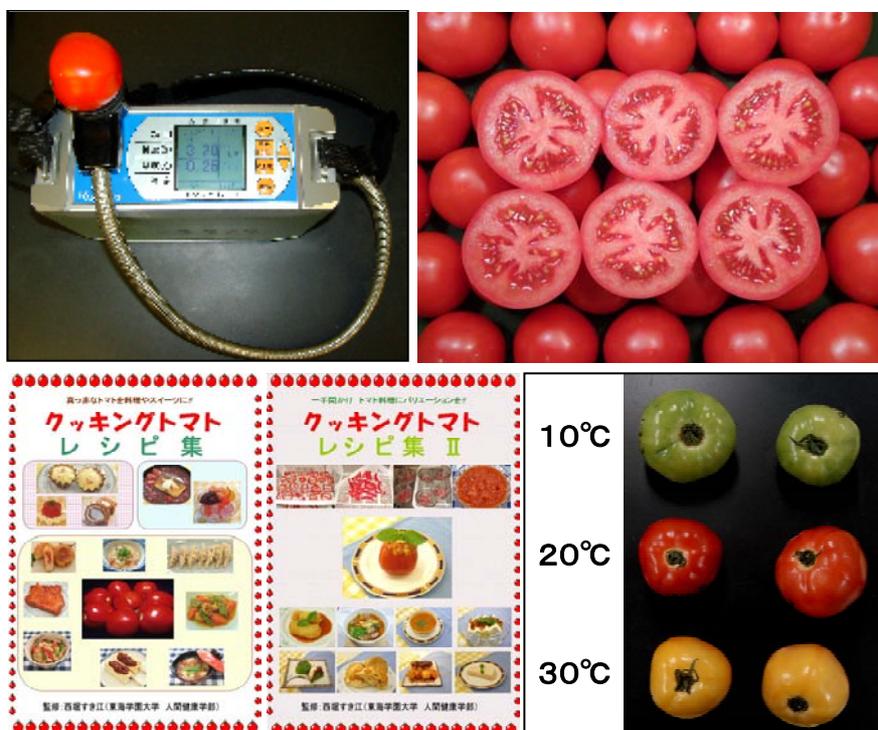


●新たな農林水産政策を推進する実用技術開発事業●  
「新規市場を創造する高リコペントマト安定生産供給システムの開発」  
(2007-2009)

## 研究成果集



平成22年1月

独立行政法人 農業・食品産業技術総合研究機構

野菜茶業研究所

## はじめに

トマトは人気が高い野菜であるにもかかわらず、日本人1人あたりの消費量は世界平均の約半分、イタリアの1/7以下です。これは南欧諸国では調理用途に多く利用されているのに対し、日本では生食用途に限定されているためだと言われています。最近では、ピューレやペースト、ホールなどトマト加工品が輸入され身近になりつつあるものの、生果トマトを加熱した調理に利用することはまだまだ少ないです。世界には、様々なトマトがあり、加熱に適したクッキングトマトの生果実を調理に使うと、そのおいしさは格別です。

クッキングトマトはリコペンを多く含み真っ赤な色で大変美しいです。近年、JASのトマトジュースの基準規格でリコペンについては7mg/100gであることが示されています。通常の生果トマトではその半分くらいの4mg/100gですが、赤系のトマトで色づきの良いものは7mg/100gを越えます。このようなトマトを我々は高リコペントマトと呼び、生産と利用拡大に向けてプロジェクトを行ってきました。

本プロジェクトは(独)農研機構の野菜茶業研究所と東北農業研究センター、埼玉県農林総合研究センター、東海学園大学、カゴメ(株)が協力し、

1. リコペン含量が7mg/100g以上のトマト果実の周年安定生産技術
2. リコペンを効率的かつ健康的に摂取できる調理方法
3. 東京近郊の埼玉県内の農家にクッキングトマト及び高リコペントマトを導入
4. リコペンを多く含む赤いトマトをアピールし、生食用に限られているトマトの利用方法を調理用まで広げることによる新規の市場の創出

を目的として3年間取り組みました。本冊子は研究成果を課題毎に取りまとめたものです。今後のクッキングトマトの普及に役立てていただけるとよいと思われまます。

なお、本プロジェクトの実施にあたりましては、農林水産省技術会議事務局、(社)農林水産技術情報協会、外部評価委員ならびに専門POの先生方にご支援、ご指導を賜りました。この場をお借りし、篤く御礼を申し上げます。

平成22年1月

独立行政法人 農業・食品産業技術総合研究機構  
野菜茶業研究所  
鈴木克己

新たな農林水産政策を推進する実用技術開発事業  
「新規市場を創造する高リコペントマト安定生産供給システムの開発」成果集  
目次

	頁
1. 高リコペン品質保証と機能性向上のための調理・利用技術	
(1) トマトに含まれるリコペン含有量の非破壊計測	1
(2) リコペンの生体利用性を高めるトマト摂取条件	2
(3) クッキングトマトの料理法と食品機能性	3
2. 高リコペントマト安定生産のための要因解析と安定生産技術	
(1) 施設生産に適した高リコペントマト品種の検索	4
(2) トマトの着色不良果の発生要因と対策	5
(3) クッキングトマト「にたきこま」の周年栽培	6
(4) トマト果実のリコペン蓄積と収穫後の温度	7
(5) DNAアレイによるトマトリコペン含量を調節する因子の探索	8
3. 高リコペントマトの施設内生産と都市近郊での生産技術	
(1) 大規模施設栽培による高リコペントマトの安定生産技術	9
(2) 消費者の加熱調理用トマト利用の実態調査	10
(3) 心止まり性クッキングトマトによる省力的長期収穫技術	11
(4) クッキングトマトの家庭内消費拡大に向けた販売方策	12

