

嗅覚による味覚の促進効果 —塩味への感度に着目して—

筑波大学大学院人間総合科学研究科 小川 緑・中野 詩織

志群システムズ 黄 暁薇

筑波大学人間系 綾部 早穂

Odor-induced enhancement of taste: Focusing on sensitivity for saltiness

Midori Ogawa and Shiori Nakano (*Graduate School of Comprehensive Human Sciences, University of Tsukuba, Tsukuba 305-8572, Japan*)

Hew May Wong (*Shigun Systems Co., Ltd., Tsukuba 305-0031, Japan*)

Saho Ayabe-Kanamura (*Faculty of Human Sciences, University of Tsukuba, Tsukuba 305-8572, Japan*)

Several studies have been shown that odor increases the intensity of taste when taste stimuli are presented with the corresponding odors. This study investigates differences in odor-induced enhanced sensations of saltiness between people who have either low or high sensitivity to saltiness. After first rating taste intensities for two concentrations of salt solutions, participants rated the taste intensities of the salt solutions presented with different odors (Soy sauce, Consommé, Chicken noodle, Caramel and Lemon). The odor-induced enhancement effects for saltiness (calculated as intensities for salt solutions with odors minus intensities for salt solution alone) were compared for the high-rating and low-rating groups. The results indicated that, while all odor stimuli increased ratings of saltiness in the low-rating group, in the high-rating group, although corresponding odors induced enhanced sensations of saltiness, incongruent odors inhibited sensations of saltiness. These results suggest that the conditions for observing odor-induced enhanced sensations of saltiness differ for participants who have either low or high sensitivity to saltiness.

Key words: odor-induced taste enhancement, saltiness sensitivity

目 的

日常生活において「味」という言葉は多くの場合、味物質によって生起される味覚ではなく、嗅覚や口腔内触感覚などの様々な感覚が統合された知覚を総称して使われている。中でも嗅覚は「味」の知覚に大きく影響している（坂井，2008）。食べ物の味は味物質が味蕾の中の味細胞で受容されることにより知覚される。一方、食べ物のニオイはニオイ分

子が嗅上皮で受容されることにより知覚される。より具体的には、食べる前には鼻腔を介し入ってくる（Orthonasal 嗅覚）、食べ物を口の中に入れた後には口腔の奥からあがってくる（Retronasal 嗅覚）ニオイ分子を受容し食べ物のニオイを知覚している（綾部，2008）。食べ物の味とニオイの受容システムは異なるが、通常は味とともにニオイを経験し、味覚と嗅覚が互いの知覚に影響を及ぼすことが多い。

嗅覚が味覚の知覚に与える影響に関する多くの研

究では、ニオイと味の2つの刺激に同時に接触した際、ニオイから連想される味のイメージと、提示された味質が一致する場合にはニオイによって味が強く感じられる（促進効果）が、一致しない場合にはニオイによって味が弱く感じられる（抑制効果）ことが報告されている（Frank, Ducheny, & Mize, 1989; Sakai, Kobayakawa, Gotow, Saito, & Imada, 2001; Stevenson, Prescott, & Boakes, 1999）。Frank et al. (1989) はイチゴのニオイを添加したショ糖溶液に対する強度評定値は無臭のショ糖溶液に対するものと比較し顕著に高いことを示し、嗅覚による味覚の促進効果を確認した。Stevenson et al. (1999) では、ショ糖溶液に甘味を連想させるキャラメルを添加した場合には嗅覚による促進効果がみられたが、甘味を連想させないハーブのニオイを添加した場合には抑制効果がみられた。一方、クエン酸溶液に酸味を連想させないキャラメルを添加した場合は抑制効果が生じた。このことから、味とニオイのイメージが一致する場合は嗅覚による味覚の促進効果が、両者のイメージが不一致の場合は抑制効果が生じることが示された。

