

(原著論文)

含有成分がコマツナのうま味, 甘味, 苦味に及ぼす影響

宮澤直樹¹・馬場 隆¹・石本太郎²・堀江秀樹²

¹ 東京都農林総合研究センター

² 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

コマツナのおいしさの見える化を目指し, うま味, 甘味, 苦味に影響を及ぼす含有成分を官能評価と成分分析の両面から検証した。本研究では, 野菜の味に深く関わりとされる遊離アミノ酸および遊離糖について, 品種間, 部位間, 季節間で比較検証した。その結果, うま味, 甘味, 苦味それぞれを呈する遊離アミノ酸含量と各味質の官能評価結果は必ずしも一致せず, 含量が最も多かった冬作の葉身においても各々の遊離アミノ酸含量が認知閾値に達しなかった。さらに遊離アミノ酸組成を模した水溶液の官能評価においても水と識別できないことが示された。したがって, 遊離アミノ酸単独ではコマツナのうま味, 甘味, 苦味に影響を及ぼさないことが示唆された。一方遊離糖については, 本研究では一貫して分量と甘味の官能評価結果が一致し, 低温期には含量が認知閾値を超えることから, 遊離糖がコマツナの甘味に影響することが示唆された。なお, 苦味についてポリフェノールとの関係を解析したところ, 苦味のある葉身には検出されるが, 食味との関連は明らかにならなかった。

キーワード : コマツナ, 味, 遊離アミノ酸, 遊離糖, ポリフェノール類

簡略表題 含有成分のコマツナの味への影響

東京都農林総合研究センター研究報告 17 : 33-43, 2022

緒言

コマツナは東京都発祥の野菜と言われており、江戸時代に東京都江戸川区小松川の地名にちなんで命名されたと伝えられている。従来、東京の伝統野菜として作付されてきたコマツナであるが、近年になって生産は全国的な拡大を見せており（石原，2015），2002年には3830haであった全国の作付面積は2018年には7250haと1.9倍に増加している（農林水産省野菜出荷統計）。一方東京都におけるコマツナ生産に目を向けると、野菜の品目別作付面積で第一位を維持しているものの（東京都農作物生産状況調査結果報告書），その面積自体は右肩下がりである（農林水産省野菜出荷統計）。こうした中、コマツナに付加価値をつけることで差別化を図り、産地力向上に結びつけることが期待される。

野菜では、おいしさの見える化を実現することで付加価値の提供を行っている事例がみられる。トマトの高糖度化および糖度表示がよく知られており、品種および栽培管理を工夫することで高糖度トマトを生産し、糖度を表示してブランド化を推進し、ひいては産地力向上に結びつけている。糖度表示により付加価値を提供できるのは、トマトの遊離糖が甘味に影響していることが知られているためである（高田，2012）。また、トマトにはグルタミン酸が多く含まれ、うま味に影響を及ぼしており（高田，2012），そうした情報がトマトのおいしさに関する情報発信に活用されている。

これまでも野菜の味に関与する成分として、遊離アミノ酸および遊離糖についてはトマトをはじめとした多くの野菜で報告されている。例えば、エダマメにおいて、グルタミン酸およびアスパラギン酸がうま味に影響を及ぼし、アラニンおよびスレオニンが甘味に影響を及ぼしていること（古谷ら，2012）や、エダマメ、ネギにおいて含有する遊離糖が官能評価の甘味の項目と正の相関があること（野村ら，2013）が報告されている。

コマツナでは、うま味や甘味、さらには苦味が味の構成にとって重要と考えられる。味に関わる成分の検討事例として、岩本ら（2003）は、様々な作型および茹で時間における調理後のコマツナの糖含量と官能評価の甘味得点の関係を調査した結果、糖含量の甘味への影響は明らかでなかったと報告している。野田・幕田（2015）は味覚センサーを用いた検証で、コマツナの硝酸イオン含量と苦味雑味および苦味の味覚値が正

の相関を示したと報告している。しかしながら、岩本ら（2003）の研究は品種や季節変化に着目したのではなく、野田・幕田（2015）の研究は実際の官能評価を実施していない。また、コマツナの遊離アミノ酸を分析した事例はあるものの（森ら，2003；高橋ら，2006；森ら，2007），官能評価との関係を検証していないため、官能評価と成分含有量との関係をコマツナで詳細に調査した知見は存在しない。そこで本研究では、野菜の味に重要であると考えられる遊離アミノ酸および遊離糖について、栽培履歴や品種の明らかなコマツナを材料に、官能評価と成分分析の結果を解析することによりコマツナのうま味、甘味、苦味に及ぼす影響を評価した。また、野田・幕田（2015）が苦味との関連を指摘した硝酸イオンについても検討を加えた。さらに、ポリフェノール類は茶やカカオの苦味成分と考えられており（中川，1975；葛西ら，2007），コマツナにも多く含まれることが示唆されているため（木村ら，2012；富山県，2020），ポリフェノールの苦味への寄与についても調査した。

材料および方法

1. 試料の調製

(1) コマツナの栽培

2019年9月から2021年9月の期間、東京都農林総合研究センター江戸川分場（赤土客土土壌）の近紫外線除去フィルムを展張したパイプハウスにおいてN:P₂O₅:K₂O各7kg/10aを全量基肥で施用し、畝幅70cm、条間12cm、株間5cm、5条植えでコマツナの栽培を行った。灌水は播種時と、生育期間中に1回又は2回、圃場の状態に応じて実施し、収穫1週間前までに灌水を終了した。各試験の栽培時期、品種および収穫サイズの詳細については表1に示した。

