

參、文獻檢討

一、漢堡肉餅 (Hamburger patty)

由於所得的增加、食的生活多樣化、高度化的需要，工業化繁忙的社會，婦女亦多走出了家庭，生活品質的提高及閒暇娛樂的追求，外食大幅度的成長，尤以供應漢堡等速食食品 (Convenience foods) 及快餐 (Fast food) 餐館為最，吸引了各階層的消費者，麥當勞的震撼，不但帶動世界各國著名的速食餐飲業的登陸，亦影響了我國飲食業的革新 (林，1987)。

根據美國禽畜肉品標示百科全書 (Encyclopedia of labeling Meat and Poultry Products) 記載，漢堡 (hamburger) 一詞，係將新鮮或冷凍牛肉經絞碎或細切，混入脂肪及調味料調製而成之製品，製品含脂率不可超過 30%，而且不可添加冰水、結著劑或充填劑，牛頰肉 (beef cheek meat) 使用量可達 25%；因此豬肉漢堡 (pork hamberger) 製品也宜符合上述定義，只將原料肉改為豬肉而已 (林，1990)。

此外各個國家由於消費習慣及其所生產的肉源相異，漢堡肉餅的種類甚多，一般而言是以牛肉、豬肉及羊肉經過直徑在 3mm 以上的絞肉機處理之粗絞肉為主要原料，在製品中所佔的比例為 70% 以上，最高級品純肉產品如牛肉佔重量比例 95% 以上，不含植物性蛋白、結著劑或食品添加物、粗脂肪在 20% 以下，而一般等級製品可含植物性蛋白 20% 以下，結著劑 5% 以下，亦可加食品添加物，產品多以肉餅成型機或填入腸衣中成型，冷凍製品溫 -18°C 以下貯存備用，其製作流程如後：

1. 純肉品漢堡肉餅：

原料肉 → 修飾 → 碎肉機 → 攪拌粗絞碎肉 → 肉餅成型 → 急速冷凍（品溫-18℃） → 裝箱 → 品管檢查 → 銷售。

2. 添加調味料之漢堡肉：

原料肉 → 修飾 → 碎肉機 → 各種添加物混合 → 肉餅成型 → 加調味汁半熟製品加熱處理焙烤、油炸等 → 包裝製品 → 品管檢查 → 銷售（林，1987）。

二、中式香腸（Chinese sausage）

中華美食聞名全世界，然而談到中式肉製品中且最具傳統特色，最受消費者喜愛且生產量最高的肉製品，當以香腸居首（魏，2000）。中式香腸的消費多在年節，但仍一直是國內市場消耗量最大宗的加工肉製品（林，1987）。

香腸（sausage）一詞是由拉丁字 Salsus 衍生而來，其意義是加鹽保存，它是一種既營養又精緻，食用方便並有多種口味調製的肉品。一般凡以牛肉、羊肉、馬肉、家兔肉、雞肉以及製作火腿、鹹肉時之殘存肉為主要原料，經過醃漬、細切後，加入內臟、舌、血液、豬皮、豬脂肪等，再與香辛料、調味劑以及其他添加物充分混合後，充填於腸衣以成型之製品即稱為香腸（張，1990）。依 CAS 優良食品標誌制度規範（行政院農業委員會，1995）的定義，中式香腸係以畜、禽肉或畜禽混合肉為原料，經過絞碎、醃漬、充填、燻煙或不燻煙、乾燥或不乾燥等過程而製成者。其品質規格為冷藏品溫維持在-2~7℃，在感官品質方面必須要（1）表面無嚴重滲出之汁液及油脂者，且汁液不得呈混濁狀（2）無污物、黴斑或其他異物附著（3）色澤正常、

氣味與風味良好(4)組織結著性良好(5)切面組織均勻，且無大的空隙存在(行政院農業委員會，1995)。

中式香腸之化學成分在CAS優良食品標誌制度規範中，灰分含量要在5.0%以下、脂肪含量在30%以下且蛋白質含量在17%以上。此外，其微生物的標準在大腸桿菌(*E. coli*)上需低於50MPN/g，而沙門氏桿菌(*Salmonella*)與金黃色葡萄球菌(*S. aureus*)方面均需呈陰性反應(行政院農業委員會，1995)。

三、茶葉

在茶葉中含有各種成分，包括有茶多酚類、植物鹼、蛋白質及游離胺基酸、碳水化合物、色素、脂質、礦物質以及一些香氣成分，如表一所示。茶葉中可溶性成分約佔其乾重的30~40%左右，依據其組成可分成以下八大類(陳，2001(b))：

(一) 茶多酚類 (tea polyphenols)：

茶多酚為茶葉中最大含量，約佔可溶性成分的40~50%(廖，2000)。茶多酚依其結構的特性可分為五大類(Sanderson, 1972)，其中兒茶素為茶多酚之主要成分：

(1) 黃烷醇類 (flavanols)：

又稱兒茶素類，是茶葉中最高含量的多元酚類，約佔總量的75~80%(甘，1981；尤，1992；陳，2001(b))。兒茶素主要可分為六種：表兒茶素，(-)epicatechin (EC)；表兒茶素沒食子酸酯，(-)epicatechin gallate (ECG)；表沒食子兒茶素，(-)epigallo- catechin (EGC)；表沒食子兒茶素沒食子酸酯，

表一、茶葉中所含的化學組成

Table 1. Chemical composition of the tea leaf

Component	Percentage of dry weight
Flavanols	25.0
Flavonols and flavonol glycosides	3.0
Phenolic acids and depsides	5.0
Other polyphenols	3.0
Caffeine	3.0
Theobromine	0.2
Amino acids	4.0
Organic acids	0.5
Monosaccharides	4.0
Polysaccharides	13.0
Cellulose	7.0
Protein	15.0
Lignin	6.0
Lipids	3.0
Chlorophyll and other pigments	0.5
Ash	5.0
Volatiles	0.1

(Balentine *et al.*, 1997)

(-)*epigallocatechin gallate* (EGCG)；兒茶素，(+)*catechin* (C) 以及沒食子兒茶素 (+)*gallocatechin* (GC) (Huang *et al.*, 1992；Shahidi *et al.*, 1992；Ho *et al.*, 1994；Amarowicz and Shahidia, 1995；Shahidi and Alexander, 1998)，結構式如圖一。

(2) 黃酮醇類 (flavonols)：

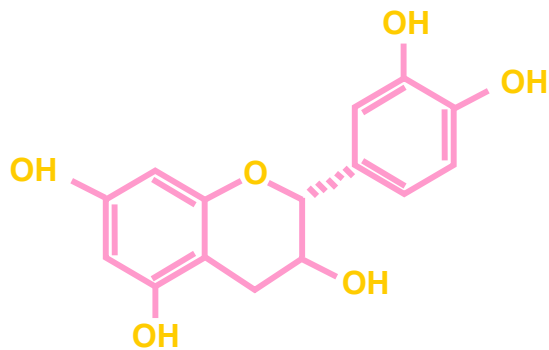
屬類黃酮素類化合物 (flavonoids) 中主要成分，構造類似花青素，且有較良好的熱安定性及氧化安定性。黃酮醇類成分多呈黃色，多以配醣體的狀態存在茶葉裡，易溶於水，極為安定，是茶湯水色及澀味的主要來源 (甘，1981)。

(3) 無色花青素 (leucoanthocyanines)：

在茶葉中可發現八種無色花青素的成分，其構造類似花青素，無色，但在食品加工過程能轉變為有色物質，其基本構造為 *flavan-3, 4-diol*，常以 4-8 或 4-6 結合成雙體 (dimer)，在礦酸存在時加熱可轉變成花青素。這類成分與食品的澀味有關，是許多水果和飲料的風味來源 (甘，1981)。

(4) 酚酸 (phenolic acids) 及縮酚酸 (depsides)：

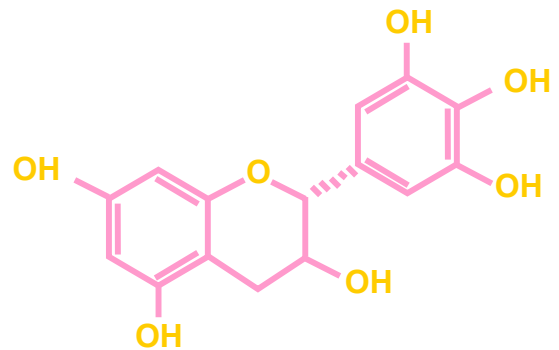
茶中酚酸及縮酚酸的種類如下，酚酸：*Gallic acid*、*Ellagic acid*、*Quinic acid*、*Caffeic acid* 以及 *P-Coumaric acid*；縮酚酸：*Chlorogenic acid*、*Neochlorogenic acid*、*m-Digallic acid*、*P-Coumaryl quinic acid* 以及 *Theogallin* (Stahl, 1962)。其中以 *theogallin* 在茶葉中的含量較多，且只存在於茶葉中 (尤，1992)。



