白ワインと清酒のシーフードとの相性

誌名	日本醸造協会誌 = Journal of the Brewing Society of Japan
ISSN	09147314
著者名	藤田,晃子
発行元	日本醸造協会
巻/号	106巻5号
掲載ページ	p. 271-279
発行年月	2011年5月

農林水産省 農林水産技術会議事務局筑波産学連携支援センター
Tsukuba Business-Academia Cooperation Support Center, Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council Secretariat

白ワインと清酒のシーフードとの相性
—亜硫酸が生臭いにおいと不快味の生成に及ぼす影響—

酒が充分にない頃は酒が飲めるというだけでも喜びであったはずだが，誰と飲むか，どこで飲むかを気にすることが多くなり，酒の種類が増えてくると，売り場のPOPをはじめ何の料理ではどの酒ということが情報として必要とされている。酒と料理の相性に関する研究は，まだ始まったばかりであり幅広い方に興味を持っていただき，様々なアプローチが行われればと思う。

藤　田　晃　子

1. はじめに

酒類に関する国民ニーズ調査の結果，日本人は酒類全般において以前より「料理との相性」に高い関心を持っていることが報告されている[1)]。ワインは食事の時に飲まれることが多いので，ワインのサービスでは料理との相性が重要視されてきた。“赤ワインと赤身の肉料理”“白ワインと鳥肉，魚料理”など，ワインと食品の相性の良い組み合わせが経験的に知られている。また，伝統的なお酒はその郷土の食品に合うと言われる。例えば，ベルギーのフルーツビールがチョコレートデザートに合うこと，日本の伝統的な清酒が和食に特によく合うことが知られている[2-4)]。和食の材料やだしには魚介類が用いられることが多い。国際連合食糧農業機関（FAO）の2007年の統計によると，日本人1人当たりの1年間の魚介類消費量は61kgであり，全世界平均17kgに比べて非常に多い。

相性について書かれている多くの記事やレポートは料理に合うお酒，お酒に合う料理を選ぶ際の参考になるが，個人の感性でとらえたものやアンケート調査に基づくものが多く，なぜ相性が良いのかというところまで踏み込んでいるものは少ない。近年，官能評価に基づいて赤ワインが辛口の白ワインよりチーズとの相性が良いことが示されているが[5)]，酒類と食品の成分間の相互作用などの相性の良し悪しを決める科学的な要因はこれまでほとんど解明されてこなかった。

第1表　白ワインと清酒試料の分析値

試料	アルコール[a]	比重[b]	グルコース[c]	フルクトース[c]	pH	総酸[d]	総フェノール[e]	遊離型亜硫酸[f]	結合型亜硫酸[f]
ワインA	13.7	0.9920	0.8	3.2	3.5	0.60	272	15	60
ワインB	11.2	0.9988	8.0	11.7	3.0	0.51	158	14	92
ワインC	10.2	1.0235	32.0	38.2	3.4	0.70	375	30	124
ワインD	11.5	1.0033	5.6	19.0	3.2	0.64	113	n. d.	2
ワインE	9.7	1.0159	9.0	38.5	3.3	0.99	123	n. d.	2
清酒A	15.9	0.9994	27.3	n. d.	4.4	0.11	166	n. d.	n. d.
清酒B	15.8	1.0007	26.4	n. d.	4.2	0.10	168	n. d.	n. d.
清酒C	14.4	0.9939	18.8	n. d.	4.4	0.10	190	n. d.	n. d.

[a] アルコール（%，v/v）　[b] 比重（15/4℃）　[c] グルコースとフルクトース（g/L）
[d] 総酸（酒石酸 g/100mL）　[e] 総フェノール（没食子酸等量 mg/L）
[f] 遊離型と結合型亜硫酸（mg/L）

White Wine and Sake Pairings with Seafood
—Effects of Sulfur Dioxide on Formation of Fishy Off-Odor and Undesirable Taste—
Akiko FUJITA (*National Research Institute of Brewing*)

