

店舗提供のうどんだしの呈味特性についての科学的評価

前川 隆 嗣¹⁾, 香西 彩 加¹⁾, 湯浅 正 洋²⁾, 榎原 周 平³⁾,
根来 宗 孝³⁾, 渡邊 敏 明^{1, 3)}

(¹⁾マエカワテイスト株式会社 前川 TSH 研究所 *, (²⁾神戸大学大学院人間発達環境学研究科 **,

³⁾大阪青山大学健康科学部 ***)

(受付 2022 年 8 月 25 日, 受理 2022 年 10 月 5 日)

Scientific evaluation of the taste of “udon dashi soup” (soup for thick wheat noodles) served in the restaurant chain

Takatsugu MAEKAWA¹⁾, Ayaka KOZAI¹⁾, Masahiro YUASA²⁾, Shuhei EBARA³⁾,
Munetaka NEGORO³⁾, Toshiaki WATANABE^{1, 3)}

¹⁾Maekawa TSH Laboratory, Maekawa Taste Co., Ltd.

²⁾Graduate School of Human Development and Environment, Kobe University

³⁾Department of Health and Nutrition, Faculty of Health Science, Osaka Aoyama University

Summary

Udon dashi soups (soup for thick wheat noodles) are specially prepared and served at each restaurant chain. To clarify the difference in taste depending on the restaurant chain, the taste of udon dashi soup by the taste sensor and the high-performance liquid chromatography (HPLC) was scientifically evaluated in this study.

Udon dashi soup (A) is a concentrated dashi, which is diluted and utilized for udon dashi soup served at the restaurant chain. Udon dashi soups (B, C, D) are Kansai-style dashi served in the restaurant chain in Hyogo prefecture, and udon dashi soups (B, C) are served in the restaurant chain in the same family. These udon dashi soups are generally made from shaved fishes, such as dried sardine shavings and dried kelp. After diluting these udon dashi soups to 4% Brix, Taste Sensing System (TS-5000Z) with the taste sensor was used to quantify eight different taste components: sourness, bitter stimulus, astringent stimulus, umami, and saltiness as the initial taste, and general bitterness, astringency, and umami richness as the aftertaste. Free amino acids in the udon dashi soups were also determined using the HPLC analysis.

Three types of udon dashi soups (B, C and D) had less sourness and astringent stimulus than udon dashi soup A, but had a stronger umami and saltiness. However, no difference in the aftertaste (general bitterness, astringency, and umami richness) was detected. The taste of udon dashi soup D was significantly different from that of udon dashi soups B and C. In particular, the sourness and astringent stimulus were suppressed, and both saltiness and umami became stronger in udon dashi soup D. From the determination of free amino acids, udon dashi soups A, B and C showed high values for glutamic acid, aspartic acid and histidine, while no serine and arginine were not detected in udon dashi soup C. Very high levels of taurine and histidine in udon dashi soup D were contained. Anserine and carnosine were also characteristically found in udon dashi soup D. Therefore, udon dashi soups B, C and D may be mixed by the different processing methods using the different ingredients respectively.

From these findings, it was suggested that scientific evaluation of taste characteristics of udon dashi soup is possible by using the taste sensor and amino acid analysis.

²⁾前長崎県立大学 (Former University: University of Nagasaki)

*所在地: 兵庫県姫路市土山6-4-1 (〒670-0996)

**所在地: 兵庫県神戸市灘区鶴甲3-11 (〒657-8501)

***所在地: 大阪府箕面市新稲2-11-1 (〒562-8580)

連絡先: E-mail: takatsugutaste@gmail.com

日本全国に地域特有のご当地うどんが多数存在するが、これらをさらに特徴付けるのが「うどんだし（うどんつゆ）」である。うどんのかけ汁を関西ではうどんだし、関東ではうどんつゆと言われている。うどんだしには、関東では塩味と甘味が強く色も濃く、関西では塩味と甘味が弱く色も薄い傾向にあるなど地域により違いがある^{1,2)}。しかし近年関西風や讃岐うどんのチェーン店が西から東に進出していることで地域を明確に分類することは難しい。

