

加工トマトに関する研究

原料果実の色調に及ぼす諸要因 (1)

寺田俊郎[※]・高橋亮正[※]

Toshiro TERADA and Akimasa TAKAHASHI
Studies on the Tomatoes for Processing
—Some Factors Influenced on the Color of Fruits for Raw
Material Use (1)—

緒 言

加工用トマトの生産は、有支柱から無支柱栽培方式に全国的に移行されるなど、原料生産面の合理化が盛んに進められている。一方原料果実の品質向上も重要であり、品種問題を中心に各地で試験検討が続けられているが未解決の問題が多い。とくにわが国のトマトは、米国のトマトと比較して色調の面で必ずしも良好とはいえない現状に問題がある。

わが国ではトマトの色調について高橋氏の報告⁽⁸⁾などがあるが、著者らもかねてから重要性を認識し色彩学的方法で測色し、色の数値的表現によるトマトの品種間差異等について報告⁽⁵⁾を行なった。この場合測色方法に問題があり、例えば CIE 表色系の色度図 (XYZ) (xy) の表現では品種間のようなわずかの色差について検討することは困難である。そこで人間の色彩感覚と実際に一致する方法について検討して、HUNTER の L, a, b 値を求める方法が実際とも良く一致しており、色を科学的に客観的に表現することができると考えた。この測色方法は米国においても古くから用いられ一般に普及している。著者らはこの測色方法による色調測定を行なって、栽培および環境条件等による色調の変化の諸要因を追求し、原料果実として優れた色調の品種および生産方法を確立する目的で一連の実験を実施したので、その結果の一部を報告する。

本実験を行なうに当り lycopene 色素の分析に御指導御協力を賜った本学部農芸化学教室教授松本博士に対し感謝の意を表す。

実験材料および測色方法

本実験は1967年7月～9月島根大学農学部付属農場で

※ 付属農場

第1表 供試品種一覧

番号	品 種 名	番号	品 種 名	番号	品 種 名
3	Roma	11	E. S-24	92	SM ₂
4	Chico	12	E. S-54	93	SM ₃
5	H-1350	15	1402	94	イタリー C ₁
6	H-1370	16	Garim	96	L-P-3
7	Cam 135	19	みのり	101	育成中

本庄農場産、三瓶山麓農場産トマトを用いて行なった。

1. 供試品種

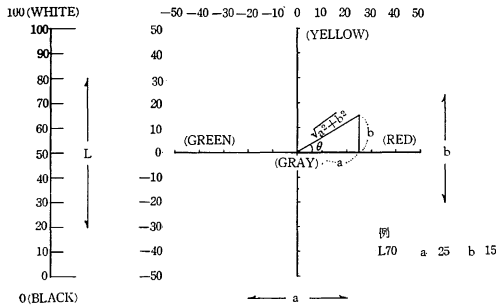
品種番号および品種は第1表に示したとおりである。(本文ではすべて品種番号を記した)。

2. 栽培概要

育苗定植：本庄農場では3月5日電熱温床に播種育苗を行ない5月12日定植した。三瓶農場では、4月20日本庄農場で露地育苗した苗を5月23日に運んで定植した。栽培方法：無支柱栽培とし慣行法によって栽培した。肥料設計：10a 当り窒素14.71kg, りん酸21kg, 加里23kgとし、耕起前に苦土石灰150kgを全面に散布した。

3. 測色方法と展開

既報で述べた HUNTER の測色法では、東芝精密型光電色沢計 (CG-2A型) を用いて、XYZ の刺激値から計算により L, a, b を求めたが、測色に時間を要する欠点があった、本来ならこれを簡易に行なうには Hunter CDM による測色が最も好ましいが、この機械の入手が不可能であったので、日本製の記憶装置付測色色差計 ND-K 5 型を用いて、果実表面の一部および果肉汁の測色を行なった。測色値 L, a, b の取扱いは第1図に示した直角座標法により展開、直角三角形を作り色調の検討を行なった。第1図に示すように L の数値が大きい程度度が高い、すなわち明るい、a は (+) 側で赤、(-) 側で



