

低耗能新穎冷凍技術對漁獲保鮮品質之研究 (II)

林禹承¹、王上達²、許紫柔²、蔡慧君¹

¹ 水產加工組、² 國立臺灣海洋大學

臺灣水產業之活魚出口高度依賴特定國家的市場，當政策變動或雙邊貿易受阻時，將嚴重影響水產品之產銷平衡，為應對市場變遷，水產業需發展冷鏈技術以延長保存期。傳統技術存在冷凍時間長、能耗高、環境負擔重及冰晶生成影響魚肉品質等問題。因此本研究開發脈衝電場輔助冷凍並盤查臺灣新穎冷凍技術如電磁場輔助、液態氮、超低溫與微震波輔助冷凍，評估其在水產品加工中的應用，提供科學依據以供業者參考。

本研究成功開發結合高壓脈衝與冷凍腔室的脈衝電場輔助冷凍試量產設備（圖 1）。實驗顯示，3.5 kV/cm 電場可將冷凍時間縮短至 21 分鐘（對照組 36 分鐘），並可有效降低滴液損失與蒸煮損失，保持魚肉保水性與細胞結構完整性，減少冰晶損傷，提升冷凍品質。

本研究另比較不同冷凍技術對水產品品質的影響，尋找兼具高效能、低碳排與維持高品質的方法。研究顯示，超低溫冷凍與液態氮快速冷凍法的冷凍速率最快，可於 3 分鐘內通過最大冰晶生成帶，前者保水性佳，能耗低，適用於處理小批量水產品；後者能耗最低，但碳排放量高，其量體適合處理大批量生產。電磁場冷凍能維持產

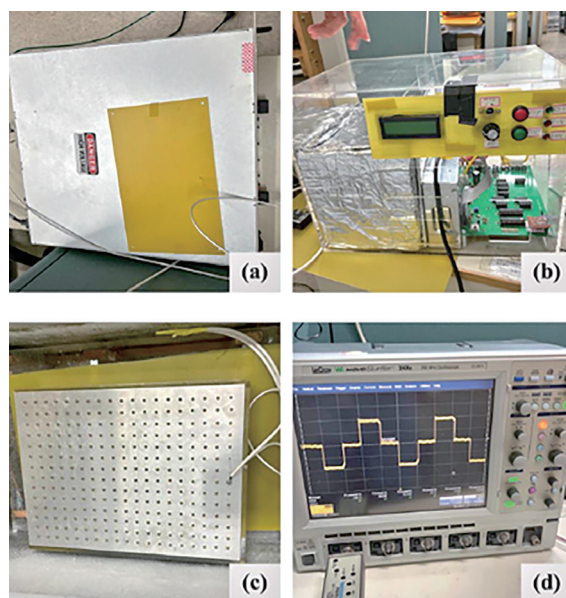


圖 1 脈衝電場儀器元件圖
(a) 直流電源供應器；(b) 高壓脈衝產生組；(c) 針狀電極及處理腔室；(d) 示波器

品的良好質地但耗能過大導致成本較高，適用於高價值且質地易受冷凍影響之水產品。微震波冷凍可提升冷凍速率並減少組織破壞，但對質地與氧化影響較大。傳統排風式冷凍效率最低，僅適合短期儲存。脈衝電場則冷凍滴液損失低，接近新鮮樣品，並能減少冰晶損害，適合高品質水產品（表 1）。

表 1 各冷凍技術之耗能比較

	批次冷凍時間 (分鐘)	批量 (kg)	溫室氣體排放 (kg CO ₂ e/kg)	加工成本 (新臺幣 / 每公噸產品)
液態氮 IQF	480	6,000	1.155	14,012.65
微震波冷凍	60	100	0.043	194.81
電磁場輔助冷凍	120	300	0.327	1,470.56
超低溫冷凍	40	80	0.048	215.05
排風式冷凍	120	240	0.042	189.75
脈衝電場輔助冷凍	20	10	0.198	300.37

*IQF 每公斤產品使用 1 L 液態氮進行冷凍，液態氮的碳排指數為 1.44 kg CO₂e/kg，價格為 14 元 /kg