

# Continuous Cultivation of Tetraselmis Chui Using NaHCO<sub>3</sub> as Carbon Source

林義璋、余世宗

E-mail: 9708083@mail.dyu.edu.tw

## ABSTRACT

In this study, the effects of light intensity, concentration of sodium bicarbonate and dilution rate on the growth of *Tetraselmis chui* were investigated in continuous cultivation using a single-tank photobioreactor. Solution of sodium bicarbonate was used to simulate the absorption solution from a scrubber in which carbon dioxide was absorbed by aqueous solution of sodium hydroxide. Bicarbonate ion in medium is the only carbon source for the growth of *Tetraselmis chui*. It was shown that change in concentration of sodium bicarbonate in medium had no significant effect on the growth of *Tetraselmis chui* in continuous cultures with concentrations of 0.5, 1, 2 and 3 sodium bicarbonate g/L. The culture pH was lower with higher concentration of sodium bicarbonate. During the batch mode of each continuous culture, microalgae grew fast and the biomass concentration was higher with higher light intensity. However, the biomass concentration became lower in continuous culture than that in batch culture due to the dilution of medium. The higher specific growth rate occurred at higher dilution rate, while the biomass concentration and pH were lower with higher dilution rate.

Keywords : carbon dioxide ; sodium bicarbonate ; microalgae ; *Tetraselmis chui*

## Table of Contents

目錄	封面	內頁	簽名頁	授權書	iii	中文摘要	iv	英文摘要	v	誌謝	vi	目錄	vii	圖目錄	x	表目錄	xiv	第一章 緒論	1	1.1 研究緣起	1	1.2 研究目的	2	第二章 文獻回顧	3	2.1 溫室效應對環境造成的影響	3	2.2 二氧化碳之來源與因應之對策	4	2.2.1 二氧化碳管制對策	6	2.2.2 二氧化碳的減量及處理技術	7	2.3 微藻的特性及生活史	13	2.3.1 周氏扁藻 ( <i>Tetraselmis chui</i> ) 簡介	14	2.3.2 影響藻類生長的因子	14	2.3.2.1 光源	14	2.3.2.2 溫度	15	2.3.2.3 酸鹼值	16	2.3.2.4 鹽度	17	2.3.2.5 培養液的成分	17	2.3.2.6 二氧化碳的濃度	18	2.3.2.7 攪拌	18	2.4 微藻的培養方式	19	2.4.1 自營	19	2.4.2 異營	20	2.4.3 混營	21	2.4.4 批次培養系統和連續培養系統	21	2.5 光生化反應器	22	2.5.1 環境因素對光生化反應器的影響	23	2.5.2 光的種類及照射方式對光生化反應器的影響	24	第三章 實驗材料與研究方法	25	3.1 實驗設備與材料	25	3.1.1 實驗藻種	25	3.1.2 實驗儀器與器材	26	3.1.3 實驗藥品	27	3.1.4 培養基配置	29	3.1.5 分析方法	31	3.2 實驗設計	35	3.2.1 不同碳源濃度對微藻生長的差異	35	3.2.2 不同稀釋速率和光強度對微藻生長的影響	36	3.2.3 實驗架構	37	3.3 單槽式光生化反應器培養設備	38	3.4 實驗步驟	39	3.4.1 連續式培養實驗	39	3.4.2 連續式增加碳源培養	40	第四章 結果與討論	42	4.1 連續培養周氏扁藻	42	4.2 光強度對周氏扁藻生長的影響	43	4.3 碳酸氫鈉濃度的改變對周氏扁藻生長的影響	46	4.4 連續改變碳源培養不同光強度和碳源對周氏扁藻生長的影響	58	4.5 連續改變碳源培養不同稀釋速率對周氏扁藻生長的影響	65	第五章 實驗結論與建議	72	5.1 實驗結論	72	5.2 建議	73	參考文獻	74	圖目錄		圖3.1 周氏扁藻 O.D 值和生質濃度對照圖	32	圖3.2 實驗架構	37	圖3.3 單槽式光生化反應器	38	圖4.1 在不同光強度下各時間微藻液中生質濃度的變化 (稀釋速率: 0.04 h <sup>-1</sup> , 溫度: 30 °C)	44	圖4.2 在不同光強度下各時間微藻液中 pH 的變化 (稀釋速率: 0.04 h <sup>-1</sup> , 溫度: 30 °C)	45	圖4.3 在不同光強度下各時間微藻液中溶氧(D.O)的變化 (稀釋速率: 0.04 h <sup>-1</sup> , 溫度: 30 °C)	45	圖4.4 不同碳酸氫鈉濃度下各時間周氏扁藻生質濃度的變化 (光強度: 6000 Lux, 稀釋速率: 0.04 h <sup>-1</sup> , 溫度: 30 °C)	47	圖4.5 不同碳酸氫鈉濃度下各時間微藻液中生質濃度的變化 (光強度: 12000 Lux, 稀釋速率: 0.04 h <sup>-1</sup> , 溫度: 30 °C)	48	圖4.6 不同碳酸氫鈉濃度下各時間微藻液中 pH 值的變化 (光強度: 6000 Lux, 稀釋速率: 0.04 h <sup>-1</sup> , 溫度: 30 °C)	49	圖4.7 不同碳酸氫鈉濃度下各時間微藻液中 pH 值的變化 (光強度: 12000 Lux, 稀釋速率: 0.04 h <sup>-1</sup> , 溫度: 30 °C)	50	圖4.8 不同碳酸氫鈉濃度下各時間微藻液中溶氧(D.O)的變化 (光強度: 6000 Lux, 稀釋速率: 0.04 h <sup>-1</sup> , 溫度: 30 °C)	51	圖4.9 不同碳酸氫鈉濃度下各時間微藻液中溶氧(D.O)的變化 (光強度: 12000 Lux, 稀釋速率: 0.04 h <sup>-1</sup> , 溫度: 30 °C)	52	圖4.10 不同碳酸氫鈉濃度下各時間微藻液中碳酸根濃度的變化 (光強度: 6000 Lux, 稀釋速率: 0.04 h <sup>-1</sup> , 溫度: 30 °C)	53	圖4.11 不同碳酸氫鈉濃度下各時間微藻液中碳酸氫根濃度的變化 (光強度: 6000 Lux, 稀釋速率: 0.04 h <sup>-1</sup> , 溫度: 30 °C)	54	圖4.12 不同碳酸氫鈉濃度下各時間碳轉化率的比較 (光強度: 6000 Lux, 稀釋速率: 0.04 h <sup>-1</sup> , 溫度: 30 °C)	55	圖4.13 不同碳酸氫鈉濃度下各時間微藻液中碳酸根濃度的變化 (光強度: 12000 Lux, 稀釋速率: 0.04 h <sup>-1</sup> , 溫度: 30 °C)	55	圖4.14 不同碳酸氫鈉濃度下各時間微藻液中碳酸氫根濃度的變化 (光強度: 12000 Lux, 稀釋速率: 0.04 h <sup>-1</sup> , 溫度: 30 °C)	56	圖4.15 不同碳酸氫鈉濃度下各時間碳轉化率的比較 (光強度: 12000 Lux, 稀釋速率: 0.04 h <sup>-1</sup> , 溫度: 30 °C)	57	圖4.16 不同光強度和碳酸氫鈉濃度下各時間周氏扁藻生質濃度的變化 (稀釋速率: 0.04 h <sup>-1</sup> , 溫度: 30 °C)	59	圖4.17 不同光強度和碳酸氫鈉濃度下各時間微藻液中 pH 值的變化 (稀釋速率: 0.04 h <sup>-1</sup> , 溫度: 30 °C)	60	圖4.18 不同光強度和碳酸氫鈉濃度下各時間微藻液中溶氧(D.O)值的變化 (稀釋速率: 0.04 h <sup>-1</sup> , 溫度: 30 °C)	61	圖4.19 不同光強度和碳酸氫鈉濃度下各時間微藻液中碳酸根濃度變化 (稀釋速率: 0.04 h <sup>-1</sup> , 溫度: 30 °C)	61
----	----	----	-----	-----	-----	------	----	------	---	----	----	----	-----	-----	---	-----	-----	--------	---	----------	---	----------	---	----------	---	------------------	---	-------------------	---	----------------	---	--------------------	---	---------------	----	---	----	-----------------	----	------------	----	------------	----	-------------	----	------------	----	----------------	----	-----------------	----	------------	----	-------------	----	----------	----	----------	----	----------	----	---------------------	----	------------	----	----------------------	----	---------------------------	----	---------------	----	-------------	----	------------	----	---------------	----	------------	----	-------------	----	------------	----	----------	----	----------------------	----	--------------------------	----	------------	----	-------------------	----	----------	----	---------------	----	-----------------	----	-----------	----	--------------	----	-------------------	----	-------------------------	----	--------------------------------	----	------------------------------	----	-------------	----	----------	----	--------	----	------	----	-----	--	-------------------------	----	-----------	----	----------------	----	---	----	---	----	--	----	--	----	---	----	---	----	--	----	---	----	--	----	--	----	---	----	---	----	---	----	--	----	--	----	--	----	---	----	--	----	--	----