(2) 試料の前処理

官能評価および成分分析に供試する際は次の方法で前処理を実施した。午前9時に収穫し、速やかに根付きのままコマツナを洗浄した。その後、下葉2~3枚および最大葉の1/2以下の長さの若葉を除去し、葉を葉身と葉柄に分離した後、10倍量の水を沸騰させ1分茹で、20秒間水にさらした。その後、キッチンペーパーを用いて表面の水分を除去したものを官能評価および成分分析に供試した。また、コマツナ3株を前述と同様の方法で収穫、洗浄し、茹でて水分を除去した後、通風乾燥機で80℃、3日以上乾燥し、乾燥前後の

表1 品種、栽培期間、および収穫サイズ

	品種および部位間の比較	季節間の比較
品種	「いなむら」 (株サカタのタネ) 「美翠」 (渡辺農事株) 「神楽坂」 (株日本農林社)	「いなむら」 (株サカタのタネ)
播種日/収穫日	2019年9月11日 / 10月 8, 9日 2019年10月11日 / 11月13, 14日 2019年12月16日 / 2020年2月18, 19日	秋作: 2020年10月20日 / 12月 2日 冬作: 2020年10月29日 / 12月29日 春作: 2021年4月1日 / 5月 2日 夏作: 2021年8月24日 / 9月24日
収穫サイズ	最大葉長25~31cm	最大葉長25~30cm

品種および部位間比較の試験においては、試料数が多く1日で処理できないため、抽出作業と官能評価用試料準備を別日に実施している。

重量を測定することで、コマツナ試料中に含まれる水分含量(%)を求めた。

2. 官能評価

(1) コマツナの官能評価

品種および部位間の比較では、コマツナ(表1)の葉身と葉柄を1-(2)で示した前処理後に、それぞれ2個を1組として供試し、収穫当日に官能評価を実施した。なお、葉柄は基部から1.5cmを除去し、そこから4cm切り出した部位を試料とした。各パネリストには品種名を知らせずに供試し、評価項目はうま味、甘味、苦味とし7段階採点法により、基準と味の強さが同じ場合に0、強い場合にプラス1~3、弱い場合にマイナス1~3の評価をさせた。基準は「いなむら」として、部位ごとに「美翠、神楽坂」との品種間差を評価するとともに、「いなむら」の葉身は葉柄を基準として部位間差を評価した。パネルは東京都農林総合研究センター江戸川分場職員および東京都中央農業改良普及センター東部分室職員10~11名とした。

味の季節変動を把握する官能評価は、上記と同様に処理・調整した「いなむら」(表1)を業務用冷凍庫(MDF-U537D, SANYO)を用いて-30℃で冷凍保存し、検査日に一斉に解凍して実施した。実施の際は、食品包装用ラップフィルム(クレラップ、クレハ)で包装した後、密閉袋に入れて冷凍した試料を流水で解凍し、各パネリストには作型を知らせずに供試した。評価項目はうま味、甘味、苦味とし、それぞれの項目について味を強く感じる順に並べる順位法により部位ごとに評価した。パネルは東京都農林総合研究センター江戸川分場職員7名とした。

(2) コマツナの遊離アミノ酸および糖の組成を模した

水溶液の官能評価

夏作および冬作コマツナ葉身の遊離アミノ酸組成(表5)および2020年2月に収穫したコマツナ葉柄の糖組成(果糖353mg, ブドウ糖432mg, ショ糖87mg/100g)を模した水溶液を調製し、蒸留水を含めた4つのサンプルを官能評価に供した。東京都農林総合研究センター江戸川分場のパネル7名にてうま味、甘味、苦味をそれぞれの項目について味を強く感じる順に並べる順位法により官能評価を実施した。

3. 成分分析

(1) 遊離アミノ酸および遊離糖の測定

中庸な3株のコマツナを1-(2)で示した前処理をした後、重量比で葉身は1倍量、葉柄は1/2倍量の蒸留水を加え、ホモジナイザー(AM-3, 日本精機)で破碎した。遊離アミノ酸及び遊離糖の抽出法としては、バッチ式室温抽出法(鈴木ら, 1991)に準じた。

破碎サンプルから約5g又は10gを秤量し、試料の水分を含めてエタノール濃度が75%になるように99.5%エタノールを加えて、さらに最終的に液量が70mLとなるように75%エタノールを加え1時間振とうした。振とう後、ろ紙(No.2, ADVANTEC)を用いてろ過し、ろ液を100mLに蒸留水で定容した液から20mL採取し、ロータリーエバポレーターで減圧乾固させ、乾固物を蒸留水10mLで溶解した。その後、溶解液を0.45µmのメンブレンフィルター(13HP045AN, ADVANTEC)でろ過し、測定まで-80℃で保管した。アミノ酸は高速アミノ酸分析計(L-8900, 日立)により測定し、糖は、キャピラリー電気泳動法(7100, Agilent Technologies, 堀江・伊藤, 2006)により、果糖、ブドウ糖、ショ糖を測定した。

(2) 各味質アミノ酸合計量および甘味度 (シヨ糖換算) の算出

遊離アミノ酸の測定結果と官能評価の結果を比較し考察するため、3-(1) で定量されたアミノ酸を、主たる味質 (うま味, 甘味, 苦味) (河合, 2011) により分類し、それぞれ合計した。うま味を主たる味質とするアミノ酸 (以下うま味アミノ酸) はグルタミン酸, アスパラギン酸, 甘味を主たる味質とするアミノ酸 (以下甘味アミノ酸) はグルタミン, スレオニン, セリン, グリシン, アラニン, プロリン, 苦味を主たる味質とするアミノ酸 (以下苦味アミノ酸) はバリン, リジン, アルギニン, イソロイシン, ロイシン, チロシン, フェニルアラニン, ヒスチジンである。なお, 本研究の範囲では, メチオニンは葉身で検出されず, 葉柄でも 0~0.17mg/100g とほとんど含まれなかったため, 解析から除外した。