第1図 色調測色値の展開図

は緑の割合を示し、 b は (+) 側では黄、(-) 側では青の割合を示す。直角三角形で考えた場合高さが b 値すなわち黄色を示し、底辺が a 値で赤色を示すことになる。トマトの色調は通常の品種で赤色と黄色の混合色である関係から、赤色と黄色の割合すなわち a/d 値を求めることにより色調の比較を行なうことができ、この数値が大きい程トマト色調は優れていることになる。明るさを含めた関係から Lb/a 値で色調を総合的に比較することも行なわれ、この値が少ないほど色調は良好となる。したがって測色値 L , a , b 値より a/b , Lb/a の数値を求め色調の検討を行なった。また第1図に示した直角三角形の斜辺 $\sqrt{a^2 + b^2}$ および角 θ が求め、角 θ が小さく $\sqrt{a^2 + b^2}$ が長い程色調は優れているとする展開を行なう極座標法も用いられており、本報では一部に採用した。

4. lycopene 含量の分析

トマトの色調と lycopene 含量とは深い関係にあるので記憶装置付測色色差計 ND-K5 型で測色し、直ちに lycopene 含量を分析して、 a , a/b , Lb/a と lycopene 含量との相関を求めた。lycopene 含量の分析は、測色容器中の果肉汁について既報の木村氏案出の定量法により行なった。

5. 試料の調製と測色区分

○供試品種のトマト果実は樹上で90%以上着色したものを収穫し、収穫後1日常温において保存し果実表面の最も平均した着色部位を小刀で直径2cm位の大きさに切り直径5mmの測色板にのせ測色を行ない、切り取った残りの果実は小型ジュースーにかけて、1果全体の果肉汁を良く混合かくはんしガラス製の測色容器に入れて、測色を行なった。

○熟度による測色値の変異を知るため90%以上および

85%以上着色した果実、を収穫後1日目、85%以上着色した果実を収穫後4日目にそれぞれ測色し、測色値の変異を調べ測色時の供試果実の熟度の程度の決定を行なった。

○生食用桃色種の代表的品種福寿2号と加工用赤色種 chico, H1370 について測色を行ない比較検討した。

○トマト果実の熟度別色調を調べるため、肉眼観察で緑熟期の果実から完熟期まで9段階に区分し測色を行ない、色調の変化を追求した。

○トマト圃場で日向果、日陰果の区を水田、畑にそれぞれ設定し、日向果は部分的に摘葉して果実を露出させ太陽光線を直接受けるようにした。それぞれの区の果肉温度を、携帯用電位差計式温度計 (T-3 型) で果皮部の温度、果肉部 (2 cm 中) の温度を測定し、温度測定果を収穫し直ちに測色を行なった。

○温度較差による色調の変化を調べるため、本庄農場産トマト 中山間地 (標高430m) の三瓶山麓農場産トマトを同時に収穫し測色を行なった。








































実験結果および考察

1. 果実の熟度差および収穫後日数による測色値の変異差

トマト果実の測色を行なう場合、果実の熟度により大きな変異を生じると考えられる。それ故測色果実の熟度の程度を一応肉眼観察で決定しておく目的で、7月27日本庄農場産トマトの収穫果をA区、B区、C区に区分しそれぞれ収穫後1日、2日、4日、後に測色した結果は、第2図に示した通りである。A区は一般に共通的に用いられている収穫熟度、つまり果実の着色が90%以上の熟度で収穫し1日後に測色を行なったもの、B区はA区よりもやや熟度の程度の悪いものつまり果実の着色が85%以上の熟度で収穫し2日後熟し測色したもので、C区はB区と同程度の果実を4日後に測色したもので、果実表面 (図表では果皮) の b 値はいずれの品種も果肉汁の b 値より減少して赤色品種の特徴を示している。

各品種の色調を個々に観察すると、品種のNo.3のA区で a/b 値は果肉汁で2.09に対し、B区の果実表面の b 値が大きく a/b 値も0.79でA区より未熟であることが外観的にも感じられるが、果肉汁では b 値が減少し a/b 値は1.73となり色調も非常に赤味をおびてくる。これをC区で見ると果実表面はB区と大きな変化は認められないが、果肉汁の a 値は増加し a/b 値は2.26となり非常に優れた色調を示した。No.4についてもB区の b 値が減少し a 値もわずかに減少したが、C区は前品種同様の傾向を示した。品種No.5はA区が最も優れ、B区、

