

第5章

野菜(きゅうり、にんじん、ほうれんそう)のおいしさに関する文献調査結果

食品のおいしさについては一般消費者の関心も高く、野菜のおいしさについても多数の書籍や資料において論じられてはいる。しかしながら、野菜の味、香り、食感などおいしさに関して科学的に扱ったものは極めて少ない。野菜全般の品質に関する近年の情報、及び今回調査対象となっているきゅうり、にんじん、ほうれんそうについて、国内を中心に(場合によっては海外の文献も含めて)おいしさに関連する学術資料を調査し整理した。

1 野菜全般の品質に関する情報

下記の書籍(あるいは情報)では、比較的科学的な立場から野菜のおいしさについて考察、紹介されている。ただし、今回の調査対象であるきゅうり、にんじん、ほうれんそうのおいしさに関して、その評価方法や関連する化学成分等について詳細に論じられているわけではない。そこで各々の野菜について、おいしさに関係する学術文献をまとめた。

農畜産業振興機構 100万人の野菜図鑑

<http://alic.vegenet.jp/panfu/zukanmokuji.html>

宮崎丈史 もっと知りたい野菜の真実! 野菜の品質を科学する 野菜前線

<http://www.takii.co.jp/tsk/bn/pdf/20040139.pdf> など12回連載

堀江秀樹 野菜の品質評価の現状と展望 野菜茶業研究集報(2006)

<http://vegetea.naro.affrc.go.jp/print/proceedings/3/5-01.pdf>

辻村 卓・青木和彦・佐藤達夫 野菜のビタミンとミネラル、産地・栽培法・成分からみた野菜の今とこれから 2003年 女子栄養大出版

及川紀久雄(監) 霜多増雄(著) 科学でわかった安全で健康な野菜はおいしい

2005年 丸善

吉田企和子・森 敏・長谷川和久 野菜の成分とその変動 2005年 学文社

相馬 暁 野菜学入門 2006年 三一書房

2 きゅうり

(1) 食感の評価方法

きゅうりは食感を重要とする野菜である。近年、きゅうりの食感とその評価法に関する報告が増えつつある。きゅうりの食感評価法としては、かつて米国ミネソタ大学でテクスチャープロファイル分析の手法を用いて解析された(Breeneら, 1972、Jeonら 1973)が、その後この方法の応用場面は限定的である。むしろ単純に円柱型のプランジャーを突き刺す方法が一般的である。

武田・稲山(1993)は果皮のある状態で測定した果皮硬度と、果皮を皮むき器でむいた状態で測定した果肉硬度に分けて測定した。これら2つのパラメータで品種の特徴を表すことが可能であった。また、果皮硬度は収穫後期に高くなった。

きゅうりを輪切りにすると、種のある柔らかい部分がある。これを胎座という。石坂ら(2000)は、官能評価による歯切れ感を各部の貫入抵抗値と胎座部の割合等で推定しよう

と試みた。その結果、歯切れ感は果肉貫入抵抗値との間に正、胎座部の割合とは負の相関がみられた。

貫入抵抗値のみならず、多様な測定パラメータが開発されつつある。胎座部は果肉部に比べて柔らかい。そこで、果皮側からプランジャーを突き刺し、果肉部、胎座部それぞれを貫入する際のエネルギーの和から果実の硬さを推定する方法が開発された（五十嵐，2004）。この方法によれば果肉部の硬度が高く、胎座部の小さい品種が食べたときに硬く感ずることになり、高硬度キュウリの育種に用いられている。

森下・鈴木（2003）によれば、胎座部の面積の割合は、果実長の増加とともに増加し、また胎座部面積の割合の大きい品種では食べた時の歯触りが柔らかく感じられた。森下（2003）は、直径 3mm のプランジャーを用いて破断試験を行い、その結果から「歯切れ指数」を定義した。「毛馬」のようなパリパリと歯切れのよい品種ではこの値が低かった。

