

งานวิจัยนี้ทำการประมาณค่าพารามิเตอร์ทางไฟฟ้าของเซลล์เดี่ยวแพลงก์ตอนพืชน้ำเค็ม *Chlorella* sp., *Tetraselmis* sp. และโพรโททาสต์กล้วยไม้ *Dendrobium* sp. โดยอาศัยการเหนี่ยวนำให้เซลล์เคลื่อนที่เข้าเกาะขั้วไฟฟ้าแบบทรงกระบอกคู่ขนานภายใต้สนามไฟฟ้ากระแสสลับซึ่งใช้ช่วงความถี่กิโลเฮิรตซ์ถึงเมกะเฮิรตซ์ วัดความเร็วของการเคลื่อนที่ของเซลล์เพื่อประมาณค่าจริงของฟังก์ชันความถี่ ($\text{Re}[f(\omega)]$) ของเซลล์แต่ละชนิด พารามิเตอร์ที่วัดได้จากงานวิจัยนี้คือ ค่าสภาพนำไฟฟ้าของสารละลายที่ใช้แขวนลอยเซลล์ (σ_s) รัศมีของเซลล์ (R) ความหนืดของสารละลายที่ใช้แขวนลอยเซลล์ (η) ส่วนสนามไฟฟ้าภายนอก (E) สามารถคำนวณจากรูปทรงของขั้วไฟฟ้า จากการประมาณค่าด้วยวิธีทำซ้ำและเปรียบเทียบกับสเปกตรัมไดอิเล็กโทรฟอเรติกของ $\text{Re}[f(\omega)]$ พารามิเตอร์ทางไฟฟ้าที่หาได้คือ สภาพนำไฟฟ้าของเยื่อหุ้มเซลล์ (σ_m) ค่าสภาพยอมของเยื่อหุ้มเซลล์ (ϵ_m) ค่าสภาพยอมของไซโทพลาสซึม (ϵ_c) ค่าสภาพนำไฟฟ้าของไซโทพลาสซึม (σ_c) และความหนาของเยื่อหุ้มเซลล์ (δ) โดยอิงทฤษฎีแบบจำลองเซลล์เดี่ยวทรงกลมเปลือกเซลล์หนึ่งชั้น

การเก็บข้อมูลความเร็วของเซลล์ในสนามไฟฟ้าได้ทดลองเฉพาะช่วงความถี่ที่ทำให้เซลล์เคลื่อนที่เกาะขั้วไฟฟ้า จากผลการทดลองของเซลล์ *Chlorella* sp. พบว่าการเพิ่ม σ_s จะทำให้ความถี่สนามไฟฟ้าที่ทำให้ค่า $\text{Re}[f(\omega)]$ เป็นศูนย์มีค่าลดลง ขณะที่เซลล์ *Tetraselmis* sp. และ *Dendrobium* sp. ค่าดังกล่าวกลับเพิ่มขึ้น ส่วนความเข้มสนามไฟฟ้าที่เลือกใช้มีค่าระหว่าง 13 ถึง 116 kV.m⁻¹ ขึ้นกับขนาดของเซลล์ที่ทดลอง และพบว่าการเพิ่มความเข้มสนามไฟฟ้าเซลล์เคลื่อนที่เร็วขึ้นโดยไม่มีผลต่อขนาดของ $\text{Re}[f(\omega)]$ เนื่องจากค่า $\text{Re}[f(\omega)]$ ขึ้นกับอัตราส่วนระหว่างความเร็วและเกรเดียนต์ของความเข้มสนามไฟฟ้า จากการศึกษาสเปกตรัมไดอิเล็กโทรฟอเรติกของ $\text{Re}[f(\omega)]$ พบว่าค่าสูงสุดของ $\text{Re}[f(\omega)]$ ในเซลล์แต่ละชนิดต่างกันกล่าวคือ เท่ากับ 2.50 0.30 และ 0.050 สำหรับเซลล์แพลงก์ตอน *Chlorella* sp. และ *Tetraselmis* sp. และโพรโททาสต์กล้วยไม้ *Dendrobium* sp. ตามลำดับ สำหรับโพรโททาสต์กล้วยไม้ ค่าสูงสุด

ของ $\text{Re}[f(\omega)]$ มีค่าต่ำกว่าที่พบในเซลล์เพลงก็ตอนมาก ทั้งๆที่ความหนืดของสารละลายที่ใช้ ไม่แตกต่างกันนัก ($1.67 \pm 0.06 \text{ mN} \cdot \text{s} \cdot \text{m}^{-2}$ และ $1.35 \pm 0.03 \text{ mN} \cdot \text{s} \cdot \text{m}^{-2}$) ค่า $\text{Re}[f(\omega)]$ ที่ต่างกัน จึงน่าจะเป็นผลจากพารามิเตอร์ทางไฟฟ้าของเซลล์แต่ละชนิด เป็นที่น่าสังเกตว่า สเปกตรัมไดโพลีโทรฟอเรติกของ $\text{Re}[f(\omega)]$ ของ *Chlorella* sp. ที่แขวนลอยในสารละลายที่มี σ_s เท่ากับ $12 \text{ mS} \cdot \text{m}^{-1}$ และ $24 \text{ mS} \cdot \text{m}^{-1}$ มีค่าสูงสุดอย่างชัดเจน