そこで，我々は白ワインと清酒についてシーフードとの相性を比較し，相性に影響を及ぼす科学的な要因を探った[6]。

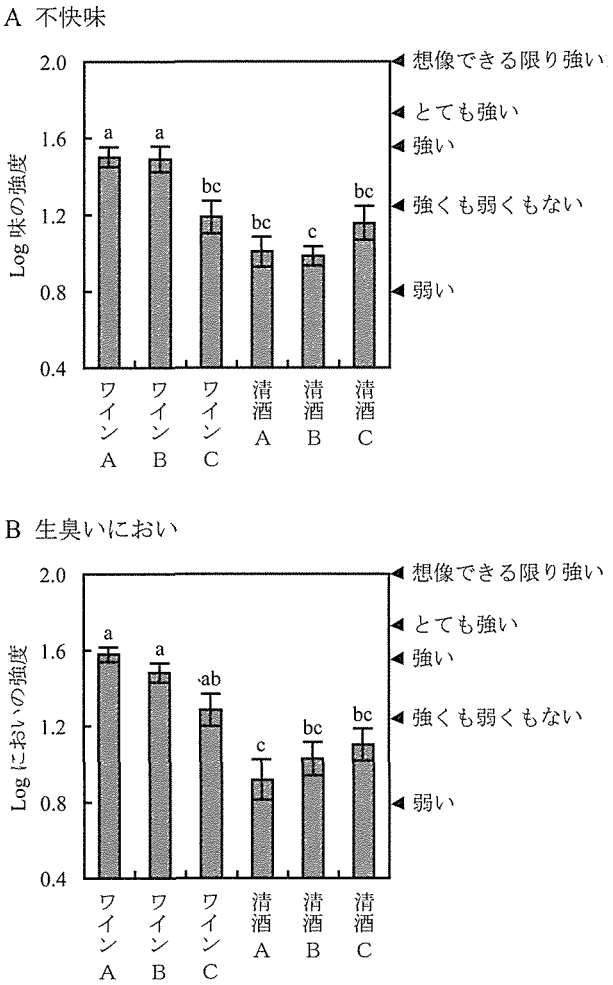
なお，本研究は日本酒造組合中央会との共同研究として実施した。

2. 酒類と“するめ”の相性の官能評価

水間ら[2,3]は酒類と料理との組み合わせにより生じる味の変化を官能評価で定量的に示している。“赤ワインとカマンベールチーズ”のように相性が良い組み合わせの場合は酒単独時に比べて甘味，旨味が増加し，酸味，苦味，渋味が減少した。一方，“赤ワインとおでんの大根”のように相性が悪い場合は苦味や渋味が増加し，旨味が減少する現象がみられた。また，Parker[7]はピーナッツを食べる前後のビールのフレーバーの変化について報告している。ピーナッツを食べた後のビールは甘く，苦味が弱く感じられた。

酒類のシーフードとの相性を比較するために，我々は酒類と“するめ”の組み合わせにより生じる味とにおいの変化について官能評価を行った。酒類試料に市販の白ワイン3点（ワインA，B，C）と清酒3点（清酒A，B，C）を用いた（第1表）。官能評価は酒類総合研究所に在籍する18人（官能評価経験を積んだ者9人と経験のない大学生9人）で行った。パネリストは0.5gの“するめ（市販品）”を噛みながら15mLの酒を口に含み，苦味などの不快味の強度と生臭いにおいの強度の2項目についてラベルドマグニチュードスケール（ほとんど感じない1.4，弱い6.1，強くも弱くもない17.2，強い35.4，とても強い53.3，想像できる限り強い100）[8,9]で評価した。その結果，清酒よりも白ワインの方が苦味・えぐ味等の不快味と生臭いにおいが強く感じられた（第1図）。Tukey-KramerのHSD検定を行った結果，不快味と生臭いにおいの強度において，ワインAあるいはBと全ての清酒の間に有意差が認められた。

魚類の生臭さの原因はトリメチルアミンなど揮発性アミン類であるとされてきたが，ドコサヘキサエン酸（DHA）やエイコサペンタエン酸（EPA）などの多価不飽和脂肪酸がリポキシゲナーゼあるいは自動酸化によって酸化するとカルボニル化合物が生成し[10]，独特の生臭さが生じることが報告されている[11]。“するめ”にはこのような多価不飽和脂肪酸が豊富に含まれていたため（DHA 0.94g/100g，EPA 0.25g/100g），白ワインとの組み合わせにおいては多価不飽和脂肪酸の酸化により不快味と生臭いにおいが生じたのではないかと考えられた。そこで，白ワインと清酒に多価不飽和脂肪酸を添加し，味覚センサーを用いた味の変化，及びにおい成分の変化を分析した。



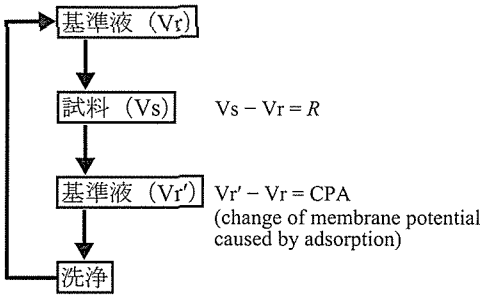
第1図 “するめ”を噛みながら酒類を口に含んだ時に感じた不快味(A)と生臭いにおい(B)の強度(ラベルドマグニチュードスケール)
平均値±標準誤差(n = 18)
グラフの異なる文字：Tukey-KramerのHSD検定で有意差あり($p < 0.05$)