一方、堀江ら（2004, 2006）はキュウリのパリパリ感を表すのに、同様に直径 3mm のプランジャーを貫入した時のデータから *crispness index* (CI) を計算することを提唱している。プランジャーの先端が果肉部を突き刺す際に、粘質のきゅうりでは力の変動が少なく、パリパリしたものについては変動が大きいので、2 次微分の絶対値の総和の形で数値化を試みたものである。

近年、さらに新しい方法が、きゅうりの食感評価に導入されつつある。Sakurai ら(2005) は、きゅうり 3 品種の肉質を音響学的測定法により比較した。本法においては、プローブ（針状のもの）の基部にピエゾ素子をおき、プローブを挿入してきゅうりを破砕する際の音響振動を受信するものである。品種や部位間の差異を表現できるよう、得られた周波数成分に重みづけして積算する指標「シャープネス」が提案された。

Dan ら(2003)は、ヒトが多点シートセンサーをくわえてきゅうりを噛むことにより、かかる力と時間の関係を解析した。その結果、きゅうり 3 品種のうち 1 品種の特性が異なることが明らかにされた。ヒトを用いたこのような研究は、機械を用いた試験に比べて再現性には劣るものの、それぞれのヒトによる咀嚼の違いを明らかにできる特徴を有する。彼らは同時にくさび型のプローブを用いた圧縮試験も行っており、3 品種のうちのひとつが硬くて、もろくないとする点で、ヒトを用いた試験と一致した。

きゅうりの食感の評価法については、それぞれの方法に特徴があるものの、相互に比較されることなく開発されてきた。既存の方法を整理しながら、どのようなパラメータがおいしさに関連するのか官能評価との比較解析が必要である。

（2）味に関係する成分と評価法

きゅうりの呈味成分については中町ら（2002）の報告に詳しい。すなわち、遊離糖としてはブドウ糖、果糖が含まれ、有機酸としてはリンゴ酸が主であり、遊離アミノ酸としては総遊離アミノ酸の半分がグルタミンである。彼らは、収穫直後と貯蔵 7 日後の果実を比較し、貯蔵によって、遊離糖、リンゴ酸の減少、クエン酸の増加が観察された。また、貯蔵によりうま味アミノ酸であるグルタミン酸、アスパラギン酸の増加がみられた。一方で味の好ましさは 7 日後には有意に低下した。

きゅうりの嗜好と成分の関係については平本・松本（1988）によって調査されている。この中で調理法としては、スティック切り、サラダ、きゅうりもみが試されている。官能

評価値と還元糖量、アミノ態窒素量の間には、これら3種の調理法とも明確な関係はみられなかった。一方で、スティック切りにしたきゅうりの果皮と果肉のバランスについては、機器で測定した（果皮硬度／果肉硬度）と相関関係が観察された。

きゅうりの主要成分は果糖、ブドウ糖とリンゴ酸、グルタミンである。キャピラリー電気泳動法によりこれらを同時に分析する手法は堀江ら（2002）が開発した。またこの方法を用いた解析の結果から、きゅうりにおいても果糖、ブドウ糖が甘味に寄与しているものと考察した。収穫直後の果実では果糖、ブドウ糖は等量存在するが、貯蔵によってブドウ糖の方が先に消費した。そこで、糖尿病患者用の血糖センサーをきゅうりの品質評価に用いることを提案している（堀江ら、2005）。

きゅうりの苦味は cucurbitacin C によるものとされる。果実中の cucurbitacin C については一般の市販品種では検出されなかったが、特に苦味の出る品種「新昌白皮」では、苦味の強い基部（蔓に近い部位）において高い濃度で検出された。ただし、ククルビタシンCは低濃度でも苦味の強い物質なので、高速液体クロマトグラフィーによる機器分析よりも官能評価の方が検出感度は高かった（Horie ら、2007）。

きゅうりの切断面を舐めると非常に強い刺激あるいは渋味が感じられる。堀江・伊藤（2005）は、切断に伴い滲出する維管束液中に数百 ppm 程度の濃度でギ酸が含まれることを認め、これを渋みの要因と推測している。渋味の品種間差とギ酸含量との関係については、明らかにされていない。