สำหรับทุกค่าของสนามไฟฟ้าและสภาพนำไฟฟ้าที่ทดลอง พบค่าที่เป็นไปได้ของ พารามิเตอร์ 4 ตัว ดังตารางข้างล่าง

พารามิเตอร์	<i>Chlorella</i> sp.	<i>Tetraselmis</i> sp.	<i>Dendrobium</i> sp.	หน่วย
σ_c	11 - 17	15 - 42	1 - 21	$\text{mS} \cdot \text{m}^{-1}$
ϵ_m	$100 \epsilon_0$	$14 \epsilon_0 - 40 \epsilon_0$	$4 \epsilon_0 - 22 \epsilon_0$	
ϵ_c	$110 \epsilon_0 - 117 \epsilon_0$	$79 \epsilon_0 - 110 \epsilon_0$	$80 \epsilon_0 - 84 \epsilon_0$	
δ	20 - 34	18 - 50	10 - 15	nm

เมื่อ ϵ_0 คือสภาพยอมของสุญญากาศ มีค่า $8.85 \times 10^{-12} \text{ F} \cdot \text{m}^{-1}$

This work estimated electrical parameters of marine phytoplanktons ; *Chlorella* sp. and *Tetraselmis* sp. , and protoplasts of *Dendrobium* sp. orchid. They were induced under AC. electric field using a pair of cylindrical parallel electrodes . Frequencies of the field were varied from few kilohertz to megahertz. Measurements were made for cell velocities so that real part of the frequency function , $\text{Re}[f(\omega)]$ could be estimated. Parameters that could be measured were the conductivity of the suspending medium (σ_s), cell radius (R), viscosity of the suspending medium (η). Electric field intensity (E) was calculated from the geometry of the electrodes . Assuming that a spherical single shell model was valid , the electrical parameters of the cells such as the conductivity of the membrane (σ_m), the permittivity of the membrane (ϵ_m), the permittivity of the cytoplasm (ϵ_c), the conductivity of the cytoplasm (σ_c) and thickness of the shell (δ) were estimated by iterative method.

Cell velocities were recorded only at field frequencies of which cells moved towards higher electric field region at the electrode surface . The results showed that ,for *chlorella* sp. an increase in σ_s shifted the $\text{Re}[f(\omega)]$ spectrum towards lower frequencies and increase the positive dielectrophoretic in the low frequency region .For *Tetraselmis* sp. and *Dendrobium* sp. the shift towards higher frequencies was observed. Suitable electric field strength used in this study varied from 13 kV.m^{-1} to 116 kV.m^{-1} , depending on cell size. It was found that increasing the field strength also increased cell velocity ,without affecting the magnitude of the $\text{Re}[f(\omega)]$. This is due to the fact that the $\text{Re}[f(\omega)]$ value on the ratio of cell velocity and electric field gradient. Experimented $\text{Re}[f(\omega)]$ showed different maximum value for each cell species. It was 2.50 ,0.30 for *Chlorella* sp.

and *Tetraselmis* sp., respectively. Whereas the value was 0.050 for *Dendrobium* sp. much smaller than that the former. Since the viscosity of the suspending medium used was similar ($1.67 \pm 0.06 \text{ mN} \cdot \text{s} \cdot \text{m}^{-2}$ and $1.35 \pm 0.03 \text{ mN} \cdot \text{s} \cdot \text{m}^{-2}$), the difference might mainly be influenced by their electrical parameters. Also noted that the $\text{Re}[f(\omega)]$ for *Chlorella* sp. clearly showed the peaks at the σ_s values of $12 \text{ mS} \cdot \text{m}^{-1}$ and $24 \text{ mS} \cdot \text{m}^{-1}$.

For every E and σ_s used in this work, possible values for 4 parameters were;

parameter	<i>Chlorella</i> sp.	, <i>Tetraselmis</i> sp.	<i>Dendrobium</i> sp.	unit
σ_c	11 - 17	15 - 42	1 - 21	$\text{mS} \cdot \text{m}^{-1}$
ε_m	$100 \varepsilon_0$	$14 \varepsilon_0 - 40 \varepsilon_0$	$4 \varepsilon_0 - 22 \varepsilon_0$	
ε_c	$110 \varepsilon_0 - 117 \varepsilon_0$	$79 \varepsilon_0 - 110 \varepsilon_0$	$80 \varepsilon_0 - 84 \varepsilon_0$	
δ	20 - 34	18 - 50	10 - 15	nm

where ε_0 is the permittivity of the free space = $8.85 \times 10^{-12} \text{ F} \cdot \text{m}^{-1}$