

Effect of high voltage electrostatic field on freshness and quality of tilapia during refrigeration

楊尚晏、柯文慶、謝昌衛

E-mail: 345495@mail.dyu.edu.tw

ABSTRACT

Live tilapia (*Oreochromis niloticus*) immediately sacrificed by hitting were used as raw materials in this study. Three types of samples including roundfish, three pieces fillet, and crushed meat were prepared. They were stored in a refitted refrigerator with 100, 300, and 500 kV/m strength of high-voltage electrostatic field (HVEF). Changes in appearance, freshness, color, quality, and meat properties were investigated during storage period. The rate of freezing and defrosting were also determined. Results were obtained as follows: 1. The time needed for freezing and defrosting the round fishes were 0.74 and 0.51, respectively, using HVEF at 500 kV/m. This indicated that HVEF treatment could accelerate the transition time to pass through the zone of maximum ice crystal formation while freezing or defrosting. Injury prevention in texture of fish muscle could also be inferred. 2. Color of the round tilapia stored in a common refrigerator gradually faded from grey-black to brown in color, followed by the development of ammonia odor and the turbidity of eyes. All the extrinsic deteriorations could be decreased by the HVEF above 300 kV/m. 3. Early on storage, pH of tilapia meat decreased due to glycolysis, but subsequently increased by growth of microorganisms. However, this tendency was slow down when the HVEF strength was 500 kV/m. 4. No matter with or without the HVEF treatment, no obvious changes in “ Hunter L ” but decreased in “ Hunter a ” and increased in “ Hunter b ” were observed. The variations of whiteness and chroma were similar to the tendency of “ Hunter a ” and “ Hunter b ”, respectively. 5. Both VBN and K values of tilapia meat increased with increasing storage period, they exceeded the hygienic standard at 6th day, 60% and 25 mg/ 100 g, respectively. But for the HVEF treatment by 500 kV/m, K value approached 60% until 8th day, while VBN only was only 20.47 mg/100 g by 300 kV/m. The efficiency of HVEF on retardation of freshness was shown. 6. Total plate counts (TPC) reached 6.91×10^6 CFU/g meat at the 8th day, while still didn't exceed the sanitary standard (3.45×10^5 CFU/g meat) was observed for that of HVEF with 500 kV/m at the same time. HVEF showing inhibition effect on microorganisms was confirmed. 7. Solubility of water-soluble and salt-soluble proteins of the tilapia meat decreased to the minimum values at the 8th day. No matter whether HVEF treatment or not, no significant difference was found. 