糖は種類により甘味度が異なるため, 前橋 (2011) を参考に, 鯨 (1994) に準じて次式を用いてシヨ糖に換算し甘味度 (シヨ糖換算) を算出した。

$$\text{甘味度 (シヨ糖換算)} = \text{果糖含量} \times 1.25 + \text{ブドウ糖含量} \times 0.60 + \text{シヨ糖含量} \times 1.00$$

(3) ポリフェノール類および硝酸イオンの測定

午前9時に収穫し, 速やかに根付きのまま洗浄したコマツナ 4~5 株を葉身と葉柄に分けた後, 蒸留水で洗浄し, キッチンペーパーを用いて表面の水分を除去後秤量した。事前にコマツナ重量の3倍量の蒸留水を1L ビーカーに入れラップをかけ, 家庭用電子レンジを用いて 500W の出力で加熱し, 沸騰直後にコマツナを投入し, さらに 500W で2分加熱した。加熱終了後, 熱水ごとホモジナイザー (AM-3, 日本精機) で1分間破碎し, ホモジナイザーカップごと水冷して室温程度まで冷ました後, コマツナ重量の5倍量となるように蒸留水を加え, BEMCOT (M-3 II, 旭化成) を2枚重ねてろ過し, 測定までろ液を-30℃で保管した。

総ポリフェノール含量は文部科学省 (2015) の方法に準じ, 没食子酸を標準物質としてフォーリンチオカルト法で測定した。抽出物のろ液 1mL に対して, 10%フォーリンチオカルト溶液を 5mL 加え攪拌混和した。3分後に 0.7mol/L 炭酸ナトリウム溶液 4mL を加えて攪拌混和し, 室温で1時間静置後, 分光光度計 (UV1280, 島津製作所) を用いて 765nm の吸光度を測定した。

なお, フォーリンチオカルト法ではL-アスコルビン

酸が分析値に影響する。このことから, 立山ら (2009) の方法で抽出液中に含まれるL-アスコルビン酸量をポリフェノール除去後, 小型反射式光度計システム (RQflex, Merck) で測定し, フォーリンチオカルト法測定値を補正した (文部科学省, 2015)。

硝酸イオン含量は, ポリフェノールの測定に用いた抽出液を測定レンジに収まるように水で希釈し, 小型反射式光度計システム (RQflex, Merck) で測定した。

結 果

1. 遊離アミノ酸および遊離糖がコマツナのうま味, 甘味, 苦味に及ぼす影響 ~ 品種および部位間の比較 ~

表1のように2019年10,11月および2020年2月に収穫したコマツナで遊離アミノ酸の測定と官能評価を行った。本報では, 図1の上段に各味質別アミノ酸合計量, 下段に官能評価結果を, 有意差が認められた事例のみ示した。また遊離糖は, 甘味度 (シヨ糖換算) がシヨ糖の認知閾値である 400~780mg/100g (原, 2013) を超えた2月収穫コマツナの結果のみ図2上段に示し, 下段にはそれに対応する官能評価の甘味得点を示した。

(1) 品種間の比較

うま味についてみると, 11月収穫の葉柄では官能評価で「いなむら, 美翠」に比べて「神楽坂」のうま味得点が高く, うま味アミノ酸含量も「神楽坂」が「いなむら, 美翠」より高かった。一方, 10月収穫の葉柄では官能評価で「神楽坂」が「美翠」よりうま味得点が高かったが, うま味アミノ酸含量に差は認められなかった (図1)。

甘味についてみると, 2月収穫の葉身では官能評価で「神楽坂」に比べて「いなむら」の甘味得点がやや低いが, 甘味アミノ酸含量は「いなむら」の方が高かった (図1)。一方, 甘味度 (シヨ糖換算) は葉柄, 葉身ともに「神楽坂」が他2品種に比べ高かった (図2)。

苦味についてみると, 2月収穫の葉身では官能評価で「神楽坂」に比べて「美翠」の苦味得点が高いが, 苦味アミノ酸含量に差は認められなかった (図1)。以上のように, 品種の比較では甘味度 (シヨ糖換算) と官能評価における甘味の傾向が一致したが, うま味, 甘味, 苦味を呈するアミノ酸含量と官能評価結果は必ずしも一致しなかった。

(2) 部位間 (葉身と葉柄) の比較

2月に収穫した「いなむら」について, 図1上段に

遊離アミノ酸、図2上段に甘味度（シヨ糖換算）、図3に官能評価を葉身と葉柄で比較した結果を示した。官能評価では葉柄より葉身の方がうま味、苦味得点は高く（図3）、うま味、苦味アミノ酸含量も葉身の方が有意に高かった（図1）。甘味についてみると、官能評価では葉柄の方が甘味得点は高かったが（図3）、甘味アミノ酸含量は葉身と葉柄の間に有意な差は認められなかった（図1）。一方、甘味度（シヨ糖換算）は葉身より葉柄の方が2倍以上高かった（図2）。

以上のように、品種および部位間の比較において、甘味についてみると甘味度（シヨ糖換算）が高い場合に官能評価の甘味得点も高い傾向を示した。一方、甘味アミノ酸は官能評価の甘味得点と傾向が一致することにはなかった。うま味、苦味についてみると、品種間の比較ではそれぞれの味を示すアミノ酸含量と官能評価得点の傾向が一致することにはなかったが、部位間の比較ではアミノ酸含量と官能評価得点の傾向が一致する結果となった。

