

## レタスの部位と生育ステージによるセスキテルペンラクトン含量の差異

荒川浩二郎<sup>1</sup>・南 峰夫<sup>2\*</sup>・中村浩蔵<sup>3</sup>・松島憲一<sup>2</sup>・根本和洋<sup>2</sup><sup>1</sup> 岐阜大学大学院連合農学研究科 (信州大学) 399-4598 長野県上伊那郡南箕輪村<sup>2</sup> 信州大学大学院農学研究科 399-4598 長野県上伊那郡南箕輪村<sup>3</sup> 信州大学農学部 399-4598 長野県上伊那郡南箕輪村

## Differences of Sesquiterpene Lactones Content in Different Leaf Parts and Head Formation Stages in Lettuce

Kojiro Arakawa<sup>1</sup>, Mineo Minami<sup>2\*</sup>, Kozo Nakamura<sup>3</sup>, Ken-ichi Matsushima<sup>2</sup> and Kazuhiro Nemoto<sup>2</sup><sup>1</sup>The United Graduate School of Agricultural Science, Gifu University (Shinshu University), Kamiina, Nagano 399-4598<sup>2</sup>Graduate School of Agriculture, Shinshu University, Kamiina, Nagano 399-4598<sup>3</sup>Faculty of Agriculture, Shinshu University, Kamiina, Nagano 399-4598

## Abstract

To discuss the sampling method for quantification of sesquiterpene lactones (SLs) in breeding of lettuce (*Lactuca sativa* L.) varieties with high SL concentrations, differences in SL concentrations in different leaf parts and head formation stages were investigated in three lettuce cultivars using HPLC. Significant differences in SL concentrations among the outer leaves, outer head-leaves, inner head-leaves and stem were observed. A high correlation coefficient was observed between SL concentration in the outer leaves and that in the whole head. Excision of outer leaves for sampling does not affect progeny seed production, therefore outer leaves are available as the sample for rough estimate of the SL concentration in the lettuce head. Differences in SLs concentrations were significant among three stages of head formation; beginning of heading, optimal harvesting and over-ripening. Varietal differences of SLs concentration were observed from the beginning stage of heading and a significant correlation between SL concentration at the beginning stage and that at the optimal harvesting stage was observed. This means that an earlier sampling at the beginning stage of heading is available for an estimate of SL concentration at the optimal harvesting stage.

**Key Words** : component breeding, functional component, HPLC, sampling method, screening

キーワード : HPLC, 機能性成分, 成分育種, 選抜, 試料採取法

## 緒 言

レタス (*Lactuca sativa* L.) および近縁のチコリ (*Cichorium intybus* L.), エンダイブ (*C. endivia* L.) などにはさわやかな味わいと独特な苦味を持ち, 生食を始めとして炒め物, 煮物として世界各地で栽培利用されている (秋庭, 1995). この苦味は主成分である lactucopicrin とその類似化合物の一団からなり (Peters・Van Amerongen, 1998; Price ら, 1990; Pyrek, 1985; Rees・Harborne, 1985; Van Beek ら, 1990; Wu ら, 2007), これまでに多数の同族体が報告され (Hance ら, 2007; Kisiel・Michalska, 2008; Malarz ら, 2002; Michalska・Kisiel, 2007; Price ら, 1990), セスキテルペンラクトン類 (sesquiterpene lactones, SLs) として知られている.

また, レタスとチコリは古くから薬用植物として利用さ

れてきた歴史を持ち (Bais・Ravishankar, 2001; Grieve, 1971; Kisiel・Michalska, 2006, 2008; Schmidt ら, 2007; Wu ら, 2007), レタスやチコリなどに含まれる SLs については, 抗マラリア作用 (Bischoff ら, 2004), 抗炎症作用 (Cavin ら, 2005), 利尿作用 (Bais・Ravishankar, 2001) 鎮痛作用, 鎮咳作用 (Kisiel・Michalska, 2008) などの薬理効果および食欲増進と消化促進作用 (Bais・Ravishankar, 2001; Kisiel・Michalska, 2006) が報告され, さらに鎮静効果 (Bais・Ravishankar, 2001; Kisiel・Michalska, 2008) があることから不眠症の改善 (Wesolowska ら, 2006) などの機能性も期待されている.