多くの先行研究では味刺激の溶液とニオイ刺激の溶液を混合して口腔内に提示していた。従って、ニオイ物質が味細胞を直接的に活性化させた結果、味覚の促進が起きた可能性が考えられた。そこで、Djordjevic, Zatorre, and Jones-Gotman (2004) は味刺激とニオイ刺激の混合物を提示するのではなく、味刺激を口腔内に、ニオイ刺激を鼻孔（Orthonasal 嗅覚）に同時に提示した。その結果、ニオイ物質が味細胞を直接的に活性化させることはない Orthonasal 嗅覚の場合でも味覚の促進効果がみられたことから、味覚と嗅覚の統合が中枢レベルで起きたことにより味覚の促進効果が生じたとして解釈できる。また、坂井・石原・斉藤（2002）は接触頻度の高い味とニオイの組合せほど、嗅覚による味覚の促進効果がより強くみられることを示しており、味覚の促進効果と抑制効果は連合学習に基づくものだと考えられる。このことから、嗅覚による味覚の促進効果はニオイ物質が味細胞を活性化させたことにより生起するものではなく、中枢レベルでの味覚と嗅覚の統合により生起すると考えられる。また、Lawrence, Salles, Septier, Busch, and Thomas-Danguin (2009) は、嗅覚による味覚の促進効果が生じるためには、味覚と嗅覚の両方の感覚が刺激される必要があることを示しており、味覚の促進効果における末梢での感覚入力的重要性を示唆している。彼らは、無臭のミネラルウォーターと食塩水の味の強度評定値と、塩味の強い食品（例えば

ベーコン）のニオイを添加したミネラルウォーターまたは食塩水の味の強度評定値を比較した。その結果、無臭のミネラルウォーターと食塩水よりも、ニオイを添加したミネラルウォーターと食塩水の方が塩味の強度評定値が有意に高かった。特に、ニオイを添加した食塩水の塩味の促進効果は、ニオイを添加したミネラルウォーターの塩味の促進効果よりも大きかった。この結果は、嗅覚と味覚の両方の感覚が刺激される場合（例えばニオイが添加された食塩水）は、味覚と嗅覚の相互作用が生じるが、舌上に実際の刺激がない場合（例えばニオイが添加されたミネラルウォーター）では、中枢レベルでの味覚と嗅覚の統合が生じにくくなるため、嗅覚による味覚の促進効果が小さくなると解釈された。一方、Clark and Lawless (1994) は味刺激とニオイ刺激を同時提示した際に、味だけに注目して強度評定を行うと、味とニオイのそれぞれの強度評定を行う場合よりも、味の強度が高く評定される（Halo-dumping 効果）と報告している。これはニオイの強度を味の強度に上乗せして評定してしまうことにより、見かけ上「味覚の促進効果」が生じる可能性を示すものと考えられる。

Lawrence et al. (2009) が示すように嗅覚による塩味の促進効果において末梢での感覚入力が重要である場合、味への感度の違いにより嗅覚による塩味の促進の度合いが異なる可能性が考えられる。多くの先行研究において、嗅覚による味覚の促進効果が示されてきたが、味への感度によりその効果量が異なるのかという点については検討されていない。そこで本研究では、塩味への感度が低い人と高い人における嗅覚による味覚の促進効果の大きさの違いを明らかにすることを目的とした。味覚の感度を評価する方法の1つは閾値計測であるが、本研究では塩味の主観的な強度評定値を基準として、ある濃度の塩味を強く感じる人と弱く感じる人での比較を行った。味覚の促進効果は日常生活での食経験によって形成される（坂井ら, 2002）ため、日本人が実際の食生活場面においてよく接するニオイを刺激として使用した。実験手続きは Lawrence et al. (2009) を参考にし、味刺激とニオイ刺激それぞれに対する強度評定を行った後、味刺激とニオイ刺激と同時に提示した場合の味刺激の強度評定を行った。味刺激の強度評定値に基づいて、参加者を塩味への強度評定値が低い群と高い群に分け、両群間で嗅覚による塩味の促進効果の大きさに差がみられるかを検討した。

方 法

実験参加者

参加者は年齢が21～25歳の27名（男性14名、女性13名）であった。平均年齢は22.74歳であった。実験前に口頭で確認したところ、味嗅覚に問題がある参加者はいなかった。また、普段の食生活で自分が「薄味派（薄い味付けを好む）」か「濃味派（濃い味付けを好む）」かを口頭で尋ねた。「味付け」は、日常生活における食事の塩味・甘味の増強であり、本研究では特に塩味の増強と想定した。従って、濃味派は濃い塩味、薄味派は薄い塩味を比較的好むものと想定した。