3. 相性に影響を及ぼす要因の探索

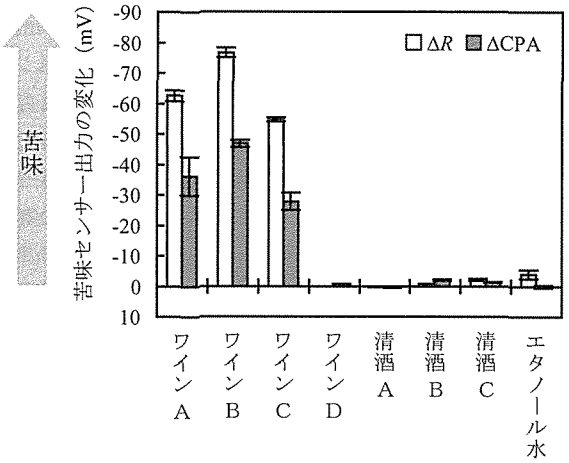
(1) 多価不飽和脂肪酸の酒類への添加

九州大学と(株)インテリジェントセンサーテクノロジーの共同で開発された味覚センサー[12-14]は，人間の味細胞に相当するいくつかのセンサープローブを用いて電位変化として味の情報を検出する装置で，お茶の渋味と旨味の強度[15,16]，小児用薬の苦味の強度[17]など，様々な飲料の味を測定するのに役立てられている。そこで，DHA 添加前後の酒類の味の変化を(株)インテリジェントセンサーテクノロジー製 SA402B 味認識装置を用いて測定した。第 2 図に測定方法を示した。はじめに電極を基準液（30mM KCl + 0.3mM L-酒石酸溶液，唾液に相当）に浸して電位 Vr を測定し，次に試料溶液あるいは懸濁液に浸して電位 Vs を測定した。相対値 R は試料と基準液の電位の差（Vs − Vr）として表した。さらに，電極を再び基準液に浸した際の基準液の電位を Vr′ と定義し，試料測定前後の基準液の電位差（Vr′ − Vr）を CPA（change of membrane potential caused by adsorption，後味に相当）と定義した。本研究においては試料への DHA 添加による味の変化を予測するために，DHA 懸濁前後の R 値の差 ΔR と CPA 値の差 Δ CPA を示した。測定の結果，ワイン A，B，C については DHA 添加（0.16mM）により苦味センサーの R 値と CPA 値が顕著に減少した（第 3 図）。一方，ワイン D，清酒 3 点，エタノール水はほとんど変化がなかった。これらの結果より，ワイン A，B，C に DHA を添加すると苦味が顕著に増加し，後味として残存することが示唆された。DHA のかわりに EPA やリノール酸を添加した場合も同様の結果が得られた。ある種の酸化した脂質は苦味を呈することが報告されている[18-20]。従って，我々はワイン A，B，C において多価不飽和脂肪酸が酸化して苦味を呈したと推測した。全ての酒試料において，旨味，塩味，酸味，渋味のセンサーの応答変化はほとんどみられなかった。官能評価で感じられた不快味を全て苦味センサー応答として説明できるわけではないが，不快味の一部分は“するめ”に含まれる多価不飽和脂肪酸がワインにさらされることによって生成した苦味から成ると考えられた。

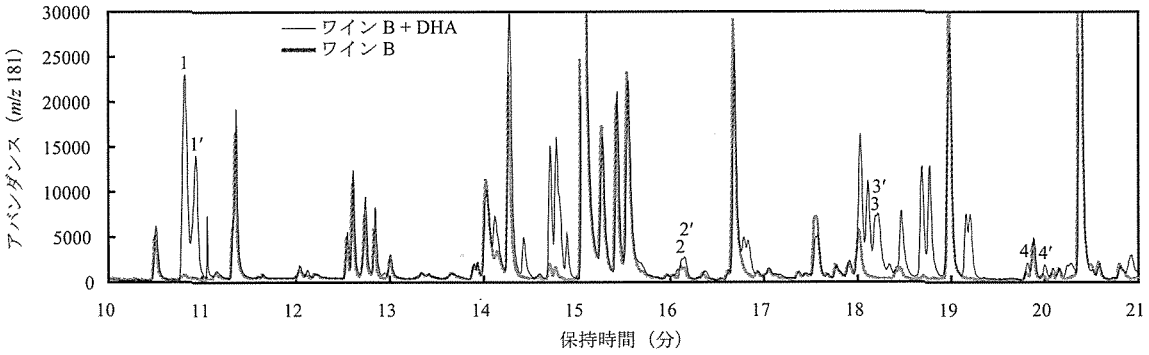
次に，DHA 添加前後の酒類のにおい成分の変化を分析した。Vesely ら[21]の方法に従って酒類のヘッドスペースのカルボニル化合物を固相マイクロ抽出ファイバー上でペンタフルオロベンジルヒドロキシルアミン（PFBOA）誘導体化し，GC/MS に供した。その結果，ワイン A，B，C においては DHA 添加後にカルボニルの PFBOA 誘導体のピークが増加した。一方，ワイン D，清酒 3 点，エタノール水においてはクロマトグラムに明白な変化がみられなかった。DHA を添加する前後のワイン B のクロマトグラムを第 4 図に示した。ほとんどのアルデヒドは誘導体の幾何異性体を形成し，クロマトグラム上で 2 つのピークに分かれる。ワイン A，B，C に DHA を添加した後に大きくなるピークのうち，プロパナール（第 4 図のピーク番号 1 と 1′），(*Z*)-4-ヘプテナール（2 と 2′），(*E,E*)-2,4-ヘプタジエナール（3 と 3′），(*E,Z*)-2,6-ノナジエナール（4 と 4′）に相当するピークを標準品の保持時