これらを総合すると、きゅうりの良食味には果糖、ブドウ糖の含量が関係しそうである。グルタミン酸はうま味を示すアミノ酸ではあるが、むしろ貯蔵後食味のよくない果実で増加し、グルタミン酸や他のアミノ酸の含量の高いことが必ずしも良食味にはつながらないものと考えられる。一方で、苦味成分である cucurbitacin は一般的な品種の果実では滅多にみられず、これらの品種の食味の差異には影響しないと予想される。

（3）香り

きゅうりの香りについては、畑中(2005)の成書に詳しい。きゅうりの重要な香気成分のひとつはスミレ葉アルデヒドと呼ばれる(2E, 6Z)-nonadienal であり、もうひとつがキュウリアルコールともよばれる(2E, 6Z)-nonadienol である。含量は前者が10倍ほど多い。スミレ葉アルデヒドは、きゅうりの香りそのものであり、キュウリアルコールにおいては、ナマコの香りまたはクサガメの香りとされる。これらの香り成分は、 α -リノレン酸およびリノール酸から生体内の酵素の作用で生成され、同様に生成される緑葉の香り（青葉アルコール類）が炭素数6であるのに対して、炭素数9であることが特徴的である。

これらきゅうりの香気成分は組織を破壊することによって生成される。したがって、組織を破壊する前に加熱すれば、生成されず（Palma-Harris ら、2001）、加熱きゅうりでは特徴的なキュウリ臭はしない。香気研究においては、ガスクロマトグラフィーが用いられるが、通常感度はヒトの鼻ほど高くないため、香気成分の濃縮が必要である。Palma-Harris ら(2001)は、香気成分の濃縮に固相マイクロ抽出法を用いていて分析の効率化を図っている。

ヨーロッパでの実験結果であるが、低温（4.4℃）に7日間さらすことで、きゅうりの香り成分であるスミレ葉アルデヒドの生成量が低下した（Geduspan and Peng, 1986）。官

能評価はなされていないが、低温貯蔵されたきゅうりのおいしさの低下に関係するかもしれない。

きゅうりの品種や貯蔵条件等により、口に入れた時の香りは明らかに異なる。しかしながら、これらの差異について香気成分の面から比較された研究例はない。ガスクロマトグラフィーによる香気成分分析においては、香気成分の濃縮を含めた分析の再現性が高くないこと、ひとつの試料を測定するのに多大な時間と手間を要すること、主要な香気成分が組織の破碎によって初めて生成されることなどが、官能試験とのデータのすり合わせを困難にしているものと考えられる。

食感や香りについては品種固有の性質が強く、一方糖などの成分については気象条件によっても変動するものと推定される。したがって、おいしいきゅうりを提供するには消費者の好みにあった品種の選択と、果実中のブドウ糖の定量などの手法による鮮度管理や栽培環境の把握が重要と考えられる。

Breene W. M., Davis D. W., Chou H-E. (1972) Texture profile analysis of cucumbers. *J. Food Sci.*, 37, 113-117.

Dan H., Okuhara K., Kohyama K.(2003) Discrimination of cucumber cultivars using a multiple-point sheet sensor to measure biting force. *J. Sci. Food. Agric.*, 83, 1320-1326.

Geduspan H. S., Peng A. C. (1986) Changes in cucumber volatile compounds on chilling temperature and calcium chloride treatment. *J. Food Sci.*, 51 852-853.

畑中顯和(2005) みどりの香り、植物の偉大な知恵. 丸善

平本ふく子・松本伸子 (1988) きゅうりの品質と嗜好. *調理科学*, 21, 206-212

堀江秀樹・伊藤秀和・一法師克成・東敬子・五十嵐勇(2002)キャピラリー電気泳動法を用いた野菜呈味成分の同時分析. 第22回キャピラリー電気泳動シンポジウム要旨集, 83-84

堀江秀樹・伊藤秀和・一法師克成・東敬子・五十嵐勇(2004)キュウリ果肉部の物理性評価法の開発. *園学研*, 3, 425-428.