本資料から転写・複製する場合には、野菜茶業研究所の許可を得てください。

# トマトに含まれるリコペン含有量の非破壊計測

## 1. 目的

トマトに含まれるリコペン（赤色素）は機能性成分であり、また、リコペンを定量することにより熟度評価や糖度だけでは不足する食味評価も補うことが可能です。従来は時間をかけて破壊分析して定量していましたが、非破壊計測可能となればゴミを出さずに機能性成分としてのトマトリコペン含有量の保証や高付加価値販売が可能となります。

そこで、トマトに含まれるリコペンを短時間で高精度に非破壊計測可能な機器を開発します。

## 2. 成果の概要

非破壊計測機器本体は、(株)クボタ製の可視・近赤外分光光度計（フルーツセクター）（写真）の波長拡張型であり、機器本体に非破壊計測用検量線をインストールしました。

トマトの赤道部を試料台中央の受光部にセットして2カ所（着色むらが見た目に明らかな場合は、赤色の着色の薄い部分とその反対側）計測しました。

本機器を用いて、トマトに含まれるリコペンの高精度な非破壊計測が可能であり（図）、実用機は(株)クボタから入手可能となりました。また、既に普及しているフルーツセクターを改良すれば、トマトに含まれるリコペンの非破壊計測が機器本体のみで可能となりました。

必要に応じて、非破壊計測用検量線のバージョンアップが可能となりました。

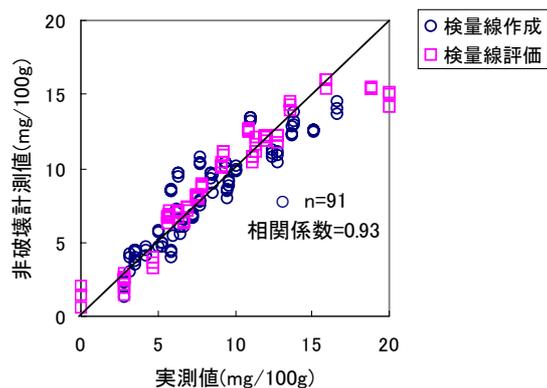


写真 開発したトマトリコペン非破壊計測の機器

図 トマトに含まれるリコペン含有量実測値と非破壊計測値との関係

独立行政法人農業・食品産業技術総合研究機構

野菜茶業研究所 野菜・茶の食味食感・安全性研究チーム TEL 059-268-4636

伊藤秀和

# リコペンの生体利用性を高めるトマト摂取条件

## 1. 目的

トマトの果実に豊富に含まれる赤い色素「リコペン」は、 $\beta$ -カロテンなどの他のカロテノイドよりも活性酸素消去活性（抗酸化活性）が高く、疾病予防の観点から注目されています。近年、わが国で開発されてきた調理にも適するトマトは「高リコペントマト」です。本課題では、そのリコペンを有効に利用するため、リコペン含量に及ぼす加熱調理の影響やリコペンの体内吸収性（生体利用性）を高めるための調理法を明らかにします。

## 2. 成果の概要

高リコペントマトを煮加熱、炒め加熱、オーブンによる焼き加熱で調理したところ、いずれの方法でもリコペンの大きな減少はなく、なかでも煮加熱はリコペンをよく保持することができました（図1）。

生の破碎トマト、煮加熱トマト、10%オリーブ油添加の煮加熱トマトを被験者に食べてもらう試験でリコペンの体内吸収量を調べました。その結果、油を添加して加熱する調理法はリコペンの吸収性を高めるのに極めて効果的であり、特に油の添加が重要でした（図2）。

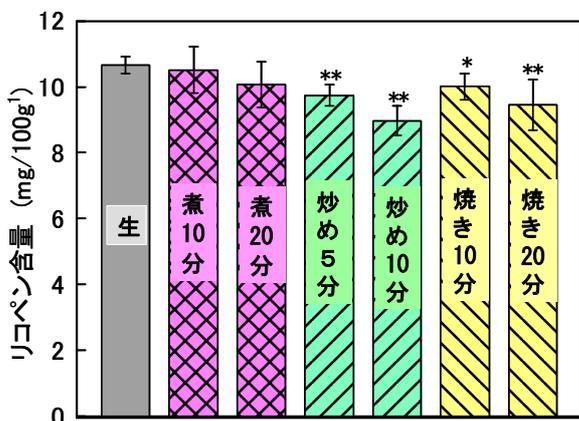


図1 トマトのリコペン含量への加熱調理の影響

<sup>1</sup>加熱前の重量  
\*生試料に対して有意差有り ( $P < 0.05$ )  
\*\*生試料に対して有意差有り ( $P < 0.01$ )