7月27日収穫
 注 A区(熟度90%以上) 収穫後(1日) 28日測色
 B区(熟度85%以上) " (2日) 29日 "
 C区(" ") " (4日) 31日 "
 △ 果皮 ▲ 果肉汁

品種番号	A区	B区	C区
3	1.22  2.09	0.79  1.73	1.12  2.26
4	1.03  2.03	1.35  1.91	1.02  2.02
5	1.03  1.47	1.18  1.22	0.92  1.26
6	1.19  1.68	1.16  1.56	1.43  1.88
7	1.20  2.11	1.52  1.51	1.28  1.83
11	1.34  1.37	1.07  1.19	0.94  1.39
12	1.30  1.32	0.97  1.37	1.37  1.23
15	1.22  2.02	1.28  1.32	1.17  1.85
16	1.52  1.85	0.94  1.13	1.32  1.35
19	0.95  1.81	1.01  1.50	1.05  2.00
94	1.05  1.85	0.89  1.48	1.06  1.61
96	1.09  1.70	0.55  1.21	1.23  1.63
101	1.94  2.39	1.50  2.36	1.38  2.44

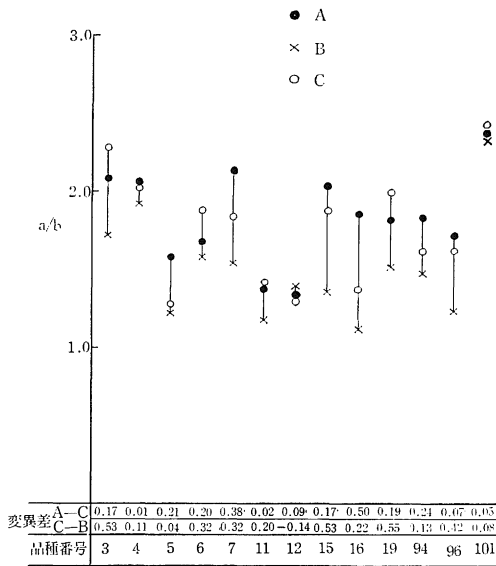
第2図 収穫熟度および収穫後日数による色調の変化
 注(数値は a/b で、左側が果皮、右側が果肉汁)

C区、ともに色調の変化は認められなかった。No. 7・No. 11・No. 12・No. 15・No. 16・No. 96・No. 94はいずれもNo. 5同様の傾向を示した。No. 6のA区のa/b値は1.68に対しB区は1.58、C区ではわずかのa値の増加とb値の減少が見られA区よりやゝ色調は良好となった。No. 19ではA区のa/b値1.81に対しB区はa値少なく色調は1.50を示したが、C区はa値が増加し

a/b値が2.00となりA区よりも色調は優れた。

No. 101は現在育成中の品種であるが、現在取扱った品種にない優れた色調の品種であると認められる。

すなわち図表で明かな如くA区の果実表面のb値に対しa値が非常に高くa/b値は1.94、果肉汁はさらにすぐれた色調を示しa/b値は2.39を示した。これはa値は表面色よりも低いが、その絶対値はなお21.0と非常に



— 果肉汁 — (本庄農場産 7月27日収穫果)

註 A ; (熟度90%) 以上 7月28日測色 (1日)

B ; (熟度85%) 以上 7月29日測色 (2日)

C ; (熟度85%) 以上 7月31日測色 (4日)

第3図 品種別の収穫熟度による色調の変異

高く、これに対しb値が更に大きく低下していることによるものである。B区は、熟度がやや少ないことから表面はb値が多くなり、したがってa/b値は1.50とA区よりも劣っているが果肉汁ではa/b 2.36とA区と大差

