

アリルイソチオシアネートと2, 3香辛料精油の 抗菌性および変異原性*

河野又四**・吉田靖彦***・板谷恭史***・下坊和也***
吉川賢太郎***・寺下隆夫***・獅山慈孝***

Antimicrobial Activity and Mutagenicity of Allyl isothiocyanate and Several Essential Oils from Spices

Matashi KONO**, Yasuhiko YOSHIDA***, Yasushi ITAYA***, Kazuya SHIMOBO***,
Kentaro YOSHIKAWA***, Takao TERASHITA*** and Jiko SHISHIYAMA***

Synopsis

For ensuring the safety of food under volatile condition, antimicrobial activity of allylisothiocyanate (AIT) and some essential oils from spices were examined as the growth inhibition for *Aspergillus oryzae*, *Saccharomyces cerevisiae*, *Bacillus subtilis* and *Daphnia pulex*. In addition, Ames test employing His⁻ mutants, *Salmonella typhimurium* TA98 and TA100 and the spot test on wing employing *Drosophila melanogaster*, BINSK and Oregon-R type, were undergone to evaluate their mutagenicity. The minimum inhibition concentration of AIT and essential oils were counted 10-20 and 25-75 ppm, respectively. The not mutagenicity by Ames test was recognized in AIT, carvacrol, salicyl aldehyde, eugenol and citronellol in the treatment with 8 or 16 ppm. Also the wing mutation, flamelike hair, was occurred 10 days after the treatment with 0.18 ppm AIT. As an abnormal morphogenesis of *D. pulex*, male organism multiply generally, sexual (winter) eggs were appeared 10 days after the treatment with 0.04-0.06 ppm AIT.

From these results, it is suggested that AIT is of promise as a food preservative compound, because it shows antimicrobial activity at low concentration under volatile condition without any mutagenicity.

I 結 言

植物165種の水またはエタノール抽出物の抗菌性を調査し、安全で有効な食品保存料の検索を行った。その結果、ニラ、*Allium tuberosum*、ニンニク、*Allium sativum* などユリ科ネギ属の抽出物が広範囲に微生物の生育を抑制した。河野ら¹⁾、B.P. トーキョー・神山恵三²⁾らは高等植物が負傷すると、その周辺環境にある微生物を殺す物質が生成することを報告し、これら物質をフィトンチッド、(phytoncide)と称した。フィトンチッドの一種とも考えられる“ね

りからし”の殺菌力は極めて強く、その揮発成分によって微生物が短時間で密閉容器内で殺滅されると述べている。

河野・寺下³⁾はねりからし(カラシナ、*Brassica juncea*、*B. nigra*などの種子粉末から作られる)、ねりわさび(ワサビ、*Wasabia japonica*の根茎粉末から作られる)およびこの両者の辛味成分である *allyl isothiocyanate* (AIT) に抗菌活性と食品保存性のあることを認め、さらにこれらはガス接触法で行った場合の方が溶液中で試験菌を接触させた場合より抗

* 口頭発表：日本防菌防黴学会年次大会 (1979, 1989, 1990)、日本薬膳研究会-特別講演 (1994)

** 近畿大学名誉教授 (Emeritus Prof. of Kinki Univ.)

*** 食品栄養学科食品微生物学研究室 (Lab. of Food Microbiol., Dept. of Food Science and Nutrition)

菌活性が高かった。また、河野らは AIT の抗菌性は明らかに存在するが、Ames test による変異原性を調べた結果、*Salmonella typhimurium* TA98 (TA98 と略す) では変異原性は認められなかった。

香辛料精油成分の毒性、とくに変異原性と発がん性について Life Science Research Office (LSRO) および Federation of American Societies for Experimental Biology (FASEB) の報告⁵⁾ (1920~1975)があり、マスタードまたはマスタードオイルの通常の摂取量の範囲では変異原性および発がん性は認められないと述べている。しかし、その 5) の報告の一部の記述によれば 20~50 ppm/kg/day で rat, mouse, hamster または avian に対して皮膚腫瘍、胎児の致死、血球・組織・器官の吸収異常または奇形などを引き起こすと記されている。したがって、AIT や香辛料精油成分の毒性(変異原性)についてはなおいくらかの疑問点が残ると考えられる。

