

(研究資料)

## 品種，収穫サイズ，栽培環境が異なるコマツナのルテイン含量

宮澤直樹<sup>1</sup>・石本太郎<sup>2</sup>・堀江秀樹<sup>2</sup>

<sup>1</sup>東京都農林総合研究センター

<sup>2</sup>現 東京都立産業技術研究センター食品技術センター

### 摘 要

葉菜類の機能性成分としてルテインが知られている。コマツナにおいて、ルテイン含量を安定的に高めるための諸要因を検討した。コマツナは栽培期間が長く株が大型化するにともないルテイン含量は低下した。また、ハウス栽培よりも露地栽培の方がルテイン含量が高まる可能性が示唆された。一方で、栽培時期によるルテイン含量の変動は著しく大きいものではなかった。なお、ルテイン含量を推定する指標として、葉緑素量と関係する SPAD 値をその測定部位の葉の厚みで割った値が活用できる可能性も示唆された。

キーワード：機能性表示食品，葉菜類，品種，葉位，SPAD

簡易表題 コマツナのルテイン含量の変動

東京都農林総合研究センター研究報告 19 : 67-79, 2024

---

\* 著者連絡先：宮澤直樹 Email : n-miyazawa@tdfaff.com

## 緒言

食品機能について、栄養を中心とした一次機能、嗜好性を中心とした二次機能、体調節機能を中心とした三次機能に分けて議論される場合がある(荒井, 1990)。野菜にはビタミンやミネラルなどが含まれ、一次機能については周知のところである。また、二次機能についても、調理法の改善(三宅ら, 2007; 堀江, 2011, 2012; 山本ら, 2021)や、高糖度トマト栽培(木下ら, 2019)にみられる栽培技術の改良、あるいは食味のよいイチゴ品種の開発(海保, 2019)などにみられる品種開発など多方面から取り組まれてきた。一方で三次機能については、昭和59年~61年にかけてなされた文部省特定研究「食品機能の系統的解析と展開」において食品の機能性についての研究の端緒が開かれ(荒井, 1990)、以降多様な研究成果がメディアを巻き込んで消費者の関心を集めてきた。しかしながら、2007年に食品の機能性に関わるテレビ番組において捏造が発覚して社会問題化(奥田, 2011)して以来、メディアや生産者、流通業者による情報発信にはコンプライアンスがより重視され、野菜を含む食品の機能性研究はその後も継続しているものの、その成果を一般消費者に伝えることはそれ以前に比べて難しくなった。一方で2015年より機能性表示食品制度が開始され、野菜や果物などの生鮮品にも科学的根拠に基づき機能性に関する表示が可能となった。生鮮品では、ウンシュウミカンの $\beta$ -クリプトキサンチンについて最初の表示がなされ(杉浦, 2017)、各地農協などの多くの事業者がミカンでの機能性表示の届け出を済ませている。消費者は機能性を表示されたウンシュウミカンを購入しなくとも、量販店などで機能性表示食品として販売されるウンシュウミカンに「骨の健康維持に役立つ成分」が含まれるという表示を目にすることにより、ウンシュウミカンの $\beta$ -クリプトキサンチンについて関心を深めることができる。

コマツナは東京都発祥の野菜とされ、農水省の特定野菜にも指定される重要な葉菜類のひとつであり、その二次機能については前報(宮澤ら, 2022)において考察した。その三次機能についても、機能性成分ルテインに関して既報(石本・馬場, 2021)において、株の大きさや葉色と含量の関係について考察した。ルテインについては、現在「目の調子を

整える」として機能性表示されているが、それ以外にも抗酸化能など多様な機能が期待され、緑黄色野菜の有用成分として注目されている(Fuad et al., 2020)。おひたしやソテーなどコマツナと類似の料理にも使われるハウレンソウについては、ルテインを機能性関与成分として機能性表示食品に登録されたものがあり(山本, 2020)、その後、コマツナについても一民間企業からルテインを対象にして機能性表示食品としての届け出がなされた(機能性表示食品届出番号H394)。しかしながら、コマツナでの機能性表示食品としての届け出は現在(2023年9月)のところこの1件のみであり、全国の量販店などで簡単に入手できるまでには至っていない。最近発表された成人女性のカロテノイド摂取量についての調査によれば、コマツナはハウレンソウなどとともに主要なルテイン摂取源としてランクされている(Fukushima, Y. et al., 2023)ものの、コマツナにも機能性成分ルテインが含まれることに関して、一般消費者に十分認知されているとはいいがたい。ルテイン含量の表示されたコマツナが消費者の手に入りやすくなれば、コマツナのルテインについて認知度が上がり、通常販売されているコマツナに対しても関心や消費意欲が高まるものと期待される。一方で、機能性表示食品として届出を行い、販売を続けるには機能性関与成分含量を担保することが必須であり、そのためにはルテイン含量を安定的に高める方法に関する知見の集積が必要になる。本報においては、コマツナの品種や栽培条件がルテイン含量に及ぼす影響について調査したので報告する。

## 材料および方法

### 1. コマツナの栽培

コマツナは、前報(宮澤ら, 2022)同様、東京都農林総合研究センター江戸川分場(江戸川区鹿骨、赤土客土土壌)の無加温パイプハウス内で栽培し、栽植密度は条間12 cm、株間5 cm、施肥は全量基肥でN-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>Oそれぞれ7 kg/10aとした。ルテイン分析に供するため、コマツナは午前10時までに平均的な株を10株以上収穫し、直ちに東京都立産業技術研究センター食品技術センター(千代田区神田佐久間町)に搬送し、収穫後2時間以内に冷蔵した。冷蔵したコマツナは1日以内に縮分処理し冷凍保存した。なお、収穫日には同時に生育調査を1区10株2反復で実施し、最大葉長、地上部重、葉身割合(重