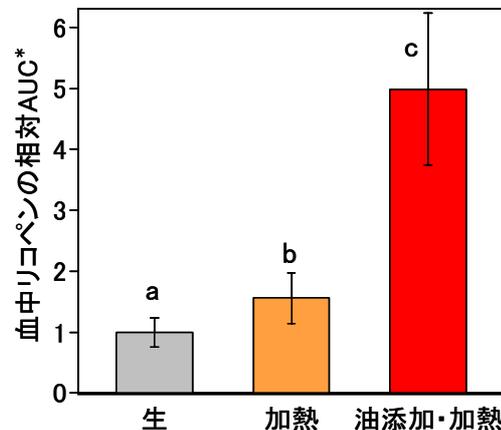


図2 トマト摂取後のリコペンの吸収量

\*AUC: Area under the curve (濃度曲線下面積)、  
摂取7時間後までの血中リコペン濃度から算出。  
異なる文字間に有意差有り ( $P < 0.01$ )。

独立行政法人農業・食品産業技術総合研究機構  
野菜茶業研究所 野菜・茶機能性研究チーム TEL 059-268-4632  
東敬子

# クッキングトマトの料理法と食品機能性

## 1. 目的

日本ではトマトは生食されることが多く、1日の消費量は約20gです。消費量の多い国では色々な加熱調理に用いられ、日本の6～7倍のトマトを消費しています。そこで、トマトの消費拡大につながるように、日本の食生活に適し一般家庭でも作り易いクッキングトマトのレシピを提案します。

クッキングトマトはリコペン含量が高いのが特徴です。このリコペン含量の調理中による変化や調理性、血小板凝集阻害効果、血圧抑制効果等の食品機能性についても検討します。

## 2. 成果の概要

クッキングトマトのレシピ集を2冊作り、レシピ集Iに50品、レシピ集IIに44品を掲載しました(図1・2)。クッキングトマトは、スープ、餃子や春巻きの具、チャーハン、オムライス、チジミなど油脂を使う料理や肉料理や、かき玉汁、味噌汁、混ぜご飯、雑炊、じゃがいもの煮物など余り油脂を使わない日本的な料理も好評でした。半ドライにしたトマトはドライフルーツのようにパウンドケーキ、蒸しパンを作る時に混ぜたり、ピザのトッピングとしたりできるので使い勝手がよいです。

一般的に、カロテノイド系色素(リコペンもこの仲間)は油脂と一緒に調理すると吸収がよいといわれていますが、トマトを加熱すると組織が柔らかくなり濃縮されるためリコペンを多く摂取することができます。そのため、トマトの食品機能性は加熱後も活性が持続しました。



図1 レシピ集I

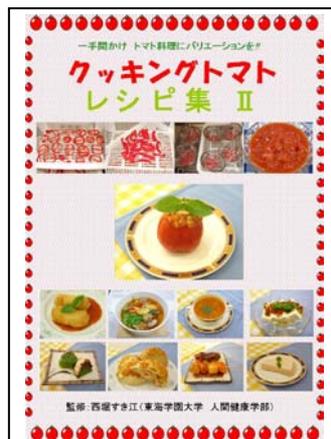


図2 レシピ集II

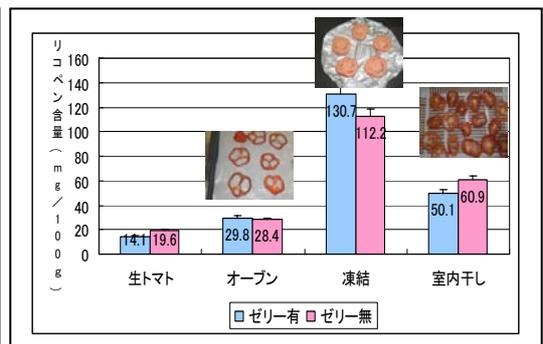


図3 ドライトマト作成後のリコペン含量

※各乾燥トマト100g中のリコペン含量

東海学園大学人間健康学部管理栄養学科 TEL 052-801-7242

西堀すき江

# 施設生産に適した高リコペントマト品種の検索

## 1. 目的

調理用トマトに多く含まれると考えられる抗酸化成分であるリコペンに着目してリコペン含有量が高いトマトを安定生産するために、生食用および調理用の品種の中から、収量や品質が優れる高リコペン品種の選定を実施します。

## 2. 成果の概要

調理用トマト 17 品種（ミディトマトを含む）を2年間栽培した結果、上物収量では、「NDM-79」、「ボンジョールノ」、「レッドシェフ」、「イタリアンレッド」が優れました（図1）。

リコペン含有量では、「NDM-79」、「シシリアンルージュ」、「なつのこま」、「シンディスイート」、「レッドオーレ」、「ボンジョールノ」で高い傾向がみられました（図2）。

以上の結果から、高リコペントマトとしては、収量や品質から「NDM-79」、「ボンジョールノ」、収量性は劣りますが糖度が高く収穫までの日数が短い（データ略）「シシリアンルージュ」が有望であると思われました。

