

3-メチル-2-ブテナールの概要

1. はじめに

3-メチル-2-ブテナールは、ラズベリー、ホップ等の食品中に存在し、鶏肉等の加熱調理により生成する成分である¹⁾。欧米では、チューインガム、ハード・キャンデー類、焼菓子、ソフト・キャンデー類、製菓材料、ゼラチン・プリン類などの様々な加工食品において香りを再現し、風味を向上させるために添加されている²⁾。

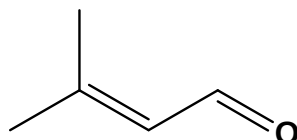
2. 名称等

名称：3-メチル-2-ブテナール

英名：3-Methyl-2-butenal

英文別名：3-Methylbut-2-enal、Prenal

構造式：



化学式：C₅H₈O

分子量ⁱ：84.12

CAS 番号：107-86-8

3. 安全性に係る知見の概要

厚生労働省が行った安全性試験の結果ⁱⁱ、National Library of Medicine (NLM: PubMed、TOXLINE)、米国香料工業会のデータベース (RIFM-FEMA database)、製品評価技術基盤機構 (NITE) データベースの検索結果、JECFA モノグラフの内容等に基づき、遺伝毒性試験、反復投与毒性試験等の成績をとりまとめた。なお、動物を用いた試験成績については経口投与のものに限定した。

(1) 反復投与毒性

ⁱ 分子量の値について本概要書では、食品添加物公定書(第8版)に基づき算出している。

ⁱⁱ 反復投与毒性試験 (引用文献 4))、および 3 種類の遺伝毒性試験 (引用文献 8)、9)、12)) が厚生労働省の委託により行われている。なお、各試験に使用された被験物質については、試験機関において保存されていた被験物質の一部を譲り受けて分析を行い、(独)産業技術総合研究所により公開されているスペクトルと比較したところ両者のパターンが一致したこと等から、3-メチル-2-ブテナールであることが国立医薬品食品衛生研究所の専門家により確認されている^{5) 6) 13)}。なお本被験物質は、添加物として指定する際に予定されている規格に合致しているものである。

OECD の TG415 に基づく 5 週齢の Wistar 系ラット（各群雌雄各 25 匹）への飲水投与による 18 週間の一世代生殖毒性試験ⁱⁱⁱ（0、50、200、800ppm；0、6、21、77 mg/kg 体重/日）が行われている。交配は少なくとも投与開始後 76 日経過後から行われた。投与開始後 10 週目に最高投与群の雌の 1 例が死亡し、剖検により腺胃粘膜の潰瘍がみられた。OECD の SIAR(SIDS Initial Assessment Report)では、これらの症状は、死因ではないと判断された。最高用量群の雌雄で飲水量の減少が、また、雄で試験開始後 4 週間摂餌量の減少が認められた。SIAR では、これらの影響は被験物質の味又は匂いに基づくもので毒性影響ではないとしている。その他、親動物の一般状態、体重、剖検及び病理組織学的検査では、被験物質投与に関連した毒性影響は認められなかった。本試験条件下における親動物の無毒性量（NOAEL）は 77 mg/kg 体重/日とされている³⁾。

5 週齢の SD 系ラット（各群雌雄各 10 匹）への強制経口投与による 90 日間の反復投与毒性試験（0、0.08、0.8、8 mg/kg 体重/日^{iv}）では、最高用量投与群の雄の 1 例で左上切歯の欠損をはじめとする異常所見が認められたため投与 69 日目に予後不良として安楽死させられた。この 1 例については、剖検、病理組織学的検査、血液学的検査および血液生化学的検査の結果から、衰弱は被験物質投与とは関連性が無いと推察された。その他のいずれの投与群の生存例においても、一般状態、体重、摂餌量、血液学的検査、血液生化学的検査、尿検査、眼科学的検査、剖検、器官重量及び病理組織学的検査において、被験物質投与に関連した毒性影響は認められなかった。本試験条件下における無毒性量（NOAEL）は 8 mg/kg 体重/日とされている^{4) 5) 6)}。

以上の 2 つの試験結果から、本物質に関する無毒性量（NOAEL）は、77 mg/kg 体重/日と考えられる^v。

(2) 発がん性

発がん性試験は行われておらず、国際機関（International Agency for Research on Cancer (IARC)、European Chemicals Bureau (ECB)、U. S. Environmental Protection Agency (EPA)、National Toxicology Program (NTP)）でも、発がん性の評価はされていない。