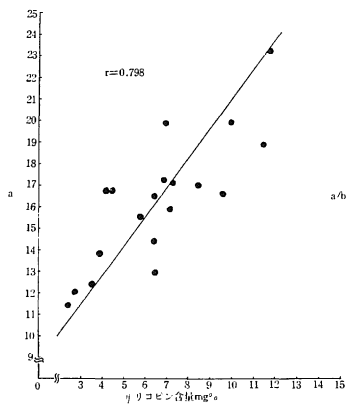
ない数値を示している。C区は表面は収穫後日数を経過しても大きく変化は見られずa/b値はB区よりも劣っていたが、果肉汁は非常にすぐれた色調を示しA区と大差は認められなかった。このように85%以上の熟度と90%以上の熟度の場合に表面色つまり外観色は異なっても果肉汁の色調は殆んど変化なく、収穫後4日を経過しても色調に大きな変化は認められないタイプの品種であることを示した。(この品種の色調についてはなおくわしくは次報で発表する予定である)。

以上の測色結果の果肉汁のa/b値でA, B, C区の変異差を示したものが第3図である。総合的に考えてA, B, C区とも大きな変異は認められなかった品種はNo. 4・No. 12・No. 101の3種, A区よりもC区の色調が良くなった品種はNo. 3・No. 6・No. 19・No. 114品種, その他の品種はいずれもA区の色調がすぐれていた。その変異差ではA, C両区のa/b値の差は最大でNo. 16の0.4程度であった。このようにトマト果実の色調を測色する場合、品種間によって大少の変異は認められ、厳密には色々問題はあがるが全体として果実が一応90%以上に着色した熟度を標準として取扱っても客観的な数値が得られるものと考察された。

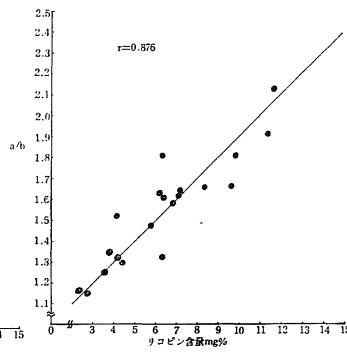
2. トマトの色調と lycopene 含量

トマト果実の赤色をあたえる色素は lycopene であるからトマトの色調と lycopene 含量との関係を知ることは重要である。

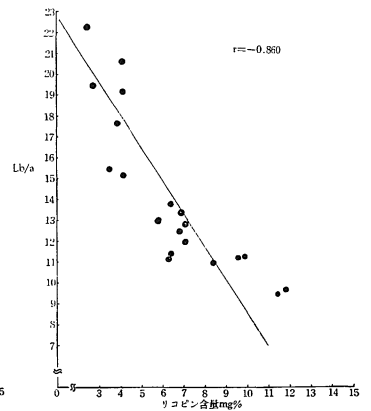
そこでトマトの測色値 a, Lb/a, a/b と lycopene 含量との関係を調査した結果は第4図, 第5図, 第6図で