(+)-Catechin

$C_{15}H_{14}O_6$, mol. wt. 290

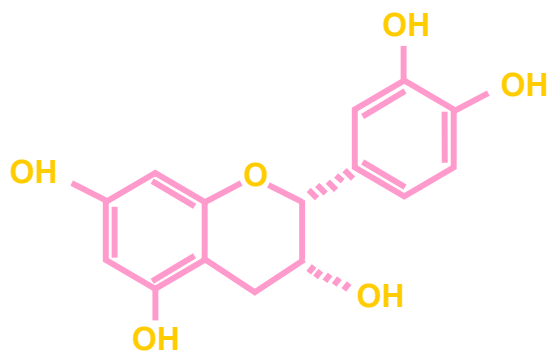
m.p. 176°C, $[\alpha]_D +18^\circ$



(+)-Callocatechin

$C_{15}H_{14}O_7$, mol. wt. 306

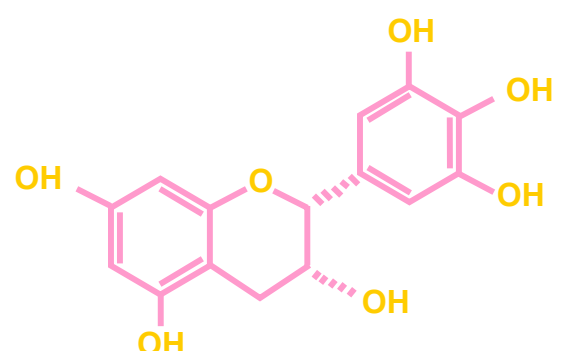
m.p. 188°C, $[\alpha]_D +15^\circ$



(-)-Epicatechin

$C_{15}H_{14}O_6$, mol. wt. 290

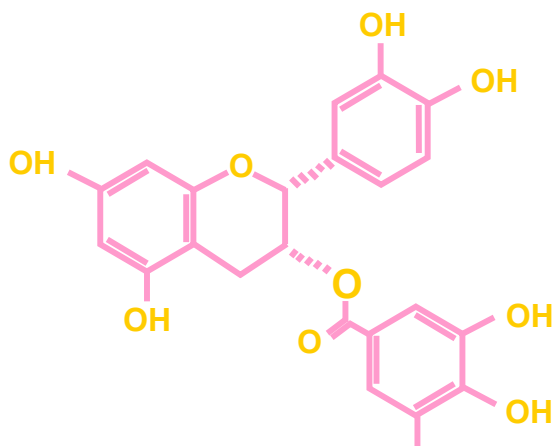
m.p. 242°C, $[\alpha]_D -69^\circ$



(-)-Epigallocatechin

$C_{15}H_{14}O_7$, mol. wt. 306

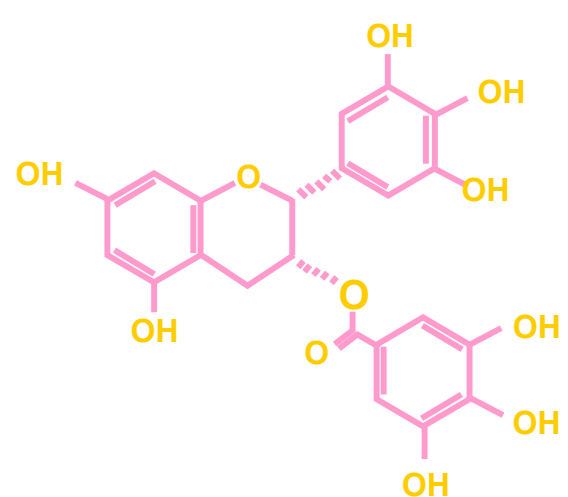
m.p. 218°C, $[\alpha]_D -50^\circ$



(-)-Epicatechin gallate

$C_{22}H_{18}O_{10}$, mol. wt. 442

m.p. 253°C, $[\alpha]_D -17^\circ$



(-)-Epigallocatechin gallate

$C_{22}H_{18}O_{11}$, mol. wt. 458

m.p. 254°C, $[\alpha]_D -190^\circ$

圖一、綠茶兒茶素之化學結構。

Fig.1. Chemical structure of green tea catechins.

(Juneja *et al.*, 2000)

(5) 氧化態聚合酚類:

如茶黃質 (theaflavin)、茶紅質 (thearubigin) 等，是茶葉發酵過程中，多元酚進行氧化產生的最主要產物 (Haslam, 1989)。茶黃質與茶紅質均是一群化合物的混合名稱，其不僅提供茶湯的水色，對茶湯的滋味也有所貢獻 (陳，1997)。

(二) 植物鹼 (alkaloids):

植物體內有咖啡因 (caffeine)、可可鹼 (theabromine) 及茶鹼 (theaphylline) 三種植物鹼。在茶中，咖啡因是主要的植物鹼，佔乾重的 2.5~5.5%，而可可鹼及茶鹼僅以少量存在 (尤，1992)。

(三) 蛋白質及游離胺基酸 (proteins and free amino acids):

蛋白質和胺基酸都是茶葉中的重要含氮物質。茶葉中的蛋白質極大部分難溶於水，約佔乾重 18~19%，少數易溶於水的蛋白質約佔乾重的 1~2%，其對茶湯的滋味有很大的影響 (蔣，1994)。

茶中的胺基酸有 20 餘種，而這些胺基酸中以茶胺酸 (theanine) 佔總胺基酸量的 50~60% 或茶葉乾重的 1~2%，不但是茶中最主要的一種游離胺基酸，也是茶中特有的一種胺基酸 (甘，1982)。

(四) 碳水化合物 (carbohydrates):

包含有葡萄糖、果糖、蔗糖等，但含量並不高 (陳，2001(b))。

(五) 植物色素 (plant pigments) :

茶中的植物色素包括葉綠素 (chlorophyll)、類胡蘿蔔素 (carotenoids)、葉黃素 (luteol)、黃酮醇 (flavonol) 及花青素 (anthocyanins) 等，其中以葉綠素、類胡蘿蔔素及花青素含量較多 (吳，2000)。植物色素可分為水溶性及脂溶性色素兩種，黃酮醇及花青素等水溶性色素主要是決定茶湯的顏色，而葉綠素、類胡蘿蔔素及葉黃素等脂溶性色素則是決定乾茶及葉片的色澤 (蔣，1994)，這些色素容易在加工過程中因酵素作用及受熱破壞而減少 (吳，2000)。

(六) 脂質 (lipids) :

茶中的脂質約佔乾物質重 2~3%，而脂肪酸會在其製茶的過程中因酵素性氧化或水解而減少，形成揮發性化合物，是茶葉香氣物質的主要來源 (Tomlins and Mashingaidze, 1997)。

(七) 礦物質 :

茶中的灰分佔乾重的 5%，其中約有 60~70% 會溶於水中；而各成分中以鉀所佔比率最高，約佔 50% (Wickremasinghe, 1978)。

(八) 香氣成分 :

茶葉所含之香味成分達數百種，其所含比例極低，但卻是茶湯香味的主要來源 (陳，2001(b))，而茶多酚類、類胡蘿蔔素以

及不飽和脂肪酸則是這些香味主要的前驅物質 (Flament, 1991)。

四、茶多酚之機能性：

茶葉主要成分可依其機能性區分為三，有一次機能性（營養性）、二次機能性（嗜好性）以及三次機能性（身體調節性），其分類如表二所示。而這些機能性則以第三次機能性最為重要，其主要的特性以表三示之（尤，1997；村松，1991）。在這些成分中最為人所重視即為多酚類中的兒茶素，一般所謂的「茶多酚類」與「兒茶素」幾乎是同義辭，雖然在化學定義上兩者並不相同，但由於兒茶素是茶多酚中最主要的組成，因此兩者所指的成分幾乎是相同（陳，2001(b)）。而茶多酚中最重要組成的即是兒茶素類中表兒茶素，(-)epicatechin (EC)；表兒茶素沒食子酸酯，(-)epicatechin gallate (ECG)；表沒食子兒茶素，(-)epigallo- catechin (EGC)；表沒食子兒茶素沒食子酸酯，(-)epigallocatechin gallate (EGCG)；兒茶素，(+)-catechin (C) 以及沒食子兒茶素 (+)gallocatechin (GC) 這六種 (Das *et al.*, 1965; Matsuzaki and Hara, 1985)，具有抗氧化、抗菌、抗病毒、抗腫瘤、抗癌、抑制膽固醇上升、抑制血糖上升以及抑制心血管疾病、消臭等功能，如表四所示。