) 62 圖4.20不同光強度和碳酸氫鈉濃度下各時間微藻液中碳酸氫根濃度變化 (稀釋速率: 0.04 h<sup>-1</sup>。溫度: 30 ) 63 圖4.21不同光強度和碳酸氫鈉濃度下各時間微藻液中碳轉化率的變化 (稀釋速率: 0.04 h<sup>-1</sup>。溫度: 30 ) 64 圖4.22不同稀釋速率和碳酸氫鈉濃度下各時間周氏扁藻生質濃度的變化 (光強度為9000 Lux。溫度: 30 ) 66 圖4.23不同稀釋速率和碳酸氫鈉濃度下各時間微藻液中pH值的變化 (光強度為9000 Lux。溫度: 30 ) 67 圖4.24不同稀釋速率和碳酸氫鈉濃度下各時間微藻液中溶氧(D.O)值的變化 (光強度為9000Lux。溫度: 30 ) 68 圖4.25不同稀釋速率和碳酸氫鈉濃度下各時間微藻液中碳酸根濃度的變化 (光強度為9000 Lux。溫度: 30 ) 69 圖4.26不同稀釋速率和碳酸氫鈉濃度下各時間微藻液中碳酸氫根濃度的變化 (光強度為9000 Lux。溫度: 30 ) 70 圖4.27不同稀釋速率和碳酸氫鈉濃度下各時間微藻液中碳轉化率的變化 (光強度為9000 Lux。溫度: 30 ) 71 表目錄 表2.1 台灣二氧化碳近年來排放量的變化 5 表2.2 溫室氣體的來源及性質 5 表2.3 化學溶劑吸收法和生物固定法的比較 12 表2.4 藻類分門 13 表2.5 開放和密閉系統對藻類自營營養的比較 20 表3.1 *Tetraselmis chui*簡介 25 表3.2 使用時之培養液配方 29 表3.3 使用時之培養基成分 30 表4.1 不同碳酸氫鈉濃度周氏扁藻的比生長速率 (光強度: 6000 Lux。稀釋速率: 0.04h<sup>-1</sup>。) 47 表4.2 不同碳酸氫鈉濃度周氏扁藻的比生長速率 (光強度: 12000 Lux。稀釋速率: 0.04h<sup>-1</sup>。) 48 表4.3 連續改變碳酸氫鈉濃度周氏扁藻在不同光強度的比生長速率 (光強度: 3000和9000 Lux。稀釋速率: 0.04 h<sup>-1</sup>。) 58 表4.4 連續改變碳酸氫鈉濃度周氏扁藻在不同稀釋速率的比生長速率 (光強度: 9000 Lux。稀釋速率: 0.04和0.1 h<sup>-1</sup>。) 66