うどんだしの材料は、だし、醤油、みりん、砂糖、食塩などである。だしに関しては、昆布、いりこ（いわし煮干）、かつお節、さば節、宗田節など様々な種類があり、醤油に関しても、濃口醤油、淡口醤油、白醤油などがある。うどんだしの色は醤油の色が要因の一つである。関西ではだしに淡口醤油などを加えて調味するのに対し、関東ではそばのつけ汁に用いられる「かえし（濃口醤油、みりん、砂糖を煮詰めた調味料）」とだしを合わせたうどんだしが多くみられる^{2,3)}。関西のうどんのだしが利いていると感じるのは、淡口醤油を少量使用することでだしの香りや風味が残るためと考えられる。また、近年では調理や味のばらつきを無くすため、「かえし」にうま味成分を加えたうどんだしが市販されており、お湯やだしで希釈する場合がある。

業務用のうどんだしは一般的に「白だし」と「かえし」で作られている。本来、「白だし」は昆布と削りぶしを煮出して作られている。また、「かえし」の代わりに、食塩やうま味調味料などを加えたものが市販されており、希釈することで手軽にうどんだしを作ることができる。

家庭用のうどんだしも、業務用と同様に手軽さを追及したものが主流となっている。風味をよくするために、だしを取り、後でうどんだし、もしくはかえしで希釈して作ることも可能となっている。特に粉末うどんだしは軽くてかさばらないため、近年根強い人気を持っている。

外食チェーンではおいしいうどんを安価で提供するのが目的であり、一般的には比較的簡単な方法で調理している。たとえば、濃縮したうどんだしをお湯で希釈する方法や白だしとかえしを合わせる方法が使われている。健康志向の高まりで汁物の塩分が社会問題となっているため、減塩タイプのうどんだしに関心が高まっている。だしは人体の塩分濃度0.9%に近いほどおいしく感じるとされている⁴⁾。しかし実際には、文献によると、店舗販売のうどんつゆの食塩濃度は平均1.47%であるが、大阪1.03%に比べ東京2.10%と高値であることが報告されている^{5,6)}。このようにうどんだしのおいしさの評価が試みられているが、これらの結果の統一的な解釈が難しく、より客観的な比較や評価が求められる。

近年、味認識装置、いわゆる「味覚センサー」によって種々の食品の科学的な評価が行われている⁷⁾。最近広く使用されている味覚センサーは、人間の舌と同じメカニズムを持ち、様々な食品の味を数値化できる。この装置は、5種類のセンサーを用いて、食品、飲料、医薬品などの呈味

を科学的に評価できる。食品メーカーでは、ビール、ジュース、コーヒーなどの開発に利用しているが⁸⁻¹⁰⁾、著者らはうどんだしに焦点を当てて検証を行っている。

味覚センサーの特徴としては、人工の「脂質膜」で構成され、人間の舌と同じメカニズムを持っている¹¹⁾。味覚センサーは、基本5味以外に、「うま味コク」、「渋味」および「苦味雑味」などを含む計11項目で呈味の強度やバランスを分析することができる¹²⁾。味覚センサーの原理としては、様々な呈味物質と化学反応や吸着反応を利用して味を識別している。「先味」は、食品を口に含んだ瞬間の味、つまり酸味や塩味などである。塩味は味の厚みを表し、苦味雑味は味の広がりや奥行き感をあらわしている。「後味」は、食品を飲み込んだ後に残る持続性のある味、つまりコクやキレなどである。

著者らは、市販されているだし・つゆおよび店舗で提供しているうどんだしの成分について調査を行っている。一般にうどんだしはそれぞれの店舗において、特製の味に調合されている。そこで、本研究では、店舗による味の違いを明らかにするために、うどんだしの呈味特性について、味覚センサーおよびアミノ酸分析、味グラフによって科学的な解析を行った。

実験方法

1. 対象試料

実験に供した試料は、製品の「うどんだし（A）」（M社）および店舗で提供されている「うどんだし（B, C, D）」の4種類である。うどんだし（A）は濃縮だしで店舗うどんだしの素となっている。うどんだし（B, C, D）は兵庫県の店舗で提供されている関西風のうどんだしであり、うどんだし（B, C）は同系列の店舗で提供されているものである。これらのうどんだしはBrix約4%となるように超純水で希釈した。

