

蒸煮及鹽酒的添加對魚肉脂肪酸組成及脂質安定性之影響

殷梅津* 廖杏珠 蘇國雄

摘要

本研究旨在探討魚肉之脂肪酸組成及脂質安定性是否會受蒸煮、鹽、酒的添加及冷藏存放的影響。本研究使用的魚為富含多元不飽和脂肪酸的烏仔魚。鹽的濃度為 1%、3% 及 6%；酒的濃度為 5%、10% 及 20%；4°C 冷藏時間為 1 hr 及 20 hr。結果發現清蒸(100°C)及高濃度的鹽(6%)、酒(20%)處理會降低魚肉中多元不飽和脂肪酸的比例及增加脂質氧化的程度。而延長存放的時間也會強化蒸煮、鹽或酒的助氧化效果。

Key words: lipid stability, fatty acid composition, salt, wine

前言

魚及魚肉產品是多元不飽和脂肪酸(polyunsaturated fatty acid, PUFA)的豐富來源，對於心血管疾病的預防扮演著重要的角色⁽¹⁾。由於多元不飽和脂肪酸可降低血液中的三酸甘油酯、總膽固醇量及減少了前列腺凝素的生成，故可預防血小板的凝集，因而對於動脈硬化及心血管疾病具改善的功效^(2,3)。因此魚肉的攝取被廣為鼓勵。然而，肉類食品，常因為脂質氧化酸敗而使品質降低^(4,5)。魚肉因為含有高量不飽和脂肪酸⁽⁶⁾，因此，比其它肉類及其製品更容易氧化而酸敗。

中國的烹調方法一向以熟食為主，而且講究色香味。但是烹煮食物所使用的加熱處理及調味料(鹽、酒、糖、醋)的添加很可能會使得參與脂質氧化作用的成分更複雜，因而影響食物營養素的安定。肉類食品即常以預先烹煮及已調味的形式在市場上銷售。然而烹煮(加熱處理)卻會使肉品中的氧化產物(thiobarbituric acid reactive substances; TBARS)量及螢光性色素增加^(7,8)。

這是因為熱處理加速了不飽和脂質的自氧化，如此不但造成脂溶性營養素的流失，也因為食品氧化而縮短了保存期限^(8,9)。

食鹽是食品烹調中常用的調味品，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.⁽¹⁰⁾認為食鹽對於碎豬肉的脂質氧化沒有影響。Kanner et al.⁽¹¹⁾及 Osinchak et al.⁽¹²⁾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。Osinchak et al.⁽¹²⁾也認為氯化鈉溶解後，Cl⁻可能增加肉組織中 Fe³⁺的溶解性，進而刺激脂質氧化。

酒富含能量，也是中式食品烹調中常用的調味料(尤其是米酒)。然而，酒精對人體營養狀態卻具有相當大的影響⁽¹³⁾。對酗酒者而言，酒對健康的傷害也就是源於酒精經代謝產生的自由基，促進了組織細胞的氧化⁽¹³⁾。不過，酒精對食品脂質安定性的研究並不多。雖然 Ramanathan 和 Das⁽¹⁴⁾曾指出，添加低量酒精

中山醫學院營養科學研究所

通訊作者及地址:

殷梅津 中山醫學院營養科學研究所 台中市建國北路一段 110 號

電話: (04) 3896190 分機 50915

(50%, 10ml)於攪碎的魚肉中，經脂質氧化檢測結果得知，並不影響脂質氧化。但是，在其他的 *in vivo* 實驗中，當酒精濃度很高時，經由 xanthine oxidase 或 aldehyde oxidase 代謝，可以產生自由基，促進脂質過氧化^(15, 16)。

烹調處理後的食物，其內所含營養素的量才是人體所能吸收利用的，才真正代表其營養價值及具有臨床上的意義。蒸煮、食鹽及酒的添加是否會降低魚肉中多元不飽和脂肪酸的安定性？為得知此一答案，本實驗即是以不同濃度之鹽或米酒的添加，來了解這兩種調味料及蒸煮處理對於魚肉(烏仔魚)脂肪酸及脂質安定性的影響。希望能以此提供消費者、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。

