

加熱による味噌汁の香気成分の変化

菅原悦子, 保坂由貴子

(岩手大学教育学部)

原稿受付平成20年7月14日; 原稿受理平成21年1月10日

Effect of Heating on the Aroma Components of Miso Soup

Etsuko SUGAWARA and Yukiko HOSAKA

Faculty of Education, Iwate University, Morioka, Iwate 020-8550

The effects of heating on the aroma components of miso soup were investigated and are expressed by using odor-descriptive terms based on an evaluation of food odor. Aroma concentrates prepared from a heated and unheated miso suspension were analyzed by gas chromatography-olfactometry (GC-O) and GC-mass spectrometry. The GC-O analysis confirmed that the number of detectable aroma components in the concentrate prepared from the heated miso suspension was less than in that prepared from the unheated miso suspension. The flavor dilution factor evaluated by an aroma extract dilution analysis showed that 4-hydroxy-2(or 5)-ethyl-5(or 2)-methyl-3(2H)-furanone contributed to the sweet aroma in the unheated miso suspension, while the mixed peak of methional and acetic acid contributed to the unpleasant aroma in the heated miso suspension most strongly.

(Received July 14, 2008; Accepted in revised form January 10, 2009)

Keywords: miso soup 味噌汁, aroma compound 香気成分, cooked flavor 加熱香気.

1. 緒言

おいしい味噌汁には、塩味とうま味を主体とした味となめらかな舌触りに加えて、特有の豊かな香りが欠かせない。しかし、過度の加熱により味や舌触り、香りが大きく変化し、おいしさが損なわれることは経験的に知られている。1973年、本間ら¹⁾²⁾は加熱による味噌汁の香気変化は、生味噌がもっている香気の減少と加熱により生成した香気の増加の両変化の収支結果であること、ヘッドスペース成分では isobutylaldehyde, isovaleraldehyde などのアルデヒド類の増加が著しいことを報告した。さらに1987年、本間³⁾が味噌の香気成分として約200種の成分を報告すると同時に、醤油・味噌に共通する特有香気成分のひとつである methional が加熱によって methional に変化することが、煮返した味噌汁の風味劣化の原因のひとつであろうと述べた。それ以後、味噌汁の加熱による香気成分の変化に関する報告はない。

一方、加熱による味噌汁の香気変化は経験的には理解されているが、香りの強弱、快・不快を除いて、その香気特性の変化を的確に表現し、評価することは難

しい。下田らは「食品のための匂い評価用語」を開発し、これらの用語を用いると、訓練や経験の有無があまり影響を与えず、代表的な食品が明瞭に分類されることを報告した^{4)~6)}。そこで、本研究では、はじめに味噌汁の加熱による香気変化の現象を「食品のための匂い評価用語」を用い、味噌汁を食べる立場で、より具体的、客観的に表現することを試みた。次に、未加熱および加熱した味噌懸濁液から調製した香気濃縮物を、Grosch⁷⁾によって提唱され、コーヒー⁸⁾や紅茶⁹⁾など様々な食品香気の変化の解明に成果をあげた Aroma Extract Dilution Analysis (以下 AEDA とする)法を用いて分析し、各香気成分の Flavor Dilution (以下 FD とする)-ファクターを求めた。特に、著者が味噌の特有香気成分であることを報告している 4-hydroxy-2(or 5)-ethyl-5(or 2)-methyl-3(2H)-furanone (HEMF)^{10)~12)} と methional¹³⁾ に注目し、得られた FD-ファクターをもとに各香気成分の加熱による味噌懸濁液への寄与度の変化を明らかにした。その上で、「食品のための匂い評価用語」による評価との関連を考察し、味噌汁の加熱による香気変化について、香気成分

