琉球大学学術リポジトリ

ウコン精油の抗菌活性およびその熱安定性

メタデータ	言語: 出版者: 琉球大学農学部 公開日: 2008-02-08 キーワード (Ja): 抗菌活性, ウコン, 精油, 最小発育阻止濃度 キーワード (En): Antibacterial activity, Curcuma, Essential oil, Minimum inhibitory concentration 作成者: 上地, 俊徳, 石嶺, 行男, 本郷, 富士弥, Uechi, Shuntoku, Ishimine, Yukio, Hongo, Fujiya メールアドレス: 所属:
URL	http://hdl.handle.net/20.500.12000/3426

ウコン精油の抗菌活性およびその熱安定性

上地　俊徳*・石嶺　行男**・本郷富士弥*

Shuntoku UECHI, Yukio ISHIMINE and Fujiya HONGO: Antibacterial activity of essential oil derived from *Curcuma* sp.(Zingiberaceae) against foodborne pathogenic bacteria and its heat-stability

キーワード：抗菌活性，ウコン，精油，最小発育阻止濃度

Key words : Antibacterial activity, *Curcuma*, Essential oil, Minimum inhibitory concentration

Summary

The purpose of this work was to study the antibacterial activities of the essential oils against six bacteria strains. The essential oils were obtained from *Curcuma aromatica* Salisb., *Curcuma longa* L., *Curcuma zedoaria* Roscoe and fermented turmeric. Except for fermented turmeric, the essential oils were extracted from homogenates of fresh tubers by steam distillation method, and were then sterilized by filtration before the antibacterial tests.

Their antibacterial activities were examined against four gram-negative 〔non-01 *vibrio cholerae* (NVC), *Salmonella enteritidis* (SE), *Enterotoxigenic E. coli* (ETEC), *Enterohemorrhagic E. coli* O-157 (EHEC)〕, and two gram-positive 〔*Staphylococcus aureus* (SA) and *Bacillus cereus* ATCC 11707 (BC) 〕 bacteria, including foodborne pathogenic bacteria.

Both a disc diffusion method and a broth dilution method were used for evaluating the antibacterial activities of the essential oils. In the disc diffusion method, four essential oil specimens inhibited the growth of bacteria used in the test at different ratios. *Curcuma longa* L. showed antibacterial activity against all the bacteria strains used, but each of the other oils did not inhibit the growth of two strains of bacteria among six bacteria used in this test. In the broth dilution method, the minimum inhibitory concentra-

* 琉球大学農学部生物資源科学科

** 琉球大学農学部附属農場

琉球大学農学部学術報告　47：129～136（2000）

tion (MIC) of *Curcuma aromatica* Salisb., *Curcuma longa* L., *Curcuma zedoaria* Roscoe and fermented turmeric against BC that had the highest sensitivity among six strains of bacteria tested proved to be 0.018, 0.281, 0.035 and >9.0% (v/v), respectively. In general, the antibacterial activity of these oils against the other bacteria except for BC was moderate.

In addition, the effect of the heating the essential oils on their antibacterial activities was also examined. The antibacterial activities against BC remained unaffected after heating at 121℃, for 20 minutes.

緒　言

ウコンはショウガ科（Zingiberaceae）クルクマ属の多年性草本で，原産地は熱帯アジア地方といわれ[10]，本邦では沖縄県と九州地方の一部地域に分布している．沖縄県下で栽培されているのはウコン（*Curcuma longa* L.; 俗称，秋ウコン），キョウオウ（*Curcuma aromatica* Salisb.; 俗称，春ウコン）およびガジュツ（*Curcuma zedoaria* Roscoe; 俗称，紫ウコン）の3種類が主で，屈指状の根茎が薬用，食用，香辛料および 染料などに使い分けられている．外観だけでこれらを見分けるのは少し難しいが，根茎を輪切りにするとウコンは橙色がかった赤黄色，キョウオウは鮮やかな黄色，ガジュツは白地に薄い青紫色を呈しているので識別が容易となる．この色彩の違いは主として根茎中のクルクミン（curcumin; 黄色色素）の含有量の多寡によるもので，著者らが別の試 験で得た成績によるとクルクミン含有量が最も高かったのはウコン，次がキョウオウで，ガジュツにはほとんど含まれていなかった[5]．