本報では、AIT および香辛料精油数種を用い抗菌活性と共に変異原性を明らかにするため、Ames test をヒスチジン要求株の TA98 (フレームシフト型) と *S. typhimurium* TA100 (TA100 と略す、塩基置換型) を用い、それらに S-9 [post-mitochondrial supernatant, オリエンタル酵母工業株] を添加した場合の変異原性について検討した。S-9 は動物にみられる薬物代謝酵素で、それによって変異原が活性化されるか否かを知るために用いた。さらに、変異原性簡易判定の一助としてショウジョウバエ、*Drosophila melanogaster* による翅毛の spot test のほかミジンコ、*Daphnia pulex* の生育、形態、生殖に及ぼす影響を調べた。

II 実験材料および方法

1. 抗菌性試験

1) 供試菌および供試精油

Table 1 に供試菌、培養温度および培地を、Table 2 に供試精油を記した。

2) 試験方法

Table 2. Essential oils used

Essential oils	Abbreviation	Molecular formula
Allyl isothiocyanate	AIT	C ₆ H ₅ NCS
Carvacrol	CAR	C ₁₀ H ₁₄ O
Citronellol	CIT	C ₁₀ H ₂₀ O
Eugenol	EUG	C ₁₀ H ₁₂ O ₂
Geraniol	GER	C ₁₀ H ₁₈ O
Salicyl aldehyde	SAL	C ₇ H ₇ O
D-Limonen	LIM	C ₉ H ₁₅

* All essential oils were purchased from Wako Pure Chemical Ind. Ltd.

直径 60 mm の滅菌ペトリ皿 (25 ml 容) に培地 5 ml を分注し、冷却固化後、前培養した供試菌 1 白金耳を接種した。そのペトリ皿を倒置し、蓋部に滅菌小形円形濾紙 (径 6 mm) を置き、マイクロシリンジで 0.1, 0.3 および 0.7 μl の供試精油をその濾紙に滴下吸収させた後、シールド・フィルム [Novix-II, 岩城硝子株] でペトリ皿を封じ、所定温度で 8 日間培養した。各区には 3 枚のペトリ皿を用い、実験を 3 回反復し、菌の生育状態を調べた。

2. 変異原性試験

供試生物と試験方法を以下に述べる。

1) Ames test⁶⁻¹⁰⁾

本実験では TA98 および TA100 を用いる変異原性試験と S-9 mix を添加した場合の影響について調べた。すなわち、滅菌ペトリ皿 (径 90 mm) に MBB 培地 (Table 3) 20 ml を分注、固化後 60°C のソフトアガー (Table 3) に懸濁した供試菌 0.1 ml, S-9 mix 0.3 ml および MBB 培地に供試精油 (Table 2) を加え、37°C, 48 h 培養しコロニー数を数えた。

2) ショウジョウバエによる変異原性試験

供試ショウジョウバエは国立遺伝学研究所 (三島市) から分譲された BINS-C 型と Oregon-R 型である。ショウジョウバエに対する変異原性を調べるには 0.09~5.26 ppm の精油濃度で行い、ハエの仮死お

Table 1. Microbes used and culture conditions

Microbes		Temperature (°C)	Medium
<i>Aspergillus oryzae</i>	No. 508*	25	Potato Dextrose Agar
<i>Saccharomyces cerevisiae</i>	IFO 0231	25	do.
<i>Bacillus subtilis</i>	IFO 3009	35	Bacto-Nutrient Agar

* Isolated from bread.