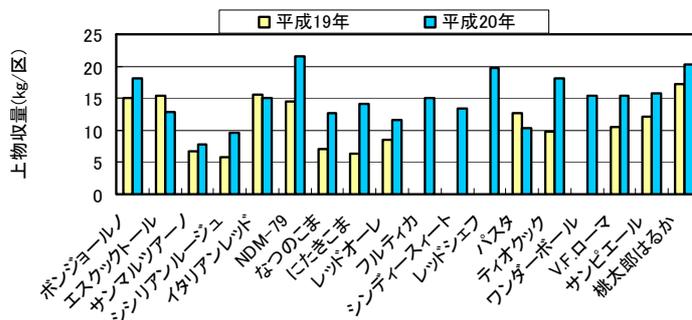


図1 品種別上物収量の比較

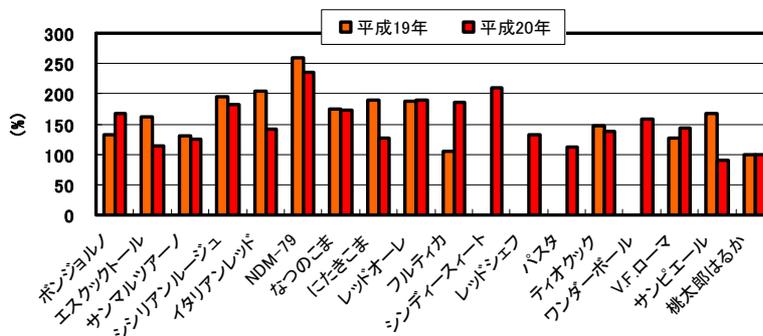


図2 リコペン含有量の相対値（桃太郎はるかを100とした時）

埼玉県農林総合研究センター 園芸研究所 野菜・花担当 TEL 0480-21-1115  
塚澤和憲・中畝誠

# トマトの着色不良果の発生要因と対策

## 1. 目的

リコペン含量が低下する着色不良果の発生要因を明らかにし、対策技術を開発します。

## 2. 成果の概要

生育中の果実をアルミホイルで扇形に覆うと覆われた部位は着色し、直射日光が当たる部位は着色不良となりました（図1）。晴天日に日光が当たる果実の表面温度は約 37℃でした（図2）。春から夏にかけて栽培したところ、桃太郎ヨークでは日射量が大きく日照時間が長いときに着色不良果が発生しました（表1、2）。一方、ボンジョールノでは平均気温が上昇すると着色不良果が発生し、にたきこまでは発生が少なくなりました。このことから品種によって発生要因が異なることが示唆されました。光が多い場合に生じる着色不良果の発生は、葉で果実が隠れたり、被覆資材で果房を覆うと減少しました。果実の被覆は生育後期から行っても効果がなく、ピンポン球くらいの大きさのから行う必要がありました。



図1 アルミホイルで扇形に覆ったときの変化

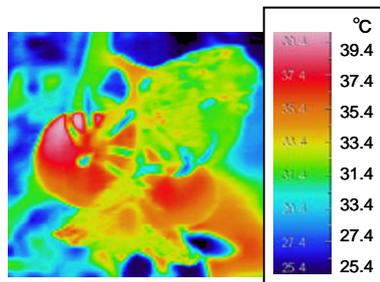


図2 晴天日の果実表面温度（赤外線放射温度計の画像）

表1 各作の栽培期間中の気象条件（日平均値）

定植日	収穫			気温 ℃	日射量 MJ/m <sup>2</sup>	積算光量子量 mol/m <sup>2</sup>	日照時間 h
	開始日	終了日					
2/19	4/17	5/25	20.6	16.7	12.4	6.6	
3/17	5/13	6/30	21.3	18.4	13.6	6.8	
6/8	7/13	8/10	27.1	15.8	12.8	4.3	
7/14	8/21	9/4	27.8	16.7	13.2	5.3	

表2 各定植日における1～3段果房の着色不良果発生率（%）

品種	ボンジョールノ			にたきこま			とまと農10号			桃太郎ヨーク		
	6250(本/10a)						3125(本/10a)					
	無し			ラプシート			紙袋		アルミホイル			
定植日												
2/19		14.8	28.2	27.4	53.3	27.1						
3/17	3.4	18.7	23.5	31.4	66.2	42.8						
6/8	16.4	8.7	30.6	28.6	21.1	15.7	16.4					
7/14	28.6	4.3	44.4	7.3	6.5		6.9	4.8				

独立行政法人農業・食品産業技術総合研究機構  
 野菜茶業研究所 高収益施設野菜研究チーム TEL 0569-72-1647  
 鈴木克己・佐々木英和

## クッキングトマト「にたきこま」の周年栽培

### 1. 目的

クッキングトマトの周年供給を目的に、心止まり系トマト「にたきこま」をパイプハウス内で連続的に栽培して、定植時期と収穫時期、適切な作型や栽培方法について明らかにします。

### 2. 成果の概要

図1はハウス内の気温変化、図2は定植時期をずらして栽培した結果です。春の定植では、気温も温暖で、日射量も多いため、順調に生育し、夏にかけて収穫が可能でした。平均気温が25℃を超えるような盛夏に向けて栽培を行うと、株の生育は抑えられ、開花した花は着果せず、十分な収量を得ることは困難でした。秋に定植すると、低温のため生育が緩慢となり、収穫が春先になりました。夏に定植すると秋にかけて株が出来上がり、晩秋から収穫が始まりました。このあと低温で管理することで、収穫期間を延ばすことが可能でした。果実内のリコペン含量は夏季でも冬季でも色づきが良い赤い果実では7mg/100g 以上となりました。

