

NGHIÊN CỨU CHIẾT TÁCH DẦU TỪ SINH KHỐI VI TẢO HỌ *BOTRYOCOCCUS* SP LÀM NGUYÊN LIỆU CHO QUÁ TRÌNH TỔNG HỢP BIODIESEL

Nguyễn Trung Thành, Nguyễn Đăng Toàn*, Đinh Thị Ngọc

Trường Đại học Bách khoa Hà Nội, 1 Đại Cồ Việt, Hai Bà Trưng, Hà Nội

*Email: dangtoanbkh@gmail.com

Đến Tòa soạn: 20/10/2014; Chấp nhận đăng: 16/3/2015

TÓM TẮT

Bài báo này nghiên cứu các điều kiện công nghệ của quá trình trích li dầu từ sinh khối vi tảo khô họ *Botryococcus*, bao gồm ảnh hưởng của nhiệt độ, thời gian và các dung môi khác nhau sử dụng trong quá trình trích li. Các dung môi được lựa chọn bao gồm *n*-hexan, *n*-heptan, toluen, etanol, isopropanol, hỗn hợp của *n*-hexan/etanol và hỗn hợp *n*-heptan/isopropanol. Tiêu chí để khảo sát các điều kiện công nghệ dựa trên hiệu suất trích li dầu có trong sinh khối vi tảo khô họ *Botryococcus*. Kết quả cho thấy trong các điều kiện khác nhau, hiệu suất trích li thay đổi và đạt hiệu suất cao nhất là 37,36 % so với khối lượng sinh khối khô khi sử dụng hệ dung môi *n*-hexan/etanol có tỉ lệ thể tích 2/1, tại nhiệt độ trích li 60 °C và thời gian trích li 10 giờ. Phương pháp GC-MS được sử dụng để xác định thành phần hóa học của dầu vi tảo, kết quả chỉ ra loại dầu này chứa một lượng lớn hydrocacbon – chủ yếu là *n*-heptadecan, bên cạnh thành phần chính của dầu là các triglycerit và các axit béo tự do. Dầu có chỉ số axit cao, chứng tỏ hàm lượng axit béo tự do lớn.

Từ khóa: trích li, vi tảo, *Botryococcus*, sinh khối.

1. GIỚI THIỆU

Vi tảo là một trong những loại nguyên liệu có triển vọng nhất cho quá trình tổng hợp biodiesel do có rất nhiều ưu điểm như năng suất cho dầu lớn, có thể nuôi trồng được một cách dễ dàng trong môi trường nước ngọt, nước mặn, thậm chí trong nguồn nước ô nhiễm, đồng thời có thể sử dụng khí CO₂ để tổng hợp chất dinh dưỡng. Việc chiết tách dầu từ sinh khối vi tảo là khâu rất quan trọng trong quá trình sản xuất biodiesel. Dầu tảo có thể được tách bằng phương pháp ép kỹ thuật, Soxhlet, sử dụng CO₂ siêu tới hạn hoặc dung môi hóa học [1, 2, 7, 8]. Phương pháp trích li dầu béo từ sinh khối tảo bằng dung môi là phương pháp cho hiệu quả chiết tách cao, sử dụng các dung môi rẻ, dễ kiếm, đồng thời không tiêu hao nhiều năng lượng [5, 9, 10]. Trong bài báo này, chúng tôi tập trung nghiên cứu ảnh hưởng của các loại dung môi khác nhau cũng như ảnh hưởng của thời gian và nhiệt độ tới hiệu quả của quá trình chiết tách dầu tảo. Chúng vi tảo được sử dụng thuộc họ *Botryococcus* sp, đây là một loại vi tảo chứa hàm lượng dầu cao, đặc biệt có chứa cả các hydrocacbon ngoài các chất béo. Cũng theo tác giả [5], trong sinh khối vi tảo khô của họ này, lượng chất béo chiếm 14,3 %, còn lượng hydrocacbon chiếm 9,1 %, tuy nhiên cũng

khẳng định các điều kiện nuôi cấy, thu hoạch ảnh hưởng lớn đến hàm lượng dầu có trong loài tảo này.