量比)、最大葉先端の SPAD 値 (SPAD-502Plus, コニカミノルタ)、及び同位置での葉厚 (葉の厚み) なども別途測定した。

サイズの異なるコマツナ間でのルテイン含量を比較する際には、‘いなむら’をパイプハウス内に2020年、10月16日、10月21日、10月26日の3回に分けて播種し、11月24日に収穫し、10株以上収穫したなかから、生育状態が平均的で健全な5株を選んで均質化しルテイン分析に供した。

ルテイン含量の葉位間比較の調査においては、2020年9月4日に播種し9月27日に収穫した‘いなむら’のなかから健全な2株を供した。なお葉位は外側の古い本葉から順に第1葉、第2葉、・・・とした。

栽培時期によるルテイン含量の変動を調査する際は、‘いなむら’および‘里きらり’を2020年4月30日、9月4日、10月26日に播種し、それぞれ5月28日、9月28日、12月10日に収穫し、ルテイン含量の品種間差の確認試験では、のべ30品種を2019年4月19日、7月5日、10月21日に播種し、それぞれ最大葉長が25~30 cmを目安に収穫した。

## 2. コマツナのルテイン分析

コマツナ複数株からルテインを抽出する際は、次のように縮分した。正常な株5株を葉身と葉柄に分けた後に、それぞれを1 cm以下に包丁で刻んで秤量した。元の葉身/葉柄比率になるように刻んだ試料を混合し10 gずつ小分けして-30°Cで保存した。

ルテインを高速液体クロマトグラフ (HPLC) 分析するための試料調製はハウレンソウを対象に定められた JAS 法 (JAS0008) に準じた。冷凍保存したコマツナ試料10 g に対して、抽出液を30 g 加えてホモジナイザーで破碎し、懸濁液を得た。抽出液はピロガロール15 g を500 mL のエタノールに実験当日に溶解したものである。蓋付きの遠心管に懸濁液2 g を採取し、10 mL の上記抽出液及び濃水酸化カリウム溶液1 mL を加えた。なお、濃水酸化カリウム溶液は、水酸化カリウム60 g を水100 mL に溶解して調製した。蓋付き遠心管を70°Cで30分間加温して、脂質をケン化した。放冷後、遠心管に1%塩化ナトリウム水溶液20 mL 及びヘキササンと酢酸エチルを9:1の体積比で混合した液を12 mL 加え、5分間激しく振とうした後、遠心分離し、上層をナス型フラスコに採取した。下層部にヘキササン/酢酸エチルを12 mL 加え、振とう、遠心後の上層を上記ナス

フラスコに合わせた。さらに本操作をもう一度繰り返した。ナス型フラスコに集められたヘキササン/酢酸エチルはロータリーエバポレータを用いて40°Cで濃縮後、窒素気流下で乾固した。ナス型フラスコに残った内容物を0.1%ジブチルヒドロキシルトルエン (BHT) 含有エタノール10 mL に溶解し、HPLC 分析まで-30°Cで保存した。

HPLC による分析は前報 (石本・馬場, 2021) に準じた。装置はフォトダイオードアレイ検出器を装着した Infinity 1260 (アジレント・テクノロジー) を使い、カラムは YMC carotenoid (粒子径 5  $\mu$ m, 4.6  $\times$  250 mm) とし、カラム温度は30°C, 460 nm で検出した。移動相 A 及び B は、メタノール、メチル-*t*-ブチルエーテル、水をそれぞれ、83:15:2 及び 8:90:2 の体積比とし、移動相 B には1 L あたりトリエチルアミン及び BHT を0.5 g 及び1 g 添加した。流速は1 mL/min とし、グラジエント条件は A 液100%から25分かけて B 液100%とした。

なお1株や葉1枚単位で分析する等試料量が少ない場合は、満田ら (2002) に準じ、試料全量を乳鉢中でアセトンを加えて破碎抽出し、20 mL のメスフラスコに定容した。本抽出液中のルテインは室温で半日以上放置すると濃度の低下が認められたので、抽出液をメンブレンフィルターに通した後、直ちに HPLC による分析に供した。HPLC の条件は三田ら (2014) の条件を参考にカラムは Mightysil RP18-GP (5  $\mu$ m, 4.6  $\times$  250 mm, 関東化学) を使い、アセトニトリルとエタノールを等量混合した移動相によるイソクラティック分析とし、流速は1 mL/min, 450 nm で検出した。

## 結果および考察

### 1. 株のサイズとルテイン含量の関係

前報 (石本・馬場, 2021) において同一日に播種して栽培期間の異なるコマツナのルテイン含量を比較し、栽培期間が長くサイズの大きい株においてはルテイン含量が低下することを示した。一方でハウレンソウにおいてアスコルビン酸の含量は、収穫前の日射量に依存することが報告されている (吉田・浜本, 2010)。ルテインの含量についても、収穫前の環境が収穫時の成分含量に影響する可能性が懸念される。前報においては、コマツナは同一日に播種したため、サイズの異なる試料を得るためには、収穫日を変える必要があった。仮にルテイン含量が日

表1 播種日の異なるコマツナのルテイン含量 (同一収穫日) <sup>a</sup>

播種日	最大葉長 (cm)	地上部重 (g)	葉身割合 <sup>b</sup> (重量比)	SPAD	ルテイン含量 (mg/100 g)	相関 係数1 <sup>c</sup>	相関 係数2 <sup>d</sup>
10月16日	28.6	35.3	0.36	49.3	3.4		
10月21日	22.0	15.3	0.48	48.2	4.3	-0.999 *	1.000 **
10月26日	15.8	6.3	0.57	44.3	5.0		

a) 11月24日に生育調査と同時に収穫しルテイン分析にも供試した。生育調査は10株2反復で実施し、ルテイン分析試料は中庸な5株からまとめて抽出した。

b) 調整葉1～2枚及び最大葉の1/2以下の新葉を除いた葉について、葉身の重量を葉身と葉柄を併せた重量で除した値。

c) 最大葉長とルテイン含量の相関係数。

d) 葉身割合とルテイン含量の相関係数。

e) 表中の\*, \*\*はそれぞれ5%, 1%水準で有意であることを示す。

射量や気温あるいは灌水等の栽培環境の影響で日々変動するものであるとすれば、株のサイズだけでなく、収穫日前の栽培環境がルテイン含量に影響した可能性も否定できない。そこで、同一の日に栽培期間の異なる株を収穫できるよう複数の播種日を設定することにより、収穫前の環境の相違を排除したうえでルテイン含量をサイズ間で比較した。