ウコンはラット，モルモットおよびサルを用いた動物実験において毒性は認められず[3,15]，安全性のきわめて高い薬用植物であると思われる．収穫されたウコン，キョウオウおよびガジュツは無加工のまま，あるいは乾燥粉末やスライスあるいは錠剤など種々の商品に加工されて市場に送り出されている．商品の種類の豊富さや用量問題の未解決などもあってウコンの利用法は個人の判断に委ねられ，一様ではないと思われるが，これを摂取したヒトの病状改善内容は実に広範に及んでおり[12~14]，ウコンが優れた生理的，薬理的作用を有していることが改めて窺い知れる．その主要薬効成分であるクルクミンについては制癌作用[6]，抗酸化作用[16,20]および抗体産生増強作用[19]などが実験的に明らかにされている．このクルクミンと並ぶもう一つの薬効成分は抗菌作用等を有する精油[2,11,17]であるが，ウコンの産地あるいは品種，系統によってクルクミン含有量が異なるとの報告[1]があるのを考えると，精油の抗菌活性もまたそれらの影響が予測されるものの報告がみあたらず不明である

そこで本報では沖縄県産のウコン，キョウオウ，ガジュツおよび発酵ウコンの各精油について，一時，世間の注目を浴びた腸管出血性大腸菌O-157を含む数種の食中毒起因細菌に対する抗菌活性等について検討し,若干の知見を得たので報告する．

実験材料および方法

1　供試ウコン

実験には琉球大学農学部附属農場で収穫されたウコン，キョウオウおよびガジュツの各根茎と，(株)琉球バイオリソース開発から供与された発酵ウコン粉末の計4種類を用いた．表1に供試ウコンのリストを示した。

Table 1. Terminology of *Curcuma* used in the present study.

Botanical name	Japanese name (common name)	Sources
Curcuma longa L.	Ukon(aki-ukon)	1
Curcuma aromatica Salisb.	Kyoou(haru-ukon)	1
Curcuma zedoaria Roscoe	Gajyutsu(murasaki-ukon)	1
-	Fermented turmeric	2

Sources 1; University of the Ryukyus.
2; Ryukyu Bioresource Kaihatsu Co. Ltd.

2 一般成分，カフェインおよびタンニンの測定

ウコン，キョウオウおよびガジュツについては水洗した新鮮根茎を約1㎜の厚さにスライスして40℃，24時間乾燥後，ウィレー氏粉砕機〔三田村理研（株)〕で粉末状にしたものを用いた．発酵ウコンは供与品をそのまま用いた．

一般成分は食品分析法[9]に従って分析した．すなわち，水分は常圧加熱乾燥法，灰分は直接灰化法，粗タンパク質はケルダール法，粗脂肪はソックスレー法，粗繊維はAOAC法によって測定し，炭水化物は前記5成分の各値とカフェインおよびタンニンの測定値を100から差し引いて算出した．カフェインおよびタンニンの含量は茶の公定分析法[8]に従って分析した．