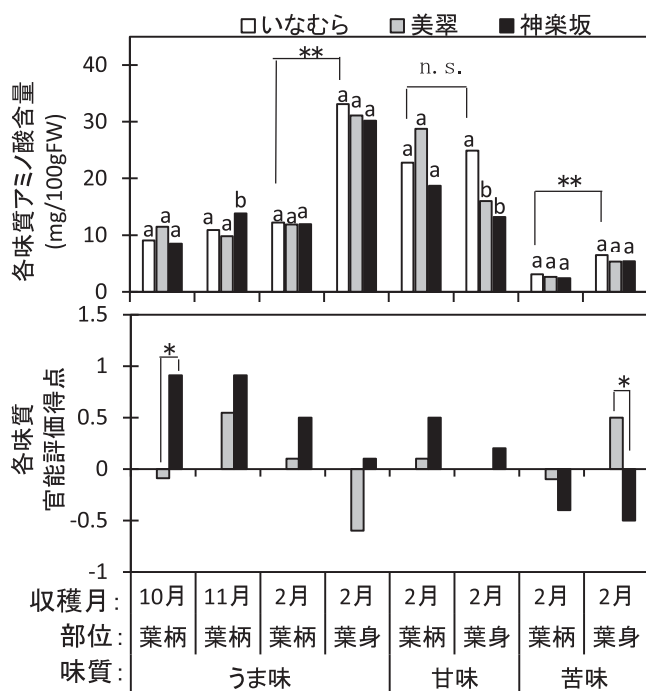


図1 作型別・部位別のうま味・甘味・苦味アミノ酸合計量（n=3）（上段図）および「いなむら」を基準（0）とした「美翠，神楽坂」の各味質官能評価得点（下段図）

- a) アミノ酸合計量で有意差がある区分および官能評価で特に差がある区分のみを記載した。
- b) 上段図の同一作型・部位・味質内において異なる英文字間には、Tukey-Kramer法により5%水準で有意な差がある。また、2月収穫「いなむら」において葉身・葉柄間でt検定を行った。
** : P<0.01, * : P<0.05, n.s. : P>0.05。下段図の同一作型・部位・味質内において、t検定により「美翠，神楽坂」間に5%水準で有意な差がある。

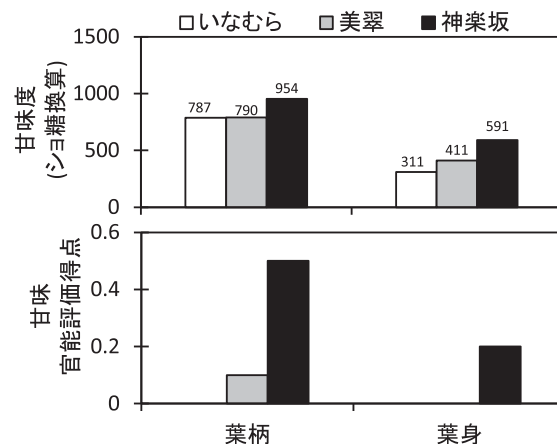


図2 2月収穫コマツナの甘味度（シヨ糖換算）（上段図）および甘味官能評価得点（下段図）

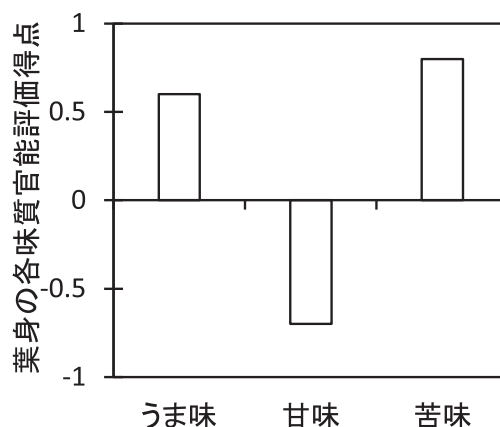


図3 2月に収穫した「いなむら」の、葉柄を基準とした葉身の官能評価得点

2. 遊離アミノ酸，ポリフェノール類，硝酸イオンがコマツナのうま味，甘味，苦味に及ぼす影響 ～季節間の比較～

コマツナは一般的に夏に苦く、冬には甘いと言われているが、同時に比較検証した事例はない。そこで季節を変えて栽培した「いなむら」を、茹でた後に-30℃で冷凍貯蔵した試料を用いて、同時に官能評価した（表2）。本表においては、評点の値が小さいほど味が強くと評価される。その結果、うま味と甘味は葉身、葉柄ともに、夏作より冬作の方が有意に強く、春作、秋作は中間の評価だった。一方、苦味には季節間で有意な差は認められなかった。

遊離アミノ酸含量，総ポリフェノール含量，硝酸イオン含量を季節を変えて栽培した試料を用いて測定し，成分への影響が想定される気温に関しても収穫前1～7日の平均値を併せて表3に記述した。葉身ではうま味，甘味アミノ酸含量は収穫1～7日前平均気温が低

いほど高く、総アミノ酸含量も低温期ほど高かった。一方、葉柄ではうま味アミノ酸含量は冬作では高かったが、そのほかの季節には違いはなかった。葉柄の甘味アミノ酸含量は葉身と同様に季節変動するが、変動幅が小さく、冬作と春作、および夏作と秋作の間には差はなかった。さらに、苦味アミノ酸含量は葉身、葉柄ともに季節変動がなかった。

総ポリフェノール含量は、葉柄においては春作以外でL-アスコルビン酸が検出限界以下で定量できなかったため、算出できなかった。春作について比較すると、葉柄に比べて葉身で9.6倍と大幅に高かった。また、葉身の総ポリフェノール含量は収穫1~7日前平均気

温が低いと上昇する傾向にあったが、最も量に違いがみられた春作、冬作間でも1.3倍程度の差であり、季節間で大きな差はなかった。硝酸イオンは、夏作の葉身以外では葉身に比べて葉柄で1.9~2.2倍多く含まれていた。季節間差をみると、葉身で夏作が他の季節に比べて1.8~1.9倍となったが、葉柄では違いはなかった。

官能評価結果(表2)と成分量(表3)を比較すると、うま味、甘味についてみると、葉身、葉柄ともに官能評価で夏作に比べて冬作で有意に強く、それぞれの味を示すアミノ酸含量も夏作に比べて冬作で有意に高く、傾向が一致した。苦味に関する官能評価の結果と苦味アミノ酸はどちらも季節変動はなかった。また、