第4図 色調 a とリコピン含量の相関

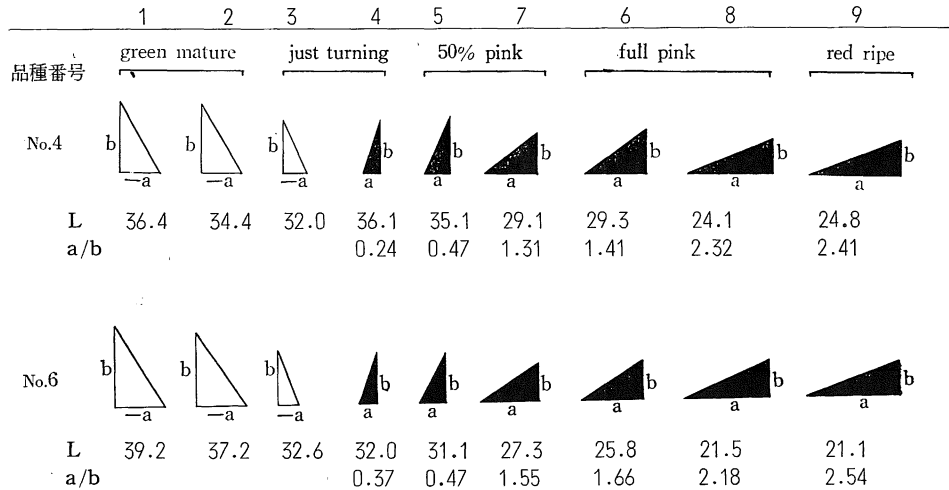


第5図 色調 a/b とリコピン含量の相関

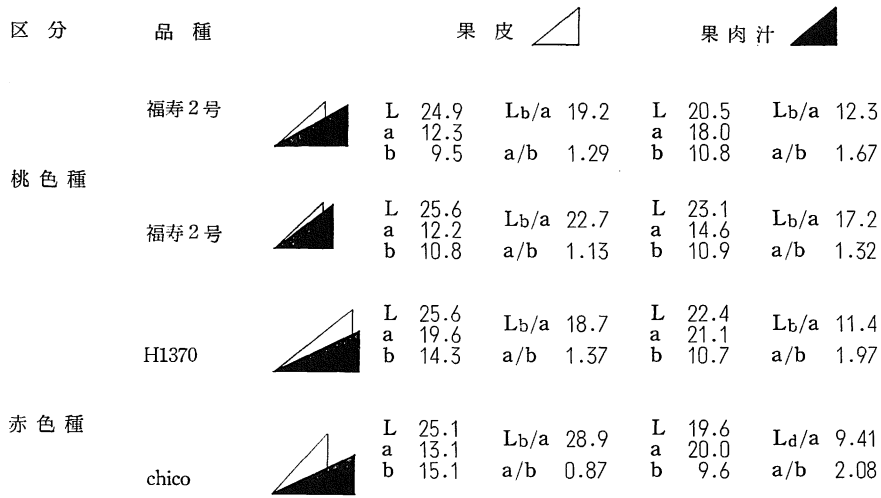


第6図 色 Lb/a とリコピン含量の相関

肉眼観察順位



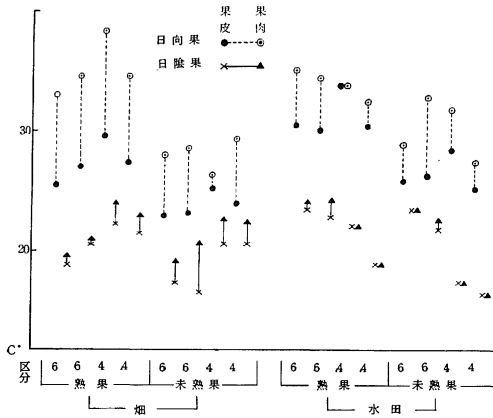
第7図 熟度別色調



第8図 桃色種, 赤色種の色調

示す通りであった。第4図はaと lycopene 含量, 第5図は a/b と lycopene 含量, 第6図は Lb/a と lycopene 含量の相関関係を示し, a とは $r=+0.798$, a/b とは $r=+0.876$, Lb/a とは $r=-0.860$ となり, 1%水準の相関係数0.561よりも絶対値は大きく有意性は甚だ高い相関関係が認められた。この結果から記憶装置付測色色差計による測色によつて lycopene 含量の類

(9) 推ができると考えられ, したがって面倒な色素の定量を行なはなくて利用できるものと考察される。トマト果肉汁の赤色の色調は lycopene 含量が最も関係することはこの結果からも認められたが, 同時に不溶性固形物の多少が関係することが報告されているので, この点について今後検討し, これらとの関係も明かにしなければならない。



第9図 日向果, 日陰果の果実温度
注: 6, 4は品種告号を示す

(品種番号)

	△ a/b	△ a/b	△ a/b	△ a/b
3	1.01	1.56	1.14	2.02
4	1.25	1.21	0.89	1.97
5	1.32	1.12	1.62	1.91
6	1.11	1.38	1.53	1.87
7	0.89	1.15	1.59	1.72
11	0.79	1.08	1.32	1.66
12	1.20	1.32	1.10	1.84
92	0.90	1.37	0.84	1.64
93	0.98	1.05	1.24	1.47
96	1.02	0.99	1.86	1.77