2. 味グラフ

味グラフTMとは、Brixと塩分により味の傾向を把握する簡易的な方法である。横軸を塩分（%）、縦軸を無塩可溶性固形分（Brixから塩分を引いた値（%））としてグラフにプロットし、関連性をみたものである。著者らは、無塩可溶性固形分を塩分で除した値を味角度（Taste angle：TA）として、サンプルの簡易的な評価に用いている。これまでの結果では、回帰式は $y=2.3176x$ となり、うどんだしの評価には便宜的にTA2.0～TA3.0を用いている（未発表）。TAが高いとBrixも高いため、甘味やうま味が強いことが示されている。水で希釈しても、ほぼ同じ直線上を推移する。

希釈後のうどんだしについて、糖度計（PAL-1、（株）アタゴ、東京都港区）を用いてBrixを測定し、塩分計（PAL-ES1、（株）アタゴ、東京都港区）を用いて食塩相当量（塩分）を測定した後、味グラフTMを作成した。

3. 味覚応答の分析

うどんだし (A) およびうどんだし (B, C, D) については、Brix を約 4% に調整した後、味認識装置 TS-5000Z ((株) インテリジェントセンサーテクノロジー, 厚木市) を用いて 8 種類の味覚応答を数値化した。味覚センサーには、酸味センサー CA0, 苦味センサー C00, 渋味センサー AE1, うま味センサー AAE および塩味センサー CT0 を用いた。味覚応答の測定は、基準液 (30 mmol/L 塩化カリウム, 0.3 mmol/L 酒石酸水溶液) における各センサーの膜電位応答値 (V_r) を測定し、次に試料溶液における膜電位応答値 (V_s) を測定して、 V_s と V_r の電位差を先味 5 種類 (酸味, sourness; 苦味雑味, bitter stimulus; 渋味刺激, astringent stimulus; うま味, umami; 塩味, saltiness) とした。その後基準液中で簡単に共洗った味覚センサーを用い、基準液中で膜電位応答値 (V_r') を測定し、 V_r' と V_r の電位差を後味 3 種類 (苦味, general bitterness; 渋味, astringency; うま味コク, umami richness) とした。測定した味覚応答は付属の解析アプリケーションを用いて補間加算処理後、濃縮うどんだし A を基準 (0) とした時の相対値で示した。それぞれの値は 3 回の平均値である。相対値に 1 以上の差がある場合、ヒトは呈味の強度差を感じることができる。

先味 (酸味, 苦味雑味, 渋味刺激, うま味および塩味) と後味 (苦味, 渋味およびうま味コク) の特徴は次の通りである。酸味はクエン酸や酒石酸が呈するもので、ビールやコーヒーで感じるものに相当する。塩味は食塩など、うま味はアミノ酸や核酸などが呈するもので、スープやつゆで感じられるものに相当する。苦味雑味や渋味刺激はスープのコクや隠し味に相当するものとして測定している¹³⁾。一般に苦味とは、ビールやコーヒーなどの食品に含まれる後味である。渋味はお茶などに含まれる渋味物質に由来しているものである。うま味コクは、つゆやスープに含まれるうま味物質によって感じられる持続性のあるコクである¹³⁾。

4. アミノ酸分析

超純水で希釈したうどんだしは、フィルター 0.45 μm で濾過後、分析に供した。うどんだしのアミノ酸分析は、高速液体クロマトグラフ (HPLC) (LC-10 A, 島津製作所 (株), 京都市) を組み込んだアミノ酸自動分析システムによって、約 30 種類のアミノ酸を分析した¹⁴⁾。分析条件として、カラムはイオン交換樹脂を充填した Shim-pack Amino-Li を使用し、カラム温度と反応温度は 39°C, 移動相にはリチウム型移動相キットを用いた。流速は 0.6 mL/min, 誘導体化試薬としてオルトフタルアルデヒドを用いて、アミノ酸の蛍光発色を分光蛍光検出器 (Ex:350 nm, Em:450 nm) で測定した。アミノ酸含量は nmol/mL で表した。

5. 統計解析

データの集計・解析は Excel 2019 (日本マイクロソフト (株), 東京都港区) およびエクセル統計 Statcel 3 ((有) オーエムエス出版, 東久留米市) で行った。味覚応答の平均値は Scheffe's F test により比較し、有意水準は 5% 未満とした。