## REFERENCES

- 參考文獻 1. 王進琦, 1986, 基礎微生物學, 藝軒圖書出版社, pp.217-241. 2. 潘忠政, 2002, 整合鹼液吸收及光合作用以固定二氧化碳, 大葉大學環境工程研究所碩士論文, 彰化。 3. 程信雄, 2006, 以碳酸鈉與碳酸氫鈉為碳源於連續式光生化反應器培養周氏扁藻, 大葉大學環境工程研究所碩士論文, 彰化。 4. 藍大鈞, 2002, 藻類固定二氧化碳與藻體的利用研究, 長庚大學化學工程研究所碩士論文, 林口。 5. 張義宏, 2001, 利用本土性小球藻固定二氧化碳之技術開發, 國立台灣大學農業化學研究所博士論文, 台北。 6. 林舒美, 2005, 海水微藻抑制病原弧菌 *Vibrio alginolyticus* 增生之研究, 國立臺灣海洋大學水產養殖學系, 基隆。 7. 許建雄, 2006, 以無機碳為碳源培養周氏扁藻-培養條件對生長之影響, 大葉大學環境工程研究所碩士論文, 彰化。 8. 陳茂松, 1992, 二氧化碳回收及其處理技術, 台電工程月刊, 527期, pp.54-59. 9. 葉俊良, 2006, 在光生化反應器中以二階段策略培養微藻生產油脂之研究, 國立成功大學化學工程研究所碩士論文, 台南。 10. 林育男, 1998, 以螺旋藻對二氧化碳之減除及利用, 國立雲林科技大學環境與安全工程技術研究所碩士論文, 雲林。 11. 樂嫻竹, 2003, 小球單胞藻內 6-4 光產物辨識蛋白之親和性分離與特性分析, 國立臺灣海洋大學生物科技研究所碩士論文, 基隆。 12. 陳朝鈺, 2004, 利用變壓吸附相關程序探討二氧化碳回收與再生利用之研究, 國立中央大學化學工程與材料工程研究所博士論文, 中壢。 13. 吳文騰, 1996, 藻類培養之反應器設計及操作, 國科會專題研究成果報告, 新竹。 14. 張惟閔, 2005, 微藻培養於新型光生化反應器之系統開發, 國立清華大學化學工程研究所碩士論文, 新竹。 15. 葉安晉, 1999, 混和醇胺溶液(MEA/AMP)去除二氧化碳氣體之填充式吸收塔設計, 第十六屆空氣污染控制技術研討會論文集。 16. 劉文宗, 2007, 二氧化碳的資源化利用, 工業技術研究院材料與化工研究所。 17. 葉育材, 1982, 光合作用-植物生產力的生理基礎, 國立編譯館, 台北。 18. 蘇惠美, 1999, 餌料生物之培養與利用, 臺灣省水產試驗所, 台北, pp. 27-31. 19. 蘇惠美、雷淇祥和廖一久, 1990, 溫度、光照度和鹽度對骨藻生長速率之影響, 台灣水產學會會刊, 17, pp. 213-222. 20. 張義宏, 2001, 利用本土性小球藻固定二氧化碳之技術開發, 國立台灣大學農業化學研究所, 台北。 21. 賈有元, 2004, 綠藻 *Chlorella pyrenoidosa* NCHU-6之最適異營培養條件暨培養方法之研究, 國立中興大學食品科學研究所碩士論文, 台中。 22. 姚南瑜, 1987, 藻類生理學, 大連工學院出版社。 23. Brown, P., 1996, "Global Warming", Blandford London, pp.235. 24. Friedl, B.; and Getzner, M., 2003, "Determinants of CO<sub>2</sub> emissions in a small open economy." *Ecological Economics* 45, 133-148. 25. Hans, C. P., M., Hans, B., Udo, M. V. H., Bernd, M. A. K., Luuc, R. M. & Roger, A. B. 1996, "Application of light-emitting diodes in bioreactors: Flashing light effects and energy economy in algal culture (*Chlorella pyrenoidosa*)", *Biotechnology and Bioengineering*, 50, pp.98~107. 26. Hendisk, C. A., Blok, K., Trukenburg, W. C. (1989) "The recovery of carbon dioxide from power plant, in climate and energy: The feasibility of controlling CO<sub>2</sub> emissions. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands. pp.126-169. 27. Houghton, J.T., 1994, "Global Warming", Cambridge University Press, pp.251. 28. Huertas, Emma; Montero, Olimpio; Lubian, Luis M., 2000. "Effects of dissolved inorganic carbon availability on growth, nutrient uptake and chlorophyll fluorescence of two species of marine microalgae", *Aquacultural Engineering* Volume: 22, Issue: 3, June, pp. 181-197. 29. Kaplan, D., Cohen, Z. and Abeliovich, A., 1986, "Optimal growth conditions for *isochrysis galbana*", *Biomass*, 9, pp. 37-38. 30. Kikkinides, E.S.; R.T. Yang and S.H. Cho, 1993, "Concentration and Recovery of CO<sub>2</sub> from Flue Gas by Pressure Swing Adsorption." *Ind. Eng. Chem. Res.*, 32(11), 2714-2720. 31. Paul H.M. Feron, Nick ten Asbroek, "New solvents based on Amino-acid salts for CO<sub>2</sub> capture from flue gases". 32. Renaud, Susan M.; Thinh, Loung-Van; Lambrinidis, George; Parry, David L., 2002, "Effect of temperature on growth, chemical composition and fatty acid composition of tropical Australian microalgae grown in batch cultures", *Aquaculture* Volume: 211, Issue: 1-4, August 23, pp.195~214. 33. Tyler, G. & Miller, J.R. (2001), "Environmental Science (6th ed, Edition)", Machill. 34. Vanshak, A. 1993, "Microalgae: laboratory growth techniques and the biotechnology of biomass production. In *Photosynthesis and Production in a Changing Environment*", D. O. Hall et al., Chapman & Hall, London. 35. Yang, M.C.; Cussler, E.L., 1986 "Designing Hollow-Fiber Contactors." *AIChE J.* 32.(11).1