

微細藻類濃縮技術及其應用

何雲達

水產試驗所海水繁養殖研究中心

前言

以凝集方式濃縮微細藻類可降低對藻細胞之傷害外，所需設備成本低且處理作業較省時間。很多文獻顯示以凝集方式濃縮之微細藻類，再反凝集成可懸浮之單細胞很困難，被視為最大缺點。本研究研發之凝集與反凝集技術，可廣泛應用於水產養殖業，初步使用氯化鐵進行 3 種微細藻之凝集濃縮測試，再以調整 pH 值凝集濃縮。

凝集濃縮方法

微細藻凝集與反凝集方法之改進，由調整氯化鐵濃度找出最佳效率濃度，再以調整藻水 pH 值提高低濃度氯化鐵凝集效率；之後改添加低終點濃度 (0.5 mg/l) 凝集劑 Polyelectrolyte LT-25 (0.05%) 及調整藻水 pH 值。

一、調整氯化鐵誘導凝集法

氯化鐵解離之三價鐵離子對不同種類海水微細藻凝集效果有懸殊差異，以矽藻 *Thalassiosira pseudonana* 測試，未調整藻水 pH 值，最佳效率濃度為 $250 \mu\text{M Fe}^{3+}$ ，將藻水預調為 pH 9.5，凝集效果與加入鐵離子之終點濃度呈指數正相關，由歸納出之方程式可計算獲得最佳效益之終點濃度為 $62.5 \mu\text{M}$

Fe^{3+} ，即以最少量之氯化鐵作用出可接受之凝集效果。但對另一矽藻 *Attheya septentrionalis* 之凝集效率不穩定，而等鞭金藻類 *Isochrysis* sp. (T.ISO) 雖將藻水 pH 預調為 9.5，氯化鐵濃度仍需 $500 \mu\text{M Fe}^{3+}$ ，其最高凝集率僅 31%。

二、調整 pH 誘導凝集法

先添加 NaOH 調高 pH 值，再以 Polyelectrolyte LT-25 (0.05%) 為凝集劑添加 1 ml/l 至終點濃度為 0.5 mg/l 作用於前述相同之矽藻，凝集率與加入之 NaOH 終點濃度亦呈指數正相關。但繼續添加 NaOH，由於海水的緩衝作用，pH 值也只能調高至 11。

三、不同容量之凝集效率

以 *T. pseudonana* 進行測試，在 3 個 130 l 培養槽，添加 LT-25 凝集劑及 8 mM NaOH，15 分鐘後凝集沈降成 5 l。其中一槽再以 HCl 調降 pH 值至 8.7，2.5 小時凝集成 980 ml。隔夜沈降後再添加 HCl 調降 pH 值至 7.6，凝集體積快速降成 290 ml，再次在 4℃ 靜置隔夜降至 160 ml，濃縮約 800 倍。另一培養槽一次調降 pH 值至 6.8，在 4℃ 靜置隔夜降至 285 ml，再經 2 天之持續沈降凝集成 175 ml，濃縮約 725 倍。以較大容量 (500 與 1000 l) 培養同一矽藻類，凝集方法與 130 l 培養槽相同，約 10 分鐘即快速凝集，凝集率 85—90%，凝集之團塊較小容量培養者大

(大於 2 cm)，沈降之大團在收集時破裂形成漿狀。添加 HCl 調降 pH 值至 7.5，500 l 培養槽濃縮約 500 倍，但 1000 l 培養槽濃縮僅約 200 倍，由於 1000 l 培養槽底部平坦面積大，不利排出上澄液之影響。

濃縮矽藻飼育牡蠣苗試驗

本試驗所使用牡蠣稚苗由 1,500 μm 網篩過濾取得，1 ml 體積內平均個體數 371 ± 10 ，個體平均乾重及去灰分乾重分別為 1,220 μg 及 93 μg 。以 *T. pseudonana* 飼育，試驗分對照組（不餵食）、活體藻類、實驗室型離心機、連續式離心機、三價鐵凝集濃縮、調 pH 值濃縮收穫等共 6 組，各 4 重複進行試驗。

各不同濃縮方式收穫之藻類，以塑膠試管密封儲存於 4℃ 無光線條件下備用。經過 22 天之飼育試驗，所得結果如下表，各成長指標以活體藻類為 100% 當基準，顯示出調整 pH 值濃縮方式之乾重增加率為活體藻類之 69%、實驗室型離心機濃縮為 62%、三價鐵凝集濃縮為 32%、連續式離心機濃縮為 29%。以去灰分乾重增加率作比較，則調整 pH 值方式濃縮為活體藻類之 63%、實驗室型離心機濃縮為 57%、三價鐵凝集濃縮為 36%、連續式離心機濃縮為 32%。再比較日成長率，則調整 pH 值方式濃縮為活體藻類之 81%、實驗室型離心機濃縮為 76%、三價鐵凝集濃縮為 48%、連續式離心機濃縮為 45%。由於連續式離心機濃縮成藻膏，細胞

矽藻(*T. pseudonana*)之粗成分及飼育牡蠣(*C. gigas*)稚苗之效果比較(Knuckey et al., 2006)