組成から明らかにすることを本研究の目的とした。

2. 実験方法

(1) 試料

試料には2種類の赤系辛口米味噌を用いた。両試料は市販を目的に醸造され、原料組成や醸造条件など仕込み条件が明らかな製品である。試料Aは国産大豆(品種名「ムラクタカ」)、国産破砕精米、食塩、耐塩性酵母 *Zygosaccharomyces rouxii* (商品名「まろい088」)を原料とした。これらを麴歩合6.2(大豆:米=10:6.2)、塩分12.9%の割合で配合した。発酵管理は仕込み後16℃にて20日間、30℃にて70日間、16℃にて30日間順次行った。試料Bは中国産大豆、岩手県産米、食塩、耐塩性酵母 *Z. rouxii* (商品名「まろい061」)を原料とした。これらを麴歩合10(大豆:米=10:10)、塩分12.9%の割合で配合した。発酵管理は室温で6カ月間行った。同じ種類の赤系辛口米味噌においても仕込み条件が異なると、品質に差が出る。GC-O分析やAEDA法による香りの評価には2種類の試料を用い、赤系辛口米味噌として共通し、再現性のある結果を得ることにした。加熱による香气成分の濃度変化については試料Aを用いた。

(2) 「食品のための匂い評価用語」を用いた官能検査

岩手大学教育学部家政科の学生16名(男1名、女15名)に、試料Aを用いて調製した味噌汁を提供し、含まれていると感じる匂い、さらにその味噌汁を加熱しすぎたことにより風味が低下したと想定した場合に、含まれる匂いについて、下田らが開発した44種の「食品の匂い評価用語」⁶⁾から回答させた。味噌汁の調製条件は、最も一般的な条件として家庭科教科書(小学校2種・中学校2種・高等学校7種)を調査し、記載されていた「味噌を入れてからひと煮立ち程度で火を止める」を適用した。

(3) AEDA法による味噌懸濁液の香气の評価

1) 香气濃縮物の調製

著者らは既に、味噌香气成分の分離抽出法にはポラスポリマーを用いたカラム濃縮法が有効であることを報告している¹⁰⁾。そこで、本研究においてもTenax TA(60/80 mesh)を用いた同様の方法で、味噌香气成分の分離、抽出を行った。2種の試料、各100gを秤量し、蒸留水を400ml添加して20%懸濁液とした。これを、冷却遠心分離器(HITACHI 18PR-52)を用いて5℃、5,000 rpmで15分間処理し、未加熱味噌

の上澄液を得た。比較とする加熱味噌の上澄液は、同様に調製した20%懸濁液をホーロー製の鍋に入れ、98℃に達してから30分間加熱した。加熱には電磁調理器(National KZ-20AT)を用いた。加熱後、約30℃まで水冷した後、加熱前の重量に合わせ、未加熱味噌懸濁液と同様に冷却遠心分離し、上澄液を得た。得られた上澄液を、精製したTenax TA 5.0gを充填した内径2cm、長さ30cmのガラスカラムに流し、香气成分を吸着させた。その後、125mlのエーテルを用いて香气成分を脱着させ、エーテル溶出液は無水硫酸ナトリウムで脱水した。得られたエーテル溶出液を常圧下40℃のウォーターバスにて約2mlまで蒸留、濃縮し、さらに窒素ガスを用いて液量が約1mlになるまでさらに濃縮した。同様の操作を5回繰り返して、合わせて味噌500gから得た香气濃縮物をGas Chromatography(以下、GCとする)およびGC-Mass Spectrometry(以下、GC-MSとする)分析の試料とした。さらに、AEDA法によりFD-ファクターを求めるため、香气濃縮物をエーテルで50倍から段階的に500倍、1,000倍、5,000倍と希釈し、GC-Olfactometry(以下GC-Oとする)分析の試料とした。

2) 香气濃縮物の分析と香气成分の同定

得られた香气濃縮物はGC、GC-O、およびGC-MSを用いて分析した。化合物の同定はGC保持時間、マススペクトルの標準物質または文献値との一致によった。また、GCのカラム出口をFID(検出器)と、におい嗅ぎポートの2箇所に分岐し、におい嗅ぎ出口で直接鼻で嗅ぐGC-O分析により、検出された各ピークのおいの特徴を評価した。GC-O分析は5名のパネルで実施した。詳細な分析条件は以下のとおりである。GC、GC-O分析; Model: Shimadzu GC-14A, Column: HP-INNOWax(60m×0.25mm i.d.), Oven temp.: 40℃(5min hold)→3℃/min→200℃, Carrier gas: He, Flow rate: 0.8ml/min, Injection temp.: 210℃, Detector: FID(210℃)。GC-MS分析条件; (GC part) Model: Hewlett Packard 5890 SERIES II, Column: HP-INNOWax(60m×0.25mm i.d.), Oven temp.: 40℃(5min hold)→3℃/min→200℃, Carrier gas: He, Flow rate: 0.8ml/min. (MS part) Model: Hewlett Packard 5972 SERIES, Injection temp.: 210℃, Ionization voltage: 70eV. (Computer part) HPG 1034CJ MS Chemstation.

