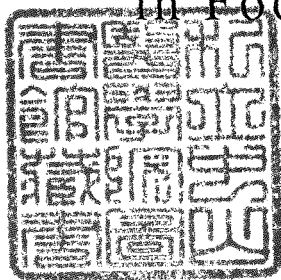


R
008.8
0041

私立中山醫學院營養科學研究所碩士論文
Master Thesis
Graduate Institute of Nutritional Science
Chung-Shun Medical and Dental Collage

指導教授：殷梅津 博士
Mei-Chin Yin, Ph. D.

蒸煮及調味料的添加對食品脂質及維
生素 E 安定性之影響
The Influence of Steam and Spice Addition
on the Stability of Lipid and Vitamin E
in Foods



研究生：廖杏珠
Hsin-Chu Liao

參考書恕不外借

中華民國八十六年六月

June, 1997

中山醫學院圖書館



C046136

授權書

(博碩士論文)

本授權書所授權之論文為本人在 中山醫學院 營養科學研究所
_____ 組 85 學年度第 2 學期所撰 碩士 學位論文。

論文名稱：蒸煮及調味料的添加對食品脂質及維生素E安定性之影響

同意 不同意

本人具有著作財產權之論文提要，授予國家圖書館、本人畢業學校及行政院國家科學委員會科學技術資料中心，得重製成電子資料檔後收錄於該單位之網路，並與台灣學術網路及科技網路連線，得不限地域時間與次數，以光碟或紙本重製發行。

同意 不同意

本人具有著作財產權之論文全文資料，授予行政院國家科學委員會科學技術資料中心，得不限地域時間與次數以微縮、光碟重製後發行，並得享該中心微縮小組製作之研究報告、獎勵代表作、博碩士論文三檔資料等值新台幣伍佰元之服務。本論文因涉及專利等智慧財產權之申請，請將本論文全文延後至民國 __ 年 __ 月後再公開。

同意 不同意

本人具有著作財產權之論文全文資料，授予教育部指定送繳之圖書館及本人畢業學校圖書館，為學術研究之目的以各種方法重製，或為上述目的再授權他人以各種方法重製，不限時間與地域，惟每人以一份為限。

上述授權內容均無須訂立讓與及授權契約書。依本授權之發行權為非專屬性發行權利。依本授權所為之收錄、重製、發行及學術研發利用均為無償。

指導教授姓名：殷梅津

研究生簽名：廖杏珠 學號：R84312
(親筆正楷)

日期：民國 86 年 7 月 3 日

- 備註：1. 上述同意與不同意之欄位若未勾選，本人同意視同授權。
2. 授權第二項者，請再交論文一本予承辦人員。
3. 本授權書已於民國85年4月10日送請著委會修正定稿。

簽署人須知

1. 依著作權法的規定，任何單位以網路、光碟與微縮等方式整合國內學術資料，均須先得到著作財產權人授權，請分別在三種利用方式的同意欄內鈎選並填妥各項資料。
2. 所謂非專屬授權是指被授權人所取得的權利並非獨占性的使用權，授權人尚可將相同的權利重複授權給他人使用；反之即為專屬授權，如果您已簽署專屬授權書予其他法人或自然人，請勿簽署本授權書。
3. 授權人的權利與義務：
在美國授權博碩士論文予UMI公司(博碩士論文全文資料發行公司)製作發行，須交付美金45元的出版費，銷售年逾七件以上時得享收入10%的權利金約美金20元；在國內本計畫之經費全數由政府支應，收入亦應歸國庫，為答謝您的支持，科資中心特為您提供新台幣500元的等值資料服務(以研究報告、獎勵代表作、博碩士論文三檔為限)，請逕洽本案聯絡人，地址電話詳如第5項。義務方面唯一要注意的是，著作人日後不可以主張終止本授權書，但您仍可以授權其他自然人或法人上述的行為。
4. 全國博碩士論文全文資料微縮片整合計畫的宏觀效益：
在個人方面，您的論文將可永久保存(微縮技術在理論上可保存八百年，實證已逾百年)，也因為您的授權，使得後進得以透過電腦網路與光碟多管道檢索，您的論文將因而被充分利用。在國家總體利益方面，紙本容易因影印而造成裝訂上的傷害，圖書館中孤本的公開陳列與外借也有破損之虞，唯有賴政府全面性的整合，借助科技設備才能一舉完成保存與利用的全方位效益，回憶您過去尋找資料之不便經驗，學弟與學妹確實須要您的論文與授權書。
5. 本案聯絡電話：(02)7377746 江守田、王淑貞
地址：台北市和平東路二段106號17樓1702室

研究生姓名：廖杏珠 聯絡電話：04-2526618

地址：台中市西屯區福上巷188-1號

學生 廖杏珠 論文題目為蒸煮及調味料的添加對食品脂質及維生素 E 安定性之影響，其論文已經中山醫學院營養科學研究所碩士論文考試委員會審查合格及口試通過，並由其指導教授核閱後無誤。

指導教授：殷梅津 博士

簽名：殷梅津

中華民國八十六年六月

本論文為中山醫學院授予理學院碩士之必備條件之一，經中山醫學院營養科學研究所碩士論文考試委員會審合格及口試通過。

口試委員

私立中山醫學院營養科學系所
副教授(本論文指導教授)

殷梅津 博士

殷梅津

私立中山醫學院營養科學系所
教授

王進崑 博士

王進崑

國立中興大學畜產學系所
教授

陳明造 博士

陳明造

中華民國八十六年六月二十日

謝 誌

由衷感謝恩師 殷梅津博士兩年來在研究上的悉心指導與教誨，在生活上的關懷鼓勵以及在論文寫作上的逐字斧正，使我得以順利完成實驗及論文，謹此致上最大的敬意與謝忱。

文稿初成，承蒙 陳明造博士及 王進崑博士撥冗審閱，並惠賜許多寶貴意見，使本論文更臻完善，謹此哀忱致謝。

實驗期間，感謝 徐成金博士在實驗儀器上的支援，也謝謝實驗室心瑜及學妹曉琪、敏惠的幫忙與配合，秀君的貼心相知，永全大哥、好友一萍、Aluminum、世宗學長、梅桂學姊、聖烈、晉慧、俊茂、美香、靜宜、佩琳、慧菁、相訓、哲誌、振宇等的幫忙與鼓勵。

於此，特別要感謝的是我的父親 廖上勝先生及我的大哥、大嫂、青山、小妹對我的全力支持、包容與照顧，使我能安心地求學及研究。最後，謹以本論文獻予我最愛的父親及已辭世的母親。

廖杏珠 謹誌於台中
中華民國八十六年六月

中文摘要

蒸煮及調味料的添加是中式烹調常採用的方式，然而對於富含營養價值的蛋黃及魚，經此烹調處理之後，脂質安定性可能受到影響，而脂質氧化所造成的生物傷害與發炎、風濕性關節炎(rheumatoid arthritis)、動脈硬化、遺傳突變(mutagenesis)或癌之生成(carcinogenesis)均有密切關係。因此，本研究目的是探討加熱及調味料(鹽、糖、酒)的添加，對雞蛋黃及烏仔魚兩種食品的脂質及維生素 E 安定性之影響。

雞蛋黃及烏仔魚各分成五組作比較，第一組是生的食品；第二組經清蒸十五分鐘處理；另外三組則分別於清蒸前添加食鹽(3%)、糖(5%)或米酒(3%)。結果經由 TBA 值測定，得知糖或鹽的添加皆對蛋黃及烏仔魚具有加速脂質氧化的作用，同時，經由分光光度計測量，得知維生素 E 含量會減少。當烏仔魚添加不同鹽濃度(1.5%、3%、6%)或糖濃度(2.5%、5%、10%)時，TBA 值皆隨著食鹽濃度及糖濃度的增加而升高。

生烏仔魚肉添加不同濃度的食鹽或糖貯存 4℃ 20 小時之後再清蒸，其脂質氧化作用之比較： $CF+6N > CF+3N = CF+1.5N = CF = F$ ； $CF+10S > CF+5S = CF+2.5S > CF > F$ ，貯存之後的烏仔魚肉與未經貯存的烏仔魚肉作比較時，無論是控制組或實驗組，脂質氧化作用皆有較高的趨勢。又加熱及調味料的添加會降低蛋黃及烏仔魚的維生素 E 含量

，因此維生素E的減少，可能是為了防禦脂質氧化作用的進行。

關鍵詞：清蒸、調味料、維生素E

Abstract

Lipid oxidation of food is an important factor to affect food shelf-life. Both egg yolk and gray mullet are lipid-rich foods. The purpose of this study was to investigate the influence of heating(100 °C)and spices addition on lipid stability in egg yolk and gray mullet.

In the first part, spices were added into egg yolk and gray mullet before heating. The results showed that heating treatment only, heating plus salt(3%) ,sugar(5%) or rice wine(3%) changed fatty acid composition and increased lipid oxidation levels in both egg yolk and gray mullet. Lipid oxidation levels significantly increased with increasing salt concentration(1.5%, 3% ,6%)or sugar concentration(2.5%, 5% ,10%)in gray mullet.

In the second part, gray mullet with salt or sugar addition were stored at 4 °C 20 hours before heating. The results showed that lipid oxidation levels increased with increasing salt or sugar concentrations. The storage also led to elevate TBA values. Heating and/or spice addition resulted in lowering vitamin E content in both egg yolk and gray

mullet. This result suggested that vitamin E was lost in order to protect lipid against oxidation.

Keyword : Heat treatment, Spice addition, Vitamin E

目錄

	頁次
中文摘要	1
英文摘要	3
目錄	5
表次	7
圖次	8
壹、前言	9
貳、文獻探討	10
一、蛋黃的組織與主要成分	10
(一) 蛋白質	10
(二) 脂質	11
(三) 無機物	13
二、魚的組織與主要成分	14
(一) 組織	15
(二) 主要成分	15
(三) 烏仔魚的形態特徵	18
三、魚與脂質氧化的關係	19
四、脂質氧化的相關性研究	21
(一) 脂質氧化反應	21
(二) 抗氧化劑抗氧化機制	22
(三) 維生素 E	23
五、調味料	26
(一) 食鹽	27
(二) 糖	29
(三) 酒	30
參、材料與方法	34
第一部分：蒸煮及調味料的添加對蛋黃脂質安定性之影響	34
一、實驗材料	34
二、實驗方法	35
(一) 烹調前處理	35
(二) 測定項目	36

1. 脂肪酸組成.....	36
2. 維生素 E.....	37
3. 脂質氧化.....	37
(三) 統計分析	38
第二部分：蒸煮及調味料的添加對烏仔魚脂質安定性之影響	39
一、實驗材料	39
二、實驗方法	39
(一) 烹調前處理.....	39
(二) 測定項目	40
1. 脂肪酸組成.....	40
2. 維生素 E.....	40
3. 脂質氧化程度測定	41
肆、結果與討論	42
第一部分：蒸煮及調味料的添加對蛋黃脂質安定性之影響.....	42
一、脂肪酸組成	42
二、TBA 值及維生素 E	46
第二部分：蒸煮及調味料的添加對烏仔魚脂質安定性之影響	51
一、脂肪酸組成	51
二、TBA 值及維生素 E.....	53
三、不同鹽、糖濃度與 TBA 值之關係.....	58
四、不同鹽、糖濃度中貯存二十小時後與 TBA 值之關係.....	61
伍、結論.....	68
陸、參考文獻	69

表次

	頁次
表一、蛋黃經不同處理後主要脂肪酸組成	44
表二、烏仔魚經不同處理後主要脂肪酸組成	52

圖次

	頁次
圖一、調味料的添加及蒸煮對蛋黃 TBA 值之影響	47
圖二、調味料的添加及蒸煮對蛋黃維生素 E 量之影響.....	50
圖三、調味料的添加及蒸煮對烏仔魚 TBA 值之影響.....	56
圖四、調味料的添加及蒸煮對烏仔魚維生素 E 量之影響	57
圖五、食鹽的添加及蒸煮對烏仔魚 TBA 值之影響	60
圖六、糖的添加及蒸煮對烏仔魚 TBA 值之影響	63
圖七、添加不同鹽濃度放置 20 小時後蒸煮 對烏仔魚 TBA 值之影響	64
圖八、添加不同糖濃度放置 20 小時後蒸煮 對烏仔魚 TBA 值之影響	65

壹、前言

蛋黃及魚都是營養價值很高的食品。蛋黃富含蛋白質、脂質、維生素 A 及維生素 E，魚則是富含多元不飽和脂肪酸的食物。其中，n-3 脂肪酸於臨床研究顯示具有降低高血壓、預防心血管疾病、改善糖尿病患者對胰島素的利用等醫療功效。但是，含有高度不飽和脂肪酸及高濃度金屬離子的魚肉，也因此比其它食品更容易發生脂質氧化，使品質降低。

中國自古即有「民以食為天」的說法，因此烹調方法一向講究千變萬化。但是食物烹煮之後，可能或多或少受烹調過程中各種因素影響，而損耗其營養價值。例如，烹調肉類食品時，使用的高溫加熱及調味料(鹽、糖、酒)的添加是否會使參與脂質氧化作用的成分更複雜，因而影響食物的營養素安定性？在食品中，維生素 E 是有效的天然抗氧化劑之一，能捕捉自由基而阻礙氧化作用的持續進行，以維持細胞膜的完整性。然而食品中的維生素 E 對烹調處理後的食物之安定性有何種影響均有待研究。

因為烹調處理後的食物，其內所含營養素的量才是人體所能利用的，才真正代表其營養價值及具有臨床上的意義。因此本實驗目的，希望以不同調味料(鹽、糖、酒)之添加，來了解蛋黃及魚肉(烏仔魚)於烹調前後脂質安定性及維生素 E 的變化情形，進而再探討魚肉之貯藏安定性，以提供消費者、營養師及臨床工作者在膳食設計與食品調理製備上之參考。

貳、文獻探討

一. 蛋黃的組織與主要成分

(一) 蛋白質

雞蛋可食用的部份可分為蛋黃與蛋白。以新鮮殼蛋而言，除去11%的蛋殼，蛋白佔57%、蛋黃佔32%（以重量計）。雞蛋蛋黃中約含有50%固形物，包括15.7~16.0%的蛋白質、31.8~35.5%的脂質（多以脂蛋白型態存在）、0.2~1%碳水化合物以及1.1%的灰份⁽¹⁾。

蛋黃中的蛋白質大部分為磷蛋白質（phosphoprotein）以及與蛋白質結合之脂蛋白質（lipoprotein）⁽²⁾。磷蛋白質如脂卵黃磷蛋白（lipovitellin）、卵黃球蛋白（livetin）及核黃素結合蛋白（riboflavin binding protin, YRBP）；脂蛋白質可分為低密度脂蛋白質與高密度脂蛋白質⁽³⁾。蛋黃經由高速離心後，澄清懸浮的部份稱為蛋漿質（plasma），沈澱部份稱為顆粒物質（granule）⁽⁴⁾，蛋漿質再經由高速離心之後，可得到低密度脂蛋白質。低密度脂蛋白質含有80~89%脂質，是蛋黃中脂質含量最高的蛋白質，同時賦予蛋黃之乳化性，為一直徑2~10 μm 的圓形體結構，低密度脂蛋白質易為磷脂質分解酵素（phospholipase）及蛋白質分



解酵素(protease)所分解，故可推判其構造是以三酸甘油酯為中心體，外層以磷脂質、膽固醇等具極性基之親水蛋白質成分所包覆^(5,6)。而顆粒物質約含有 70% 之脂卵黃磷蛋白、16% 卵黃磷蛋白(phosvitins)以及 12% 低密度脂蛋白質，顆粒物質之顆粒大小約為 $0.2 \sim 2\mu\text{m}$ ^(7,4)。

Radomski et al. ⁽⁸⁾曾報導脂卵黃磷蛋白及卵黃磷蛋白間具有強烈的親和力，其所形成之 lipovitellin-phosvitin 複合物及脂蛋白質，應為構成顆粒物質之基本單位。高密度脂蛋白質則含有 80% 蛋白質及 20% 脂質，又可稱為脂卵黃磷蛋白質，其所含之脂質較少，分子量約為 4×10^5 。蛋黃顆粒物質具有抗氧化性，雖然維生素 E 主要是存在低密度脂蛋白質脂質中，但是高密度脂蛋白質比低密度脂蛋白質對於乳化液中的亞麻油酸(Linoleic acid)具有更高的抗氧化活性⁽⁹⁾。在 pH5 ~ 10 時，若卵黃磷蛋白乳化液中存在有氯化鈉，則液態層與油層會快速分離。氯化鈉對乳化穩定性的負面影響，可能是因為載電極性(charge)及離子強度的改變，降低卵黃磷蛋白的乳化性質⁽¹⁰⁾。