第 2 図 味覚センサーの測定方法

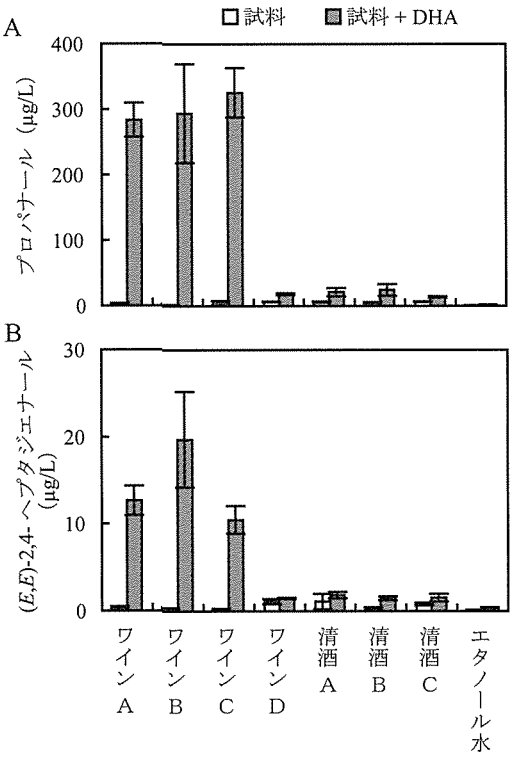


第 3 図 DHA 添加による酒類試料の味覚センサー出力値の変化
平均値 ± 標準偏差(n = 3)

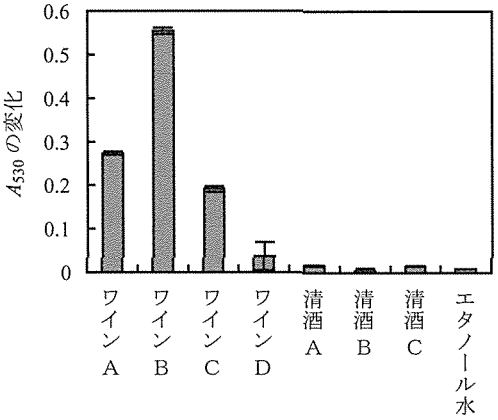


第4図　DHA 添加前後の白ワインBのPFBOA 誘導体のガスクロマトグラム
ピーク1と1′：プロパナール，2と2′：(*Z*)-4-ヘプテナール，3と3′：(*E,E*)-2,4-ヘプタジエナール，4と4′：(*E,Z*)-2,6-ノナジエナール

間及びマススペクトルとの比較から同定した。これらのアルデヒドはそれぞれアルコール様，海岸様，酸化した油様，キュウリ様・昆虫様の特徴的なフレーバーを有し，他のアルデヒドやケトンとともに生臭みに寄与すると過去に報告されている[11]。それらはまた，魚の保存中に多価不飽和脂肪酸の酸化により生じる[11,22,23]。比較的ピークの大きかったプロパナールと(*E,E*)-2,4-ヘプタジエナールについてDHA 添加前後の濃度を定量したところ，ワインA，B，CについてはDHA 添加によりプロパナールが約300 μg/L，(*E,E*)-2,4-ヘプタジエナールが10～20 μg/L の顕著な増加を示したのに対し，ワインD，清酒3点，アルコール水についてはプロパナールが21 μg/L 未満，(*E,E*)-2,4-ヘプタジエナールが1.3 μg/L 未満と増加幅がかなり小さかった（第5図）。なお，同定した4アルデヒドをワインA，B，Cに添加した場合，苦味センサー応答に変化がみられなかった。我々は多価不飽和脂肪酸の酸化による他の生成物がこれらのワインで苦味を呈した