結果を表1に示す。播種日が早いほど、すなわち播種から収穫までの日数が長いほど地上部重は増加した。一方で、100g当たりのルテイン含量は最大葉長と強い負の相関関係にあり、栽培日数とともに低下した。このことは収穫前の環境の相違を排除した上でもサイズの大きい株においてルテイン含量が低下し、前報の結論を補強する結果であり、ルテイン含量を比較する上で試料サイズの重要性が示された。

本試験で最もルテイン含量が高かったのは10月26日播種の試験区の5.0 mg/100gであり、その最大葉長は15.8 cmであった。これはコマツナの一般的な市場出荷規格に満たないものである。しかし、近年のコマツナは多様なサイズで利用されており、袋入りのベビーリーフミックスでは葉長10 cm程度のもも用いられている。本試験の結果は、このような市場出荷規格に満たない小さなサイズでこそ、高ルテイン含量を実現しやすいことを示している。

前報(石本・馬場, 2021)において葉柄中のルテイン含量は葉身中のルテイン含量の1/10以下であることを示した。表1においても、葉身割合は栽培期間が長くなるとともに低下し、ルテイン含量との間で強い正の相関関係が認められた。株が大型化するにつれて株全体のルテイン含量が低下する要因の

ひとつとして、本試験において栽培期間の延長につれて葉身の割合が減少し、逆にルテイン含量の低い葉柄の割合が増加しているためと考えられ、ルテイン含量では葉身割合が重要な指標であることが示唆された。

また、前報において最大葉のSPAD値が株全体のルテイン含量の指標となることを示唆しつつも、異なるサイズの株間では活用できなかった。本試験においても、栽培期間とSPAD値は正の関係を示すが、栽培期間とルテイン含量の間では負の関係が認められ(表1)、生育ステージの異なる株間のルテイン含量の比較にはSPAD値のみでは指標化できないことが示された。

## 2. ルテイン含量の葉位間差

各種成分は植物体に均質に分布するのではなく、例えば、チャにおいては高品質茶に多く含まれチャ特有のアミノ酸であるテアニンは、新芽の上位葉に多く下位葉には少なく、一芯一葉では1.8%、第2葉1.5%、第3葉1.3%、第4葉1.2%と明確な傾向が認められる(三輪ら, 1978)。従って、高品質な茶の製造を目的とする場合には、上位葉のみを用いる(中野ら, 1996)。また、キャベツにおいても高糖度化を目指すために結球内での糖度分布が評価され、結球部の外側で低く、茎頂部で高いなどの糖度分布が観察されている(徳田ら, 2021)。コマツナのルテインについても、葉柄中の含量は葉身に比べて著しく低いことをすでに報告している(石本・馬場, 2021)が、葉身間で比較した場合でも葉位によってその含量が著しく異なるようであれば、ルテイン含量の高い葉位の葉身のみを使うような規格を作るこ

表2 葉身中のルテイン含量の葉位間差<sup>a</sup>

試料1	第2葉	第3葉	第4葉	第5葉	第6葉	第7葉	第8葉
葉重 <sup>b</sup> (g)	1.4	3.2	4.7	3.9	2.9	0.8	0.2
SPAD	34.7	38.4	40.0	39.1	40.2	33.6	24.3
ルテイン <sup>c</sup> (mg/100 g)	6.2	6.8	8.5	7.4	9.2	7.2 <sup>d</sup>	
試料2	第2葉	第3葉	第4葉	第5葉	第6葉	第7葉	第8葉
葉重 <sup>b</sup> (g)	1.3	2.3	4.9	4.0	3.3	0.7	0.1
SPAD	35.6	35.8	42.3	40.0	38.2	36.0	ND <sup>d</sup>
ルテイン <sup>c</sup> (mg/100 g)	5.7	6.5	7.3	8.7	8.4	8.5	ND <sup>d</sup>

a) 表中のデータは n=1。

b) 葉身、葉柄を合わせた葉1枚の重量。

c) 葉身のみ測定

d) 第8葉は最も若い葉である。非常に小さいため試料1では第7葉と併せて測定し、試料2では測定しなかった。

とにより、ルテインの高含有化をはかることも理論上は可能である。また試験や品質管理の過程でコマツナ試料中のルテイン含量を評価したい場合、葉位間でルテイン含量に大きな差がある場合には、試料の縮分作業を行う上で単純に葉柄、葉身に分けて扱うだけでなく、葉身をさらに葉位ごとに分けてから試料調製するなどの工夫が必要になる。

そこで、‘いなむら’について葉位に分けた各葉身中のルテイン含量を比較した。なお、葉身1枚あたりの重量が1gにも満たない場合もあるので、乳鉢を用いアセトン中で破碎しながら抽出し、ケン化処理せずにそのまま HPLC 用試料とした。各葉位の葉身に含まれるルテイン含量についての2例を表2に示した。なお葉位は外側の古い本葉から第1葉とし、測定試料においては、第8葉まで観察された。第1葉については出荷調整で取り除かれるため除外し、また、第8葉は非常に小さいため単独ではルテイン含量の測定ができなかった。その結果、葉重は第4葉を最大とし、葉位間で数倍以上の差が認められた。ルテイン含量については、第2葉のような古い葉において含量が低い傾向がみられたものの、それ以外の葉では、チャにおいてテアニンで観察された、新葉ほど含量が高いというような明瞭な含量差(三輪ら, 1978)は認められなかった。表2において新葉にもルテインは含まれること、表1からルテイン含量は株の生育とともに低下することを考慮すると、高ルテインの生鮮コマツナを目指すには、通常の出荷基準より前の若い株を利用することが有望と考えられる。一方で、若い葉に比べ若干含量は低