(二) 脂質

蛋黃脂質成分包含 65.5% 之三酸甘油酯(triglyceride)、28.3% 磷脂質(phospholipid)、5.2%

膽固醇和微量之維生素，如維生素 A⁽¹¹⁾。由此得知三酸甘油酯佔蛋黃脂質之大部分，其次為磷脂質。蛋黃脂肪以不飽和脂肪酸居多，含有 40 ~ 48% 單元不飽和脂肪酸 (monounsaturated fatty acids) 及 14 ~ 20% 多元不飽和脂肪酸 (polyunsaturated fatty acids)⁽¹²⁾。

蛋黃脂質的脂肪酸組成易受雞隻品種、飼料種類、母雞年齡而有所影響。當雞飼料中給予向日葵種子 (sunflower seed)，則所產雞蛋油酸之含量增加，餵食含較多亞麻油酸之亞麻仁種子 (flax seed)，則蛋黃油脂中含有較高之亞麻油酸，或者給予長鏈 w-3 脂肪酸序列之飼料，則蛋中之花生五烯酸 (C20:5, eicosapentaenoic ; EPA)、花生六烯酸 (C22:6, docosahexaenoic ; DHA) 之含量上升，且能提高蛋黃中腦磷脂 (phosphatidyl ethanolamine ; PE) 之含量⁽¹³⁾。母雞年齡愈大，脂肪酸組成中的多元不飽和脂肪酸含量顯著較少，單元不飽和脂肪酸則顯著的提高⁽¹⁴⁾。

蛋黃是有效的乳化劑，且廣泛應用於食品中，其磷脂質主要有卵磷脂 (phosphatidyl choline ; PC)、腦磷脂、神經磷脂 (sphingomyelin ; SPH) 以及 phosphatidyl inositol (PI) 等。由於蛋黃卵磷脂佔總磷脂質之 70% 左右，為主要之磷脂質，因此，一般通稱蛋黃磷脂質，即可以卵磷脂作為代表。卵磷脂是由兩分子脂肪酸、一分子甘油、一分子磷酸及一分子膽鹼所構成，為一良好之界面活性劑，可促進乳化作用之進行，廣泛地應用於醫藥品、化

妝品及食品上，可製造巧克力、蛋黃醬、乳製品等^(15,16)。
卵磷脂為細胞膜的主要成分。其具有之膽鹼基(choline group)能防止肝臟中脂肪酸變性，而有抗脂肪肝的作用；且能和乙烯基結合，形成乙醯膽鹼之化學物質(acetyl choline)，為神經傳導之重要物質；同時，卵磷脂能溶解血管壁的膽固醇，減低粥狀動脈硬化血管疾病之罹患率及促進腦神經細胞之活化⁽¹⁰⁾。

(三) 無機物

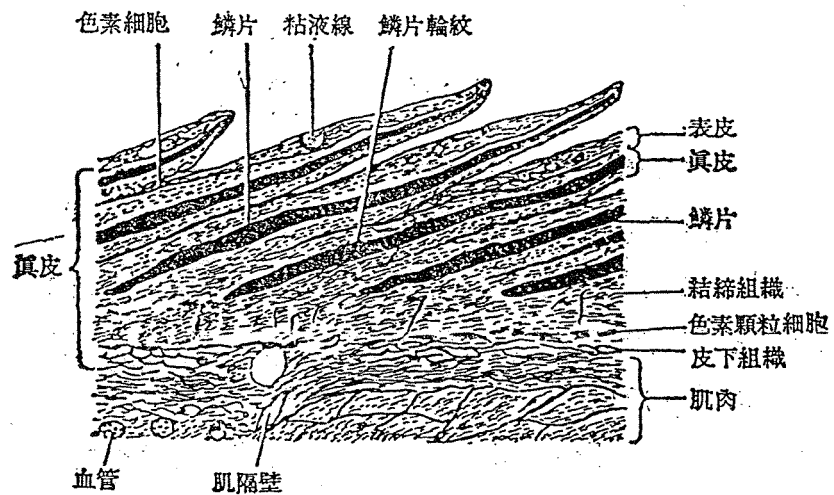
蛋黃中約含有 1.5 ~ 2.0% 灰分⁽³⁾。含量最多者為磷，在卵黃磷蛋白中含有 10% 之磷，此佔蛋黃蛋白質結合磷之 80%。而其磷酸基則與絲胺酸(serine)產生酯化作用，以磷酸絲胺酸(o-phosphoserine)之形式存在⁽¹⁷⁾。在蛋黃的顆粒物質中含有高濃度雙價及參價陽離子，其中存在有 81% 鈣、71% 鎂及 98% 鐵。顆粒物質受離子強度及 pH 影響，在酸性 pH 下(pH < 4.2)，磷酸單酯殘基(phosphate monoester residues)減少，羧基(carboxylic group)離子化，電價位置(NH_3^+)間的相斥力增加，促使離子橋斷裂；在鹼性 pH (pH > 6.3)，負電價數(COO^-)增加，促使靜電相斥，因此可能導致顆粒物質被破壞⁽¹⁸⁾。

添加食鹽(NaCl)於蛋黃中，因為離子強度增加，而使顆粒物質分解。Chang et al.⁽⁴⁾指出當添加 1.71M

NaCl 於蛋黃中，會促使顆粒物質分解。這可能是因為單價鈉離子取代雙價陽離子，這種取代導致 phosphocalcic bridges 斷裂，同時，鈣被釋出⁽¹⁸⁾。鈉對磷的親和恆數 (Affinity constant) 比鈣、鎂、鐵低⁽¹⁹⁾。添加過量的鈉會使雙價陽離子移動。

二. 魚的組織與主要成份

一般而言，魚體由頭、軀幹及尾等三部組織所構成，皮膚覆蓋體表，其切斷面在顯微鏡觀察下，可分成數層表皮細胞所組成的表皮(epidermis)，與由數層結締組織所形成的真皮(dermis)二部。表皮與真皮間並列色素細胞。



魚的表層部斷面圖⁽²⁰⁾

(一) 組織

魚類肌肉是肌纖維(muscle fiber)的集合體。魚體兩側脊椎骨所附著的側肌(lateral muscle)是魚肉食用的最主要部分。肌纖維是相當於肌細胞的構成單位，外邊被覆肌鞘，內部有規則端正明暗橫紋的多數肌原纖維(myofibril)向長軸平行，並附著少量的核(nucleus)和粒腺體，其肌原纖維間充滿著肌原質(肌漿，sarcoplasma)。肌纖維大小因動物種類而異，同種動物也因其體部位、年齡和營養狀態而不同，魚肉肌纖維長度由數 mm 至十多 mm 不等，為畜肉數分之一而已，其直徑在 50 ~ 100 μ 之間，較畜肉者稍大。魚肉的結締組織量遠不如畜肉，且肌纖維捆束比較疏鬆⁽²⁰⁾。肌纖維較粗且短⁽²¹⁾。由於肌肉中結締組織量及分佈狀態與肌肉強韌呈正相關。所以魚肉比畜肉柔軟。

(二) 主要成分

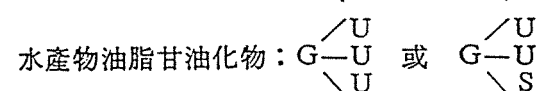
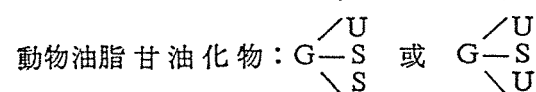
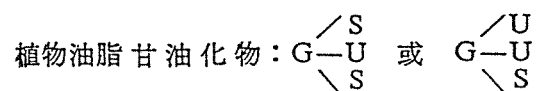
1. 蛋白質：

魚類肌肉蛋白質含量，因魚種和年齡而異，大約佔生鮮魚肉的 15 ~ 23%。魚類肌肉富含肌原纖維蛋白，而缺乏肉基質(stroma)蛋白。此為魚類肌肉比哺乳動物肌肉較

為軟弱的原因之一⁽²⁰⁾。另外，魚類含有其他動物所缺乏的血合肉組織。血合肉(dark muscle)存在魚背部體側肌與腹部體側肌之接合部附近，為赤褐色至暗紅色⁽²¹⁾。

2. 脂質：

魚肉約含有 0.5%~ 25%的高量脂質。脂質主要是三酸甘油酯(triglyceride)及多元不飽和脂肪酸⁽²²⁾。烏魚的脂肪酸組成中，多元不飽和脂肪酸/單元不飽和脂肪酸之比為 1/1.7，又多元不飽和脂肪酸 n-3/n-6 之比為 1/3.6⁽²³⁾。魚肉組織中的脂質主要是出現於皮下組織、腸間膜、臟器間結締組織、肝臟和頭蓋腔等部位。以肌肉組織來看，脂質含量通常是腹肉多於背肉，頸肉多於尾肉，表層肉多於內層肉，血合肉多於普通肉(除去魚背部體側肌與腹部體側肌接合部附近之赤褐色至暗紅色部份)⁽²⁴⁾。魚油甘油化物僅有少量是單酸甘油酯及雙酸甘油酯，大部分均為三酸甘油酯，且大都是由甘油的三個 OH 基與二種或三種不同的不飽和脂肪酸互相結合成混合三酸甘油酯。

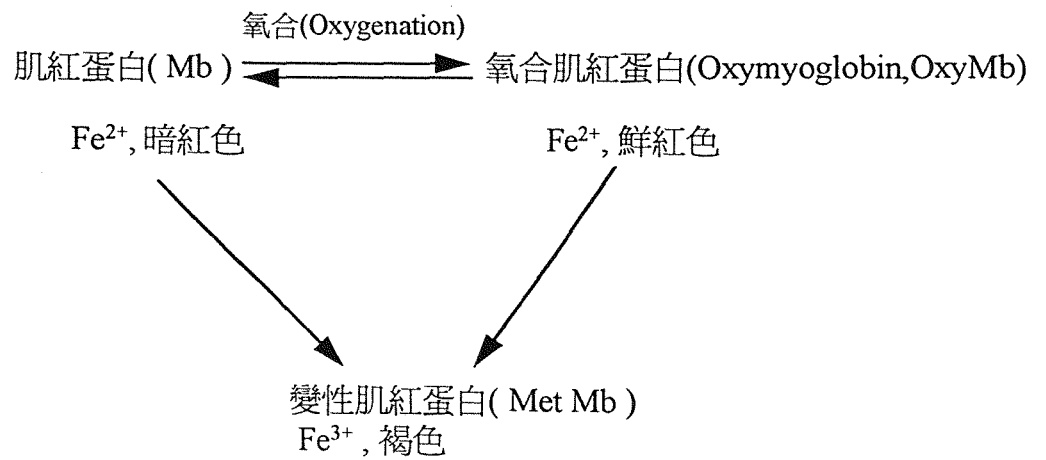


註：G=glycerol S=sat. fatty acid U=unsat. fatty acid

3. 糖類：

魚類肌肉中存有肝醣(glycogen)，肝醣經糖解作用成為乳酸。鯉、鮪等深海魚，肌肉中約含有1%肝醣⁽²⁰⁾。

4. 肌肉色素：



魚類肌肉紅色素由肌紅蛋白(myoglobin; Mb)和血紅蛋白(hemoglobin; Hb)組成。肌紅蛋白有因二價鐵而帶紫紅色

的還原型肌紅蛋白(myoglobin)，及與氧結合而呈鮮紅色的氧合肌紅蛋白兩種(oxymyoglobin)。所以，新鮮紅色肉魚內部多少有暗紫紅色現象，這是因動物死後，肌肉內部氧氣不足，導致還原型肌紅蛋白生成之故。又暴露空氣中，魚肉切口處易變鮮紅色，這是因與氧氣接觸生成氧合肌紅蛋白。另外，二價鐵型肌紅蛋白於空氣中暴露時間太久，經加熱時，二價鐵被氧化成三價鐵，生成暗褐色變性肌紅蛋白(metmyoglobin)。還原型肌紅蛋白和氧合肌紅蛋白能應氧氣分壓而產生可逆變化，但變性型無此可逆性⁽²⁵⁾。

(三) 烏仔魚的形態特徵

烏魚屬硬骨魚綱 *Osteichthyes*，鱸目 *Perciformes*，鯿形亞目 *Mugiloidei*，鯿科 *Mugilidae*，鯿屬 *Mugil*。英文名是 Striped Mullet，Common Mullet 或 Gray Mullet；學名是 *Mugil Cephalus Linnaeus*⁽²⁶⁾。特徵是體形圓長，頭部略扁平，而尾部稍側扁。成魚之眼瞼甚發達，鱗片頗大，體上方呈藍灰色，下方為銀白色，沿各鱗列有深色縱帶，有沙囊胃。死後呈烏黑色，故稱烏魚⁽²⁷⁾。普通體長為 39～45cm，當體長低於 30cm 則稱烏仔魚⁽²⁸⁾。本研究中所指烏仔魚，為體長低於 30cm 的養殖烏魚。

三. 魚與脂質氧化的關係

自從攝食富含花生五烯酸及花生六烯酸的魚肉對於動脈硬化及心血管疾病具有預防效果被證實之後⁽²⁹⁾，魚肉與脂質氧化的關係便成為研究學者重視的焦點。

魚及魚肉產品是 n-3 族多元不飽和脂肪酸的豐富來源，對於心血管疾病的預防扮演著很重要的角色⁽³⁰⁾。魚油可降低血液循環中的三酸甘油酯及總膽固醇量，因此可以降低血脂，同時，因為減少了前列腺凝素(thromboxane)的生成，故可預防血小板的凝集，對於動脈硬化及心血管疾病具顯著的改善⁽³¹⁾。

在肉類食品中，常因為脂質氧化而使產品品質降低。魚肉因為含有高量不飽和脂肪酸⁽³²⁾及高濃度金屬離子，如銅及鐵離子^(33, 34)。因此，比其它肉類及其製品更容易氧化而酸敗。所以，長期攝取魚油，可能造成脂肪酸過氧化，產生對人體有害的物質，包括 Malondialdehyde(MDA)。這種氧化傷害與幾種人體疾病的病理因素相關，如動脈硬化症、中風(stroke)、肺氣腫(emphysema)及癌症⁽³⁵⁾。

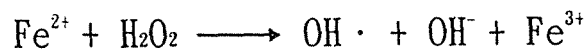
對於切碎的肉組織而言，肌肉膜上的脂質更容易氧化，因為，高量氧分子容易進入組織中，引發一連串氧化反應⁽³⁶⁾。在碎肉中，適當比率的二價鐵及三價鐵離子極可能通過膜上的 $Fe^{2+}/Fe^{3+}/O_2$ complex 刺激脂質氧化的發生⁽³⁷⁾。Huang et al.⁽³⁶⁾指出，在膜上形成的脂質氫過氧化物必須和二價鐵反應，才能刺激脂質氧化速率的增加。魚肉

比其它肉類(如雞肉)含有顯著量的 α -、 β -維生素 E⁽³⁸⁾。當膜上維生素 E 含量尚未低於供給不足的情況下，可抑制膜上脂質花生四烯酸(arachidonic acid)的減少及脂質氧化物的增加⁽³⁹⁾。

肉類產品常以預先烹煮及已調味的形式在市場上銷售。烹煮會使肉品中的氧化產物(thiobarbituric acid reactive substances;TBARS)量及螢光性色素增加。因為加熱可能加速了不飽和脂質的自氧化，且造成維生素 E 流失約 25-44%^(40, 25)。

Ramanathan and Das⁽³³⁾ 研究指出，當生的魚肉(Scomberomorus commersoni)貯存在-20 °C 中二十一天期間，對脂質氧化沒有顯著影響。但是，貯存於 4 °C 中十四天期間脂質氧化速率逐漸增加，到了二十一天稍微減慢。這種脂質氧化程度隨著貯存溫度而增加的原因，可能是因為增殖速率(propagation)增加及 alkyl peroxides 分解。魚肉經清蒸(沸水浴蒸十五分鐘)或微波爐(50% power 30 秒)的蒸煮之後，由於肌肉膜系統分裂，使脂質成分暴露於氧及其他反應催化物中，如鐵。造成脂質氧化程度增加⁽³³⁾。Schricker and Miller⁽⁴¹⁾ 認為加熱及過氧化物(H₂O₂)的存在，會使原血紅素鐵複合物(heme iron complex)的 porphyrin ring 氧化裂解，鐵被釋出，造成非原血紅素鐵(nonheme iron)增加。另外，Oxymyoglobin 自氧化形成

Met Mb(或 methemoglobin)時會產生 superoxide⁽⁴²⁾。
superoxide 會加速 Fenton reaction 的進行, 產生 hydroxyl
radical, 造成更大的氧化傷害⁽⁴³⁾。