材料與方法

化學試藥及實驗材料：

Trichloroacetic acid (TCA), 99%, 及 pyrogallol 98%, 購自英國 Lancaster 公司; 2-thiobarbituric acid (TBA), 98%, 購自美國 Sigma chemical company; potassium hydroxide (KOH), 85.0%, n-heptane, 99.0%, potassium carbonate (K_2CO_3), 99.5%, 購自日本和光純藥公司; methanol (CH_3OH), 100%, 購自美國 Baker 公司; benzene (C_6H_6), 購自英國 Romil 公司; acetyl chloride (C_2H_3ClO), 98%, 購自比利時 Janssen 公司; 食鹽(NaCl), 99.5%, 購自台鹽實業股份有限公司; 米酒(rice wine), 22%, 購自台灣省菸酒公賣局。

烏仔魚⁽¹⁷⁾(英文名：Gray Mullet, 學名：Mugil cephalus Linnaeus)於實驗當日清晨購自台中港捕魚返港之魚販。去除鱗片、表皮、內臟、頭部、骨鱗及尾部，再將所有的魚肉部分切成大小約 1.5cm³ 的丁塊，此為魚肉原料。

(一)、實驗處理:不經蒸煮處理組：每次稱取 50g 魚肉量，各加入鹽(1%, 3%, 6%)、米酒(5%, 10%, 20%)後攪碎拌勻，放在瓷盤內，置於 4°C 中 1 或 20 小時後立即分析。蒸煮處理組：魚肉經上述處理後，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。為方便於結果討論及表格說明將各項處理以縮寫方式表達如下：

生魚肉⇒	RF	蒸煮處理後⇒	CF
生魚肉+1%NaCl⇒	RF+1N	蒸煮處理後⇒	CF+1N
生魚肉+3%NaCl⇒	RF+3N	蒸煮處理後⇒	CF+3N
生魚肉+6%NaCl⇒	RF+6N	蒸煮處理後⇒	CF+6N
生魚肉+5%米酒⇒	RF+5W	蒸煮處理後⇒	CF+5W
生魚肉+10%米酒⇒	RF+10W	蒸煮處理後⇒	CF+10W
生魚肉+20%米酒⇒	RF+20W	蒸煮處理後⇒	CF+20W

(二)、脂肪酸組成分析⁽¹⁸⁾：1g 不含湯汁的魚肉，加入 2ml Methanol-benzene (4:1,v:v) 及 0.5ml Acetyl chloride，在試管口緣抹上凡士林後密封，以 Heat block (Boeckel model 110002) 加熱至 100°C 持續 60 分鐘，冷卻後加入 5ml, 6%, K_2CO_3 溶液，混和均勻後以 3000 rpm, 10°C 離心 15 分鐘，加入 300 μ l Heptane，離心 1 分鐘，收集上清液。再加入 200 μ l 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 μ l 注入氣相層析儀，氣相層析儀為 GC-14B(日本 SHIMADZU 公司)，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 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 External Standard 作比較。

(三)、脂質氧化程度測定⁽⁹⁾：10g 魚肉，加入 20ml, 25%, Trichloroacetate 溶液 (TCA)，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，混合液在黑暗中置放 20 小時，使之呈色，再以分光光度計測其在 532nm 的吸收值。氧化程度越大者，其在 532nm 的吸收值越高。

(四)、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=8) 二重覆之平均值及正負標準差 (Mean \pm 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 ($p < 0.05$)。

結果

如表一所示，未經蒸煮，魚內的脂肪酸組成不因鹽、酒及冷藏處理而有顯著改變。其脂肪酸組成均與 RF 組相似。惟 RF+6N 及 RF+20W 兩組經 4°C 20 hr 冷

