

## トマトの施肥条件と化学成分

松 坂 裕 子

藤女子短期大学 家政科 食品・栄養学研究室

### ABSTRACT

The taste of ripening tomatoes at different fertilizations. YUKO MATSUSAKA (Laboratory of Food and Nutrition, Fuji Women's College, Sapporo, Hokkaido 001).

Tomatoes, grown at four different fertilizations, were examined for their taste and chemical composition. The tomatoes grown with excess calcium were tasteless and contained less reducing sugars and ketoses than others.

L-Glutamic acid in the tomatoes increased during ripening in all cases. In the tomatoes at standard fertilization, which were most delicious,  $\gamma$ -aminobutyric acid decreased during maturation. When there was an excess of nitrogen it decreased only slightly. The ratio of L-glutamic acid to  $\gamma$ -aminobutyric acid in the former was larger than in the latter. The ratio in the tomatoes at excess phosphorus and excess calcium was also smaller than in those at standard fertilization.

These results show that reducing sugar contents and the ratio of L-glutamic acid to  $\gamma$ -aminobutyric acid have an effect on the taste of tomatoes.

### 緒 言

トマトは、市販生鮮野菜中で味の良否の幅が広い作物であり、市販トマトと畑で登熟したものとは味の差が顕著である。前報<sup>1)</sup>では、その原因を、市販トマトは未熟なものを採取して追熟させるためであると考え、登熟の各段階のトマトと市販品の化学成分を比較した。その結果、登熟の過程で、酸、糖、アミノ酸の増加に伴い食味は良好になったが、市販トマトのそれらの含量との間に顕著な差は認められなかった。<sup>1)</sup>

トマトの味に影響する要因は種種考えられるが、施肥条件もその一つである。そこで、著しく施肥条件を異にしたトマトについて、酸、糖、アミノ酸の含量を調べ、味との関連を明らかにすることを試みた。なお、アミノ酸については、前報<sup>1)</sup>でL-グルタミン酸の変化が著しかったこと、また $\gamma$ -アミノ酪酸が登熟中に変化することが知られていることから、<sup>2)</sup> それぞれを定量した。

### 実験材料および方法

#### 1. 実験材料

施肥条件を異にした種類の成熟度のトマト(品種、強力米寿)は北海道立道南農業試験場(亀田郡大野町)で栽培されたものである(1984年8月6日採取)。施肥条件は標準区が、N, P, K それぞれ20 kg, Ca, Mgが5 kgであった。窒素過多区ではこれに硫安を加え、Nを60 kgとし、リン酸過多区はリン酸をP吸収係数の60%相当量で加え、カルシウム過多区ではCaの飽和度を100%として栽培された。

熟度は外見の着色度によって5段階に分けた。1は白熟果で着色度0, 2は果面の着色が30%以下, 3は30~60%着色, 4は60~97%着色, 97%以上着色のものを5とした。

#### 2. 滴定酸度

トマトを果肉部とゼリー部分に分けて細断し、ミキサーで均質化した後、遠心分離(6000, r.p.m., 10 min)した上澄10 mlをとり、0.1 N NaOHで中和滴

定した（指示薬、フェノールフタレイン）。

### 3. 糖およびアミノ酸分析試料の調製

果肉部とゼリー部分に分けて細断し、ミキサーで均質化したトマトをそれぞれ4 gとり、20 mlのエチルアルコールを加え、沸騰水中で加熱して酵素を失活させた。冷却後遠心分離（4000, r.p.m., 15 min）し、沈殿にはさらに80%エチルアルコールを加えて抽出し、上澄みに糖の反応が認められなくなるまで抽出を繰り返し、一定容とした。

### 4. 糖の定量

還元糖量はD-グルコースを標準として、SOMOGYI-NELSON法<sup>3,4)</sup>で定量、ケトース量はD-フルクトースを標準として、レゾルシン-塩酸法<sup>5)</sup>で定量した。

### 5. アミノ酸の定量

アミノ酸は抽出液を濃縮乾固した後、ジメチルアリルアミン緩衝液に溶解し、フェニルチオヒダントイン誘導体として高速液体クロマトグラフィー（HPLC）で定量した。<sup>6)</sup>

