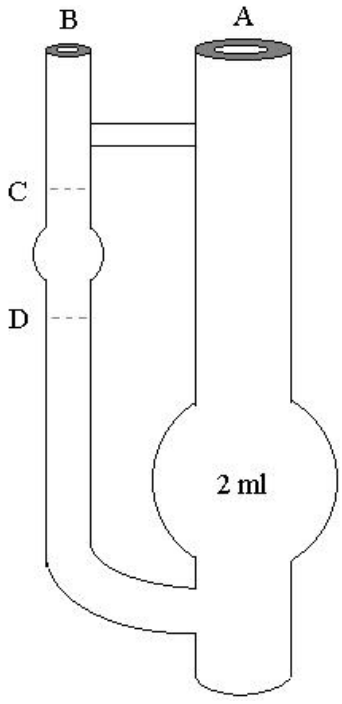
ภาคผนวก 1

การวัดความหนืดของสารละลาย มีวิธีการดังนี้

1. เตรียมสารละลายที่ต้องการวัด ปริมาตร 2 ml ลงในอุปกรณ์วัดความหนืดทางช่อง A ดังภาพประกอบ 47
2. นำจุกยางครอบไว้ที่ตำแหน่ง B ดูดสารละลายให้เคลื่อนขึ้นไปอยู่เหนือระดับตำแหน่ง C จากนั้นถอดจุกยางออกปล่อยให้สารละลายไหลกลับลงมา
3. จับเวลาการไหลของสารละลาย เริ่มจับเวลา t = 0 และ t = t ใดๆ เมื่อสารละลายเคลื่อนจาก C ถึง D
4. ทำการทดลองซ้ำอย่างน้อย 3 ครั้ง หาค่าเวลาเฉลี่ย ($t_{average}$) เพื่อนำไปแทนค่าในสมการความหนืดของสารละลาย



ภาพประกอบ 47 อุปกรณ์สำหรับวัดค่าความหนืดสารละลาย (ยี่ห้อ Schcott รุ่น 51610/ I)

5. สมการหาความหนืดของสารละลาย มีดังนี้

$$\eta = Dkt_{average}$$

เมื่อ η ความหนืดของสารละลาย มีหน่วย $N.s.m^{-2}$ หรือ Pa*s

k ค่าคงที่ของอุปกรณ์การวัดมีค่า 1.1×10^{-8} $m^2.s^{-2}$

$t_{average}$ เวลาเฉลี่ยที่สารละลายใช้ในการเคลื่อนที่ จาก C ถึง D หน่วย วินาที (s)

D ความหนาแน่นของสารละลาย หน่วย kg/m^3 หาค่าได้จาก $D = \frac{M}{V}$

M มวลของสารละลาย หาได้จากการนำสารละลาย ปริมาตร 1 ml ชั่งด้วย เครื่องชั่ง 4 ตำแหน่ง หน่วย kg

V ปริมาตรของสารละลายที่นำไปชั่ง หน่วย m^3

ภาคผนวก 2

การวิเคราะห์ความเข้มข้นของ BSA

1. วิเคราะห์หาความเข้มข้นของ BSA โดยใช้ชุดทดสอบของ DC Protein Assay ประกอบด้วยสาร REAGENT ดังต่อไปนี้

   1.1 REAGENT A , an alkaline copper tartrate solution

   1.2 REAGENT B , a dilute Folin Reagent

2. วิธีการวิเคราะห์

   2.1 นำสารละลาย BSA เข้มข้น 0.2 , 0.5 , 1 และ 1.5 mg/ml ปริมาตร 100 μl ใส่ในหลอดทดลองขนาด 10 ml

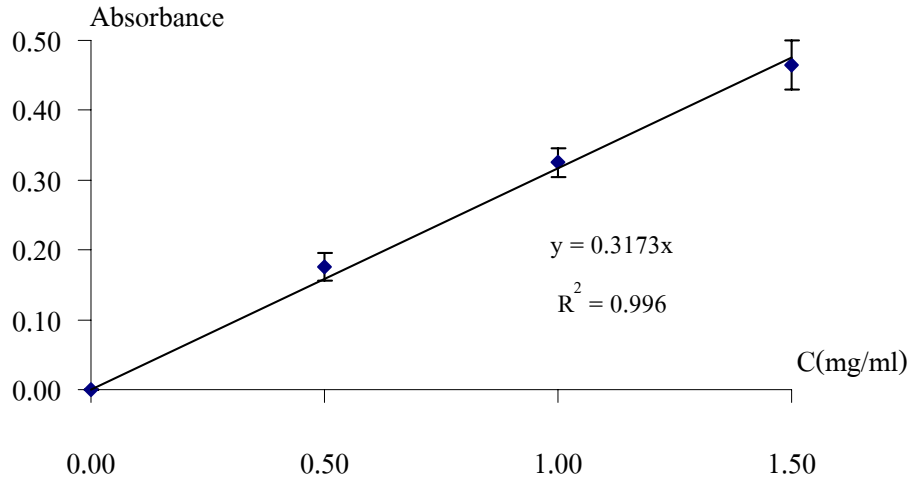
   2.2 เติม Reagent A 500 μl และ Reagent B 4 ml ผสมให้เข้ากันแล้วทิ้งไว้ 15 นาที