ⁱⁱⁱ プロトコルは OECD の TG415。GLP 適合。

^{iv} 投与量は、欧米における使用量調査を基に、安全マージンを確保するため、算定した推定摂取量に対して 1,000、10,000、100,000 倍に相当する 3 用量群で実施した。具体的には、後述の PCTT 法により算出した推定摂取量が最大となる欧州の 1995 年の年間使用量 27kg より算出した推定摂取量に対し、日本人の平均体重 50kg で除し、これに安全マージンを乗じた。

^v TG415 は一世代の生殖毒性試験で血液学的検査、血液生化学的検査、尿検査等を行われていないものの、OECD の SIAR でも本試験結果は反復投与試験の NOAEL 算出に用いられている。

(3) 遺伝毒性

細菌（サルモネラ菌 TA98^{3) 5) 6) 8)}、TA100^{3) 5) 6) 7) 8)}、TA1535^{3) 5) 6) 8)}、TA1537^{3) 5) 6) 8)}、TA1538³⁾及び大腸菌 WP2uvrA^{5) 6) 8)}）を用いた複数の復帰突然変異試験では、サルモネラ菌 TA100 株において代謝活性化系の有無にかかわらず陽性が認められた報告がある^{3) 5) 6) 8)} が、一貫した結果は得られていない。

チャイニーズ・ハムスター培養細胞（CHL/IU 細胞）を用いた染色体異常試験では、代謝活性化系の有無にかかわらず構造異常が観察された（代謝活性化系存在下 D₂₀ 値 0.0886mg/mL、TR 値 282 [構造異常]）^{vi 5) 6) 9)}。

大腸菌を用いた SOS クロモテストでは、投与群の β -ガラクトシダーゼの比活性が陰性対照群の 1.5 倍以上となったことから、陽性の結果が報告されている¹⁰⁾。なお、*in vitro* の試験において、本物質はデオキシグアノシン及び 2'-デオキシグアノシン-5'-モノリン酸とのみ付加体を形成するとの報告がある^{3) 11)}。

ラット肝臓における不定期 DNA 修復合成試験³⁾及びマウスを用いた 2 つの骨髄小核試験の結果は、いずれも陰性であった^{3) 6) 12) 13)}。

以上の結果から、細菌を用いた試験及び動物の培養細胞を用いた試験の一部の高用量域で陽性の結果が得られているが、十分高用量まで試験されたマウス *in vivo* の試験では陰性であることを考慮して総合的に判断すると、本物質は少なくとも香料として用いられるような低用量域では、生体にとって特段問題となるような遺伝毒性はないものと考えられる。

表 遺伝毒性試験概要

試験	対象	処理濃度・投与量	結果	参照
<i>in vitro</i>	復帰突然変異試験 [1979 年]	<i>Salmonella typhimurium</i> (TA98、TA100、TA1535、TA1537、TA1538)	[+/-S9*1] 0、4、20、100、500、 2500 µg/plate	陰性 3
	復帰突然変異試験 [1990 年]	<i>S. typhimurium</i> (TA100)	[+/-S9*1] 濃度、試験条件等詳細不明	*3 3,7
	復帰突然変異試験 [1991 年]	<i>S. typhimurium</i> (TA98)	[-S9*1] 0、20、100、500、 <u>2500</u> *4、5000 µg/plate	陰性 3
			[+S9*1] 0、20、100、500、2500、 5000 µg/plate	陰性
		<i>S. typhimurium</i> (TA100)	[-S9*1、1 回目] 0、20、100、500、 <u>2500</u> 、 <u>5000</u> µg/plate	陽性*4

vi 参考までに、陽性対象の MMC の D₂₀ 値は 0.000032mg/mL、TR 値は 1000000 であり、CP の D₂₀ 値は 0.0093mg/mL、TR 値は 4200 である。出展：祖父尼俊雄（監修）染色体異常試験データ集 改定 1998 年版、（株）エル・アイ・シー