### 6. 水分

水分は常圧加熱乾燥法で定量した。

### 1. 滴定酸度

滴定酸度は抽出液10 ml当りの0.1 N NaOH 滴定値（ml）で示した（Fig. 1）。果肉部ではどの区も登熟に伴う変化は少なかったが、ゼリー部分では減少の傾向を示した。施肥の相違による差は少ないが、カルシウム過多区はゼリー部分も登熟に伴う変化が少なかった。

### 2. 糖

前報<sup>1)</sup>で、トマト果実中の遊離の糖は、大部分がD-グルコースとD-フルクトースで、シュクロースはわずかであることが分っている。従って、本実験では、還元糖とケトースを定量した（Fig. 2）。

標準区（S区）、窒素過多区（N区）、リン酸過多区（P区）の果肉部の還元糖含量は1 g中約35 mgで、登熟に伴う変化は少なかったが、ゼリー部分ではどの区でも登熟に伴って増加の傾向を示した。カルシウム過多区（Ca区）も果肉部は変化が少なく、ゼリー部分は増加の傾向にあったが、その量は果肉部で30 mg以下、ゼリー部分は25 mg以下と、他の3区に比べて低かった。

ケトースは還元糖量の約1/2強であるが、Ca区では明らかに他の区に比べて還元糖量に対するケトース量の比率が低かった。

### 実験結果

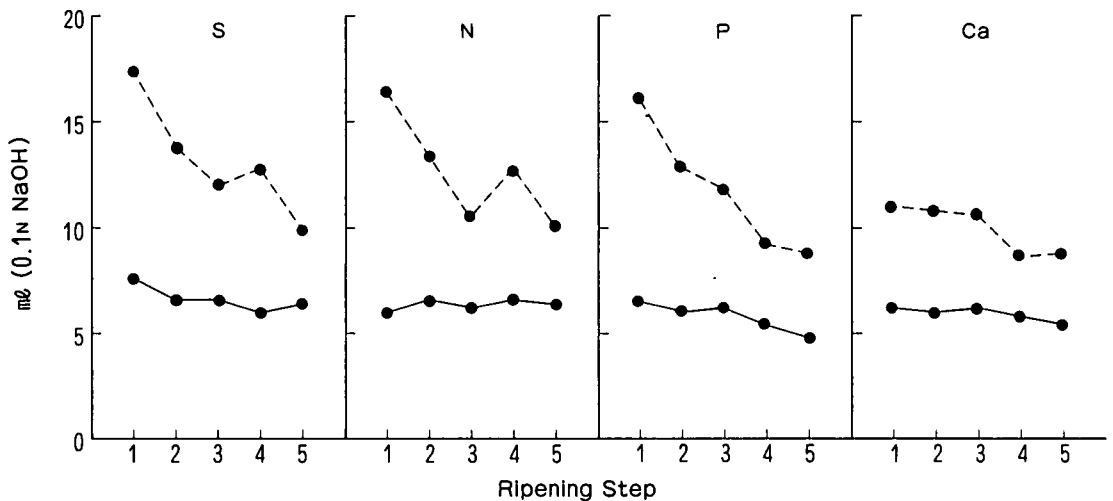


Fig. 1. Titratable acidity of ripening tomatoes.

Abscissa: 1, green mature (0% colored); 2, 0-30% colored; 3, 30-60% colored; 4, 60-97% colored; 5, overripe.

Ordinate: ml of 0.1 N NaOH titrated per 10 ml of supernatant obtained by centrifugation of tomato homogenate.

S, Standard fertilization; N, excess nitrogen; P, excess phosphorus; Ca, excess calcium; —, pericarp; ---, jelly parts.