第5図　DHA 添加前後の酒類試料のプロパナール(A)と(*E,E*)-2,4-ヘプタジエナール(B)の濃度
平均値±標準偏差(n = 3)



第6図　TBA 反応における各試料の A_{530} 値のDHA 添加による変化
平均値±標準偏差(n = 3)

のではないかと推測している。

さらに，酒類に添加したDHAの過酸化度を2-チオバルビツール酸（TBA）反応[24]で測定した。ワインA，B，CにおいてはDHA添加後にTBA反応液の吸光度A_{530}値が顕著に増加した（第6図）。これらのワイン中ではDHAの酸化，分解が進み，生成したアルデヒド等がTBAと反応して赤色色素を生じたと推定した。

(2) ワイン成分の影響

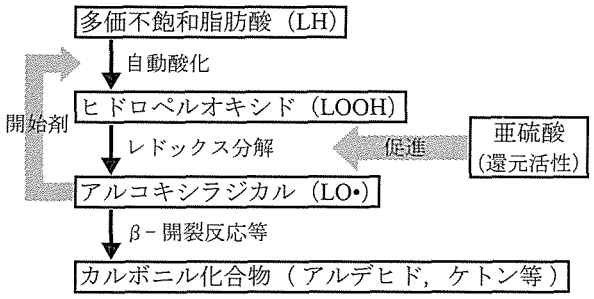
清酒と比較してワインには酒石酸等の有機酸，金属，ポリフェノール，亜硫酸等が多く含まれている。ワイン成分がDHA添加によるアルデヒド生成，苦味応答の増加に及ぼす影響を調べるために，清酒Bに個々のワイン成分を溶解し，DHA添加前後のアルデヒドと苦味を分析した。清酒B中の成分濃度をワインB中の濃度に近づけるように溶解濃度を設定した（第2表）。その結果，ピロ亜硫酸カリウムを溶解したときのみアルデヒド類と味覚センサーの苦味応答の両方が増加した（第2表）。この場合，(1) で同定した4アルデヒド全てが増加した。200mg/Lのピロ亜硫酸カリウムを添加した清酒Bにおける遊離型と結合型亜硫酸濃度はそれぞれ58mg/Lと43mg/Lであった。添加した亜硫酸の一部はワインと同じように清酒中でもアルデヒドのような成分に結合し，付加化合物を形成すると考えられた。亜硫酸は酵母の代謝産物であり，ワインに通常低濃度で存在する一方，ワインメーカーによって殺菌や酸化防止等を目的としてしばしばピロ亜硫酸カリウムの形で一般に添加される。200mg/Lのピロ亜硫酸カリウムには70mg/Lのカリウムが含まれる。ピロ亜硫酸カリウムを含む清酒BへのDHA添加により起こるアルデヒドと苦味の増加に及ぼすカリウムの影響を調べるために，245mg/Lのリン酸二水素カリウム（KH_2PO_4）（70mg/Lリン酸）を清酒Bに添加した。リン酸二水素カリウムを溶解した清酒BにDHAを添加したところ，アルデヒドレベルの増加が起こらなかった。DHA添加による苦味センサー出力値の変化はΔRが－1±0mV，ΔCPAが－4±4mVであり，ピロ亜硫酸カリウムを溶解した清酒Bにおける変化に比べて非常に小さかった（第2表）。以上の結果より，ワインA，B，Cにおいては含まれる亜硫酸がDHAの酸化，分解を促進して不快な香味を生じたことが示唆された。対照的に，微量の亜硫酸しか含まないワインDにDHAを添加した場合は苦味センサー応答，アルデヒド濃度，TBA反応のA_{530}値がほとんど変化しなかった（第3図，第5図，第6図）。

2つ以上の二重結合をもつリノール酸，EPA，DHAなどの多価不飽和脂肪酸（LH）は保存や調理加工の工程で酵素反応や非酵素的な自動酸化によって酸化されやすく，その結果，脂質ヒドロペルオキシド（LOOH）が生成する。Nishiikeら[25]は，リノール酸ヒドロペルオキシドの分解が白ワイン，赤ワイン，及

第2表 DHA添加によるアルデヒド生成と味覚センサー出力値の変化に及ぼすワイン成分の影響

清酒Bに添加した成分	添加濃度（mg/L）	アルデヒド生成	苦味センサー出力の変化	
			ΔR（mV）[a]	ΔCPA（mV）[a]
リン酸	666	－	－1±0	－2± 1
クエン酸	109	－	－1±0	－1± 1
リンゴ酸	900	－	－1±0	－1± 1
コハク酸	232	－	－1±0	－1± 0
酢酸	70	－	－11±1	－11± 1
酒石酸	1320	－	－1±0	0± 1
鉄（$FeCl_2$）	3	－	－1±1	－3± 2
鉄（$FeCl_3$）	3	－	－1±0	－1± 0
マグネシウム（$MgCl_2$）	50	－	－1±0	－1± 0
（＋）-カテキン	30	－	－1±0	－2± 1
ピロ亜硫酸カリウム	200	＋	－75±2	－32± 3
塩酸	pH 3.1まで	－	0±0	－2± 1
上記全てを添加		＋	－81±8	－47±14
無添加		－	－1±0	－2± 0

