

北海道産加工用トマトの品質に関する研究 － トマトの登熟過程における品質変化－

山田加一郎, 吉川修司

Study on Qualities of Processing Tomatoes grown in Hokkaido

－ Quality changes of tomato during ripening －

Kaichiro Yamada, Shuji Yoshikawa

The qualities of cultivars for processing of tomato grown in Hokkaido, including unripe fruits were evaluated. Lycopene, acidity, sugar content and glutamic acid content of “Natsuno Shun”, “Nitakikoma” and “Suzukoma” were investigated. It was suggested that these red ripe fruits were suitable for processing. Regarding the qualities of unripe and red ripe fruits of “Natsuno Shun”, the components varied with the maturity, the amount of lycopene and glutamic acid increased, the acidity decreased as ripening, and sugar contents was not significantly changed. As for processing of unripe fruits, bitter taste and grassy smell decreased by heating, and the characteristics of unripe fruits, such as sourness and green color were maintained.

KEY-WORDS : processing tomato, Unripe fruit, quality evaluation

キーワード : 加工用トマト, 未熟果, 品質評価

日本で栽培されるトマトは、大きく生食用と加工用の2つに分けられ、加工用トマトは、生食用トマトとは品種や栽培方法が大きく異なる¹⁾。加工用トマトの栽培は、食品メーカーによる契約栽培がほとんどで安定した収入が得られることから、稲作の生産調整における転作作物として生産が拡大した。しかし、近年は、需要が供給を上回っている状態であり、生産地の拡大が望まれているが、生産者の高齢化や人手不足で生産量は減少傾向にある。これらの課題を解決するために、栽培における省力化手法及び機械の導入が検討されており、既に一部の食品加工企業において収穫機械の導入が開始されてい

る²⁾。しかし、収穫機械の導入には、栽培地を集約化し栽培面積を拡大することが必要である。北海道では、栽培農家から委託契約先である食品企業の加工場までの距離が遠く、輸送コストが高くなることから、一部地域を除き、加工用トマトの契約栽培は行われてこなかった³⁾。

北海道では1農業経営体当たりの経営耕地面積が広く、大規模な耕作面積を確保できることから、機械化のメリットが得られ易く、将来的な生産地としての素地は十分にある⁴⁾。しかし、北海道の気象条件と機械収穫を前提として栽培された加工用トマトの品質に関する情報は不十分である。また、機械による一斉収穫では選(す

ぐり取りに比べ、発生する未熟果が多くなるが、これらを活用する際に必要となる品質に関する情報も不足している。そこで本研究では、北海道における水田の転換畑において、機械収穫を想定して栽培された加工用トマト「なつのしゅん」の赤熟果、橙果、青果の熟度別の品質を調査したので報告する。

実験方法

1. 供試試料及び試料の調製

試験に供した加工用トマト「なつのしゅん」⁵⁾ (平成29～令和元年度)は、中央農業試験場水田利用部(岩見沢市上幌向)の圃場で栽培し、5月中旬に移植後、9月下旬に一斉収穫した。洗浄後に外観の色調により熟度別(赤熟果、橙果、青果)に分別した後に、 -30°C で冷凍保存した。また、加工用トマト「すずこま」⁶⁾、「にたきこま」¹⁾ (平成29年産)は、岩見沢市の農家で栽培された赤熟果を -30°C で冷凍保存した。萼片(がくへん)を除去した加工用トマト10個をミルサー(IFM-800, 岩谷産業)で破碎し試料とした。

2. 成分分析

(1) リコペン

リコペンは、Itoらの報告をもとに高速液体クロマトグラフィー(HPLC)にて分析した⁷⁾。すなわち、試料0.75gを秤取し、褐色遠沈管に入れ、抽出溶媒(ジエチルエーテル:メタノール=7:3 (v/v))を10mL加えて攪拌し、3,000rpm、5分間遠心分離を行った。その後、パスツールピペットを用いて、抽出液を50mL容の褐色メスフラスコに移し、残った試料に新たに抽出溶媒5mLを加え、抽出液が無色になるまで手順を繰り返して抽出を行い、最終的に50mLに定容した。定容した溶液の一部を孔径 $0.45\mu\text{m}$ の親水性PTFEフィルターでろ過してHPLC装置に供し、定量した。

HPLC分析システム: Prominence (島津製作所)

カラム: Mightysil RP-18GP

(内径4.6mm, 長さ150mm, 関東化学)

サンプル注入量: $10\mu\text{L}$

カラム温度: 25°C

移動相: 99.8%メタノール溶液

(0.01%酢酸アンモニウム)