結 果

Fig. 1 は、著者らが商品開発の際に用いている味グラフで、塩分と無塩可溶性固形分との関連性を示したものである。これまでに測定した店舗提供のうどんだし 37 種類 (○) と今回測定したうどんだし 4 種類 (●) の結果をプロットした。今回測定したうどんだし (A, B, C, D) の塩分は 1.0% ~ 1.2% となった。これまでに測定した店舗提供のうどんだしと差異は見られなかった。うどんだし D は、TA3.0 以上に位置した。これはうどんだし B, C に比べて Brix や無塩可溶性固形分が高値であり、うどんだし D には糖質やエキスなどがより多く含まれていることが推測された。

Fig. 2 は、味覚センサーで評価した 4 種類のうどんだし (A, B, C, D) の味覚応答を示したレーダーチャートである。先味では、うどんだし A に比べて、3 種類のうど

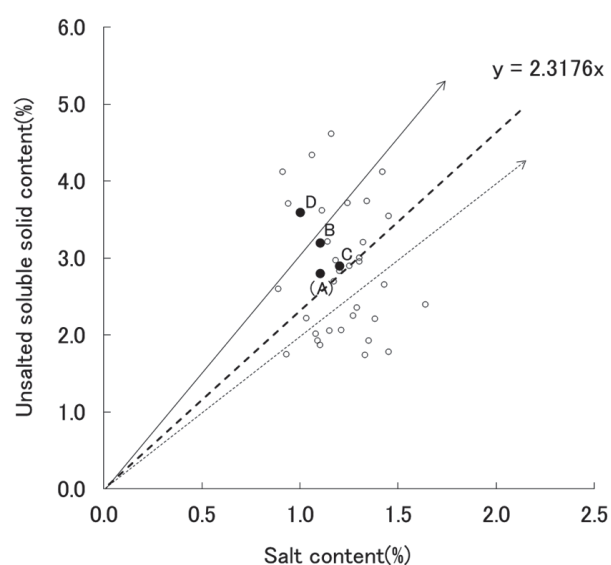


Fig. 1 Correlation between salt content and unsalted soluble solid content in udon dashi soups (Taste graph)
Filled circle: Udon dashi soup diluted (A) and udon dashi soups B, C and D served in the restaurant chain.
Open circle: udon dashi soups served in the restaurant chain (previous data to predict). The appropriate range of taste was estimated from the regression line ($y=2.3176x$). The solid line indicates a taste angle of 2-degrees (TA2.0), and the dashed line indicates TA3.0. Udon dashi soups B and C are included in the region of the two lines (between solid and dashed lines), while udon dashi soup D is highly located in the high taste line (solid line). In general, the larger the taste angle, the sweeter the taste. As udon dashi soup D is more saltiness and umami than udon dashi soups B and C by the taste sensor, it is assumed that a taste is strongly perceived.

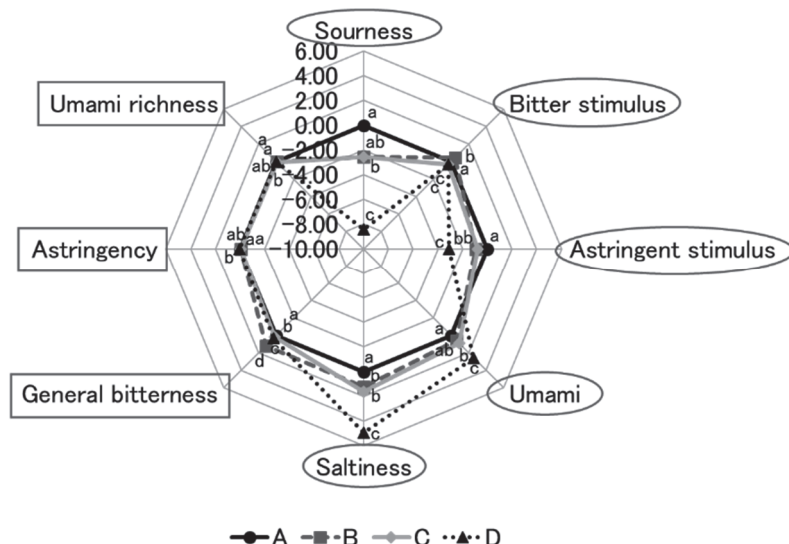


Fig. 2 Comparison of taste responses by Taste Sensing System (TS-5000Z) in udon dashi soups
 Circle: sourness, bitter stimulus, astringent stimulus, umami, and saltiness as the initial taste
 Square: general bitterness, astringency, and umami richness as the aftertaste
^{a-d} $p < 0.05$ (Scheffe's F test)
 Each value: mean (n=2-3)