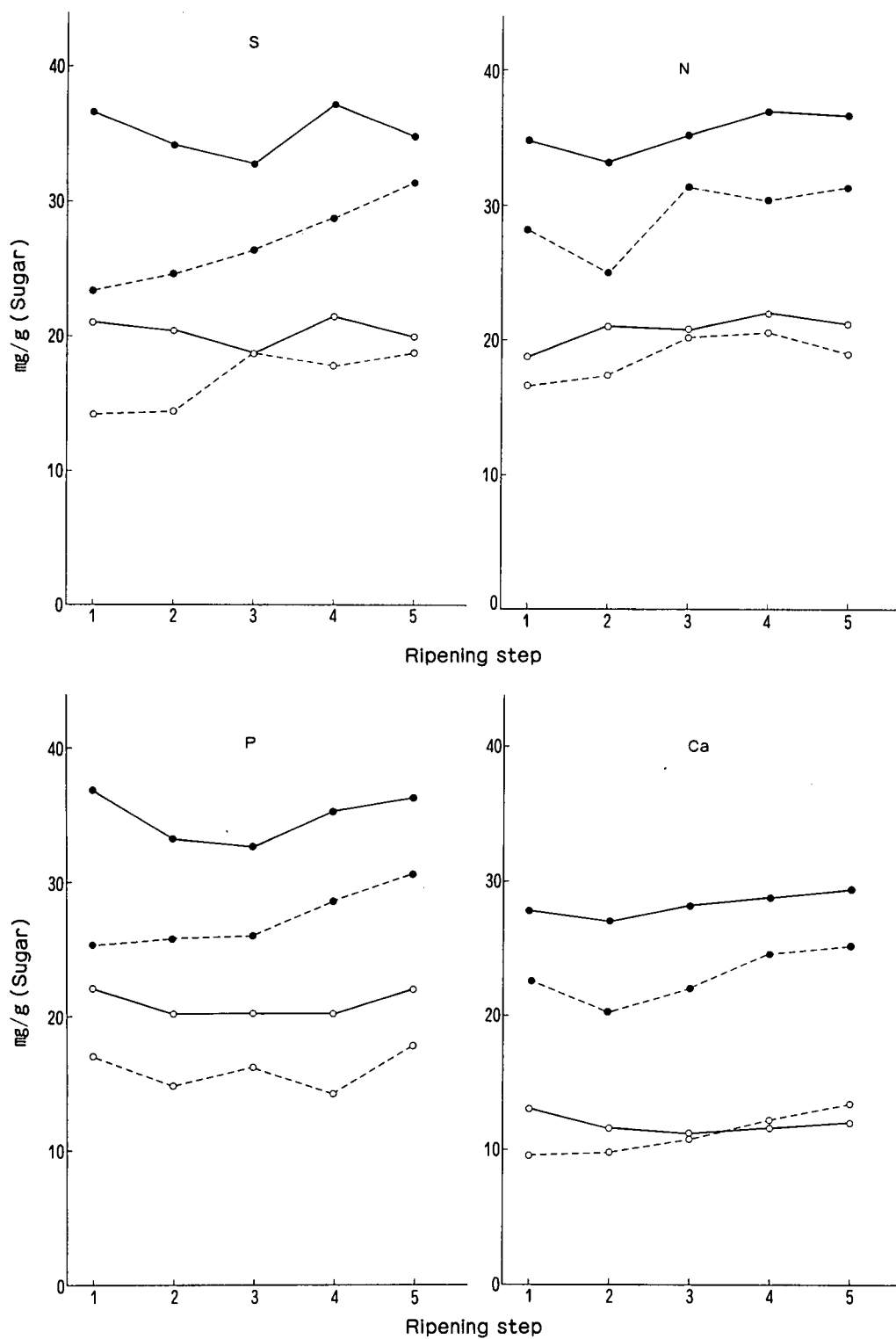


Fig. 2. Sugar contents in ripening tomatoes.

For ripening steps and conditions of fertilization (S, N, P, Ca): see Fig. 1. ●, Reducing sugar ;  
○, ketose ; —, pericarp ; ----, jelly parts.