堀江秀樹・伊藤秀和・坂田好輝(2005)キュウリのおいしさ評価法の開発、3.おいしさの簡易評価. *園学雑*, 74 別 2, 568

堀江秀樹・伊藤秀和(2005)キュウリのへたと実をこすり合わせるのはなぜか? 日本調理科学会東海北陸支部研究発表要旨集, 28-29.

堀江秀樹・伊藤秀和・五十嵐勇(2006)キュウリの新しい食感指標. 平成17年度野菜茶業研究成果情報, <http://www.naro.affrc.go.jp/top/seika/2005/vegetea/ve05015.html>

Horie H., Ito H., Ippoushi K., Azuma K., Sakata Y., Igarashi I. (2007) Cucurbitacin C – bitter principle in cucumber plants. *JARQ*, 41, 65-68.

五十嵐勇 (2004) キュウリ果実の硬さの評価法. 平成15年度野菜茶業研究成果情報, http://www.affrc.go.jp/seika/data_vegetea/h15/ve03010.html

石坂晃・山本幸彦・月時和隆・満田幸恵(2000)歯切れ感が優れ大果どりに適したキュウリ品種. 福岡県農業総合試験場研究報告, 19, 41-44.

Jeon I. J., Breene W. B. (1973) Texture of cucumbers: correlation of instrumental and sensory measures. *J. Food Sci.*, 38, 334-337.

- 森下正博・鈴木敏征(2003)テクスチャーによるキュウリの果実品質評価. 平成 14 年度近畿中国四国研究成果情報, http://www.affrc.go.jp/seika/data_kinki/h14/ki214.html
- 森下正博(2003) キュウリ果実テクスチャーの品種間差. 大阪食とみどり技セ研報, 39, 1-5.
- 中町敦子・吉川光子・香西みどり・畑江敬子(2002)キュウリ呈味成分と貯蔵変化および味との関係. 日本調理科学会誌, 35, 234-241.
- Palma-Harris C., McFeeters R. F., Fleming H. P. (2001) Solid-phase microextraction (SPME) technique for measuring of generation of fresh cucumber flavo compounds. J. Agric. Food Chem., 49, 4203-4207.
- Sakurai N., Iwatani S., Terasaki S., Yamamoto R. (2005) Texture evaluation of cucumber by a new acoustic vibration method. J. Japan. Soc. Hort. Sci., 74, 31-35.
- 武田正人・稲山光男(1983)キュウリの品質評価技術、促成栽培における果実硬度. 埼玉園試研報, 20, 27-32.

3 にんじん

にんじんのおいしさについての国内での研究例は多くない。北海道産のにんじんについては主要成分が比較されている(古館, 2004)。にんじんはショ糖を 100g 中 3.4 g 含み、果糖とブドウ糖はショ糖の半分位であった。アミノ酸としてはグルタミンが全アミノ酸含量の 4 割を占めていた。矢野ら(1981)は、にんじん品種間の糖組成の比較を行い、その結果、ショ糖含量が全糖の 90%を占める「MS 三寸」、「金時」、「国分鮮紅大長」と、ショ糖含有量が 40-60%の「子安三寸」、「平安三寸」、「新黒田五寸」「中村鮮紅五寸」の 2 つのグループに分けた。また春まきの場合果糖、ブドウ糖の割合が低下するなど作型も糖組成に影響した。

ノルウエーのにんじん品種に関して官能での比較がなされている(Rosenfeld ら、1997)。評価用語として例えば食感では硬さ (firmness)、砕けやすさ (crispness)、ジューシーさ (juiciness) の項目を設けるなど、参考になる部分も多い。Varming ら(2004)は品種、産地、貯蔵の条件の異なる生のにんじんを官能評価している。その結果、官能評価の多くの項目で品種間だけでなく、産地間の差も観察されている。また消費者の嗜好性と甘味、にんじんらしい後味 (carrot aftertaste)、果実様の味 (fruity taste) の間の相関が高かった。