参加者には実験1時間前から飲食を避けるように求めた。実験前に実験内容について文章で説明を行い、書面により実験参加の同意を得た。

刺激

味刺激 味刺激には、塩化ナトリウム溶液、ショ糖溶液、クエン酸溶液を用いた。江角（2000）を参考に、塩化ナトリウムを0.3%、1.25%、ショ糖を0.3%、2.5%、クエン酸を0.02%、0.2%の濃度になるように、サントリー社製南アルプス天然水ミネラルウォーター（以下、ミネラルウォーター）で希釈したものを用意し、本実験に参加しない2名に6件法（1を無味、6を強烈とした）で強度を評定させる予備実験を行った。予備実験の結果、高い濃度の溶液は強烈と評定され、低い濃度の溶液は無味と評定されるなど、これらの濃度はその差が極端であったため、高濃度の溶液と低濃度の溶液の強度差が極端に大きくならないように、塩化ナトリウムは0.01%（低濃度）と0.1%（高濃度）、ショ糖は0.1%（低濃度）と1%（高濃度）、クエン酸は0.01%（低濃度）と0.1%（高濃度）濃度を本実験で使用することにした。希釈に用いたミネラルウォーターは、予備調査（3種類の市販の飲料水について、男性2名、女性6名に味とニオイがしたか、した場合には具体的にどのような味、ニオイであったかを自由記述させた）により最も味とニオイがしないと評価されたものを使用した。味刺激の溶液は冷蔵庫に保管し、3日ごとに新しい材料と交換した。

ニオイ刺激 ニオイ刺激を選定するために予備実験を行った。予備実験では、大富・田島（2003）と江角・小原（2001）を参考に、塩味を連想させるニオイとして市販のみそや醤油、ラーメンなど5種類、甘味を連想させるニオイとしてキャラメルソース、バニラエッセンス、バナナ様のニオイを呈する iso-amylacetate の3種類、酸味を連想させるニオイと

してレモンと米酢の2種類を2段階の濃度で用意した。本実験に参加しない2名にこれらのニオイの強度を6件法（1を無臭、6を強烈とした）で評定させ、ニオイの質の自由記述を求めた。この結果に基づき、塩味を連想させるニオイ刺激として醤油とコンソメ、チキンラーメンを、甘味を連想させるニオイ刺激としてキャラメルソースを、酸味を連想させるニオイ刺激としてレモンを選定した。ニオイの強度については、強烈すぎず、かつはっきりとニオイを感知できる強度となるように、醤油とレモンは原液のまま使用した。キャラメルソースは4.5gを0.5gのお湯で、コンソメは0.1gを0.9gのお湯で、チキンラーメンは5gを10gのお湯で溶かして使用した。ニオイ刺激は冷蔵庫に保管し、実験ごとに新しい材料に取り替えた。

手続き

実験は味刺激とニオイ刺激を別々に提示する条件と、味刺激とニオイ刺激を同時に提示する条件の2回に分けて行った。実験1回目では、塩味への感度に応じた群分けの指標とするために、ニオイ刺激5種類と味刺激6種類（味質3種類×濃度2段階）の計11種類それぞれの刺激の強度評定を行った。実験2回目は3～7日後に行った。味刺激とニオイ刺激を同時に提示する条件で味の強度評定を行った。高濃度、低濃度の塩化ナトリウム溶液とニオイ刺激5種類の組み合わせとして10種類を提示した。強度評定は左端を「無」、右端を「強」とした100mmの視覚的アナログ尺度（Visual Analog Scale：以下VAS）を用いて行った。

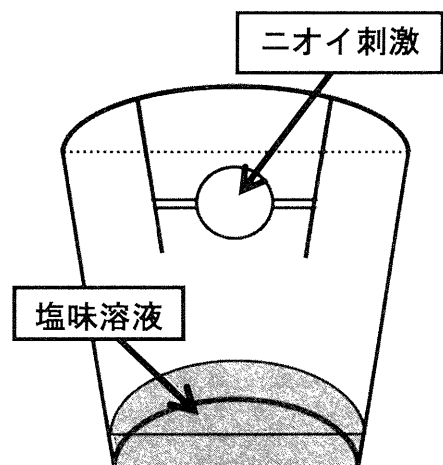


Fig. 1 塩味溶液とニオイ刺激を同時提示した際の紙コップの断面の模式図

ニオイ刺激は、各ニオイ材料を2gしみ込ませた綿球2つをお茶パックに入れたものを容積250mlの半透明のスクイズボトルに入れ、ランダムな順序で提示した。ニオイ刺激の強度評定の際には、ボトルの中身を見ないように前方を見ながらゆっくりと一息で嗅ぐように教示した。刺激提示間隔は1分間で、その間は鼻で深呼吸しているように教示した。