近年, 野菜に含まれる機能性成分の種類と効果が注目され, 新たな付加価値として機能性成分含量に着目した栽培技術および品種開発の重要性が認識されており (網本ら, 1996), 抗胃潰瘍性をもつキャベツのビタミン U (瀧川・石井, 1996), 代謝亢進作用をもつトウガラシのカプサイシンノイド (南ら, 1998), 発癌抑制作用や血栓予防作用をもつワサビのアリルイソチオシアネート (荒川ら, 2001) など,

2008年5月29日 受付. 2008年8月8日 受理.

\* Corresponding author. E-mail: mminami@shinshu-u.ac.jp

多くの野菜について、その品種間差異や部位および生育に伴う含量の変化が報告されている。

レタスなどに含まれる SLs については上記のように多くの薬理作用が報告されていることから、機能性野菜として注目され始めている。しかし、レタスの SLs に関する育種学的研究は、ほとんどされていない。そこで、筆者らは、これまでに Price ら (1990) の SLs 定量方法を改良し、大量の分析を必要とする育種研究の現場においても有効な HPLC 分析用試料調製方法を開発した (荒川ら, 2007)。さらに開発した方法を用いて、レタス (*L. sativa*) 22 品種・35 系統、*Cichorium* 属の 2 種の野菜および *Lactuca* 属の野生種 3 種について SLs を定量分析した。その結果、属間、種間およびレタスの品種および系統間で SLs 含量に差異がみられ、SLs 含量が高いコストタイプの数系統およびレタスと交雑可能な野生種 *L. saligna* L. (長 370) 1 系統を見いだした (荒川ら, 2008)。今後、これらを交配母本として、一般的に消費量の多いクリスピーヘッドタイプおよびバターヘッドタイプのレタスに SLs 高含量形質を導入した品種の開発を進めることとしている。この際、SLs 含量の的確な評価による選抜が必要であるが、植物に含まれる成分の含量は部位および生育ステージにより変化し一定ではないため、SLs 含量による選抜を的確に行うためには、分析用試料の採取方法を確立しておくことが必要である。

そこで本研究では、3つのタイプの異なったレタス品種を用いて、SLs 含量の部位による差異と生育ステージによる変化を明らかにし、最適な SLs 分析用試料の採取方法を検討することを目的とした。

## 材料および方法

### 1. 供試品種と栽培方法

市販のレタス 3 品種、すなわち、クリスピーヘッドタイプの‘サウザー’、バターヘッドタイプの‘岡山サラダ菜’およびこれまでの研究 (荒川ら, 2008) により SLs 含量が高いことが分かっているコストタイプの‘コスレタス’を供試した (すべてタキイ種苗)。

2004 年 4 月 15 日に市販の培養土 (セル培土 TM-1, タキイ種苗) をつめた 200 穴セルトレイに播種し、無加温のプラスチックハウスで約 1 か月育苗した。その後、タキイ種苗の試験農場 (塩尻市, 標高 750 m) において、くみあい野菜専用 N553 (N:P:K = 15:15:3) 8 kg・a<sup>-1</sup> と BM 重硝酸 (P = 35) 4 kg・a<sup>-1</sup> を混合したものを全量元肥として施用し、白黒マルチを全面被覆した高畝 (条間 45 cm, 株間 30 cm) に本葉 3 ~ 4 枚展開した株を定植した。

### 2. 調査方法

#### 1) 材料の調製

##### (1) 部位による SLs 含量の差異

各品種の収穫適期に地上部を収穫した (第 1 表)。まず外葉と結球部 (外葉を除いた地上部) に分け、次に結球部を縦断して、芯 (茎) と結球葉に分けた。さらに結球葉を芯