Table 3. Ingredients of minimum biotin broth (MBB) medium and soft agar for Ames test

Medium	Ingredients	Content
Mineral mixture (MM)	(NH ₄) ₂ SO ₄	20 g
	H ₃ PO ₄	200 g
	MgSO ₄ ·7H ₂ O	2 g
	Na ₃ C ₃ H ₅ O ₂ ·2H ₂ O	10 g
	Distd. water	800 ml
MBB	KOH	47 g
	①Agar	15 g
	Distd. water	930 ml
	②MM	50 ml (pH 7.0)
Soft agar	③Glucose	6 g
	Distd. water	9 ml
	④Biotin	1 g
	Distd. water	10 ml
Soft agar	Agar	7 g
	NaCl	6 g
	Distd. water	100 ml

および致死到達時間およびハエ翅毛の spot test を実顕微鏡下で調べた。

この変異原性試験はハエが成虫となって数時間は交尾しないので一代限りの変異を知ることができる。すなわち、飼育びん(径3cm, 高さ8cm)に羽化後の成虫で雌は4~5日, 雄は2~7日経過したものを入れて交配, 産卵させた後, 成虫を取り除いて卵のみを残す。産卵後の2~3日令期の幼虫を用いて精油を培地上に滴下, 飼育し, 6~7日後に羽化した成虫を取り出して生体観察する。この場合眼または翅毛に異常が認められれば検体による変異原性を判定することができる。しかし, 検体の毒性が強いとハエは死ぬので, 変異原性を判定することはできない。したがって, その場合にはLD₅₀を求める試験が必要である。ショウジョウバエの飼育法と変異原性の試験法は岡村ら¹¹⁾および石原¹²⁾の方法によって行った。

3) ミジンコによる変異原性試験¹³⁻¹⁸⁾

ミジンコ, *Daphnia pulex* は節足動物門, 甲殻綱, 鯉脚亜門, 枝角目, 異脚亜門, ミジンコ科に属し, 基本的に単為生殖で増殖する。有性生殖は環境の悪化(水温低下, 栄養不足, 水質汚染など)によって雄が出現し有殻卵として認められる。有殻卵は黒色

Table 4. Culture medium for *Daphnia pulex*

Ingredients	Content
Calcium chloride	24.0 mg
Sodium chloride	18.0 mg
Ammonium sulfate	8.0 mg
Magnesium sulfate	5.0 mg
Potassium chloride	0.5 mg
Dried Yeast-extract	0.5 mg
Distilled Water	1,000 ml

の硬い殻に包まれ, 厳しい環境条件に耐えられるが, 卵は1匹に2個生じる。

供試ミジンコは近畿大学農学部水産学科実験場内の飼育水槽から採取し, 22°Cの恒温室に保ち, 親の宥房から孵化して成体となったものを用いた。飼育用培地にはTable 4に示したのものを用い, 精油にはAIT, SALおよびLIMを用いた(Table 4)。

III 実験結果

1. 精油の抗菌性

糸状菌2種および細菌1種(Table 1)に対するAITとその他の香辛料精油に対する抗菌性をTable 5に示した。

この実験結果から, 0.1~0.7 μl/plateの間で抑制区と生育区に分かれた。そこで, さらに詳しく抗菌性を調べるため, 0.1 μl毎に検体量を増加して生育抑制濃度を調べ, 最少生育阻止量(MIV, μl/plate)と最少生育阻止濃度(MIC, ppm)を求め, Table 6, 7に示した。

供試精油の抗菌性はTable 5~7に示したように, AITで最も強かった。また, 糸状菌は細菌より感受性が大きいと考えられ, MICで比べると抗菌活性はAIT>CAR>SAL>CIT>EUG>GERの順であった。

2. 精油による変異原性

1) Ames test

Ames testの結果をTable 8に示した。TA98による場合, S-9無添加区ではAITおよびGER区以外で集落数が標準区より多いがすべてに有意の変異原性は認められなかった。また, 精油濃度8と16 ppm区のS-9添加区ではGER 16 ppm区のみが, いくらか集落数が多い程度であった。一方, TA100による場合S-9無添加ではGERとCARの2区以外は集落数は標準より少数を示し, S-9添加では全区陰性であった。これらの結果から, 塩基置換型の

TA100 およびフレームシフト型の TA98 も、さらに S-9 mix の無添加区においても変異原性を示さなかった。

2) ショウジョウバエによる試験

BINSC 型に対しては0.35~5.26 ppm, Oregon-R 型には0.09~1.05 ppm の濃度でそれぞれの成虫に対する仮死 (翅をふるわすが主体は動かない状態)