（一）抗氧化作用：

茶兒茶素已被證實有很強的抗氧化能力，能去除氧合自由基及具高反應性的氫氧根自由基 (Ivor and Dreosti, 1996)，茶中抗氧化物質對自由基之清除效力顯示在表五。兒茶素抗氧化的能力主要是在其苯環結構上不飽和鍵及環狀結構上所接的氫氧基

表二、茶葉成分的機能性分類

機能	成分
<p>一次機能性 (營養性)</p>	<p>維生素:維生素 C、維生素 E、Provitamin A(β-carotene)等 礦物質:鉀、磷、微量必須元素等</p>
<p>二次機能性 (嗜好性)</p>	<p>滋味:茶胺酸(theanine)、游離胺基酸(鮮味)、兒茶素類(澀味)、咖啡因(caffeine, 苦味) 香氣:terpenes、alcohols、carbonyls、ester等精油 顏色:黃酮醇類(flavonols)、茶黃質(theaflavins, 兒茶素類氧化物)、葉綠素(chlorophylls)</p>
<p>三次機能性 (身體調節性)</p>	<p>多元酚類(兒茶素類、兒茶素類氧化物、黃酮醇類)、咖啡因、異質多醣(heteropolysaccharides)、抗氧化維生素類(維生素 C、維生素 E、β-carotene)、γ-胺基酪酸(γ-aminobutyric acid)、皂素(saponins)、微量必須元素(鋅、錳、氟、硒等)</p>

(尤, 1997; 村松, 1991)

表三、茶葉中機能性（三次機能）成分的特性

成分	含量（乾物中）	生理作用
兒茶素類 （含其氧化物質）	10~18%	抗氧化、抗突變、抗癌、降低血中膽固醇、降血壓、降血糖、抑制血小板凝集、抗菌、抗病毒、預防齲齒、預防消化道潰瘍、抗過敏、改善腸內細菌結構、消臭
黃酮醇類	0.6~0.7%	增強血管彈性、抗氧化、降血壓、消臭
咖啡因	2~4%	中樞神經興奮、提神、強心、利尿、抗喘氣、代謝亢進
異質多醣	約 0.6%	降血糖、治療糖尿病
維生素 C	150~250mg%	抗壞血病、抗氧化、預防癌症
維生素 E	25~70mg%	抗氧化、預防癌症、抗不孕
β -胡蘿蔔素	13~29mg%	抗氧化、預防癌症、增強免疫力
γ -氨基酪酸	100~200mg%	降血壓
皂素	約 0.1%	抗癌、抗炎症
氟	90~350ppm	預防齲齒
鋅	30~75ppm	預防皮膚炎、防止味覺異常、預防免疫功能低下
硒	1.0~1.2ppm	抗氧化、預防癌症、防止克山症（心肌症）

（尤，1997；村松，1991）

表四、兒茶素的機能性

1.抗氧化作用

防止油脂、肉類製品氧化

防止天然色素褪色

去除自由基、消除活性氧、提高體內整體抗氧化能力

螯合金屬離子，降低金屬離子促氧化效應

降低血脂質的氧化

預防心血管疾病

2.抗菌作用

食物中毒菌、蛀牙菌、植物病原菌、細菌毒素等

3.抗病毒作用

influenza virus (流行性感冒病毒)

tobacco mosaic virus (菸草嵌紋病毒)

paperooma virus

4.抑制酵素活性

血管收縮素 I 轉移酵素(ACE, angiotensin I converting enzyme)

amylase、surase、glucosidase、tyrosinase、xanthine oxidase、齒垢

合成酵素

5.抗突變

抑制基因突變、抑制染色體異常

6.抗過敏

7.防止放射線傷害

8.防止紫外光傷害

9.抗腫瘤作用

抑制腫瘤增殖、降低腫瘤數目、降低腫瘤容積

抑制以發癌劑誘導腫瘤的發生

抑制病毒性腫瘤的發生

抑制腫瘤細胞的增生、抑制腫瘤的轉移

促進腫瘤細胞的程式化死亡

10.抑制血膽固醇、血脂質的增加

11.抑制血糖上升

12.抑制血壓上升

13.抗潰瘍作用

14.改善腸道菌相、整腸

提高腸道乳酸菌及比菲德氏菌含量及比例、降低腸道無益菌及有

害菌含量與果寡糖對腸道菌相具相乘作用(synergistic effect)

15.消臭作用

消除口臭、魚腥臭、糞便臭

16.預防齲齒

17.促進尿液中毒素的排除

18.減肥

19.貝類驅除作用

20.其他

(陳，2001(b)；原，1995)

表五、茶葉中抗氧化物對於自由基之清除效力

Table 5. Scavenging of stable free radicals by tea actioxidans

Stable radical	Polar/apolar	Retection mode	Relative scavenging capacity
Fremy,s salt	Polar	ESR	EGCG > ECG > EC > EGC > C > GA
Fremy,s salt	Polar	ESR	Green tea > black tea
Galvinoxyl	Apolar	ESR	EGCG > ECG > GA > EC ≒ C > EGC
Galvinoxyl	Apolar	ESR	Green tea > black tea
ABTS ^{·+}	Polar	abs 734mm	TF-dg > TF-mg > TF
ABTS ^{·+}	Polar	abs 734mm	ECG > EGCG(Q > EGC > GA > EC(C
DPPH [·]	Apolar	ESR	EGCG ≒ ECG > EGC > EC(C >>> vit C > vit E
DPPH [·]	Apolar	abs 521mm	EGCG >>> ECG(GA > EC ≒ C ≒ rutin > vit E
DPPH [·]	Apolar	abs 517mm	Pouchong tea > green tea > oolong tea > black tea
DPPH [·]	Apolar	abs 517mm	EGCG > ECG > GC > EC > GA > EGC > vit C > Trolox
DPPH [·]	Apolar	abs 520mm	ECG > EGCG > EGC > GA > EC > C > vit C ≒ vit E
DPPH [·]	Apolar	ESR	ECG(tet) > ECG(tri) > ECG(di) ≒ EGCG > EGC > EC > vit C > vit E
DPPH [·]	Apolar	ESR	ECG > EGCG

Note: ABTS^{·+}: 2,2'-azinobis-(3-ethylbenzthiazoline-6-sulfonic acid) radical cation; DPPH[·]: 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl radical; TF-dg: theaflavin digallate; TF-mg: teaflavin monogallate; TF: theaflavin; EGCG: epigallocatechin gallate ; EGC : epigallocatechin; ECG: epicatechin gallate; EC: epicatechin; C: catechin; GA: gallic acid; Q: quercetin.