藏後，其 PUFA 所佔比例顯著下降($p < 0.05$)，而相對的其單一不飽和脂肪酸(monounsaturated fatty acid, MUFA)所佔比例提高。

表一、鹽酒添加及冷藏存放對魚肉脂肪酸組成之影響(n=8)。

%	RF	4°C, 20 hr	
		RF+6N	RF+20W
14:0	1.03	1.52	1.35
16:0	18.70	18.41	19.96
16:1	1.23	1.74	1.95
18:0	8.89	8.92	8.11
18:1	25.18	27.61	27.50
18:2(n-6)	16.14	14.97	14.82
18:3(n-3)	1.87	1.45	1.51
20:1	2.16	3.50	3.34
20:4(n-6)	4.44	3.34	3.03
20:5(n-3)	2.97	2.47	2.65
22:5(n-3)	4.41	3.98	3.77
22:6(n-3)	11.70	10.84	10.88
Total	98.72	98.75	98.85
SAF	28.62±1.05	28.85±1.16	29.42±1.07
MUFA	28.57±1.42	32.85*±1.21	32.79*±1.31
n-6	20.58	18.31*	17.85*
n-3	20.95	18.74*	18.79*
PUFA	41.53±1.63	37.05*±1.36	36.64*±1.54

*表示與 RF 組比較，其%值有顯著改變($p < 0.05$)。

而經冷藏 1 小時之後再加以蒸煮，也只有 CF+6N 及 CF+20W 兩組的脂肪酸組成有顯著改變($p < 0.05$) (如表二所示)。其 PUFA 所佔比例下降，MUFA 所佔比例上升。而比較 RF 及 CF 之脂肪酸組成可發現蒸煮處理並未顯著的改變魚肉的脂肪酸組成(見表一及表二)。此結果說明了新鮮的魚肉未經存放處理且不加任

何調味料而僅加以蒸煮，並不會對其脂肪酸的安定造成影響。經 20 hr 冷藏後再加以蒸煮，則可發現魚內的脂肪酸組成有了明顯的改變(如表二所示)。即 PUFA 所佔比例大幅下降，其降低主要是表現在 n-3 脂肪酸。而 C20:1 及某些組中的 C22:5 則無法測得。而相對的飽和脂肪酸(saturated fatty acid, SFA)所佔比例提高。

表二、先以鹽酒添加及冷藏存放再蒸煮，魚肉脂肪酸組成之變化(n=8)。

%	4°C, 1 hr			4°C, 20 hr				
	CF	CF+6N	CF+20W	CF	CF+3N	CF+6N	CF+10W	CF+20W
14:0	1.28	1.26	1.57	0.20	0.16	0.26	0.24	0.17
16:0	19.30	20.11	20.84	23.13	23.61	25.05	24.88	27.61
16:1	1.21	0.55	2.42	1.34	1.60	2.17	1.60	1.50
18:0	7.13	7.48	6.63	13.11	14.47	14.26	14.29	15.45
18:1	25.27	28.18	26.61	26.67	26.89	29.91	25.84	25.58
18:2(n-6)	16.86	16.32	16.61	18.20	18.71	19.14	17.25	18.55
18:3(n-3)	1.62	1.69	2.17	0.40	0.47	0.68	0.49	0.49
20:1	3.09	2.79	2.68	-	-	-	-	-
20:4(n-6)	3.88	3.35	2.50	4.83	4.61	3.05	3.91	2.62
20:5(n-3)	2.82	2.60	2.65	2.79	1.76	0.28	2.47	2.17
22:5(n-3)	4.03	4.71	4.81	2.05	1.44	-	2.64	-
22:6(n-3)	12.12	9.89	8.89	6.25	4.98	3.76	4.81	4.11
Total	98.61	98.93	98.38	98.97	98.70	98.56	98.42	98.25
SAF	27.71±1.28	28.85±1.06	29.04±1.22	36.44±1.52	38.24±1.43	39.57*±1.56	39.41*±1.48	43.23*±1.37
MUFA	29.57±1.34	31.52*±1.45	31.71*±1.30	28.01±1.27	28.49±1.31	32.08*±1.47	27.44±1.10	27.08±0.77
n-6	20.74	19.67	19.11	23.03	23.32	22.19	21.16	21.17
n-3	20.59	18.89	18.52*	11.49	8.65*	4.72*	10.41	6.77*
PUFA	41.33±1.56	38.56*±1.49	37.63*±1.56	34.52±1.38	31.97*±1.37	26.91*±0.89	31.57*±1.04	27.94*±1.26