および致死に至る時間を調べた (Table 9)。その結果、供試精油に対し BINSC 型は Oregon-R 型よりも抵抗性であった。その毒性は BINSC に対して AIT=EUG>CAR, Oregon-R には SAL>AIT が比較的強く、両者に対してともに AIT の毒性の強い傾向が認められた。

一方、処理後羽化した成虫の翅毛について spot

Table 5. Effects of essential oils on microbial growth

Microbe	Dose (μ l/plate)	Growth of colonies by treatment with essential oils after 4 and 8 days											
		AIT		EUG		CAR		SAL		CIT		GER	
		4	8	4	8	4	8	4	8	4	8	4	8 days
<i>Asp. oryzae</i> No. 508	0	++	++++	++	++++	++	++++	++	++++	++	++++	++	++++*
	0.1	-	+	++	++++	+	++	+	++	++	++++	++	++++
	0.3	-	-	++	++++	-	+	-	+	+	++	++	++++
	0.7	-	-	++	++++	-	-	-	-	+	++	++	++++
<i>Sacch. cerevisiae</i> IFO 0231	0	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++
	0.1	+	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++
	0.3	-	-	++	++	++	++	+	++	++	++	++	++
	0.7	-	-	++	++	-	-	-	-	++	++	++	++
<i>Bacillus subtilis</i> IFO 3009	0	+	++	+	++	+	++	+	++	+	++	+	++
	0.1	-	+	+	++	+	++	+	++	+	++	+	++
	0.3	-	+	+	++	+	++	+	++	+	++	+	++
	0.7	-	-	+	++	-	-	+	++	-	-	+	++

* -~++++ showed the growth ratio (0~100%) of colony developed on the plates.

- : 0%, + : <25%, ++ : 25~50%, +++ : 51~75%, ++++ : 76~100%

Table 6. Minimum inhibitory volume (MIV) of essential oils on the growth of microbes

Microbe	Essential oil						
	AIT	EUG	CAR	SAL	CIT	GER	
<i>Asp. oryzae</i> No. 508	0.2	2.0	0.5	0.5	1.0	2.1	
<i>Sacch. cerevisiae</i> IFO 0231	0.2	3.9	0.7	0.5	1.2	3.9	
<i>Bac. subtilis</i> IFO 3009	0.4	6.0	0.7	1.5	0.7	6.4	

The numbers in the table show MIV (μ l/plate).

Table 7. Minimum inhibitory concentration (MIC) of essential oils on the growth of microbes

Microbe	Essential oil						
	AIT	EUG	CAR	SAL	CIT	GER	
<i>Asp. oryzae</i> No. 508	10	100	25	25	50	105	
<i>Sacch. cerevisiae</i> IFO 0231	10	195	35	25	60	195	
<i>Bac. subtilis</i> IFO 3009	20	300	35	75	35	320	

The numbers in the table show MIC (ppm).

Table 8. Mutagenicity of the *Salmonella typhimurium* TA 98 and TA 100 by essential oils

Essential oil	concn. (ppm)	TA98		TA100	
		– (S-9 mix)	+ (S-9 mix)	– (S-9 mix)	+ (S-9 mix)
AIT	8	62.5±11.4	83.8±17.9*	128.0±16.5	126.0±27.5
	16	61.3±10.8	87.1±17.9	129.8±21.8	116.0±42.8
GER	8	60.9±13.2	88.1±25.1	140.5±22.9*	116.8±18.9
	16	62.4±11.0	91.2±26.2	144.1±15.8	109.0±18.1
CAR	8	63.9±11.4	80.1±17.9*	140.5±22.9*	121.3±20.6
	16	61.3±10.8	85.8±12.7	144.1±15.8*	114.9±15.6
SAL	8	63.4±11.9	80.6±15.9*	131.6±22.9	119.6±17.4
	16	61.6±12.5	80.5±16.9*	120.5±10.9	108.9±12.4
EUG	8	65.6± 9.7	76.2±12.3*	125.6± 7.7	111.3±29.7
	16	64.1±11.2	80.3±16.9*	125.3±13.4	109.6±18.1
CIT	8	65.0±12.9	79.7±16.1*	131.3±31.5	
	16	67.1±11.6	88.9±21.9*	127.7±17.3	
Contorol	0	62.3±15.1	89.3±21.6	136.7	125.5±17.4

* Mutagenicity was determined by using Ames test with and without S-9 mixture. The number indicates the colony counted in the plate.