8. As an indicator of lipid oxidation, TBA value reached 0.127 during refrigeration at 4 at 8th day. As long as HVEF treatment, rancidity inhibition effect (85% in TBA to contrast) was shown. 9. In summary, HVEF was a practicable device for tilapia preservation based on the positive evaluation of freezing and defrosting rates, biochemical indices, microorganism inhibition and appearance. We expect the HVEF can be widely used for replacing the uses of preservatives in keeping the freshness of fish product.

Keywords : high-voltage electrostatic field、tilapia、freshness and quality

Table of Contents

封面內頁 簽名頁 中文摘要.....	iii	英文摘要.....	v	誌謝.....	vii	目錄.....	ix
圖目錄.....	xiii	表目錄.....	xvi	1. 前言.....	1	2. 文獻回顧.....	3
2.1 吳郭魚之簡介.....	3	2.2 水產物鮮度鑑定法.....	4	2.2.1 感官鑑定法.....	4	2.2.2 化學鑑定法.....	5
2.2.3 物理鑑定法.....	9	2.2.4 微生物鑑定法.....	9	2.3 水產物保鮮法.....	10	2.3.1 部分冷凍法.....	10
2.3.2 冷藏法.....	10	2.3.3 凍藏法.....	11	2.4 解凍方法.....	11	2.4.1 空氣解凍法.....	11
2.4.2 流水解凍法.....	12	2.4.3 碎冰解凍法.....	12	2.4.4 煮熟解凍法.....	13	2.4.5 特殊解凍法.....	13
2.5 高壓靜電場.....	15	2.5.1 高壓靜電場保鮮原理.....	15	2.5.1.1 高壓靜電保鮮作用原理.....	16	2.5.1.2 高壓誘導靜電原理.....	16
2.5.1.3 臭氧保鮮作用.....	18	2.5.1.4 負離子霧保鮮作用.....	20	2.5.2 高壓靜電場冷藏庫.....	20	2.5.2.1 外觀與保存食材之特性.....	20
2.5.2.2 HVEF 應用上之優點.....	21	2.5.2.3 HVEF 與傳統技術之比較.....	22	3. 材料與方法.....	24	3.1 材料.....	24
3.1.1 吳郭魚.....	24	3.1.2 高壓靜電場.....	24	3.2 試藥.....	29	3.3 儀器.....	30
3.4 實驗方法.....	32	3.4.1 實驗設計與流程.....	32	3.4.2 冷凍解凍速率測定.....	36	3.4.2.1 冷凍曲線之測定.....	36
3.4.2.2 解凍曲線之測定.....	36	3.4.3 鮮度之測定.....	36	3.4.3.1 pH值之測定.....	36	3.4.3.2 魚肉外觀之評鑑.....	36
3.4.3.3 魚肉色澤之測定.....	37	3.4.3.4 揮發性鹽基態氮之測定.....	37	3.4.3.5 總生菌數之測定.....	39	3.4.3.6 K值之測定.....	39
3.4.3.7 硫巴比妥酸值之測定.....	42	3.4.3.8 氣味評估.....	42	3.4.4 肌肉特性之測定.....	42	3.4.4.1 水分含量之測定.....	42
3.4.4.2 保水力之測定.....	43	3.4.4.3 失重率之測定.....	43	3.4.4.4 煮失率之測定.....	43		

3.4.4.5 截切值之測定.....	44	3.4.4.6 蛋白質溶解度之測定.....	44	4. 結果與討論.....	46
凍解凍之效果.....	46	4.1.1 冷凍曲線.....	46	4.1 HVEF 處理冷	
4.1.1 冷凍曲線.....	46	4.1.2 解凍曲線.....	46	凍對鮮度保持之影	
響.....	52	4.2 HVEF 處理對鮮度保持之影		響.....	52
4.2.1 吳郭魚外觀變化.....	52	4.2.1 吳郭魚外觀變化.....	52	4.2.2 pH值.....	55
4.2.2 pH值.....	55	4.2.2 pH值.....	55	4.2.3 魚肉色澤.....	57
4.2.3 魚肉色澤.....	57	4.2.3 魚肉色澤.....	57	4.2.4 揮發性	
4.2.4 揮發性		4.2.4 揮發性		鹽基態氮.....	63
鹽基態氮.....	63	4.2.5 總生菌數.....	65	4.2.5 總生菌數.....	65
4.2.5 總生菌數.....	65	4.2.6 K值.....	65	4.2.6 K值.....	65
4.2.6 K值.....	65	4.2.7 硫巴比妥酸值.....	74	4.2.7 硫巴比妥酸值.....	74