3) 各香气成分の濃度の算出

はじめに、得られた香气濃縮物の収量を測定した。

加熱による味噌汁の香り成分の変化

次に、この香り濃縮物を GC で分析し、GC クロマトグラム全体に占める各成分のピークエリアの比を算出した。収率とピークエリアの比から、試料とした味噌の重量に対する各香り成分の濃度を算出した。

(4) Methionol 添加モデル溶液と methionol 添加味噌懸濁液の調製

Methionol 添加モデル緩衝液は methionol 6 mg を pH5.0 の緩衝液 (0.1 M クエン酸溶液と 0.2 M Na_2HPO_4 溶液を 97:103 の割合で調製) 200 ml に添加し、30 ppm に調製した。また、蒸留水 200 ml に methionol 6 mg を添加した methionol 添加モデル水溶液も調製した。さらに、30 ppm に調製した methionol 添加モデル水溶液 160 ml に試料 A の味噌を 40 g 加えて 20% 懸濁液とした methionol 添加味噌懸濁液も調製した。また、これら methionol 添加各溶液を加熱味噌懸濁液と同条件で加熱し、methionol 添加各加熱溶液も調製した。調製された各懸濁液は冷却遠心分離し、得られた上澄液を精製した Tenax TA 3.0 g を充填した内径 1 cm、長さ 30 cm のガラスカラムに流し、香り成分を吸着させた。その後、50 ml のエーテルを用いて香り成分を脱着させ、エーテル溶出液は無水硫酸ナトリウムで脱水した。得られたエーテル溶出液に内部標準物質として 1-decanol を加え、常圧下 40℃ のウォーターバスにて約 2 ml まで蒸留、濃縮し、さらに窒素ガスを用いて液量が約 1 ml になるまでさらに濃縮した。同様の操作を 3 回繰り返す、得られた香り濃縮物を GC および GC-MS 分析の試料とした。分析条件は (3)-2) に示したとおりである。

3. 結果および考察

(1) 「匂い評価用語」を用いた味噌汁の香りの評価提示された 44 種の「食品の匂い評価用語」から、16 名中 10 名 (60%) 以上が味噌汁に含まれる匂いとして選択した用語は 10 種で、選択頻度は「甘い」「穏やかな」「暖かい」「発酵臭」「湿っぽい」「深みのある」「芳香性」「すっぱい」「広がりのある」「アルコール様の」の順で高かった。一方、同様に加熱しすぎた匂いとして選択された評価用語は 6 種で、選択頻度は「発酵臭」「すっぱい」「重い」「湿っぽい」「むかっとくるような」「ツンツンとした」の順で高かった。

味噌汁および加熱しすぎの味噌汁の両者で選択された評価用語をあわせて 13 種あり、選択された頻度の差の大きい順に番号をつけて、図 1 に示した。図 1 より、「加熱しすぎ」で減少した用語は、差の大きい順