Table 9. Growth inhibitory concentration of essential oils to *Drosophila melanogaster*, BINS-C and Oregon-R

Essential oil	BINS-C			Oregon-R		
	treated concn. (ppm)	Arrival time (min or hr)		treated concn. (ppm)	Arrival time (min or hr)	
		Apparent Death	Death		Apparent Death	Death
AIT	0.35		24 hr <	0.18		24 hr <*
	0.53	119 min	283 min	0.35	39 min	236 min
	0.70	108 min	280 min	0.53	50 min	85 min
SAL	1.05		24 hr <	0.09		24 hr <
	1.23	240 min	370 min	0.18	32 min	51 min
	1.40	44 min	136 min	0.35	14 min	41 min
EUG	0.70		24 hr <	0.88		24hr <
	0.88	160 min	250 min	1.05	69 min	128 min
	1.05	56 min	181 min			
CAR	0.53		24 hr <	0.53		24 hr <
	0.70	237 min	391 min	0.70	206 min	229 min
				0.88	160 min	245 min
GER	0.53		24 hr <	0.70		24 hr <
	0.77	301 min	418 min	0.88	348 min	444 min
	0.88	286 min	311 min	1.05	91 min	131 min
CIT	1.75		24 hr <	n. t.	n. t.	n. t.
	3.51	183 min	258 min			
	5.26	204 min	269 min			
LIM	0.70		24 hr <	n. t.	n. t.	n. t.
	0.88	312 min	483 min			

* Showed a mutation wing (hairs be like flame).
n. t.: not tested

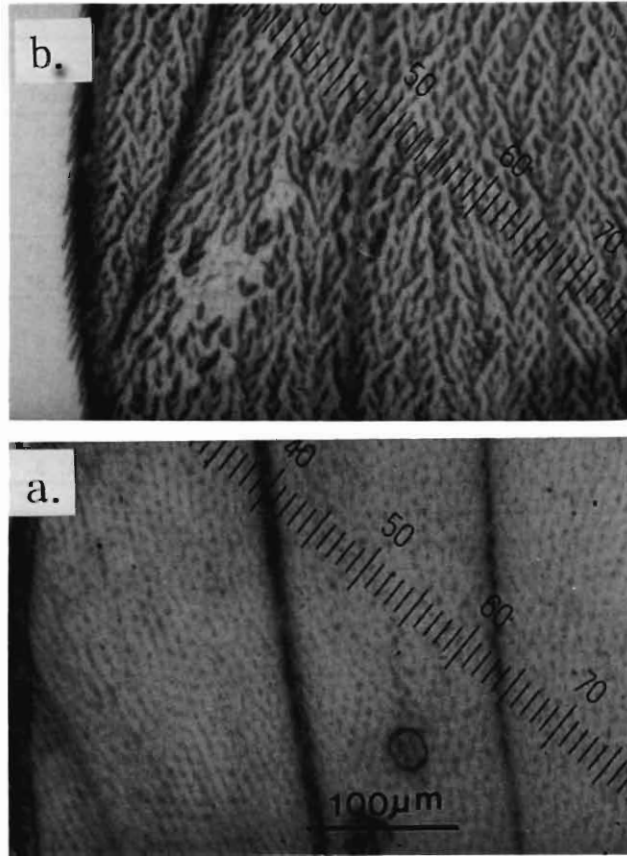


Fig. 1 Effect of allyl isothiocyanate on the wing of *Drosophila melanogaster*, Oregon-R type treated without (a) and with (b) 0.18 ppm. Upper photograph shows a mutation wing indicating flame-like hair.

testを行った結果、Oregon-R型のAIT 0.18 ppm区において処理10日後に変異毛の一種である炎毛(flame-like hair)が供試虫の10%に認められた。その炎毛をFig. 1に示した。