2. THỰC NGHIỆM

2.1. Vật liệu

Sinh khối vi tảo khô họ Botryococcus sp được thu mua tại Viện Khoa học và Công nghệ môi trường, Trường Đại học Bách khoa Hà Nội. Vi tảo họ này sau quá trình nuôi cấy được thu hoạch, ép tách nước sơ bộ và sấy khô thành sinh khối vi tảo khô. Vi tảo khô được sử dụng trực tiếp vào quá trình trích li mà không qua các bước tinh chế thêm.

Các hóa chất được sử dụng trong nghiên cứu là loại tinh khiết và không cần phải qua các quy trình làm sạch trước khi đưa vào thí nghiệm.

2.1. Quá trình chiết tách dầu vi tảo

Trong mỗi thí nghiệm, đóng dung môi vào bình cầu đã có con khuấy từ, rồi cho từ từ lượng tảo đã cân vào bình, khuấy nhẹ, lắp sinh hàn ngược, nhiệt kế vào các nhánh của bình cầu, nhánh còn lại đậy kín để tránh thất thoát dung môi. Bật bếp khuấy từ, đặt tốc độ khuấy, gia nhiệt từ từ cho hỗn hợp tới nhiệt độ cần đạt, duy trì nhiệt độ và tốc độ khuấy đó trong suốt thời gian trích li.

Sau khi hoàn tất quá trình trích li, để nguội hỗn hợp tảo và dung môi rồi lọc hỗn hợp này bằng máy lọc hút chân không để tách dịch chiết ra khỏi bã tảo. Dịch chiết được đưa đi chưng tách loại dung môi. Dung môi dễ bay hơi được ngưng tụ nhờ sinh hàn làm lạnh bằng nước và thu hồi vào bình chứa để tái sử dụng. Lượng dầu béo thu được đem cân để xác định khối lượng. Khối lượng tảo khô: 50 gam, lượng dung môi: 400 ml. Hiệu suất tách dầu (%) = $(m_{\text{dầu}}/m_{\text{tảo khô}}) \times 100$. Hiệu suất này xác định lượng dầu được tách ra so với lượng sinh khối vi tảo ban đầu. Dầu vi tảo được xác định thành phần hóa học bằng phương pháp GC-MS trên máy sắc ký khí GC6890-MS5898, cột mao quản HT-5M.

2.2. Ảnh hưởng của các loại dung môi khác nhau tới quá trình trích li

Các loại dung môi được sử dụng: etanol, *iso*-propanol, *n*-hexan, *n*-heptan, toluen, hỗn hợp *n*-hexan/etanol với tỉ lệ thể tích 1,5/1, hỗn hợp dung môi *n*-heptan/*iso*-propanol tỉ lệ thể tích 1,5/1, khối lượng tảo khô: 50 gam, thể tích dung môi: 400 ml, nhiệt độ trích li: 60 °C, thời gian trích li: 10 h.

2.3. Khảo sát các yếu tố ảnh hưởng tới quá trình trích li khi sử dụng dung môi hỗn hợp (hexan/etanol)

2.3.1. Ảnh hưởng của nhiệt độ trích li

Các yếu tố ảnh hưởng đến quá trình trích li bao gồm nhiệt độ, thời gian, tỉ lệ thể tích *n*-hexan/etanol được khảo sát. Trong mỗi lần khảo sát, khối lượng vi tảo khô đưa vào quá trình trích li được giữ không đổi 50 g, thể tích dung môi 400 ml. Các thông số khảo sát như sau: nhiệt độ từ 40, 50, 60 và 70 °C; thời gian từ 4, 6, 8, 10 và 12 giờ; tỉ lệ thể tích *n*-hexan/etanol từ 1/1, 1,5/1, 2/1, 2,5/1, và 3/1.