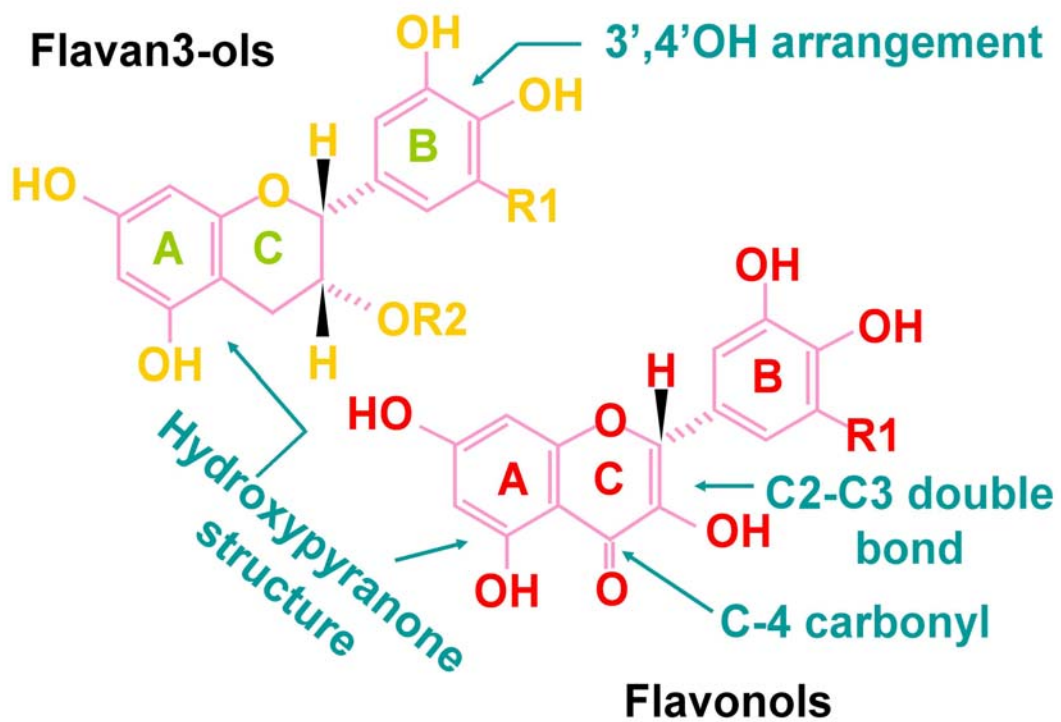
(Sheila *et al.*, 1997)

(-OH) 等化學結構有很大的關係 (朱, 2000)。圖二為類黃酮化合物之抗氧化性結構。其最大的特點是在於 B 環的位置上 C3', C4' 的位置為鄰位-雙羥基 (ortho-dihydroxy) 結構, 在 C 環的第四個位置不接酮基 (-C=O), C2-C3 非雙鍵結構, 但 C3 上皆有一羥基或沒食子酸根 (gallate), 以及 A 環上 C5 及 C 的羥基結構 (hydroxypyranone structure)。

B 環 C3', C4' 鄰位-雙羥基結構提供氫離子給自由基, 使原本不穩定且具有高反應性的自由基變成穩定的分子, 降低其對生物分子的破壞。提供氫離子給自由基後, 兒茶素化合物 C3', C4' 鄰位-雙羥基結構則發生重排作用 (arrangement), 產生穩定共振形式的酚自由基 (phenoxyl radical), 酚自由基比原來的自由基來的穩定, 且反應性較低, 對生物分子的傷害性較小。此外, B 環鄰位雙羥基結構也是提供螯合金屬離子的主要地方, 能抑制金屬離子所催化的活性氧分子作用 (Rice-evens *et al.*, 1996; Van *et al.*, 1996)。研究指出, 兒茶素化合物螯合金屬能力的順序為 EGC > ECG = EC (Guo *et al.*, 1996)。而在 C 環上 C3 位置所接的沒食子酸 (gallate) 官能基更能夠加強兒茶素化合物清除自由基、抗氧化以及抗癌症等能力。

(二) 抗菌作用：

兒茶素為茶多酚中主要成分, 屬酚類化合物, 因此其抗菌作用機制與酚類化合物作用機制相仿。林 (1985) 指出酚類化合物的抗菌原因一直不被確定, 但在許多研究之結果顯示其作用範圍



圖二、類黃酮化合物產生抗氧化性之主要結構特點。

Fig. 2. Structure features of flavonoids important to antioxidant chemistry.

(Shelia *et al.*, 1997)

涵蓋以下三點：(1)抗菌物質與細胞膜作用，改變膜之通透性(2)使一些必要的酵素不活化(3)使遺傳物質的功能喪失。

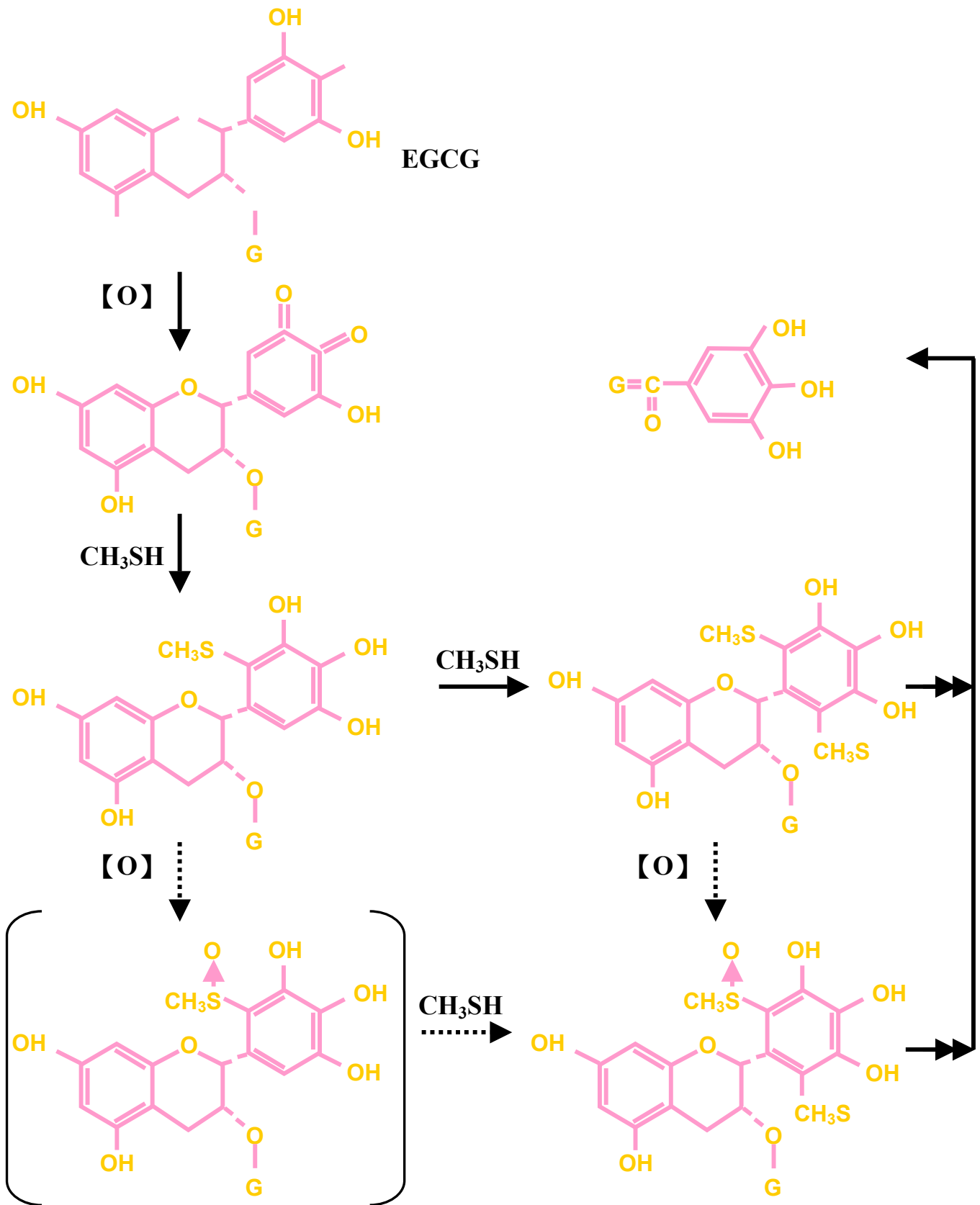
錢 (1999) 指出兒茶素抑菌的機制主要是兒茶素的成分會造成蛋白質失活，而此機能性主要是兒茶素結構中沒食子酸結構所導致。兒茶素會直接進入細菌細胞膜結構中的雙層磷脂結構並破壞其柵欄狀保護功能，擾亂細胞膜的雙層脂質系統，導致菌體細胞膜受損。此外，Kay 與 Proudfoot (1971) 探討酚類化合物對腦磷脂單層分子 (phosphatidyl ethanolamine monolayers) 之影響，他們發現酚會使細胞膜單分子層的完整性受到破壞，且其破壞程度與抗菌性強弱有直接關係。而此種抗菌機制會對革蘭氏陽性菌 (Gram-positive) 比革蘭氏陰性菌 (Gram-negative) 有較強的抗菌效果，因為革蘭氏陰性菌之外膜有一機能性障礙 (functional barrier)，形成一很緊密不易穿透的保護效果，抵抗大分子 (分子量大於 600) 之疏水性及親水性物質之入侵，且革蘭氏陰性菌外膜表面的多醣體所帶之負電荷亦會抵抗兒茶素破壞細胞膜 (錢，1999)。