味刺激は、容量90mlの紙コップに味溶液を5ml入れ、濃度と味質に関係なくランダムな順序で提示した。ただし、同じ味質を続けて提示することがないように調整した。

味刺激とニオイ刺激の同時提示の際には、低濃度と高濃度の塩化ナトリウム溶液を各ニオイ刺激と組み合わせで提示した。味溶液5mlを容量90mlの紙コップに入れ、その紙コップの縁に入れた切りこみに、ニオイ刺激を2gしみこませた綿球を挿したつまようじを取り付け、溶液を口に含む際に自然に鼻からニオイ刺激が吸入されるようにした (Fig. 1)。刺激は、味刺激の濃度と味質に関係なくランダムな順序で提示した。ただし、同じ味質を続けて提示することがないように調整した。

味刺激のみの提示、味刺激とニオイ刺激の同時提示のどちらの場合も、味の強度評定の際に紙コップの中の味刺激を全て飲み、口に入った瞬間の味の強度を評定するように教示した。刺激提示間隔は1分間で、その間に市販の飲料水で口をすすぎ飲み込むように教示した。

結 果

塩味への感度による群分け

味刺激のみの提示した際の強度評定における高濃度塩化ナトリウム溶液に対する実験参加者の強度評定値の度数分布を Fig. 2 に示した。高濃度塩化ナトリウム溶液に対する強度評定値の度数の分布は25mm付近を境目に2つのグループに分かれた。よって高濃度塩化ナトリウム溶液に対する強度評定

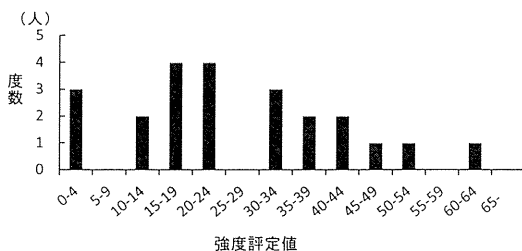


Fig. 2 高濃度塩化ナトリウム溶液への強度評定値の度数分布

値を25mm以上と評定した参加者を高評定群 (11名: 男性6名, 女性5名) とし, 25mm未満と評定した参加者を低評定群 (16名: 男女各8名) とした。また, 自己報告では, 「薄味派」が13名 (男性7名, 女性6名), 「濃味派」が14名 (男女各7名) であった。実際の強度評定値による群分けと「自己報告による薄味派, 濃味派」の関係を検討するために, 2×2 の χ^2 検定を行ったが (Table 1), 両者に関連は認められなかった ($\chi^2 (1) = 1.78, n.s.$)。

ニオイの強度評定

ニオイ刺激のみの提示した際の各ニオイ刺激の平均強度を Fig. 3 に示した。これらを群間で比較するために, ニオイ刺激ごとに t 検定を行った。その結果, 全てのニオイ刺激において, 群間で有意差は認められなかった。

味の強度評定

味刺激のみの提示した際の各味刺激の平均強度を Fig. 4 に示した。ショ糖溶液とクエン酸溶液の平均強度について, それぞれ2 (群) \times 2 (濃度) の二要因混合分散分析を行った。その結果, ショ糖溶液, クエン酸溶液ともに濃度の主効果のみが認められた ($F_{\text{ショ糖}} (1, 25) = 96.98, p < .01$; $F_{\text{クエン酸}} (1, 25) = 167.24, p < .01$)。塩化ナトリウム溶液の強度評定については, 低濃度塩化ナトリウム溶液の強度評定