			[+S9*1、1 回目] 0、20、100、500、2500、 5000 µg/plate	陰性	
			[-S9*1、2 回目] 0、2000*2、3000*2、4000、 5000、6000 µg/plate	—	
			[+S9*1、2 回目] 0、 <u>2000</u> *2、3000*2、4000、 5000、6000 µg/plate	—	
			[-S9*1、3 回目] 0、100、 <u>500</u> 、 <u>1000</u> *2、 <u>2000</u> *2、 <u>3000</u> *2 µg/plate	陽性*4	
			[+S9*1、3 回目] 0、 <u>100</u> 、 <u>500</u> 、1000*2、 2000*2、3000*2 µg/plate	陽性*4	
	復帰突然変異試験 [2005 年、GLP]	<i>S. typhimurium</i> (TA98)	[-S9*1、1 回目] 0、78.1、156、313、625、 1250、2500*2 µg/plate	陰性	8
			[-S9、2 回目] 0、78.1、156、313、625、 1250、2500*2 µg/plate	陰性	
			[+S9*1] 0、156、313、625、1250、 2500*2、5000*2 µg/plate	陰性	
		<i>S. typhimurium</i> (TA100)	[-S9*1] 0、156、 <u>313</u> 、 <u>625</u> 、 <u>1250</u> 、 <u>2500</u> *2、5000*2 µg/plate	陽性*4	
			[+S9*1] 0、156、313、 <u>625</u> 、 <u>1250</u> 、 <u>2500</u> *2、5000*2 µg/plate	陽性*4	
		<i>S. typhimurium</i> (TA1535)	[+/-S9*1] 0、156、313、625、1250、 2500*2、5000*2 µg/plate	陰性	
		<i>S. typhimurium</i> (TA1537)	[-S9*1、1 回目] 0、19.5、39.1、78.1、156、 313、625*2、1250*2 µg/ plate	陰性	
			[-S9*1、2 回目] 0、19.5、39.1、78.1、156、 313、625*2、1250*2 µg/ plate	陰性	
			[+S9*1] 0、156、313、625、1250、 2500*2、5000*2 µg/plate	陰性	
		<i>Escherichia coli</i> (WP2 _{uvrA})	[+/-S9*1] 0、156、313、625、1250、 2500、5000*2 µg/plate	陰性	

	染色体異常試験 [2005 年、GLP]	チャイニーズ・ハムスター肺線維芽細胞(CHL/IU)	[短時間(6 時間)処理法、-S9*1] 0、 <u>52.8</u> 、 <u>75.5</u> 、 <u>108</u> µg/mL [短時間(6 時間)処理法、+S9*1] 0、 <u>108</u> 、 <u>154</u> 、 <u>220</u> µg/mL	陽性*5 D20:0.141 TR:111 ----- 陽性*5 D20:0.0886 TR:282	9
	SOS クロモテスト [1990 年]	<i>E. coli</i> (PQ37、PM21*6)	詳細不明	*7	3,7
	SOS クロモテスト [1993 年]	<i>E. coli</i> (PQ37)	詳細不明	陽性*8	3, 10
<i>In vivo</i>	不定期 DNA 合成試験 [2001 年、GLP]	10 ～ 12 週 Wistar 系ラット 各群雄 3 匹	0、350、700 mg/kg 体重/日 (強制経口投与)	陰性*9	3
	小核試験 [1992 年、GLP]	NMRI(体重 28g)系マウス 各群雌雄各 5 匹	0、175、350、700 mg/kg 体重/日 (強制経口投与)	陰性*10	3
	小核試験 [2006 年、GLP]	9 週齢の ICR 系マウス CrIj:CD1(ICR) 各群雄 5 匹	0、250、500、1000 mg/kg 体重/日 (2 日間、オリブ油溶液、強制経口投与)	陰性	12

注) *1: +S9: 代謝活性化系存在下 -S9: 代謝活性化系非存在下 +/-S9: 代謝活性化系存在及び非存在下

*2: 生育阻害が認められた用量。

*3: 復帰突然変異を起こした細胞数が増加したとの記述はあるが、有意ではなく、かつ試験の詳細も不明であるため引用文献 3)では評価には採用されていない。

*4: 陽性が認められた用量は下線。弱い陽性 (2 倍以上 3 倍未満) が認められた用量は下線及びビタリック体。

*5: 疑陽性が認められた用量は下線及びビタリック体。陽性が認められた用量は下線。何れの陽性判定においても、構造異常の増加が認められたが、倍数性細胞の増加は認められなかった。短時間処理で陽性が認められたため、連続処理法は評価せず。