流速: $1.0\text{mL}/\text{min}$

検出波長: 450nm

(2) 酸度

酸度は、日本農林規格の中和滴定法に準じて分析し

た⁸⁾。すなわち、試料3gに蒸留水30mL添加して試験溶液とし、 $0.1\text{mol}/\text{l}$ NaOHで自動滴定装置(AUT-501, TOA ディーケーケー)により中和滴定量を測定した。この滴定量をクエン酸等量に換算し酸度を算出した。

(3) 糖度

糖度は、試料2gをガーゼで濾したろ液を用いて、デジタル糖度計(PAL-1ポケット糖度計, アタゴ)により測定した。

(4) グルタミン酸

グルタミン酸は、FキットL-グルタミン酸(J.K.インターナショナル)により測定した。すなわち、試料1gに蒸留水40mLを加え、10分静置後、蒸留水で100mLに定容した。定容した溶液をろ過(No.5A, 東洋濾紙)し、ろ液をキットを用いて定量した。

(5) トマチン

トマチンはMarcosらの報告をもとに凍結乾燥したトマトから調製した試料を用いてHPLCにて分析した⁹⁾。青果については、乾燥前に重量10g毎に区分した。すなわち、凍結乾燥した試料1gを50mL遠沈管に入れ、5%酢酸12.5mlを加えて、30分間超音波破碎処理し、300rpmで2時間振とう抽出した。さらに30分間超音波処理を行い、12,000rpm、5分間遠心分離を行い、得られた上清を抽出溶液とした。抽出溶液は前処理済みのSupselect SPE SCX54245U (Supelco)に添加し、5%メタノール20mlで洗浄後、2.5%水酸化アンモニウムメタノール溶液20mlで溶出した。溶出液を減圧乾固した後、メタノール2mlに溶解した。これを孔径 $0.45\mu\text{m}$ の親水性PTFEフィルターでろ過し、ろ液をHPLCに供して定量した。トマチン量は、生原料相当に換算した。

HPLC分析システム: Prominence (島津製作所)

カラム: ACE C18-AR

(内径4.6mm, 長さ150mm, ACE)

サンプル注入量: $10\mu\text{L}$

カラム温度: 35°C

移動相:

A液: アセトニトリル (pH 3.5)

B液: 25mMリン酸トリメチルアンモニウム水溶液
移動相のグラジエント:

A液:B液 = 0分, 20:80, 12分, 45:55, 17分
55:45, 20分57:43)

流速: $0.8\text{mL}/\text{min}$ グラジエント

検出波長: 205nm

実験結果および考察

本研究の対象品種「なつのしゅん」と他の加工品種との成分上の特徴について調べた。平成29年産の品種別成熟果（赤熟果）の品質成分について表1に示した。リコペン量は、「なつのしゅん」、「にたきこま」が「すずこま」より高かった。また、酸度は「にたきこま」が「なつのしゅん」、「すずこま」より高く、糖度は「すずこま」が最も高かった。グルタミン酸量は、「すずこま」が「にたきこま」に比べて高かったが、どちらも「なつのしゅん」と有意差はなかった。

次に平成29～令和元年産の「なつのしゅん」の熟度別の品質成分を分析した（表2）。トマトの熟度（青果<橙果<赤熟果）が進行するに伴い、リコペン、グルタミン酸は増加、酸度は減少し、熟度による糖度の変化は少なかった。熟度の進行による成分の変化は、3年間同様の傾向が認められ、「なつのしゅん」の未熟果（橙果、青果）は、成熟果（赤熟果）と比較して、甘味は同程度で、

酸味が高く、うま味と赤色（リコペン）が少なかった。

トマトジュース、トマトピューレなどのトマト加工品の色調は、品質を表す要因として重要視されている。日本農林規格（以下、JAS）¹⁰⁾では、トマトジュース、トマトピューレ等のトマト加工品について、使用する原材料のトマトのリコペン量は、有機溶媒で抽出した後吸光光度法により測定して7 mg/100g以上のものであることと規定されている。本研究に供した「なつのしゅん」の赤熟果は、規定量を上回る量のリコペンを含有していることから、トマト加工品の原料として用いることが可能であった。未熟果（橙果、青果）について、橙果のリコペン量は赤熟果のほぼ半量であり、JASの規格値に満たない年次があり、青果にはリコペンがほとんど含まれていなかった。したがって、未熟果の加工用途としては、トマトジュース、トマトケチャップなどJASが設定されている従来の加工品ではなく、酸味や色調、歯ごたえのある食感など、赤熟果と異なる特徴を活かした新規の加工品を開発する必要があると考えられた。