いもの下葉の葉身にもルテインは含まれていることが明らかにされたので、例えば出荷時に除去する下葉(調整葉)をルテインも含む加工原料(石本・馬場, 2021)として利用するなどの活用方法も一案として考えられる。

本試験の結果、ルテイン含量を測定するためのコマツナ試料の縮分に際して、含量に大きな差のある葉身と葉柄については、その比率に留意しながら試料の縮分が必要であるが、葉身については葉位には特別な留意を払うことなく均質なサンプリングを心がければよいものと考えられる。

Kopsellら(2004)は、ケールなどを含む *Brassica oleracea* の品種比較の結果、ルテイン含量とクロロフィル含量の相関が高いことを示した。またホウレンソウにおいても、クロロフィル含量とルテイン含量の間で高い相関関係が認められている(永田, 2009)。クロロフィル含量を非破壊で評価する目的で、国内では葉緑素計(SPAD-502Plus, コニカミノルタ)が汎用されており、クロロフィル含量がルテイン含量と相関するのであれば、葉緑素計の示す SPAD 値はルテイン含量の指標となるものと期待される。実際に前報(石本・馬場, 2021)において、品種の異なるコマツナの間で SPAD 値とルテイン含量について正の相関を認めている。

表3には、表2と同日に実施した生育調査の結果(10株の平均値)を示した。最大葉長は第4葉付近で最大を示した。表2及び表3においては、SPAD 値は第4葉で最大を示すものの、一方で比較的若くて見かけの緑色が淡く SPAD 値が低い第6葉、第7

表3 コマツナの葉位別生育調査結果<sup>a</sup>

	第1葉	第2葉	第3葉	第4葉	第5葉	第6葉	第7葉	第8葉
SPAD	29.7	35.5	39.9	44.6	43.8	41.0	38.1	ND <sup>b</sup>
葉長 (cm)	8.3	13.5	19.7	23.5	22.1	18.6	9.9	4.0
葉厚 (mm)	0.44	0.40	0.35	0.33	0.28	0.25	0.24	ND <sup>b</sup>

a) 表2のルテイン分析試料と同一日に10株調査。

b) 第8葉は最も若い葉であり非常に小さいため、測定しなかった。

葉においてもルテイン含量は第4葉に比べて遜色なかった(表2)。本葉緑素計の、葉を透過した光の吸光度に基づき葉緑素を推定するという原理(石井, 1988)によれば、クロロフィルの密度が葉中で均質であると仮定すると、葉の厚みが増すほど透過光が減少し、葉緑素が多いと評価されることになる。実際にチャの葉については、抽出して測定したクロロフィル量とSPADを葉厚で除した値の間に正

の相関関係が認められている(Sano et al., 2018)。表2においてSPAD値の低かった第6葉、第7葉については、表3において葉厚が薄かった。そこで前報(石本・馬場, 2021)ではSPAD値とルテイン含量の関係について言及したが、本報ではSPAD値を葉厚で除した値についてもルテイン含量との関係を調査した。SPAD値とルテイン含量の関係、及びSPAD値を葉の厚みで除した値との関係を図1に示