苦味については、にんじんではストレスをうけると 6-methoxymellein が誘導される。本物質は苦いため、にんじんの苦味との関係が解析された(吉野ら, 1993)。その結果、本成分の苦味閾値は 100 μ g/ml であり、通常のにんじんでは本成分の含量がこれより低いため、6-methoxymellein はにんじんの苦味に影響しないと判断された。また、Girolamo ら(2004)も 6-methoxymellein は新鮮なニンジンの苦味には関係しないと結論している。一方で、カットニンジンにおいて、エチレン処理することにより本成分が増加することが報告されている(阿部, 1996)。また、Czepa & Hofmann (2004)によれば、苦味に関係する成分として faltarindiol ((Z)-heptadeca-1,9-dien-4,6-diyn-3,8-diol)が上げられている。

にんじん香気の品種間比較は Kjeldsen ら(2001)によってなされ、主にテルペン類からなる香気成分組成は品種により異なった。

英国において Alasalvar ら(2001)は、オレンジ、黄、紫、白色のにんじんについて官能

と成分で比較している。その結果、紫のにんじんは他よりも甘く、ショ糖も多かったものの、甘さと全糖の関係は一致せず、テルペン類や他の成分が甘味を抑えているものと考察している。ノルウエーでの研究によれば、9°Cから 21°Cまで温度を変えて栽培試験した結果、温度上昇とともにテルペン類が増加した。テルペン類が苦味にも寄与して、甘味を抑えていると考察している (Rosenfeld ら, 2002)。にんじんの甘味については糖が寄与しているものの、苦味成分や香りによって甘味はマスクされているものと推定される。

にんじんについては加熱に伴い食味や食感が大きく変化する。ポーランドの Borowska ら (2004) は、ニンジン品種を各種条件で加熱し、官能比較している。甘味は蒸した場合に強められ、茹でると甘味が低下した。さらに苦味も加熱により大きく低下した。彼らは加熱ニンジンの押し出し試験は行っているが、このような物理的な計測値と官能的な食感との比較がなされていない。いっぽう、輪切りにしたニンジン茹でた時の、ゆで時間と官能評価、物理化学的評価の関係について、ベルギーの De Belie ら (2002) が解析している。ゆで時間に伴い、甘い香り、甘味、ジューシーさ、硬さが低下し、乾物率、糖度、引張強度、圧縮強度も低下し、著者らは物理化学計測値は官能評価に代わる手法として有効と結論している。ただし、加熱時間に応じてすべてのパラメーターが同じ方向に変化する条件で得られているため、彼らの結論には応用性に疑問が残る。米国の Howard ら (1995) は加熱したにんじんについて、官能評価と化学分析値の比較を行っている。その結果、甘さとの相関は全糖の方が糖度よりも高かった。新鮮なニンジン臭 (fresh carrot aroma) 及び新鮮なニンジン味 (fresh carrot flavor) は、全糖/terpinolene 比との相関が高かった。terpinolene は加熱にんじんに含まれる主要な揮発性テルペンのひとつである。

糖や糖度の分析値が甘味との相関が高いという報告もあるが、両者の相関は必ずしも高くないという文献も存在する。甘味に影響するとされる揮発性テルペン類などの分析には GC-MS 等大型の分析装置が必要であり、評価は容易ではない。ただし、現在の日本のにんじん品種では「嫌な香味」は低下しているものと推定され、その場合は、糖度や全糖のデータでもある甘味が説明可能かもしれない。一方で近年、品質の均質化により、調理目的に合ったにんじんが入手しがたくなったとも考えられる。甘いだけでなく、個性的なこだわり品種も求められており、需要の把握とそれに応じた評価方法の確立が必要である。

阿部一博・吉村公一・茶珍和雄 (1996) カットニンジンのエチレン処理による苦味発現の誘導ならびに環境ガス組成変更による抑制. 園学雑, 65, 193-198.

Alasalvar C., Grigor J. M. Zang D., Quantick P. C. Shahidi F. (2001) Comparison of volatiles, phenolics, sugars, antioxidant vitamins, and sensory quality of different colored carrot varieties. J. Agric. Food Chem., 49, 1410-1416.