*6: 方法部分には双方の系に関する試験方法の記載があるが、結果表にはどちらのデータかが記載されていない。

*7: 結果表(Table2)の脚注 b)には、指標となる I_{max}(誘導ファクターの最大限量)について、「1.5 以下であれば遺伝毒性は有意」との記載があり、それに基づいて OECD の SIAR に付属する IUCLID Data Set では本試験の結果を陰性と記載している。一方引用文献 10)にはその計算方法の詳細が示されているが、そこでは I_{max}を用いた判断基準が「1.5 以上」とされている。したがって当該脚注は記載ミスであり、本来の結果は陽性であると考えられる。OECD の SIAR³⁾では、試験の詳細が不明であるとして、本試験の内容は評価には採用されていない。

*8: OECD の SIAR³⁾では不明瞭な結果であるとして評価には採用されていない。

*9: プロトコルは、OECD TG 486

*10: 染色体異常誘発性もなく、有糸分裂中に染色体分離への障害もなし (プロトコルは、OECD TG 474)

(4) その他

胎児毒性に関するデータとしては、上述の OECD の TG415 に基づく Wistar ラット（各群雌雄各 25 匹）に交配前から児動物の離乳までの 18 週間飲水投与（0、50、200、800 ppm；0、6、21、77 mg/kg 体重/日）する一世代生殖毒性試験の報告がある。親動物の生殖及び児動物の発生への影響に関しては、出生率について、77 mg/kg 体重/日投与群で有意な低値がみられた。SIAR では、この低値は 2 匹の母動物に各 4 匹の死産児があったことによるものであること、児動物の生存率及び哺育率への影響はみられないこと、この低値は実験動物種の生物学的な変動の範囲内であることから、被験物質投与に関連した変化は認められなかったとされている。

以上より、SIAR では、本試験条件下における本物質の親動物及び児動物の NOAEL は最高投与量相当の 77 mg/kg 体重/日とされている³⁾。

また OECD の TG414 に基づき行われた、Wistar ラット（各群雌 25 匹）の妊娠 6～19 日に本物質を強制経口投与（0、50、150、300、450 mg/kg 体重/日^{vii)}）した試験では、450 mg/kg 体重/日投与群の全検体が投与開始数日で死亡あるいは瀕死状態となったため屠殺された。300 及び 150 mg/kg 体重/日投与群においては一過性の流涎がみられたが、これは本物質の強い味に基づくもので毒性影響ではないと考えられた。その他、300 mg/kg 体重/日以下の投与群で本物質の投与に関連する影響は見られなかった。本物質の投与に関連した奇形及び変異の増加は認められなかった。

以上より、SIAR では、本条件下における本物質の NOAEL は、母動物及び児動物ともに 300 mg/kg 体重/日とされている³⁾。

内分泌かく乱性に関する試験は行われていない。

4. 摂取量の推定

本物質の香料としての年間使用量の全量を人口の 10 %が消費していると仮定する JECFA の PCTT（Per Capita intake Times Ten）法^{viii)}により計算された

^{vii)} 初めの試験において、450 mg/kg 体重/日投与群で交尾後 8-10 日に 1/5 が死亡し、残りも不良のため試験途中でと殺されたことから、二用量（0、300 mg/kg 体重/日）設定による追加試験が計画された。

^{viii)} $[\text{年間使用量(kg)}]/[\text{人口(億人)}]/[365(\text{日})]/[\text{報告率}]/[\text{人口の 1 割で消費}]\times 10$ で求めた。

	米国（1987年）	欧州（1995年）
年間使用量(kg) ²⁾	3	27
人口(億人)	2.4	3.2
報告率	0.6	0.6
推定摂取量(μg/人/日)	(計算値) 0.57・・・	(計算値) 3.85・・・

注) なお、引用文献 2) と 14) では米国の年間使用量の値(それぞれ 3kg、2.7kg)に齟齬があるが、米国香料工業会によれば、この違いは提出先の数値の取り扱いによるもので、JECFA 提出時には小数点第二位で四捨五入されたものが、データベース登録時には有効数字一桁に切り上げられたものとされている（おおもとのデータはポンドで報告されており¹⁸⁾、値は 6 ポンド(2.72kg)である)。本概要書では、引用文献 2) の値を採用している。年間使用量に差があるが、その原因として、香料物質の場合、世界的に製造業者数も少なく、数年に 1 回在庫がなくなるたびに製造するようなものが多く、また