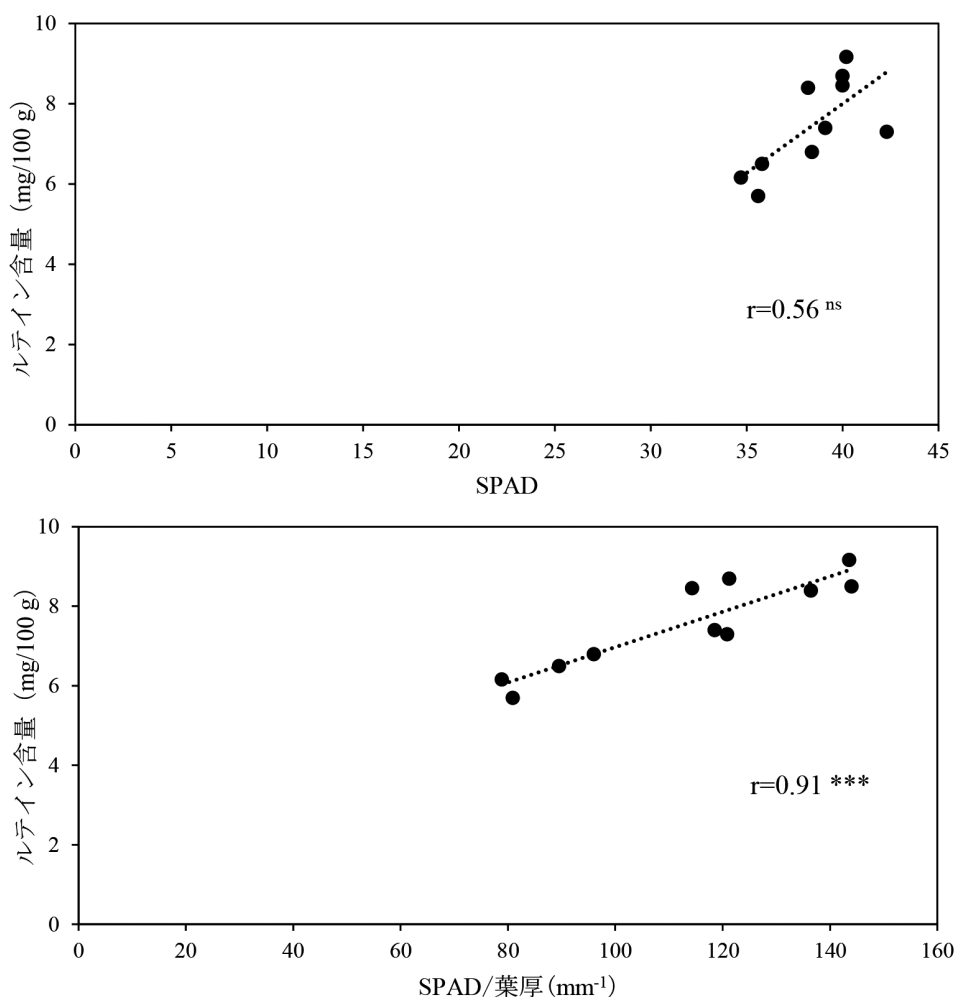


図1 葉位別のSPAD値またはSPAD/葉厚と葉身ルテイン含量の関係<sup>a</sup>

a) SPADおよび葉身ルテイン含量は表2の1株ごとのデータを使用。葉厚は表3の10株平均値を使用。

b) 図中のns, \*\*\*はそれぞれ有意差がない, 0.5%水準で有意差があることを示す。

した。その結果、ルテイン含量との相関は SPAD 値単独よりも、SPAD/葉厚の方が高かった。ルテイン含量を推定する際に、SPAD 値とともに葉厚も重要な因子となるものと期待される。

### 3. コマツナの栽培時期によるルテイン含量の変動

ハウレンソウにおいては、慣行栽培のものより寒締め栽培されたものにおいてルテイン含量が高く、寒締めハウレンソウにおいて機能性表示（機能性表示食品 D327, E165）がなされている。コマツナについても、特定の作期や栽培方法のコマツナにおいてルテイン含量が高まる傾向があれば、特定の時期のコマツナについて機能性表示したり、あるいは含量の低い時期のコマツナを機能性の表示対象から外す等、工夫が可能である。そこで事前の調査の結果、比較的ルテイン含量の高かった 2 品種を栽培時期を変えて栽培し、収穫時のルテイン含量を比較した（表 4）。その結果、9 月 28 日に収穫した‘里きらり’においてやや高いルテイン含量が示されたが、その時の生育調査の結果によれば最大葉長や葉数の点で他の時期に劣り、生育ステージが若いものと推定される。生育ステージがルテイン含量に影響し、生育が進むほどルテイン含量が低下することについては、前報や本研究（表 1）においても示した通りであり、収穫時期を遅らせると他の収穫時期と大差ないものと推定される。コマツナの旬は秋から冬とされ、旬の時期である 12 月 10 日に収穫した株はルテインについても含有量が多いのではないかと期待したが、他の時期と比べて優位性は認められなかった。ただし、東京都下では寒締め栽培はほとんど実施されていないため、今回の試験には組み込まなかった

が、寒締め栽培をすればハウレンソウで認められたようにルテイン含量が増加する可能性も残されている。

表 4 において、両品種とも 9 月 28 日の SPAD 値が低い傾向にあった。安川ら（2023）もハウレンソウにおいて夏季に播種したものは SPAD 値が低い傾向を認め、葉の薄さの影響ではないかと考察している。表 4 では両品種とも葉厚は 9 月 28 日収穫区で薄く、一方で、ルテイン含量の季節変化は少なかったことから、葉位別のルテイン含量の関係から考察したように、SPAD 値単独ではなく葉厚も含めた指標の設定が必要ではないかと期待される。栽培時期によるルテイン含量の変動を調べた本試験では、葉身のみのルテイン含量の測定は行っていないが、コマツナにおいては葉身と葉柄の間でルテイン含量に大きな差異があることから、葉身のみのルテイン含量も収集して解析を実施する必要がある。

東京都内では慣行的に行われるハウス栽培に対して、露地栽培することによりコマツナの生育環境を大きく変えることができる。ハウレンソウにおいては、露地秋まき栽培によりルテイン含量が高まるとされる（吉岡，2019）。そこで‘いなむら’について秋季にハウス栽培したものと露地栽培したものを比較した（表 5）。露地栽培の場合生育期間が長いいため、丈を揃えるため、2 週間早く播種したものをハウス栽培区と同時に収穫した。地上部重は露地栽培区が大きかったものの、最大葉長はともに 28.6 cm で同等であり、ルテイン含量については露地栽培区において高かった。露地栽培区においては葉身割合は高くないものの、SPAD 値が高いことから、葉身に含まれるルテイン含量が露地栽培区において高かったものと推定される。このことからハウス栽培

表 4 栽培時期の異なるコマツナのルテイン含量<sup>a</sup>

品種	播種日	収穫日	最大葉長 (cm)	SPAD	葉厚 <sup>b</sup> (mm)	SPAD /葉厚	葉身割合 <sup>c</sup> (重量比)	ルテイン含量 (mg/100 g)
いなむら	4月30日	5月28日	28.5	51.0	0.36	140	0.41	3.9
	9月4日	9月28日	25.6	43.1	0.34	129	0.52	3.7
	10月26日	12月10日	25.1	49.4	0.39	127	0.41	3.7
里きらり	4月30日	5月28日	24.5	56.1	0.41	138	0.33	3.6
	9月4日	9月28日	21.3	45.6	0.32	142	0.49	4.5
	10月26日	12月10日	25.2	52.6	0.41	130	0.29	3.5

a) 生育調査は10株 2 反復。ルテインは中庸な 5 株から抽出。

b) マイクロメーター(SMD-540J, TECLOCK) を使用

c) 調整葉 1 ~ 2 枚及び最大葉の 1/2 以下の新葉を除いた葉について、葉身の重量を葉身と葉柄を合わせた重量で除した値

表5 ハウス栽培と露地栽培のルテイン含量の比較<sup>a</sup>

栽培	播種日	最大葉長 (cm)	地上部重 (g)	SPAD	葉身割合 <sup>b</sup> (重量比)	ルテイン含量 (mg/100 g)
ハウス	10月16日	28.6	35.3	49.3	0.36	3.4
露地	10月2日	28.6	42.6	55.3	0.34	4.4