△ 本庄農場 ▽ 三瓶農場

第11図 温度較差による色調の変化

3. 熟度別色調の変化

品種 Chico, H 1370を肉眼観察で緑熟期から完熟期まで各ステージ別にそれぞれ9段階に区分し, 直ちに測色を行なって測色値より a/b 値を求め, a/b 値の順に色調の変化状況を図示したものが第7図である。

熟度別肉眼観察の順位第6, 第7位が測定では順位が入れ代った外は, その殆んどが測色結果と一致し, この一部分の不一致は肉眼的にも測色値の数値上にも問題にならない程度である。これらの結果は, この測色方法が人間の色感と極めて一致していることを示すもので, しかも, 見たものの主観に支配されず常に科学的な客観的数値が得られることを示すもので, 原料果実の品質管理に利用できると考えられた。

第7図の色調の変化図で, まず明るさを示すL値は果実の緑熟期から熟度が増すにつれ次第に減少し, 完熟期に近づくにしたがって最少となる傾向を2品種共に示した。一方 a/b 値は熟度が進むにつれてその数値が大きくなる。熟し方についてみると, (-) a 値すなわち緑が段々と小さくなり (+) a に転移しついで a が増加してくるが, b 値はなおかなり大きく, 色調は全体的に良くなる。これが第7図の50% pink の時期を経過するうちに, b 値が殆んど変化なくても a 値が増大してきて, a/b 値を増加することになり色調は優れてくる。そして full pink から red pink に進むにつれて2品種共 b 値がいちじるしく減少する傾向を示し, 一方 a 値は少しずつ増加するようで, b 値の減少の最終段階が完熟期となると考察された。

4. 桃色種と赤色種の色調

桃色種と赤色種の色調の差異について検討するため, 桃色種の代表品種福寿2号(生食用トマトの桃色種の取

品種番号	畑		水田	
	日向果	日陰果	日向果	日陰果
No.4	L 20.9 La/a 10.0 a/b 2.09 $\sqrt{a^2+b^2}$ 20.17	19.4 7.2 2.71 21.11	22.4 10.4 2.15 18.74	19.8 7.5 2.65 24.05
No.6	L 23.3 La/a 14.0 a/b 1.67 $\sqrt{a^2+b^2}$ 19.46	22.4 10.7 2.09 18.74	23.1 12.8 1.77 18.62	20.0 9.1 2.19 20.99

第10図 日向果, 日陰果の色調

扱は今回がはじめての測色のため2個体の測色を行なった)と赤色種 H 1370, Chico 2品種について、8月26日測色した結果は第8図に示した。第8図で明らかなように桃色種と赤色種の色調の特徴は、果実表面色と果肉汁色との関係である。桃色種は果実表面と果肉汁のbの測色値はそれぞれ9.5-10.8, 10.8-10.9と殆んど差を示さなかったのに対し、赤色種の果実表面と果肉汁とのb値はそれぞれ14.3-10.7, 15.1-9.6となり3.5-5.5も減少している。このことは桃色種の表皮は無色透明で色素を含まないのに対し、赤色種は表皮が黄色で carotene 色素が存在していることによるもので、果肉汁の色調では大差はない。このように桃色種と赤色種の果色のちがいは、表皮による色調のちがいであって、果肉部の色調という点に関する限り特別の傾向も認められなかった。

5. 果実の色調と果実温度

7月23日午前10時気温33.5°Cの時、水田および畑の両区で、品種 chico, H 1370の2品種の熟果、未熟果別に日向果、日陰果の果実表面温度および果肉温度を測定した第9図で明かなように日向果の温度は日陰果の温度に比較し両品種共に熟果で10°C前後低いことが明らかであり、また熟果と未熟果では全体的に未熟果の方が温度低く、水田と畑地とでは一定の傾向は認められなかった。

品種間ではNo. 6に対しNo. 4は、畑地の熟果ではNo. 4の方が温度が高く、このことはNo. 6は中果円型の品種であるが、No. 4は小果洋梨型の品種であることから、果肉内温度も中果に比し、小果は早く上昇したものと考えられる。