Table 1 自己報告による薄味派・濃味派と強度評定値に基づく群分けのクロス集計表

	薄味派	濃味派	計
高評定群	7	4	11
低評定群	6	10	16
計	13	14	27

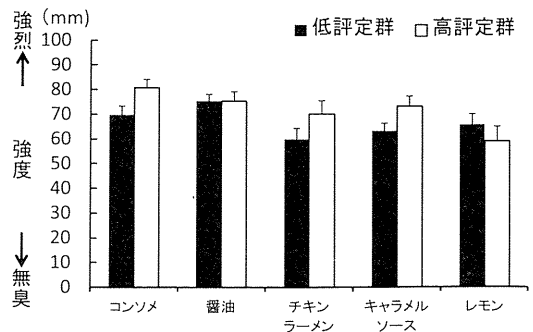


Fig. 3 各ニオイ刺激の平均強度
エラーバーは標準誤差

定における群間の差を t 検定で分析したところ、群間の有意差は認められなかった ($t(25) = 1.50, n.s.$)。

味刺激の強度の促進

塩味への感度によって味覚の促進効果の大きさに違いがみられるのかを検討するため Lawrence et al. (2009) を参考に、実験参加者ごとに味刺激のみを提示した際の低濃度と高濃度の塩化ナトリウム溶液それぞれに対する味の強度評定値と、味刺激とニオイ刺激を同時提示した際の低濃度と高濃度の塩化ナトリウム溶液それぞれに対する味の強度評定値の差分を求め、これを促進効果量と定義した。正の値は塩味の強度の促進、負の値は塩味の強度の抑制を表す。全ての嗅覚による味覚の促進効果量の平均は、高評定群では 0.28、低評定群では 1.89 であり、両者の間には統計的な有意差は認められなかった。

ニオイごとの効果量をみると (Fig. 5)、低評定群では、ニオイ刺激の種類や味刺激の濃度に関わらず全ての組み合わせにおいて強度の促進がみられた。一方、高評定群では、高濃度塩化ナトリウム溶液とコンソメ、キャラメルソース、レモンの組み合わせにおいて強度の抑制がみられ、他のニオイ刺激と味刺激の組み合わせでは、強度の促進がみられた。

5 種類のニオイ刺激ごとに、2 段階の濃度の塩化ナトリウム溶液それぞれの効果量について 2 (群) \times 2 (濃度) の二要因混合分散分析を行ったところ、レモンで群の主効果が認められた ($F(1, 25) = 6.74, p < .05$)。また、醤油とキャラメルソースでは群と濃度の交互作用が認められ ($F_{醤油}(1, 25) = 6.41, p < .05; F_{キャラメル}(1, 25) = 5.34, p < .05$)、醤油とキャラメルソースともに、高濃度塩化ナトリウム溶液における味覚の促進効果量が低評定群で大きいこと、またキャラメルソースでは、低評定群におい

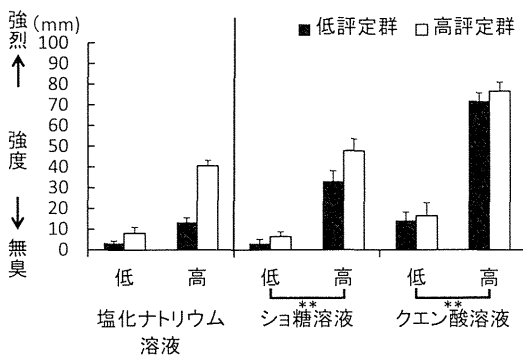


Fig. 4 各味刺激の平均強度
低：低濃度 高：高濃度、エラーバーは標準誤差, ** $p < .01$

て、高濃度塩化ナトリウム溶液の促進効果量が低濃度塩化ナトリウム溶液より有意に大きいことが認められた。

考 察

本研究の目的は、嗅覚による味覚の促進効果の大きさが塩味への感度によって異なるのかを明らかにすることであった。実験参加者を、高濃度塩化ナトリウム溶液を強度がより高いと評定した高評定群と、強度がより低いと評定した低評定群に分け、嗅覚による味覚の促進の程度を群間で比較した。

塩味の食べ物を好む人ほど塩味の弁別感度が低い (大富・田島, 2003) ことから、「薄味派」は塩味の感度が高く、「濃味派」は塩味の感度が低いと期待した。しかし、自己報告による薄味、濃味の嗜好性と実際の塩味の強度評定値による群分けに有意な関連はみられず、本人が自覚している薄い味付けへの嗜好、濃い味付けへの嗜好は塩味への感度を予測し