	對照組 (不餵食)	活 體 藻 類	濃 縮 方 式			
			pH 值調整	三價鐵凝集	實驗室型離心機	連續式離心機
飼料粗成分						
粗蛋白		37.9±6.97	43.6±2.19	32.1±2.47	45.7±0.22	37.8±1.82
粗脂肪		45.6±8.37	34.8±0.80	26.8±3.34	38.2±0.61	38.8±7.25
碳水化合物		14.2±2.89	10.7±3.61	6.3±1.03	8.2±3.38	5.4±0.58
灰分		11.6±2.86	17.7±1.15	29.8±3.22	16.9±1.18	19.4±5.06
總能量(kJ)		6.43	5.50	6.14	5.59	5.45
牡蠣成長指標						
乾重增加率(%)	5±11 ^d	293±15 ^a	202±13 ^b	93±14 ^c	183±10 ^b	86±4 ^c
去灰分乾重增加率(%)	-16±6 ^e	292±11 ^a	184±9 ^b	104±10 ^d	167±5 ^c	93±3 ^d
日成長率(k)		0.062	0.050	0.030	0.047	0.028

日成長率(k) = $(\ln W_f - \ln W_i) / t$ ； W_i 及 W_f 分別表示試驗初始與結束之重量，t 為試驗日數

受傷害較嚴重致成長最差；實驗室型離心機濃縮為批式短時間離心，可減低對細胞之傷害。

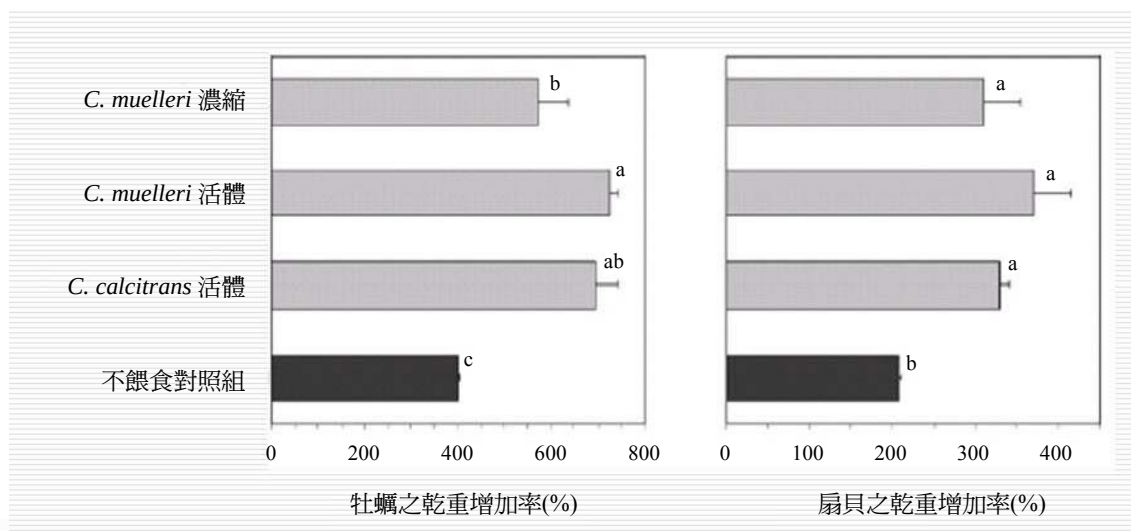
凝集濃縮之角毛藻飼育貝苗試驗

依據前述之後續試驗有二，試驗 I 使用之太平洋牡蠣稚苗由 1,100 μm 網篩過濾取得，數量約 14,000 隻，個體平均乾重及去灰分乾重分別為 735 μg 及 90 μg 。試驗分 *C. muelleri* 角毛藻之調整 pH 值凝集濃縮及活體各 1 組與 *C. calcitrans* 之角毛藻活體及對照組（不餵食）共 4 組各三重複。試驗 II 使用扇貝 *Pecten fumatus* 之殼長 3–4 mm，個體平均乾重及去灰分乾重分別為 5,100 μg 及 620 μg ，試驗處理與試驗 I 相同。在湧升槽中飼育牡蠣 25 天，扇貝 14 天之結果如圖所示，兩試驗相同藻種之濃縮與活體有一些差異，以活體的增加率較高，不同藻種活體比較之差異則不顯著。

結語

研發中之凝集濃縮新技術，對某幾種微細藻之收穫操作，較簡易有效，設備成本低且快速。LT-25 凝集劑之使用，以 NaOH 調高 pH 值，產生可沈澱之鬆散團塊捕捉藻細胞，再添加 HCl 調降 pH 值，藻細胞從凝集劑團塊分離出，形成緊密藻細胞團塊。此階段可濃縮 25 倍，濃縮液在 4°C 儲存 24–48 小時，緊密小團塊可再次沈澱，濃縮成 700–800 倍。因此繁殖場應用本技術濃縮藻類，需設置 4°C 之冷房或冰箱，以進行二次高濃度之濃縮。另，更精緻濃縮品質及儲存條件之研究以延長保鮮期限，因藻種而異，仍有改進空間。

註：本文參考自 Knuckey, R. M., Brown, M. R., Robert, R., Frampton, D. M. F. (2006) Production of microalgal concentrates by flocculation and their assessment as aquaculture feeds. *Aquacultural Engineering*, 35: 300-313.



牡蠣與扇貝以濃縮及活體角毛藻與未餵食飼育之乾重增加率之比較