Borowska J., Kowalska M., Zadernowski R., Szajdek A. Majewska K. (2004) Changes in organoleptic attributes and physical properties of carrot during hydrothermal treatment. Eur. Food Res. Technol., 219, 507-513.

Czepa A., Hohmann T. (2004) Quantitative studies and sensory analyses on the influence of cultivar, spatial tissue distribution, and industrial processing on bitter off-taste of carrots (*Daucus carota* L.) and carrot products. J. Agric. Food Chem., 52,

4508-4514.

De Belie N., Laustsen A.M., Martens M., Bro R., De Baerdmaeker J. (2002) Use of physico-chemical methods for assessment of sensory changes in carrot texture and sweetness during cooking. *Journal of Texture Studies*, 33, 367-388.

古館明洋(2004)北海道産秋取りにんじんにおける主要成分の品種比較. *日本家政学会誌*, 55, 335-340.

Girolamo A. D., Solfrizzo M., Vitti C. Visconti A. (2004) Occurrence of 6-methoxymellein in fresh and processed carrots and relevant effect of storage and processing. *J. Agric. Food Chem.*, 52, 5478-6484.

Howard L. R., Braswell D., Heymann H., Lee Y., Pike L. M., Aselage J. (1995) Sensory attribute and instrumental analysis relationships for strained processed carrot flavor. *J. Food Sci.*, 60, 145-148.

Kjeldsen F. Christensen L. P., Edelenbos M. (2001) Quantitative analysis of aroma compounds in carrot (*Daucus carota* L.) cultivars by capillary gas chromatography using large-volume injection technique. *J. Agric. Food Chem.*, 49, 4342-4348.

Rosenfield H. J., Risvik E., Samuelsen R. T., Rodbotten M. (1997) Sensory profiling of carrots from northern latitudes. *Food Research International*. 30, 593-601.

Rosenfeld H. J., Asby K., Lea P. (2002) Influence of temperature and plant density on sensory quality and volatile terpenoids of carrot (*Daucus carota* L.) root. *J. Sci. Food Agr.*, 82, 1384-1390.

Varming C., Jansen K., Moller S., Brockhoff P. B., Christiansen T., Edelenbos M., Bjorn G. K., Poll L. (2004) Eating quality of raw carrots - correlations between flavour compounds, sensory profiling analysis and consumer liking test. *Food Quality and Preference*, 15, 531-540

矢野昌充・伊東洋・速水昭彦・小濱節雄(1981)野菜の品質に及ぼす栽培条件の影響に関する研究. I キャベツ及びニンジンの糖組成・含量. *野菜試験場報告*, A8, 53-67.

吉野典生・河口隆二・徳岡敬子・石谷孝佑・平田孝(1993)ニンジン中の6-メトキシメレインの定量と風味に及ぼす影響. *日本食品工業学会誌*, 40, 17-21.

4 ほうれんそう

(1) えぐみ (アク)

ほうれんそうのえぐみ(あるいはアク)については、シュウ酸が関係するものと考えられてきた。香川の総説(1983)によれば、シュウ酸は内葉(未熟葉)よりも外葉(成熟葉)に多く、葉柄部(茎とよく言われる)よりも葉身部(葉と呼ばれる場合もある)に多く含まれる。また、寒冷紗で遮光すれば、シュウ酸含量は低下した。

えぐみとシュウ酸の関係については、和泉(2004)が、宮城県内の2地域で収穫されたほうれんそうを年間を通じて比較し、遊離シュウ酸の低い地域のほうれんそうの方がえぐみが弱いという結果を得た。一方で、和泉(1998)は調理条件を変えてえぐみを比較し、電子レンジ処理して水にさらした場合も、塩ゆでした後に水にさらした場合も、遊離シュウ酸含量は変わらないが、えぐみは前者で強かったとしており、えぐみの感じ方は必ずしも