*表示與 CF 組比較，其%組成有顯著改變(p<0.05)。

表三結果說明了經冷藏 1 小時，生魚肉不論添加何種濃度的鹽或酒都不會影響其脂質的安定性，因為其 TBA 值無顯著差異(p>0.05)。但是一旦延長了冷藏時間至 20 hr，高濃度的鹽(RF+6N)或酒(RF+20W)即表現出其助氧化的效果，而加強了脂質氧化致使 TBA 值顯著提高(p<0.05)。經冷藏 1 小時後再蒸煮，

每一組的 TBA 值都比未蒸煮前高，這說明了蒸煮處理加速了氧化作用的進行。而冷藏 20 小時後再蒸煮，每一組的 TBA 值又比 1 小時冷藏的相對組高，且達顯著差異(p<0.05)。這說明了雖然是冷藏存放，但是延長了存放時間仍是會加速脂質氧化作用的進行。

表三、鹽酒添加、冷藏存放及蒸煮對魚肉脂質安定性(TBA 值)之影響(n=8)。

	4°C, 1 hr	4°C, 20 hr
RF	0.027±0.005	0.037±0.008
RF+1N	0.033±0.007	0.045±0.004
RF+3N	0.024±0.003	0.038±0.005
RF+6N	0.038±0.006	0.086*±0.010
RF+5W	0.025±0.005	0.036±0.007
RF+10W	0.032±0.004	0.047±0.008
RF+20W	0.036±0.007	0.095*±0.010
CF	0.074±0.009	0.108*±0.009
CF+1N	0.091±0.010	0.156*±0.011
CF+3N	0.137±0.012	0.202*±0.016
CF+6N	0.208±0.017	0.295*±0.018
CF+5W	0.069±0.005	0.093*±0.007
CF+10W	0.125±0.009	0.182*±0.014
CF+20W	0.176±0.013	0.267*±0.016

*表示經存放 20 h 後，TBA 值顯著增加(p<0.05)。

討論

新鮮烏仔魚的脂肪酸組成中，多元不飽和脂肪酸：單元不飽和脂肪酸：飽和脂肪酸=1.51：1.81：1(表一)。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⁽¹⁹⁾以烏魚所作的脂肪酸組成百分比高低順序相同。Yasuhara 和 Shibamoto⁽⁷⁾曾指出，高量的多元不飽和脂肪酸，會使肉類食品對氧化作用比較敏感，而加速多元不飽和脂肪酸裂解，導致食品品質降低。在本實驗中，蒸煮及高濃度食鹽或酒的添加改變烏仔魚的脂肪酸組成及減少烏仔魚的 n-3 脂肪酸含量。這是因為 n-3 脂肪酸安定性較差，易受熱、鹽或酒的影響而氧化裂解。

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。在本實驗中，CF、CF+1N、CF+3N、CF+6N 等四組，不論事先冷藏多久，隨著鹽濃度的增加，TBA 值也增高，二者呈

現正相關性。本研究結果與 Ahn et al.⁽⁹⁾的研究，2%食鹽在火雞肉中具有助氧化的作用相符合。曾有研究報告指出⁽²⁰⁻²²⁾，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，包括有多元不飽和脂肪酸的含量及游離金屬離子(如鐵)、氧氣、血色素、製品的機械化過程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，使富含高度不飽和脂肪酸的磷脂質，暴露於氧分子或金屬離子中，而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，在此種狀態下，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)。在本實驗中 3%及 6%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。