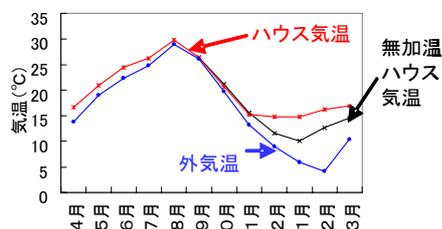
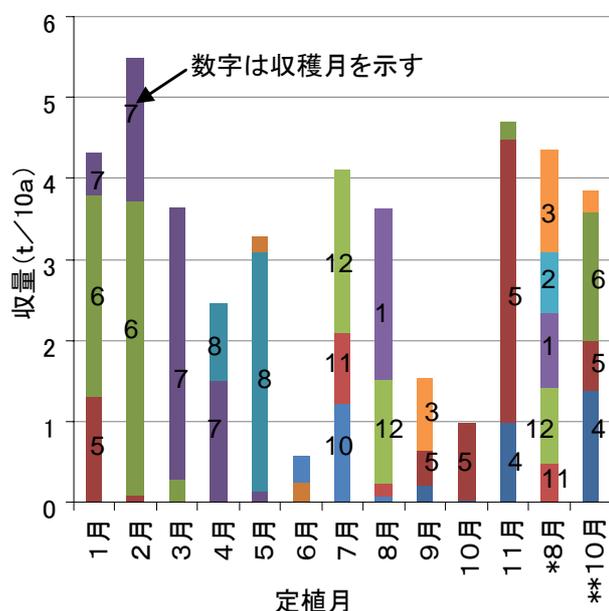


図1 気温の変化



1～11月：ハウス内にて振動受粉により着果

\* 8月：無加温ハウスでの栽培。振動受粉により着果

\*\* 10月：ハウス内にてホルモン処理で着果

図2 定植期をずらした場合の「にたきこま」の収量変化

独立行政法人農業・食品産業技術総合研究機構  
 野菜茶業研究所 高収益施設野菜研究チーム TEL 0569-72-1647  
 鈴木克己・佐々木英和

## トマト果実のリコペン蓄積と収穫後の温度

### 1. 目的

高温期に栽培されたトマト果実ではリコペンの蓄積が抑制されるため、リコペン含量が高まるまで栽培を続けると裂果を生じることが多く、問題となっています。そこで、様々な熟度のトマト果実を用いて、収穫後の貯蔵温度と色素含量の関係を明らかにして、高温期におけるリコペン蓄積の安定化を通じて、高リコペントマト果実の周年供給に寄与します。

### 2. 成果の概要

高温期に栽培したトマトの様々な熟度の果実を用いて、異なる温度（10℃、20℃、30℃）に貯蔵したところ、緑熟期のトマトは20℃のみ2週間で赤く色づきました（図1）。

貯蔵前後のリコペン含量の変化を調べたところ、10℃と30℃ではリコペンの蓄積が抑制される一方で、20℃ではいずれの熟度の果実でもリコペンの蓄積が進むことが明らかになりました（図2）。これらのことから、高温期には、裂果する前に収穫して、20℃付近の温度で流通させることにより高リコペントマトの供給が可能と考えられました。

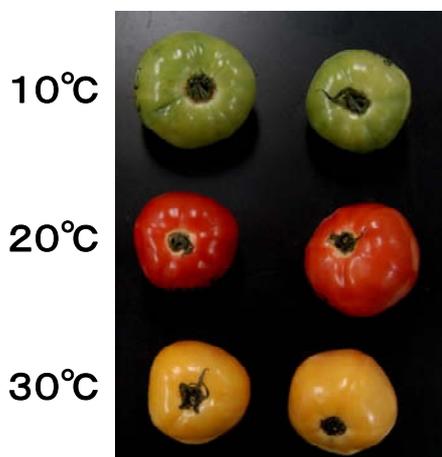


図1 緑熟トマトを収穫後、各温度に2週間置いた時の果実色

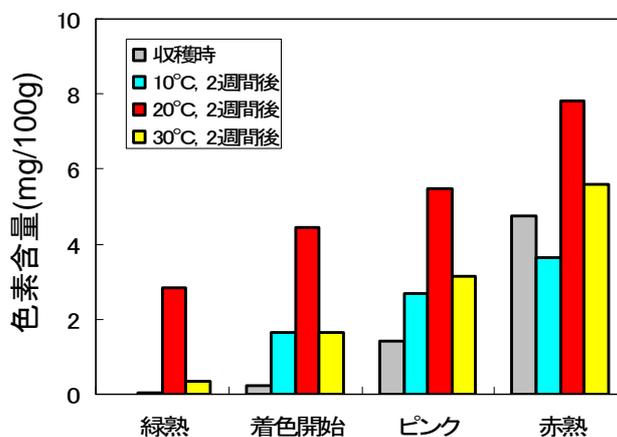


図2 高温期に栽培した熟度の異なるトマトを各温度で2週間貯蔵した時のリコペン含量

# DNA アレイによるトマトリコペン含量を調節する因子の探索

## 1. 目的

抗酸化成分であるリコペン含量を高めたトマトを安定生産することが望まれています。国内のトマト施設生産では、高温などの環境条件によりリコペン含量の低下が起こることが知られていますが、そのメカニズムは明らかになっていません。高温等の環境条件に応答してトマトのリコペン含量調節に関わる因子を見つけ出し指標として応用することによって、高リコペントマト安定栽培を可能とする環境条件を明らかにすることが期待されます。