4.2.7 硫巴比妥酸值.....	74	4.3 HVEF 處理對肌肉特性之影響.....	77	4.3 HVEF 處理對肌肉特性之影響.....	77
4.3 HVEF 處理對肌肉特性之影響.....	77	4.3.1 水份含量.....	77	4.3.1 水份含量.....	77
4.3.1 水份含量.....	77	4.3.2 保水		4.3.2 保水	
4.3.2 保水		力.....	79	力.....	79
力.....	79	4.3.3 失重率.....	79	4.3.3 失重率.....	79
4.3.3 失重率.....	79	4.3.4 煮失率.....	82	4.3.4 煮失率.....	82
4.3.4 煮失率.....	82	4.3.5 截切值.....	82	4.3.5 截切值.....	82
4.3.5 截切值.....	82	4.3.6 蛋		4.3.6 蛋	
4.3.6 蛋		白質溶解度.....	86	白質溶解度.....	86
4.3.6 蛋		5. 結論.....	89	5. 結論.....	89
5. 結論.....	89	參考文獻.....	90	參考文獻.....	90
參考文獻.....	90	圖目錄		圖目錄	
圖目錄		圖 1. 肌肉 ATP 分解途徑與		圖 1. 肌肉 ATP 分解途徑與	
圖 1. 肌肉 ATP 分解途徑與		K 值.....	8	K 值.....	8
K 值.....	8	圖 2. 靜電誘導現象.....	17	圖 2. 靜電誘導現象.....	17
圖 2. 靜電誘導現象.....	17	圖 3. HVEF 冷藏庫原		圖 3. HVEF 冷藏庫原	
圖 3. HVEF 冷藏庫原		理.....	19	理.....	19
圖 3. HVEF 冷藏庫原		圖 4. 高壓靜電產生器.....	25	圖 4. 高壓靜電產生器.....	25
圖 4. 高壓靜電產生器.....	25	圖 5. 高壓靜電場設計		圖 5. 高壓靜電場設計	
圖 5. 高壓靜電場設計		圖.....	26	圖.....	26
圖.....	26	圖 6. 高壓靜電場處理裝置之整體外觀.....	27	圖 6. 高壓靜電場處理裝置之整體外觀.....	27
圖 6. 高壓靜電場處理裝置之整體外觀.....	27	圖 7. 高壓靜電冷藏裝置示		圖 7. 高壓靜電冷藏裝置示	
圖 7. 高壓靜電冷藏裝置示		意圖.....	28	意圖.....	28
圖 7. 高壓靜電冷藏裝置示		圖 8. 不同高壓靜電場強度處理對吳郭魚漿冷凍、解凍速率實驗流程.....	33	圖 8. 不同高壓靜電場強度處理對吳郭魚漿冷凍、解凍速率實驗流程.....	33
圖 8. 不同高壓靜電場強度處理對吳郭魚漿冷凍、解凍速率實驗流程.....	33	圖 9. 不同		圖 9. 不同	
圖 9. 不同		高壓靜電場強度處理對吳郭魚鮮度影響之實驗流程.....	34	高壓靜電場強度處理對吳郭魚鮮度影響之實驗流程.....	34
圖 9. 不同		圖 10. 不同高壓靜電場強度處理對吳郭魚肌肉特性影響之		圖 10. 不同高壓靜電場強度處理對吳郭魚肌肉特性影響之	
圖 10. 不同高壓靜電場強度處理對吳郭魚肌肉特性影響之		實驗流程.....	35	實驗流程.....	35
圖 10. 不同高壓靜電場強度處理對吳郭魚肌肉特性影響之		圖 11. ATP及其相關化合物之檢量線.....	41	圖 11. ATP及其相關化合物之檢量線.....	41
圖 11. ATP及其相關化合物之檢量線.....	41	圖 12. 不同高壓靜電場強度處理對吳郭		圖 12. 不同高壓靜電場強度處理對吳郭	
圖 12. 不同高壓靜電場強度處理對吳郭		魚漿在 -18 下冷凍曲線之變化.....	48	魚漿在 -18 下冷凍曲線之變化.....	48
圖 12. 不同高壓靜電場強度處理對吳郭		圖 13. 不同高壓靜電場強度處理對吳郭魚漿在 4 下解凍曲線之變化.....	50	圖 13. 不同高壓靜電場強度處理對吳郭魚漿在 4 下解凍曲線之變化.....	50
圖 13. 不同高壓靜電場強度處理對吳郭魚漿在 4 下解凍曲線之變化.....	50	圖 14. 在 4 下吳郭魚貯藏期間腹部外觀之變化.....	53	圖 14. 在 4 下吳郭魚貯藏期間腹部外觀之變化.....	53
圖 14. 在 4 下吳郭魚貯藏期間腹部外觀之變化.....	53	圖 15. 在 4 下吳郭魚貯藏期間眼部外觀之變		圖 15. 在 4 下吳郭魚貯藏期間眼部外觀之變	
圖 15. 在 4 下吳郭魚貯藏期間眼部外觀之變		化.....	54	化.....	54
圖 15. 在 4 下吳郭魚貯藏期間眼部外觀之變		圖 16. 不同高壓靜電場強度處理對吳郭魚肉在 4 貯藏期間 pH 值之變化.....	56	圖 16. 不同高壓靜電場強度處理對吳郭魚肉在 4 貯藏期間 pH 值之變化.....	56
圖 16. 不同高壓靜電場強度處理對吳郭魚肉在 4 貯藏期間 pH 值之變化.....	56	圖 17. 不同高壓靜電		圖 17. 不同高壓靜電	
圖 17. 不同高壓靜電		場強度處理對吳郭魚肉在 4 貯藏期間 L 值之變化.....	58	場強度處理對吳郭魚肉在 4 貯藏期間 L 值之變化.....	58
圖 17. 不同高壓靜電		圖 18. 不同高壓靜電場強度處理對吳郭魚肉在 4 貯藏期間 a		圖 18. 不同高壓靜電場強度處理對吳郭魚肉在 4 貯藏期間 a	
圖 18. 不同高壓靜電場強度處理對吳郭魚肉在 4 貯藏期間 a		值之變化.....	59	值之變化.....	59
圖 18. 不同高壓靜電場強度處理對吳郭魚肉在 4 貯藏期間 a		圖 19. 不同高壓靜電場強度處理對吳郭魚肉在 4 貯藏期間 b 值之變化.....	60	圖 19. 不同高壓靜電場強度處理對吳郭魚肉在 4 貯藏期間 b 值之變化.....	60