3) ミジンコによる試験

供試精油の0.01~0.28 ppm AIT, SALおよびLIMを用いミジンコに対する毒性を生存数で調べ、結果をTable 10に示した。

その結果、最小致死濃度はAITで0.06 ppm, SALで0.19 ppm, LIMで0.26 ppmであった。AITの0.04と0.06 ppmで10日飼育した場合、有殻(冬)卵の出現が生残したミジンコの5%に認められたが、形態を含めその他の異常は全く認められなかった。

IV 考 察

神田¹⁹⁾, 森²⁰⁾, 栗田²¹⁾, KURITAら²²⁾およびZaikaら²³⁾は精油成分の生理活性について報告している。

揮発性植物成分の生理活性についてはトーキンら²⁾が示しているほかに河野ら⁴⁾, Goiら²⁴⁾, Issikiら²⁵⁾, 大園ら²⁶⁾もAITを取り挙げ、それが寒天培地によるよりガス接触による方が抗菌力が強いことを認めている。本報でAITは他の精油より抗菌性が優れ、供試菌に対するMICは10~20 ppmであった。KANEMARUら²⁷⁾は細菌に対するAITのMICが3.6~4.5 ppm, 徳岡ら²⁸⁾は、からしの酵母に対するMICが3~15 ppm, 熊木²⁹⁾は各種食品の保存に5~30 ppm AITが有効であると報告し、それらはいずれも本実験の結果とよく一致している。

一般に、AITと香辛料精油の抗菌力は糸状菌に対して強く、細菌には弱い³⁾がISSIKIら²⁵⁾, 徳岡ら²⁸⁾, 熊木²⁹⁾, 宮尾ら³⁰⁾, 岡山ら³¹⁾, 大園ら²⁶⁾, 徳岡ら³²⁾はAITガスの食品保存への有効性とその実用化についても報告している。

Ames testによるAITと香辛料精油の変異原性

Table 10. Effect of essential oil to survival rate of *Daphnia pulex*

Essential oil	Dose concn. (ppm)	Survival rate (%) for 0~10 days breeding								
		0	1	2	3	4	5	7	8	10 (day)
AIT	0.04	90	90	90	90	90	84	80	42	40*
	0.06	100	96	96	92	92	92	80	80	60*
	0.07	38	0							
	0.10	0								
SAL	0.01	94	90	90	90	90	90	90	84	84
	0.10	50	50	50	50	38	38	38	38	38
	0.18	30	26	14	0					
	0.20	20	0							
	0.21	4	0							
	0.22	0								
LIM	0.01	100	96	90	82	82	70	70	70	70
	0.10	100	100	92	92	92	88	88	86	86
	0.15	80	68	56	56	56	56	56	56	56
	0.25	60	42	20	20	4	0			
	0.27	18	0							
	0.28	0								
control	0	100	100	100	100	100	94	90	90	90

* Appeared the sexual (winter) egg.

The numbers in the table show survival rate (%).

はS-9 mixの添加によってもTA98およびTA100ともに有意の変異原性を示さなかった。また、ショウジョウバエではAITの0.18 ppmでOregon-R型の供試虫の10%に変異翅毛(炎毛)が認められた。このことは変異原性は強くはないが、変異原性を示す可能性があるとして解釈される。

0.01~0.28 ppmのAIT, SALおよびLIMの処理ミジンコでそれらの生育に対して毒性を認め、その最小致死濃度はそれぞれ0.06, 0.19および0.26 ppmであった。さらに、AIT0.04と0.06 ppmで10日間飼育した生残りミジンコの5%に有殻(冬)卵(有性生殖)を認めた。これが変異原性によるものか単なる毒性によるものかは明らかではないが、次世代の観察と調査がさらに必要であると考えられる。本実験では当初ミジンコに奇形の発現することを期待したが、形態的異常は観察されなかった。

AITの毒性についてMUZTARら³³⁾はSprague Dawley ratsの腹腔内に80 µg/100 g(体重)を注射し、30日間、3日毎に調査し、原形質内のグルコースと尿酸レベルの減少、排尿量の倍増を認め、さらにグルコース、尿酸およびクレアチン排泄量がAIT