んだし B, C, D とも酸味および渋味刺激が弱かったが、塩味やうま味が強くなっていた。しかし後味（苦味、渋味、うま味コク）に大きな差異は見られなかった。うどんだし D は、うどんだし B および C に比べ先味が著しく異なっていた。とくに酸味、渋味刺激が有意に抑えられ、塩味、旨味とも非常に強くなっていた。

Fig. 3 (A, B, C, D) は、4 種類のうどんだしのアミノ酸を高速液体クロマトグラフで測定したものである。うどんだし A とうどんだし B は同じパターンを示したが、うどんだし C および D については、ピークの異なったアミノ酸が認められた。うどんだし A では、グルタミン酸、アスパラギン酸、ヒスチジンが高い値を示した。一方、うどんだし D では、ヒスチジンが非常に高く、アンセリンやカルノシンも特徴的に認められた。またうどんだし C では、セリンおよびアルギニンは認められなかった。

Fig. 4 はうどんだし A および 3 種類のうどんだし B, C, D 中のアミノ酸含量をまとめたものである。うどんだし D は、うどんだし A に比べて、タウリンが約 2.4 倍、ヒスチジンが約 2.5 倍と高値を示した。一方、アスパラギン酸およびグルタミン酸はそれぞれ約 69% および約 65% であった。またうどんだし D では、カルノシン、アンセリンがうどんだし A および他の店舗うどんだし B, C に比べて、多く含まれていた。なお、うどんだし C は、うどんだし B と比べ、セリン、オルニチン、アルギニンがほとんど含まれていなかった。

考 察

今回測定したうどんだし A は煮釜だし[®] を使用して作られたものである。煮釜だし[®] 製法とは、古来の「堅魚煎汁（かつおのいろり）」の製法を現在に応用して削りぶし

のだしを長時間煮詰めてうま味を凝縮する製法である。1,300 年前の飛鳥時代から奈良時代にかけて伝わる伝統製法である。熱水だけで抽出したもので、アルコール抽出や酵素分解などの科学的な手法に頼ることなく、手間暇を掛けて作り上げられた古来製法と呼ぶことができる¹⁵⁾。

味覚センサーによる測定では、店舗で提供しているうどんだし B, C 及び D とも先味である塩味やうま味が強くなっており、これらによってうどんだしのコクが強く出されていると示唆される。特に店舗うどんだし D において、他のうどんだしよりも塩味やうま味が強く酸味や渋味刺激が弱かった一因として、アミノ酸組成の違い、とりわけヒスチジンの高値やジペプチドであるアンセリンやカルノシンが含まれていたことが関与した可能性が考えられた。だしの結果ではないが、ヒスチジンをはじめとする苦味アミノ酸濃度が高いと、味覚センサーによる牡蠣類の塩味やうま味応答が高くなることが報告されており¹⁶⁾、本研究のうどんだしの結果とも一致する。うどんだし D で見られたこれらの特徴は、店舗 D で使っているだしやかえしが店舗 B, C とは異なっているため生じたと考えられる。一方、うどんだし A とうどんだし B のアミノ酸パターンは類似していたが、後者の塩味とうま味が高かった。この一因として、だしの主要な呈味成分として知られている核酸類（イノシン酸など）¹⁷⁾ が影響した可能性が推察される。今後は核酸類を測定することで、試料間の味覚応答の違いに寄与する因子を明らかにできると考える。

ヒトがおいしいと感じる塩分濃度は生理食塩水、すなわち体液や血液とほぼ等張である 0.9% とされているのは、感覚的に適度な刺激として感じられることによる¹⁸⁾。うどんだし 300 mL の場合、塩分（食塩相当量）2.7 g となる。ゆでうどん 1 玉 280 g には、塩分 0.8 g が含まれているので、かけうどん 1 杯当たり塩分 3.5 g となる。しかし、実