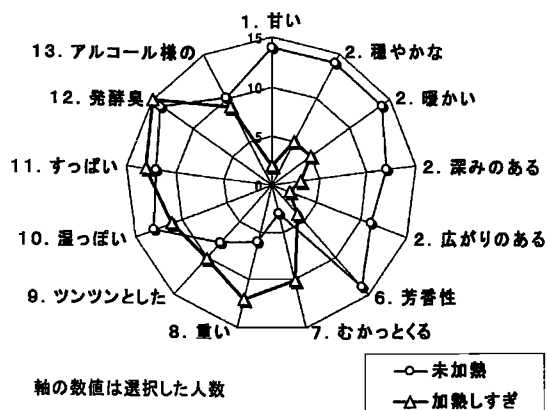


図 1. 「食品のための匂いの評価用語」を用いた味噌汁の加熱による香り成分の変化の評価

に、1. 「甘い」、2. 「穏やかな」、2. 「暖かい」、2. 「深みのある」、2. 「広がりのある」、6. 「芳香性」であった。逆に、「加熱しすぎ」で高くなった用語は 7. 「むかっとくるような」、8. 「重い」であった。匂いの評価用語を用いると、味噌汁の加熱による香り変化は「甘い」「穏やかな」「暖かい」「深みのある」「広がりのある」「芳香性」の匂いが減少し、「むかっとくるような」「重い」匂いが増加すると表現できた。また、13 種のうち味噌汁および加熱しすぎの味噌汁の両者ではほぼ同数選択された用語は 5 種で 9. 「ツンツンとした」、10. 「湿っぽい」、11. 「すっぱい」、12. 「発酵臭」、13. 「アルコール様の」で、これらで表現される気味は、加熱とは関連なく存在すると判断された。

(2) 味噌懸濁液加熱処理後の主要香り成分の変化

はじめに、試料 A の味噌懸濁液を 60℃、70℃、80℃、98℃で各 15 分間、30 分間加熱し、官能検査を行い、未加熱と加熱の香りの違いを明らかにできる条件の設定を GC-O 分析により行った。15 分間加熱において、70℃までは甘い香気が増加し、未加熱味噌懸濁液と同様の香気が感じられた。しかし、80℃以上では未加熱味噌懸濁液の香気はかなり消失し 98℃ではほぼ感知できなくなった。さらに 98℃で加熱時間が 30 分と長くなると「むかっとくるような」、「すっぱい」匂いが感じられるようになり、全体的にしまりのない重い印象の匂いに変化し、未加熱味噌懸濁液とは明らかに識別可能であった。そこで、本研究では、味噌懸濁液の加熱条件を 98℃、30 分と設定した。

未加熱、加熱両味噌懸濁液から Tenax TA を用いたカラム濃縮法で調製された香り濃縮物は調製前の香

表1. 主要香気成分の加熱による濃度の減少

化合物	未加熱 (ppm)	加熱 (ppm)	減少率 (%)
3-methyl-1-butanol	14.6	0.1	99.3
2-phenylethanol	21.9	3.8	82.6
HEMF	24.1	9.2	61.8

HEMF (4-hydroxy-2(or 5)-ethyl-5(or 2)-methyl-3(2H)-furanone).

気をよく再現していた。さらに、各香気成分の濃度を算出するために収量を測定したところ、試料 500 g から得られた未加熱味噌懸濁液の香気濃縮物の収量は 131.3 mg (収率 0.026%)、加熱味噌懸濁液は 126.5 mg (収率 0.025%) であった。未加熱懸濁液の量的主要香気成分である 3-methyl-1-butanol, 2-phenylethanol と HEMF に注目し、加熱後の濃度変化を香気濃縮物の収率と GC クロマトグラムのピークエリアから算出し、表 1 に示した。3-methyl-1-butanol と 2-phenylethanol は醸造食品に共通する香気成分で、前者は ethanol とともにアルコール様の新鮮な香りに、後者はバラ様の香りを持ち、はなやかな香りにそれぞれ貢献する成分である。また、HEMF は味噌の特有香気成分であり、これら 3 成分の変動は、加熱による香気変化への影響が大きいと推察した。加熱後に、3-methyl-1-butanol はほとんど消失してしまうこと、2-phenylethanol は 83%、HEMF は 62% 減少することが明らかとなった。

(3) AEDA 法による味噌汁の香りの評価

1) GC-O 分析による各香気成分の評価

2 種類の未加熱および加熱味噌懸濁液から得られた希釈前の香気濃縮物を GC-O 分析した。その結果、両試料で、感知できた成分数と、加熱によって消失または生成した成分およびその香気特性を整理して表 2 に示した。未加熱懸濁液で合わせて 57 種、加熱懸濁液で 45 種の香気が感知され、加熱により感知できる成分は減少することが明らかとなった。また、両試料に共通し、加熱処理前後で変化のない成分は 33 種であった。未加熱には存在していたが、加熱処理後には感じられなくなり、消失したと想定される成分は 24 種、加熱処理前には存在していなかったが新たに感じられるようになり、加熱により形成されたと想定される成分は 12 種であった。前者の消失した 24 種には「甘い」(7 種)「さわやかな」(3 種)「発酵臭」(3 種)「芳香性」(2 種)などと評価される成分が含まれていた。