3 抗菌性試験

i 直接蒸留法による精油の採取

ウコン，キョウオウおよびガジュツの新鮮根茎をミキサーで摩砕し，その200gに水300mℓを加え，マントルヒーターで3時間加熱蒸留することにより各精油を得た．発酵ウコンの場合は乾燥粉末100gに水650mℓを加え同様に加熱して精油を得た．これらをメンブランフィルター（0.45ミクロン）で濾過滅菌して抗菌活性測定用の試料とした．

ii 供試菌株

供試菌株として感染型食中毒をおこすナグビブリオ菌（Non-01 *vibrio cholerae*：NVC），サルモネラ菌（*Salmonella enteritidis*：SE），毒素原性大腸菌（*Enterotoxigenic E. coli*：ETEC），腸管出血性大腸菌 O-157（*Enterohemorrhagic E. coli* O-157：EHEC）および毒素型食中毒をおこす黄色ブドウ球菌（*Staphylococcus aureus*：SA），セレウス菌（*Bacillus cereus* ATCC 11707：BC）の5菌種6菌株を用いた．表2に菌株リストを示した．なお，これらの菌株は沖縄県衛生環境研究所から分与された．

Table 2. List of tested bacteria.

Serial number	Bacteria	Gram stain
1	*Bacillus cereus* ATCC 11707 (BC)	+
2	*Enterohemorrhagic Escherichia coli* O-157 (EHEC)	−
3	*Enterotoxigenic Escherichia coli* (ETEC)	−
4	Non-01 *vibrio cholerae* (NVC)	−
5	*Salmonella enteritidis* (SE)	−
6	*Staphylococcus aureus* (SA)	+

iii 使用培地

精油の抗菌活性測定にはミューラーヒントンS寒天培地（牛肉抽出液300g,カザミノ酸17.5g，可

溶性デンプン1.5g，寒天粉末17g／L；栄研)，普通ブイヨン培地（肉エキス3g，ペプトン10g，塩化ナトリウム5g／L；栄研）および標準寒天培地（酵母エキス2.5g，トリプトン5g，ブドウ糖1g，寒天粉末15g／L；栄研）を用いた．菌の継代には普通寒天培地（肉エキス5g，ペプトン10g，塩化ナトリウム5g，寒天粉末15g／L； 栄研）を用いた

iv 抗菌活性の測定

精油の抗菌活性はディスク拡散法とブイヨン培地希釈法（一部改変）の2通りの方法で測定した．まず，ディスク拡散法により抗菌活性の有無を調べ，ここで活性が認められた精油についてブイヨン培地希釈法により最小発育阻止濃度（Minimum Inhibitory Concentration；MIC）を求めた．すなわち，普通ブイヨン培地で37℃，一昼夜培養した菌液0.1mℓを深型シャーレ（90×20mm；岩城硝子）に接種し，ミューラーヒントンS寒天培地20mℓを加えて両者をよく混和し，均一な含菌寒天平板を作成した．平板上に精油原液50μlを添加したペーパーディスク（ADVANTEC, 10mm）を置き，軽く押さえて培地と密着させ，37℃，24時間培養後 ディスクの周囲に菌が発育しない部分，すなわち阻止円が形成されるかどうかを調べた．ペーパーディスクは乾熱滅菌して用い，成績は5枚の ディスクの平均値（阻止円直径;mm）で示した．

次にこのディスク拡散法で阻止円が認められた精油画分についてMICを求めた．すなわち精油9容（1.8mℓ）に対し界面活性Tween80を1容（0.2mℓ）加え，これをもとに2倍段階希釈法により精油添加ブイヨン培地の希釈系列10本（9.0, 4.5, 2.25, 1.125, 0.563, 0.281, 0.141, 0.07, 0.035, 0.018; 1mℓ/本）を作成した．普通ブイヨン培地で37℃，一昼夜培養した各供試菌液の100倍希釈液50μ l を先の希釈系列10本に接種し，37℃，48時間培養した．続いて，系列中での菌の発育の有無を判定するために，その培養液0.1mℓを深型シャーレに接種し，今度は精油を含まない標準寒天培地20mℓを加えて更に37℃，24時間培養した．平板上での菌の発育の有無を観察してMICを判定した．菌の発育が完全に阻止さ れた精油の最小濃度をMICした．