(三) 除臭作用：

兒茶素的消臭功能目前主要使用在口臭、糞便臭、魚腥臭 (陳，2001(b)) 以及肉腥味 (川上，1996) 上。Suzuki (1983) 及 Ui (1991) 發現綠茶中的多酚類，特別是 EGCG 有強烈的除臭能力，能改善口腔內的不良氣味，(安田，1995) 指出造成口臭發生的原因可能是口腔中的微生物分解口腔脫落的上皮細胞、

食物殘渣、唾液甚至血液等蛋白質，將其轉變成揮發性的產物，包括揮發性含硫化合物、短鏈脂肪酸、含氮化合物、醇類及醛類化合物，其中揮發性硫化合物以甲硫醇（methylmercapta）、硫化氫（hydrogen sulfide）和二甲基化硫（dimethyl sulfide）等為主，且以甲硫醇所佔的比例最高，達 90%。日本學者宇井等人（1991）指出將個別純化的兒茶素（EGCG、EGC、ECG 及 EC）與天然的除口臭劑葉綠素銅（sodium copper chlorophylline；SCC）相比，結果顯示其除口臭效果的強弱為 EGCG > EGC > ECG > EC > SCC；此外黃（1994）推測兒茶素等酚類化合物在鹼性環境下易形成不穩定的醌類（quinones），並與甲硫醇產生氧化還原反應，此推測與 Yasuda 和 Arakawa（1995）利用 ^1H 與 ^{13}C -NMR 得到證實，並推測其反應可能之途徑，如圖三所示（吳，2000）。同時 Yasuda 和 Arakawa（1995）也發現兒茶素與沒食子酸（gallic acid，GA）對甲硫醇的消臭效果為 EGCG > EGC > ECG > GA > EC，且隨著兒茶素濃度的增加其除臭效果隨之增加。

此外，Goto 等人（1998）行的實驗中發現每日提供兒茶素，能有效降低人類糞便中氮（ NH_3 ）、硫化物、吲哚（Indole）、甲基吲哚（Skatole）等糞便中惡臭物質的含量；日本學者川上等人（1996(b)）發現餵飼豬隻食用兒茶素期間其糞便中的惡臭物質含量顯著降低；川上等人（1996）也發現將綠茶抽出物（polyphenol 60）或是紅茶抽出物（polyphenol RB）添加在畜肉加工製品中，對於消除畜肉的臭味有良好的效果。



圖三、利用 EGCG 與 CH₃SH 作用產物來推測其除臭可能之機制。

Fig. 3. Proposed reaction products between EGCG and methylmercaptan and the possible production pathway.

(Yasuda and Arakawa, 1995)

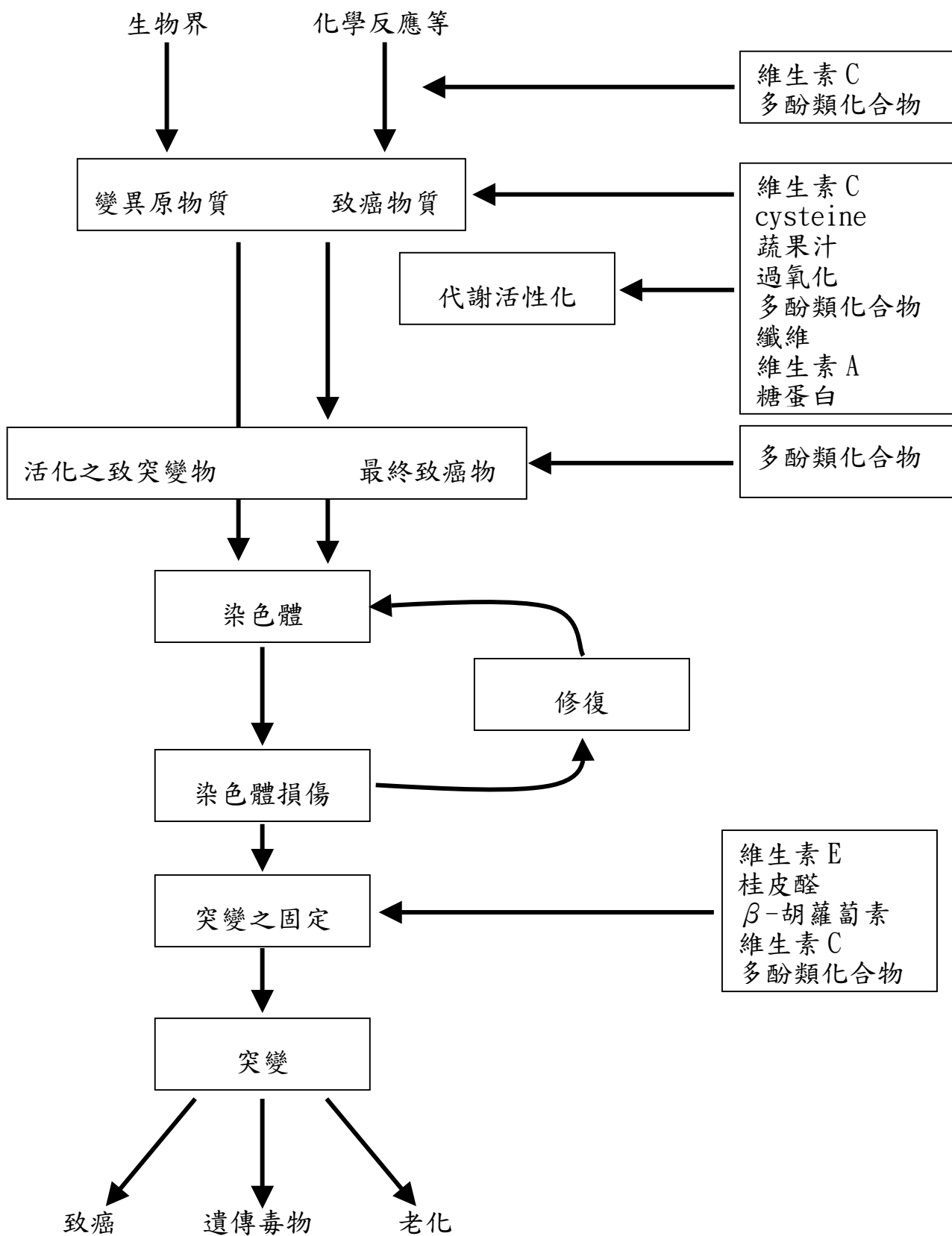
(四) 抗突變、抗腫瘤、抗癌作用：

藤原 (1993) 將食品中存在的抗致突變成份作用模式分為下面五種(1)抑制變異原之形成(2)變異原之不活化(3)抑制變異原之代謝活化過程(4)變異原代謝活化體之不活化(5)抑制突變之固定作用，如圖四所示。亞硝酸鹽長久以來做為食品的防腐劑，但亞硝酸鹽在胃中酸性的環境下比在食品中更易產生亞硝基化合物，而大部分的亞硝基化合物皆具致癌性 (陳和顏，1993)，Sitch 等 (1982) 證實茶葉萃取物可降低亞硝基化合物之致突變性；此外，Jaina 等 (1989) 證明 0.1-1mg/plate 之綠茶萃取物 (含 catechin) 會抑制 N-methyl- N'- nitrosoguanidine 對 *Salmonella typhimurium* TA100 的突變能力。

許多動物研究實驗指出，綠茶多酚類物質能夠抑制促癌劑 12-o-teradecanoylphorbol-13-acetate (TPA) 所誘發齧齒動物的皮膚癌、肺癌、前胃癌、食道癌、十二指腸癌與結腸癌等腫瘤的生成 (Huang *et al.*, 1992 ; Fujiki *et al.*, 1992 ; Hirose *et al.*, 1997)。此外，Dreosti 等 (1997) 證實兒茶素不論是在體內或體外試驗，皆能抑制癌症的發生，包括癌症的起始期、促進期、連鎖期以及腫瘤轉移期對於抑制癌細胞的生長均有正面的影響。