表1 平成29年度産加工用トマトの品質成分

品種	産地	熟度	リコペン (mg/100g)	酸度 (%)	糖度 (Brix %)	グルタミン酸 (mg/100g)
すずこま	岩見沢	赤熟果	7.1 ± 1.4 b	0.41 ± 0.04 b	4.8 ± 0.2 b	275.4 ± 22.7 a
にたきこま	岩見沢	赤熟果	7.7 ± 1.9 a	0.53 ± 0.08 a	5.1 ± 0.3 a	246.2 ± 48.1 b
なつのしゅん	岩見沢	赤熟果	8.9 ± 0.4 a	0.44 ± 0.02 b	4.4 ± 0.3 c	260.1 ± 50.2 ab

試料は10個体、1個体当たり3反復で分析した。

分析値は平均値±標準偏差

統計解析はTukey-Kramerの多重比較検定を行い、分析項目の異なるアルファベット間に5%水準で有意差があることを示す。

表2 加工用トマト「なつのしゅん」の成分

品種	産地	熟度	リコペン (mg/100g)	酸度 (%)	糖度 (Brix %)	グルタミン酸 (mg/100g)
平成29年産	岩見沢	青果	検出限界以下	0.49 ± 0.03 bc	4.3 ± 0.3 e	10.8 ± 3.9 e
	岩見沢	橙果	4.3 ± 1.4 d	0.40 ± 0.04 d	4.6 ± 0.3 cd	81.2 ± 22.2 cd
	岩見沢	赤熟果	8.9 ± 0.4 c	0.44 ± 0.00 d	4.4 ± 0.3 de	260.1 ± 50.2 a
平成30年産	岩見沢	青果	検出限界以下	0.65 ± 0.01 a	5.4 ± 0.2 ab	19.6 ± 0.3 cde
	岩見沢	橙果	6.1 ± 0.7 c	0.54 ± 0.00 b	5.1 ± 0.1 bc	101.9 ± 0.4 cd
	岩見沢	赤熟果	12.2 ± 0.7 b	0.44 ± 0.00 cd	5.3 ± 0.0 ab	175.6 ± 1.2 bc
令和元年産	岩見沢	青果	検出限界以下	0.58 ± 0.04 ab	5.0 ± 0.2 bc	13.6 ± 4.2 e
	岩見沢	橙果	8.3 ± 0.5 c	0.59 ± 0.01 ab	5.7 ± 0.2 a	219.9 ± 57.7 ab
	岩見沢	赤熟果	17.6 ± 1.9 a	0.49 ± 0.03 bcd	4.8 ± 0.1 bcd	217.2 ± 59.0 abc

試料は10個体をまとめて破砕し、3～5反復で分析した。

分析値は平均値±標準偏差

統計解析はTukey-Kramerの多重比較検定を行い、分析項目の異なるアルファベット間には5%水準で有意差があることを示す。

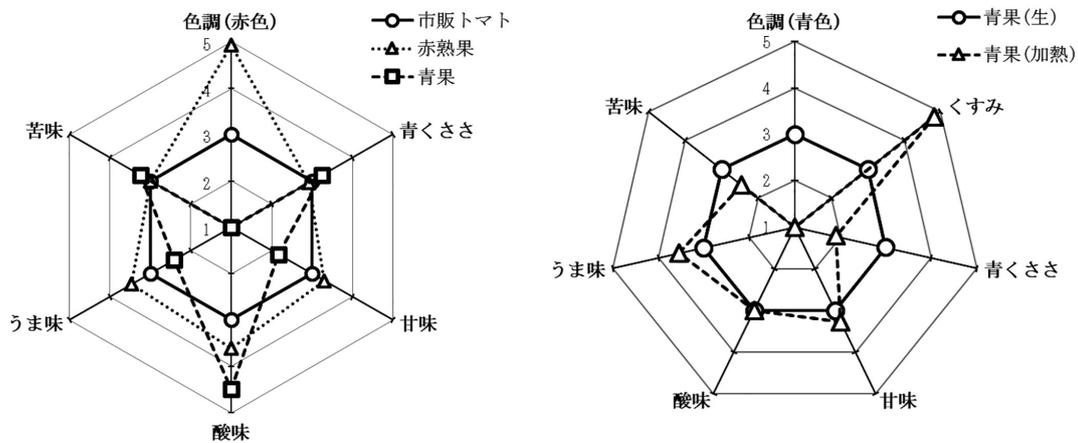


図1 生果実（左、パネル $n=13$ ）及び加熱果実の官能評価結果（右、パネル $n=11$ ）
基準を3として1：弱い～5：強い5点法で評価（左基準：市販トマト，右基準：生果実青果）