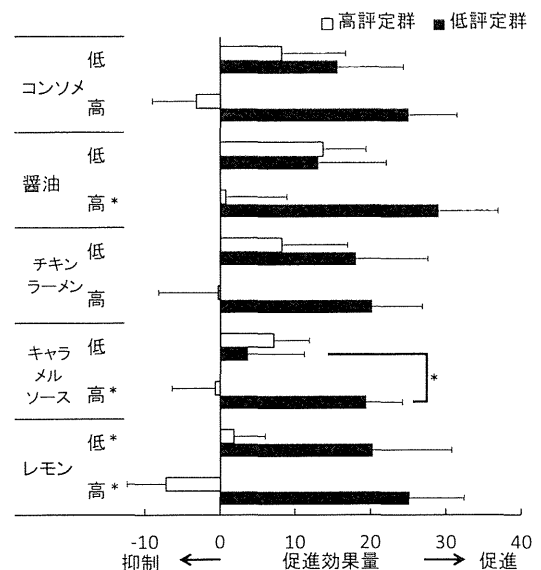


Fig. 5 ニオイごとの促進効果量
縦軸は促進の効果量を表し、横軸は同時提示したニオイと塩化ナトリウム溶液の組み合わせを表す
低：低濃度塩化ナトリウム溶液
高：高濃度塩化ナトリウム溶液
促進効果量：(塩味溶液への強度評定値) - (ニオイ刺激と同時提示した塩味溶液への強度評定値)
エラーバーは標準誤差, * $p < .05$

ないことが示された。他の味質(ショ糖とクエン酸)に対する強度評定値およびニオイ刺激に対する強度評定値には、群間で差が認められなかったことから、両群の違いが、刺激への強度評定への態度(高いまたは低い評定値をつけやすい傾向)の違いではないことが支持される。さらに、今回測定した塩味への感度の差は他の味質への感度とは関連がなく、これは味質によって受容メカニズムが異なることと矛盾しない。このことから両群の違いは評定バイアスによるものではないと考えられる。塩味への感度が高い人は薄い塩味溶液でもその強度を高く評定し、反対に感度が低い人は薄い塩味溶液では強度を低く評定すると考えられ、両群の違いは感度によるものであると考えられる。低濃度塩化ナトリウム溶液の強度評定値について群間で統計的な差が認められなかった理由としては、床効果の可能性が考えられた。

低評定群では、同時提示したニオイ刺激と味刺激の全ての組み合わせにおいて嗅覚による味覚強度の促進がみられた。これは、味とニオイが一致する時のみ味覚の促進効果が生起するという先行研究の見解と一致しない。一方、高評定群では部分的ではあるが、塩味を連想させるニオイ(醤油、コンソメ、チキンラーメン)による塩味の促進、塩味を連想させないニオイ(レモン、キャラメルソース)による塩味の抑制がみられ、先行研究の見解を支持した。塩味に対する感度の高さによって、嗅覚による味覚の促進効果が生起する条件が異なる可能性が示唆された。

塩味への感度が低い人は塩味の明確なイメージを生起できないと考えられる。つまり、塩味刺激とニオイ刺激と同時に接触した際、塩味を正確に感知することができず、提示された塩味刺激とニオイ刺激から連想される味をはっきりと区別することができない。このため塩味刺激とニオイ刺激から連想される味質が一致しない場合でも、塩味の強度の知覚に嗅覚が強く影響してしまい、どんな種類のニオイ刺激でも塩味への促進効果が生起したと考えられる。

一方、塩味への感度が高い人は塩味の明確なイメージを持っていると考えられ、ニオイ刺激と塩味刺激と同時に接触した際に実際の塩味刺激とニオイ刺激から連想される味を明確に区別できる。そのため、塩味刺激とニオイ刺激から連想される味質が一致しない場合、塩味の知覚は嗅覚からの影響を受けず、味覚の促進効果は生起しない。反対に、味刺激とニオイ刺激から連想される味質が一致する場合は、味覚と嗅覚の相互作用が生じ味の強度の促進が生起すると考えられる。