米酒在魚的烹調中也常被使用，其目的是為了去

除腥味及增進肉品的風味。本實驗中，經 1 小時冷藏，RF+5W、RF+10W 及 RF+20W 與 RF 組相比較，TBA 值未達顯著差異($p>0.05$)，此與 Ramanathan 和 Das⁽¹⁴⁾ 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相同。然而，CF+10W 及 CF+20W 與 CF 組相比較，不論事先冷藏多久，TBA 值均顯著提高。因此推測本實驗中，米酒加速脂質氧化作用進行的原因，可能是因為高濃度的米酒造成細胞膜滲透壓的改變而使得膜的安定性降低，再經由高溫清蒸的過程，誘發了脂質氧化作用的進行。

烏仔魚肉經貯存之後，TBA 值顯著增高，此結果與 Ang⁽²³⁾及 Lee et al.⁽²⁴⁾的研究，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⁽²³⁾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.⁽²⁴⁾認為加熱會誘發氧化反應，使與蛋白質結合的鐵被釋出，破壞細胞膜系統。另外，對於切碎的肉組織而言，肌肉膜上的脂質更容易氧化。這是因為，高量氧分子容易進入組織中，引發一連串氧化反應⁽²¹⁾。魚肉經清蒸(沸水浴蒸十五分鐘)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(如鐵)，因而造成脂質氧化程度增加。本實驗所用魚肉是經切碎處理的，這可能也是導致 4°C 的冷藏中，脂質氧化程度增加的原因之一。

結論

鹽醃及酒漬為國人常用的烹調方法，然而本實驗證明魚肉經高濃度食鹽或酒處理後再加以蒸煮，其脂質安定性顯著降低。因此欲以攝取魚肉來獲得對健康有益的 PUFA 時，應選用新鮮者(不宜冷藏太久)並減少食鹽或酒的添加。不論是蒸煮或油炸魚肉經高溫處理的時間也應越短越好。

誌謝

本研究接受中山醫學院專題計畫(CSMC84-OM-B-021)經費資助，深表感謝。

參考文獻

1. Herold PM, Kinsella JE: Fish oil consumption and decreased risk of cardiovascular disease: a comparison of findings from animal and human feeding trials. *Am J Clin Nutr*, 1986; 43:566-570.
2. Sanders TAB, Hinds A: 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*, 1992; 68:163-167.
3. Meydani M, Natiello F, Goldin B, et al: Effect of long-term fish oil supplementation on vitamin E status and lipid peroxidation in women. *J Nutr*, 1991; 121:484-487.
3. Han TJ, Liston J: Lipid peroxidation and phospholipid hydrolysis in fish muscle microsomes and frozen fish. *J Food Sci*, 1987; 52:294-297.
4. Thomas L, Sandra AS, Demetrios SS, et al: Stability of polyunsaturated fatty acids after microwave cooking of fish. *J Food Sci*, 1987; 52:1430-1433.
5. 吳清雄、邱思魁:水產食品學。台北市，國立編譯館主編，中華民國 85 年。
6. Yasuhara A, Shibamoto T: Quantitative analysis of volatile aldehydes formed from various kinds of fish flesh during heat treatment. *J Agric Food Chem*, 1995; 43:94-99.
7. Terao J, Matsushita S: Thiobarbituric acid reaction of methyl arachidonate monohydroperoxide isomers. *Lipids*, 1981; 16:98-102.
8. Ahn DU, Wolfe FH, Sim JS: Dietary α -linolenic acid and mixed tocopherols, and packaging influences on lipid stability in broiler chicken breast and leg muscle. *J Food Sci*, 1995; 60:1013-1016.
9. Rhee KS, Smith GC, Terrell RN: Effect of reduction and replacement of sodium chloride on rancidity development in raw and cooked pork. *J Food Protect*, 1983; 46:578-581.
10. Kanner J, Harel S, Joffe R: Lipid peroxidation of muscle food as affected by NaCl. *J Agric Food Chem*, 1991; 39:1017-1020.
11. Osinchak JE, Hultin HO, Zajicek OT, et al: Effect of