a) 生育調査は11月24日で10株2反復で実施。ルテインは中庸な5株から抽出。

b) 調整葉1～2枚及び最大葉の1/2以下の新葉を除いた葉について、葉身の重量を葉身と葉柄を合わせた重量で除した値

よりも露地栽培によりルテイン含量を高められる可能性がある。ただし技術として確立するためには栽培時期や品種などの関係をさらに明確にする必要がある。

#### 4. ルテイン含量の品種間差

春、夏、秋の季節にのべ30品種の栽培を行い、最大葉長25～30 cmを目安に収穫したコマツナのルテイン含量と収穫時の生育調査の結果を表6に示した。なお、夏まきについては2反復した区の間でも生育にばらつきが出たため、生育の良好な1区のみデータとした。3期を通じてコマツナのルテイン含量はおおよそ2～5 mg/100 gの範囲で分布していた。株の大きさがルテイン含量に影響し、また、他の要因もルテイン含量に影響するものと考えられるために、今回の一度限りのルテイン含量の数値のみで高ルテイン品種を候補として選択するのは適切ではないが、今回の試験において、突出してルテイン含量が高いものは見出すことができなかった。また、栽培時期にしてもルテイン含量が春に多かった‘いなむら’、夏に多かった品種‘優翠’、‘美翠’、‘夏楽天’および‘きよすみ’、秋に多かった品種‘ごせき晩生’など多様であり、表4に示した結果と合わせて考察すれば、春から秋にかけての間では、コマツナのルテイン含量を著しく高められるような栽培時期は想定しがたい。

一方でこれまでの結果から、SPAD値あるいはSPAD/葉厚の値がルテイン含量と相関することが示唆されたので、表6に示したルテイン含量とSPAD値あるいはSPAD/葉厚の関係を図2にまとめた。両者とも相関関係が認められたが、全体で見ればルテイン含量との相関は後者において高かった。これは秋まきにおいて葉が厚いことを反映した結果である。このことから、葉色が濃い品種、あるいは葉色が葉の厚みの割に濃い品種を選択することによ

り、ルテインの含量を安定的に高められる可能性が示唆される。

以上総合して考察すると、最大葉長25～30 cm程度のコマツナのルテイン含量は100 gあたり2～5 mgであった。この量は機能性表示食品として届けられている寒締めホウレンソウの200 gあたり10 mgと比べて高い値であるとはいえない。しかしながら、消費者の立場ではルテイン摂取のために毎日ホウレンソウばかり食することは現実的ではなく、コマツナも含めたルテインを含む野菜をローテーションして食べることにより、無理なくルテイン摂取が可能となるものと期待できる。また本研究において、コマツナのルテイン含量を高めるためのいくつかの方法が示唆された。すなわち、ハウス栽培よりも露地栽培を選択すること、栽培期間を短くしてより小型の時期に収穫すること、葉の厚みの割に緑色の濃い品種を選択することが考えられる。なお、ルテイン含量の指標として前報(石本・馬場, 2021)においてSPAD値の有効性を示したが、本報においてSPAD/葉厚の方がさらに汎用性の高いことが示唆された。SPADは本来葉緑素量を推定する機器なので、今後はSPAD測定部位のSPAD値や葉厚のみでなく、クロロフィル含量等とルテイン含量の関係なども検討することにより、さらに精度の高いルテイン含量の推定法が開発できるものと期待される。今後、高ルテインコマツナ品種の育種や、他の野菜におけるルテインの知見の充実がなされ、普段の食事から健康的なルテインの摂取が可能になることが望まれる。

#### 謝 辞

本研究を行うにあたり、ルテイン分析に協力いただいた現東京都立産業技術研究センター食品技術センターの職員の皆様に深く御礼を申し上げます。



表6 ルテイン含量の品種間差<sup>a</sup>

品種	播種日	収穫日	葉身割合 <sup>b</sup> (重量比)	SPAD	葉厚 <sup>c</sup> (mm)	ルテイン含量 (mg/100 g)
ごせき晩生	4月19日	5月29日	0.55	34.7	0.22	2.54
美翠	4月19日	5月29日	0.41	49.1	0.27	3.03
きよすみ	4月19日	5月29日	0.49	43.2	0.25	3.05
いなむら	4月19日	6月3日	0.57	56.3	0.27	4.52
春のセンバツ	4月19日	6月3日	0.46	59.9	0.29	3.08
優翠	4月19日	6月3日	0.47	44.7	0.28	2.58
夏楽天	4月19日	6月4日	0.56	38.2	0.29	2.86
まさみ	4月19日	6月4日	0.58	47.1	0.30	3.37
神楽坂	4月19日	6月4日	0.49	48.7	0.28	3.55
里きらり	4月19日	6月4日	0.46	59.0	0.32	4.05
ごせき晩生	7月5日	7月31日	0.55	30.8	0.21	2.77
いなむら	7月5日	7月31日	0.58	51.7	0.28	3.63
夏楽天	7月5日	7月31日	0.49	35.5	0.26	3.90
優翠	7月5日	8月2日	0.46	45.7	0.26	4.34
美翠	7月5日	8月2日	0.42	51.3	0.28	4.31
つなしま	7月5日	8月2日	0.45	50.0	0.26	4.66
菜々音	7月5日	8月5日	0.51	55.3	0.31	4.43
春のセンバツ	7月5日	8月5日	0.44	52.4	0.27	3.77
里きらり	7月5日	8月5日	0.44	62.0	0.33	4.95
きよすみ	7月5日	8月5日	0.53	42.2	0.27	3.50
ごせき晩生	10月21日	11月21日	0.62	37.0	0.32	3.23
わかみ	10月21日	11月21日	0.51	41.9	0.39	2.34
夏楽天	10月21日	11月21日	0.57	39.5	0.39	2.26
みなみ	10月21日	11月21日	0.49	51.0	0.36	3.56
なかまち	10月21日	11月25日	0.51	41.0	0.35	2.77
はまつづき	10月21日	11月25日	0.48	48.8	0.37	2.45
いなむら	10月21日	11月25日	0.54	52.9	0.39	3.32
きよすみ	10月21日	11月27日	0.52	47.1	0.40	3.03
美翠	10月21日	11月27日	0.43	54.9	0.35	3.10
優翠	10月21日	11月27日	0.44	47.7	0.33	2.04