4 熱安定性試験

精油の熱安定性試験は次のように行なった．ねじ込みキャップ付き容器に精油を入れてオートクレーブにて121℃，20分間加熱処理した．

ディスク拡散法を用いて加熱の前後で阻止円の直径を比較し，抗菌活性の変化を調べた．供試菌として6菌株の中ですべての精油に対して感受性が最も良好だったセレウス菌を用いた．

結果および考察

1 化学成分

一般成分，カフェインおよびタンニン含量の測定結果を表3に示した．収穫後間もない新鮮な試料を

Table 3. Chemical compositions of *Curcuma longa* L.,*Curcuma aromatica* Salisb., *Curcuma zedoaria* Roscoe and Fermented turmeric. **(% in dry matter)**

	Crude protein	Crude fat	Carbo-hydrate	Crude fiber	Ash	Caffeine	Tannin
Curcuma longa L.	10.3	2.1	71.7	6.4	8.9	−	0.6
C.aromatica Salisb.	16.5	2.9	66.0	6.7	7.4	−	0.5
C.zedoaria Roscoe	12.4	2.7	73.0	5.4	5.7	−	0.8
Fermented turmeric	10.1	8.7	58.3	12.3	9.7	−	0.9

−:Not detected.
The amount of carbohydrate was estimated by subtracting the amount of crude protein, crude fat,crude fiber,ash,caffeine and tannin from 100%.

使ったウコン，キョウオウおよびガジュツについて見ると，一般成分においては3品種間でいずれの成分にも 特に違いは認められなかった．粗脂肪が2～3％の範囲内にあって最も低く，次いで粗繊維，灰分，粗タンパク質の順で，炭水化物が最も高くて66～73％の範囲内にあった．新鮮ウコンと比べて発酵ウコンでは粗脂肪と粗繊維がやや高い値を示していた．タンニン含量はすべての試料で1％以下の低い範囲内にあり，カフェインはいずれの試料からも検出されなかった．

2 収油量

各試料の乾物100g当たりの収油量を表4に示した．それによるとウコンが4.12mℓと最も高い値を示し，次いでキョウオウが2.17mℓ，ガジュツが1.62mℓ，発酵ウコンが最も少なくて1.54mℓであった．ウコン，ガジュツおよびキョウオウは同一ほ場で栽培した新鮮根茎を用いたが，収油量に2倍以上の差がみられた．発酵ウコンで収油量が少なかったのは主 に発酵・加熱処理などの製造工程の影響によるものと考えられた．なお，ウコン，キョウオウおよびガジュツ3者の平均収油率は0.47％を示し，この値はMcCarronらの報告[11]と同等であった．

Table 4. The volume of essential oils obtained from *Curcuma longa* L., *Curcuma aromatica* Salisb., *Curcuma zedoaria* Roscoe and Fermented turmeric.
(ml/100g dry matter)

	Curcuma longa L.	*C. aromatica* Salisb.	*C. zedoaria* Roscoe	Fermented turmeric
Oil yields	4.12	2.17	1.62	1.54

Except for fermented turmeric,fresh rhizomes were separately subjected to hydrodistillation for 3 h.

3 抗菌活性

1）ディスク拡散法における阻止円形成

4種類のウコン精油につきディスク拡散法で抗菌活性を調べ，結果を表5に示した．ウコンはナグビブリオ菌，サルモネラ菌，毒素原性大腸菌，腸管出血性大腸菌O-157，黄色ブドウ球菌およびセレウス菌の5菌種6菌株全てに対して阻止円を形成した．しかし，キョウオウと発酵ウコンでは毒素原性大腸菌と腸管出血性大腸菌O-157の両大腸菌に対して，ガジュツではサルモネラ菌と腸管出血性大腸菌

Table 5. Antibacterial activity of essential oils determined by the disc diffusion test.
(mm)

Bacteria	Diameter of inhibitory zone			
	Curcuma longa L.	*C. aromatica* Salisb.	*C. zedoaria* Roscoe	Fermented turmeric
BC	16.1±0.2	17.8±0.6	15.2±0.3	13.1±0.2
EHEC	12.4±0.2	−	−	−
ETEC	14.4±0.2	−	12.4±0.2	−
NVC	12.0±0.0	15.1±0.2	16.5±0.5	12.7±0.3
SE	13.6±0.4	11.7±0.3	−	11.8±0.3
SA	15.7±0.3	13.8±0.3	13.0±0.0	12.0±0.0

Values are means±S.D.
− : No inhibitory zone was detected.
List of bacteria is given in table 2.