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Khảo sát ảnh hưởng của các loại dung môi khác nhau tới quá trình trích li

Hiệu quả của quá trình trích li bằng dung môi hóa học phụ thuộc rất nhiều vào tính tương đồng giữa dung môi và các cấu tử cần tách [3]. Các thông số vật lý cần được quan tâm là: mômen lưỡng cực, khả năng hòa tan, khả năng tạo liên kết hydro, độ phân cực. Các dung môi không phân cực sẽ cho hiệu quả chiết tách cao với các chất không phân cực trong vi tảo như các hydrocacbon. Các dung môi phân cực ưu tiên hoà tan các chất có cực (các axit béo, triglycerit, photpholipid...) trong vi tảo, do đó hiệu quả phân tách các chất này sẽ cao hơn. Thông thường, vi tảo chứa rất nhiều các hợp chất phân cực và cả không phân cực nên việc sử dụng hỗn hợp dung môi sẽ cho hiệu quả chiết tách cao hơn hẳn các dung môi chỉ chứa một loại hợp chất. Hiệu suất tách dầu trên các loại dung môi khác nhau được đưa ra trong Bảng 1.

Bảng 1. Nghiên cứu chiết tách dầu tảo sử dụng các loại dung môi khác nhau (nhiệt độ trích li: 50 °C, thời gian 10 giờ).

	Dung môi							
	<i>Etanol</i>	<i>Iso-propanol</i>	<i>Toluen</i>	<i>n-hexan</i>	<i>n-heptan</i>	<i>Hexan/etanol (v/v 1,5/1)</i>	<i>Heptan/isopropanol (v/v 1,5/1)</i>	
Khối lượng dầu, g	9,115	4,105	2,065	5,67	6,34	16,20	7,13	16,20
Hiệu suất tách dầu, %	18,23	8,21	4,13	11,34	12,68	32,40	14,26	32,40

Từ kết quả ở bảng trên ta có thể thấy dung môi toluen cho hiệu quả tách dầu thấp nhất 4,13 %, tiếp theo là dung môi *iso-propanol* 8,21 %. Các dung môi hexan, heptan cho hiệu quả tách cao hơn, lần lượt là 13,34 %, 12,68 % nhưng vẫn thấp hơn dung môi etanol (18,23 %). Dung môi hỗn hợp giữa *n-heptan/iso-propanol* cho hiệu suất cao hơn các dung môi riêng biệt nhưng lại thấp hơn hỗn hợp dung môi hexan/etanol. Hỗn hợp dung môi *n-heptan/etanol* cho hiệu quả tách dầu bằng với hệ *n-hexan/etanol* (32,40 %). Kết quả này có thể được giải thích do tính chất phân cực của các loại dung môi và khả năng thẩm thấu của chúng qua màng tế bào vi tảo cũng như khả năng tạo liên kết hydro với màng lipid của tế bào. Etanol là dung môi phân cực (mômen lưỡng cực 1,55 Debye), có khả năng tạo liên kết hydro mạnh nên khả năng tách các chất có cực cao hơn hexan, heptan, toluen. Hơn nữa, khả năng thẩm thấu qua màng tế bào và khả năng hoà tan của etanol cao hơn nên hiệu quả tách cũng cao hơn hẳn (thông số khả năng hoà tan của etanol là $26,12 \text{ (J/cm}^3)^{1/2}$, của hexan là $14,71 \text{ (J/cm}^3)^{1/2}$) [3], đồng thời có thể tách được nhiều các hợp chất có cực như xeton, axitcacboxylic, các ancol... Ngược lại, hexan là dung môi không phân cực (mômen lưỡng cực bằng 0) nên có khả năng tách các chất không cực tốt hơn etanol. *Iso-propanol* có mômen lưỡng cực là 1,615 Debye, cao hơn so với etanol nhưng khả năng hoà tan lại kém hơn, và khả năng tạo liên kết hydro rất yếu nên khả năng tách kém hơn etanol. Toluene là hydrocacbon thơm không phân cực, khả năng tách các chất béo rất kém, đồng thời tách hydrocacbon dạng mạch thẳng sẽ kém hơn so với *n-hexan* và *n-heptan*. Dung môi *n-heptan* có mạch cacbon dài hơn so với *n-hexan* nên khả năng tách tốt hơn so với *n-hexan*.