遊離シュウ酸のみに依存しないと考察している。

山田ら（2005）は、3品種について収穫時期と成分を比較した。収穫時期が遅れるほどシュウ酸含量は低下するが、アクについては一定の傾向がなく、またアクが弱いとする品種「リード」が他の品種に比べて、必ずしもシュウ酸含量が低いとはいえなかった。木矢ら（2005）は、栽培法間の比較を行い、露地栽培のものはシュウ酸含量が著しく高かったが、えぐみの評価は施設栽培のものと変わらなかったため、糖や他の有機酸の影響を考えている。

上記のように、シュウ酸含量が高ければえぐみが強いとはいえない例もある。堀江・伊藤（2006a）は、シュウ酸は唾液中のカルシウムと口腔内で結合し結晶化することにより、口腔内を刺激すると考察した。そして、ほうれんそう茹で汁を舐めた時に舌に残る感覚をシュウ酸味とし、普通にほうれんそうを食べた場合にはシュウ酸味はクエン酸など他の成分にマスクされてあまりシュウ酸味は感じないと考察した。そして、えぐみはシュウ酸味とポリフェノール等に由来すると推測される苦味とに分離して考察すべきと主張している。

ほうれんそうのえぐみはシュウ酸によるものと考えられてきたが、必ずしもシュウ酸の含量だけを測定すればえぐみが評価できるわけではない。

（2）ほうれんそうの食味

山田ら（2005）は、ほうれんそう 3品種の収穫期と成分を比較している。「パレード」と「リード」においては、還元糖含量が高いと甘味評点が高い傾向を認めた。また、甘味と総合評点の間にも相関があった。彼らはソモギー・ネルソン法で還元糖を測定しているが、同法では測定できないショ糖をほうれんそうは蓄積するため、解釈には疑問が残る。

木矢ら（2005）は、冬季における露地栽培のほうれんそうは甘く、ショ糖を蓄積していることを認めた。また、寒締め処理すると甘くなるが、青木（2005）は同処理によりショ糖が増加すると報告している。成分の季節変動については、本居（2003）がまとめており、露地もの場合では、糖含量は8月よりも12月が10倍高く、ビタミンC含量も12月が数倍高かった。ほうれんそうは朝収穫するよりも、夕方収穫する方が全糖含量が高く、予冷後5℃を4日間維持した場合には、朝収穫するよりも、夕方収穫する方がビタミンC含量も維持できた（土岐，2000[h1]）。

清田ら（1996）は土耕、水耕と食味を比較している。水分、食物繊維、ビタミンC、シュウ酸等の測定も行っているが、成分と官能評価との関係は明らかにしていない。廣田ら（2002）は土壌・肥料と品質の関係を解析している。その結果、有機質肥料区では、化学肥料区に比べて、硝酸、遊離アミノ酸含量が低く、アスコルビン酸、糖含量が高かった。さらに前者は後者よりも、甘味が強く、えぐ味が弱かった。一方で藤原ら（1999）は、成分分析の結果から、有機肥料の施用による品質改善効果はなかったとしている。岡崎ら（2006）は、硝酸イオン含有量と糖含有量に負の相関があることを認め、養液土耕により窒素肥料を制限することにより、糖含量が高く、硝酸・シュウ酸含量の低いほうれんそうの栽培が可能としている。

調理との関係では、和泉ら（2005）はゆで水量を検討している。その結果、茹でる水の量が多いほど官能評価の風味と総合評価は低下した。テクスチャーについても茹で水量の増加に伴い低下した。破断強度測定による硬さの機器評価においても同様であった。

堀江ら(2006b)は、東洋種、西洋種、サラダ用等多様な品種のほうれんそうを冬季に栽培し成分を比較した。その結果、良食味とされる東洋種が必ずしも糖が多くシュウ酸が少ないとはいえなかった。ただし、東洋種ではある種のフラボノイドと推測される成分が少ないことや葉柄が細いことが、おひたしに向く適性ではないかと推測している。

ほうれんそうのフラボノイドについては、他の野菜と比べて特殊である。Bergquistら(2005)はほうれんそうの幼植物から12種のフラボノイドを同定し、最も高含量含まれるものは5,3',4'-trihydroxy-3-methoxy-6:7-methylenedioxyflavone-4'-glucuronideとしている。これらフラボノイドの抗酸化能について議論している報告は多いが、味との関係については触れられていない。