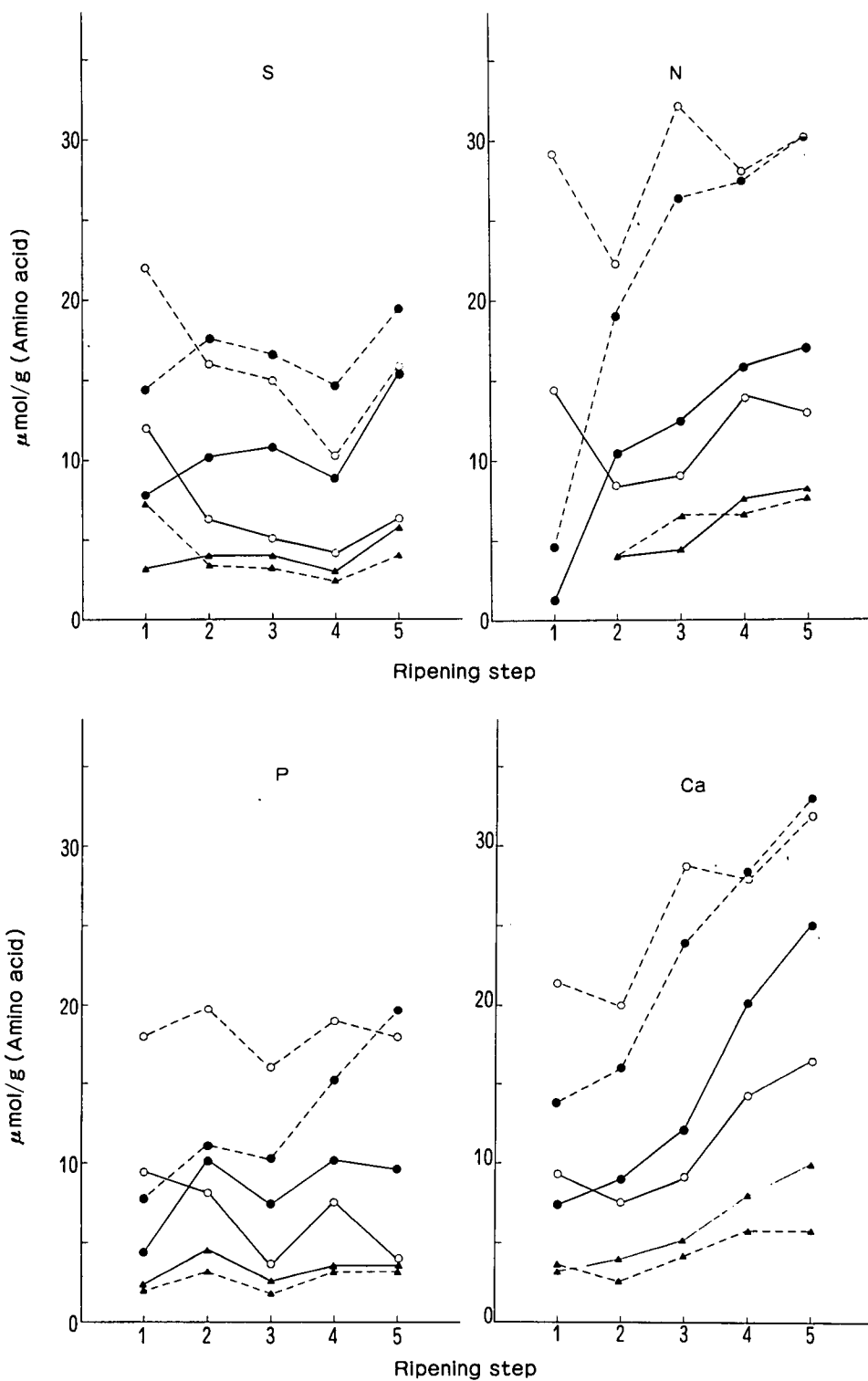


Fig. 3. Major free amino acid contents in ripening tomatoes.

For ripening steps and conditions of fertilization (S, N, P, Ca) : see Fig. 1. ●, L- Glutamic acid ; ○, γ-aminobutyric acid ; ▲, L-aspartic acid ; ———, pericarp ; -----, jelly parts.

Table 1. Moisture in the ripening tomatoes at different fertilizations.

Ripening step *	Condition of fertilization *			
	Standard	Excess N	Excess P	Excess Ca
Pericarp				
1	93.6 %	93.0 %	93.7 %	94.4 %
2	94.1	93.9	94.5	94.5
3	94.3	93.5	94.4	94.4
4	94.1	92.8	94.2	94.4
5	94.2	93.4	94.2	94.1
Jelly parts				
1	93.8	94.3	93.3	94.7
2	93.5	94.1	93.9	94.3
3	93.1	94.1	94.8	94.5
4	93.6	92.9	94.1	94.8
5	93.7	94.4	94.1	94.3

\*See Fig. 1 and text.