O-157に対してそれぞれ阻止円形成が認められなかった．すなわち，ウコンの種類により抗菌スペクトルが異なることが示された．一般に精油に対する感受性はグラム陽性菌の方がグラム陰性菌よりも高いといわれているが[18]，著者らの成績でもセレウス菌と黄色ブドウ球菌の両グラム陽性菌は4種類の精油すべてに対して感受性で，この点では従来の知見に一致した．ウコンの精油中には抗菌活性を有する α-pinene,cineole, terpineole, terpinolen などが含まれているが[4,11,17]，今回抗菌活性にウコンの品種間差が認められた一因として，これらを含めた抗菌活性成分に量的あるいは組成的な差異があったものと推察される．McCarron らの報告[11]では黄色ブドウ球菌に対して強い抗菌活性を示す β-pinene[4]は *Curcuma longa* L. の葉の部分にだけ存在し，根茎からは検出されていない．一方，Sharma らの報告[17]では McCarron らとは違って根茎からも小量ではあるが β－pinene を検出しており，またそこには精油を構成する成分数や主要成分の含量比も葉部と根茎部とでは随分と異なることが示されている．精油の抗菌作用が植物の生育段階によって変化したとの報告[7]も見られるので，ウコンの生育に伴って抗菌力や抗菌スペクトルがどのように変化するのか，あるいは精油構成成分は葉部と根茎部とでどう違うのかなども含めて，本試験で認められた抗菌活性の品種間差などについては今後さらなる検討が望まれる．

抗菌力を反映する阻止円サイズに着目すると，ウコン，キョウオウおよびガジュツの平均値はいずれも14㎜以上であったのに対し，発酵ウコンでは約12㎜で，阻止円の縮小化傾向が認められた．なお，いずれの精油も用いた菌株の中でセレウス菌に対して最大級の阻止円を形成するという共通点がみられた．

2）最小発育阻止濃度

ディスク拡散法によるスクリーニングの結果からウコン精油には抗菌活性のあることが分かり，同一菌株（セレウス菌）に対する阻止円の大きさに最大約5㎜の差が認められたので，次に個々の精油の抗菌活性の強さを知るためにブイヨン培地希釈法により MIC を測定し，表6の結果を得た．ウコンが最も強い抗菌活性を示した菌はセレウス菌で，次いで黄色ブドウ球菌，ナグビブリオ菌の順で，サルモネラ菌，毒素原性大腸菌および腸管出血性大腸菌O-157に対する MIC は9％以上であった．キョオウ，ガジュツもウコン同様セレウス菌に対する活性が最も強く，MIC 値はそれぞれ0.018％，0.035％であった．ウコン，キョウオウ，ガジュツに比べて発酵ウコンの抗菌活性は弱く，阻止円が認められた4菌株に対する MIC はいずれも9％以上であった．前述したように発酵ウコンでは阻止円のサイズ自体が他に比べて小さめであったが，これには収油率の低さが関与しているものと考えられる．市場における主力商品である発酵ウコンにおいてなお抗菌活性が残存していることが明らかになったのは，これを摂取した場合の薬理効果を考慮する上での重要な知見の一つと考えられる．

Table 6. Minimum inhibitory concentration of essential oils against six strains of bacteria determined by the broth dilution method.