圖 19. 不同高壓靜電場強度處理對吳郭魚肉在 4 貯藏期間 b 值之變化.....	60	圖 20. 同高壓靜電場強度		圖 20. 同高壓靜電場強度	
圖 20. 同高壓靜電場強度		處理對吳郭魚肉在 4 貯藏期間白色度之變化.....	61	處理對吳郭魚肉在 4 貯藏期間白色度之變化.....	61
圖 20. 同高壓靜電場強度		圖 21. 不同高壓靜電場強度處理對吳郭魚肉在 4 貯藏期間彩度之		圖 21. 不同高壓靜電場強度處理對吳郭魚肉在 4 貯藏期間彩度之	
圖 21. 不同高壓靜電場強度處理對吳郭魚肉在 4 貯藏期間彩度之		變化.....	62	變化.....	62
圖 21. 不同高壓靜電場強度處理對吳郭魚肉在 4 貯藏期間彩度之		圖 22. 不同高壓靜電場強度處理對吳郭魚肉在 4 貯藏期間 VBN 值之變化.....	64	圖 22. 不同高壓靜電場強度處理對吳郭魚肉在 4 貯藏期間 VBN 值之變化.....	64
圖 22. 不同高壓靜電場強度處理對吳郭魚肉在 4 貯藏期間 VBN 值之變化.....	64	圖 23. 不同高壓靜電場強		圖 23. 不同高壓靜電場強	
圖 23. 不同高壓靜電場強		度處理對吳郭魚肉在 4 貯藏期間總生菌數之變化.....	66	度處理對吳郭魚肉在 4 貯藏期間總生菌數之變化.....	66
圖 23. 不同高壓靜電場強		圖 24. 不同高壓靜電場強度處理對吳郭魚肉在 4 貯藏期間 K 值		圖 24. 不同高壓靜電場強度處理對吳郭魚肉在 4 貯藏期間 K 值	
圖 24. 不同高壓靜電場強度處理對吳郭魚肉在 4 貯藏期間 K 值		之變化.....	67	之變化.....	67
圖 24. 不同高壓靜電場強度處理對吳郭魚肉在 4 貯藏期間 K 值		圖 25. 高壓靜電場強度 0 kV/m 處理對吳郭魚肉在 4 貯藏期間 K 值之變化.....	69	圖 25. 高壓靜電場強度 0 kV/m 處理對吳郭魚肉在 4 貯藏期間 K 值之變化.....	69
圖 25. 高壓靜電場強度 0 kV/m 處理對吳郭魚肉在 4 貯藏期間 K 值之變化.....	69	圖 26. 高壓靜電場強度		圖 26. 高壓靜電場強度	
圖 26. 高壓靜電場強度		100 kV/m 處理對吳郭魚肉在 4 貯藏期間 K 值之變化.....	70	100 kV/m 處理對吳郭魚肉在 4 貯藏期間 K 值之變化.....	70
圖 26. 高壓靜電場強度		圖 27. 高壓靜電場強度 300 kV/m 處理對吳郭魚肉在 4 貯藏		圖 27. 高壓靜電場強度 300 kV/m 處理對吳郭魚肉在 4 貯藏	
圖 27. 高壓靜電場強度 300 kV/m 處理對吳郭魚肉在 4 貯藏		期間 K 值之變化.....	71	期間 K 值之變化.....	71
圖 27. 高壓靜電場強度 300 kV/m 處理對吳郭魚肉在 4 貯藏		圖 28. 高壓靜電場強度 500 kV/m 處理對吳郭魚肉在 4 貯藏期間 K 值之變化.....	72	圖 28. 高壓靜電場強度 500 kV/m 處理對吳郭魚肉在 4 貯藏期間 K 值之變化.....	72
圖 28. 高壓靜電場強度 500 kV/m 處理對吳郭魚肉在 4 貯藏期間 K 值之變化.....	72	圖 29. 不同高壓		圖 29. 不同高壓	
圖 29. 不同高壓		靜電場強度處理對吳郭魚肉在 4 貯藏期間變性常數之變化.....	73	靜電場強度處理對吳郭魚肉在 4 貯藏期間變性常數之變化.....	73
圖 29. 不同高壓		圖 30. 不同高壓靜電場強度處理對吳郭魚肉在 4 貯藏		圖 30. 不同高壓靜電場強度處理對吳郭魚肉在 4 貯藏	
圖 30. 不同高壓靜電場強度處理對吳郭魚肉在 4 貯藏		期間 TBA 值之變化.....	75	期間 TBA 值之變化.....	75
圖 30. 不同高壓靜電場強度處理對吳郭魚肉在 4 貯藏		圖 31. 不同高壓靜電場強度處理對吳郭魚肉在 4 貯藏期間氣味評估之變化.....	76	圖 31. 不同高壓靜電場強度處理對吳郭魚肉在 4 貯藏期間氣味評估之變化.....	76
圖 31. 不同高壓靜電場強度處理對吳郭魚肉在 4 貯藏期間氣味評估之變化.....	76	圖 32. 不同		圖 32. 不同	
圖 32. 不同		高壓靜電場強度處理對吳郭魚肉在 4 貯藏期間水分含量之變化.....	78	高壓靜電場強度處理對吳郭魚肉在 4 貯藏期間水分含量之變化.....	78
圖 32. 不同		圖 33. 不同高壓靜電場強度處理對吳郭魚肉在 4 貯藏		圖 33. 不同高壓靜電場強度處理對吳郭魚肉在 4 貯藏	
圖 33. 不同高壓靜電場強度處理對吳郭魚肉在 4 貯藏		期間保水力之變化.....	80	期間保水力之變化.....	80
圖 33. 不同高壓靜電場強度處理對吳郭魚肉在 4 貯藏		圖 34. 不同高壓靜電場強度處理對吳郭魚肉在 4 貯藏期間失重率之變化.....	81	圖 34. 不同高壓靜電場強度處理對吳郭魚肉在 4 貯藏期間失重率之變化.....	81
圖 34. 不同高壓靜電場強度處理對吳郭魚肉在 4 貯藏期間失重率之變化.....	81	圖 35.		圖 35.	
圖 35.		不同高壓靜電場強度處理對吳郭魚肉在 4 貯藏期間煮失率之變化.....	84	不同高壓靜電場強度處理對吳郭魚肉在 4 貯藏期間煮失率之變化.....	84
圖 35.		圖 36. 不同高壓靜電場強度處理對吳郭魚肉在 4 貯藏		圖 36. 不同高壓靜電場強度處理對吳郭魚肉在 4 貯藏	
圖 36. 不同高壓靜電場強度處理對吳郭魚肉在 4 貯藏		期間截切值之變化.....	85	期間截切值之變化.....	85