表2. 加熱による消失または生成した香気成分数と主な香気特性

	成分数			合計
	変化なし	消失* ¹	生成* ²	
未加熱	33	24	—	57
加熱	33	—	12	45

*¹ 香気特性 (成分数): 甘い (7), さわやかな (3), 発酵臭 (3), 芳香性 (2), すっぱい (2), その他 (7). *² 香気特性 (成分数): むかっとくる (4), 腐敗臭 (1), すっぱい (1), ツンツンとした (1), こげ臭 (1), その他 (4).

後者の生成した 12 種は「むかっとくるような」(4 種)「腐敗臭」(1 種)「すっぱい」(1 種)「ツンツンとした」(1 種)などと評価される成分であった。以上より、未加熱懸濁液は多様な香気特性をもつ多数の成分から構成されているが、加熱懸濁液では感知できる成分数が減少し、単調な香気になっていること、さらに、加熱により消失した成分には「甘い」「さわやかな」「芳香性」など比較的心地よい香りと評価される成分が多かったが、新しく形成された成分には「むかっとくるような」などの不快な香気特性をもつ成分の多いことが明らかとなった。

2) AEDA 法による香気変化寄与成分の特定

2 種類の未加熱および加熱味噌懸濁液から得られた香気濃縮物を、AEDA 法によって 5 人のパネルが評価し共通して得られた結果の FD-クロマトグラムを図 2 に示した。未加熱懸濁液において FD-ファクター 50 以上の成分は 23 種、500 以上は 15 種、加熱懸濁液ではそれぞれ 19 種、10 種であり、いずれも未加熱懸濁液より加熱味噌懸濁液での成分が少なかった。図 2 に示したように、FD-ファクター 1000 と 5000 を示し、特に寄与度の高い成分は未加熱懸濁液ではそれぞれ 6 種と 2 種、加熱味噌懸濁液では 5 種と 2 種であった。これらの成分名と匂いの評価を表 3 に示した。表 3 のピーク番号は図 2 と一致している。未加熱懸濁液において、最も高い FD-ファクター 5000 を示した成分は、ピーク No.10 の 4-hydroxy-2,5-dimethyl-3(2H)-furanone (HDMF) と γ -nonalactone の混合ピーク、ピーク No.11 の HEMF の 2 種であった。HDMF と γ -nonalactone の混合ピークは、ガスクロマトグラムで明瞭に分離することができなかった。HDMF は甘いカラメル様の香気特性をもつが、味噌では発酵熟成中には大きな変動を示さない成分であることが確認され

加熱による味噌汁の香り成分の変化

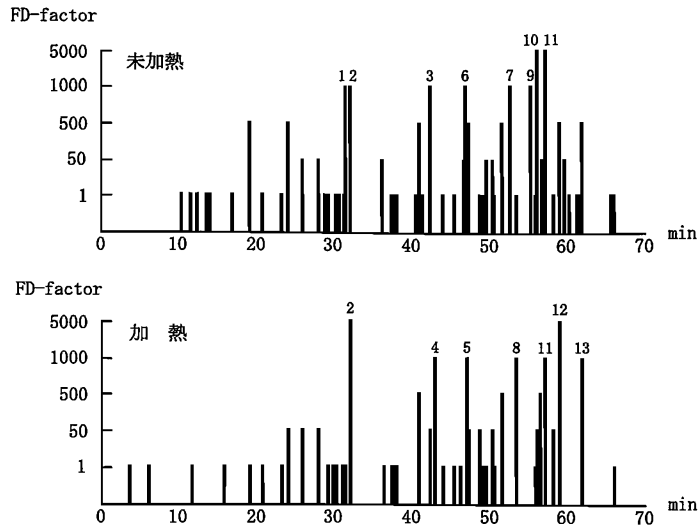


図2. 未加熱および加熱味噌懸濁液より得られた香り濃縮物のAEDA法によるFD-クロマトグラム

ピーク No. : 表3 参照 (FD-ファクター 1000 以上のピーク).