- NaCl on catalysis of lipid oxidation by the soluble fraction of fish muscle. *Free Radical Biol Med*, 1992; 12:35-38.
12. Lieber CS: A personal perspective on alcohol, nutrition, and the liver. *Am J Clin Nutr*, 1993; 58:430-440.
13. Ramanathan L, Das NP: Studies on the control of lipid oxidation in ground fish by some polyphenolic natural products. *J Agric Food Chem*, 1992; 40:17-21.
14. Breedon JH: Alcohol, alcoholism and cancer. *Med Clin North Am*, 1984; 68:163-168.
15. Sevanian A, Hochstein P: Mechanism and consequences of lipid peroxidation in biological systems. *Ann Rev Nutr*, 1985; 5:365-372.
16. 黃朝盛: 台灣烏魚漁業。漁友月刊 中華民國 85 年:9:35-39。
17. Lepage G, Roy CC: Direct transesterification of all classes of lipids in a one-step reaction. *J Lipid Res*, 1986; 27:114-120.
18. 傅偉光、張惠淑、宮昭雲等: 食品成份分析之發展與資料庫之建立(三)。新竹市, 食品工業發展研究所編印。中華民國 83 年。
19. Huang CH, Hultin HO, Jafar SS: Some aspects of Fe²⁺-catalyzed oxidation of fish sarcoplasmic reticular lipid. *J Agric Food Chem*, 1993; 41:1886-1890.
20. Ahn DU, Ajuyah A, Wolfe FH, *et al*: Oxygen availability affects prooxidant catalyzed lipid oxidation of cooked turkey patties. *J Food Sci*, 1993; 58:278-281.
21. Andersen JJ, Skibsted LH: Oxidative stability of frozen pork patties. Effect of light and added salt. *J Food Sci*, 1991; 56:1182-1184.
22. Ang CYW: Comparison of broiler tissues for oxidative changes after cooking and refrigerated storage. *J Food Sci*, 1988; 53:1072-1075.
23. Lee SK, Mei L, Decker EA: Lipid oxidation in cooked turkey as affected by added antioxidant enzymes. *J Food Sci*, 1996; 61:726-728.

The Influence of Heat and/or the Addition of Salt or Rice Wine on the Lipid Stability and Fatty Acid Composition in Gray Mullet

Yin, Mei-chin*; Liao, Hsin-chu and Su, Kuo-hsiung

Institute of Nutritional Science, Chungshan Medical & Dental College, Taichung, Taiwan, R.O.C.

The purpose of this study was to investigate the influence of heat (100°C) and/or the addition of salt or rice wine on lipid stability and fatty acid composition in gray mullet. The salt concentrations used were 1%, 3% and 6%. The concentrations of rice wine used were 5%, 10% and 20%. The factor of storage at 4°C for 1 hr and 20 hr was also studied.

The results showed that %PUFA of fish muscle was significantly decreased by 6% salt or 20% rice wine after 20 hr storage at 4°C without heat treatment. However, after 20 hr storage at 4°C, heat treatment plus salt (3% or 6%) or rice wine (10% or 20%) significantly affected fatty acid composition ($p < 0.05$). The lipid stability of fish muscle significantly reduced when salt (3%, 6%), or rice wine (10%, 20%) was added before heat treatment ($p < 0.05$). Longer storage time (20 hr) significantly enhanced the prooxidant effect of heat, salt or rice wine ($p < 0.05$).

The results suggested that the use of high concentration of salt or rice wine in cooking fish should be carefully considered.

*Corresponding author