圖 36. 不同高壓靜電場強度處理對吳郭魚肉在 4 貯藏		圖 37. 不同高壓靜電場強度處理對吳郭魚肉在 4 貯藏期間水溶性蛋白質溶解度之變		圖 37. 不同高壓靜電場強度處理對吳郭魚肉在 4 貯藏期間水溶性蛋白質溶解度之變	
圖 37. 不同高壓靜電場強度處理對吳郭魚肉在 4 貯藏期間水溶性蛋白質溶解度之變		化.....	87	化.....	87
圖 37. 不同高壓靜電場強度處理對吳郭魚肉在 4 貯藏期間水溶性蛋白質溶解度之變		圖 38. 不同高壓靜電場強度處理對吳郭魚肉在 4 貯藏期間鹽溶性蛋白質溶解度之變化.....	88	圖 38. 不同高壓靜電場強度處理對吳郭魚肉在 4 貯藏期間鹽溶性蛋白質溶解度之變化.....	88
圖 38. 不同高壓靜電場強度處理對吳郭魚肉在 4 貯藏期間鹽溶性蛋白質溶解度之變化.....	88	表目錄		表目錄	
表目錄		表 1. 電子高壓		表 1. 電子高壓	
表 1. 電子高壓		靜電場裝置對食品劣變之影響.....	23	靜電場裝置對食品劣變之影響.....	23
表 1. 電子高壓		表 2. HVEF 處理對吳郭魚漿冷凍速率之影響.....	49	表 2. HVEF 處理對吳郭魚漿冷凍速率之影響.....	49
表 2. HVEF 處理對吳郭魚漿冷凍速率之影響.....	49	表 3. HVEF		表 3. HVEF	
表 3. HVEF		處理對吳郭魚漿解凍速率之影響.....	51	處理對吳郭魚漿解凍速率之影響.....	51

REFERENCES

1. 大森丘、重久保。1989。食肉???食肉製品??高壓利用。食品?開發。24: 54-56。
2. 中國國家標準。1982。冷凍魚類檢驗法。CNS 1451 N6029。經濟部中央標準局。台北。台灣。
3. 中國國家標準。1996。食品微生物之檢驗法—生菌數檢驗。CNS10890。經濟部中央標準局。台北。台灣。
4. 太田靜行。1991。水產物?鮮度保持。筑波書局。東京。日本。
5. 王奕程、方煒。2006。高壓靜電場在生物產業的應用。台灣大學生物產業機電工程研究所。台北。台灣。
6. 王博廉。2004。電子調變高壓變頻誘導裝置對食品的高壓電場解凍保鮮的方法。食品資訊, 202:67-69。
7. 方信雄。1992。冷凍魚類之解凍方法。台灣農業28(3):31-40。
8. 尤瑜敏。2001。凍結食品的解凍技術。食品科學2001:87-90。
9. 行政院農委會漁業署。2009。中華民國台灣地區漁業年報。台北。台灣。
10. 行政院衛生署。1998。食字第87032655號公告修正。行政院衛生署。台北。台灣。
11. 邢淑婕、劉開華。2002。凍結肉解凍技術的研究進展。肉類工業257:23-25。
12. 李嘉馨。2006。電子高壓靜電誘導裝置貯藏對吳郭魚鮮度與品質之影響。大葉大學生物產業科技學系研究所碩士論文。彰化。台灣。
13. 邱欣穎。2007。-PGA 浸漬處理對吳郭魚冷藏期間鮮度與品質之影響。大葉大學生物產業科技學系研究所碩士論文。彰化。台灣。
14. 邱萬敦。2002。漁獲物的保鮮與處理。翠柏林企業股份公司。台中。台灣。
15. 邵廣昭。1996。台灣常見魚介貝類圖說(下)-魚類。第 174-175 頁台灣省漁業局。
16. 吳熊清、邱思魁。1996。水產食品學。國立編譯館。台北。台灣。
17. 柯文慶、張?瑞、賴滋漢。2003。食品加工。第 33-35 頁。富林出版社。台灣。
18. 胡興華。1996。拓漁台灣。行政院農委會漁業署。台北。台中。
19. 徐有財。1995。冷凍食品學。復文書局。台南。
20. 徐國強。1998。高壓常溫貯藏吳郭魚肌肉之鮮度保持與加工適性。國立中興大學食品科學研究所碩士論文。台中。台灣。
21. 章毛連。1997。靜電技術在農業上的若干應用。安徽農業技術師範學院學報(2):57-60。
22. 張本華。2006。高壓靜電處理對種子發芽率影響的試驗研究。農機化研究 2006 (5):139:140。
23. 張為憲。2001。食品化學。華香園出版社。台北。
24. 張振球。1988。高壓電場離子霧熱帶水果儲藏保鮮的初步研究。現代靜電技術。北京:萬國學術出版社:460。
25. 張璐、李法德。2001。高壓靜電場在食品加工上的應用研究。山東食品科技2001(2):9-10。
26. 渡部終五。1995。魚類保鮮技術研習會論文集。高雄

海專。27. 華啟忻。2002。電阻加熱技術應用於食品解凍之研究。大葉大學生物產業科技學系碩士論文。彰化。台灣。28. 曾明義。2005。吳郭魚出口加工產業現況分析。國立台灣海洋大學水產養殖研究所碩士論文。基隆。台灣。29. 齊藤恆內、內山均、梅本滋、河川俊治。1974。水產生物化學。食品學實驗書。p. 267-281。恆星社厚生閣。東京。日本。30. 源資先進科技。2003。高壓靜電解凍技術。p.4-11。源資先進科技股份有限公司。台灣。31. 蔡佳玲。2006。收穫後處理與包裝對海鱸、吳郭魚與鱸魚品質與 5 儲藏期限之影響。國立台灣海洋大學食品科學研究所碩士論文。基隆。台灣。32. 劉勇、雷義明。1991。空氣負離子的生物學效應。國外醫學醫學地理分冊 1991 年第十二卷第 2 期:55-57。中國。33. 劉蕙菁。2003。花腹鯖與虱目魚在不同溫度中生物胺及鮮度品質之變化。國立台灣海洋大學食品科學研究所碩士論文。基隆。台灣。34. 賴滋漢、金安兒、柯文慶。1991。食品加工學(方法篇)第二章冷藏與冷凍。國立中興大學教務處出版組。台中。台灣。35. 韓德恩。1999。靜電保鮮研究。高等函授學報(自然科學版)1999 年第四期:24-26。36. 鍾忠勇。1997。冷凍食品之原理與加工。p.223-226。食品工業研究所。新竹。台灣。37. 鍾忠勇。1991。冷凍食品之原理與加工(上)。食品工業發展研究所。新竹。台灣。38. 羅彥瑜。2005。米酒之製造及加速熟成對品質的影響。國立中興大學食品科學研究所碩士論文。台中。台灣。