(五) 預防心血管疾病：

心血管疾病與粥狀動脈硬化 (atherogenesis) 有相當密切的關係，而血漿中低密度脂蛋白 (low-density lipoproteins, LDL) 的氧化與動脈硬化有關。目前被認定發生原因是由於人體中巨噬

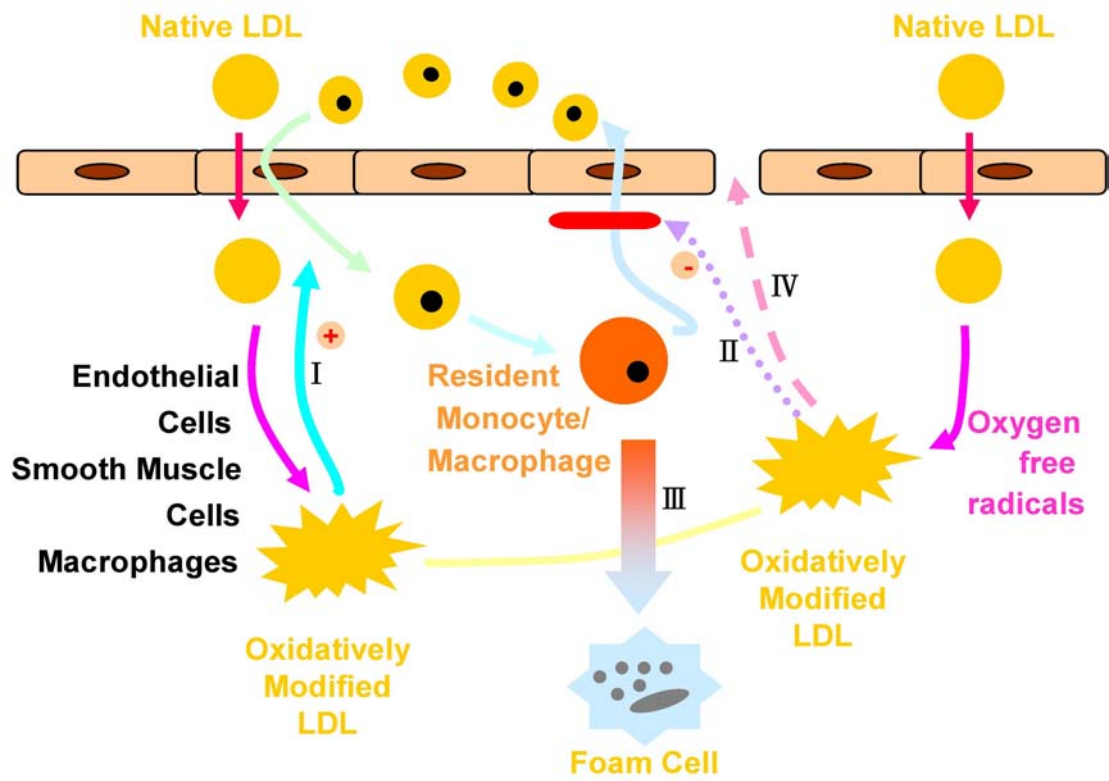


圖四、主要抗突變食物之作用模式。

(藤原, 1993)

細胞 (macrophage) 與氧化修飾作用的低密度脂蛋白 (oxidatively modified low-density lipoproteins, ox LDL) 結合，形成充滿脂質堆積的泡沫細胞 (foam cell)，堆積在血管壁上形成癥瘕 (plaque)。癥瘕堆積在血管壁中，導致血管壁增厚，彈性減低，血流量減少，進而造成動脈硬化 (郭，1999；Steinberg *et al.*, 1989)。圖五為動脈粥樣硬化之初期形成圖。Miura 等 (2000) 認為 LDL 氧化在動脈粥樣化中扮演重要的角色，此外，造成動脈粥樣硬化主要是為脂肪堆積的泡沫細胞，且大家一致認為 LDL 氧化是泡沫細胞形成的主因 (Steinberg *et al.*, 1989)。Yang 及 Koo (2000) 指出綠茶能抑制銅離子所誘發的 LDL 氧化以及抑制脂肪氧化酶的活性；同樣的 Miura 等 (1995) 也證明綠茶中主要存在的兒茶素 EGCG，能抑制銅離子誘發的 LDL 氧化。此外不同結構式的兒茶素對於抑制 LDL 氧化也有不同的效果，Miura 等 (1994) 指出其抑制的效果為 EGCG > ECG > EC > C > EGC；Vinson 等 (1995) 也指出 EGCG 在抑制銅離子誘發 LDL 氧化反應的能力遠比 ECG 與 EGC 來的有效，這可能與兒茶素螯合銅離子的能力有關。表六為茶中抗氧化成分對於預防 LDL 氧化反應之效果。

此外，兒茶素尚有降血壓、降血糖及降低血中膽固醇濃度的功能。臨床研究指出，健康人體每日攝取 500mg 兒茶素 3 個月其收縮壓與舒張壓些顯著下降；此外，兒茶素對於一些醣分解酵素如澱粉酶 (α -amylase)、蔗糖酶 (sucrase) 有抑制作用，可抑制醣類在腸道的分解和吸收，間接使血糖降低 (Hara and Honda, 1990)。Mukhtar and Ahmad (1999) 在動物試驗中證實，含有 0.5



圖五、動脈粥樣硬化之初期形成。

Fig. 5. Atherogenesis to form in the initial stage.

(Quinn *et al.*, 1987)

表六、體外試驗茶中抗氧化成分對預防 LDL 氧化反應之效果

Table 6. Prevention of *in vitro* LDL oxidation by tea antioxidants

Prooxidant	Detected parameter	Relative scavenging capacity
Cu ²⁺	Conjugated dienes(lag phase)	TF-dg > EGCG > TF-mg > ECG > TF > EGC > EC ^a
Cu ²	Conjugated dienes(lag phase)	EGCG > vit E ^a
Cu ²	Conjugated dienes(lag phase)	GT(50mg/ml) > BT(50mg/ml) ^a
Cu ²	TBARS	EGC and EC inhibitory in initiation phase, accelerative in propagation phase
Cu ²	Conjugated dienes(lag phase)	GT(vit E > vit C)
Cu ²	TBARS	TF-dg > TF3-mg > TF
Cu ²	Conjugated dienes(lag phase)	sesaminol > Q > EGCG > TF >> myricetin > BHT > α -tocopherol
Cu ²	apo B fragmentation	EGCG > BHT > α -tocopherol
Cu ²	Conjugated dienes(lag phase)	EGCG > ECG > EC > C > EGC
Cu ²	TBARS	ECG > EGCG > EC > C > EGC > BHT
Cu ²	apo B fragmentation	EGCG > C
Cu ²	TBARS	Flavanols most effective flavonoids
Cu ²	TBARS	EGCG > EGC > ECG > C > BHT > vit C > vit E > β -carotene
Cu ²	TBARS	(+)- C complete inhibition at 20 μ g/ml
Peroxynitrite	REM	ECG > GA > EC \approx EGC \approx EGCG
Metmyoglobin	TBARS/REM	EGCG = ECG \approx EC = C > EGC > GA
Macrophages	TBARS	GT polyphenols inhibited TBARS formation
Macrophages	LDL uptake by scavenger receptor	GT polyphenols inhibited LDL uptake by scavenger receptors
Macrophages	apo B fragmentation	GT polyphenols inhibited apo B fragmentation
J774 macrophages, vascular endothelial cell, human monocyte-macrophages	TBARS	Inhibition by (+)-C at 50 μ g/ml

Note: TF-dg: theaflavin digallate; TF-mg: teaflavin monogallate; TF: theaflavin; EGCG: epigallocatechin gallate ; EGC : epigallocatechin; ECG: epicatechin gallate; EC: epicatechin; C: catechin; GA: gallic acid; GT: green tea; BT: black tea; Q: quercetin; BHT: butylated hydroxytoluene; TBARS: thiobarbituric acid reactive substances; REM: relative electrophoretic mobility.

^a Antioxidants preincubated with plasma prior to LDL isolation.