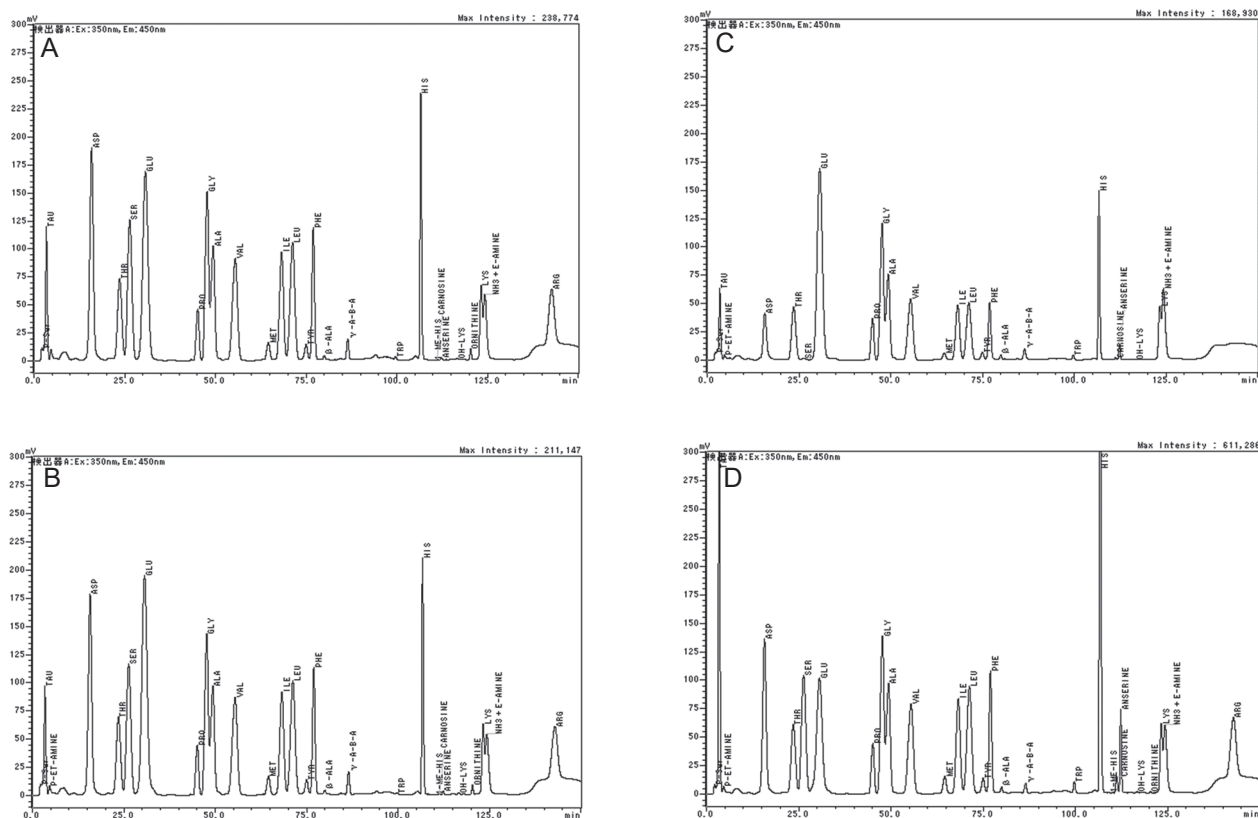


Fig. 3 The chromatogram of amino acids in udon dashi soups by high-performance liquid chromatography
 A : udon dashi soup A
 B, C, D : udon dashi soups served in the restaurant chain