Khi sử dụng dung môi hỗn hợp thì có thể kết hợp đặc tính của cả hai loại dung môi nhằm tách cả những chất phân cực và không phân cực trong tế bào vi tảo, bởi vậy hiệu quả của quá

trình trích li sẽ đạt cao hơn trong hỗn hợp các dung môi này. Từ những phân tích ở trên ta cũng có thể thấy hỗn hợp *n*-heptan/*iso*-propanol có hiệu suất thấp hơn so với hiệu suất của hỗn hợp *n*-hexan/etanol do tính phân cực, khả năng hòa tan của hỗn hợp dung môi đó kém hơn. Hỗn hợp *n*-heptan/etanol và *n*-hexan/etanol có hiệu quả tách bằng nhau mặc dù *n*-heptan tách tốt hơn so với *n*-hexan, điều này có thể do hiệu suất tách 32,40 % đã là hiệu suất tách tối đa của loại vi tảo này tại tỉ lệ dung môi khảo sát. Vì *n*-heptan có giá thành cao hơn nhiều so với *n*-hexan nên chúng tôi chọn hệ dung môi *n*-hexan/etanol để khảo sát các điều kiện ảnh hưởng đến quá trình trích li.

3.2. Khảo sát các yếu tố ảnh hưởng tới quá trình trích li khi sử dụng dung môi hỗn hợp (hexan/etanol)

3.2.1. Ảnh hưởng của nhiệt độ trích li

Để khảo sát ảnh hưởng của nhiệt độ trích li tới quá trình trích li dầu vi tảo chúng tôi giữ nguyên các thông số khác, chỉ thay đổi nhiệt độ của quá trình. Kết quả được đưa ra trong Bảng 2.

Bảng 2. Ảnh hưởng của nhiệt độ tới quá trình trích li (thời gian 10 giờ, tỉ lệ thể tích hexan/etanol 1,5/1).

Nhiệt độ	40 °C	50 °C	60 °C	70 °C	80 °C
Khối lượng dầu (g)	13,75	15,70	16,20	11,56	10,62
Hiệu suất (%)	27,50	30,14	32,40	23,12	21,24

Kết quả trên cho thấy khi tăng nhiệt độ trích li từ 40 °C lên 60 °C thì hiệu suất tách dầu tăng lên đáng kể vì khi nhiệt độ tăng sẽ thúc đẩy quá trình thẩm thấu của dung môi vào bên trong tế bào và nâng cao khả năng hoà tan của các chất trong dung môi, tăng tốc độ hoà tan của chúng, từ đó tăng hiệu quả của quá trình trích li. Khi nhiệt độ tăng tới 70 - 80 °C thì hiệu suất tách dầu lại giảm xuống bởi ở các nhiệt độ này dung môi đã sôi và bay hơi rất mạnh, dù có sinh hàn ngược hồi lưu nhưng vẫn thất thoát một lượng dung môi đáng kể và không đảm bảo hiệu suất của quá trình trích li. Bên cạnh đó, khi nhiệt độ tăng cao có thể ảnh hưởng tới chất lượng của dầu béo trong sinh khối vi tảo.

3.2.2. Ảnh hưởng của thời gian trích li

Chúng tôi cũng tiến hành khảo sát thời gian trích li để tìm ra khoảng thời gian tối ưu cho quá trình này. Kết quả khảo sát được thể hiện trong Bảng 3.

Bảng 3. Ảnh hưởng của thời gian tới quá trình trích li (nhiệt độ 60 °C, tỉ lệ thể tích hexan/etanol 1,5/1).

Thời gian	4 giờ	6 giờ	8 giờ	10 giờ	12 giờ
Khối lượng dầu (g)	9,36	11,155	15,06	16,20	16,20
Hiệu suất (%)	18,72	22,31	30,12	32,40	32,40

Khi tăng thời gian trích li hiệu quả của quá trình tăng dần lên. Khoảng thời gian từ 4 - 8 giờ, hiệu suất của quá trình tăng lên nhanh bởi trong khoảng thời gian đầu, khi nồng độ các chất trong dung môi còn thấp thì tốc độ hoà tan các chất vào trong dung môi chiết còn cao [4], hiệu suất tách tương ứng tăng từ 18,72 % lên 22,31 % và 30,12 %. Sau 8 tới 10 giờ chiết, nồng độ các chất trong dịch chiết lớn, tốc độ hoà tan chậm, hiệu suất tách tăng từ 30,12 % lên 32,4 %. Khi

thời gian tách là 12 giờ thì hiệu suất tách vẫn không tăng lên bởi hầu hết các chất có khả năng hoà tan vào dung môi chiết đã hoà tan hoàn toàn, và như vậy, thời gian tách tăng lên nữa thì hiệu quả tách vẫn không tăng lên, tiêu hao năng lượng, tốn kém, lãng phí. Qua đây có thể kết luận thời gian chiết tách tối ưu là 10 giờ.