[a] 平均値±標準偏差（n＝3）

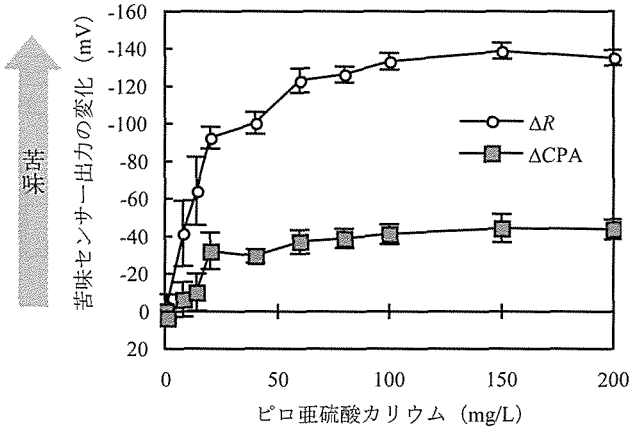


第７図　亜硫酸が多価不飽和脂肪酸の酸化と分解に及ぼす影響(推定)
LH：脂質，LOOH：脂質ヒドロペルオキシド，LO•：脂質アルコキシラジカル

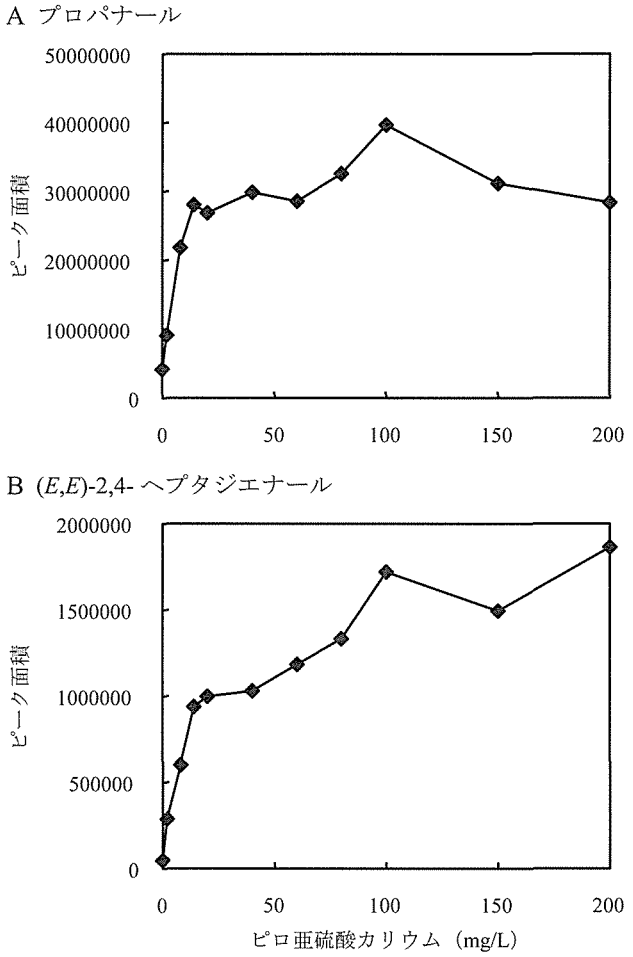
び 0.5mM の亜硫酸ナトリウム水溶液によって促進されると報告している。亜硫酸ナトリウムが有している強力な還元活性によってリノール酸ヒドロペルオキシドがアルコキシラジカル（LO•）に還元されるのではないかと推定されている。アルコキシラジカルは反応性に富み，他の多価不飽和脂肪酸から水素原子を引き抜いて脂質酸化反応の開始剤となる。また一方で，アルコキシラジカルは β - 開裂反応などを経てアルデヒドなどの二次生成物になる（第７図）。本研究において，DHA をエタノール水に添加した後でさえ TBA 反応液の A_{530} 値がわずかに増加したことから（第６図），亜硫酸にさらされる前にすでに酸化一次生成物である脂質ヒドロペルオキシドが生じているように見えた。脂質ヒドロペルオキシドがワイン中の亜硫酸と反応してアルコキシラジカルを生じ，さらに開裂等を起こしてアルデヒド類等の様々な二次生成物を生じたと考えられる。