一人一日あたりの推定摂取量は、米国については 1987 年、欧州については 1995 年の年間使用量調査における報告量に基づき、それぞれ 0.6 µg、3.9 µg²⁾となる。正確には認可後の追跡調査による確認が必要と考えられるが、既に許可されている香料物質の我が国と欧米の推定摂取量が同程度との情報¹⁵⁾があることから、我が国での本物質の推定摂取量は、おおよそ 0.6～3.9 µg/人/日の範囲になると推定される。

なお、本物質は、ラズベリー等の食品中に存在する成分であるが、香料としての摂取量と、もともとの食品からの摂取量との比に関する情報は得られていない。

5. 安全マージンの算出

18 週間一世代生殖毒性試験成績の NOAEL 77 mg/kg 体重/日と、想定される推定摂取量 (0.6～3.9 µg/人/日) を日本人平均体重 (50 kg) で割ることで算出される推定摂取量 (0.00001～0.00008 mg/kg 体重/日) と比較し、安全マージン 1,000,000～8,000,000 が得られる。

6. 構造クラスに基づく評価

本物質は構造クラス I に分類される^{14) 16)}。脂肪族分岐飽和・不飽和アルコール、アルデヒド、酸及び関連エステルに分類される食品成分である本物質は、本グループに属する他の短鎖化合物と同様に、生体内でβ酸化を受け、TCA 回路を経由して、最終的には二酸化炭素に分解されると考えられている¹⁴⁾。

7. JECFA における評価

本物質は、2003 年第 61 回 JECFA 会議で、脂肪族分岐飽和・不飽和アルコール、アルデヒド、酸及び関連エステルの一つとして評価され、推定摂取量 (0.5～3.9 µg/人/日) が、構造クラス I の摂取許容値 (1,800 µg/人/日) を下回ることなどから、香料としての使用において安全性の懸念はないとされた¹⁴⁾。

8. 「国際的に汎用されている香料の我が国における安全性評価法」¹⁷⁾に基づく評価

本物質は香料としての使用において生体にとって特段問題となる毒性はないと考えられる。また、構造クラス I に分類され、安全マージン (1,000,000～8,000,000) は 90 日間反復投与毒性試験の適切な安全マージンとされる 1,000 を上回り、かつ想定される推定摂取量 (0.6～3.9 µg /人/日) が構造クラス I の摂取許容値 (1,800µg /人/日) を下回る。

引用文献

㊦加工食品の流行に依存するため、地域や年による変動があるものと考えられる。

- 1) VCF Volatile Compounds in Food : database / Nijssen, L.M.; Ingen-Visscher, C.A. van; Donders, J.J.H. [eds]. - Version 12.2 - The Netherlands : TNO Quality of Life (website accessed in Sep. 2010)(未公表)
- 2) RIFM (Research Institute for Fragrance Materials, Inc.)-FEMA (Flavor and Extract Manufacturers' Association) database, Material Information on 3-Methyl-2-butenal (website accessed in Sep. 2010) (未公表)
- 3) OECD SIDS Initial Assessment Report for SIAM 17 (3-Methyl-2-butenal) 11-14 November 2003, Arona, Italy
参考 : <http://www.chem.unep.ch/irptc/sids/OECDSIDS/107868.pdf>
- 4) 3-メチル-2-ブテナールのラットにおける 90 日間反復経口投与毒性試験 (2005) (株)化合物安全性研究所 (厚生労働省委託試験)
- 5) SIGMA-ALDRICH Certificate of Analysis (PRODUCT NUMBER W364506, LOT NUMBER 27107BB, PRODUCT NAME 3-Methyl-2-butenal, 97+%)
- 6) 3-メチル-2-ブテナールの確認結果
- 7) Eder E, Hoffmann C, Bastian H, Deininger C, and Scheckenbach S (1990). Molecular mechanisms of DNA damage initiated by α,β -unsaturated carbonyl compounds as criteria for genotoxicity and mutagenicity. *Environmental Health Perspectives*, **88**, 99-106.
- 8) 3-メチル-2-ブテナールの細菌を用いる復帰突然変異試験 (2005) (財)食品薬品安全センター 秦野研究所 (厚生労働省委託試験)
- 9) 3-メチル-2-ブテナールのほ乳類培養細胞を用いる染色体異常試験 (2005) (財)食品農医薬品安全性評価センター (厚生労働省委託試験)
- 10) Eder E, Scheckenbach S, Deininger C, and Hoffmann C (1993). The possible role of α, β unsaturated carbonyl compounds in mutagenesis and carcinogenesis. *Toxicology Letters*, **67**, 87-103.
- 11) Eder E and Hoffman C (1993). Identification and characterization of deoxyguanosine adducts of mutagenic β -alkyl-substituted acrolein congeners. *Chem. Res. Toxicol.*, **6**, 486-494.
- 12) 3-メチル-2-ブテナールのマウスを用いる小核試験 (2006) (財)食品薬品安全センター 秦野研究所 (厚生労働省委託試験)
- 13) ジボダンジャパン株式会社、品質試験成績書(製品名 : 3-METHYL-2-BUTENAL、ロット番号 : 8004049179)
- 14) 第 61 回 JECFA WHO Food Additives Series 52, Aliphatic branched-chain saturated and unsaturated alcohols, aldehydes, acids, and related esters (2004)