a) SPAD, 葉厚は10株2反復, 葉身割合は分析試料5株を調査。

b) 葉身の重量を葉身と葉柄を合わせた重量で除した値。

c) 測定にはマイクロメーター (ID-C1012BS, Mitutoyo) を使用。

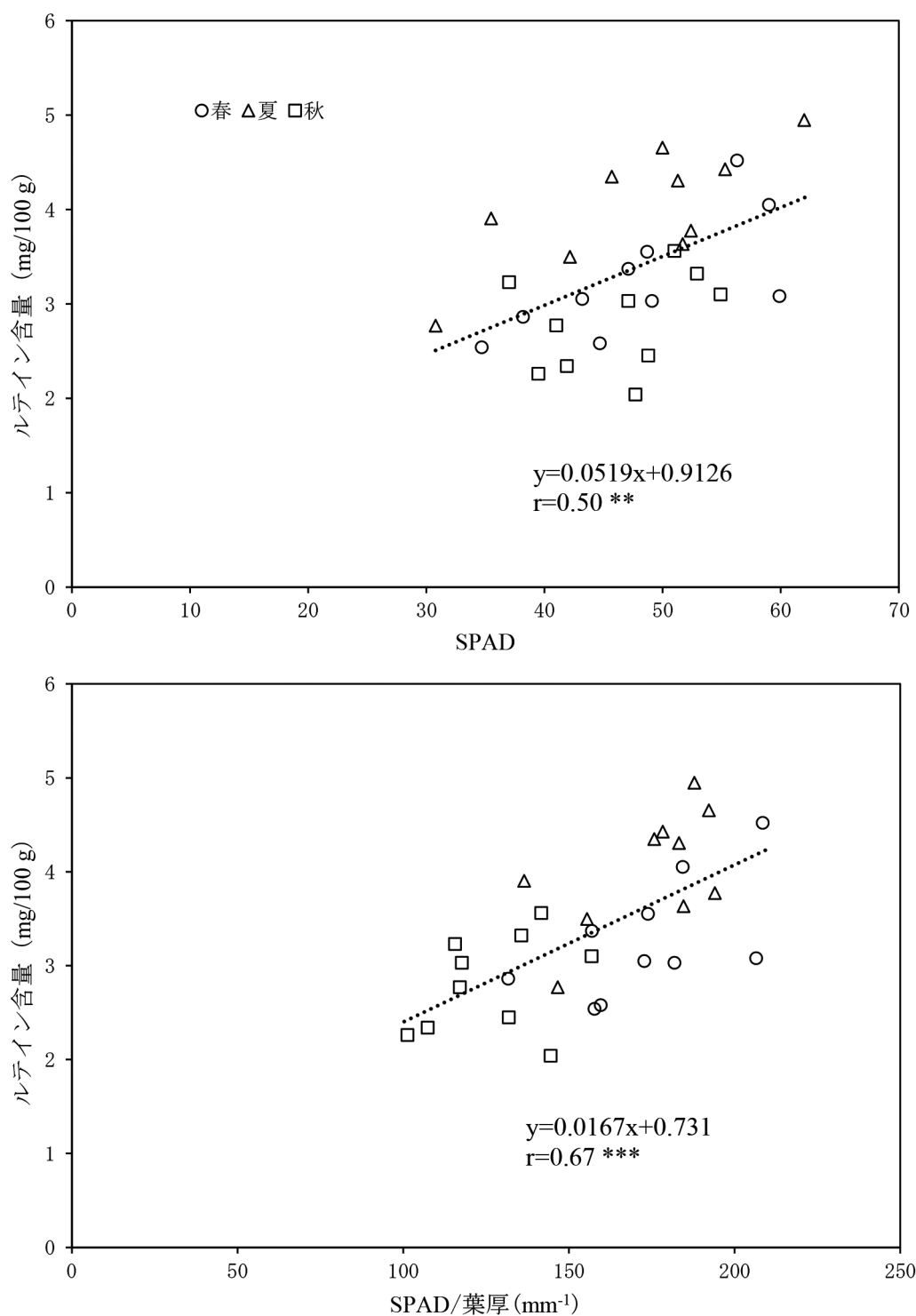


図2 品種・栽培時期の異なるコマツナのSPAD値及び葉厚とルテイン含量の関係  
a) 図中の\*\*, \*\*\*はそれぞれ1%, 0.5%水準で有意差があることを示す。