(3)　亜硫酸濃度が苦味とアルデヒドの増加に及ぼす影響

亜硫酸濃度の影響を調べるために，15%エタノールを含む 0.4% 酒石酸溶液（pH3.2）にピロ亜硫酸カリウムを様々な濃度で添加した。添加量はピロ亜硫酸カリウム重量の 50%が亜硫酸であるという事実に基づいて設定した。20mg/L という低濃度のピロ亜硫酸カリウム（約 10mg/L の亜硫酸）でも DHA 添加後に苦味センサーの R 値と CPA 値が減少した（第８図）。その応答は約 100mg/L のピロ亜硫酸カリウムで最大になった後，200mg/L まで変化がなかった。アルデヒド類（プロパナールと（*E,E*)-2,4- ヘプタジエナール）の濃度変化は苦味センサー応答の変化と同様のパターンを示した（第９図）。Falcone と Maxwell は白ワイン 10 点の亜硫酸濃度を測定し，遊離型亜硫酸が 10 ～ 30mg/L，総亜硫酸が 40 ～ 140mg/L の範囲であったと報告している[26]。従って，多くのワインには多価不飽和脂肪酸と反応して不快な香味成分を生じさせるのに十分な量の遊離型亜硫酸が含まれていると言える。ところで，本研究で用いたワイン A，B，C のうちワイン C に最も多量の亜硫酸が含まれたが（第１表），第１図，第３図，第５図 B，第６図の実験結果においてワイン A と B よりも低い数値を示した。実際のワインにおいては亜硫酸の多価不飽和脂肪酸と



第８図　0.4% 酒石酸緩衝液(15% エタノール，pH3.2)への DHA 添加による味覚センサー出力値の変化に及ぼすピロ亜硫酸カリウム濃度の影響
平均値±標準偏差(n = 3)



第9図 0.4% 酒石酸緩衝液(15% エタノール，pH3.2)への DHA 添加によるプロパナール(A)と(*E,E*)-2,4- ヘプタジエナール(B)の生成に及ぼすピロ亜硫酸カリウム濃度の影響
ピーク面積：GC/MS におけるアルデヒドの PFBOA 誘導体のピーク面積

の反応が亜硫酸濃度に必ずしも依存しないことが示唆された。他のワイン成分が反応に影響を及ぼす可能性がある。

4. 白ワインの亜硫酸と魚の相性の官能評価

亜硫酸が白ワインと魚の相性に及ぼす影響を調べるために，市販の亜硫酸無添加ワインDとE，及びそれぞれにピロ亜硫酸カリウムを200mg/Lずつ添加したワインD′とE′を用い，2組のワイン試料（DとD′，EとE′）について焼きアジ（市販品）との相性の官能評価を2点試験法（ISO5495：2005）によって実施した。ピロ亜硫酸カリウムを亜硫酸無添加ワインに添加すると，約100mg/Lの亜硫酸の一部は結合型亜硫酸（ワインD′で46mg/L，ワインE′で78mg/L）として存在した（第3表）。ワインD′とE′においては亜硫酸がアルデヒドのようなワイン成分に結合し，付加化合物を形成したと考えられた。官能評価は酒類総合研究所に在籍し，官能評価経験を積んだ者26人で行った。パネリストは1～1.5gの焼きアジ（DHA 0.94g/100g，EPA 0.59g/100g）を噛みながら15mLのワインを口に含み，焼きアジと相性が悪い方のワインを選択した。その結果，亜硫酸が含まれる方（D′あるいはE′）を相性が悪いとした人数が多かった（第3表）。ワインEとE′については両側検定で有意差が

第3表　白ワインと焼き魚の相性の官能評価(2点試験法)

ワイン試料	遊離型亜硫酸 (mg/L)	結合型亜硫酸 (mg/L)	相性が悪いとした人数	両側検定による有意水準 (%)
D	n. d.	2	9	20
D′（亜硫酸塩添加）	59	46	17	
E	n. d.	2	5	1
E′（亜硫酸塩添加）	24	78	21	

認められた（有意水準1%）。

5. おわりに

亜硫酸無添加ワインの消費量がある程度増えているが，依然として酸化防止や微生物繁殖防止の目的で市販ワインの大部分に亜硫酸が添加されている。これまで，“魚には白ワイン”と言われてきた。それは恐らく多価不飽和脂肪酸含量が少ないタラなどの白身魚，エビ，カニなどと白ワインの組み合わせを意味しているのではなかろうか。本研究の結果から，マグロのとろ，アジ，サケ，サンマ，イカなどの多価不飽和脂肪酸を豊富に含むシーフードと亜硫酸を含むワインを組み合わせると生臭いにおいと不快味が発生する可能性が示唆された。ただし，調理法との関係もあり解明すべき点は多い。