これらの温度の果実を直ちに測色した結果は、第10図に示した通りである。この図に示したように、品種No. 4で日向果のa/b値がそれぞれ2.09, 2.15であるのに対し、日陰果のa/b値は2.75, 2.65となり、いずれも日陰果の方がa値は多く、b値は少なく、したがって色調もすぐれていた。ついで品種No. 6についても同様の傾向が認められた。この結果はトマトの色素 lycopene の生成温度は20°C~25°Cが適温であるという報告と一致した。

6. 温度較差による果実の色調

第11図は平坦地(本庄農場)産トマトと中山地(標高450m)三瓶山麓農場産トマトを8月22日同時に収穫し23日測色を行なった結果である。

第11図に示されたように、大部分の品種で中山間地産の色調が平坦地産よりも優れていることが認められたのは夜間の気温の低下によって lycopene の生成が促進さ

れるので、気温較差が大きい地方は lycopene の生成にとって好適していることによるものと考えられる。ただし品種No 96のように殆んど色調の変化を示さなかった品種もあったが、これらの点については今後の調査で明らかにしていきたい。

摘 要

加工用トマトの原料果実の色調におよぼす諸要因を明らかにするために、測色学的方法を用いた調査を行なったつぎのような結果を得た。

1. トマトの果肉汁と lycopene 含量との間には高い相関関係が認められた。(lycopene 含量とaの相関 $r = +0.798$, a/bの相関 $r = +0.876$, Lb/aとの相関 $r = -0.860$ であった。)

2. 桃色種の福寿2号では果実表面色と果肉汁色のb値にはほとんど差異は認められなかったが、赤色種 H 1370, chico では果実表面色のb値14.3, 15.1に対し果肉色のb値は10.7, 9.6で明らかに果実表面色より果肉汁色は黄味が少なく a/b 値が高くなり色調が優れていた。

3. 果実熟度を肉眼観察で9段階に区分し、その色調の変化を測色した結果、測色値と肉眼観察の結果とはよく一致した。

4. 日向果と日陰果の果実温度に大きな差がみとめられた。一方色調については日向果の a/b 1.67 に対し、日陰果は2.09で日陰果の色調は日向果にくらべて赤味が多く優れていた。

5. 平坦地産トマトと中山間地(標高450m)産トマトとの色調を比較したところ、中山間地産のトマトに赤味多く色調が優れていた。

引用文献

1. 木村進：農産技術研誌 3(4)：203-205, 1956
2. 木村進・柴田富雄：食糧研, (8)：215, 1952
3. MCCOLLUM, J. P.: Food Res., 20: 55-59, 1955
4. ROBINSON, W. B. et al.: Food Technol., 6: 269-273, 1952
5. 寺田俊郎・長坂啓助：島根農大研報 8A: 99-105, 1960
6. 寺田俊郎：島根農大研報 13A: 20-21, 1965
7. 寺田俊郎・高橋亮正：島根農大研報 14A: 22-28, 1965
8. 高橋和彦：食品工業 6下: 73-78, 1964
9. 全 上: 全 上 11下: 47-48, 1965
10. WENT, E. W.: Am. J. Bot., 31(3) : 135, 1944

Summary

We have investigated some factors influencing on the color of tomato fruits by means of the colorimetical method. The results were as follows ;

1. The relationship between the color of fruit-juice and the lycopene content showed high and positively correlated.

2. In Fukuzyu No. 2 of pink colored variety, the value b of Hunter's coordinate of fruit color was nearly equal to that of fruit-juice color. In H 1370 and Chico of red colored variety, Hunter's coordinate b of fruit color showed 14.3 and 15.1 respectively, and on the other hand those of fruit-juice color showed 10.7 and 9.6 respectively, i. e. the fruit-juice color showed more reddish than the fruit color in red colored varieties.

3. The classification of coloring degree by observation with naked eyes made good agreement with the measuring by the colorimeter.

4. There were remarkable differences in the temperature of fruit skin between ones grown in sunlight and ones in shade. For instance, the former showed 34.5°C and the latter 21.5°C under 33.5°C of air temperature. The value a/b of Hunter's coordinate was 1.67 and 2.05 in the former and the latter respectively.

5. Comparing tomatoes grown in plain with ones grown in mountainous district, the latter revealed more reddish and superior color than the former.