### 3. アミノ酸

HPLCで定量した結果をFig. 3に示した。L-グルタミン酸はS区、N区、Ca区で果肉部、ゼリー部ともに増加の傾向にあった。特にN区、Ca区では、果肉部、ゼリー部ともに増加は顕著であった。しかし、S区では登熟に伴って $\gamma$ -アミノ酪酸が減少するのに対して、N区では減少せず、Ca区では増加した。P区では果肉部でのL-グルタミン酸の変化は少なかったが、ゼリー部では増加した。 $\gamma$ -アミノ酪酸は、果肉部では減少の傾向にあったが、ゼリー部での変化は少なかった。

L-アスパラギン酸はS区、P区で変化は少なく、N区、Ca区ではやや増加の傾向にあった。

### 4. 水分

Table 1には各区の水分含量を示した。水分は約94%で変化は少なかった。

## 考 察

トマトの味と化学成分の関係については、これまでも幾つかの研究がなされている。市販トマトと樹上登熟トマトでは明らかに味に相違があることから、前報<sup>1)</sup>ではトマトの登熟時の化学成分と市販トマトの化学成分の比較を行った。しかし、両者の化学成分に明瞭な相違は見出せなかった。

稲葉ら<sup>7)</sup>は樹上登熟トマトと追熟トマトの味の相違を旨味物質含量と関連づけようとして、両者の遊離アミノ酸および可溶性ヌクレオチド含量を調べた

が、これらの含量から風味の相違を説明することはできなかった。

そこで、トマトの味と化学成分の関係についての研究の糸口を見出すために、明らかに味の異なるトマトとして、施肥条件が異なるトマトについて検討した。北海道立農業試験場で、標準的な施肥条件での栽培と、窒素過多、リン酸過多、カルシウム過多の条件で栽培したトマトを得ることができたので、それらの比較を行った。食味は、Ca区では明らかに劣り、N区、P区もS区に比べ味の不足一表現は難しいがーが感じられた。

吉田ら<sup>8)</sup>は有機質肥料と無機質肥料で露地栽培したトマトについて、官能検査と化学成分(糖・水分・酸)を比較検討した。糖、酸ともに有機質肥料区のもの若干高い値を示したが、無機質肥料区との差は大きくはなかった。また、アミノ酸については明瞭な差が認められないとしている。今回用いた試料は極端な施肥条件で栽培し、それによる化学成分の相違をみたものである。

N区をS区と比較すると、糖および酸の変化には差が認められなかったが、遊離アミノ酸の変化には明らかに差があった。L-グルタミン酸は、果肉部ではN区の初期に低い値を示すほかは、両区の間に大きな差はなく、登熟に伴って増加した。しかし、ゼリー部では、初期にはN区で低いが、以後はN区が高く、特に登熟中の増加の速度は著しく異なった。登熟中にL-グルタミン酸が増加することは既に指摘したとおりであり、<sup>1)</sup>稲葉らの報告<sup>7)</sup>にも見られるこ

とである。

窒素肥料は茎葉の生長を促す一方、果実の成熟を遅らせる。従って、N区において登熟の変化として認められるL-グルタミン酸の増加が著しいことは、矛盾する結果のように思われるが、登熟に際しては $\gamma$ -アミノ酪酸の減少が同時に起る<sup>2)</sup>。S区では、果肉部、ゼリー部ともに $\gamma$ -アミノ酪酸の登熟に伴う減少は明らかであるが、N区では登熟段階による増減はあるものの、全体としてはむしろ一定レベルに保たれ、減少していない。

L-グルタミン酸は旨味成分であり、その増加はトマトの味を良好にするように思われるが、 $\gamma$ -アミノ酪酸の変化から考えて、アミノ酸相互のバランスから、N区が味においてS区に劣るものと考えられる。

P区とS区の比較では、リン酸が生体内での代謝、特に糖の代謝と直接関係するので、P区の糖含量が高くなることを期待したが、分析結果では糖含量に差はなかった。酸の含量もP区の方がやや低いが、大差はなかった。L-グルタミン酸は、ゼリー部では増加したが、果肉部での増加は少なく、このことだけを考えればP区の味の不足が領ける。 $\gamma$ -アミノ酪酸は、果肉部では減少したが、ゼリー部では減少しなかった。

Ca区は他の区と最も顕著な相違を示した。糖含量は、登熟に伴ってわずかに増加はしたが、果肉部、ゼリー部共に全体として他の区よりも低い値を示した。さらに、還元糖に対するケトースの比が、他の区よりも著しく低かった。Ca区の場合、糖含量の差が味の劣ることに関係しているものと考えられる。酸については、他の区と大差はなかった。L-グルタミン酸は、果肉部、ゼリー部ともに他の区に比べて増加は著しかったが、 $\gamma$ -アミノ酪酸も登熟に伴って増加し、通常の登熟過程とは異なっていた。