39. AOAC. 1984. Official Methods of Analysis. 14th ed. Association of Official Analytical Chemists, Washing, D.C. USA. 40. Bhattacharya, M. and Hanna M. A. 1989. Kinetics of drip loss, cooking loss and color degradation in frozen ground beef during storage. J. Food Eng. 9: 83-96. 41. Bramsnaes, F. 1981. Maintaining the quality of frozen foods during distribution. Food Technol. 35: 38. 42. Chen, H. C., Moody, M. W., and Jiang, S. T. 1990. Changes in biochemical and bacteriological Quality of grass pawn during transportation by icing and oxygenating. J. Food Sci. 55: 670-673. 43. Connel, J. 1962. Changes in amount of myosin extractable from cod flesh during storage at -14 . J. Sci. Food Agric. 13: 607-617. 44. Duun, A.S. and Rustad, T. 2007. Quality changes during superchilled storage of cod (*Gadus morhua*) fillets. Food Chem. 105: 1067-1075. 45. Fantasia, L. D. and Duran, A.P. 1969. Incidence of *Clostridium botulinum* type E in commercially and laboratory dressed white fish chugs. Food Technol. 23: 793-803. 46. Fey, M. S. and Regenstein, J. M. 1982. Extending shelf life of fresh wet red hake and salmon using CO₂-O₂ modified atmosphere and potassium sorbate ice at 1 . J. Food. Sci. 47: 1048-1054. 47. Fleming, S. E., Sosulski, R. W., Kilara, A. and Humbert, E. S. 1974. Viscosity and water absorption characteristics of slurries of sunflower and soybean flours, concentrates and isolates. J. Food Sci. 39:188-191. 48. Florence, G., Touraille, C., Oual, A., Renner, M. and Moni, G. 1994. Relationships between postmortem pH change and some traits of sensory quality in veal. Meat Sci. 37: 315-325. 49. Fuchigami, M., Hyakumoto, N., Miyazaki, K., Nomura, T. and Sasaki, J. 1994. Texture and histological structure of carrots frozen at a programmed rate and thawed in an electrostatic field. J. Food Sci. 59: 1162-1167. 50. Gelman, A., Glatman, L., Drabkin, V., and Happaz, S. 2001. Effects of storage temperature and preservative treatment on shelf life of the pond-raised Freshwater fish, Silver perch (*Bidyanus bidyanus*). J. Food Prot. 64: 1584-1591. 51. Gornall, A.G., Bardawill, C.T., and David, M.M. 1949. Determination of serum proteins by means of the biuret reactions. J. Biol. Chem. 177: 715-766. 52. Gram, L. 1991. Inhibition of mesophilic spoilage *Aeromonas* spp. On fish by salt, potassium sorbate, liquid smoke, and chilling. J. Food Prot. 54: 436-441. 53. Honikel, K. O. 1987. The water binding of meat. *Fleischwirtsch.* 67(9): 1098-1100. 