目的のために、先ずトマト果実の成分色素の定量方法について検討を行い、併せて松戸ボンテローザ及び栗原の果実につき分析を行った。

1. 色素の分析はカラムクロマトグラフィー法により行い、吸着剤として炭酸カルシウム及び活性アルミナ、溶剤としてアセトン、石油ベンジン及びエーテルを使用した。

2. 抽出液の濃度は BECKMANN DU spectrophotometer により 1 cm の cell を使用して、葉緑素は 660 mμ, キサントフィル 440 mμ, カロチン 448 mμ 及びリコピン 470 mμ の波長で吸光度を測定し、標準検量線か

ら濃度を計算した。

3. 松戸ボンテローザ及び栗原の2品種につき色素含量を分析した結果、前者は後者よりも含量が大であった。

引 用 文 献

- (1) LE ROSEN, A. L., F. W. WENT and L. ZECHE-MEISTER : Relation between genes and carotenoids of the tomato. Proc. Nat. Acad. Sci. 27 : 236~242, 1941.
- (2) WENT, F. W., A. L. LE ROSEN and L. ZECHE-MEISTER : Effect of external factors on tomato pigments as studied by chromatographic methods. Plant Physiol. 17 : 91~100, 1942
- (3) ZECHEMEISTER, L., und L. CHOLNOKY : Lycopanthin und Lycopanthin, Zwei natürliche Derivate des Lycopins. Ber. Chem. Ges. 69 : 422~429, 1936.
- (4) ——— : Principles and Practice of Chromatography. Chapman and Hall Ltd, London, 1950.

抄 録

レタス発芽種子中の生長調整物質

タバコの未熟種子は、過剰の IAA を含み発芽しないが、一方 IAA は光により不活性になることが知られている。

著者らは露光しないと発芽しないレタス (Grand Rapids 種) を用いて、光による IAA の不活性化が光発芽の機構に関与しているかどうかを調べた。

暗所に置床し、一定時間後 20 分間露光した発芽中の種子と、乾燥種子の生長調整物質の含量をペーパークロマトグラフィ法とアベナ伸長試験法の併用によつて調べた。

くり返しの実験の間に、かなりの変動はあるが、結論はつぎのようである。

乾燥種子には生長促進物質は見出されず、2つの酸性の抑制物質がみられる。

生長促進物質は発芽中の種子にのみ見出され、乾燥種子中の抑制物質は発芽が進行すると明らかに消失する。

発芽中の種子では時間の経過に伴なつて、いくつかの生長抑制および促進物質の消長がみられる。

乾燥種子中の抑制物質の化学的な性質や、光に対するこれらの物質の反応についてはまだ分っていない。

POLJAKOFF-MAYBER, A., S. GOLDSCHMIDT-BLU-MENTHAL and M. EVENARI : The growth substances content of germinating lettuce seeds. Physiol. Plantarum 10 : 14~19. 1957. (狩野邦雄)