トマトには甘味(糖)、酸味(酸)のほか、アミノ酸の味を感じられる。しかし、市販トマトと樹上登熟トマトの比較では味に相違があるにもかかわらず、これらの成分に明瞭な差は認められなかった<sup>1)</sup>。今回の施肥条件の著しく異なるトマトでは糖およびアミノ酸含量に相違を見出すことができた。

トマトは適度に熟したものが美味であるから、登熟の過程と成分変化を比較した。その結果、糖含量は当然ながら味に関係し、糖含量の低いものは食味が劣った。また、L-グルタミン酸と $\gamma$ -アミノ酪酸の含量比が食味に関係するように考えられた。これは両アミノ酸そのものの味によるというよりは、その

含量比がトマト果実の登熟の様相を示す要因になっており、正常に登熟の進行したものが美味となると考えられる。

L-アスパラギン酸については、L-グルタミン酸に比して含量は少なく、各区の差を論じることとはしなかった。また、吉田<sup>9)</sup>は、L-グルタミンもトマトの主要アミノ酸に入れているが、ゼリー部には微量しか存在せず、果肉部でも未熟の段階を除けばL-アスパラギン酸よりもさらに含量が少なかった。Ca区では登熟に伴って果肉中でやや増加したが、その他の区では漸減し、L-グルタミンが美味の原因とは考えられない。HPLCから見られるその他のアミノ酸は各区の比較においても、また登熟の過程においても著しい特徴を示すパターンが認められなかった。

水分含量も味に関係するという指摘がある<sup>8)</sup>。今回の実験では、不味のCa区が他に比べて0.5%位水分が多く、登熟中の平均では、S区のゼリー部、N区の果肉部が他よりもわずかに少なかった。しかし、その値は直接味に関係するほど大きな差とは考えられなかった。

## 要 約

トマトの味と化学成分の関連を明らかにする目的で、施肥条件の著しく異なるトマト、標準施肥(S区)、窒素過多(N区)、リン酸過多(P区)、カルシウム過多(Ca区)の登熟中の化学成分を分析した。

1. 滴定酸度の変化はどの区でも大差がなかった。
2. Ca区の還元糖量は他の3区に比べて低く、還元糖量に対するケトース量の比率も低かった。食味も明らかに劣った。
3. L-グルタミン酸はどの区でも登熟に伴って増加したが、 $\gamma$ -アミノ酪酸はS区で減少し、N区、P区で変化が少なく、Ca区で増加した。従って、L-グルタミン酸/ $\gamma$ -アミノ酪酸の比は、S区で登熟に伴う増加が大きかった。食味はS区が一番良好であった。
4. トマトの食味には還元糖とL-グルタミン酸/ $\gamma$ -アミノ酪酸の比が関係すると考えられる。

本研究を進めるにあたって、有益な御助言を頂いた本学家政科教授 山田次良博士に厚くお礼を申し上げます。

また、トマト試料を提供して下さった北海道立道南農業試験場の相馬 暁氏に謝意を表します。

## 文 献

- 1) 松坂裕子：藤女子大学・藤女子短期大学紀要，21 号，II 部，37-43 (1983)。
- 2) 斎藤 進・辻村功子：農産技研誌，8，125-129 (1961)。
- 3) SOMOGYI, M.: J. Biol. Chem., 195，19-23 (1952)。
- 4) NELSON, N.: J. Biol. Chem., 153，375-380 (1944)。
- 5) 阿武喜美子・瀬野信子：生物化学実験法 XI，別冊 蛋白質 核酸 酵素，16 頁 (1968)，共立出版株式会社，東京。
- 6) 松坂裕子・山田次良：藤女子大学・藤女子短期大学紀要，23 号，II 部，29-33 (1985)。
- 7) 稲葉昭次・山本 努・伊東卓爾・中村伶之輔：園学雑，49，435-441 (1980)。
- 8) 吉田企世子・森 敏・長谷川和久・西沢直子・熊沢喜久雄：栄食誌，37，123-127 (1984)。
- 9) 吉田企世子：調理科学，18，2-10 (1985)。