表3. FD-ファクター 1000 以上の化合物と香り特性

FD- ファクター	ピーク 番号	未加熱		ピーク 番号	加熱	
		化合物	香気の評価		化合物	香気の評価
5000	10	HDMF+ γ -nonalactone	甘い, バニラ様	2	methional+acetic acid	すっぱい, むかっと, 加熱したポテト様
	11	HEMF	甘いカラメル様	12	HMF	甘い, 焦げた匂い
1000	1	1-octen-3-ol	青臭い	4	5-ethoxythiazole*	湿っぽい
	2	methional+acetic acid	むかっとくる, 加熱したポテト様	5	2-butenic acid	むかっとくる, すっぱい
	3	3-methyl butanoic acid	すっぱい, チーズ臭	8	maltol	甘い, 綿あめ様
	6	unknown	湿っぽい, カビ臭	11	HEMF	甘い, カラメル様
	7	2-phenyl-2-butenal	アルコール様, 果物様	13	2-methoxy-4-vinylphenol	薬品臭
	9	unknown	さわやか, カラメル様			

* Tentatively identified. HDMF (4-hydroxy-2,5-dimethyl-3(2H)-furanone), HEMF (4-hydroxy-2(or 5)-ethyl-5(or 2)-methyl-3(2H)-furanone), HMF (4-hydroxy-5-methyl-3(2H)-furanone).

ている¹⁵⁾。 γ -nonalactone もピーチ様の甘い香りをもっており、両成分の相互作用により香気が強まったと推定された。HEMF は甘いカラメル様の強烈な香りを持ち、香りの閾値も水溶液で 20 ppb 以下と低く、著者が味噌から初めて同定した成分¹⁰⁾である。また、HEMF はこの成分濃度の低い味噌懸濁液に添加され

ると味噌様の香気を強くすること、また、酵母によって味噌の熟成中に生成され¹¹⁾¹⁵⁾、発酵熟成型味噌のきわめて重要な香り成分であることも明らかにしている¹³⁾。HEMF は本研究の AEDA 法によっても、最も高い FD-ファクターを示したことにより、その重要性が再確認された。FD-ファクター 1000 を示した成

分も6種あったが、化合物を特定できなかった2種を含み、香気の特徴は不快臭に分類される成分が多かった。一方、味噌特有香気成分とされ、ポップコーン様香気、濃度によっては醤油様の香気をもち、酵母によって生成されると報告されている¹⁶⁾ methionol のFD-ファクターは1で、本研究では味噌香気への寄与は高くないことが示された。

加熱懸濁液においてはFD-ファクター5000を示した成分は、ピークNo.2の「むかつとくる、加熱したじゃがいも様」のmethionolと「すっぱい」匂いのacetic acidの混合ピーク、ピークNo.12のHEMFやHDMFに比べて焦げ臭が強く焼き芋様の「甘い」匂いである4-hydroxy-2-methyl-3(2H)-furanone (HMF)の2種であった。未加熱懸濁液においてはmethionolとacetic acidの混合ピークのFD-ファクター1000、HMFは500であった。MethionolとHMFは加熱香気の代表的な成分であり、味噌懸濁液の加熱により濃度が増加した可能性が高い。Methionolとacetic acidの混合ピークのFD-ファクターの上昇は主に、加熱によるmethionol濃度の増加に起因すると考えられるが、acetic acidの香気が付加されたことで混合ピークの香気がより一層強く感じられたと推察された。一方、未加熱懸濁液において、最も高いFD-ファクター5000を示したHEMFは加熱によるFD-ファクターの低下が認められた。HEMFは不安定な成分であると報告されており¹⁶⁾、加熱により揮発と同時に分解も促進され、分解生成物が香気変化に影響を与えることも推察され、今後さらに検討する必要がある。