表2 作型ごとの「いなむら」官能評価(順位法)によるうま味、甘味、苦味の各順位のパネル数および評点

部位	試験区	うま味評価					甘味評価					苦味評価				
		1位	2位	3位	4位	評点 ^a	1位	2位	3位	4位	評点	1位	2位	3位	4位	評点
葉身	① 春作	1	3	2	1	17	0	3	3	1	19	1	2	3	1	18
	② 夏作	0	0	2	5	26	0	0	2	5	26	2	1	2	2	18
	③ 秋作	2	2	2	1	16	0	4	2	1	18	2	4	1	0	13
	④ 冬作	4	2	1	0	11	7	0	0	0	7	2	0	1	4	21
	検定 ^b	**②-④					**②-④					n. s.				
葉柄	① 春作	1	1	4	1	19	0	3	3	1	19	1	1	4	1	19
	② 夏作	0	0	2	5	26	0	0	1	6	27	4	2	0	1	12
	③ 秋作	1	4	1	1	16	0	4	3	0	17	0	4	3	0	17
	④ 冬作	5	2	0	0	9	7	0	0	0	7	2	0	0	5	22
	検定	**②-④					**②-④					n. s.				

a) 各味の評価において、評点=Σ (n位と評価したパネリストの人数)×n(n=1-4)。

b) 検定はNEWELL&MacFARLANEの検定表(NEWELL・MacFARTANE, 1987)を用いた。**1%水準で有意差あり。n.s. 有意差なし。

表3 各作型における各味質遊離アミノ酸合計量、総ポリフェノール含量、硝酸イオン含量、水分含量および収穫1~7日前平均気温との相関係数

部位	試験区	収穫1~7日前 平均気温(°C) ^a	アミノ酸含量(mg/100gFW) ^b				総ポリフェノール含量 ^d (mg/100gFW)	硝酸イオン含量 (mg/100gFW)	水分含量 (%)
			うま味 ^c	甘味 ^c	苦味 ^c	総量			
葉身	春作	18.5	23.2 a	29.7 a	8.1 a	61.0 a	77	133	91.4
	夏作	25.8	14.1 b	12.4 b	5.7 a	32.2 b	81	250	93.9
	秋作	11.6	30.1 c	30.3 a	5.3 a	65.7 a	89	143	92.7
	冬作	6.6	37.4 d	57.0 c	3.8 a	98.2 c	97	145	91.7
	平均気温との相関係数		-1.00	-0.92	0.57	-1.0	—	—	—
葉柄	春作	18.5	11.4 a	30.2 ac	2.8 a	44.4 a	8	285	96.4
	夏作	25.8	9.8 a	8.8 b	1.9 a	20.5 b	—	293	97.2
	秋作	11.6	12.9 a	23.7 ab	2.0 a	38.6 ab	—	278	96.2
	冬作	6.6	19.2 b	46.0 c	2.3 a	67.5 c	—	273	94.5
	平均気温との相関係数		-0.90	-0.86	-0.12	-0.9	—	—	—

a) 気温は、パイプハウス内において、地上10cmの位置で1時間おきに測定した。

b) 茹でたコマツナ100gあたりのアミノ酸含量として表している。

c) うま味: アスパラギン酸, グルタミン酸, 甘味: グルタミン, スレオニン, セリン, グリシン, アラニン, プロリン, 苦味: バリン, リシン, アルギニン, イソロイシン, チロシン, フェニルアラニン, ヒスチジン。検定は、同一部位・味質内で、異なる英文字間にはTukey-Kramer法により5%水準で有意な差がある。

d) L-アスコルビン酸の影響を差し引いて算出したフォーリンチオカルト法測定値。葉柄では春作以外、L-アスコルビン酸含量が測定下限以下で定量できず減算できないため、測定値を算出していない。

葉身の総ポリフェノール含量も季節変動はなかった。さらに、葉身において夏作で硝酸イオン含量が高くなるものの、官能評価の苦味評価に季節変動はなかった。

なお、生体重当たりの遊離アミノ酸の含量と参考値として認知閾値の文献値を表4に示した。コマツナは生体重の9割以上が水であるため、便宜上生体100gを100mLの水溶液に近いものと解釈して考察する。遊離アミノ酸含量の多い冬作でも、認知閾値に対する含量割合が最も高かったのは葉身のグルタミン酸で86.2%であり、ほとんどのアミノ酸が認知閾値の10%以下であった。

3. コマツナの遊離アミノ酸組成および糖組成を模した水溶液の官能評価

表4において、単独で認知閾値を超えるアミノ酸は

認められなかった。アミノ酸の混合溶液で味を水と識別できるか確認するため、コマツナの遊離アミノ酸組成を模して、混合溶液を調製し官能評価した。試料液はアミノ酸含量が多い葉身の夏作および冬作の遊離アミノ酸組成(表4)に基づいて調製した。さらに、2020年2月に収穫した「いなむら」葉柄の糖組成を模した水溶液も調製し、蒸留水を対照として、うま味、甘味、苦味を順位法で評価した(表5)。本表において、評点の値が小さいほど味が強いと評価される。その結果、糖水溶液は冬作アミノ酸組成水溶液および蒸留水と比べて有意に甘味が強いと評価され、甘味は冬作糖水溶液で識別できたが、夏作および冬作アミノ酸組成水溶液は、うま味、甘味、苦味を蒸留水と識別できなかった。