未熟果の加工利用を検討するにあたり、「なつのしゅん」の未熟果（青果）について、加熱前後の試料の官能評価を行い、呈味上の特性を検討した。生果実では、青果は赤熟果に比べ、うま味、甘味が弱く、酸味が強かった(図1左)。また、苦味、青くさを指摘する意見があった。90℃、40分間加熱した果実では、酸味は加熱前と変わらず、苦味、青くさが減少した。

以上の結果から、青果は、加熱加工により苦味や青くさを低減させ、酸味を活かした加工が可能と考えられた(図1右)。

トマトの未熟果には、同じナス科のジャガイモに含まれるソラニンに類似した糖アルカロイドであるトマチンが含まれていることが知られている。トマチンは果実の成熟に従い急激に減少し、赤熟果においてはほとんど検出されないことが報告されている¹¹⁾。本研究においても、未熟果（橙果、青果）及び赤熟果のトマチン量を分析したところ、既存の報告例と同様に未熟果からはトマチンが検出され、熟度の進行に伴ってトマチン量は減少し、赤熟果では検出されなかった（データ未掲載）。さらに青果を重量10g毎に区分し、トマチン量を分析したところ、トマチン量は果実重量の増加に伴い減少していた(図2)。

トマチンは、ジャガイモに含まれるソラニンとは異なり、国内での食中毒の報告例はないが¹²⁾、未熟果を加工原料として利用する際には、トマトの熟度やトマチン量に留意する必要があると考えられた。

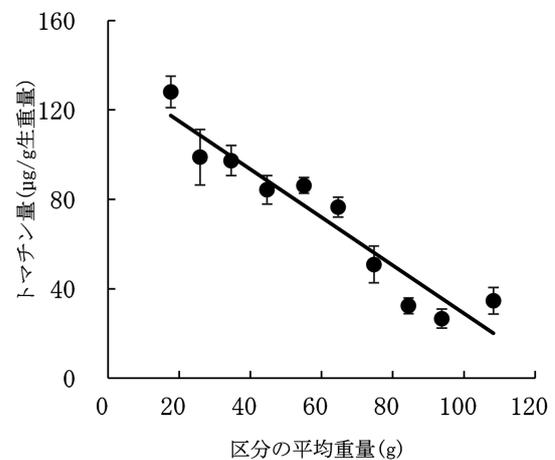


図2 「なつのしゅん」未熟果（青果）の重量区分毎におけるトマチン量

試料は10個体をまとめて破碎し、3反復で分析した。エラーバーは標準偏差を示す。

要 約

北海道内の水田転換畑において、機械収穫を想定して栽培された加工用トマト「なつのしゅん」について、未熟果を含めて品質を評価した。「なつのしゅん」の赤熟果は、既存の加工用品種と比較してもリコペン量などが遜色なく、JASに定められたトマト加工品の原料として利用可能な品質成分であった。未熟果は、リコペンやグルタミン酸が少なく、酸度が高かった。また、青果は、生果実では苦味や青くさを有するが、加熱によりこれらは減少し、酸味は加熱前後で変化しなかった。このことから、未熟果を加工用途に利用する際には、赤熟果とは異なる色調や食感および酸味を活かした加熱加工品を開発する必要があると考えられた。

文 献

- 1) 中村光次 (2002). 国産加工原料用トマトの生産の動向と課題, 農林金融, 8, 42-56
- 2) 農林水産省生産局 (2019). 生分解性マルチの活用事例, 7-8
- 3) 石塚哉史 (2018). トマト加工品輸出の展開, 野菜情報, 4, 49-57
- 4) 北海道農政部 (2020). 北海道農業・農村の現状と課題
- 5) 矢ノ口幸夫ら (2001). 加工用トマト新品種「なつのしゅん」の育成とその特性, 長野県中信農業試験場報告, 16, 1-15
- 6) 由比進 (2011). 「すずこま」品種登録出願 2011年7月5日 (第26126号)
- 7) Ito, H., Horie, H., (2009). Proper Solvent Selection for Lycopene Extraction in Tomatoes and Application to a Rapid Determination. 野菜茶業研究所研究報告, 8, 165-173
- 8) 農林水産省(2007). りんごストレートピューアジュースの日本農林規格, 農林水産省告第千三百四十八号
- 9) Marcos, T., et al (2012). Fast determination of bioactive compounds from *Lycopersicon esculentum* Mill. leaves, *Food Chemistry*, 135, 748-755
- 10) 農林水産省 (1979). トマト加工品の日本農林規格, 昭和五十四年十月十一日農林水産省告千四百十九号
- 11) 古井康博ら(1997). 吸光度法によるトマチンの定量, 日本農芸化学会誌, 71(8), 777-782
- 12) 厚生労働省 (2000~2020). 食中毒統計資料

引用URL

- i) <http://www.naro.affrc.go.jp/collab/breed/0300/0310/index>