の中間より上部の結球葉 (内) と下部の結球葉 (外) に区分し、合計 4 部位に調製した。

##### (2) 生育ステージによる SLs 含量の変化

以下の判断基準 (塚田, 1986) により、3つの生育ステージを判断した。これらの生育ステージに結球部を収穫し、結球部全体を試料とした (第 1 表)。

結球開始期: 最初に立ち上がりの認められた葉から数えて、4, 5 枚目の葉が内側に湾曲して球を形成した時期。

収穫適期: 球が充実して弾力性と光沢がある時期。

過熟期: 球の葉色が退色し始めた時期。

両試験において、各品種 3 個体を混合して液体窒素で凍結した。凍結乾燥機 (EYELA FDU-2000, 東京) で乾燥し、電動ミルを用いて 2 分間粉碎したものを分析用レタス粉末試料とした。

#### 2) HPLC 分析用試料の調製および HPLC 分析

レタス粉末試料からの HPLC 分析用試料の抽出、精製および HPLC による SLs の定量分析は荒川ら (2007) の方法で行い、3 反復測定した。分析装置および測定条件を第 2 表に示す。

## 結果および考察

レタスに含まれる主要な SLs として lactucin, 8-deoxy lactucin, および lactucopicrin が報告されている (Price ら, 1990)。今回供試した 3 品種において、すべての部位および生育ステージで lactucopicrin のみが検出されたが、8-deoxy lactucin は一部の部位および生育ステージでのみ検出され、lactucin は全く検出されなかった (第 3 表, 第 5 表)。以前の筆者らの報告 (荒川ら, 2008) や、Price ら (1990) によ

第 1 表 生育ステージ別収穫日<sup>2</sup>

| 生育<br>ステージ | 品 種                           |                 |                 |
|------------|-------------------------------|-----------------|-----------------|
|            | サウザー                          | 岡山サラダ菜          | コスレタス           |
| 結球開始期      | 6 月 11 日 (30 日) <sup>1)</sup> | 6 月 4 日 (23 日)  | 6 月 11 日 (30 日) |
| 収穫適期       | 6 月 25 日 (44 日)               | 6 月 11 日 (30 日) | 6 月 30 日 (49 日) |
| 過熟期        | 7 月 9 日 (58 日)                | 6 月 25 日 (44 日) | 7 月 9 日 (58 日)  |

<sup>1)</sup> 播種: 2004 年 4 月 15 日, 定植: 5 月 12 日, 栽培地: 塩尻市 (標高 750 m)

<sup>2)</sup> 定植後日数

第 2 表 HPLC 分析装置と条件

|           |   |
|-----------|---|
| 装置        | SHIMADZU LC-2010C                         |
| 分析システム    | SHIMADZU CLASS VP                         |
| 移動相 A     | H <sub>2</sub> O                          |
| 移動相 B     | アセトニトリル                                   |
| グラジェント    | B: 10 → 45%, 35 min                       |
| カラム       | SHIMADZU Shim-pack<br>FC-ODS 150 × 4.6 mm |
| 試料注入量     | 5 μL                                      |
| カラムオーブン温度 | 40°C                                      |
| 流量        | 1.0 mL・min <sup>-1</sup>                  |
| 検出波長      | 262 nm                                    |