参考 : <http://www.inchem.org/documents/jecfa/jecmono/v52je15.htm>

- 15) 平成 14 年度厚生労働科学研究報告書「日本における食品香料化合物の使用量実態調査」、日本香料工業会
- 16) 香料安全性評価法検討会．国際的に汎用されている香料の安全性評価の方法について（最終報告・再訂正版）．平成 15 年 11 月 4 日
- 17) 3-メチル-2-ブテナールの構造クラス（要請者作成資料）
- 18) Committee on Food Additives Survey Data, Food and Nutrition Board, Institute of Medicine, National Academy of Sciences(ed.) *1987 Poundage and Technical Effects Update of Substances Added to Food*, Washington, D.C., 1989; pp.5-9 and 364.

No.	項目	内容
(1)	名称	3-メチル-2-ブテナール
	一般的名称	3-Methyl-2-butenal
	化学名	3-Methylbut-2-enal
	CAS番号	107-86-8
(2)	JECFA等の国際的評価機関の結果	FEXPANIにより評価され1979年のGRAS 12に公表された ¹⁾ 。2003年第61回JECFA会議で、脂肪族分岐飽和・不飽和アルコール、アルデヒド、酸及び関連エステルの一つとして評価され、推定摂取量(0.5~3.9 $\mu\text{g}/\text{人}/\text{日}$)が、構造クラス I の摂取許容値(1,800 $\mu\text{g}/\text{人}/\text{日}$)を下回ることなどから、香料としての使用において安全性の懸念はないとされた ²⁾ 。
	JECFA番号	1202
(3)	外国の認可状況・使用状況	欧米をはじめ各国で認可され広く使用されている。
	FEMA GRAS番号	3646
	CoE番号	10354
	CFR21掲載	なし
	EUレジスター	FL No. 05.124
	使用量データ	3kg(米国、1987年)、27kg(EU、1995年) ³⁾
(4)	我が国での添加物としての必要性	本物質は食品中に存在する成分であり、様々な加工食品において香りを再現し、風味を向上する際に必要不可欠な物質である。本物質は現在日本では未認可であるが、その添加量は微量ながら効果は非常に大きく、様々な加工食品に対してすでに国際的には着香の目的で広く使用されている。したがって国際的整合性の面からみても、これらの物質を日本で使用できるようにすることが不可欠と考えられる。
	天然での存在	ラズベリー、ホップ等の食品中に存在し、鶏肉等の加熱調理により生成する成分である ⁴⁾ 。
	米国での食品への使用例(平均添加率)	チューインガム 10ppm、ハード・キャンデー類 2.5ppm、焼菓子 1.5ppm、ソフト・キャンデー類 1.25ppm、製菓材料 1.25ppm、ゼラチン・プリン類 1ppm ³⁾
(6)	参考資料	1) Food Technology(1973) Vol.27. No.11, pp56-57. 2) WHO Food Additives Series 52 参考: http://www.inchem.org/documents/jecfa/jecmono/v52je15.htm 3) RIFM (Research Institute for Fragrance Materials, Inc.)-FEMA (Flavor and Extract Manufacturers' Association) database, Material Information on 3-Methyl-2-butenal (website accessed in Sep. 2010) (未公表) 4) VCF Volatile Compounds in Food : database / Nijssen, L.M.; Ingen-Visscher, C.A. van; Donders, J.J.H. [eds]. - Version 12.2 - The Netherlands : TNO Quality of Life (website accessed in Sep. 2010)(未公表)