また、醤油とキャラメルでは、高濃度塩化ナトリ

ウム溶液における味覚の促進効果は高評定群より低評定群の方が大きい値が示され、低評定群では味の濃度が高くなるほどに味覚の促進効果が大きくなることが示唆された。これは塩味への感度が低いため低濃度の塩化ナトリウム溶液では塩味を十分に感知できず、味覚の促進効果が小さくなったためと考えられる。この結果は、塩味刺激の欠如が嗅覚の認知的な影響を弱めるため嗅覚による味覚の促進効果が小さくなるとした Lawrence et al. (2009) の見解を支持するといえる。このように塩味への感度が高い人と低い人では、味刺激とニオイ刺激と同時に接触した際の両者の捉え方に違いがあるため、味覚の促進効果の生起する条件や効果量に違いが生じたと考えられる。

低濃度塩化ナトリウム溶液とイメージが一致しないキャラメルソース(甘味を連想させるニオイ)が同時提示された時に高評定群においても塩味の強度の促進が起きた。これは、参加者が塩味と、甘味を連想させるニオイ刺激の組み合わせに違和感を抱かなかったことにより、両者を明確に区別して捉えず、嗅覚が塩味の強度知覚に影響したためと考えられる。近年、甘味を引き立たせるために塩を用いた甘味製品が多く発売されており、参加者は塩味と甘味を連想させるニオイの組み合わせを自然であると学習していたため、違和感を抱かなかった可能性が考えられる。この結果は、嗅覚による味覚の促進効果は日常生活での食経験によって形成されるとしている坂井ら(2002)を支持するといえる。しかし、キャラメルの香ばしい香りと塩味が一致したために嗅覚による味覚の促進効果が起きた可能性も考えられる。本研究では参加者の食経験についての調査は行っておらず、本研究の結果のみでは嗅覚による味覚の促進効果が日常生活での食経験によって形成されるかどうかを明確にすることはできない。この点についてはさらなる検討が必要である。

今後、甘味と酸味など他の味質に関しても本研究と同様の実験を行い、本研究の結果から示唆された、味への感度により、味覚の促進効果が生起する条件や効果量が異なる可能性は、他の味質にも適合するか否かを検討する必要がある。

引用文献

- 綾部早穂(2008). 嗅覚 菊地 正(編) 朝倉心理学講座6 感覚知覚心理学 朝倉書店, pp.205-214.
- Clark, C.C. & Lawless, H.T. (1994). Limiting response alternatives in time-intensity scaling:

- an examination of the halo-dumping effect. *Chemical Senses*, **19**, 583-594.
- Djordjevic, J., Zatorre, R.J., & Jones-Gotman, M. (2004). Odour-induced changes in taste perception. *Experimental Brain Research*, **159**, 405-408.
- 江角由希子 (2000). 味覚感受性と食習慣及び食嗜好との関連性 島根女子短期大学紀要, **38**, 63-71.
- 江角由希子・小原郁夫 (2001). 味覚感受性に対する視覚刺激の影響 日本家政学会誌, **52**, 597-604.
- Frank, R.A., Ducheny, K., & Mize, S-JS. (1989). Strawberry odor, but not red color, enhances the sweetness of sucrose solutions. *Chemical Senses*, **14**, 371-377.
- Lawrence, G., Salles, C., Septier, C., Busch, J., & Thomas-Danguin, T. (2009). Odour-taste interactions: A way to enhance saltiness in low-salt content solutions. *Food Quality and Preference*, **20**, 241-248.
- 大富あき子・田島真理子 (2003). 現代の女子大学生の食物に対する嗜好と味覚感受性の関係について 日本家政学会誌, **54**, 395-400.
- 坂井信之 (2008). 味覚と他の感覚との統合 内川 恵二・近江政雄 (編) 講座感覚・知覚の科学 4 味覚・嗅覚 朝倉書店 pp.103-114.
- 坂井信之・石原裕子・斉藤幸子 (2002). ニオイによる味覚増強効果はニオイに対する味覚イメージの影響を受ける 日本味と匂学会誌, **9**, 423-426.
- Sakai, N., Kobayakawa, T., Gotow, N., Saito, S., & Imada, S. (2001). Enhancement of sweetness ratings of aspartame by a vanilla odour presented either by orthonasal or retronasal routes. *Perceptual and Motor Skills*, **92**, 1002-1008.
- Stevenson, R.J., Prescott, J., & Boakes, R.A. (1999). Confusing tastes and smells: How odours can influence the perception of sweet and sour tastes. *Chemical Senses*, **24**, 627-635.

(受稿 9 月 30 日：受理 10 月 11 日)