第3表 レタスの部位別セスキテルペンラクトン含量<sup>z</sup>

| 品 種    | 部 位              | セスキテルペンラクトン含量 ( $\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}\text{DW}$ ) <sup>y</sup> |               |              |                  |
|--------|------------------|---|---------------|--------------|------------------|
|        |                  | 8-deoxy lactucin  | lactucopicrin | 合 計          |                  |
| サウザー   | 外葉               | 0.00  | 2.91 ± 0.08   | 2.91 ± 0.08  | aA <sup>wv</sup> |
|        | 結球葉 (外)          | 0.00  | 3.54 ± 0.29   | 3.54 ± 0.29  | aA               |
|        | 結球葉 (内)          | 0.59 ± 0.13   | 2.40 ± 0.38   | 2.99 ± 0.51  | aA               |
|        | 芯                | 4.23 ± 0.39   | 35.48 ± 0.94  | 39.71 ± 0.96 | bA               |
|        | 結球部 <sup>x</sup> | 1.81 ± 0.31   | 13.65 ± 0.52  | 15.46 ± 0.21 | cA               |
| 岡山サラダ菜 | 外葉               | 0.00  | 2.92 ± 0.31   | 2.92 ± 0.31  | aA               |
|        | 結球葉 (外)          | 0.00  | 2.91 ± 0.35   | 2.91 ± 0.35  | aA               |
|        | 結球葉 (内)          | 0.00  | 0.86 ± 0.09   | 0.86 ± 0.09  | aB               |
|        | 芯                | 0.69 ± 0.11   | 32.45 ± 1.70  | 33.14 ± 1.58 | bB               |
|        | 結球部              | 0.00  | 19.01 ± 1.68  | 19.01 ± 1.68 | cB               |
| コスレタス  | 外葉               | 0.00  | 8.70 ± 0.11   | 8.70 ± 0.11  | aB               |
|        | 結球葉 (外)          | 0.00  | 16.86 ± 0.81  | 16.86 ± 0.81 | bB               |
|        | 結球葉 (内)          | 0.00  | 4.00 ± 0.38   | 4.00 ± 0.38  | cC               |
|        | 芯                | 0.00  | 35.38 ± 0.27  | 35.38 ± 0.27 | dB               |
|        | 結球部              | 0.00  | 24.43 ± 1.21  | 24.43 ± 1.21 | eC               |

<sup>z</sup> 収穫適期に各品種3個体を収穫し、部位別に混合した試料を3反復測定した

<sup>y</sup> 平均値 ± 標準偏差, lactucin は全く検出されなかった

<sup>x</sup> 外葉を除いた地上部全体

<sup>w</sup> Tukey の多重検定により, 異なる英小文字間は品種内で部位間に5%水準で有意差あり

<sup>v</sup> Tukey の多重検定により, 異なる英大文字間は同じ部位で品種間に5%水準で有意差あり

第4表 レタス部位別 SLs 含量間の単相関係数 (収穫適期)

| 部位               | 外葉                 | 結球葉 (外) | 結球葉 (内) | 芯      |
|------------------|--------------------|---------|---------|--------|
| 結球葉 (外)          | 0.999 <sup>y</sup> |         |         |        |
| 結球葉 (内)          | 0.746              | 0.774   |         |        |
| 芯                | -0.183             | -0.141  | 0.518   |        |
| 結球部 <sup>z</sup> | 0.920              | 0.903   | 0.426   | -0.553 |

<sup>z</sup> 結球部は外葉を除いた地上部全体

<sup>y</sup> \* は5%水準で有意 (n=3)

ると, レタスに含まれる lactucin 含量は少なく, また, 含まない系統も多いことが報告されている. 本研究において供試した3品種でも, これらの結果と一致した.

また, 品種間のみならず供試部位および生育ステージの違いにより SLs の成分組成に差異がみられた. Wesolowska ら (2006) は, 8-deoxy lactucin と lactucopicrin は同様の機能性を有すると報告していることから, 本論文では, これら2成分を合計したものを SLs 含量として考察した.

### 1. 部位による SLs 含量の差異

収穫適期の3品種の部位別の SLs 含量を第3表に示す. ‘サウザー’ と ‘岡山サラダ菜’ では, 外葉と結球葉 (外) および (内) の間に有意な差は認められなかった. しかし, 芯と外葉および結球葉との間には有意な差が認められ, 芯の SLs 含量が高かった. ‘コスレタス’ については, すべての部位間で有意な差が認められ, 芯の SLs 含量が最も高く, 結球葉 (外), 外葉および結球葉 (内) の順となった. 加藤 (1977) はレタスの苦味成分である SLs は根で生成され, 茎に移行すると述べている. 本研究の結果, 供試したすべての品種で芯が最も高い SLs 含量を示したことは食経験として芯が苦いことを裏付けた.