四. 脂質氧化的相關性研究

(一) 脂質氧化反應

脂質氧化反應主要牽涉從原子或分子移走電子, 導致
自由基一連串的連鎖反應(chain reaction)。其影響包括
酸敗的不良味發生, 以及可能生成有毒的氧化產物等。這
種連鎖反應的引發可能來自非酵素性的作用, 包括光、熱
或由還原劑(如 Fe^{2+})給接受者(如過氧化物)的單一電子轉
移作用(singlet electron transfer; SET)或酵素性的催化
⁽⁴⁴⁾。

生物膜(biomembranes)上不飽和脂肪酸的氧化, 會造

成正常膜的結構及功能被破壞，減少生物膜的流動性，細胞受傷害⁽⁴⁵⁾。氧自由基(superoxide or hyperoxide)或類似的自由基可以起始多元不飽和脂肪酸的雙鍵中氫原子的分離，形成自由基，隨著起始反應中氧的加入，使脂質產生過氧化自由基，進入一連串的複合反應中，產生各種其它的自由基。生物傷害會直接或間接影響自由基的分布，與發炎、風濕性關節炎(rheumatoid arthritis)、動脈硬化、導致遺傳突變(mutagenesis)、癌之生成(carcinogenesis)，有密切關係⁽⁴⁶⁾。

(二) 抗氧化劑抗氧化機制

在低濃度時與氧化基質(oxidizable substrate)比較，能顯著延緩或預防基質氧化，此一物質即稱其為抗氧化劑⁽⁴⁷⁾。Stuckey在1972年⁽⁴⁸⁾指出，抗氧化劑的抑制效應主要是來自其提供電子或氫原子給含自由基的物質，並形成安定的複合物。抗氧化劑與其抗氧化機制依原理可分兩種：

1. Radical chain-breaking mechanism:

即從介質 (medium) 中移走與增殖步驟 (propagating step) 有關的 alkyl peroxy 和 alkyl

α : $R_1=CH_3$, $R_2=CH_3$

β : $R_1=CH_3$, $R_2=H$

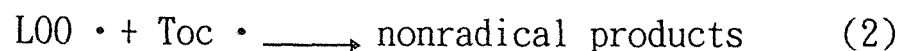
γ : $R_1=H$, $R_2=CH_3$

δ : $R_1=H$, $R_2=H$

在這些衍生物中， α -tocopherol 在 R_1 和 R_2 位置全部甲基化，具有最大維生素 E 活性⁽⁵⁰⁾。維生素 E 主要位於細胞膜上，在生物體中的功能是擔任脂質抗氧化劑及自由基捕捉劑，以終止不飽和脂肪酸分子的連鎖反應，防禦高反應性的自由基，如 hydroxyl peroxy 及 superoxide radicals 造成膜上脂肪酸、膽固醇的過氧化傷害。在目前被認為是最有效的抗氧化劑之一^(51,52)。 α -tocopherol 之所以有高抗氧化活性主要是因為：

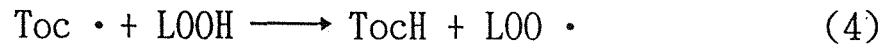
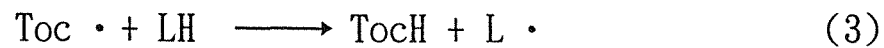
1. 在所有鄰位(ortho-)、間位(meta-)均有烷基取代。以有機觀點視之，其具有放電子基，可使形成的 quinone 很穩定，使氫原子易釋出或提供。
2. 對位的氧化基保持在一個適當位置。生育醇的 phytyl 側鏈則是用來確定反應位置。

Monahan et al⁽⁴⁵⁾ 實驗中比較在白豬的飲食中，有無添加維生素 E，對脂質氧化的影響。結果發現，當豬餵食高量維生素 E(200mg α -tocopherol/kg feed)時，與飼料中不添加維生素 E 的控制組相比較，在屠宰後的第一天，其生肉的脂質氧化沒有顯著差異，但在 4 °C 中，貯存九天後，有顯著較低的脂質氧化值。同樣地，比較烹煮過的豬肉脂質氧化情形，發現飼料中添加同劑量維生素 E 的熟豬肉與控制組作比較，第一天沒有顯著差異，4 °C 中貯存六天後有顯著較低的脂質氧化值。維生素 E 的抗氧化性質，是基於維生素 E 的氫原子可由羥基(hydroxy group)轉移到過氧化基(peroxyl radical; L00 ·)。氫原子的轉移，產生生育醇基(tocopheroxyl radical)，會結合另一個過氧化基，如反應(1)及反應(2)。式中 Toch 表示生育醇，Toc · 為其自由基形式。



維生素 E 的抗氧化活性和濃度有很大關係，一般認為

有效濃度是在 0.01 ~ 0.02 %，但某些如高溫或高濃度的條件下，卻有助氧化效應⁽⁴⁴⁾。維生素 E 助氧化的影響，會促使氫過氧化物及結合雙烯結構(conjugated diene)增加^(53,44)。Mukai et al.⁽⁵⁴⁾認為維生素 E 其氫原子的給予能力很強，極易生成高濃度維生素 E 自由基，維生素 E 自由基可能經由下列反應(3)及(4)參與助氧化的反應。式中 LH 為油脂分子，L·為其自由基形式。



由於維生素 E 為一良好之天然抗氧化劑，因此 Hu et al.⁽⁵⁵⁾認為在食用魚油時最好同時配合維生素 E，以免因大量進食高度不飽和脂肪酸時造成脂肪過氧化(peroxidation)。

五. 調味料

中國食物講究色香味，調味料的種類更是繁多，依陳慈

薇⁽⁵⁶⁾的區分，大致可分為甜味料、酸味料、鹹味料、鮮味料、辣味料及香味料等。這些調味料的成分，大多數被認為是人體所需或無害的。適量的添加對食物的風味具有補充加強的效果。依據國人的口味習慣，單味調味料，如：鹽(鹹)、糖(甜)、醋(酸)、酒是最普遍使用的調味料。

(一) 食鹽

食鹽(氯化鈉;NaCl)大約在西元 3000 年前開始被當作添加物，在西元十九世紀，其元素組成被確定是由兩個元素物質(Na⁺,Cl⁻)反應形成的鹵化鹽，其中含有 40 %鈉⁽⁵⁷⁾。食鹽在肉類產品的製程中扮演很重要的角色，如在以魚肉為材料的魚漿(fish-based surimi)製造過程中，添加 0.1 ~ 0.2 %食鹽，可以幫助 surimi 達到去水的目的；在烹煮肉類食品時，2 ~ 3 %食鹽有助於肌纖維蛋白質(myofibrillar proteins)溶解，結合水分和脂肪，形成穩定的乳化狀態，提高組織的品質；食鹽還可以改善肉品風味及降低水活性，抑制微生物生長⁽⁵⁸⁾。儘管食鹽在食品上具有如此多功能，但是攝食過多食鹽，除了在人體健康上容易引起心臟、血管及腎臟方面之疾病，添加於肉品中也會有下列影響：

1. 影響肉品色澤：

食鹽中的氯離子會促進肉品中 myoglobin 自氧化成 metmyoglobin，使 metmyoglobin 及 superoxide 生成量增加。這種氯離子導致的自氧化作用會受到氧濃度的影響⁽⁵⁹⁾。

2. 催化肉類食品進行脂質氧化：

食鹽在肉類食品中究竟是擔任助氧化或抗氧化的角色，一直受到不同研究學者的討論。Rhee et al.⁽⁴²⁾認為食鹽對於食品系統中脂質氧化沒有影響。Kanner et al.⁽⁶⁰⁾及 Osinchak et al.⁽⁶¹⁾則認為食鹽能夠催化肉類食品進行脂質氧化，這種影響是透過食鹽與游離的鐵離子作用所造成的。Kanner et al.⁽⁶⁰⁾由實驗中發現，當碎火雞肉中添加 10 ~ 20 μ M 鐵離子，會稍微增加脂質氧化，若同時添加鐵離子及食鹽，脂質過氧化比不添加鐵離子及食鹽的控制組增加 3 ~ 5 倍。這可能是因為只添加鐵離子於肉品中，大部分的鐵離子會與蛋白質作用，因此，鐵離子對膜脂質過氧化的催化力較小，但是，食鹽的同時存在會妨礙鐵離子與蛋白質的交互作用，因此，更多游離鐵離子與脂質作用，導致脂質過氧化。Osinchak et al.⁽⁶¹⁾則認為氯化鈉溶解後， Cl^- 可能增加肉組織中 Fe^{3+} 的溶解性，進而刺激脂

質氧化。Shomer et al.⁽⁶²⁾也指出食鹽會影響脂質雙層內外滲透壓，這種物理改變破壞微脂粒(liposome)的結構，加快脂質氧化作用的進行。Rhee et al.⁽⁶³⁾認為，當碎豬肉添加低濃度食鹽時，會強化脂質氧化，但是，當食鹽濃度高於2%時，則有抑制脂質氧化的效果，然而不同的pH，可能也會影響到食鹽對蛋白質的溶解性，進而影響脂質氧化。當鹽濃度 $\geq 0.3M$ 或pH處於酸性範圍時，食鹽對於以牛心肌為原料製成的surimi，扮演助氧化角色⁽⁵⁸⁾。

(二) 糖

糖是食品工業中最常被使用的食品添加物之一，可供做為食品加工之著色劑或甜味劑；可用於製作糖果；提供能量⁽⁵⁷⁾。蔗糖是由一分子葡萄糖及一分子果糖聚合而成的雙糖，在人體中必須水解成單糖後才能吸收利用。當血漿或介質中葡萄糖量增高時，會危害內皮細胞、視網膜、血管球(glomerular)及紅血球細胞⁽⁶⁶⁾。葡萄糖會促使組織細胞進行非酵素性糖化作用(glycosylation)，隨之形成的糖化產物(advanced glycosylation end products; AGE products)，是造成糖尿病併發症的原因之一⁽⁶⁴⁾。

Battistini et al.⁽⁶⁵⁾將正常人的紅血球細胞，培養於高濃度葡萄糖中(270-630mg/dl;15-35mM)三十分鐘至二十四小時，可發現脂質過氧化的進行及磷脂質加成物(adduct)形成。這可能是葡萄糖在 cell-free system 中會烯醇化(enolization)，還原氧分子產生 α -ketoaldehydes、hydrogen peroxide、hydroxyl radicals 及 singlet oxygen，當這些氧自由基的濃度超過紅血球細胞的去毒能力時，會導致膜上磷脂質的不飽和脂肪酸醯基鏈進行過氧化作用。高葡萄糖濃度也可能誘使紅血球細胞中，鐵被釋放出來，而加速脂質過氧化速度。葡萄糖可促使脂質過氧化，但是其他糖類，如：果糖、蔗糖、乳糖，對脂質過氧化影響較低，Rajeswari⁽⁶⁶⁾研究指出，只有葡萄糖傳導脂質過氧化的 20 ~ 25 %。

(三) 酒

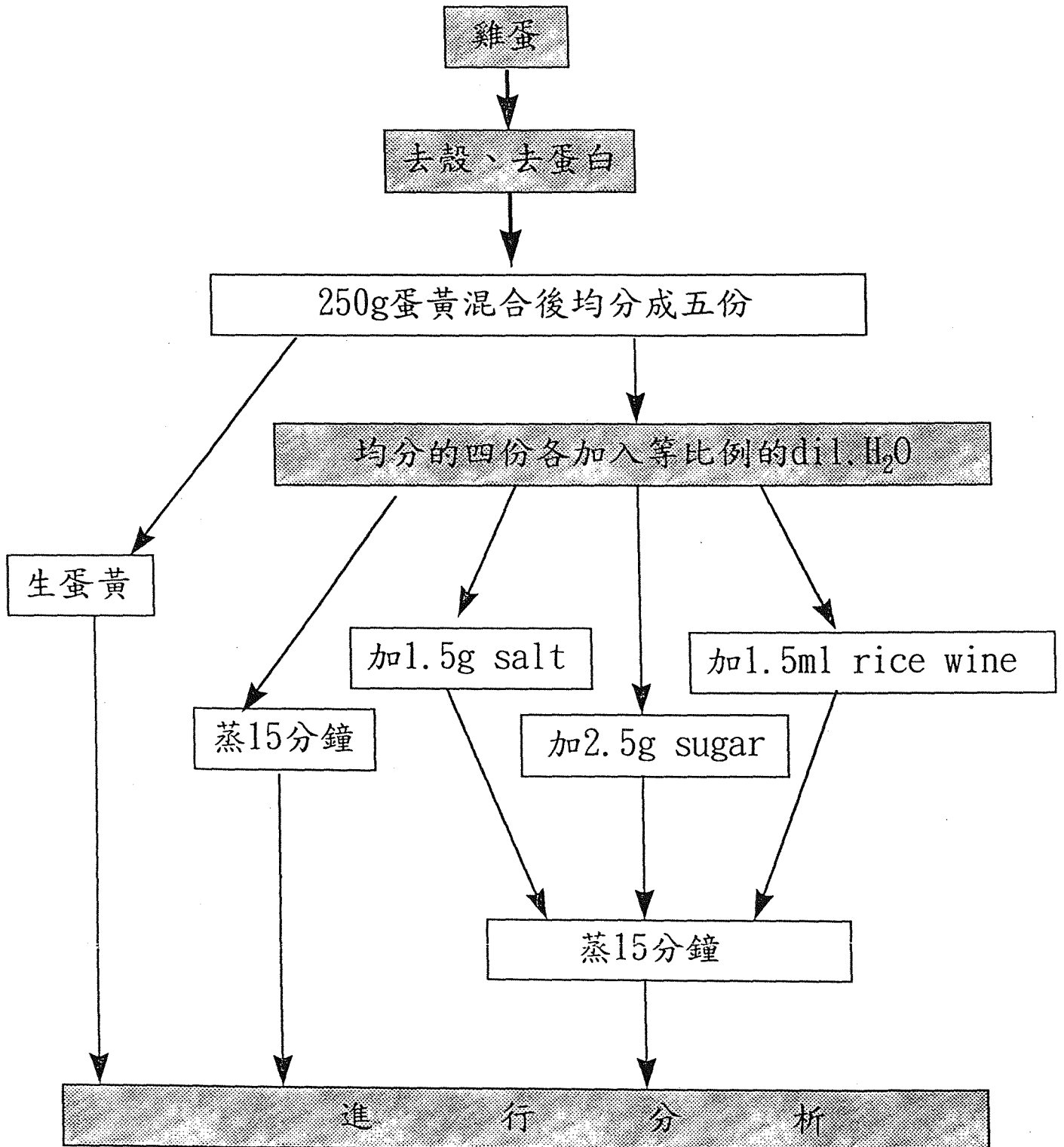
酒精富含能量(29KJ/g 或 7.1kcal/g)，在社交中它是不可或缺的飲料。然而，酒精對人體營養狀態卻具有相當大的影響。飲食中，高能量酒精飲料的攝取，可能取代了其它的營養素(如維生素B1、葉酸)，而導致營養素的消化不良(maldigestion)或吸收不良，造成與酒精中毒(alcoholism)相關的腸胃併發症(包括胰臟和小腸)及肝臟

機能受損。慢性使用會造成口腔及食道癌症之發生率增加⁽⁶⁷⁾。酒精經肝細胞的胞液(cytosol)中的酒精脫氫酵素(alcohol dehydrogenase)作用，產生乙醛(acetaldehyde)及 NADH。雖然 Ramanathan and Das⁽³⁴⁾曾指出，添加低量酒精(50%, 10ml)於攪碎的魚肉中，經 TBARS 結果得知，並不影響脂質氧化。但是，在 in vivo 中，當乙醛濃度很高時，經由 xanthine oxidase 或 aldehyde oxidase 代謝，可能產生自由基，促進脂質過氧化⁽⁶⁸⁾。對酗酒者而言，酒對健康的傷害也就是源於乙醛經代謝產生的自由基，促進了組織細胞的氧化。

本研究使用的米酒乃是台灣最普遍之酒，在烹調時可作料酒用，米酒的原料為白米，製造過程應先製造白麴(使用白麴菌, *Rhizopus peka*)，而後將米蒸熟，混入白麴，使之發酵，發酵完成後再蒸餾而成米酒⁽⁶⁹⁾。