54. Hsieh, C. W., Lai, C. H., Ho, W. J., Huang, S. C. and Ko, W. C. 2010. Effect of Thawing and Cold Storage on Frozen Chicken Thigh Meat Quality by High-Voltage Electrostatic Field. J. Food Sci. 75: M193-M197. 55. Hsieh, C. W., Lai, C. H., Lee, C. H. and Ko, W. C. 2011. Effects of High-Voltage Electrostatic Fields on the Quality of Tilapia Meat during Refrigeration. J. Food Sci. 00: M1-M6. 56. Jayasingh, P. and Cornforth, D. P. 2003. Comparison of antioxidant effects of milk mineral, butylated hydroxytoluene and sodium tripolyphosphate in raw and cooked ground pork. *Meat Science* 66:83-89. 57. Kuda, Takashi., Fujita, Maya., Goto, Hideyuki. and Yano Toshihiro. Effects of freshness on ATP-related compounds in retorted chub mackerel *Scomber japonicas*. *Food Sci. and Technol.* : 1186 – 1190. 58. Labuza, T. P. 1985. An integrated approach to food chemistry. In “ Food Chemistry ” , Fennema, O. R. Ed., p. 766-772. Dekker, New York. 59. LeBlance, E. L., Leblance, R. J., and Gill, T. A. 1987. Effect of pressure processing on frozen stored muscle protein of Atlantic cod (*Gadus morhua*)fillets J. Food Prot. 11:209-235. 60. Matsumoto, J. J. 1979. Denaturation of fish muscle proteins during frozen storage. In “ Protein at Low Temperature ” , (Ed.), p. 205-224. By O. Fennema, ACS. Washington D.C. 61. Ocano-Higuera, V. M., Marquez-Rios, E., Canizales-Davila, M., Castillo-Yanez, F. J., Pacheco-Aguilar, R., Lugo-Sanchez, M.E., Garcia-Orozco, K. D. and Graciano-Verdugo, A. Z. 2009. Postmortem changes in cazon fish muscle stored on ice. *Food Chem.* 116 : 933-938. 62. Ohtsuki, T. 1991. Process for Thawing Foodstuffs. US patent: 5,034,236. 63. Orłowska, M., Havet, M. and Le-Bail, A. 2009. Controlled ice nucleation under high voltage DC electrostatic field conditions. *Food Research International* 42: 879-884. 64. Perez-villarreal, B. and Pozo, R. 1990. Chemical composition and ice spoilage of albacore (*Thunnus alalunga*). J. Food Sci. 55: 678-682. 65. Post, L. S., Lee, D. A., Solberg, M., Furgang, D., Specchio, J. and Garham, C. 1985. Development of botulinal toxin and sensory deterioration during storage of vacuum and modified atmosphere packaged fish fillets. J. Food. Sci. 50: 990-996. 66. Price, R. J., Melvin, E. F. and Bell, J. W. 1991. Postmortem changes in chilled round, bled and dressed albacore. J. Food Sci. 56: 318-321. 67. Renznick, D. 1996. Ohmic heating of fluid food. *Food Technology.* 47: 250-251. 68. Ryder, J. M. 1985. Determination of adenosine triphosphate and its breakdown products in fish muscle by high-performance liquid chromatography. *J. Agric Food Chem.