(Sheila *et al.*, 1997)

~0.1%EGCG 的食物除了能降低血漿中總膽固醇、游離膽固醇、低密度脂蛋白 (low density lipoprotein, LDL) 及三酸甘油脂的濃度，亦可增加血漿高密度脂蛋白 (high density lipoprotein, HDL) 的濃度。

五、茶多酚之應用：

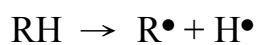
茶多酚目前的應用相當廣泛，如表七所示 (陳，2001(b))。

(一) 食品方面：

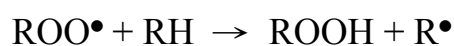
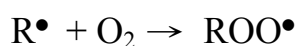
(1) 抗氧化劑：

在食品中，脂肪的氧化造成其品質降低及不良風味生成的主因。脂肪的自氧化的反應是由於不飽和脂肪酸或含不飽和脂肪酸的油脂因輻射作用、助氧化劑或酵素的的存在，促使其與氧分子結合後，依序進行一系列的化學反應以產生最後不良的結果 (張等，1995)，油脂自氧化反應為一連串自由基的連鎖反應，其反應分為三個階段，其反應機構如下：

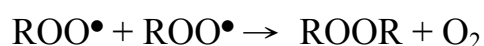
(1) 開始期 (initiation stage)：



(2) 連鎖生長期 (propagation stage)：



(3) 終止期 (termination stage)：



表七、兒茶素應用商品例及作用

應用對象	作用
飲料及一般食品	
清涼飲料	防止氧化、抗菌、保持香氣、增加口感、提高附加價值
肉製品	防止氧化、消臭、防止變色
糖果、口香糖	防止氧化、抗菌、增加風味、預防齲齒
糕餅類	防止氧化、抗菌、增加風味
鹽乾魚	防止氧化、保持鮮度、防止變色
食用油、魚油	防止氧化、消除臭味
保健食品	
膠囊	防止氧化、抗菌、抗病毒、整腸等
錠劑	防止氧化、抗菌、抗病毒、整腸等
健康飲料	消除活性氧、自由基等
飼料	
動物飼料添加劑	改善動物腸道菌相、促進動物健康
雞飼料之添加劑	降低蛋中脂質及膽固醇含量（低膽固醇雞蛋）
化妝品	
乳霜、面膜	防止皮膚過氧化、抑菌、消臭
健康用品	
空氣清淨器濾網	不活化流行性感冒病毒、抑菌、消臭
口罩	不活化流行性感冒病毒、抑菌、消臭

廚房用噴霧劑 除菌、消臭

植物用噴霧劑 除菌、消臭

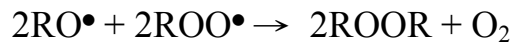
藥劑

兒茶素類試藥 試藥

高純度兒茶素藥品 藥品

其他

(陳，2001(b))



茶多酚抗氧化的能力取決於其清除自由基與螯合催化油脂自氧化的金屬離子的能力。茶兒茶素已被證實有很強的抗氧化能力，能去除氧合自由基及具高反應性的氫氧根自由基 (Ivor and Dreosti, 1996)，Shuze 等 (2001) 指出，茶萃取物含有兒茶素等抗氧化劑，當其使用在肉漿和魚漿時，兒茶素的抗氧化效果較 α -tocopherol 為佳，特別是在生魚漿與生肉漿的產品更能凸顯其效果的差異。Namiki (1990) 指出不同兒茶素其抗氧化活性為 $\text{EGCG} > \text{EGC} > \text{ECG} > \text{EC}$ ，此外在同樣濃度條件下兒茶素抗氧化活性亦優於 BHA 及 α -tocopherol。陳 (2001(b)) 指出，添加約油脂含量 0.005~0.05% 到油脂 (豬油、牛油、沙拉油) 中其抗氧化的效果十分明顯，且其效果顯著高於化學合成抗氧化劑 BHA 及 BHT；此外添加 500ppm 的兒茶素至貢丸中使其在加工過程中降低 40% 的氧化程度，且在冷凍貯存期間發揮抗氧化的能力。Wanasundara 及 Shahidi (1998) 也指出茶多酚中兒茶素的抗氧化的效果比其他抗氧化劑如 butylated hydroxytoluene (BHT)、butylated hydroxyanisole (BHA)、tertiary butyl hydroquinone (TBHQ) 以及維生素 E 來的強。同樣的情形也發生在 He 及 Shahidi (1997) 的研究上，他們將綠茶粉、綠茶萃取物、純兒茶素、商用抗氧化劑 (BHA、BHT、TBHQ)

及 α -生育醇 (α -tocopherol) 添加到鯖魚肉中，發現綠茶粉、綠茶萃取物及純兒茶素的抗氧化能力比 BHA、BHT、TBHQ 及 α -生育醇來的強。Shahidi and Alexander (1998) 也證實在 200mg/kg 的添加量下 α -生育醇及 BHT 的抗氧化能力也比兒茶素來的弱。

茶多酚類抗氧化劑除了在肉類食品及油脂的利用外，中國大陸已有人將添加到速食麵中探討其抗氧化的效果，結果顯示其能有效降低過氧化值 (peroxide value, POV)，且不影響速食麵的品質，且只需 50ppm 的添加量就可以發揮效果，對成本負擔的影響並不大 (黃等，1996)。

(2) 抗菌劑：

原與石上 (1989) 以最小生長抑制濃度 (minimum inhibitory concentration, MIC) 試驗茶兒茶素及純的個別兒茶素測試其對 16 種食品致病菌的抗菌能力，其結果如表所示。結果顯示其對 *Staphylococcus aureus*、*Vibrio fluvialis*、*V. Parahaemolyticus*、*V. metschnikovii*、*Clostridium perfringens*、*Bacillus cereus*、*Plesiomonas shigelloides* 以及 *Aeromonas sobria* 有抗菌效果。程 (2000) 亦指出兒茶素在低濃度下對具有代表性的食品中毒菌有明確的抗菌活性，他們包括金黃色葡萄球菌 (*Staphylococcus aureus*)、產氣夾膜桿菌 (*Clostridium perfringens*)、腸炎弧菌 (*Vibrio parahaemolyticus*) 等，兒茶素對食物中毒菌等有害菌即使是低濃度也具有殺菌的效果，但對乳酸桿菌和雙叉乳桿菌等益菌即使在