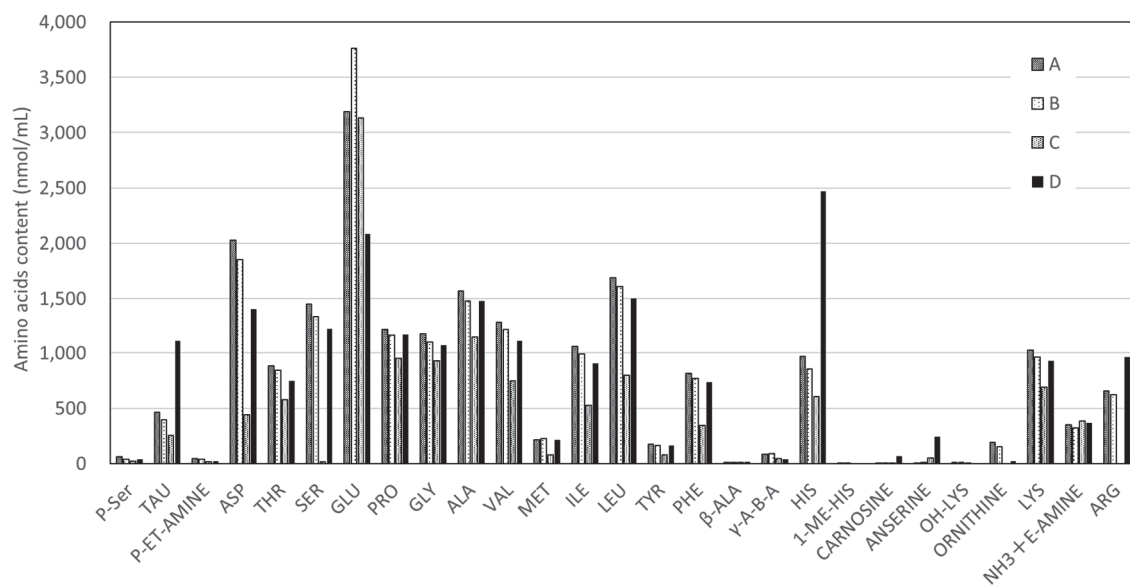


Fig. 4 Comparison of the amino acid content included in the udon dashi soups
 A : udon dashi soup A
 B, C, D : udon dashi soups served in the restaurant chain

際の店舗で提供されているうどんでは、1杯当たりの分量や具材の影響にもよるが、それ以上の塩分となる場合も多い。

店舗で提供されているうどんだしには塩分濃度のばらつきがあり、生理食塩水に比べ塩分が高い傾向がある。店舗

数の多いチェーン店では味とコストの安定化が要求されている。このため業務用のうどんだしは手軽で味も安定しており大いに役立っている。各社は低価格でおいしいうどんだしの追求のために様々な工夫をしている。たとえばうどんだし D は、塩分濃度は他のうどんだしと同じであるが、

旨味および塩味が高くなっている。これはだしやうま味調味料等を併用しておいしく感じるうどんだしに仕上がっていると考えられる。

アミノ酸が結合したタンパク質はほとんど無味であるが、食品中に存在する遊離アミノ酸にはそれぞれ特有の味があり、食品の味の基本的な要素になっている^{19,20)}。著者らのこれまでの報告では、かつお節の抽出液にはヒスチジンおよびタウリンが高濃度に認められる他、アラニン、グルタミン酸、ジペプチドであるアンセリンおよびカルノシンなどが含まれ、産地、乾燥法および抽出法の違いによって、これらの遊離アミノ酸組成に違いがあることが明らかである²¹⁻²³⁾。ヒスチジンはかつおだしに最も多く含まれる遊離アミノ酸の一つであり、一般に青魚と言われているカツオ、イワシ、サバなどの回遊魚に特徴的にみられることが報告されている²⁴⁾。ヒスチジンのほかにリシン、アラニンなども比較的多く検出されることが示されている²⁵⁾。

今回の結果では、うどんだし4種類ともグルタミン酸が高濃度に含まれていたが、うどんだしDは、グルタミン酸に比べヒスチジンがより高濃度であった。またうどんだしDにはアンセリンやカルノシンが認められており、これらの成分は、一般的にかつおだしに含まれているものと一致していた。

今回の結果を要約すると、

1. うどんだしAに比べて、3種類の店舗で提供されているうどんだし(B, C, D)とも酸味や渋味刺激が弱かった。
2. うどんだしDは、うどんだしB, Cに比べ先味が著しく異なっていた。塩味、うま味が高値であった。これらはアミノ酸組成の違いによるのかもしれない。
3. うどんだしAおよびうどんだしBは類似したアミノ酸パターンを示した。
4. うどんだしDには、ヒスチジンやタウリンおよびジペプチドであるアンセリンやカルノシンが含まれていた。うどんだしCにはセリンやアルギニンが認められなかった。
5. うどんだしB, C, Dはそれぞれ異なった調合がされていると考えられた。

以上より、味覚センサーおよびアミノ酸分析、味グラフによって「うどんだしの呈味特性」の科学的な評価が可能であることが示唆された。

利益相反

本論文の発表に関して、共著者全員に申告すべきCOI状態はない。

参考文献

- 1) 伏木亨 (2013) 日本人の味覚と嗜好. 熊倉功夫編, 和

食; 日本人の伝統的な食文化. 農林水産省: 東京, pp.45-59.

