

บทที่ 5

วิเคราะห์ผลการทดลอง

จากสมมติฐานว่ามีโปรตีนที่ละลายน้ำได้อยู่ที่ผิวดวงมียังจะถูกชะล้าง ซึ่งมีปริมาณค่าหนึ่งที่ไม่ทราบปริมาณที่แน่นอน เมื่อให้ภาวะการชะล้างที่เหมาะสมเช่นมีการเพิ่มอุณหภูมิของน้ำล้าง การใช้สารละลายต่างชะล้าง และภาวะที่มีการขยายผิวดวงมียังเป็นจังหวะพร้อมทั้งใช้ เวลามากพอโปรตีนจำนวนนี้จะถูกชะล้างออกมาได้ ถ้าโปรตีนเหล่านี้มีขนาดหรือน้ำหนักโมเลกุลต่างกัน โดยโปรตีนที่มีน้ำหนักโมเลกุลน้อยจะมีปริมาณมากกว่าโปรตีนที่มีน้ำหนักโมเลกุลมากและสามารถถูกชะล้างได้ง่ายกว่าจะถูกชะล้างออกมาก่อน ลักษณะการชะล้างโปรตีน จึงมีลักษณะที่เป็น เอกซ์โพเนนเชียล กับเวลา

ให้ C_T = ปริมาณโปรตีนที่ละลายน้ำได้ที่ผิวดวงมียังทั้งหมด ซึ่งเป็นปริมาณที่ไม่ทราบค่าที่แน่นอน (ไมโครกรัม)

$C_L(t)$ = ปริมาณโปรตีนที่เหลืออยู่ที่ผิว ณ เวลาใดๆ (ไมโครกรัม)

$C(t)$ = ปริมาณโปรตีนที่ถูกชะล้างออกจากผิวที่เวลาใดๆ (ไมโครกรัม)

ดังนั้น $C(t) = C_T - C_L(t)$ (1)

จากสมมติฐานข้างต้น จะได้ว่า

$C_L(t) = C_T e^{-\beta t}$ (2)

จึงได้ว่า $C(t) = C_T - C_T e^{-\beta t}$ (3)

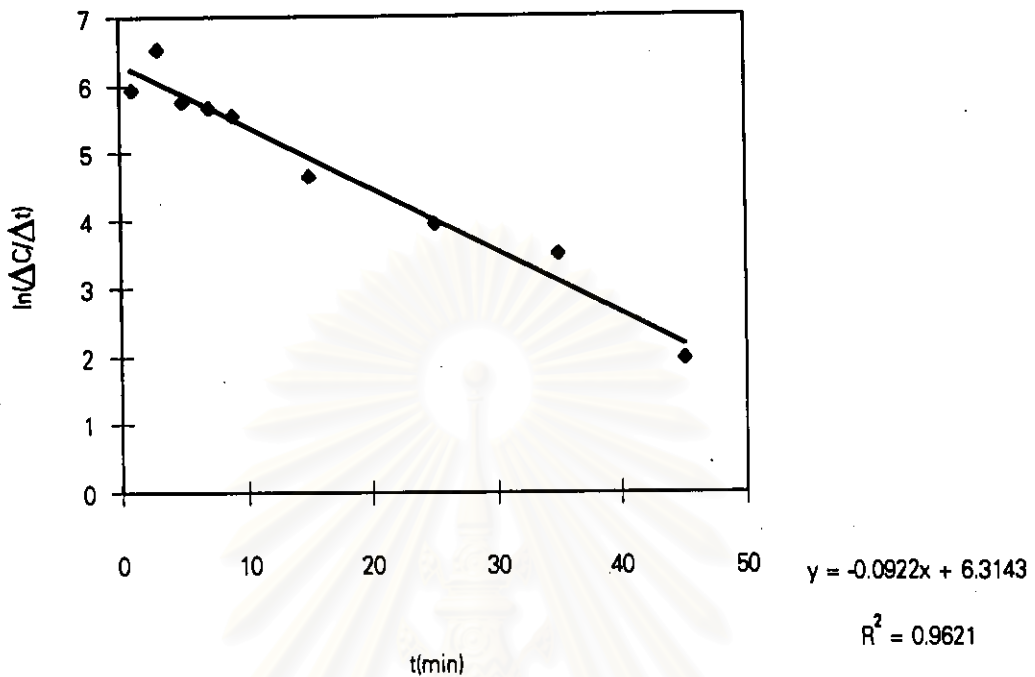
เมื่อ ดิฟเฟอเรนเชียล เทียบกับเวลา จะได้

$dC(t)/dt = C_T \beta e^{-\beta t}$ (4)

$dC(t)/dt = C_T \beta e^{-\beta t}$ (5)

$\ln(dC(t)/dt) = \ln(C_T \beta) + (-\beta t)$ (6)