   2.3 นำไปวัดค่าการดูดกลืนของแสงด้วยเครื่อง Spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 750 นาโนเมตร. โดยวัดเทียบกับชุดควบคุม (bank) ซึ่งใช้น้ำแทนสารตัวอย่าง

   2.4 นำค่าการดูดกลืนแสงที่อ่านได้ไปเขียนกราฟมาตรฐานระหว่างความเข้มข้นของสารละลาย BSA กับค่าการดูดกลืนแสง ดังภาพประกอบ

   2.5 นำสารละลายตัวอย่างที่ต้องการหาความเข้มข้น BSA มาวัดค่าการดูดกลืนแสง

   2.6 นำค่าการดูดกลืนของแสงที่ได้ไปคำนวณหาค่าความเข้มข้นของสารละลาย BSA ได้จากกราฟมาตรฐาน



ภาพประกอบ 48 กราฟมาตรฐานระหว่างการดูดกลืนแสง (Absorbance) กับความเข้มข้นของสารละลาย BSA

ภาคผนวก 3

การวิเคราะห์ความเข้มข้นของ PEG

โดยเตรียมกราฟมาตรฐานของการดูดกลืนแสงทำได้โดยเตรียมสารละลายมาตรฐานที่ทราบความเข้มข้น ดังนี้

1. A.D. Sabde et al. (1997) เตรียมสารละลาย Reagent เพื่อวิเคราะห์ความเข้มข้นของสารละลาย PEG ดังนี้

1.1 REAGENT A ประกอบด้วย 5% (w/v)ของ $BaCl_2$ ละลายในกรดไฮโดรคลอริก 1 N

1.2 REAGENT B ประกอบด้วย 1.27 g ของ I_2 ละลายใน 0.2% (w/v) KI

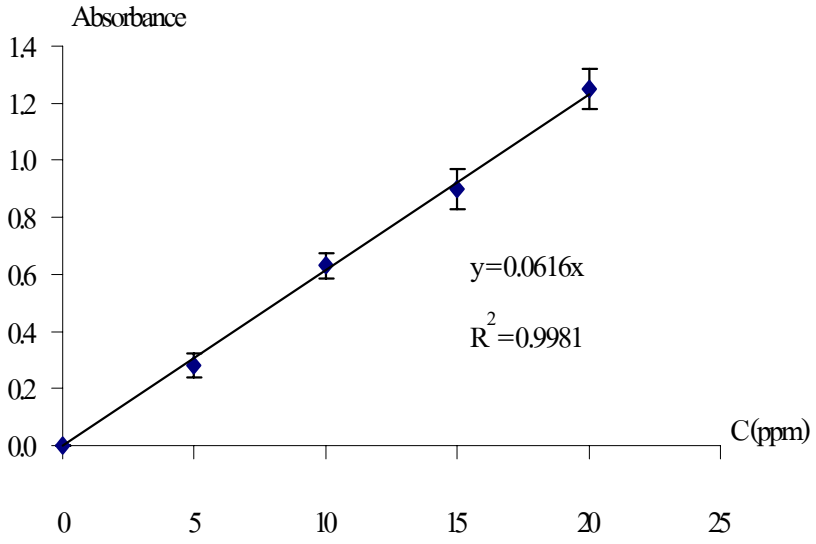
2. นำสารละลาย PEG เข้มข้น 5 , 10 , 15 , 20 ppm และน้ำกลั่น ปริมาตร 4 ml ใส่ในหลอดทดลองขนาด 10 ml เติมสารละลาย Reagent ข้อ 1.1 และ ข้อ 1.2 อย่างละ 1 ml ผสมให้เข้ากันแล้วทิ้งไว้ 15 นาที

3. นำไปวัดค่าการดูดกลืนของแสงด้วยเครื่อง Spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 535 นาโนเมตร โดยวัดเทียบกับชุดควบ คุม (bank) ซึ่งใช้น้ำแทนสารตัวอย่าง