表4 冬作および夏作コマツナの遊離アミノ酸組成と認知閾値^a

主たる味質	アミノ酸	認知閾値(mg/100mL)	冬作のアミノ酸含量(mg/100gFW)		夏作のアミノ酸含量(mg/100gFW)	
			葉身	葉柄	葉身	葉柄
うま味	アスパラギン酸	100	14.1	6.4	5.9	3.6
	グルタミン酸	27	23.3	12.8	8.2	6.2
甘味	グルタミン	250	18.6	23.6	8.7	5.3
	スレオニン	260	2.3	1.9	0.4	0.2
	セリン	150	3.5	3.9	1.2	1.5
	グリシン	130	0.8	0.8	0.4	0.4
	アラニン	60	2.0	2.7	1.0	1.1
	プロリン	300	29.7	13.1	0.0	0.0
苦味	バリン	40	0.9	0.8	0.9	0.5
	リシン	50	0.3	0.1	0.6	0.2
	アルギニン	50	0.7	0.3	1.8	0.1
	メチオニン	30	0.0	0.1	0.0	0.0
	イソロイシン	90	0.2	0.3	0.6	0.4
	ロイシン	190	0.1	0.1	0.3	0.1
	チロシン	90	0.2	0.1	0.4	0.2
	フェニルアラニン	90	0.1	0.2	0.7	0.3
	ヒスチジン	20	0.4	0.3	0.9	0.1

a) 吉田ら(1966)を参照。ただし、グルタミン酸のみ福田ら(2006)の認知閾値を用いた。

表5 遊離アミノ酸組成および糖組成を模した水溶液による官能評価(順位法)

試験区	うま味評価					甘味評価					苦味評価				
	1位	2位	3位	4位	評点 ^a	1位	2位	3位	4位	評点	1位	2位	3位	4位	評点
① 夏作アミノ酸組成 ^b	1	1	4	1	19	1	2	2	2	19	2	2	1	2	17
② 冬作アミノ酸組成 ^b	2	2	0	3	18	0	3	1	3	21	3	1	1	2	16
③ 蒸留水	1	2	1	3	20	0	1	4	2	22	2	3	2	0	14
④ 冬作糖組成 ^b	3	2	2	0	13	6	1	0	0	8	0	1	3	3	23
検定 ^c	n. s.					*②-④ *③-④					n. s.				

a) 各味の評価において、評点=Σ(n位と評価したパネリストの人数)×n(n=1-4)

b) ①, ②は2021年の夏作, 冬作コマツナ葉柄のアミノ酸組成。④は2020年2月収穫葉柄の糖組成(果糖353mg, ブドウ糖432mg, ショ糖87mg/100g)

c) 検定はNEWELL&MacFARLANEの検定表(NEWELL・MacFARTANE, 1987)を用いた。*5%水準で有意差あり。n.s.有意差なし。

考 察

コマツナのおいしさの見える化を目指す中で、本研究では味に影響を及ぼす含有成分の解明に取り組んだ。成分の候補として、いくつかの野菜において味に関与することが示されている遊離アミノ酸および遊離糖を選択し、まず予備試験で味が大きく異なると判断したコマツナ3品種「いなむら、美翠、神楽坂」の遊離アミノ酸含量および糖含量を分析した。その結果、遊離糖含量は低温期ほど増加し(データ略)、岩本ら(2003)と同様の結果となった。

官能評価結果と成分分析値の比較に際して、本試験ではショ糖の認知閾値である400~780mg/100g(原, 2013)を超える2月に収穫したコマツナの結果を糖の解析に用いた。また、遊離糖は含有するブドウ糖、果糖、ショ糖に係数を掛け合わせた後、合計した値である甘味度(ショ糖換算)を指標とし、官能評価による甘味との関係を解析した。一方遊離アミノ酸は、グルタミン酸などに代表されるうま味だけではなく、アミノ酸の種類により甘味や苦味などの基本五味も呈することが知られているため(河合, 2011)、うま味、甘味、苦味を主たる味質とする遊離アミノ酸の合計量を指標として、官能評価によるうま味、甘味、苦味それぞれについて関係を解析した。

品種および部位間の官能評価と成分分析の結果を比較すると、甘味に関しては、官能評価結果と甘味アミノ酸含量は傾向が一致しなかったのに対し、糖による甘味度(ショ糖換算)とは傾向が一致した。このことから、コマツナの甘味は遊離アミノ酸ではなく、遊離糖が影響を及ぼしていることが示唆され、遊離アミノ酸の甘味への影響は、小さいものと考察した。岩本ら(2003)の研究では官能評価を収穫時期毎に実施しており、同一日に作型間の比較(相対評価)でされていないこと、および果糖、ブドウ糖、ショ糖の3糖含量の総和で関係をみたことから糖含量と甘味との関連は確認されていない。そこで、本研究においては、茹で時間等の条件を揃え、かつ官能評価では基準試料に対する相対評価を採用した。また、糖含量そのものではなく、糖の種類による甘味度の違いを反映した甘味度(ショ糖換算)を用いて考察を行った。このように、より詳細な比較を行うことによって、コマツナにおける糖と甘味との関連を明らかにすることができた。

一方、うま味、苦味アミノ酸含量と官能評価結果は

品種間の比較では関連性が認められなかった。また、葉柄に比べて苦味の強い葉身でうま味、苦味に関与するアミノ酸含量も多いことを確認したが、うま味、苦味との関連は判然としなかった。

そこで、うま味、甘味、苦味と遊離アミノ酸との関係についてのさらなる検討のために、栽培時期の異なる試料を冷凍貯蔵し、一斉に官能評価することで検証することとした。その結果、葉身、葉柄とも官能評価のうま味、甘味が強い冬作で、うま味、甘味アミノ酸含量も高いことが確認された。一方で、夏作のコマツナは苦いと言われる中で、官能評価による苦味と苦味アミノ酸含量の季節間差については確認できなかった。なお、本試験において遊離アミノ酸含量の多い冬作でも認知閾値を超えるアミノ酸はなかった。

複数のアミノ酸等の相乗作用の結果、ヒトの感じる味の強さが大幅に変わることが知られているため(河合, 2011)、コマツナのうま味、甘味、苦味へ及ぼす遊離アミノ酸の影響をさらに検証した。遊離アミノ酸含量が多い冬作および少ない夏作のコマツナに含まれる遊離アミノ酸を模した水溶液を用いて、うま味、甘味、苦味について冬作アミノ酸水溶液を夏作アミノ酸水溶液や水と識別が可能かを官能評価により調査した(表5)。その結果、いずれも識別できないことが示された。