3.2.3. Ảnh hưởng của tỉ lệ dung môi chiết hexan/etanol

Khi sử dụng dung môi hỗn hợp giữa hexan và etanol ta sẽ tận dụng được ưu điểm của cả hai loại dung môi này nhằm nâng cao hiệu quả của quá trình chiết tách. Tỉ lệ hexan/etanol sẽ có ảnh hưởng lớn tới hiệu suất tách dầu. Bảng 4 trình bày kết quả của ảnh hưởng này.

Bảng 4. Ảnh hưởng của tỉ lệ hexan/etanol tới hiệu suất tách dầu (nhiệt độ 60 °C, thời gian 10 giờ).

Hexan/etanol	3/1	2,5/1	2/1	1,5/1	1/1
Khối lượng dầu (g)	9,17	11,58	18,68	16,20	14,10
Hiệu suất tách (%)	18,34	23,16	37,36	32,40	28,20

Dung môi etanol cho hiệu suất tách cao hơn dung môi hexan trong cùng điều kiện chiết tách. Mỗi dung môi thể hiện vai trò khác nhau trong quá trình trích li các chất ra khỏi sinh khối vi tảo. Khi lượng hexan/etanol cao (3/1; 2,5/1) thì hiệu quả tách tương đối thấp. Điều này có thể được giải thích là do lượng etanol trong hỗn hợp ít nên khó tách triệt để các hợp chất không phân cực. Ngược lại, khi lượng etanol nhiều hơn, hexan thấp hơn thì lại khó tách triệt để các chất không hoặc ít phân cực. Thực tế nghiên cứu chỉ ra rằng tỉ lệ dung môi thích hợp là 2/1. Đây là tỉ lệ tối ưu để có thể tách một cách đồng thời các hydrocarbon cũng như các axit béo, các triglyxerit trong dầu vi tảo họ *Botryococcus* sp. Hiệu suất tách dầu đạt tối đa 37,36 %, cao hơn nhiều so với lượng dầu trích li được cũng từ loại vi tảo này (26,3 %) theo nghiên cứu của tác giả [9].

3.3. Xác định thành phần hóa học trong dầu vi tảo

Thành phần dễ bay hơi trong dầu vi tảo đã chiết tách chủ yếu là các hydrocarbon, còn lại là các hợp chất khác với hàm lượng nhỏ, chúng đa phần có tỉ trọng nhỏ hơn so với methyl este thu được từ quá trình methyl hóa nên dễ dàng tách ra ở lớp phía trên sau quá trình methyl hóa. Bằng phương pháp GC-MS, đã phân tích được thành phần và hàm lượng các loại cấu tử có mặt trong dầu, kết quả thể hiện trong Bảng 5.

Chúng tôi cũng xác định được các tính chất kỹ thuật đặc trưng của dầu tảo như chỉ số axit, chỉ số iot. Đồng thời từ Bảng 5 trên và một số quá trình tính toán, có thể rút ra một bảng tổng quát về thành phần của dầu vi tảo như Bảng 6.

Bảng 5. Thành phần các chất và các gốc axit béo trong dầu vi tảo họ *Botryococcus* sp.

STT	Thời gian lưu (phút)	Tên hợp chất	Công thức	Thành phần, % kl
1	2,308	Methyl isobutyl keton	C ₆ H ₁₂ O	1,70
2	2,383	n-butyl methyl cacbinol	C ₆ H ₁₄ O	2,24
3	14,042	3, 7 – Dimethyl nonane	C ₁₁ H ₂₄	0,81
4	14.783	Dihydroactinidiolide	C ₁₁ H ₁₆ O ₂	0,25