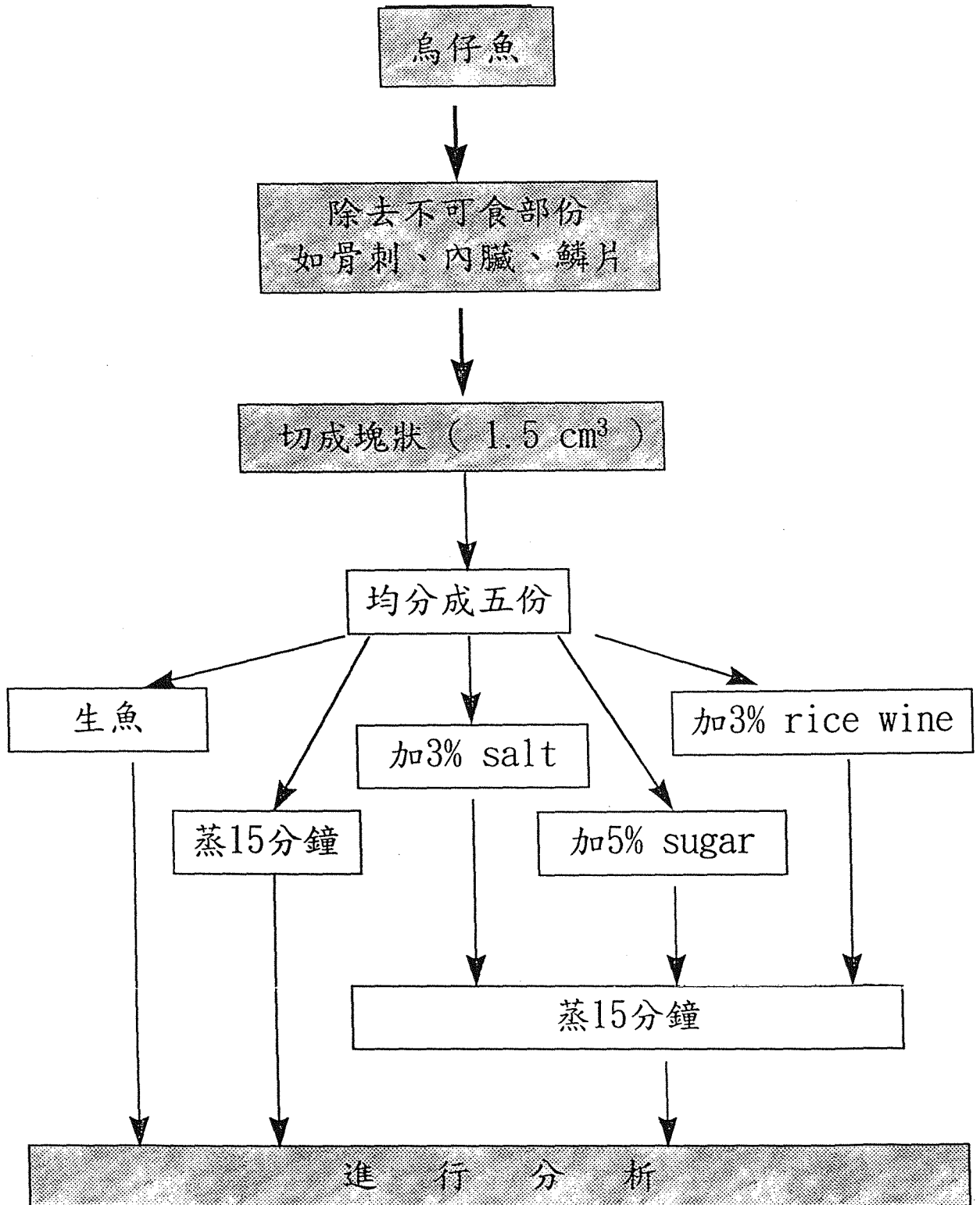
實驗流程

一. 不同處理蛋樣品之製備



實驗流程

二. 不同處理魚樣品之製備



參、材料與方法

第一部份：蒸煮及調味料的添加對蛋黃脂質安定性之影響

一．實驗材料：

A. 雞蛋購自當地生鮮超市，去其蛋殼、蛋清，蛋黃置砂網上輕輕磨擦以去除粘附的蛋清，收集蛋黃。此為蛋黃原料部份。

B. 化學試藥：

1. Trichloroacetic acid (TCA) , 99% , (英國 Lancaster 公司).
2. Pyrogallol , 98+% , (英國 Lancaster 公司).
3. 2-Thiobarbituric acid (TBA) , 98% , (美國 Sigma chemical company).
4. Potassium Hydroxide (KOH) , 85.0% , (日本昭和化學公司).
5. n-Heptane , 99.0% , (日本和光純藥公司).
6. Methanol (CH₃OH) , 100% , (美國 Baker 公司).
7. Benzene (C₆H₆) , (英國 ROMIL LTD).

8. Potassium Carbonate (K_2CO_3), 99.5% , (日本和光純藥公司).
9. Acetyl Chloride (C_2H_3ClO) , 98% , (比利時 Janssen 公司).
10. 食鹽(NaCl) , 99.5% , (台鹽實業股份有限公司).
11. 白糖(Sugar) , 糖度 99.6%以上 , (台糖公司北港糖廠).
12. 米酒(Rice Wine) , 22% , (台灣省菸酒公賣局).

二 · 實驗方法：

(一) 烹調前處理：

- (1) 清蒸
- (2) 蒸 + 糖 5g
- (3) 蒸 + 鹽 3g
- (4) 蒸 + 米酒 3ml

每次烹調蛋黃量為 50g , 加入等比例的蒸餾水再各加入糖、鹽、酒後均勻攪拌，放在瓷碗中，再放入已升出水蒸汽的蒸籠內，以小火蒸 15 分鐘，熄火取

出。待冷後立即分析。

(二) 測定項目：

1. 脂肪酸組成⁽⁷⁰⁾

(1) 樣品處理

1g 生蛋黃或 2g 蒸蛋黃，加入 2ml Methanol-benzene (4:1, v:v) 及 0.5ml Acetate Chloride，在試管口緣抹上凡士林後密封，以 Heat block (Boekel model 110002) 加熱至 100 °C 持續 60 分鐘，冷卻後加入 5ml，6%，K₂CO₃ solution，混和均勻後以 3000rpm，10 °C 離心 15 分鐘，加入 300 μl heptane，離心 1 分鐘，收集上清液。再加入 200 μl heptane 於原液中再離心 1 分鐘，所收集的上層液與前述的上清液混和。取 1 μl 注入氣相層析儀，氣相層析儀為 GC-14B(日本 SHIMADZU 公司)。

(2) 氣相層析儀分析條件

Column 為 CAT 2-5304(Supelco)，id 0.53mm，1.5 μm，15m。加溫方式為 180 °C 加熱一分鐘，以 3 °C/min 逐步升溫至 228 °C，注入口溫度 260 °C，偵

測器溫度 260 °C。以火焰離子化檢測器(FID)偵測，載流氣體為氮氣。分析結果與 Standard 作比較。

2. 維生素 E⁽⁷¹⁾

15g 生蛋黃或 30g 蒸蛋黃，加入 7ml，75%，KOH 及 30ml 蒸餾水，以 Blender (Sunbeam-Oster 公司，model4961) 攪拌 20 秒後，加入 4ml，2%，Pyrogallol-methanol 攪拌 20 秒，再加入 4ml，4%，Pyrogallol-methanol 攪拌 10 秒，然後真空過濾，取 2ml 濾液於試管中以 Heat block 加熱至 70 °C 持續 20 分鐘，冷卻後加入 2ml heptane 劇烈搖晃混合後靜置，待其分層，取上清液，再加入 2ml heptane 於濾液中，混勻靜置，取上清液。重覆此收集工作一次。收集所有上清液，以分光光度計 (日本 Jasco model 7800) 測其在 292nm 的吸收值。維生素 E 含量越多的，其在 292nm 的吸收值越高。

3. 脂質氧化(TBA 值)

15g 生蛋黃或 30g 蒸蛋黃，加入 20ml，25%，Trichloroacetate 溶液 (TCA) 及 10ml 蒸餾水，以

Blender 攪拌 50 秒，以 No. 1 過濾紙（Advantec TOYO, 150mm）過濾，收集上清液。取 5ml 上清液與 5ml, 0.02M, Thiobarbituric acid (TBA) 溶液混合，混合液以 Heat block 加熱至 100 °C，持續 10 分鐘，使之呈色，置於碎冰中冷卻至室溫，再以分光光度計測其在 532nm 的吸收值。氧化程度越大的，其在 532nm 的吸收值越高。

（三）統計分析：

統計分析是以 one way analysis of variance (ANOVA) 來分析，數值是以樣品數 (n=4) 二重覆之平均值及正負標準差 (Mean ± Standard Deviation) 加以表示，並利用 paired Student's t-test 來測試處理組間的顯著差異 ($p < 0.05$)。

第二部分：蒸煮及調味料的添加對烏仔魚脂質安定性之影響

一· 實驗材料：

A. 烏仔魚（英文名：Gray Mullet，學名：*Mugil cephalus Linnaeus*）購自當地生鮮超市。去除鱗片、表皮、內臟、頭部、骨鰭及尾部，再將所有的魚肉部分切成大小約 1.5cm^3 的丁塊，此為魚肉原料。

B. 化學試藥：

如第一部份實驗所述。

二· 實驗方法：

（一）烹調前處理：

（1）清蒸

（1）蒸 + 糖 2.5g

（2）蒸 + 鹽 1.5g

（3）蒸 + 米酒 1.5ml

添加調味料後因放置時間的差異，可以分成立即分析

及放置 20 小時後分析兩部分

1. 每次烹調魚肉量為 50g，如前處理所述，各加入糖、鹽、酒後均勻攪拌，放在瓷盤中，再放入已升出水蒸汽的蒸籠內，以中火蒸 15 分，熄火取出。待冷後立即分析。
2. 每次稱取 50g 魚肉量，各加入鹽、糖後均勻攪拌，放在瓷盤中，置於 1-4 °C 中 20 小時，放入已升出水蒸汽的蒸籠內，以中火蒸 15 分鐘，熄火取出。待冷後立即分析。

(二) 測定項目

1. 脂肪酸組成

(1) 樣品處理

1g 不含湯汁的魚肉，採用同第一部分實驗所述之分析方法。氣相層析儀為 GC-14B (日本 SHIMADZU 公司)。

(2) 氣相層析儀分析條件

Column 為 CAT 2-5304 (Supelco)，id 0.53 mm，1.5 μ m，15m。加溫方式為 180 °C 加熱一分鐘，以 3

°C/min 逐步升溫至 237 °C，注入口溫度 280 °C，偵測器溫度 280 °C。以火焰離子化檢測器(FID)偵測，載流氣體為氮氣。分析結果與 Standard 作較。

2. 維生素 E

15g 不含湯汁的魚肉，採用同第一部分實驗所述之分析方法。

3. 脂質氧化(TBA 值)

15g 不含湯汁的魚肉，採用同第一部分實驗所述之分析方法。

肆、結果與討論

第一部份：蒸煮及調味料的添加對蛋黃脂質安定性之影響

一、脂肪酸組成

生蛋黃脂肪中以不飽合脂肪酸居多，含有 57.23% (表一)。其中，單元不飽合脂肪酸佔 32.8%，多元不飽合脂肪酸佔 25.15%。此與 Cotteril et al.⁽¹²⁾ 測量生蛋黃的脂肪酸組成結果，單元不飽合脂肪酸佔 40 ~ 48%(44%)、多元不飽合脂肪酸佔 14 ~ 20%(17%) 之平均值相比較，單元不飽合脂肪酸含量少 11%，多元不飽合脂肪酸含量高了 8%。這可能是因為雞隻的品種、飼料的種類或母雞的年齡，影響了蛋黃脂質脂肪酸的組成。研究學者^(13, 72) 指出，雞蛋的脂肪酸組成及脂溶性維生素、微量礦物質(如碘及硒)、維生素 B₁₂，會受飼料的影響，而且當雞齡愈大，其多元不飽合脂肪酸含量顯著較少、單元不飽合脂肪酸則顯著的較高⁽¹⁴⁾。本實驗所用之生蛋黃其脂肪酸組成中，以 18:1 脂肪酸(油酸，Oleic acid)含量佔 29.91% 為最高，其次是 16:0 脂肪酸(軟脂酸，Palmitic acid)，含量是

26.83%。此與傅偉光等⁽²³⁾以洗選蛋的蛋黃所作之脂肪酸組成分析結果相接近。另外，Pikual and Kummerow⁽⁷³⁾也指出，蛋黃中油酸及軟脂酸含量約各佔30%左右，這兩種脂肪酸是構成卵磷脂的主要成分。卵磷脂的飽合脂肪酸則主要是軟脂酸及18:0脂肪酸(硬脂酸, Stearic acid)，二者總量在總脂肪酸含量中佔40%，其結果亦與本實驗中軟脂酸及硬脂酸之總量相接近。

本實驗中控制組為生蛋黃(E)，蛋黃依不同處理又可分成四組實驗組，實驗組分別是蒸煮(CE)、加鹽蒸煮(CE+3N)、加糖蒸煮(CE+5S)及加米酒蒸煮(CE+3R)處理。經處理後CE+3N的飽合脂肪酸含量為43.74%，顯著比含41.34%的控制組高($P < 0.05$)。如表一所示，CE及CE+5S、CE+3R三組的飽合脂肪酸與控制組相比較，百分比有略增加的趨勢，但是未達到顯著差異($P > 0.05$)。在單元不飽合脂肪酸總量方面，控制組顯著比四組實驗組高($P < 0.05$)。在多元不飽合脂肪酸的總量中，四組實驗組顯著高於控制組($P < 0.05$)，其中，又以CE+3N及CE+3S最高($P < 0.05$)。

在各種脂肪酸組成中，各組所含的14:0脂肪酸(肉豆蔻酸, myristic acid)高低順序是 $E = CE+5S > CE+3N > CE+3R = CE$ ($P < 0.05$)。16:1脂肪酸(棕櫚油酸, palmitoleic acid)的高低順序是 $E > CE = CE+5S = CE+3R$

表一、 蛋黃經不同處理後主要脂肪酸組成

Table. 1 Major fatty acid composition (%) of egg yolk in different treatments. *

Fatty acid*** (%)	Treatment **				
	E	CE	CE+3N	CE+5S	CE+3R
14:0	0.26 ^a	0.16 ^c	0.20 ^b	0.24 ^a	0.17 ^c
16:0	26.83 ^b	26.59 ^b	28.38 ^a	27.52 ^{ab}	27.61 ^{ab}
16:1	2.17 ^a	1.60 ^b	1.34 ^c	1.60 ^b	1.50 ^{bc}
18:0	14.26 ^b	15.91 ^a	15.16 ^{ab}	15.29 ^{ab}	15.56 ^a
18:1	29.91 ^a	24.89 ^c	26.70 ^b	25.84 ^{bc}	25.58 ^{bc}
18:2(n-6)	19.14 ^a	18.71 ^a	18.20 ^a	18.25 ^a	18.55 ^a
18:3(n-3)	0.68 ^a	0.47 ^b	0.40 ^b	0.49 ^b	0.49 ^b
20:4(n-6)	4.05 ^b	5.61 ^a	5.83 ^a	5.91 ^a	5.62 ^a
20:5(n-3)	1.28 ^c	2.76 ^b	3.76 ^a	3.47 ^a	3.17 ^a
TOTAL	98.56	96.70	99.97	98.63	98.25
Σ SFA	41.34 ^b	42.66 ^{ab}	43.74 ^a	43.07 ^{ab}	43.34 ^{ab}
Σ MUFA	32.08 ^a	26.49 ^b	28.04 ^b	27.44 ^b	27.08 ^b
Σ n-6	23.81 ^b	24.32 ^a	24.03 ^{ab}	24.16 ^a	24.17 ^a
Σ n-3	1.96 ^b	3.21 ^a	4.16 ^a	3.96 ^a	3.66 ^a
Σ PUFA	25.15 ^c	27.53 ^b	28.19 ^a	28.12 ^a	27.83 ^b

* Values were expressed as mean. (n = 4)

** E = raw egg yolk ; CE = cooked egg yolk ; CE+3N = egg yolk + 3% salt ,cooked ; CE+5S = egg yolk + 5% sugar, cooked ; CE+3R = egg yolk + 3% rice wine, cooked.