以上のように、遊離アミノ酸含量の多い冬作でも認知閾値以上の含量の遊離アミノ酸がなかったこと、甘味、うま味、苦味アミノ酸含量と官能評価結果が一致しない場合があったこと、水溶液を用いた官能評価で遊離アミノ酸の味覚に対する影響が確認できなかったことから、遊離アミノ酸単独ではコマツナの味に大きく影響しないことが示唆された。

苦味に関わる可能性のある他の成分として、茶やコーヒーの苦味成分であるポリフェノール類が知られている(中川, 1975; 葛西ら, 2007)。コマツナは野菜の中ではポリフェノール含量を多く含んでいることが報告されているため(木村ら, 2012; 富山県, 2020)、本研究においてポリフェノール類がコマツナの苦味に関わる可能性の検証を試みた。苦味に関して栽培時期を変えて検証したが、官能評価(表2)、フォーリンチオカルト法による総ポリフェノール含量(表3)ともに違いは確認できなかった。しかし、葉柄に比べ苦味が強いと評価された葉身において総ポリフェノールを多く含んでいた。これまでにコマツナのポリフェノール類について各々の構造や組成に関する詳細な研究が行われておらず、特定のポリフェノールが他より強い

苦味を示すなど、コマツナの苦味に関わる可能性を残しているため、今後もさらなる調査が必要である。また、野田・幕田（2015）は味覚センサーを利用して硝酸イオン含量が苦味の味覚値と正の相関を持つことを示し、コマツナの苦味は硝酸イオンが影響を与えている可能性を示唆している。本研究の結果、葉柄に比べて葉身で苦味が強かったが（図3）、葉身の硝酸イオン含量は葉柄の1/2程度の結果となったこと（表3）から、本試験栽培条件下では硝酸イオンが直接コマツナの苦味に影響を与えている可能性は低いものと推測される。ただし、反復数が少ないことと、検証した条件も少ないため、今後もさらなる調査が必要である。アブラナ科野菜に含まれるグルコシノレートおよびイソチオシアネートも苦味に関わる可能性のある含有成分である（Bell et al., 2018）。コマツナにおいても、8種類のグルコシノレートが同定されている（長田・青柳, 2014; 上西ら, 2017）。ポリフェノール類および硝酸イオンに加えて、グルコシノレートおよびイソチオシアネートについても、コマツナの苦味との関連性について、さらなる研究の発展が望まれる。

うま味については、品種間の比較で官能評価結果とうま味アミノ酸含量の間で矛盾し、コマツナに含まれる遊離アミノ酸組成を模した水溶液の官能試験においても識別できなかったため、遊離アミノ酸単独では説明しきれないことが示された。しかし、うま味を呈するグルタミン酸は、冬作では茹でたコマツナに認知閾値程度含まれていること（表4）に加え、グルタミン酸はグアニル酸などの核酸と相乗効果を示すこと（河合, 2011; 堀江, 2012）や、コハク酸がうま味を示し、クエン酸がうま味を強めるという報告もあるため（堀江ら, 2002）、遊離アミノ酸が他の成分との相互作用を発揮してうま味に関与している可能性は残されている。今後は核酸や有機酸も含めてコマツナのうま味に関する研究を進めていく必要がある。

謝 辞

本研究を行うにあたり、東京都立食品技術センターの皆様には分析機器の利用に際して多大なるご協力を頂きました。また、東京都農林総合研究センター江戸川分場および東京都中央農業改良普及センター東部分室の皆様には官能評価のパネル参加など、研究への多大なる協力をいただきました。ここで深く御礼を申し上げます。

引用文献

- Bell Luke, Omobolanle O Oloyede, Stella Lignou, Carol Wagstaff, Lisa Methven (2018) Taste and Flavor Perceptions of Glucosinolates, Isothiocyanates, and Related Compounds. *Molecular Nutrition & Food Research*. 62 (18) : 1700990.
- 原 知子 (2013) 短大生パネルにおける味覚について—味覚演習の効果の可能性—。神戸山手短期大学紀要 56 : 23-32.
- 堀江秀樹・原ともみ・木幡勝則 (2002) 玉露のうま味。野菜茶業研究所研究報告. 93:91-94.
- 堀江秀樹・伊藤秀和 (2006) キャピラリー電気泳動法による野菜中の糖分析。野菜茶業研究所研究報告. 5 : 1-6.
- 堀江秀樹 (2012) 野菜の加熱に伴うグアニル酸の生成。日本調理科学会誌. 45 (5) : 346-351.
- 福田ひとみ・平川智恵 (2006) 大学生の味覚感受性（特にうま味）と食習慣について。帝塚山学院大学人間文化学部研究報. 8 : 99-108.
- 古谷規行・野村知未・大谷貴美子・松井元子 (2012) 丹波黒大豆エダマメにおける食味評価法の開発。園芸学研究. 11 (3) : 309-314.
- 石原 肇 (2015) 東京都江戸川区における市場出荷型コマツナ産地の存続戦略。地球環境研究. 17 : 83-100.
- 岩本千絵・吉村聡志・松田康子・高橋敦子・吉田企世子 (2003) コマツナのハウス栽培における栽培時期と食味。東京都農林総合研究センター平成15年度成果情報. 135-136.
- 上西愛子・聖代橋史佳・菊池真司・木庭卓人・吉田誠・北 宜裕 (2017) *Brassica rapa* L. と *Eruca sativa* Mill. との属間交雑個体におけるグルコシノレートおよびイソチオシアネート組成。園芸学研究. 16 (3) : 265-271.
- 葛西真知子・石川由花・酒巻旦子・奥山知子・芦谷浩明・上脇達也・飯田文子 (2007) カカオ豆産地とチョコレートのおいしさとの関係。日本食品科学工学会誌. 54 (7) : 332-338.
- 河合美佐子 (2011) 味を決めるアミノ酸。生物工学会誌. 89 (11) : 679-682.
- 木村英生・樋口かよ・小嶋匡人・橋本卓也 (2012) 地域特産物の抗酸化力向上に関する研究（第2報）。山梨県工業技術センター研究報告. 26 : 20-24.