## 2. 成果の概要

トマトにおいて、発現している遺伝子の数は約4万1千個とされます。ここでは、この4万1千個の遺伝子の発現を一度に調べることができる「DNA アレイ」という技術を使って、リコペン含量の高いトマトと普通のトマトを比べたところ、リコペン含量の高いトマトで特徴的に発現している遺伝子を見いだすことができました。

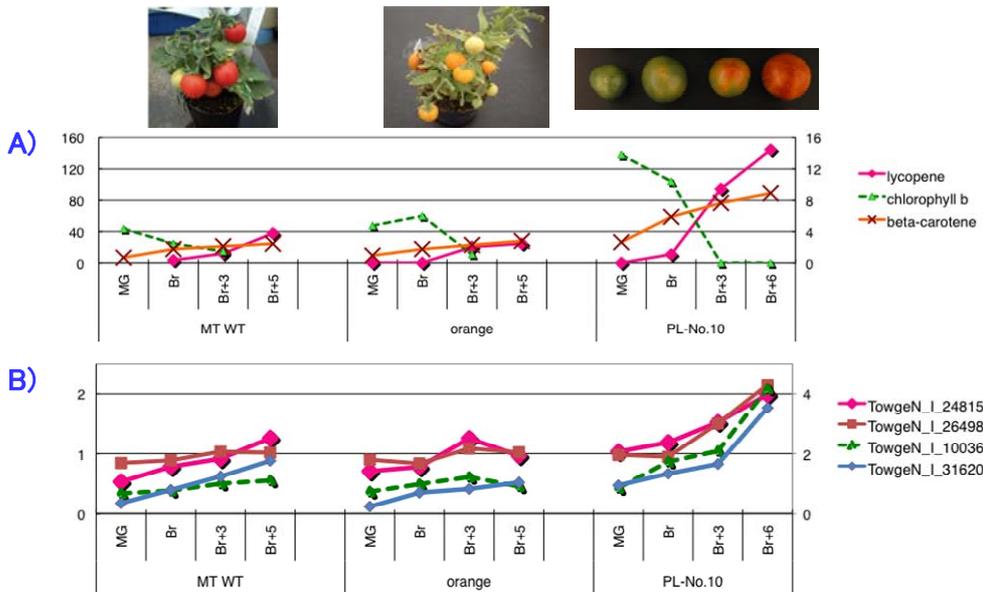


図. 野生型(MT WT)、着色不全変異トマト系統 (orange) および高色素トマト (PL-No. 10: とまと中間母本農10号)の成熟に伴うカロテノイド等の変動 (A) とリコペン量の変動と相関が見られた遺伝子の発現パターン (B) (MG, 緑熟期; Br, 催色期; Br+3, 催色3日後; Br+5, 催色5日後)

独立行政法人農業・食品産業技術総合研究機構  
 野菜茶業研究所 野菜・茶の食味食感・安全性研究チーム TEL 059-268-4635  
 今西俊介

# 大規模施設栽培による高リコペントマト安定生産技術の開発

## 1. 目的

高リコペントマト「ラウンド5」の生産性 35 t /10a/年以上およびリコペン含量 7mg/100g 以上を安定的に達成できる生産技術の開発を目指します。この目標を達成するためには、ラウンド5の輪状裂果抑制技術の確立および果実外観色からの収穫適期判断が必要と考え、それぞれについて対策を考案します。

## 2. 成果の概要

ラウンド5の輪状裂果抑制について検討した結果、花房当りの着果数を多くすることで、輪状裂果が減少することがわかりました（図1）。また夜間湿度が高い環境下において輪状裂果が多くなる傾向がありました。そこで花房当りの着果数を多くし、夜間湿度を下げたところ輪状裂果が大幅に減少し、生産量の目標値 35 t /10a/年をほぼ達成することができました（図2）。また果実の着色開始後積算温度とリコペン含量および果実外観色（ハンター a/b 値）の関係を調査した結果、リコペン含量と果実外観色は比較的類似したパターンで上昇することがわかり、果実外観色から収穫適期の判断が可能であると考えました（図3）。現在、基準色板を使った収穫適期判断の可能性を実証中です。