*** SFA = saturated fatty acid ; MUFA = monounsaturated fatty acid ; PUFA = polyunsaturated fatty acid.

> CE+3N(P < 0.05)。18:1 脂肪酸含量的高低順序是 E > CE+3N = CE+5S = CE+3R = CE(P < 0.05)。在多元不飽合脂肪酸的組成中，控制組的 18:3 脂肪酸(次亞麻油酸，linolenic acid)顯著比四組實驗組高(P < 0.05)。相反地，四組實驗組的 20:4 脂肪酸(花生四烯酸，arachidonic acid)及 20:5 脂肪酸(花生五烯酸，eicosapentaenoic acid)顯著比控制組高(P < 0.05)。這代表蒸煮及調味料(鹽、糖、酒)的添加，會改變脂肪酸的組成，使脂肪酸的組成因不同處理而增加或減少。

Igene⁽⁷⁴⁾及 Melton⁽⁷⁵⁾認為脂肪中的磷脂質部份是造成組織脂質氧化裂解的主要位置。因為將相同起始量(initial amounts)的磷脂質、三酸甘油酯及膽固醇酯(cholesterol ester)混合後以 TBARS(thiobarbituric acid reactive substance)分析，結果發現其中 TBARS 大約有 70%是由磷脂質產生的。蛋黃的磷脂質約佔其總脂質的 31.9%。磷脂質的主要成分是卵磷脂，在總磷脂質中佔 45 ~ 71%。測量磷脂質 TBARS 時，發現有 34 ~ 59%是由卵磷脂產生；其次的成分是腦磷脂，在總磷脂質中佔 22 ~ 31%，測量磷脂質 TBARS，有 33 ~ 43%是由腦磷脂產生⁽⁷³⁾。磷脂質與其他脂質相比較，最大的特徵是磷脂質含有相對高量的多元不飽合脂肪酸，多元不飽合脂肪酸非常容易經由氧化反應，增加羰基化合物(carbonyl compound)的

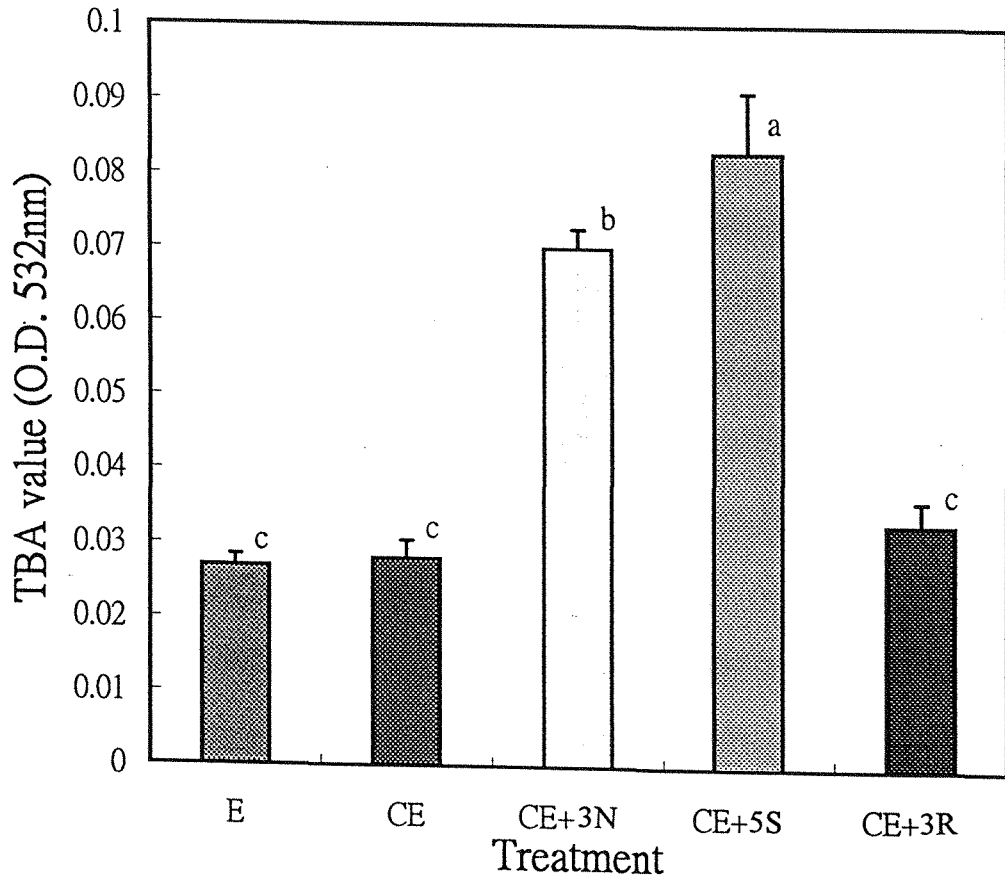
量。因此，高量的多元不飽合脂肪酸會使食品對氧化作用比較敏感，且快速裂解，而降低品質⁽²²⁾。在多元不飽合脂肪酸中又以花生四烯酸含量與脂質氧化的正相關性最大⁽¹¹⁾，花生四烯酸在總卵磷脂脂肪酸中佔 8.5%，是多烯脂肪酸(polyenoic fatty acids, 具有多個雙鍵之脂肪酸)的主要成分⁽¹¹⁾。本研究中，四組實驗組的花生四烯酸顯著比控制組高($P < 0.05$)，因此花生四烯酸可能是加速脂質氧化作用進行原因之一。

二. TBA 值及維生素 E

TBA 值為一油脂氧化程度之指標，其主要是測定脂質氧化的最重要產物—丙二醛(malonaldehyde)⁽⁷⁶⁾。當 TBA 值愈高時，表示脂質氧化程度愈嚴重。由圖一結果得知，CE 及 CE+3R 與控制組相比較，其 TBA 值並未達到顯著差異($P > 0.05$)，但是有略高的趨勢。CE+3N 及 CE+5S 之 TBA 值則顯著比控制組高($P < 0.05$)，其中又以 CE+5S 之 TBA 值最高。與表一作比較，發現花生四烯酸量與 TBA 值似乎呈現正相關性。Terao and Matsushita⁽⁵³⁾指出，每個 methyl arachidonate monohydroperoxide isomer 都能夠產生 TBARS，因為其每個脂肪酸分子有四個或更多甲

圖一、調味料的添加及蒸煮對蛋黃TBA值之影響

Fig. 1 The TBA values of egg yolk as affected by adding spice and cooking.



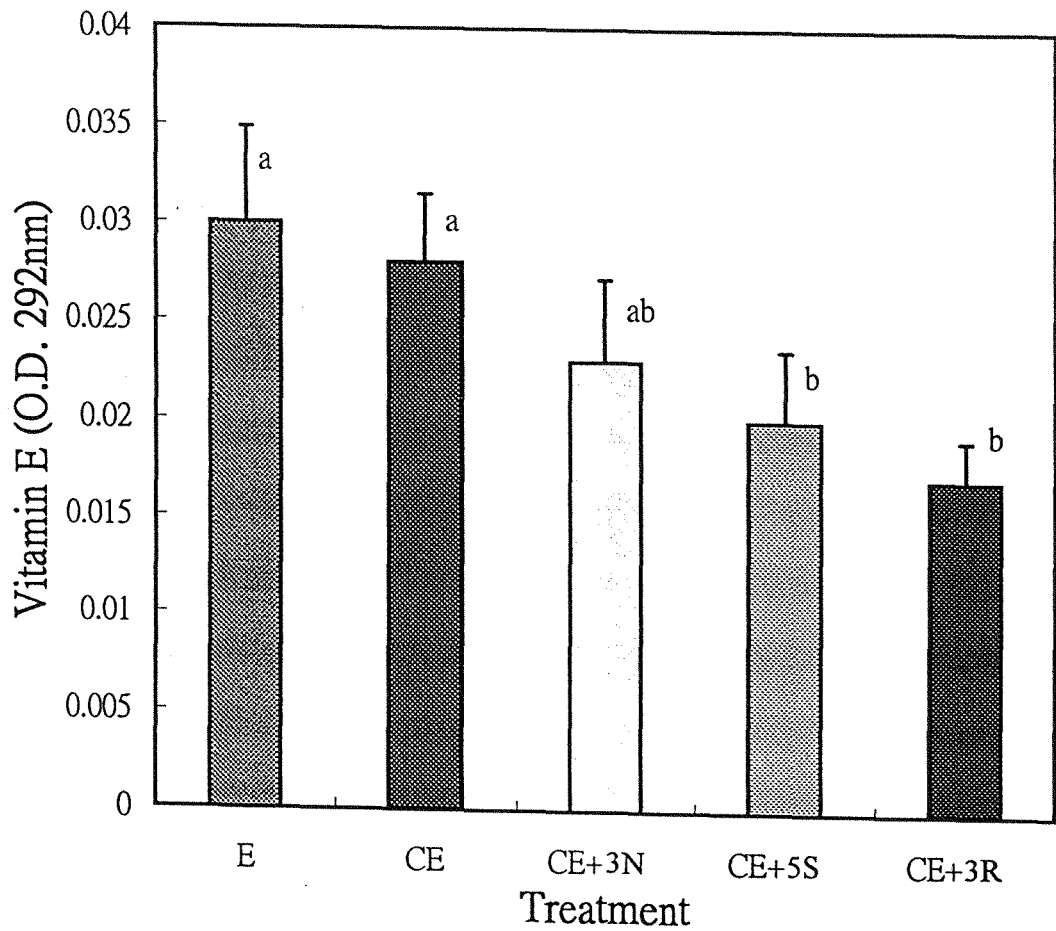
* Values were expressed as mean \pm SD. (n = 4)

** E = raw egg yolk ; CE = cooked egg yolk ; CE+3N = egg yolk + 3% salt , cooked ; CE+5S = egg yolk + 5% sugar , cooked ; CE+3R = egg yolk + 3% rice wine , cooked.

烯雙鍵具有移動打開的可能性，能產生二分子 malonaldehyde。加熱處理可能會造成蛋黃的蛋白質變性，且降低其功能性質，如乳化性質。同時，蛋的三級或四級蛋白質結構也會受加熱溫度及時間影響而破壞⁽¹⁰⁾。食品的功能性質只能維持在很小的溫度範圍中，Chang et al⁽⁴⁾ 利用 disc gel electrophoresis 報告指出，蛋黃的蛋白質，例如 α -livet in 及 β -livet in，對 61.7 °C、30 分鐘的 pasteurization 敏感，變性的蛋白質物理性質(如彈性、溶解性及乳化性質)會改變。蒸煮期間，由於肉品的非原血紅素鐵的釋放，容易造成不飽合脂肪酸氧化，產生不良風味⁽⁷⁴⁾。食鹽及糖在本實驗中增加烹調蛋黃的 TBA 值，可能與磷脂質及鐵離子有關係。Ang⁽⁷⁷⁾ 指出，磷脂質及 nonheme iron 會藉由直接參與脂質氧化反應，而加速氧化速率。食鹽的添加可能會破壞細胞膜，使膜脂質暴露出來，而容易受到氧化傷害，而且烹調期間鹽的存在，會使鐵離子由鐵結合蛋白質(iron carrier proteins)或鐵貯存蛋白質(iron storage proteins)中游離出，稀釋了 cytosol 中的抗氧化物質，降低抗氧化物質對脂質氧化反應的防禦能力⁽⁷⁸⁾。Battistini et al⁽⁶⁵⁾ 曾指出，高濃度糖溶液會誘使細胞中的鐵被釋放出來，而加速了脂質氧化作用。這可能也是本實驗中，糖導致蒸蛋的 TBA 值最高的原因之一。

圖二是蛋黃經不同處理後，維生素 E 含量的變化情形。CE 及 CE+3N 的維生素 E 含量比控制組低，但是並未達到顯著差異 ($P > 0.05$)。CE+5S 及 CE+3R 的維生素 E 含量顯著比控制組低 ($P < 0.05$)。除了 CE+3R 之外，各組之維生素 E 含量與 TBA 值呈現負相關性。維生素 E 是食品中有效的天然抗氧化劑之一，能捕捉自由基而阻礙氧化作用的持續進行⁽⁷⁹⁾。當維生素 E 含量減少時，表示其消耗愈多量用於防禦細胞膜受到脂質氧化的攻擊。然而，此種現象無法在 CE+3R 中觀察到，這似乎是暗示著酒的添加與鹽、糖的添加作比較，會使維生素 E 的安定性呈現不穩定。因此，雖然 CE+3R 的 TBA 值與控制組相比較，沒有達到顯著差異 ($P > 0.05$)，但是偵測到的維生素 E 含量卻最低。

圖二、調味料的添加及蒸煮對蛋黃維生素E 之影響
 Fig.2 The Vitamin E of egg yolk as affected by adding
 spice and cooking.



* Values were expressed as mean \pm SD. (n = 4)

** E = raw egg yolk ; CE = cooked egg yolk ; CE+3N = egg yolk + 3% salt ,
 cooked ; CE+5S = egg yolk + 5% sugar ,cooked ; CE+3R = egg yolk + 3%
 rice wine ,cooked.

第二部份：蒸煮及調味料的添加對魚肉(烏仔魚)脂質安定性 之影響

一. 脂肪酸組成

烏仔魚的脂肪酸組成中，多元不飽合脂肪酸：單元不飽合脂肪酸：飽合脂肪酸=1.51：1.81：1(表二)。在各種脂肪酸組成中，以18:1脂肪酸含量佔27.18%為最高，其次是16:0脂肪酸，含量是18.79%。此與傅偉光等⁽²³⁾以烏魚所作的脂肪酸組成百分比高低順序相同。

本實驗中控制組為生烏仔魚肉(F)，烏仔魚依不同處理又可分成四組實驗組，實驗組分別是蒸煮(CF)、加鹽蒸煮(CF+3N)、加糖蒸煮(CF+5S)及加米酒蒸煮(CF+3R)處理。在各組總飽合脂肪酸百分比的比較中： $CF = CF+3N = CF+5S > CF+3R = F (P < 0.05)$ 。在總單元不飽合脂肪酸百分比的比較中： $CF+3N = CF+5S = CF+3R = F > CF (P < 0.05)$ 。在總多元不飽合脂肪酸含量方面的比較： $CF > F > CF+3N = CF+5S = CF+3R (P < 0.05)$ 。Yasuhara and Shibamoto⁽²²⁾曾指出，高量的多元不飽合脂肪酸，會使肉類食品對氧化作用比較敏感，加速脂質裂解，導致食品品質降低。在多元不飽合脂肪酸中，又以花生四烯酸含量與脂質氧化的正相關性最大⁽¹¹⁾。在本實驗中，CF+3N、

表二、 烏仔魚經不同處理後主要脂肪酸組成

Table .2 Major fatty acid composition (%) of gray mullet in different treatments.*

Fatty acid*** (%)	Treatment **				
	F	CF	CF+3N	CF+5S	CF+3R
14:0	1.03 ^a	1.28 ^a	1.21 ^a	1.26 ^a	1.05 ^a
16:0	18.79 ^b	20.28 ^a	20.07 ^a	20.11 ^a	20.00 ^a
16:1	1.23 ^a	0.76 ^b	0.58 ^{bc}	0.55 ^c	1.17 ^a
18:0	6.89 ^{bc}	7.13 ^{bc}	7.90 ^a	7.48 ^{ab}	6.70 ^c
18:1	27.18 ^b	23.45 ^c	27.55 ^{ab}	28.18 ^a	27.05 ^b
18:2(n-6)	16.14 ^a	16.70 ^a	16.25 ^a	16.32 ^a	16.05 ^a
18:3(n-3)	1.87 ^b	1.62 ^b	1.67 ^b	1.69 ^b	2.61 ^a
20:1	3.16 ^a	3.09 ^{ab}	2.99 ^{ab}	2.79 ^b	2.80 ^b
20:4(n-6)	3.60 ^{bc}	4.88 ^a	3.94 ^b	3.35 ^c	3.39 ^{bc}
20:5(n-3)	2.97 ^a	2.82 ^a	3.01 ^a	2.60 ^a	2.82 ^a
22:5(n-3)	4.05 ^a	4.48 ^a	4.57 ^a	4.71 ^a	4.95 ^a
22:6(n-3)	11.70 ^a	12.03 ^a	9.15 ^b	9.89 ^b	9.42 ^b
TOTAL	98.61	98.52	98.99	98.93	98.01
Σ SFA	26.71 ^b	28.69 ^a	29.28 ^a	28.85 ^{ab}	27.75 ^b
Σ MUFA	31.57 ^a	27.30 ^b	31.12 ^a	31.52 ^a	31.02 ^a
Σ n-6	19.74 ^b	21.58 ^a	20.19 ^b	19.67 ^b	19.44 ^b
Σ n-3	20.59 ^a	20.95 ^a	18.40 ^b	18.89 ^b	19.80 ^b
Σ PUFA	40.33 ^b	42.53 ^a	38.59 ^c	38.56 ^c	39.24 ^c

* Values were expressed as mean. (n = 4)

** F = raw fish ; CF = cooked fish ; CF+3N = fish + 3% salt,cooked ; CF+5S = fish +5% sugar,cooked ; CF+3R = fish +3% rice wine,cooked.