- 鯨 幸夫 (1944) 有機栽培野菜と普通栽培野菜のビタミンCおよび糖質含量について. 日本栄養・食糧学会誌. 47 (2) : 148-151.
- 前橋健二 (2011) 甘味の基礎知識. 日本醸造協会誌. 106 (12) : 818-825.
- 宮澤直樹・石本太郎・堀江秀樹 (2020b) 高温期の遮光がコマツナのアミノ酸組成に与える影響. 東京都農林総合研究センター令和2年度成果情報. 103-104.
- 文部科学省 (2015) フォーリン・チオカルト法 (2). 日本食品標準成分表 2015年版 (七訂) 分析マニュアル 補遺. 別紙3.
- 森 研史・野呂孝史・吉田優子・渡辺文生・松田康子 (2004) 品種系統別, 呈味アミノ酸の比較. 東京都農林総合研究センター平成16年度成果情報. 91-92.
- 森 研史・山岸 明・吉田優子・三枝弘育・渡辺文生 (2007) コマツナのアミノ酸組成の品種間差と冷蔵後の変化. 東京都農林総合研究センター平成19年度成果情報. 133-134.
- 中川致之 (1975) 緑茶の構成味要素に対する成分の貢献度. 日本食品工業学会誌. 22 (2) : 59-64.
- NEWELL, G.J., J.D. MacFARLANE (1987) Expanded Tables for Multiple Comparison Procedures in the Analysis of Ranked Data. Journal of Food Science. 52 (6) : 1721-1725.
- 野田博行・幕田武広 (2015) 味覚センサーで測定したコマツナおよびホウレンソウの味覚値に及ぼす硝酸イオン含量の影響. 科学・技術研究. 4 (2) : 177-181.
- 野口貴・吉村聡志・岩本千絵 (2003) 冬まきコマツナ (施設栽培) の収穫時期・生育ステージと糖含量との関係. 東京都農林総合研究センター平成15年度成果情報. 137-138.
- 野村知未・古谷規行・大谷貴美子・村元由佳利・松井元子 (2013) 黒大豆由来の黄大豆新品種 '京白丹波' (*Glycine max* (L.) Merr.) の特性について. 微量栄養素研究. 30 : 79-85.
- 長田早苗・青柳康夫 (2014) 秋から冬に市販される日本産アブラナ科野菜のグルコシノレート組成および含有量. 日本食生活学会誌. 25 (2) : 121-130.
- 鈴木忠直・安井明美・杉村豊裕・堤 忠一 (1991) 果実・野菜およびその加工品中の遊離アミノ酸測定のための試料前処理方法の比較検討. 食品総合研究所研究報告. 55 : 31-36.
- 高田武久 (2012) トマトのアミノ酸について. 日本家政学会誌. 63 (11) : 745-749.
- 高橋敦子・松田康子・駒場千佳子・奥嶋佐知子・吉田企世子 (2006) 異なる土壌条件で栽培したコマツナのミネラル含量および硝酸態窒素含量, アミノ酸含量の調理操作による変動について. 日本調理科学会誌. 39 (2) : 115-121.
- 立山千草 (2009) 小型反射式光度計システムによる緑茶のASA含量の簡易測定について. 県立新潟女子短期大学研究紀要. 46.229-233.
- 富山県農林水産総合技術センター食品研究所 (2020) とやまの農産物の抗酸化力評価 (改訂). p34.
- 吉田正昭・二宮恒彦・池田真吾・山口静子・吉川知子・小原正美 (1966) アミノ酸の呈味に関する研究 (第1報). 日本農芸化学会誌. 8:295-299.

Effects of ingredients on the umami, sweetness, and bitterness of komatsuna

Naoki Miyazawa¹, Takashi Baba¹, Taro Ishimoto², Hideki Horie²

¹ Tokyo Metropolitan Agriculture and Forestry Research Center

² Food Technology Research Center, Tokyo Metropolitan Industrial Technology Research Institute

Abstract

In order to clarify the taste of komatsuna (*Brassica rapa* L. var. *perviridis*), we investigated which plant components affect the umami, sweetness, and bitterness of komatsuna by sensory evaluations and component analysis. We first examined the free amino acids and sugars that were known to affect the taste of vegetables by comparing komatsuna varieties, parts, and plants grown in different seasons. The results showed that the free amino acid contents affecting umami, sweetness, and bitterness did not always match the sensory evaluation results of each taste. Also, the free amino acid composition of winter-grown komatsuna leaf blades, which had the highest free amino acid content, could be below the cognitive threshold. Furthermore, no one could distinguish aqueous solutions that imitate the free amino acid composition of komatsuna from water in sensory evaluations.

These results suggest that free amino acids alone do not affect the umami, sweetness, and bitterness of komatsuna. On the other hand, the free sugar contents and sensory evaluations of sweetness were closely correlated. In the low-temperature period, the free sugar contents exceeded the cognitive threshold, suggesting that free sugars affect the sweetness of komatsuna. Analysis of the relationship between bitterness and polyphenols showed that polyphenols were detected as bitterness in leaf blades, but the relationship was not clear.

Keywords: komatsuna, taste, free amino acids, free sugars, polyphenols

Bulletin of Tokyo Metropolitan Agriculture and Forestry Research Center, 17 : 33-43, 2022

*Corresponding author: n-miyazawa@tdfaff.com