によって増加することを報告している。NISIEら³⁴⁾はrat foetusの胎児にAITの50 mg/kgを与えるとき体重が減少するが、100 mg/kgでは器官における吸収と甲状腺過形成を認めている。このほかに奇形が少数認められたが、有意性は認められなかった。Dunnckら³⁵⁾は雄のratに103週間、12 mg/kg/dayのAITを与えた場合、2/49匹に、25 mg/kg/dayを与えた場合4/49匹に膀胱の一過性乳頭腫パピローマ(良性腫瘍ということである)、上皮過形成の傾向および肝細胞原形質の空胞化を認めている。しかし、ratとmouseの雌ではこのようなことは認められなかった。LEWERENZら³⁶⁾はAITの雄ratへの亜急性毒性を研究し、経口挿管法で10, 20および40 mg/kgを週5日間与えたところ、2週後の40 mg区で白血球・好中球の増加とりんぱ球の減少を認めた。また、10~40 mgを与えた全区では肝臓・副腎の重量増加と腎臓の異常作用(活性増加)を認めている。さらに、40 mgを6週間与えたratの体重、胸腺・血糖中のグルコース、血清グロブリンなどの減少が認められ、10および20 mg区でも器官や機能への影響が認められた。

このように、AITは抗菌性を有し、食品保存にも有効であり、実用化されたものもあるが、その利用方法は気体接触であって、しかも使用濃度は極めて低濃度であるため変異原性、発がん性などの危険はないと考える。しかし、それを長期間にわたって使用する場合には人体への影響、とくに安全性について十分に検討する必要がある。

謝 辞

ショウジョウバエを分譲された国立遺伝学研究所およびその労をとられた京都大学農学部大西近江教授、ミジンコを分譲され、その培養についてご指導をいただいた本学農学部水産学科 小林博教授ならびに中村聡一助手、さらにショウジョウバエの形態形成などについてご指導をいただいた本学農学部農学科 杉本毅教授ならびに桜谷保之助教授に対し深甚なる謝意を表す。

V 摘 要

Allyl isothiocyanate (AIT) および数種香辛料精油成分の *Asp. oryzae* No. 508, *Sacch. cerevisiae* IFO 0231 および *Bac. subtilis* IFO 3009 に対する抗菌性をろ紙円盤拡散法によって調べた結果、AITが最も優れた効果を示し、carvacrol (CAR), salicyl aldehyde (SAL) がこれに次いで有効であった。また、これらの変異原性を *S. typhimurium* を用い Ames test で調べたところ、TA98とTA100の両菌ともS-9 mixの添加によっても有意の変異原性を示さなかった。

ショウジョウバエ, *Drosophyla melanogaster* の BINS-C型とOregon-R型を用い精油成分の濃度による毒性(仮死または致死到着時間)を比較したところ、AITとSALの毒性が大であった。さらにハエの翅毛についてspot testを行ったところ変異翅毛(炎毛)がOregon-R型において0.18 ppm AITの処理10日後の供試虫10%に認められた。

ミジンコ, *Daphnia pulex* に対する毒性を調べたところ、形態の変化は認められなかったが、環境悪化の時に出現する有殻卵(有性生殖で抵抗性が強い冬卵)の発現が0.04と0.06 ppm AIT処理区の10日後のミジンコ5%に認められた。

現在、AITによる発がん性は否定されているが、低濃度での血液、組織、器官などには影響があるので注意する必要がある。AITのガス接触による食品保存料が開発されているが、この場合の量は少なく濃度も低いので安全であると考えられるが、低濃度