部位ごとに3品種を比較すると, すべての部位で有意な品種間差異が認められた. 外葉と結球葉 (外) では ‘コスレタス’ が ‘サウザー’ および ‘岡山サラダ菜’ より高く, ‘サウザー’ と ‘岡山サラダ菜’ の間に差は認められなかった. 結球葉 (内) では3品種間で差が認められ, ‘コスレタス’ が最も高かった. 芯では ‘サウザー’ が有意に高く, ‘岡山サラダ菜’ と ‘コスレタス’ 間に有意差は認められなかった. 以上のように ‘コスレタス’ は, 芯以外の部位において他の2品種よりも有意に高い含量を示した. 芯の部位は利用されず廃棄される場合もあることから, 今回結球葉の SLs 含量が低かったクリスピーヘッドタイプやバターヘッドタイプのレタスにおいても, 今後の育種に際しては ‘コスレタス’ と同様に結球葉の SLs 含量が高い品種を選抜, 育成していくことが望ましいと考えられる.

部位別 SLs 含量間の単相関係数を第4表に示す. 有意な相関が得られたのは外葉と結球葉 (外) 間のみであった ( $r = 0.999^*$ ). 本研究では供試品種数が少なかったので有意とならなかったが, 収穫対象となる結球部と外葉の間で高い相関が得られた ( $r = 0.920$ ). 外葉を採取しても, その後の個体の抽苔開花に影響を与えずに種子を得ることができる. 今後, 供試品種数を増やして外葉と結球部の SLs 含量の相関関係を確認することで, SLs 含量による選抜のための分析用試料として外葉を利用できると考えられた.

### 2. 生育ステージによる SLs 含量の変化

結球開始期, 収穫適期および過熟期と生育ステージが進むにつれて3品種ともに SLs 含量が有意に増加した (第5表). 結球開始期から収穫適期にかけては3品種とも約  $9 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}\text{DW}$  の増加を示し, 品種による増加量の差はなかった. しかし, 収穫適期から過熟期にかけての増加には品種によ

第5表 レタスの生育ステージによるセスキテルペンラクトン含量の変化<sup>z</sup>

| 品 種    | 生育ステージ | セスキテルペンラクトン含量 ( $\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}\text{DW}$ ) <sup>y</sup> |               |               |                  |
|--------|--------|---|---------------|---------------|------------------|
|        |        | 8-deoxy lactucin  | lactucopicrin | 合 計           |                  |
| サウザー   | 結球開始期  | 0.86 ± 0.04   | 5.62 ± 0.25   | 6.48 ± 0.30   | aA <sup>xw</sup> |
|        | 収穫適期   | 1.81 ± 0.31   | 13.65 ± 0.52  | 15.46 ± 0.21  | bA               |
|        | 過熟期    | 3.08 ± 0.06   | 14.97 ± 0.54  | 18.05 ± 0.49  | cA               |
| 岡山サラダ菜 | 結球開始期  | 0.00  | 9.85 ± 1.55   | 9.85 ± 1.55   | aA               |
|        | 収穫適期   | 0.00  | 19.01 ± 1.68  | 19.01 ± 1.68  | bB               |
|        | 過熟期    | 0.02 ± 0.01   | 39.96 ± 1.70  | 39.98 ± 1.71  | cB               |
| コスレタス  | 結球開始期  | 0.00  | 15.79 ± 0.57  | 15.79 ± 0.57  | aB               |
|        | 収穫適期   | 0.00  | 24.43 ± 1.21  | 24.43 ± 1.21  | bC               |
|        | 過熟期    | 0.10 ± 0.13   | 118.82 ± 2.92 | 118.92 ± 2.79 | cC               |