近年，ワイン中の鉄が魚介類とワインの組み合わせにおける不快な生臭み発生の一因であることがメルシャン(株)の田村らにより報告されている[27-29]。我々の研究結果とあわせると，清酒は鉄と亜硫酸をほとんど含まないため，魚介料理と合わせても生臭みが発生しにくく，和食（材料に魚介類が使われることが多い）との相性が良いと考えられる。

今後，さらに酒類と食品の相性の科学が明らかになることが期待される。

謝　辞

官能評価に参加していただきました皆様に感謝の意を表します。

〈(独)酒類総合研究所〉

参考文献

1) 倉光潤一，宇都宮仁，橋爪克己：酒類総合研究所報告，**180**, 57-72 (2008)
2) 水間桂子，難波和子，中川正：日本ブドウ・ワイン学会誌，**9**, 187-188 (1998)
3) 山野善正編：おいしさの科学事典，朝倉書店，東京，125-130 (2003)
4) 掛江美和子，今井悦子，香西みどり，畑江敬子：日本調理科学会誌，**36**, 200-209 (2003)
5) Bastian, S. E. P., Payne, C. M., Perrenoud, B., Joscelyne, V. L., Johnson, T. E.: *Aust. J. Grape Wine Res.*, **15**, 175-184 (2009)
6) Fujita, A., Isogai, A., Endo, M., Utsunomiya, H., Nakano, S., Iwata, H.: *J. Agric. Food Chem.*, **58**, 4414-4420 (2010)
7) Parker, D.: *Brew. Int.*, **4** (10), 15-16 (2004)
8) Green, B. G., Shaffer, G. S., Gilmore, M. M.: *Chem. Senses*, **18**, 683-702 (1993)
9) Green, B. G., Dalton, P., Cowart, B., Shaffer, G., Rankin, K., Higgins, J.: *Chem. Senses*, **21**, 323-334 (1996)
10) Josephson, D. B., Lindsay, R. C., Stuiber, D. A.: *J. Agric. Food Chem.*, **32**, 1347-1352 (1984)
11) Ganeko, N., Shoda, M., Hirohata, I., Bhadra, A., Ishida, T., Matsuda, H., Takamura, H., Matoba, T.: *J. Food Sci.*, **73**, S83-S88 (2008)
12) Toko, K.: *Biomimetic Sensor Technology*, Cambridge University Press, Cambridge, 113-180 (2000)
13) Toko, K.: *Meas. Sci. Technol.*, **9**, 1919-1936 (1998)
14) Toko, K.: *Sens. Actuators B*, **64**, 205-215 (2000)
15) Hayashi, N., Chen, R., Ikezaki, H., Yamaguchi, S., Maruyama, D., Yamaguchi, Y., Ujihara, T., Kohata, K.: *Biosci. Biotechnol. Biochem.*, **70**, 626-631 (2006)
16) Hayashi, N., Chen, R., Ikezaki, H., Ujihara, T.: *J. Agric. Food Chem.*, **56**, 7384-7387 (2008)
17) Ishizaka, T., Okada, S., Takemoto, E., Tokuyama, E., Tsuji, E., Mukai, J., Uchida, T.: *Chem. Pharm. Bull.*, **55**, 1452-1457 (2007)
18) Usuki, R., Kaneda, T.: *Agric. Biol. Chem.*, **44**, 2477-2481 (1980)
19) Sessa, D. J., Warner, K., Rackis, J. J.: *J. Agric.*

Food Chem., **24**, 16-21 (1976)
20) Moll, C., Biermann, U., Grosch, W.: *J. Agric. Food Chem.*, **27**, 239-243 (1979)
21) Vesely, P., Lusk, L., Basarova, G., Seabrooks, J., Ryder, D.: *J. Agric. Food Chem.*, **51**, 6941-6944 (2003)
22) Milo, C., Grosch, W.: *J. Agric. Food Chem.*, **44**, 2366-2371 (1996)
23) Milo, C., Grosch, W.: *J. Agric. Food Chem.*, **41**, 2076-2081 (1993)
24) 野村佳司，木曽邦明：醸協，**98**，449-455 (2003)
25) Nishiike, T., Iwanaga, T., Yamauchi, R., Takamura, H., Matoba, T.: *J. Home Econ. Jpn.*, **51**, 1137-1143 (2000)
26) Falcone, F., Maxwell, K. C.: *J. Agric. Food Chem.*, **40**, 1355-1357 (1992)
27) 田村隆幸，谷口潔，鈴木由美子，大久保敏幸，高田良二，金野知典：日本味と匂学会誌，**15**，449-452 (2008)
28) Tamura, T., Taniguchi, K., Suzuki, Y., Okubo, T., Takata, R., Konno, T.: *J. Agric. Food Chem.*, **57**, 8550-8556 (2009)
29) 田村隆幸：醸協，**105**，139-147 (2010)