(4) Methionolの加熱による変化

加熱味噌懸濁液において、FD-ファクター5000を示し、加熱による香気変化寄与成分として、「むかつとくる、加熱したじゃがいも様」であるmethionolと「すっぱい」匂いのacetic acidの混合ピークが特定された。一方、本間³⁾は、煮返した味噌汁の風味劣化の原因のひとつとして、味噌中のmethionolが加熱によってmethionolに変化することが考えられると述べたが実験による確認は行われていなかった。そこで、味噌汁の香気変化に大きく関与するmethionolの生成機構を解明するために、methionol添加のモデル緩衝液、同水溶液、同味噌懸濁液を調製し、これら各溶液を加熱し、結果を表4に示した。Methionol添加のモデル緩衝液および水溶液を30分加熱すると、methionol濃度は約60-70%減少することを確認したが、methionolは全く検出されなかった。Methionol添加

表4. Methionol添加モデル溶液加熱後のmethionolとmethionol濃度

	Methionol (ppm)	減少率 (%)	Methionol (ppm)
モデル水溶液	9.3	69.0	—
モデル緩衝液	11.9	60.3	—
モデル味噌懸濁液	12.0	61.2	0.2
味噌懸濁液	0.7	50.0	0.2

モデル系：methionolを30ppm添加。—：検出限界以下。

味噌懸濁液においても、methionol濃度の減少はmethionol添加モデル緩衝液、同水溶液と同程度であり、methionol生成量もmethionolを添加しない味噌懸濁液の場合と同じであった。これらの結果から、methionolは味噌中に存在するmethionolの酸化生成物である可能性は極めて低い。今後、methionine等含硫アミノ酸のストレッカー分解¹⁷⁾によるmethionolの生成について検討する必要がある。

(5) 加熱による味噌汁の香気変化の「匂いの評価用語」による評価と機器分析結果の関連

加熱による味噌汁の香気変化は、匂いの評価用語を用いると、「甘い」「穏やかな」「暖かい」「深みのある」「広がりのある」「芳香性」の匂いが減少すると表現された。この評価は、GC-O分析の結果から、全体として感知できる香気成分数の減少、特に甘く、芳香性の成分の揮発あるいは分解による減少、AEDA法によるFD-ファクターから、未加熱懸濁液におけるHEMFと、HDMFと γ -nonalactoneの混合ピークの甘い香気への大きな寄与と、加熱によるこれら成分の寄与の低下として確認された。

さらに、加熱による味噌汁の香気変化は匂いの評価用語では「むかつとくるような」「重い」匂いが増加すると表現された。この表現は、GC-O分析の結果から加熱による「むかつとくるような」不快な成分の新たな形成と、AEDA法によるFD-ファクターから、methionolとacetic acidの混合のピークの寄与が明らかとなった。特にmethionolの生成が「むかつとくるような」香気へ大きく寄与していると推察された。

以上のように匂い評価用語による官能的評価と機器分析の結果はよく一致した。しかし、本研究で機器分析に用いた試料は、香気変化をより明確にするために98℃、30分間の加熱条件で調製した。この条件は実際の調理条件と大きく乖離しており、本研究では、特に揮発性の高い低沸点成分の変動を明らかにすること

はできなかつた。今後はさらに研究手法を改良し、より通常の調理条件に近づけ、ヘッドスペース成分等の変動を明らかにする必要がある。

4. 要 約

(1) 味噌汁の加熱による香気変化の現象を「食品のための匂い評価用語」を用いて、より具体的、客観的に表現することを試みた。その結果、味噌汁は「甘い」「穏やかな」「暖かい」「深みのある」「広がりのある」「芳香性」の匂いが加熱によって減少し、「むかつとくるような」「重い」匂いに変化すると評価された。

(2) 未加熱および加熱した味噌懸濁液から得られた香気濃縮物の GC-O 分析により、未加熱では 57 種の匂いが感知できたが、加熱後では 45 種に減少した。加熱により感じられなくなった成分は 24 種で、「甘い」「さわやかな」「発酵臭」「芳香性」などと評価される成分が多く、加熱により新たに感じられるようになった匂いは 12 種で、「むかつとくるような」「腐敗臭」「すっぱい」「ツンツンとした」などと評価される成分が多かった。

(3) AEDA 法による FD-ファクターから、未加熱懸濁液では味噌特有香気成分 HEMF が「甘い」香気に最も大きく寄与し、加熱懸濁液では、methional と acetic acid の混合のピークが「むかつとくるような」、加熱したじゃがいも様、「すっぱい」香気に寄与していることが判明した。