<sup>z</sup> 各品種 3 個体の結球部を混合した試料を 3 反復測定した

<sup>y</sup> 平均値 ± 標準偏差, lactucin は全く検出されなかった

<sup>x</sup> Tukey の多重検定により, 異なる英小文字間は品種内で生育ステージ間に 5%水準で有意差あり

<sup>w</sup> Tukey の多重検定により, 異なる英大文字間と同じ生育ステージの品種間に 5%水準で有意差あり

る顕著な差異が認められ, ‘コスレタス’ の増加量が著しく大きかった。

SLs 含量の品種間差異は結球始期から認められ, 生育ステージが進むにつれて品種間差異が拡大した。結球開始期と収穫適期の SLs 含量には  $r = 0.999^*$  で有意な相関関係が認められた。したがって, 結球開始期に分析用試料を採取して, 早期検定することが可能と考えられた。一方, 過熟期と収穫適期の間にも有意ではないが  $r = 0.981$  の高い相関係数が得られた。過熟期には品種間差異が拡大したことから, 含量の変異幅が小さいと予想される集団において明瞭な差異を得るためには, 過熟期における試料採取が有効であると推察した。

本研究では, 供試品種が少なかったため, 明確な結論を出せなかったが, SLs 含量評価のための分析用試料として外葉を利用できること, 結球開始期の試料採取による早期検定が可能であることを推察した。現在その有効性について多数品種を用いて確認中であり, 今後のレタス SLs 高含量品種の選抜に利用できると考えられる。

## 摘 要

レタスに含まれる機能性成分であるセスキテルペンラクトン類 (SLs) 高含量品種の開発において, 的確に SLs 含量を評価し, 選抜するための分析用試料採取方法の確立を目的として, レタス 3 品種を供試して, 部位および生育ステージによる SLs 含量の差異を HPLC を用いて調査した。外葉, 結球葉 (外), (内), 芯の 4 部位間で SLs 含量に有意な差が認められた。SLs 含量の部位間の相関関係を見ると, 外葉と収穫対象である結球部全体の間で有意ではないが高い相関係数が得られた。外葉は採取しても抽苔開花に影響せず, 種子を得られることから, 分析用試料として利用できると考えられた。結球開始期, 収穫適期, 過熟期における結球部の SLs 含量は, 生育ステージが進むほど有意に増加した。結球開始期から有意な品種間差が認められ, 収穫適期の含量と有意な相関関係が認められたことから,

結球開始期の試料による早期検定が可能と考えられた。

**謝 辞** 本研究の実施にあたり, 実験材料を提供していただいたタキイ種苗の石田了氏ならびに六角啓一氏に深く感謝します。

## 引用文献

- 秋庭 隆. 1995. 食材図典. 小学館. 東京.
- 網本邦広・山崎明子・所 勝利・工藤りか・福井宏至. 1996. 化学育種を目的とする野菜の成分分析 (第1報) —レタス成分の品種間比較—. 植物工場学会誌. 8: 146–153.
- 荒川 博・伊奈健宏・松浦英之・大場聖司・種石始弘・中根 健. 2001. ワサビ品種・系統における辛味成分含量とその部位別分布. 静岡農試験研報. 46: 35–43.
- 荒川浩二郎・南 峰夫・中村浩蔵・松島憲一・根本和洋. 2008. *Lactuca* 属と *Cichorium* 属におけるセスキテルペンラクトン含量の変異. 園学研. 7: 499–504.
- 荒川浩二郎・田中雅透・中村浩蔵・南 峰夫・石田 了・六角啓一・松島憲一・根本和洋. 2007. レタスにおける Sesquiterpene Lactones 分析用試料の調製方法. 北陸作物学会報. 42: 120–124.
- Bais, H. P. and G. A. Ravishankar. 2001. *Cichorium intybus* L.—cultivation, processing, utility, value addition and biotechnology, with an emphasis on current status and future prospects. J. Sci. Food. Agric. 81: 467–484.
- Bischoff, T. A., C. J. Kelley, Y. Karchesy, M. Laurantos, P. Nguyen-dinh and A. G. Arefi. 2004. Antimalarial activity of lactucin and lactucopicrin: sesquiterpene lactones isolated from *Cichorium intybus* L. J. Ethnopharmacol. 95: 455–457.
- Cavin, C., M. Delannoy, A. E. Debeve, A. Touche, D. Courtois and B. Schilter. 2005. Inhibition of expression and activity of cyclooxygenase-2 by chicory extract. Biochem. Biophys. Res. Commun. 327: 742–749.
- Grieve, M. 1971. A modern herbal. Dover Publications, Mineola,