## 引用文献

- 荒井綜一 (1990) 機能性食品. 日本醸造協会誌 85: 2-5.
- Fuad, N. I, N., M. Sekar, S.H. Gan, P. T. Lum, J. Vaijanathappa, A. Ravi (2020) Lutein: a comprehensive review on its chemical, biological activities and therapeutic potentials. *Pharmacognosy Journal*. 12: 1769-1778.
- Fukushima, Y., C. Taguchi, Y. Kishimoto, K. Kondo (2023) Japanese carotenoid database with  $\alpha$ - and  $\beta$ -carotene,  $\beta$ -cryptoxanthin, lutein, zeaxanthin, lycopene, and fucoxanthin and intake in adult women. *Vitamin and Nutrition Research*. 93: 42-53.
- 堀江秀樹 (2011) ドレッシングの使用がキク科野菜の苦味を緩和する. 日本調理科学会誌 44: 407-410.
- 堀江秀樹 (2012) 野菜の加熱にともなうグアニル酸の生成. 日本調理科学会誌 45: 346-351.
- 石井和夫 (1988) 土壌・栄養診断機器開発の現況 (2) SPAD 開発商品の紹介. 農業技術 43: 552-556.
- 石本太郎・馬場隆 (2021) 機能性表示食品開発のためのコマツナ含有ルテインに関する基礎的研究. 日本食品科学工学会誌 68: 77-83.
- 海保富士男 (2019) 果実が大きく食味がよい露地栽培用イチゴ新品種「東京おひさまベリー」の育成. みんなの農業広場  
<https://www.jeinou.com/technology/2019/10/03/091000.html>
- 木下沙也佳・野口 貴・海保富士男・沼尻勝人 (2018) 施設トマトの需要拡大に向けた高糖度化技術の開発. 東京都農林総合研究センター平成30年度成果情報 177-180.
- Kopsell D.A., D.K., Kopsell, L.A., Lefarud, J. C.-Celentano, L.E., Dukach. (2004) Variation in lutein,  $\beta$ -carotene, and chlorophyll concentrations among *Brassica oleracea* cultivars and seasons. *HortScience*. 39: 361-364.
- 満田幸恵・新本洋士・小堀真珠子・津志田藤二郎 (2002) 高速液体クロマトグラフィーによる野菜のカロテノイドおよびクロロフィルの同時分析. 日本食品科学工学会誌 49: 500-506.
- 三宅紀子・酒井清子・五十嵐歩・鈴木恵美子・倉田忠男 (2007) ゆで加熱条件下におけるエダマメ中の呈味成分およびビタミンC含量の変動. 日本調理科学会誌 40: 189-192.
- 三田陽子・本間啓子・馬渡一浩・坂井良輔 (2014) 高速液体クロマトグラフィーによる市販野菜ジュース中カロテン類の同時定量. 北陸学院大学・北陸学院大学短期大学部研究紀要 6: 271-275.
- 三輪悦夫・高柳博次・中川致之 (1978) 葉位別にみた茶葉の化学成分含量. 茶業研究報告 47: 48-52.
- 宮澤直樹・馬場 隆・石本太郎・堀江秀樹 (2022) 含有成分がコマツナのうま味, 甘味, 苦味に及ぼす影響. 東京都農林総合研究センター研究報告 17: 33-43.
- 永田雅靖 (2009) ホウレンソウに含まれる  $\beta$ -カロテンの分光光度計を用いた簡便定量法. 野菜茶業研究所研究報告 8: 1-5.
- 中野敬之・森田昭雄・谷 博司・鈴木則夫 (1996) 機械摘み茶園における新芽の収量, 全窒素, 全遊離アミノ酸および粗繊維含有率の層別解析. 日作紀 65: 612-617.
- 奥田良胤 (2011) 『あるある大事典II』のねつ造問題 関西テレビの信頼回復への取り組みと課題. 放送研究と調査 2月号: 16-27.
- Sano, T., H. Horie, A., Matsunaga, Y. Hirono (2018) Effect of shading intensity on morphological and color traits and on chemical components of new tea (*Camellia sinensis* L.) shoots under direct covering cultivation. *J Sci Food Agric*. 98: 5666-5676.
- 杉浦実 (2017) 国産カンキツ類に多い  $\beta$ -クリプトキサンチンと機能性食品の開発. 生鮮物で初めての機能性表示食品. 化学と生物 55: 566-572.
- 徳田真帆・木下沙也加・沼尻勝人・海保富士男・遠藤拓弥 (2020) スイーツキャベツの結球部と非可食部における糖度の関連性. 東京都農林総合研究センター令和2年度成果情報 21-22.
- 山本真子・井奥加奈・岸田恵津奥 (2021) 蒸し調理におけるカブの甘味と嗜好特性. 日本調理科学会誌 54: 49-55.
- 山本万里 (2020) 5年目を迎えた機能性表示食品制度と農林水産物での活用. *Functional Food Research* 16: 11-20.
- 安川人央・浅尾浩史・西野精二・峯 圭司・西本登志 (2023) ホウレンソウのルテイン含有量に関する品種間差異. 奈良県農業研究開発センター研究報告 54: 27-31.
- 吉田祐子・浜本 浩 (2010) 日射量と気温がホウレンソウのアスコルビン酸含量の変動に及ぼす影

響. 園芸学研究 9 : 333-338.

吉岡宏 (2019) ルテイン含有量が安定して多いハウレンソウを生産する技術. 日本政策金融公庫 技術の窓 No.2359.

# Lutein Content of Komatsuna (*Brassica rapa var. perviridis*) under Different Varieties, Harvest Sizes, and Growing Environments

Naoki Miyazawa<sup>1\*</sup>, Taro Ishimoto<sup>2</sup>, Hideki Horie<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Tokyo Metropolitan Agriculture and Forestry Research Center

<sup>2</sup> Food Technology Research Center, Tokyo Metropolitan Industrial Technology Research Institute

## Abstract

Lutein is an important nutritional component in leafy vegetables. This study investigated the factors necessary to increase the lutein content in a popular leafy vegetable, komatsuna. Lutein content decreased according to the increase in plant length caused by longer cultivation periods. The seasons of cultivation did not show definitive content differences, whereas it is suggested that the lutein content may be higher in outdoor cultivation than in greenhouse cultivation. It is also suggested that the value obtained by dividing the SPAD value, which is related to the amount of chlorophyll, by the leaf thickness of the SPAD measurement site, could be used as an index for estimating the lutein content.

Keywords: foods with functional claims, leafy vegetables, cultivar, leaf position, SPAD

Bulletin of Tokyo Metropolitan Agriculture and Forestry Research Center, 19: 67-79, 2024

\*Corresponding author: n-miyazawa@tdfaff.com