Bacteria	MIC (%,V/V)			
	Curcuma longa L.	*C. aromatica* Salisb.	*C. zedoaria* Roscoe	Fermented turmeric
BC	0.281	0.018	0.035	> 9
EHEC	> 9	−	−	−
ETEC	> 9	−	> 9	−
NVC	4.5	0.141	1.125	> 9
SE	> 9	> 9	−	> 9
SA	2.25	2.25	N	> 9

N : Not analysed.
− : No inhibitory zone was detected by the disc diffusion test.
Each of the oils was tested at concentrations ranging from 9 to 0.018%.
List of bacteria is given in table 2.

本実験で注目される点は最近食中毒起因細菌として最も関心の高い腸管出血性大腸菌O-157に対してウコン精油が抗菌作用を示したことである．この細菌に対するウコンの抗菌活性を調べた報告はこれまでみられていない．

4 熱安定性

加熱処理の前後で精油の抗菌活性を調べ，表7の結果を得た．加熱処理前後での阻止円サイズの差（加熱前の値－加熱後の値）は精油個別に見た場合が－1.6～＋0.5mm，4種の精油の平均値で見た場合が－0.3mmを示し，すべて誤差範囲内の変動と考えられた．したがって121℃，20分の加熱処理では精油の抗菌活性に変化は認められず，セレウス菌に対するウコン精油の抗菌活性は熱安定性であると判断された．

Table 7. Influence of heating the essential oils on antibacterial activities by disc diffusion test.

(mm)

Heating	Diameter of inhibitory zone			
	Curcuma longa L.	*C. aromatica* Salisb.	*C. zedoaria* Roscoe	Fermented turmeric
Before	16.1±0.2	17.8±0.6	15.2±0.3	13.1±0.2
After	15.6±0.2	18.1±0.0	16.8±0.7	13.0±0.0

Values are means±S.D.
Bacillus cereus was used as test bacteria.
Heating-treatment was done at 121℃,for 20 minutes.

要　約

ウコン，キョウオウ，ガジュツおよび発酵ウコンから直接蒸留法で得られた各精油について，一般的な食中毒起因細菌5菌種6菌株に対する抗菌活性をディスク拡散法とブイヨン培地希釈法／寒天平板法を用いて調べた．

まずディスク拡散法を用いて抗菌活性の有無をスクリーニングした．精油原液50μl をペーパーディスクに浸み込ませ，それを含菌寒天平板培地に載せたままで37℃，24時間培養後，阻止円の形成の有無と直径を測定した．その結果すべての供試菌株，すなわちナグビブリオ菌，サルモネラ菌,毒素原性大腸菌，腸管出血性大腸菌O-157，黄色ブドウ球菌およびセレウス菌の6菌株に対して阻止円を形成したのはウコンだけであ った．キョウオウ，ガジュツおよび発酵ウコンはいずれも6菌株中4菌株に対してだけ阻止円を形成した．

次にブイヨン培地希釈法／寒天平板法を用いて，阻止円が認められた組合せについて最小発育阻止濃度（Minimum Inhibitory Concentration；MIC）を調べた．すなわち各精油の2倍段階希釈系列（9.0%～0.018%，v/v）からなるブイヨン培地中に各菌を接種し，MICを測定した．その結果ウコン，キョウオウおよびガジュツのいずれもがセレウス菌に対して最も強い抗菌活性を示し，MICは0.281%，0.018%および0.035%であった．発酵ウコンの抗菌活性は概して弱く，MICはいずれも9%以上であった．

なお各精油の熱安定性についてセレウス菌に対する抗菌活性を指標にディスク拡散法を用いて調べたところ，121℃，20分間の加熱処理では いずれの精油にも抗菌活性の低下は認められなかった．

この研究を進めるにあたって，腸管出血性大腸菌O-157に関する実験は沖縄県衛生環境研究所の徳村勝昌氏のご指導の下に同研究所内で行なった．ここに感謝の意を表します．