での多頻度使用の場合には、なお問題があるのではないかと考えられるので今後さらに検討する必要がある。

引用文献

- 1) 河野又四・寺下隆夫・上田茂登子：日本防菌防黴学会 第6回年次大会，講要 p.12 (1979)
- 2) B.P. トーキョー・神山恵三：植物の不思議なカ-フイトンチッド，微生物を殺す樹木の謎をさぐる，p.5～9，p.16～54，講談社，東京(1980)
- 3) 河野又四・寺下隆夫：日本防菌防黴学会 第16回年次大会，講要 p.14 (1989)
- 4) 河野又四・寺下隆夫・吉川賢太郎・獅山慈孝：日本防菌防黴学会 第17回年次大会，講要 p.44 (1990)
- 5) Life Sciences Research Office, Federation of American Societies for Experimental Biology (LSRO・FASEB)：Evaluation of the Health Aspect of Mustard and Oils of Mustard as Food Ingredients, FDA/HFF, 76/55, p.1～22, Bethesda, MD (1975)
- 6) AMES, B.N. and J. McCANN and E. YAMAZAKI：Mutation Res. 31, 347～364 (1975)
- 7) AMES, B.N. and J. McCANN：Cancer Res 41, 4192～4196, (1981)
- 8) MARON, D.M., J. KATZENELLENBOGEN and B. N. AMES：Mutation Res. 88, 343～350 (1981)
- 9) MARON, D.M. and B.N. AMES：Mutation Res. 113, 173～215 (1983)
- 10) 日本生化学会編：新生化学実験講座 17, 微生物実験法, p.155～158, 東京化学同人, 東京(1983)
- 11) 岡村はたら編：図解動物観察事典, p.145～149, 地人書館, 東京(1983)
- 12) 石館 基：毒性試験講座12, 変異原性と遺伝毒性, p.107～115, 地人書館, 東京(1992)
- 13) 松井佳一：水田養魚, p.136～141, 富書店, 京都(1948)
- 14) 水野壽彦：日本淡水プランクトン, p.71～89, 保育社, 大阪(1964)
- 15) 大島泰雄：海洋の微小動物(科学技術庁資料), p.251～252, 恒星社厚生閣, 東京(1975)
- 16) 朝日 稔：図解動物観察事典, p.458～459, 地人書館, 東京(1982)
- 17) 山路 勇：日本海洋プランクトン図鑑, p.

- 71~72, 251, 253, 保育社, 東京 (1982)
- 18) 井上 勤：今井壯一：動物の顕微鏡観察, p. 458~460, 地人書館, 東京 (1982)
- 19) 神田豊輝・山本忠敬・斉藤 浩：食品工業 2, 73~86 (1971)
- 20) 森 一雄：New Food Ind. 19, 1~7 (1977)
- 21) 栗田啓幸：防菌防黴 10, 301~308 (1982)
- 22) KURITA, N. and S.KOIKE: Agric. Biol. Chem. 46, 1655~1660 (1982)
- 23) ZAIKA, L.L.: J. Food Safety 9, 97~118 (1988)
- 24) GOI, H, S.INOUE and Y.IWANAMI: J. Antibact. Antifung. Agents 13, 199~204 (1985)
- 25) ISSIKI, K., K.TOKUOKA, R.MORI and S.CHIBA: Biosci. Biotech. Biochem. 56, 1476~1477 (1992)
- 26) 大園睦子・奥田舜治・西村民男・関山泰司：防菌防黴学会 第20回年次大会, 講要 p. 46 (1993)
- 27) KANEMARU, K. and T.MIYAMOTO: Nippon Syokuhin Kogyo Gakkaishi 37, 823~829 (1990)
- 28) 徳岡敬子・森理三郎・一色賢司：Nippon Syokuhin Kogyo Gakkaishi 39, 68~71 (1992)
- 29) 熊木喜幸：ジャパンプードサイエンス 9, 49~53 (1992)
- 30) 宮尾茂雄・若林素子・岡本広司・亀井伸司：New Food Ind. 35, 19~23 (1993)
- 31) 関山泰司・水上勇一・高田麻美・沼田章子：防菌防黴学会 第20回年次大会, 講要 p. 47 (1993)
- 32) 徳岡敬子・一色賢司：Nippon Syokuhin Kogyo Gakkaishi 41, 595~599 (1994)
- 33) MUZTAR, A.J., T.HUOUE, P.AHMAD and S.J.SLINGER: Can. J. Physiol. Pharmacol. 57, 504~509 (1979)
- 34) NISIE, K. and M.E.DAXENBICHLER: Food Cosmet. Toxicol. 18, 159~172 (1980)
- 35) DUNNCK, J.K., J.D.PREJCAN and R.B.THOMPSON H.D.GILES and F.McCONNEL: Fundamental Appld. Toxicol. 2, 114~120 (1982)
- 36) LEWERENZ, H.J., R.PLASS, D.W.R.BLEYL and R.MACHOLZ: Nahrung 32, 723~728 (1988)