ほうれんそうについては栽培法と成分の関係について解析した報告は多い。しかしながら、これを実際に官能評価して議論したものは多くなく、ショ糖を蓄積したほうれんそうは甘いであろうという推測しかできない。

味とは直接関係ないが、安全性の面からは硝酸も懸念材料である。硝酸低減化のためには施肥窒素の制限が必要である(野菜茶業研究所, 2006)が、これは収量減少にもつながる可能性はある。養液の適切なコントロールにより低硝酸化することで、糖、ビタミンC含量を増加し、一方でシュウ酸含量を低下できれば収量減を高品質化によって補いうるものと思われる。

青木和彦(2005) 寒締めで増加するハウレンソウの甘み成分はショ糖である。平成16年度東北農業研究成果情報,

http://www.affrc.go.jp/seika/data_tohoku/h16/tohoku/to04011.html

Bergquist S. A. M., Gertsson U. E., Knuthsen P., Olsson M. E. (2005) Flavonoids in baby spinach (*Spinacia oleracea* L.): Changes during plant growth and storage. *J. Agric. Food Chem.*, 53, 9459-9464.

藤原孝之・板倉元・吉川重彦・安田典夫(1999) 有機肥料および堆肥の連用がハウレンソウの品質に及ぼす影響. *食科工*, 46, 815-820.

廣田智子・永井耕介・福島昭・井上喜正(2002) 土壌と肥料の違いがハウレンソウの生育および品質に及ぼす影響. *兵庫農技研報*, 50, 41-46.

堀江秀樹・伊藤秀和(2006a) ハウレンソウのえぐみはシュウ酸に由来するか. *日調科誌*, 39, 357-361.

堀江秀樹・伊藤秀和(2006b) ハウレンソウ呈味成分の品種間差異. *園学雑*, 75 別 1, 348
和泉眞喜子(1998)加熱条件によるほうれんそうのシュウ酸含量と食味の関係. *尚絅学院短期大学研究報告*, 45, 185-190

和泉眞喜子(2004)ハウレンソウ中のシュウ酸およびカリウム含量の季節変動と調理による変化. *日本調理科学会誌*, 37, 268-272

和泉眞喜子・高屋むつ子・長澤孝志(2005) ゆで水量の違いがハウレンソウの食味やシュウ酸ならびにカリウム含量に及ぼす影響. *日本調理科学会誌*, 38, 343-349

香川彰(1983)ハウレンソウのシュウ酸をめぐる諸問題(1)品質向上のための低シュウ酸化を中心として. *農業及び園芸*, 68, 797-803.

木矢博之・浅野亨・中野智彦・安堂和夫(2005) 冬季の栽培方法がハウレンソウの品質に

及ぼす影響. 奈良県農業技術センター研究報告, 36, 13-20.

清田マキ・関根康子・藤代岳雄・岡充・小泉典子 (1996) 土耕および水耕におけるホウレンソウの成分および生食の食味の差異. 日本栄養・食糧学会誌, 49, 107-112.

本居総子 (2003) 作型や栽培方法が異なるホウレンソウの品質比較. 野菜園芸技術, 4, 23-26.

岡崎圭毅・建部雅子・唐澤敏彦 (2006) ホウレンソウにおける汁液硝酸イオン濃度の推移および糖・シュウ酸含有率に対する養液土耕栽培の効果. 土肥誌, 77, 25-32.

土岐和夫 (2000) 夏どりホウレンソウの夕どりによる品質改善効果. 食品の試験と研究, 35, 51-53.

山田 (田村) 千佳子・鈴木綾乃・根岸千絵・岩崎泰史・吉田企世子 (2005) 日本栄養・食糧学会誌, 58, 139-144

野菜茶業研究所 (2006) 野菜の硝酸イオン低減化マニュアル.
<http://vegetea.naro.affrc.go.jp/joho/manual/shousan/index.html>

(野菜茶業研究所 堀江秀樹)