*** SFA = saturated fatty acid ; MUFA = monounsaturated fatty acid ; PUFA = polyunsaturated fatty acid.

CF+5S 及 CF+3R 的 n-3 脂肪酸百分比顯著比控制組及 CF 低($P < 0.05$)，因此得知，蒸煮及食鹽、糖、酒的添加會改變烏仔魚的脂肪酸組成，同時，食鹽、糖、酒的添加會減少烏仔魚的 n-3 脂肪酸含量。

二. TBA 值及維生素 E

由圖三結果得知，四組實驗組的 TBA 值顯著比控制組高($P < 0.05$)。曾有研究報告指出^(80,81,82)，脂質氧化是造成肉品品質降低的主要因素，而影響脂質氧化的因子，包括有多元不飽合脂肪酸的含量及游離金屬離子(如鐵)的存在、氧氣、血色素、製品的機械化過程(如攪拌、剝碎、切薄片及肉的機械化去骨)及肉品在製造過程中的蒸煮或鹽的添加等，因為會破壞細胞膜的完整性，使富含高度不飽合脂肪酸的磷脂質，暴露於氧分子或金屬離子中，加速脂質氧化作用的進行。肉品經蒸煮後不僅破壞了細胞膜，而且會促進鐵離子由鐵結合蛋白質或鐵貯存蛋白質中釋放出，在此種狀態中，氧能直接與肉類中的鐵離子反應，使基層狀態中的氧(ground state oxygen)活化成高反應形式(如 superoxide)。3%食鹽的添加，在魚肉的清蒸過程中，可能加速鐵結合蛋白質或血色素中游離鐵離子的釋

放，因此，具有助氧化的作用。此結果與 Ahn et al.⁽⁷⁸⁾ 的研究，2%食鹽在火雞肉中具有助氧化的作用相符合。

5%糖的添加，會導致清蒸魚的 TBA 值顯著比控制組高，這與 Battistini et al.⁽⁶⁵⁾ 將正常人體的紅血球細胞培養於高濃度葡萄糖中(15 ~ 35mM)，發現高糖有助氧化的結果相符合。Battistini et al.⁽⁶⁵⁾ 認為，這可能是因為紅血球細胞在高濃度葡萄糖介質(medium)培養期間，葡萄糖會使紅血球細胞的含鐵分子釋出，誘發了脂質過氧化。因此，葡萄糖扮演助氧化的角色。Hicks et al.⁽⁸³⁾ 也認為增加葡萄糖濃度，會增加脂肪酸小胞(vesicles)的脂質過氧化，脂質氫過氧化物可以與葡萄糖的 open chain 結構產生葡萄糖烯二醇自由基(glucose enediol radical)及 lipid alkoxyl radical。葡萄糖的自由基形式會參與過氧化連鎖反應。因此推測，5%糖使魚肉的組織細胞中鐵離子被釋出，而加速脂質過氧化之進行，脂質過氧化同時也受葡萄糖的自由基形式影響。

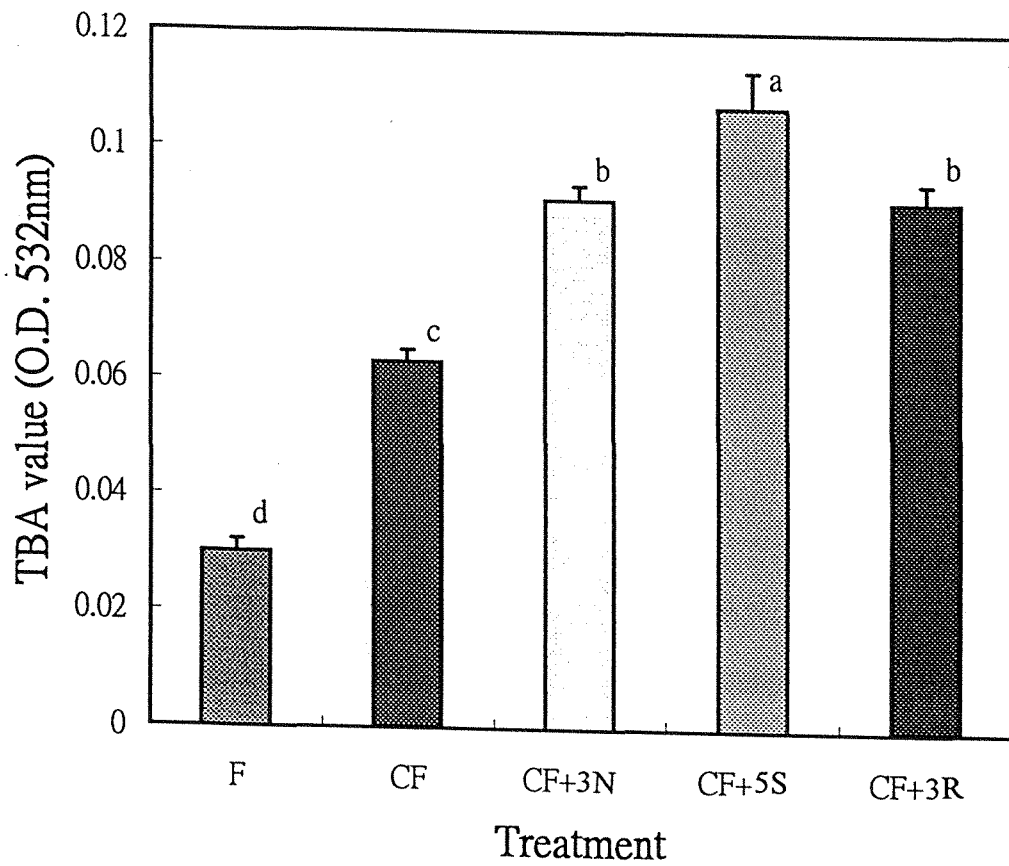
米酒在魚的烹調中常被使用，其目的是為了去除腥味及增進肉品的風味。本實驗中，CF+3R 與控制組相比較，有顯著較高的 TBA 值($P < 0.05$)，此與 Ramanathan and Das⁽³⁴⁾ 的研究報告，添加 10 ml 酒精(50%)於魚肉中，不影響脂質氧化作用的結果不同。他們的實驗所使用之魚肉未經蒸煮過程，因此推測本實驗中，米酒加速脂質氧化作用

進行的原因，可能是米酒造成細胞膜因為滲透壓的改變而被破壞，再經由高溫清蒸的過程，誘發了脂質氧化作用的進行。

由表二與圖三的比较中，不加調味料的清蒸魚，其多元不飽和脂肪酸含量增高，TBA值亦隨之增高。因此推測，清蒸造成魚肉TBA值增高，可能是因為含有較高量的多元不飽和脂肪酸，尤其是花生四烯酸的含量之故。因為，高含量的多元不飽和脂肪酸可能造成烹煮肉品對脂質氧化更敏感⁽⁸⁴⁾。但是在CF+3N、CF+5S及CF+3R與控制組之間並無法觀察到此種正相關性。因此推測，多元不飽和脂肪酸含量並不是造成CF+3N、CF+5S及CF+3R三組TBA值增高的主要原因。

本實驗結果發現，當TBA值愈高時，魚肉所含的維生素E量愈低(圖四)。四組實驗組之維生素E含量與控制組相比較，皆有較低的值。其中，CF、CF+3N與控制組之間並未達到顯著差異($P > 0.05$)。Battistini et al.⁽⁶⁵⁾曾指出，將細胞培養於介質，加入不同濃度的葡萄糖，發現細胞於培養期間，隨著糖濃度增加的比例，會減少細胞膜的維生素E濃度。其結果與本實驗中，CF+5S含有顯著低於其它組別維生素E量的結果相符合。維生素E量的消耗，可能是為了防禦細胞膜受到脂質氧化的攻擊。

圖三、調味料的添加及蒸煮對烏仔魚TBA值之影響
Fig. 3 The TBA values of gray mullet as affected by adding spice and cooking.

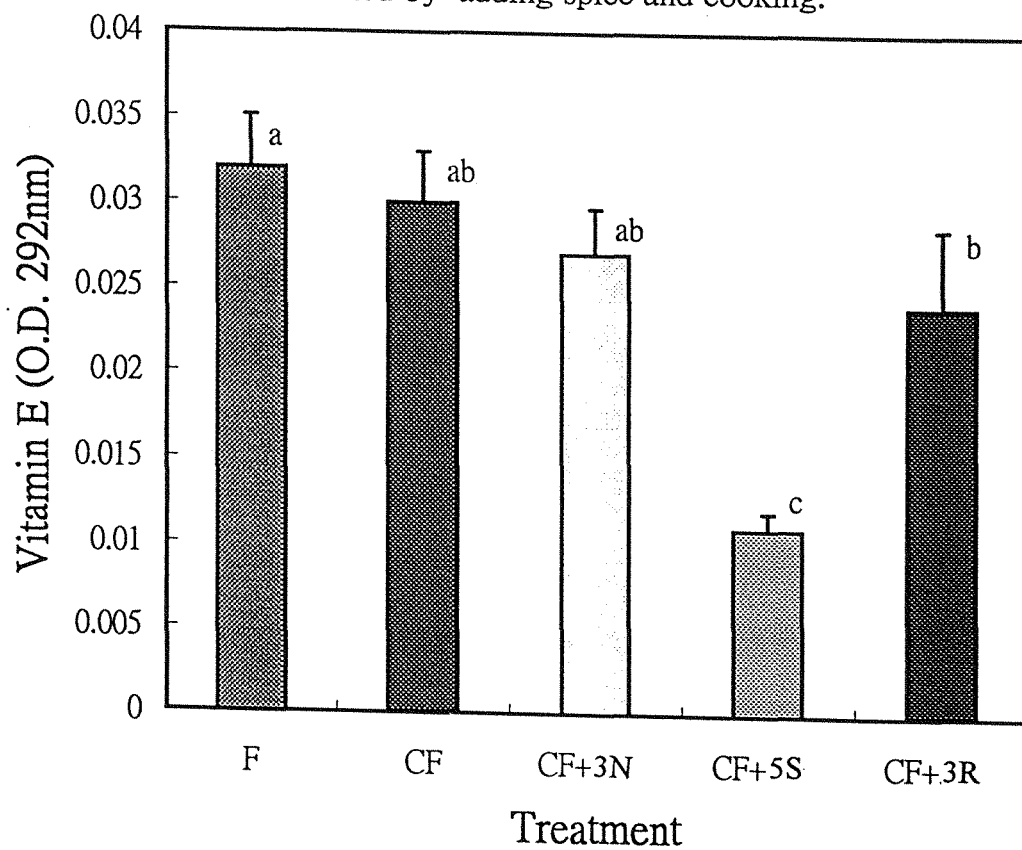


* Values were expressed as mean \pm SD. (n = 4)

** F = raw fish ; CF = cooked fish ; CF+3N = fish + 3% salt ,cooked ; CF+5S= fish + 5% sugar, cooked ; CF+3R =fish + 3% rice wine ,cooked.

圖四、調味料的添加及蒸煮對烏仔魚維生素E之影響

Fig. 4 The Vitamin E content of gray mullet as affected by adding spice and cooking.



* Values were expressed as mean \pm SD. (n = 4)

** F = raw fish ; CF = cooked fish ; CF+3N = fish + 3% salt ,cooked ; CF+5S = fish + 5% sugar, cooked ; CF+3R =fish + 3% rice wine ,cooked.

Pearson et al.⁽⁸⁵⁾曾指出，維生素 E 主要是位於細胞膜上，可以捕捉自由基，保護細胞膜上的脂質，延緩脂質氧化及二次裂解後，潛在性有害反應物的產生。此外，也有研究學者^(6, 45, 52)指出，雞或豬在飼料中添加維生素 E，其雞肉或豬肉在烹煮後的冷藏貯存期間，與飼料中未添加維生素 E 的控制組比較時，能有效的降低 TBA 值。因為高量的維生素 E，可以有效地抑制 Fe^{2+} 催化組織中脂質受到的氧化改變，而增加肉類貯存的安定性。

三. 不同鹽、糖濃度與 TBA 值之關係

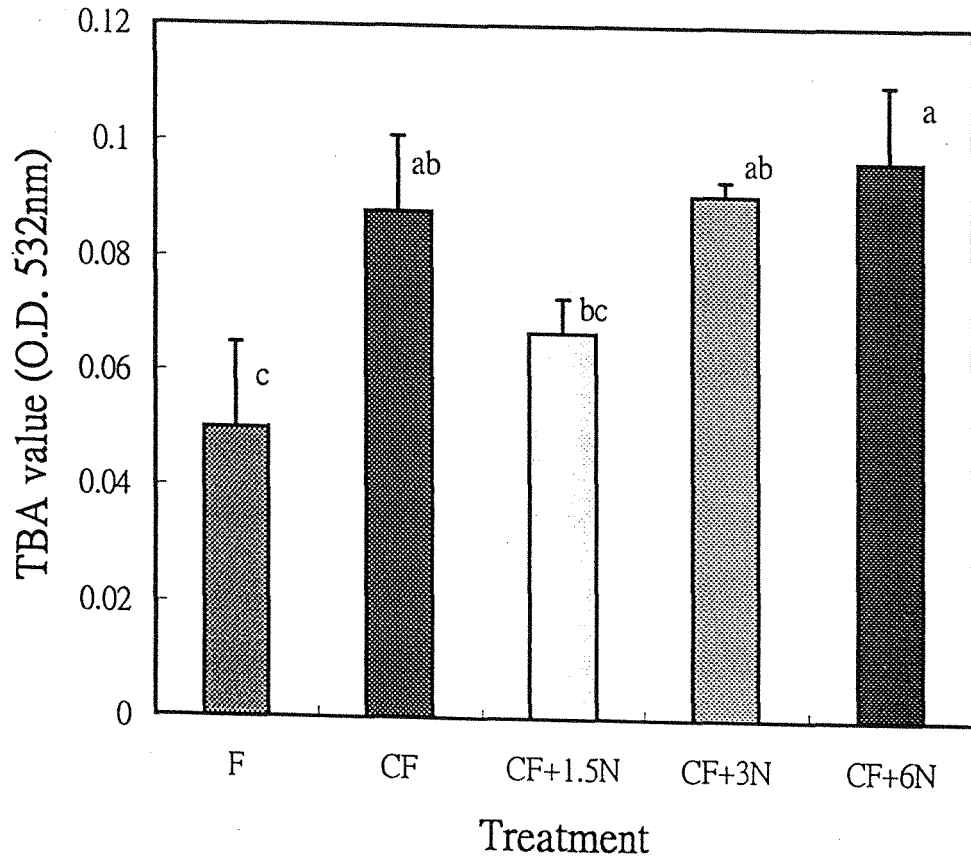
鹽在魚製品中是被廣泛使用的調味料。不同鹽濃度的添加會造成 TBA 值有不同的變化(圖五)。在實驗中，控制組為生烏仔魚(F)，烏仔魚依不同處理分成四組實驗組，實驗組為蒸煮(CF)、加 1.5%食鹽蒸煮(CF+1.5N)、加 3%食鹽蒸煮(CF+3N)、加 6%食鹽蒸煮(CF+6N)。隨著由 1.5%~6%鹽濃度的增加，TBA 值會增高，二者呈現正相關性。CF+3N 及 CF+6N 與控制組相比較，有顯著較高的 TBA 值 ($P < 0.05$)。CF+1.5N 的 TBA 值與控制組比較，雖然並未達到顯著差異 ($P > 0.05$)，但是有較高的趨勢。CF+1.5N、CF+3N 及 CF+6N 與 CF 作比較時，雖然沒有達到

統計分析上的顯著差異($P > 0.05$),但是 CF+1.5N 有略低的 TBA 值,而 CF+3N、CF+6N 有比 CF 略高的 TBA 值。

食鹽對脂質氧化作用的影響,可能是透過鐵離子的作用。當食鹽濃度低時,能夠取代存在細胞膜之間的鐵離子,使得鐵離子游離出,而減少鐵離子與膜脂質的接觸,間接減緩氧化作用⁽⁶⁰⁾。因此,CF+1.5N 與 CF 相比較,有較低的 TBA 值。但是,當食鹽濃度增加時,可能因為滲透壓的關係,破壞了雙層脂質膜的性質,降低了膜脂質的安定性,加速碎肉的脂質過氧化作用。同時,食鹽溶解後,過多的 Cl^- 會增加肉組織中 Fe^{3+} 的溶解性,進而刺激脂質氧化作用⁽⁶¹⁾。

食鹽究竟是扮演助氧化或抗氧化的角色,一直是個受爭議的問題。由本實驗中,得知 3%及 6%食鹽的添加,經過 100°C 高溫清蒸處理之後,與控制組相比較,有顯著較高的 TBA 值,因此,是擔任助氧化的角色。但是 1.5%食鹽的添加,其 TBA 值介於控制組與 CF 之間,對於蒸熟的魚肉而言,似乎扮演抗氧化的作用。不過,由於實驗結果未達到顯著差異($P > 0.05$),因此還需要更進一步的研究與探討。

圖五、食鹽的添加及蒸煮對烏仔魚TBA值之影響
Fig. 5 Effects of added NaCl on the TBA values of gray mullet during cooked.



* Values were expressed as mean \pm SD. (n = 4)

** F = raw fish ; CF = cooked fish ; CF+1.5N = fish + 1.5% salt ,cooked ;
CF+3N = fish + 3% salt ,cooked ; CF+6N = fish + 6% salt ,cooked.