(4) 味噌懸濁液の加熱によって形成され、不快な香気に寄与する methional は味噌中に存在する methionol の酸化生成物ではないことが明らかとなった。

(5) 匂い評価用語による官能評価と機器分析の結果はよく一致し、加熱による味噌汁の香気変化は感知できる香気成分の減少、特に未加熱で最も重要な「甘い」香気成分の HEMF の揮発と分解、新たな不快な香気成分の形成、主に methional の形成に起因すると推察された。

終わりに臨み、本研究は文部科学省科学研究費（課題番号 12680123）の補助を受けて行いました。深く感謝します。また、研究にご協力いただきました宮城県味噌醤油協同組合ならびに同研究部高橋清氏、岩手県工業技術センターならびに同醸造技術部畑山誠氏、米倉裕一氏に感謝いたします。

引用文献

- 1) 本間伸夫, 稲越徳子, 渋谷歌子, 石原和夫, 岡田玲子: 加熱によるみそ汁低沸点香気成分の変化, 家政誌, **24**, 177-183 (1973)
- 2) 本間伸夫, 渋谷歌子, 石原和夫, 岡田玲子: 未加熱および加熱みそ汁の揮発性カルボニル化合物について, 家政誌, **24**, 259-266 (1973)
- 3) 本間伸夫: 味噌の香気と香気成分について, 醸協, **82**, 471-488, 547-553 (1987)
- 4) 下田満哉, 佐々木仁, 土肥由長, 亀田 弥, 箴島 豊: 抽象的な匂い用語のキャラクターゼーション, 日食工誌, **36**, 7-16 (1989)
- 5) 下田満哉, 佐々木仁, 土肥由長, 亀田 弥, 箴島 豊: 具体的な匂い用語のキャラクターゼーション, 日食工誌, **36**, 17-25 (1989)
- 6) 下田満哉, 佐々木仁, 土肥由長, 亀田 弥, 箴島 豊: 食品の匂い評価と匂い用語のキャラクターゼーション, 日食工誌, **36**, 26-33 (1989)
- 7) Grosch, W.: Detection of Potent Odorants in Foods by Aroma Extract Dilution Analysis, *Trends in Food Science & Technology*, **4**, 68-73 (1993)
- 8) 熊沢賢二, 増田秀樹, 西村 修, 平石真也: コーヒー飲料の加熱処理による香気変化, 日食工誌, **45**, 108-113 (1998)
- 9) 熊沢賢二, 増田秀樹, 西村 修, 加藤龍夫: 熱水により抽出した紅茶香気に寄与する成分, 日食工誌, **45**, 728-734 (1998)
- 10) 菅原悦子: みそ香気成分としての HEMF (2(or 5)-ethyl-5(or 2)-methyl-4-hydroxy-3(2H)-furanone) の単離, 日食工誌, **38**, 728-734 (1991)
- 11) Sugawara, E., Hashimoto, S., Sakurai, Y., and Kobayashi, A.: Formation of HEMF (2(or 5)-ethyl-5(or 2)-methyl-4-hydroxy-3(2H)-furanone) of Aroma Component in Miso with Aging, *Biosci. Biotechnol. Biochem.*, **58**, 1134-1135 (1994)
- 12) Ohata, M., Kohama, K., Morimitsu, Y., Kubota, K., and Sugawara, E.: The Formation Mechanism for 4-Hydroxy-2(or 5)-ethyl-5(or 2)-methyl-3(2H)-furanone in Miso by Yeast, *Biosci. Biotechnol. Biochem.*, **71**, 407-413 (2007)
- 13) 菅原悦子, 米倉裕一: 各種味噌の香気成分組成の比較, 日食工誌, **45**, 323-329 (1998)
- 14) 菅原悦子, 伊東哲雄, 小田切敏, 久保田紀久枝, 小林彰夫: 異なる調製法によるみそ香気成分の比較, 農化, **64**, 171-176 (1990)
- 15) 菅原悦子: みそ熟成中の香気成分の変化, 日食工誌, **38**, 1093-1097 (1991)
- 16) 佐々木正興, 森 修三: 醤油の香り, 醸協, **86**, 913-922 (1991)
- 17) 奥村丞司: メイラード反応とフレーバー生成, 醸協, **88**, 178-187 (1993)