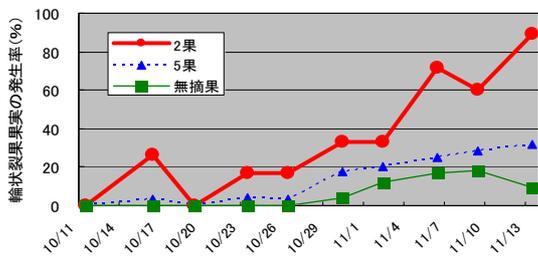


図1 各花房あたりの着果数が輪状裂果に及ぼす影響

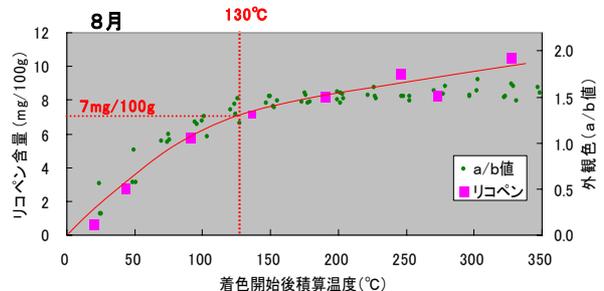


図3 着色開始後積算温度と外観色、リコペン含量の関係

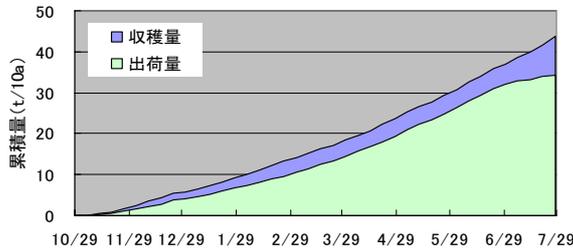
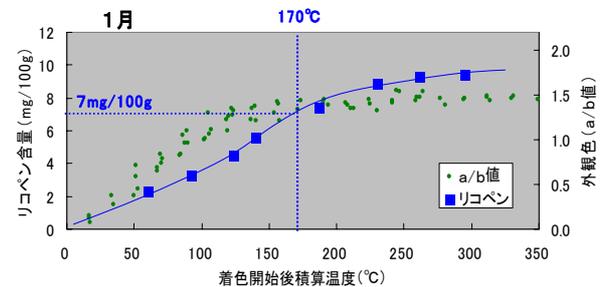


図2 現地における生産量実績



カゴメ（株）総合研究所

TEL 0287-36-2935

細井克敏・伊藤博孝

# 消費者の加熱調理用トマト利用の実態調査

## 1. 目的

都市近郊における消費者の加熱調理用トマトの利用形態を調査し、新規市場開拓方策の検討を行います。

## 2. 成果の概要

関東に在住の18歳以上の男性及び女性を対象に、インターネットを利用して調査を行った結果（調査総数10,023人）、加熱調理用トマトを知っている人の割合は半数を上回りました（図1）。加熱調理用トマトを「詳しく知っている」人の中で、実際に加熱調理用トマトを料理に使ったことがある人の割合は、63%でした。加熱調理用トマトを利用した料理は、「煮込み」、「パスタ用ソース」、「スープ」がほとんどでした。（図2）。

これらから調理用トマトのレシピなどの普及により消費が拡大する可能性が大きいと考えられました。

質問 加熱調理用トマト(クッキングトマト)をご存じですか？(調査総数10,023人)

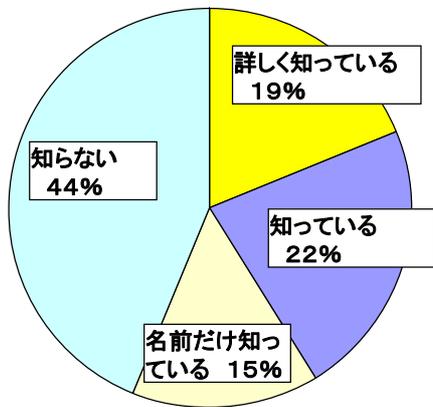


図1 加熱調理用トマトの認知度

質問 何を作るのに加熱調理用トマトを利用しましたか？(複数回答可、65名)

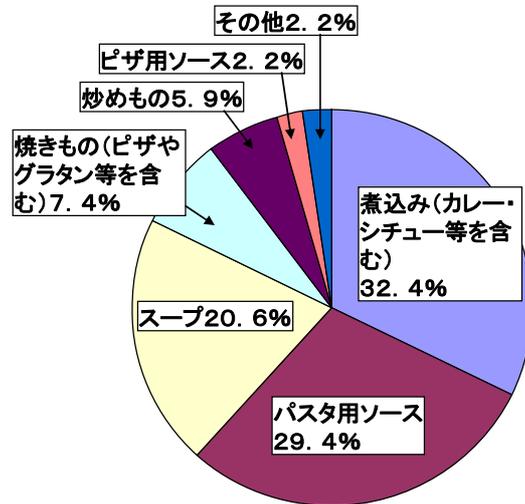


図2 加熱調理用トマトを利用した料理

埼玉県農林総合研究センター園芸研究所  
野菜・花担当 TEL 0480-21-1115  
中畝誠・塚澤和憲

# 心止まり性クッキングトマトによる省力的長期収穫技術の開発

## 1. 目的

リコペン含量が高く、加熱調理によって多量に食べることのできるクッキングトマト（図1）の栽培には、主に心止まり性品種が用いられています。心止まり性品種は省力栽培が可能ですが、長期連続収穫が難しいため、クッキングトマト普及上の問題になっています。そこで、心止まり性品種の省力特性を生かしながら、より長期間の収穫を可能にする方法を開発します。

## 2. 成果の概要

果実の大きさ・形・品質がほぼ同じで、熟期が異なる心止まり性トマト2系統を育成し、両者の交配からF2（雑種第2代種子）を得ました。既存のクッキングトマト品種「にたきこま」は収穫期間が8月3日～10月6日の間の9回であったのに対して、F2では7月27日～10月30日の12回と、より早く～より遅くまで収穫することができました（図2）。また、収穫期間を通じて果実の形・大きさや重さのばらつき（変動係数%）は「にたきこま」と同程度以下であり（表1）、この方法で揃いの良い果実を省力的に生産できることが明らかになりました。