在圖六的實驗中，控制組為生烏仔魚(F)，烏仔魚依不同處理分成四組實驗組，實驗組為蒸煮(CF)、加 2.5%糖蒸煮(CF+2.5S)、加 5%糖蒸煮(CF+5S)、加 10%糖蒸煮(CF+10S)。結果發現，添加 2.5%~10%的糖濃度與 TBA 值呈現顯著的正相關性，即糖濃度增加，TBA 值亦增高，其中，又以 CF+10S 的 TBA 值顯著比控制組、CF、CF+2.5S、CF+5S 高($P < 0.05$)。因此得知，糖的添加會加速魚脂質氧化作用的進行，而且添加的糖濃度愈高，脂質氧化的作用愈明顯。Jain⁽⁸⁴⁾指出，紅血球細胞放置在 35 ~ 45mM 糖溶液中，TBA reactivity(MDA)會增高，其結果中同時發現，葡萄糖誘發紅血球細胞膜脂質過氧化，而且會增加脆弱的紅血球細胞之滲透性，其顯示葡萄糖誘發的脂質氧化傷害，會導致紅血球細胞膜性質改變。此結果也可解釋本實驗中，糖的添加會造成魚肉組織的細胞膜性質改變，加速膜脂質過氧化的進行。

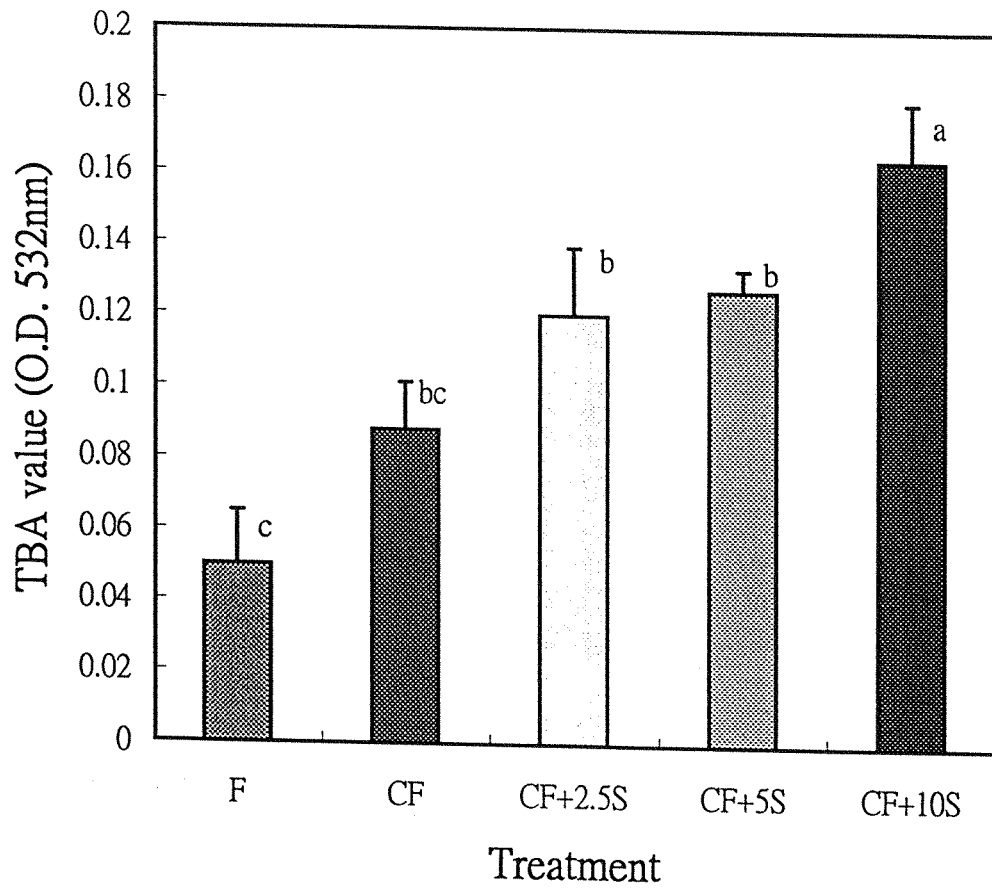
四· 不同鹽、糖濃度中貯存二十小時後與 TBA 值之關係

隨著魚肉貯存時間的增加，無論是控制組或是實驗組，其 TBA 值皆有增高的趨勢(圖五、圖七)。由圖七結果發現，烏仔魚添加不同濃度的鹽或不加鹽，貯存二十小時

之後清蒸，除了 CF+1.5N 與控制組之間無顯著差異 ($P < 0.05$)，其餘三組實驗組的 TBA 值顯著比控制組高 ($P < 0.05$)。得知 CF、CF+3N、CF+6N 於 4℃ 中貯存二十小時之後清蒸，與同樣貯存條件下的 F 組作比較，脂質氧化作用進行得比較快。圖七的鹽濃度與 TBA 值之關係和圖五相符合，即 1.5%~6% 鹽濃度之增加與 TBA 值之間呈現正相關性。當 CF+1.5N、CF+3N 與 CF 的 TBA 值作比較時，並沒有顯著的差異 ($P > 0.05$)，得知 1.5% 及 3% 食鹽的添加，對貯存二十小時之後再清蒸的烏仔魚之脂質氧化沒有顯著影響，但是 CF+6N 之 TBA 值顯著高於 CF ($P < 0.05$)，這表示 6% 食鹽添加於魚中，經貯存二十小時之後清蒸，會顯著地增高清蒸魚脂質氧化作用之進行。

由圖八添加 2.5%、5%、10% 糖於魚中，經貯存二十小時後清蒸之 TBA 值比較，得知隨著糖濃度的增加，在貯存二十小時後，使烏仔魚之 TBA 值增高。糖濃度與 TBA 值二者之間呈現正相關性。CF 與控制組之間的 TBA 值沒有顯著的差異 ($P > 0.05$)，CF+2.5S、CF+5S 及 CF+10S 與 CF 或控制組作比較時，有明顯增高的 TBA 值 ($P < 0.05$)，其中，又以添加 10% 糖的 CF+10S 有最高的 TBA 值 ($P < 0.05$)。由圖

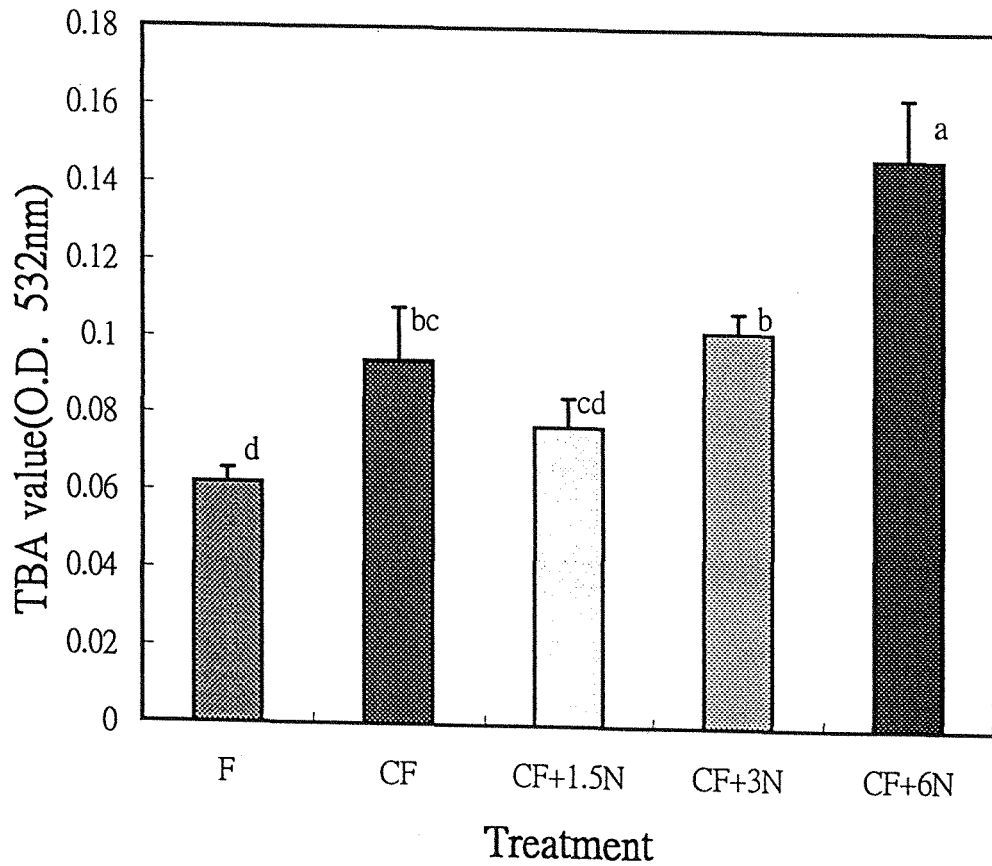
圖六、糖的添加及蒸煮對烏仔魚TBA值之影響
Fig.6 Effects of added sugar on the TBA values of gray mullet during cooked.



* Values were expressed as mean \pm SD. (n = 4)
** F = raw fish ; CF = cooked fish ; CF+2.5S = fish + 2.5% sugar ,cooked ;
CF + 5S = fish + 5% sugar ,cooked ; CF+10S = fish + 10% sugar ,cooked.

圖七、添同鹽濃度放置20小時後蒸煮對烏仔魚TBA
值之影響

Fig.7 The TBA values of gray mullet as affected by
different NaCl concentrations after 20 hr
storage.

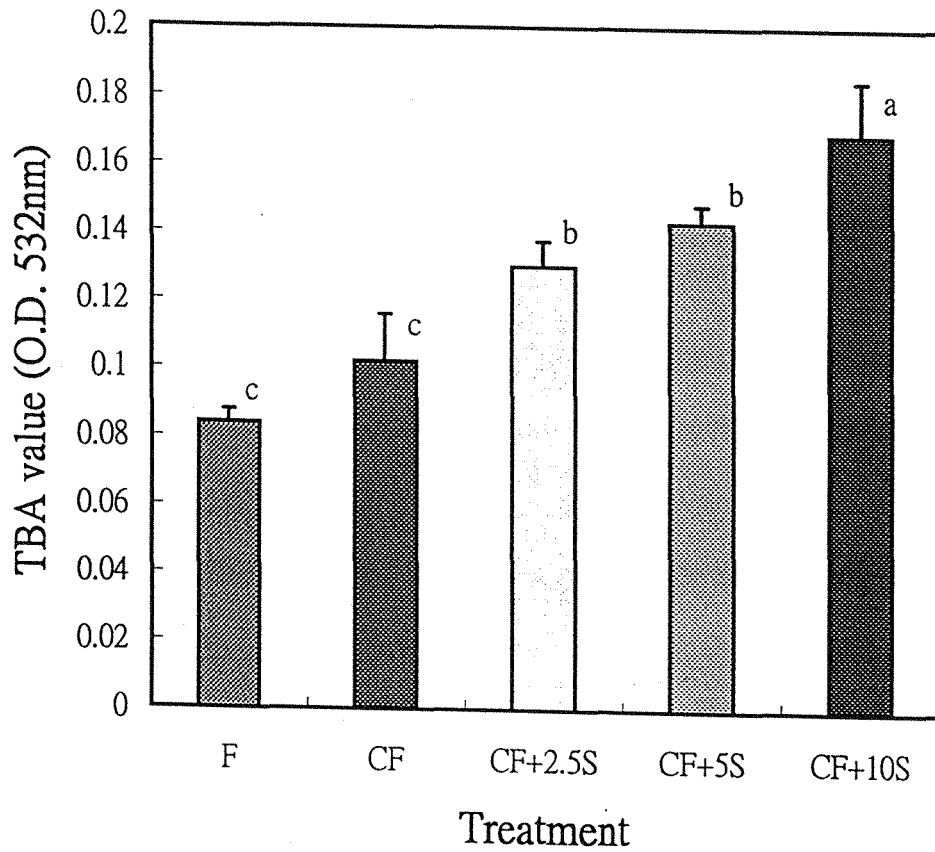


* Values were expressed as mean \pm SD. (n = 4)

** F = raw fish ; CF = cooked fish ; CF+1.5N = fish + 1.5% salt ,cooked ;
CF+3N = fish + 3% salt ,cooked ; CF+6N = fish + 6% salt ,cooked.

圖八、添加不同糖濃度放置20小時後蒸煮對烏仔魚 TBA 值之影響

Fig.8 The TBA values of gray mullet as affected by different sugar concentrations after 20 hr storage.



* Values were expressed as mean \pm SD. (n = 4)

** F = raw fish ; CF = cooked fish ; CF+2.5S = fish + 2.5% sugar , cooked ; CF + 5S = fish + 5% sugar , cooked ; CF+10S = fish + 10% sugar, cooked.

八與圖六比較結果中發現，無論是控制組或實驗組，經貯存二十小時後，TBA 值皆有增高的趨勢。

食鹽及糖的添加濃度愈高，魚肉的 TBA 值亦隨之增高。然而，添加糖導致的脂質氧化作用又比添加食鹽更嚴重。本實驗所使用的糖為蔗糖，蔗糖為非還原糖，在水解之後能產生兩個還原糖，可能發生梅納反應(Maillard reaction)⁽⁸⁷⁾。雖然有許多研究報告指出^(88, 89, 90)，還原糖與蛋白質或氨基酸產生的梅納反應產物(Maillard reaction products, MRPs)，因為具有共振結構，可中和掉外來之自由基，因而減少自由基的毒性，可有效抑制牛肉或豬肉的脂質氧化。不過，在本實驗中，糖的添加對蛋黃或魚肉不僅沒有抗氧化之效果，反而具有最高之 TBA 值。因此推測，可能蔗糖進行梅納反應的速率比脂質氧化作用速率慢，以致於無法達到有效的抗氧化結果。由於梅納反應為一複雜的反應，在反應過程也會因為不同的反應條件而有不同的反應產物，因此，對於梅納反應與本實驗的相關性研究有待進一步探討。

烏仔魚肉經貯存之後，TBA 值顯著增高，此結果與 Ang⁽⁷⁷⁾及 Lee et al.⁽⁹¹⁾的研究，烹調過的雞肉或火雞肉貯存於 4°C 的冷藏溫度中，TBA 值隨著時間之增加而增高的結果相符合。Ang⁽⁷⁷⁾同時發現，雞肉貯存五天之後，磷脂

質及 non-heme iron 會增加，因此推測磷脂質及 non-heme iron 直接參與脂質氧化反應，而加速了氧化速率。Lee et al.⁽⁸⁷⁾認為加熱會誘發氧化反應，使與蛋白質結合的鐵被釋出，ferryl myoglobin 形成，破壞細胞膜系統。另外，水在許多化學反應中是重要的環境因子，與雞肉之 TBA 皆隨著貯存時間的增長而增加。這可能由於它能當溶劑，溶解氧及各種金屬催化物之故，所以與 TBA 值亦呈現正相關性。

在本實驗中“4 °C 貯存”顯著地增加氧化作用之進行，而鹽或糖的添加，可顯著加強了 4 °C 貯存的魚肉之氧化進行。

伍、結論

- 一· 蒸煮或蒸煮食品前添加鹽、糖、酒調味，是中式烹調中常用的方式。由本實驗結果得知，蛋黃蒸煮前加糖、加鹽，與不添加任何調味料的生蛋黃或熟蛋黃比較，脂質氧化反應之程度顯著較高。其中，又以糖的影響最大。維生素 E 量會隨著脂質氧化程度之升高而減少。加酒蒸煮的蛋黃雖然在內脂質氧化沒有顯著上升，但是其所含的維生素 E 安定性呈現不穩定。
- 二· 蒸煮或蒸煮魚肉前各加 3% 食鹽、6% 食鹽，明顯加速脂質氧化之作用，1.5% 食鹽似乎有輕微減少清蒸魚脂質氧化進行的趨勢，但此反應不明顯。
- 三· 烹調前，2.5%、5%、10% 糖的添加，均顯著加速清蒸魚之脂質氧化作用。
- 四· 糖醃或鹽醃是中式烹調中常用的方式。由本實驗結果得知對魚肉而言，糖及鹽的添加用量會影響清蒸魚脂質氧化作用之進行，其中又以糖的影響比鹽更顯著。