1000ppm 下也沒有殺菌的作用。原等（1989）發現茶中飲料本身對肉毒桿菌及其孢子具有很強的抗菌活性，而該抗菌成分即為茶多酚。

即使茶多酚已被證明對食物致病菌有抑制作用，但是目前為止多半是針對個別菌株進行研究，尚無用在生鮮食品上面的研究。

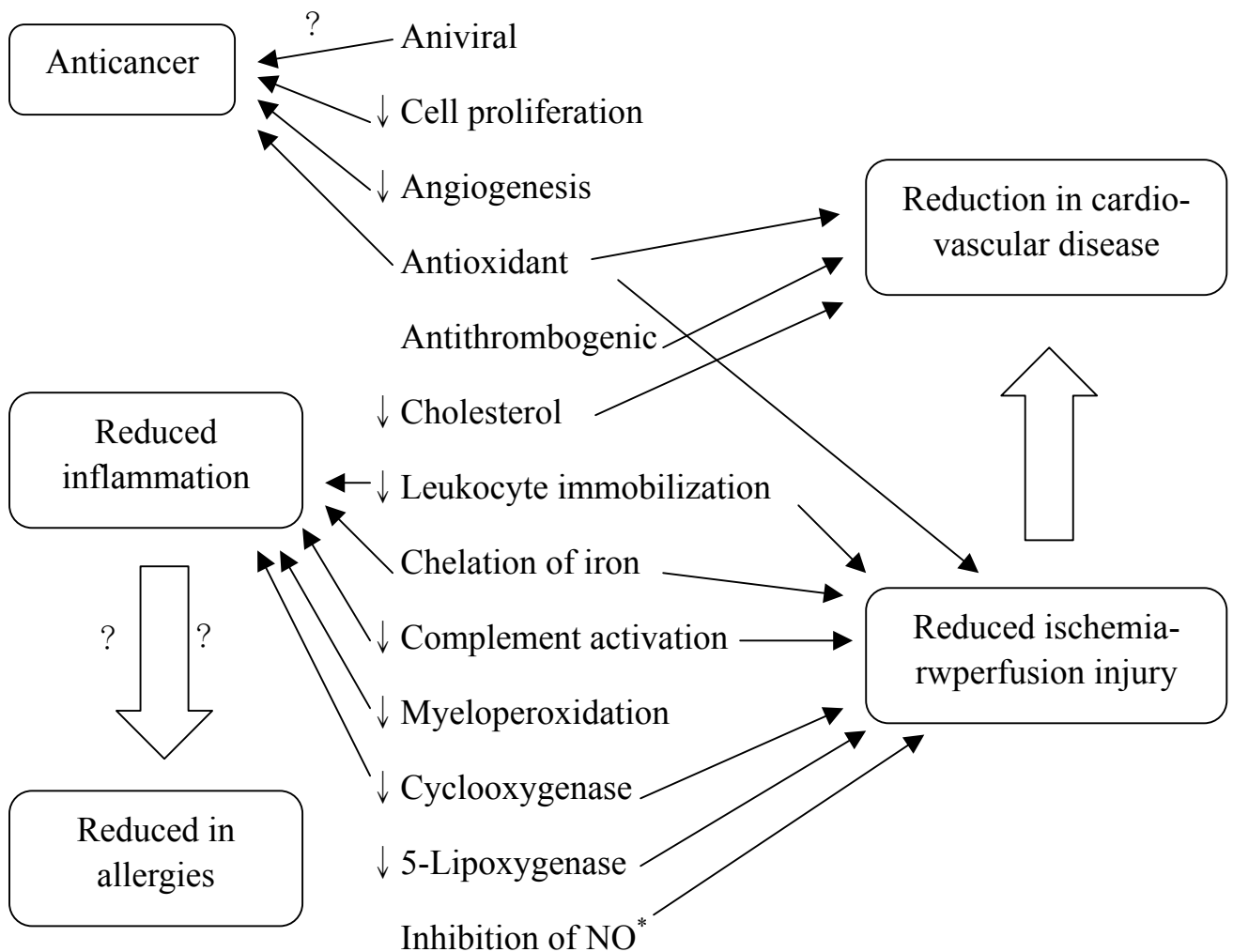
(3)除臭劑

川上等人（1996）發現將綠茶抽出物（polyphenol 60）或是紅茶抽出物（polyphenol RB）添加在畜肉加工製品中，對於消除畜肉的臭味有良好的效果。而陳（2001(b)），指出在貢丸中添加 500ppm 的兒茶素能降低油耗味及肉腥味，並提升整體的風味與總接受度；而香腸添加 1000ppm 的茶多酚同樣能降低油耗味及提升產品的總接受度。此外，安田（1992）指出兒茶素對魚肉惡臭物質三鉀基氨（trimethylamine）的消臭能力比天然的除口臭劑葉綠素銅（sodium copper chlorophylline；SCC）效果來的佳。

目前，茶多酚或兒茶素已被成功添加在許多食品中，包括乳製品、速食麵（Yang *et al.*, 1995），糖果、冰淇淋（Jiang *et al.*, 1995），此外它也被成功的應用在月餅的製作上（Wang *et al.*, 2000）。

（二）醫藥、保健功能：

類黃酮對於疾病的預防或影響生理效能之研究非常的多。由



圖六、類黃酮素化合物在疾病與氮氧化合物間之作用機制及影響假說。

Fig. 6. Hypothesis of the links between the working mechanisms of flavonoids the their effects on disease.

* NO: nitrous oxide.

(Nijveldt *et al.*, 2001)

Nijveldt 等 (2001) 整理的類黃酮之相關作用機制與疾病預防效能假設中 (圖六), 可以看到類黃酮對人體具有多項生理保健功能 (郭, 2003)。

由於兒茶素對人體有相當多的機能性作用如抗氧化、抗菌、抗病毒、抗腫瘤、抗癌、抑制膽固醇上升、抑制血糖上升以及抑制心血管疾病等, 目前已有消息指出有些公司已經開始開發兒茶素藥品, 例如高純度 EGCG, 且已經進入到 phase II 的試驗階段, 相信未來數年內應可以看到以兒茶素為主的新藥上市, 應用於抗氧化 (老化)、抗癌、降低血脂等方面, 或者以兒茶素配合其他藥物一起使用, 利用兒茶素與其他藥物的加成效應而獲得最佳的成效 (陳, 2001(b))。此外, 由於國內民眾對於健康日益重視, 因此已有廠商利用兒茶素的機能性將其製成膠囊狀, 作為健康食品來提供一般民眾作為日常保健之用。

(三) 飼料方面：

陳 (2001(b)) 報告中指出, 在日本已有人將兒茶素添加到豬飼料中, 發現其能顯著改善豬腸道中微生物菌相的分佈、降低豬糞尿的臭味。在日本餵食兒茶素的豬, 對其豬肉品質有相當大的改善, 包括豬肉腥味的降低、豬肉中核苷酸含量增加、滋味較為鮮美等, 以「茶美豬」品牌銷售, 頗受市場歡迎。川上 (1996) 將 Polyphenol G 添加至豬飼料中餵飼豬隻亦證實其能顯著降低豬糞便中的惡臭物質 (氨、酚、P-甲苯酚、乙基苯酚、吡啶、糞臭素)。

陳 (2000(b)) 亦指出, 將兒茶素添加到雞飼料中, 除了可以

降低雞糞的臭味外，亦能降低雞蛋中膽固醇的含量。此外研究指出餵飼兒茶素的雞隻，其屠體在-20°C 冷凍下貯存，發現餵飼兒茶素的雞隻其屠體於貯存階段皆有顯著較低的氧化酸敗值（thiobarbituric acid reactive substances；TBARS）（Tang *et al.*, 2001）。

（四）其他：

（1）口腔保健方面：

茶多酚能預防齲齒的發生主要是其能抑制蛀牙菌 *Streptococcus mutans* 以及 *Streptococcus sobrinus* 的生物活性（Ishigami, 1991；Sakanaka, 1991、1995；Cao, 1995），其對蛀牙菌之最小生長抑制濃度（MIC）為 0.25~1.0mg/ml。另外，Suzuki（1983）及 Ui（1991）發現綠茶中的多酚類，特別是 EGCG 有強烈的除臭能力，能改善口腔內的不良氣味。市面上已有將茶多酚添加到牙膏、漱口水、口香糖以及口腔芳香劑等產品中（Yasuda, 1992），藉此降低齲齒發生的機率以及維持清新的口氣。

（2）化妝品

在動物試驗中發現兒茶素類能抗紫外線-B（ultraviolet b, UV-B）所引發之皮膚癌（Nomura *et al.*, 2001），故將其添加在化妝品中可抗氧化、防止放射線及紫外光引起的皮膚老化，目前已應用在許多產品上，如乳液、面膜、沐浴乳、洗髮精、香水、面霜等。目前在日本、國內及歐美等地綠茶萃取物或兒茶素已經被廣泛的應用於許多種類的化妝品及保

養品（陳，2001(b)）。

(3)除臭劑

利用茶多酚良好的除臭功能，市面上已發展有冰箱除臭劑、浴室除臭劑、廚房除臭劑以及空氣清新劑等除臭產品。

六、茶多酚於肉製品中之應用：

中國大陸在 1995 年時已將茶多酚列為天然食品添加劑，茶多酚應用於肉製品上主要是利用抗氧化及除臭之兩個特性。在抗氧化方面，Shuze 等（2001）指出，茶萃取物含有兒茶素等抗氧化劑，當其使用在肉漿和魚漿時，兒茶素的抗氧化效果較 α -tocopherol 為佳，特別是在生魚漿與生肉漿的產品更能突顯其效果的差異；Jo 等（2003）證實添加 0.1% 經冷凍乾燥綠茶萃取液的粉末於豬肉餅中，不論是生的豬肉餅或是加熱煮熟過的豬肉餅，都有抑制其氧化酸敗的現象，其 TBARS 值在貯存時間內皆顯著較對照組來的低 ($p < 0.05$)；McCarthy 等（2001）在類似的研究方面，發現添加 2.5% 的茶多酚於豬肉餅中無論是新鮮冷藏貯存的豬肉餅或是預先冷凍過再冷藏貯存的豬肉餅，其 TBARS 值都比對照組來的低。

在除臭能力方面，陳（2001(b)）指出在貢丸中添加 500ppm 的兒茶素能降低油耗味及肉腥味，並提升整體的風味與總接受度；而香腸添加 1000ppm 的茶多酚同樣能降低油耗味及提升產品的總接受度；此外，川上等人（1996）亦指出在畜肉加工製品中加入綠茶或紅茶萃取物對其消除畜肉臭味有良好的效果。