図1 加熱調理がおいしいクッキングトマト品種「にたきこま」

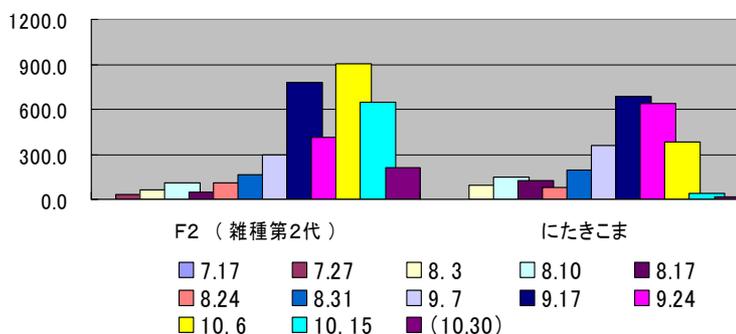


図2 F2の収穫期間および収量（株当たりg）

表1 収穫期間中の果実の形や大きさのばらつき（変動係数%）

品種・系統名	変動係数 (%)			
	果実長	果実径	縦横比	1果重
F2(雑種第2代)	13.7	9.7	11.4	26.3
にたきこま	10.5	12.0	11.4	34.0

独立行政法人 農業・食品産業技術総合研究機構  
 東北農業研究センター 寒冷地野菜花き研究チーム （電話）019-641-9244  
 由比 進・片岡 園・本城正憲

# クッキングトマトの家庭内消費拡大に向けた販売方策

## 1. 目的

生食用トマトに比べ加熱調理適性に優れリコペンを多く含むクッキングトマトは、消費者の健康志向を背景に消費拡大が期待されています。しかし、日本の一般家庭ではトマトの加熱調理に馴染みが薄いことに加え、安価なホールトマト等との競合から普及に支障をきたしています。そこで、当面の普及対象となる消費者群を販売ターゲットとして特定し、彼らのトマト食材をめぐる調理行動の特徴をふまえた販売方策を提案します。

## 2. 成果の概要

トマトを多様な調理で摂取する消費者群（多様調理群）では、「煮もの・煮込み」「パスタ」など加熱後の水気が支障になりにくい料理での使用頻度が高く、これらの用途では生果とホールトマトとの競合が生じていました（図1）。

また、多様調理群の89%はクッキングトマトを購入する意向を示しており、購入意向をもつ人のなかで、購入経験があり購入が継続している人は、加熱調理適性に魅力を感じ、比較的高価格帯での購入を受容していました（図2）。

したがって、多様調理群を対象にクッキングトマトの消費拡大を推進するうえで、ホールトマトと競合しにくく独自の加熱調理適性をアピールしやすい「焼きもの」「炒めもの」のメニュー提案が重要な販売方策となります。

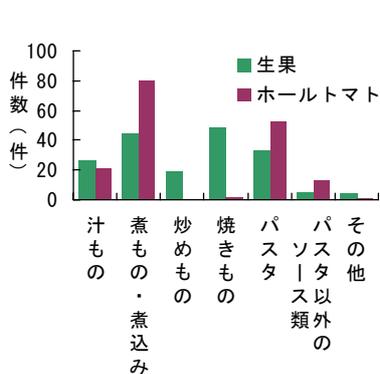


図1 多様調理群におけるトマト（生果）およびホールトマトの用途

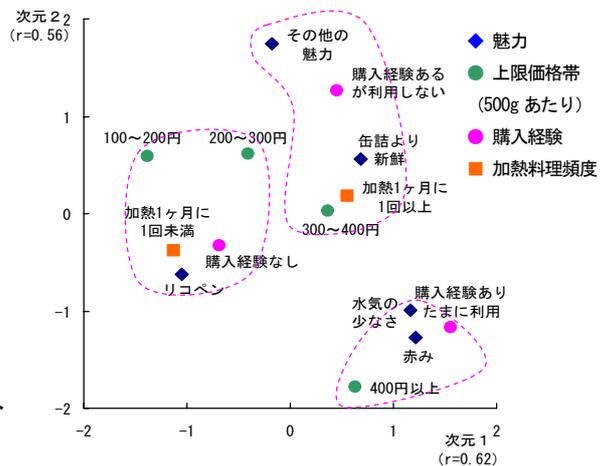


図2 クッキングトマトの利用状況と商品としての魅力に関するコレスポネンス分析結果

注. コレスポネンス分析は、複数の質問（単一回答方式）の回答結果からなるデータ表の反応パターンをマッピングする手法であり、反応パターンの類似した項目同士が近くに配置される。

独立行政法人農業・食品産業技術総合研究機構  
東北農業研究センター 東北地域活性化研究チーム TEL 019-643-3493  
佐藤百合香

新たな農林水産政策を推進する実用技術開発事業  
「新規市場を創造する高リコペントマト安定生産供給システムの開発」成果集

---

2010年(平成22年)1月30日発行

編集・発行：独立行政法人 農業・食品産業技術総合研究機構 野菜茶業研究所

〒470-2351 愛知県知多郡武豊町南中根40-1

<http://vegetea.naro.affrc.go.jp/>

---