- 2) 的場輝佳 (2005) だし汁の東西味紀行 — 東海道のうどんの地域的特徴 —. 日本醸造協会誌 100: 538-546.
- 3) 的場輝佳 (2002) 食べ物のおいしさと食文化. 日栄食誌 55: 223-225.
- 4) 真部真里子 (2011) だしの風味と減塩. 日調理誌 44: 191-192.
- 5) 吉川秀樹, 桑島千栄 (2012) 市販うどんつゆの呈味成分の比較. 京都光華女子大学研究紀要 50: 123-128.
- 6) 畑江敬子 (2008) 味覚と呈味成分との関係 — 塩味効率と調理における塩味の感じ方 —. ソルトサイエンス・シンポジウム. ソルトサイエンス 79: 29-34.
- 7) 都甲潔 (2016) 味覚センサー. 日本味と匂学会誌 23: 95-102.
- 8) 藤原孝之, 石川智子 (2011) 味覚センサーを用いた味噌の発酵状態の評価. 三重県工業研究所研究報告 36: 63-68.
- 9) 戸井田仁一, 蟻川幸彦 (2011) 味覚センサー (感性評価解析装置) によるみそ, しょうゆの評価. 長野県工技センター研報 6: F1-F4.
- 10) 田村朝子, 伊藤梢 (2014) 茶の成分値と味覚センサー測定値及びヒト官能評価との相関解析. 人間生活学研究 5: 31-42.
- 11) 都甲潔 (2001) 脂質膜を用いた味覚センサー. 膜 26: 244-250.
- 12) Toko K, Nagamori T (1999) Quantitative expression of mixed taste of amino acids using multi-channel taste sensor. Trans IEE Japan 119E: 528-531.
- 13) 池崎秀和 (2013) 味覚センサーによる味の物差し創りと味のみえる化. JVR SJ 18: 93-97.
- 14) 鷹羽 美佳, 小川 浩史, 馬越 秀一, 松本 啓嗣 (2021) 高速液体クロマトグラフィーを用いたアミノ酸のプレカラム紫外誘導体化による分析. 関税中央分析所報 61: 19-25.
- 15) 前川隆嗣 (2003) 1300年以上前から伝わるかつおエキス. フードケミカル 10: 78-82.
- 16) Yuasa M, Kawabeta K, Eguchi A, Abe H, Yamashita E, Koba K, Tominaga M (2018) Characterization of taste and micronutrient content of rock oysters (*Crassostrea nippona*) and Pacific oysters (*Crassostrea gigas*) in Japan. Int J Gastron Food Sci 13: 52-57.
- 17) Yuasa M, Koe M, Maeda A, Eguchi A, Abe H, Tominaga M (2017) Characterization of flavor component in Japanese instant soup stocks 'dashi'. Int J Gastron Food Sci 9: 55-61.
- 18) 杉田浩一 (1981) 調味料としての食塩. 調理科学 14: 76-80.

- 19) 熊倉功夫, 伏木亨 (2014) 新装版 だしとは何か, アイ・ケイコーポレーション, 東京: pp. 19-21.
- 20) Kawai M, Okiyama A, Ueda Y (2002) Taste Enhancements between various amino acids and IMP. *Chem Senses* 27: 739-745.
- 21) 前川隆嗣, 野村直孝, 大串美沙, 榎原周平, 福井徹, 渡邊敏明 (2005) かつおだしの製法によるアミノ酸組成の比較検討. *微量栄養素研究* 22: 125-129.
- 22) 前川隆嗣, 甘庶志帆乃, 野村直孝, 榎原周平, 渡邊敏明 (2006) 削りぶしの抽出液におけるアミノ酸組成の比較検討. *微量栄養素研究* 23: 93-98.
- 23) 前川隆嗣, 甘庶志帆乃, 石盛嘉治, 榎原周平, 渡邊敏明 (2007) かつお節および昆布の抽出液におけるアミノ酸組成の産地による比較検討. *微量栄養素研究* 24: 191-197.
- 24) 二宮くみ子 (2016) だしとうま味の食品化学. *薬学雑誌* 136: 1327-1334.
- 25) 山崎吉郎 (1994) 鰹節および煮干しだし汁中の呈味成分の比較. *家政誌* 45: 41-45.