* 33: 678-680. 69. Saito, T. and Arai, K. 1959. A new method for estimating the freshness of fish. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.* 24: 749-750. 70. Schelef, L.A. and Jay, J.M. 1971. Hydration capacity as an index of shrimp microbial quality. *J. Food Sci.* 36: 994-997. 71. Shewan, J.M., MacIntosh, R.G., Tucker, C.G. and Ehrenberg, A.S.C.,1953. The development of a numerical scoring system for the sensory assessment of the spoilage of wet white fish stored in ice. *J. Sci. Food. Agric.* 4: 283 – 298. 72. Sigholt, T., Erikson, U., Rustad, T., Johansen, S., Nordvedt, T. S. and Seland, A. 1997. Handling stress and storage temperature affect meat quality of farmed-raised Atlantic salmon (*Salmo salar*) J. Food Sci. 62: 898-905. 73. Sigurgisladottir, S., Hafsteinsson, H., Jonsson, A., Nortvedt, R., Thomassen, M. and Torrisen, O. 1999. Textural Properties of Raw Salmon Fillets as Related to Sampling Method. *J. Food Sci.* 64: 99-104. 74. Sikorski, Z. E., Olley, J., and Kostuch, S. 1976. Protein changes in

frozen fish. *CRC Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* 8: 97-129. 75. Srikar, L.N. and Reddy, G.V.S. 1991. Protein solubility and emulsifying capacity in frozen stored fish mince. *J. Sci. Food Agric.* 55:447-453. 76. Stanley, D. W. 1983. Relation of structure to physical properties of animal material. In "Physical Properties of Foods." M. Peleg, and EB. Bagley(Ed). p.157-206. AVI Publishing Compony Inc. Westport, CT. USA. 77. Uemura, J., Miyahara, M., Matsumoto, T., Ito, T. and Sakurai, H. 2005. Effect of electric field on the defrosting rate of frozen pork. *Nippon Shokuhin Kagaku Kaishi* 52: 311-314. 78. Wanger, J. R. and Anon, M. C. 1986. Effect of frozen storage on protein denaturation in bovine muscle. . Influence in solubility, viscosity and electrophoretic behavior of myofibrillar protein. *J. Food Technol.* 2: 547-549. 79. Wang, G., Huang, J., Gao, W., Lu, J., Li, J., Liao, R. and Jaleel, C. A. 2009. The effect of high-voltage electrostatic field (HVEF) on aged rice (*Oryza sativa* L.)seeds vigor and lipid peroxidation of seedlings. *Journal of Electrostatics* 67: 759 – 764. 80. Watabe, S., Kamal,. M. and Hashimoto, K. 1991. Postmortem changes in ATP, creatine phosphate, and lactate in sardine muscle. *J. Food Sci.* 56: 151-153 & 171. 81. Watanabe, A., Tsuneishi, E., and Takimoto. Y. 1989. Analysis of ATP and its breakdown products in beef by reversed-phase HPLC. *J. Food Sci.* 54: 1169-1172.