- New York.
- Hance, P., Y. Martin, J. Vasseur, L. L. Hilbert and F. Trotin. 2007. Quantification of chicory root bitterness by an ELISA for 11 $\beta$ , 13-dihydrolactucin. *Food Chemistry* 105: 742–748.
- 加藤 徹. 1977. 生育のステージと生理, 生態. p. 35–104. 農文協編. 新野菜全書 レタス・セルリー・ハナヤサイ他. 農文協. 東京.
- Kisiel, W. and K. Michalska. 2006. Sesquiterpenoids and phenolics from roots of *Cichorium endivia* var. *crispum*. *Fitoterapia* 77: 354–357.
- Kisiel, W. and K. Michalska. 2008. Lignans and sesquiterpenoids from *Lactuca sibirica*. *Fitoterapia* Doi:10.1016/j.fitote.2007.09.002. <<http://www.elsevier.com/locate/fitote/>>.
- Malarz, J., A. Stojakowska and W. Kisiel. 2002. Sesquiterpene lactones in a hairy root culture of *Cichorium intybus*. *Z. Naturforsch.* 57c: 994–997.
- Michalska, K. and W. Kisiel. 2007. Further sesquiterpene lactones and phenolics from *Cichorium spinosum*. *Biochem. Syst. Ecol.* 35: 714–716.
- 南 峰夫・豊田美和子・井上 匡・根本和洋・氏原暉男. 1998. トウガラシ (*Capsicum* spp.) 果実の辛味成分含量の経時的変化. 信州大農紀. 35: 45–49.
- Peters, A. M. and A. Van Amerongen. 1998. Relationship between levels of sesquiterpene lactones in chicory and sensory evaluation. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 123: 326–329.
- Price, K. R., M. S. Dupont, R. Shepherd, H. W. S. Chan and G. R. Fenwick. 1990. Relationship between the chemical and sensory properties of exotic salad crops—coloured lettuce (*Lactuca sativa*) and chicory (*Cichorium intybus*). *J. Sci. Food Agric.* 53: 185–192.
- Pyrek, J. S. 1985. Sesquiterpene lactones of *Cichorium intybus* and *Leontodon autumnalis*. *Phytochemistry* 24: 186–188.
- Rees, S. B. and J. B. Harborne. 1985. The role of sesquiterpene lactones and phenolics in the chemical defence of the chicory plant. *Phytochemistry* 24: 2225–2231.
- Schmidt, B. M., N. Ilic, A. Poulev and I. Raskin. 2007. Toxicological evaluation of a chicory root extract. *Food and Chemical Toxicology* 45: 1131–1139.
- 瀧川重信・石井現相. 1996. ビタミンU含量のキャベツおよびレタスの可食部位別分布. 園学雑. 65 (別2): 760–761.
- 塚田元尚. 1986. レタスの生理と栽培の基礎. p. 1–73. 農耕と園芸編集部編. レタス生理と栽培技術. 誠文堂新光社. 東京.
- Van Beek, T. A., P. Maas, B. M. King, E. Leclercq, A. G. J. Voragen and A. Groot. 1990. Bitter sesquiterpene lactones from chicory roots. *J. Agric. Food Chem.* 38: 1035–1038.
- Wesolowska, A., A. Nikiforuk, K. Michalska, W. Kisiel and E. Chojnacka-Wojcik. 2006. Analgesic and sedative activities of lactucin and some lactucin-like guaianolides in mice. *J. Ethnopharmacol.* 107: 254–258.
- Wu, H., Z. Su., Y. Yang, H. Ba and H. A. Aisa. 2007. Isolation of three sesquiterpene lactones from the roots of *Cichorium glandulosum* Boiss. et Huet. by high-speed counter-current chromatography. *J. chromatogr.* 1176: 217–222.