4. นำค่าการดูดกลืนแสงที่อ่านได้ไปเขียนกราฟมาตรฐานระหว่างความเข้มข้นของสารละลาย BSA กับค่าการดูดกลืนแสง ดังภาพประกอบ

5. นำสารละลายตัวอย่างที่ต้องการหาความเข้มข้น PEG มาวัดค่าการดูดกลืนแสง

6. นำค่าการดูดกลืนของแสงที่ได้ไปคำนวณหาค่าความเข้มข้นของสารละลาย PEGได้ จากกราฟมาตรฐาน



ภาพประกอบ 49 กราฟมาตรฐานระหว่างการดูดกลืนแสง (Absorbance) กับความเข้มข้นของสารละลาย PEG

ภาคผนวก 4

การคำนวนหาค่าความต้านทาน R_m , R_f และ R_p

จากกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างฟลักซ์ของสารละลายผ่านเยื่อบางกับความดัน ความชันของกราฟ สามารถคำนวนหาค่าความต้านทานได้สมการ

$$J = \frac{\Delta P}{\eta R_t}$$

เมื่อ R_t คือความต้านทานการไหลรวมของเยื่อบาง

ความชันของกราฟมีหน่วยเป็น (L m^{-2} hr^{-1})/kPa ซึ่งจะเปลี่ยนหน่วยเป็น m/s Pa ได้โดยคูณด้วย 2.77 x 10^{-10} รายละเอียดการเปลี่ยนหน่วยแสดงดังนี้

$$\frac{L}{m^2 hr \times kPa} = \frac{10^{-3} m^3}{60 \times 60 \times 10^3 m^2 s \times Pa} = 2.77 \times 10^{-10} m \bullet s^{-1} \bullet Pa^{-1}$$

นั่นคือ $$R_t = \frac{1}{\eta \times slope \times 2.77 \times 10^{-10}}$$ มีหน่วยเป็น m^{-1}

ผลจากการวัดความหนืดของสารละลาย BSA 1mg/ml และสารละลาย PEG 50 ppm ที่ใช้ในการกรองมีความเข้มข้นน้อย และค่าความหนืดของสารละลายมีค่าใกล้เคียงกับความหนืดของน้ำ จึงใช้ แทนค่าความหนืดของน้ำ η = 8.48 x 10^{-4} Pa*s ในสมการข้างต้นจะได้

$$R_t = \frac{4.25 \times 10^{12}}{slope} \quad (m^{-1})$$

โดยที่ความชัน (slope) ของกราฟระหว่างฟลักซ์ของสารละลาย (หน่วย L m^{-2} hr^{-1}) กับความดัน (หน่วย kPa)

ตัวอย่าง การคำนวนค่าความต้านทาน R_m , R_f และ R_f ของเยื่อบาง CH25PEG

1. คำนวนหาค่า R_m

จากภาพประกอบ 19 สมการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างของฟลักซ์น้ำดีกับความดันคือ J = 0.132 P จะได้

$$R_m = \frac{4.25 \times 10^{12}}{0.132} = 3.22 \times 10^{13}\, m^{-1}$$

2. คำนวนหาค่า R_f

จากภาพประกอบ 22 สมการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างของฟลักซ์น้ำดีหลังกรองสารละลาย BSA กับความดัน ได้สมการคือ J = 0.122P จะได้

$$R_m + R_f = \frac{4.25 \times 10^{12}}{0.122} = 3.49 \times 10^{13}\, m^{-1}$$

เพราะฉะนั้นจะได้ $R_f = (R_m + R_f) - R_m$

$R_f = (3.49 \text{ x} 10^{13}) - (3.22 \text{ x } 10^{13}) = 0.27 \text{ x } 10^{13} \text{ m}^{-1}$

3. คำนวนหาค่า R_p

จากภาพประกอบ 20 ซึ่งแสดงฟลักซ์ของสารละลายผ่านเยื่อบางที่ความดันคงที่ 100 kPa โดยฟลักซ์ของสารละลายมีค่าเท่ากับ 10.08 L m^{-2} hr^{-1} จะได้

$$R_t = R_m + R_f + R_p = \frac{4.25 \times 10^{12}}{0.1008} = 4.22 \times 10^{13}\, m^{-1}$$

เพราะฉะนั้น $R_p = R_t - R_m - R_f$

$R_p = (4.22 \text{ x } 10^{13}) - (3.22 \text{ x } 10^{13}) - (0.27 \text{ x } 10^{13})$

$R_p = 0.73 \text{ x } 10^{13} \text{ m}^{-1}$