陸、參考文獻

1. Powrie, W. D. and Nakai, S. 1985. *Characteristics of Edible Fluids of Animal Origin : Egg, in Food Chemistry*. Fennema O.R. (ed.), p.832,837-846. Marcel Dekker Inc. New York.
2. Lu, C. L. and Baker, R. C. 1987. Effect of pH and food ingredients on the stability of egg yolk phospholipids and the metal-chelator antioxidant activity of phosvitin. *J. Food Sci.* 52:613-616.
3. 張勝善。1986。蛋品加工學。第四章 蛋之性狀與成分，p.38。華香園出版社。台北。
4. Chang, C. H., Powrie, W. D. and Fennema, O. 1977. Studies on the gelation of egg yolk and plasma upon freezing and thawing. *J. Food. Sci.*42:1658-1665.
5. Naber, E. C. 1979. The effect of nutrition on the composition of eggs. *Poultry Sci.* 58:518.
6. Yamauchi, K., Nagai, Y. and Ohaski, J. 1980. Quantitative relationship between α -tocopheryl and polyunsaturated fatty acids and its connection to development of oxidative rancidity in porcine skeletal muscle. *Agri. Biol. Chem.* 44:1061-1067.
7. Bellairs, R. 1961. The structure of the yolk of the hen's egg as studied by electron microscopy. *J. Biophys. Biochem. Cytol.* 207-225.
8. Radomski, M. W. and Cook, W. H. 1964. Fractionation and dissociation of the avain lipoprotein and their interaction with phosvitin. *Can. J. Biochem.* 42:349-406.
9. Yamamoto, Y. and Omori, M. 1994. Antioxidative activity of

- egg yolk lipoproteins. *Biosci. Biotech. Biochem.* 58:1711-1713.
10. Chung, S. L. and Ferrier, L. K. 1992. pH and sodium chloride effects on emulsifying properties of egg yolk phosphovitin. *J. Food Sci.* 57:40-42.
 11. Privett, O. S., Blank, M. L. and Schmit, J. A. 1962. Studies on the composition of egg lipid. *J. Food Sci.* 27:463.
 12. Cotterill, O. J. and Glauert, J. L. 1979. Nutrient values for shell, liquid/frozen, and dehydrated egg derived by linear regression analysis and conversion factors. *Poultry Sci.* 58:131-134.
 13. Jiang, Y. H. McGeachin, R. B., and Bailey, C. A. 1994. α -Tocopherol, β -carotene, and retinol enrichment of chicken egg. *Poultry Sci.* 73:1137-1143.
 14. 劉麗雲、李敏雄。1996。雞齡對其蛋黃脂質組成之影響。食品科學。23：168-173。
 15. Windolz, M. 1983. *The Merck Index*, 9th ed. M. Windolz, , p.779-780. Merck Co, Rahway. U.S.A.
 16. Szuhaji, B. F. and Sipos, E.F. 1989. Soy lecithin products in 'Development in Food Science 19: Food Emulsifiers'. Charalambous, G. and Doxastakis, G.(Eds.), p114. Elsevier Publishing Company Inc., New York, USA.
 17. Itoh, T., Abe, Y. and Adachi, D. 1983. Comparative studies on the α - and β -phosphovitin from hen's egg yolk. *J. Food Sci.* 48:1755-1757.
 18. Causeret, D., Matringe, E. and Lorient, D. 1991. Ionic strength and pH effects on composition and microstructure of yolk

granules. J. Food Sci. 56:1532-1536.

19. Grizzuti, K. and Perlmann, G. E. 1973. Binding of magnesium and calcium ions to the phosphoprotein phosvitin. Biochem. 12:4399.
20. 陳燕南。1989。水產食品化學。第二章 魚的組織與主要成分， p.17。正中書局印行。台北。
21. 吳清雄、邱思魁。1996。水產食品學。國立編譯館主編。台北。
22. Yasuhara, A. and Shibamoto, T. 1995. Quantitative analysis of volatile aldehydes formed from various kinds of fish flesh during heat treatment. J. Agric. Food Chem. 43:94-97.
23. 傅偉光、張惠淑、宮昭雲、陳曉華、葉伶宜、仇志強。1994。食品成份分析之發展與資料庫之建立(三)。食品工業發展研究所編印。新竹。
24. Han, T. J. and Liston, J. 1987. Lipid peroxidation and phospholipid hydrolysis in fish muscle microsomes and frozen fish. J. Food Sci. 52:294-296,299.
25. Bennink, M. R. and Ono, K. 1982. Vitamin B12, E and D content of raw and cooked beef. J. Food Sci. 47:1786.
26. 黃朝盛。1986。台灣烏魚漁業。漁友月刊。9：35-37。
27. 沈士新、盧庚立、孫寶年。1994。烏魚養殖。海大漁推。第17期，p1-12。
28. 孫寶年、吳清雄、蕭錫延、陳錫秋、陳榮輝、曹欽玉、邱思魁、黃登福、林武修、李國誥。1987。台灣地區常見食用魚貝類圖說， p.46。行政院衛生署編印。台北。

29. Sanders, T. A. B. and Hinds, A. 1992. The influence of a fish oil high in docosahexaenoic acid on plasma lipoprotein and vitamin E concentrations and haemostatic function in healthy male volunteers. *British J. Nutr.* 68:163-173.
30. Thomas, L., H., Sandra, A. S., Demetrios, S. S. and James, A. H. 1987. Stability of polyunsaturated fatty acids after microwave cooking of fish. *J. Food Sci.* 52:1430-1431.
31. Herold, P. M. and Kinsella, J. E. 1986. Fish oil consumption and decreased risk of cardiovascular disease: a comparison of findings from animal and human feeding trials. *Am. J. Clin. Nutr.* 43:566-598.
32. Olcott, H. S. Marine products. 1962. In *'Lipids and Their Oxidation in Foods.'* Schulz, H. W., Day, E. A., Sinnhuber, R. O.(Ed.), p.173. AVI:Westport, CT. New York.
33. Ramanathan, L. and Das, N. P. 1992. Studies on the control of lipid oxidation in ground fish by some polyphenolic natural products. *J. Agric. Food Chem.* 40:17-21.
34. Ramanathan, L. and Das, N. P. 1993. Effect of natural copper chelating compounds on the pro-oxidant activity of ascorbic acid in steam-cooked ground fish. *Internati. J. Food Sci. Technol.* 28:279-288.
35. Meydani, M., Natiello, F., Goldin, B., Free, N., Woods, M., Schaefer, E., Blumberg, J. B. and Gorbach, S. L. 1991. Effect of long-term fish oil supplementation on vitamin E status and lipid peroxidation in women. *J. Nutr.* 121:484-491.
36. Huang, C. H., Hultin, H. O. and Jafar, S. S. 1993. Some aspects of Fe²⁺-catalyzed oxidation of fish sarcoplasmic reticular lipid. *J. Agric. Food Chem.* 41:1886-1892.

37. Minotti, G. and Aust, S. D. 1987. The role of iron in the initiation of lipid peroxidation. *Chem. Phys. Lipids*. 44:191-208.
38. Erickson, M. C. 1991. Extraction and quantitation of tocopherol in raw and cooked channel catfish. *J. Food Sci.* 56:1113-1114.
39. Takenaka, Y., Miki, M., Yasuda, H. and Mino, M. 1991. The effects of α -tocopherol as an antioxidant on the oxidation of membrane protein thiols induced by free radicals generated in difference sites. *Arch. Biochem. Biophys.* 285:344-350.
40. Mergens, W. J., Keating, J. F., Osadca, M., Araujo, M., De Ritter, E. and Newmark, H. L. 1978. Stability of tocopherol in bacon. *Food Technol.* 32:40.
41. Schricker, B. R., Miller, D. D. 1983. Effects of cooking and chemical treatment on heme and nonheme iron in meat. *J. Food Sci.* 48:1340-1349.
42. Rhee, K. S. 1988. Enzymic and nonenzymic catalysis of lipid oxidation in muscle foods. *Food Technol.* 46:127-132.
43. Halliwell, B. and Gutteridge, J. M. C. 1990. Role of free radicals and catalytic metal ions in human diseases : An overview. *Methods Enzymol.* 186:1-85.
44. Dziezak, J. D. 1986. Preservatives:antioxidants- the ultimate answer to oxidation. *Food Technol.* 40:34.
45. Monahan, F. J., Buckley, D. J., Morrissey, P. A., Lynch, P. B. and Gray, J. I. 1990. Effect of dietary α -tocopherol supplementation on α -tocopherol levels in porcine tissues and on susceptibility to lipid peroxidation. *Food Sci. Nutri.* 42F : 203-212.
46. Sevanian, A. and Hochstein, P. 1985. Mechanism and

consequences of lipid peroxidation in biological systems. *Annu. Rev. Nutr.* 5:365-390.

47. Haillwell, B. and Gutteridge, A. 1989. *Free radicals in biology and medicine*. 2nd. Ed. Clarendon Press. Oxford.
48. Stuckey, B. N. 1972. Antioxidants as food stabilizers Ch.4, In ' *CRC Handbook of Food Additives* '. 2nd ed. P.185. T. E. Furia. The Chemical Rubber Co. New York.
49. Porter, W. L. 1980. Recent trends in food applications of antioxidants Ch. 19 In " *Autoxidation in Food and Biological Systems* " M. G. Simic and M. Karel(Ed.), p.295. Plenum Press, New York, USA.
50. Parrish, D. B. 1980. "Determination of vitamin E in foods-a review *CRC critical reviews in food science and nutrition*. 100:161.
51. Machlin, L. J. 1984. Vitamin E. In *Handbook of Vitamins. Nutritional, Biochemical and Clinical Aspects*. Machlin, L. J.(Ed.), p.99-145. Marcel Dekker, New York, USA.
52. Ahn, D. U., Wolfe, F. H. and Sim J. S. 1995. Dietary α -linolenic acid and mixed tocopherols, and packaging influences on lipid stability in broiler chicken breast and leg muscle. *J. Food Sci.*60:1013-1018.
53. Terao, J., Matsushita, S. 1981. Thiobarbituric acid reaction of methyl arachidonate monohydroperoxide isomers. *Lipids*. 16:98.
54. Mukai, K., Morimoto, H., Okauchi, Y. and Nagaoka, S. 1993. Kinetic study of reactions between tocopheroxyl radicals and fatty acids. *Lipid*. 28:753-756.

55. Hu, M. L., Frankel, E. N., Leibovitz, B. E. and Tappel, A. L. 1989. Effect of dietary lipids and vitamin E on in vitro lipid peroxidation in rat liver and kidney homogenates. *Am. Ins. Nutr.* 6:1574.
56. 陳慈薇。1993。調味料之歷史沿革與市場未來展望。食品工業。25:13-19。
57. Reddy, K. A. and Marth, E. H. 1991. Reducing the sodium content of foods:A review. *J. Food Protect.* 54:138-150.
58. Srinivasan, S. and Xiong, Y. L. 1996. Sodium chloride-mediated lipid oxidation in beef heart surimi-like material. *J. Agric. Food Chem.* 44:1697-1703.
59. Wallace, W. J., Houtchens, R. A., Maxwell, J. C. and Caughey, W. S. 1982. Mechanism of autoxidation for hemoglobins and myoglobins. *J. Biol. Chem.* 257:4966.
60. Kanner, J., Harel, S. and Joffe, R. 1991. Lipid peroxidation of muscle food as affected by NaCl. *J. Agric. Food Chem.* 39:1017-1021.
61. Osinchak, J. E., Hultin, H. O., Zajicek, O. T., Kelleher, S. D. and Huang, C. H. 1992. Effect of NaCl on catalysis of lipid oxidation by the soluble fraction of fish muscle. *Free Radical Biol. Med.* 12:35-41.
62. Shomer, I., Weinberg, Z. G. and Vasilever, R. 1987. Structural binding properties of silver carp muscle affected by NaCl and CaCl₂ treatments. *Food Microstruct.* 6:199.
63. Rhee, K. S., Smith, G. C. and Terrell, R. N. 1983. Effect of reduction and replacement of sodium chloride on rancidity development in raw and cooked pork. *J. Food Protect.* 46:578-

64. Brownlee, M., Cerami, A. and Vlassra, H. 1988. Advanced products of nonenzymatic glycosylation and the pathogenesis of diabetic vascular disease. *Diab. Metab. Rev.* 4:437-451.
65. Battistini, N., Virgili, F., Canali, R., Vannini, V. and Tomasi, A. 1996. High glucose-induced membrane lipid peroxidation on intact erythrocytes and on isolated erythrocyte membrane (ghosts). *J. Nutr. Biochem.* 7:156-161.
66. Rajeswari, P., Natarajan, R., Nadler, J. L., Kumar, D. and Kalra, V. K. 1991. Glucose induces lipid peroxidation and inactivation of membrane-associated ion-transport enzymes in human erythrocytes in vivo and in vitro. *J. Cellular Physio.* 149:100-109.
67. Breedon, J. H. Alcohol, alcoholism and cancer. 1984. *Med. Clin. North. Am.* 68:163.
68. Lieber, C. S. 1993. A personal perspective on alcohol, nutrition, and the liver. *Am. J. Clin. Nutr.* 58:430-442.
69. 施明智。1991。食物學原理。第十五章 飲料類， p.505。藝軒圖書出版社。
70. Lepage, G. and Roy, C. C. 1986. Direct transesterification of all classes of lipids in a one-step reaction. *J. Lipid Res.* 27:114-120.
71. 蘇正德。1993。維生素E快速檢測法及其在食品上應用之研究。藥物食品分析。1: 61-69.
72. Nemezc, G. and Mennear, J. H. 1995. Phospholipid degradation is induced by heat in α -tocopherol-enriched eggs. *Poultry Sci.* 74:1520.

73. Pikul, J. and Kummerow, F. A. 1991. Thiobarbituric acid reactive substance formation as affected by distribution of polyenoic fatty acids in individual phospholipids. *J. Agric. Food Chem.* 39:451-457.
74. Igene, J. O., Pearson, A. M., Dugan, L. R. and Price, J. F. 1980. Role of triglycerides and phospholipids on development of rancidity in model meat systems during frozen storage. *Food Chem.* 5:263-276.
75. Melton, S. L. 1983. Methodology for following lipid oxidation in muscle foods. *Food Technol.* 37:105-111,116.
76. Frankel, E. N. 1985. Chemistry of free radical and singlet oxidation of lipids program. *Lipid Res.* 23:197.
77. Ang, C. Y. W. 1988. Comparison of broiler tissues for oxidative changes after cooking and refrigerated storage. *J. Food Sci.* 53:1072-1075.
78. Ahn, D. U., Ajuyah, A., Wolfe, F. H. and Sim J. S. 1993. Oxygen availability affects prooxidant catalyzed lipid oxidation of cooked turkey patties. *J. Food Sci.* 58:278-282,291.
79. Fukuzawa, K., Takase, S. and Teukatani, H. 1985. The effect of concentration on the antioxidant effectiveness of α -tocopherol in lipid peroxidation induced by superoxide free radicals. *Arch. Biochem. Biophys.* 240:117.
80. Kanner, J., Hazan, B. and Doll, L. 1988a. Catalytic free iron ions in muscle foods. *J. Agric. Food Chem.* 36:412.
81. Kanner, J., Shigalovich, I., Harel, S. and Hazan, B. 1988b. Muscle lipid peroxidation dependent on oxygen and free metal ions. *J. Agric. Food Chem.* 36:409.

82. Andersen, J. J. and Skibsted, L. H. 1991. Oxidative stability of frozen pork patties. Effect of light and added salt. *J. Food Sci.* 56:1182.
83. Hick, M., Delbridge, L., Yue, D. K. and Reeve, T. S. 1988. Catalysis of lipid peroxidation by glucose and glycosylated collagen. *Biochim. Biophys. Res. Comm.* 151:649-651.
84. Liu, Q., Scheller, K. K., Schaefer, D. M., Arp, S. C. and Williams, S. N. 1994. Dietary α -tocopheryl acetate contributes to lipid stability in cooked beef. 59:288-290.
85. Pearson, A. M., Gray, J. I., Wolzak, A. M. and Horenstein, N. A. 1983. Safety implications of oxidized lipids in muscle foods. *Food Technol.* 37:121-129.
86. Jain, S. K. 1989. Hyperglycemia can cause membrane lipid peroxidation and osmotic fragility in human red blood cells. *J. Biol. Chem.* 264P:21340-21345.
87. Deman, J. M. 1990. Principle of food chemistry. 2nd ed Van Nostrand Reinhold, Melbourne.
88. Bailey, M. E., Shin-Lee, S. Y., Dupuy, H. P., St. Angelo, A. J. and Vercellotti, J. R. 1987. *Inhibition of warmed-over flavor of Meat.* A. J. St. Angelo and M.E. Bailey(Ed.) Academic Press, Orlando, FL.
89. Lingert, H. and Eeiksson, C. E. 1980. Antioxidative Maillard reaction products. I. Products from sugar and free amino acids. *J. Food Process. Preserv.* 4:161-172.
90. Bedinghaus, A. J. and Ockerman, H. W. 1995. Antioxidative Maillard reaction products from reducing sugars and free amino acids in cooked ground pork patties. *J. Food Sci.* 60:992.

91. Lee, S. K., Mei, L. and Decker, E. A. 1996. Lipid oxidation in cooked turkey as affected by added antioxidant enzymes. *J. Food Sci.* 61:726-728,795.