5	17,025	1-hexyl-3-methyl cyclopentane	C ₁₂ H ₂₄	0,86
6	17,192	n-undecanol	C ₁₁ H ₂₄ O	0,95
7	17,558	n-heptadecane	C₁₇H₃₆	26,49
8	19,767	Neophyltadiene	C ₂₀ H ₃₈	0,65
9	20,142	Isobutylphthalate	C ₁₆ H ₂₂ O ₄	1,49
10	20,442	Octadecanol DB5-2896	C ₁₈ H ₃₈ O	0,62
11	21,608	1,2-benzene dicarboxylic acid, 2-butoxy-2-oxoethyl butyl ester	C ₁₈ H ₂₄ O ₆	2,21
12	23,792	Phytol	C ₂₀ H ₄₀ O	1,28
13	28,750	Heneicosane<N->(C21)DB5-2931	C ₂₁ H ₄₄	0,37
14	29,142	Bis(2-ethylhexyl) phtalate	C ₂₄ H ₃₈	1,36
15	29,242	Triphenylphosphine oxide	C ₁₈ H ₁₅ OP	0,65
16	5,200	Palmitoleic, ester	C ₁₇ H ₃₂ O ₆	3,41
17	5,383	Hexadecanoic, ester	C₁₇H₃₄O₂	30,68
18	6,017	3,6-octadecadienoic, este	C ₁₉ H ₃₄ O ₂	0,03
19	6,467	Hexadecanoic, 14-methyl-, este	C ₁₈ H ₃₆ O ₂	0,17
20	7,200	6,9,12-octadecatrienoic, este	C ₁₉ H ₃₂ O ₂	9,34
21	7,425	9,12-octadecadienoic(Z,Z), este	C ₁₉ H ₃₄ O ₂	8,37
22	7,517	9-octadecenoic(Z), este	C ₁₉ H ₃₆ O ₂	5,62
23	7,600	16-Octadecenoic, este	C ₁₉ H ₃₆ O ₂	1,65
24	7,900	Octadecanoic, este	C ₁₉ H ₃₆ O ₂	0,99
25	9,508	10-nonadecenoic, este	C ₂₀ H ₃₈ O ₂	0,12
26	10,958	7,10,13-eicosatrienoic, este	C ₂₁ H ₃₆ O ₂	0,33

Bảng 6. Các thành phần hóa học của dầu vi tảo họ *Botryococcus* sp.

Tính chất	Thành phần bay hơi (chủ yếu C ₁₇ H ₃₆), % khối lượng	Axit béo tự do, % khối lượng	Triglycerit, % khối lượng	Tổng lượng dầu/vi tảo khô, % khối lượng	Chỉ số axit, mgKOH/g	Chỉ số iot, g I ₂ /100 g
Giá trị	39,02	29,48	31,5	37,36	58,2	38,0

Có thể thấy, dầu vi tảo chứa rất nhiều axit béo tự do, triglycerit và một lượng lớn hydrocarbon, trong đó hầu hết là C₁₇H₃₆. Thành phần của dầu vi tảo họ *Botryococcus* sp mà chúng tôi xác định được phù hợp với các kết quả của tác giả Dayananda (2010) [5]. Nghiên cứu này là tiền đề cho các nghiên cứu tiếp theo về tổng hợp biodiesel từ dầu vi tảo, còn khá mới mẻ ở nước ta.

4. KẾT LUẬN

Đã khảo sát các loại dung môi khác nhau cho quá trình trích li dầu từ sinh khối vi tảo họ *Botryococcus*. Kết quả cho thấy chúng có ảnh hưởng khác nhau lên hiệu suất của quá trình trích li dầu tảo từ sinh khối tảo. Các dung môi hỗn hợp thường cho hiệu quả tách cao hơn nhờ kết hợp được khả năng tách đồng thời các chất phân cực và không phân cực. Dung môi hỗn hợp n-hexan/etanol cho hiệu quả tách cao nhất trong các loại dung môi được khảo sát.

Ảnh hưởng của nhiệt độ, thời gian trích li và tỉ lệ thể tích *n*-hexan/etanol cũng đã được nghiên cứu. Điều kiện tối ưu cho quá trình trích li dầu tảo từ sinh khối tảo là tại nhiệt độ 60 °C, thời gian 10 giờ trong dung môi *n*-hexan/etanol có tỉ lệ 2/1 về thể tích. Hiệu suất tách dầu đạt được là 37,36 % so với khối lượng tảo khô.