引用文献

1. 葵 一八, 鏑木紘一, 関寅一郎, 戸畑トモ子, 佐竹元吉, 黒柳正典 1986 ウコン (*Curcuma longa* L.) の栽培に関する研究 (第Ⅰ報) 根茎収量とクルクミン類含量との品種間差異 衛生試験所報告 第104号 124-12.
2. Anup Banerjee and S.S. Nigam 1978 Antimicrobial efficacy of the essential oil of *Curcuma longa*. Indian J. Med. Res **68**:864-866.
3. Bhavani Shankar T.N., N.V. Shantha, H.P. Ramesh, Indira A. S. Murthy & V. Sreenivasa Murthy 1980 Toxicity studies on turmeric (*Curcuma longa*) : Acute toxicity studies in rats, guineapigs & monkeys. Indian J. Exp. Biol. **18**:73-75.
4. Hinou J.B., C.E. Harvala and E.B. Hinou 1989 Antimicrobial activity screening of 32 common constituents of essential oils. Pharmazie **44**:302-303.
5. 本郷富士弥, 上地俊徳 1999 平成10年度共同研究報告書「牛乳ホエー (WPC) と生薬ウコンを利用した新発酵乳の開発に関する調 査研究」社団法人全国農協乳業プラント協会 平成11年3月
6. Huang M.T., Lou Y.R., Ma W., Newmark H.L., Reuhl K.R. and Conney A.H. 1994 Inhibitory effects of dietary curcumin on forestomach, duodenal and colon carcinogenesis in mice. Cancer Res. **54**:5841-5847.
7. 石黒幸雄, 岡本賢治, 園田洋次 1993 ハトムギもやしの抗菌性 日本食品工業学会誌 **40**(5):353-356.
8. 化学研究室 1970 茶の公定分析法 茶業試験場研究報告書農林省茶業試験場 (静岡) **6**:167-170.
9. 前田安彦編著 1988 初学者のための食品分析法 増補5版弘学出版 (株) pp182.
10. 牧野富太郎著 昭和60年 牧野新日本植物図鑑 (第41版) (株) 北隆館 (東京) pp875.
11. McCarron M., A.J. Mills, D. Whittaker, T.P. Sunny and J. Verghese 1995 Comparison of the monoterpenes derived from green leaves and fresh rhizomes of *Curcuma longa* L. from India. Flavour Fragr. J. **10**:335-357.
12. 三沢1992 秘薬「ウコン」のすべて (第九刷) 現代書林 (東京) pp195.
13. 水野修一 1995 最強の薬草ウコンの秘密 廣済堂出版 (東京) pp202.
14. 尾崎 寿 1995 肝臓病・糖尿病・高血圧に効く! 生命の秘薬「春ウコン」の奇跡 現代書林 (東京) pp198.
15. Sambaiah K., S.Ratankumar,V.S. Kamanna,M.N.Satyanarayana and M.V.L. Rao 1982 Influence of turmeric and curcumin on growth, blood constituents and serum enzymes in rats. J. Food Sci. Technol. **19**:187-190.
16. Sharma O.P. 1976 Antioxidant activity of curcumin and related compounds. Biochem. Pharmacol. **26**:1811-1812.
17. Sharma Rabin K., Misra Bhabani P. Sarma Tarun C., Bordoloi Ajit K., Pathak Madan G., Leclercq Piet A. 1997 Essential oils of *Curcuma longa* L. from Bhutan. J. Essent. Oil Res. **9**(5):589-592.
18. Smith-Palmer A., J. Stewart and L. Fyfe 1998 Antimicrobial properties of plant essential oils and essences against five important food-borne pathogens. Lett. Appl.Microbiol. **26**:118-122.
19. South E.H.,Exon J.H. and Hendrix K. 1997 Dietary curcumin enhances antibody response in rats. Immunopharmacol. Immunotoxicol. **19**(1):105-119.
20. Sreejayan and Rao M.N.A. 1994 Curcuminoids as potent inhibitors of lipid peroxidation. J. Pharm. Pharmacol. **46**:1013-1016.