Bằng phương pháp GC-MS đã xác định được thành phần hóa học của dầu vi tảo và thấy rằng trong dầu vi tảo có một lượng lớn hydrocacbon và các axit béo tự do. Hàm lượng hydrocacbon lên tới khoảng 30 %, rất thích hợp cho sản xuất diesel sạch từ nguồn hydrocacbon này.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Sundar Balasubramanian, James D. Allen, Akanksha Kanitkar, Dorin Boldor - Oil extraction from *Scenedesmus obliquus* using a continuous microwave system-design, optimization, and quality characterization, *Bioresource Technology* **102** (2011) 3396-3403.
2. Govindarajan L., Nitin Raunt, Ahmed Alsaeed – Novel solvent extraction for extraction of oil from alge biomass grown in Desalination reject stream, *J. Algal Biomass Utiln.* **1** (2009) 18-28.
3. Jie Sheng, Raveender Vannela, Bruce E. Rittmann – Evaluation of methods to extract and quantify lipids from *Synechocystis* PCC 6803, *Bioresource Technology* **102** (2011) 1697-1703.
4. Ronald Halim, Brendan Gladman, Michael K. Danquah, Paul A. Webley – Oil extraction from microalgae for biodiesel production, *Bioresource Technology* **102** (2011) 178-185.
5. Dayananda C., Kumudha A., Sarada R., and Ravishankar G. A. – Isolation, characterization and outdoor cultivation of green microalgae *Botryococcus* sp, *Scientific Research and Essays* **5** (2010) 2497-2505.
6. Naim Rashid, Muhammad Saif Ur Rehman, Madeha Sadiq, Tariq Mahmood, Jong-In Han, Current status, issues and developments in microalgae derived biodiesel production, *Renewable and Sustainable Energy Reviews* **40** (2014) 760–778.
7. Jun Cheng, Rui Huang, Tao Li, Junhu Zhou, Kefa Cen, Biodiesel from wet microalgae: Extraction with hexane after the microwave-assisted transesterification of lipids, *Bioresource Technology* **170** (2014) 69–75.
8. Hanifa Taher, Sulaiman Al-Zuhair, Ali H. Al-Marzouqi, Yousef Haik, Mohammed Farid - Effective extraction of microalgae lipids from wet biomass for biodiesel production, *Biomass and Bioenergy* **66** (2014) 159-167.
9. Veeramuthu Ashokkumar, Elango Agila, Pandian Sivakumar, Zainal Salam, Ramasamy Rengasamy, Farid Nasir Ani - Optimization and characterization of biodiesel production from microalgae *Botryococcus* grown at semi-continuous system, *Energy Conversion and Management* **88** (2014) 936–946.
10. Makoto Shiho, Masayuki Kawachi, Kazuhiko Horioka, Yosuke Nishita, Kazuhiko Ohashi, Kunimitsu Kaya, Makoto M. Watanabe - Business evaluation of a green microalgae *Botryococcus braunii* oil production system, *Procedia Environmental Sciences* **15** (2012) 90-109.

ABSTRACT

STUDY ON OIL EXTRACTION FROM MICROALGAE BIOMASS FOR BIODIESEL SYNTHESIS

Nguyen Trung Thanh, Nguyen Dang Toan*, Dinh Thị Ngo

Hanoi University of Science and Technology, 1 Dai Co Viet, Hanoi

*Email: dangtoanbkh@gmail.com

This study examines the effects of various solvents, temperature, and reaction time on oil extraction yield from microalgae *Botryococcus* sp biomass. Different solvents were used separately or in combination such as *n*-hexane, *n*-heptane, toluene, ethanol, *iso*-propanol, mixture of *n*-hexane/ethanol and the mixture of *n*-heptane/*iso*-propanol. The results showed that with different conditions, the extraction yield was varied and the highest yield (37.36 %) can be achieved by using the solvent mixture of *n*-hexane/ethanol 2:1 (v/v) at temperature of 60 °C for 10 h.

Keywords: microalgae oil, biodiesel, extraction, biomass, renewable energy.