หาค่า β โดยการเขียนกราฟระหว่าง $\ln(dC(t)/dt)$ กับ t ได้กราฟเส้นตรงมี จุดตัดแกน $y = \ln(C_T \beta)$ มีความชัน = $-\beta$ ดังตัวอย่างรูปที่ 5.1 ซึ่งเป็นภาวะที่น้ำที่ใช้ชะล้างคือน้ำกลั่น อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียสและไม่มีการขยายผิวดวงมียัง แสดงค่า β ของทุกภาวะในตารางที่ 5.1



รูปที่ 5.1 $\ln(dC(t)/dt)$ กับ t เมื่อภาวะการชะล้างใช้น้ำกลั่น อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส และไม่มีการขยายผิวถุงมือยาง

เนื่องจากค่า b เป็นค่าที่ไม่ขึ้นกับเวลาจึงต้อง นำมาหาค่าเฉลี่ยได้ 0.105

จากค่า intercept = $\ln(C_T \beta)$

เราจะได้ $C_T =$ เอกซ์โพเนนเชียลของค่าจุดตัดแกน y หาด้วยค่า β เฉลี่ยซึ่งจะได้ค่า C_T ของแต่ละภาวะของการล้างโปรตีนดังตารางที่ 5.1 ค่า C_T ที่ปรากฏในตารางที่ 5.1 เป็นปริมาณโปรตีนส่วนหนึ่งของปริมาณโปรตีนทั้งหมดตามสมมติฐานที่ตั้งไว้ว่าที่ผิวของถุงมือยางมีปริมาณโปรตีน ที่ไม่ทราบปริมาณที่แน่นอนจำนวนหนึ่งซึ่งสามารถถูกชะล้างออกมาได้ถ้าให้ภาวะการล้างที่เหมาะสมและเวลานานพอ จากการทดลองทั้งหมด 24 ภาวะการทดลอง แต่ละภาวะจะสามารถชะล้างโปรตีนจำนวนนี้ออกมาได้ส่วนหนึ่งซึ่งมีปริมาณมากขึ้นตามภาวะการล้างที่รุนแรงขึ้น ในภาวะการล้างที่ 24 ที่ภาวะอุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส ความถี่ของการขยายผิวถุงมือยาง 50 ครั้ง/นาที และใช้สารละลายต่างในการชะล้าง สามารถชะล้างโปรตีนออกมาได้ 76,214

ไมโครกรัม ซึ่งไม่แน่ว่าจะเป็นปริมาณของโปรตีนตามสมมติฐานทั้งหมด ถ้ามีการชะล้างในภาวะที่รุนแรงกว่านี้อาจชะล้างโปรตีนได้มากกว่านี้

ตารางที่ 5.1 ค่า β และ C_T จากการคำนวณทุกภาวะการชะล้างโปรตีน

ภาวะการชะล้างโปรตีนออกจากถุงมือยาง	β	R^2	C_T
1) น้ำกลั่น ไม่มีการขยายผิวถุงมือยาง อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส	0.09	0.96	4943
2) น้ำกลั่น ไม่มีการขยายผิวถุงมือยาง อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส	0.10	0.91	5487
3) น้ำกลั่น ไม่มีการขยายผิวถุงมือยาง อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส	0.10	0.93	7611
4) สารละลาย NaOH มีค่า pH 11.3 ไม่มีการขยายผิวถุงมือยาง อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส	0.08	0.95	11231
5) สารละลาย NaOH มีค่า pH 11.3 ไม่มีการขยายผิวถุงมือยาง อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส	0.10	0.84	15327
6) สารละลาย NaOH มีค่า pH 11.3 ไม่มีการขยายผิวถุงมือยาง อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส	0.11	0.90	19306
7) น้ำกลั่น มีการขยายผิวถุงมือยาง 30 ครั้ง/นาที อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส	0.09	0.84	5600
8) น้ำกลั่น มีการขยายผิวถุงมือยาง 30 ครั้ง/นาที อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส	0.11	0.82	6850
9) น้ำกลั่น มีการขยายผิวถุงมือยาง 30 ครั้ง/นาที อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส	0.13	0.83	8574
10) น้ำกลั่น มีการขยายผิวถุงมือยาง 40 ครั้ง/นาที อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส	0.10	0.87	6210
11) น้ำกลั่น มีการขยายผิวถุงมือยาง 40 ครั้ง/นาที อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส	0.11	0.63	8122
12) น้ำกลั่น มีการขยายผิวถุงมือยาง 40 ครั้ง/นาที อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส	0.13	0.73	10204
13) น้ำกลั่น มีการขยายผิวถุงมือยาง 50 ครั้ง/นาที อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส	0.11	0.80	5063
14) น้ำกลั่น มีการขยายผิวถุงมือยาง 50 ครั้ง/นาที อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส	0.14	0.80	8850

ตารางที่ 5.1 ค่า β และ C_T จากการคำนวณทุกภาวะการชะล้างโปรตีน (ต่อ)

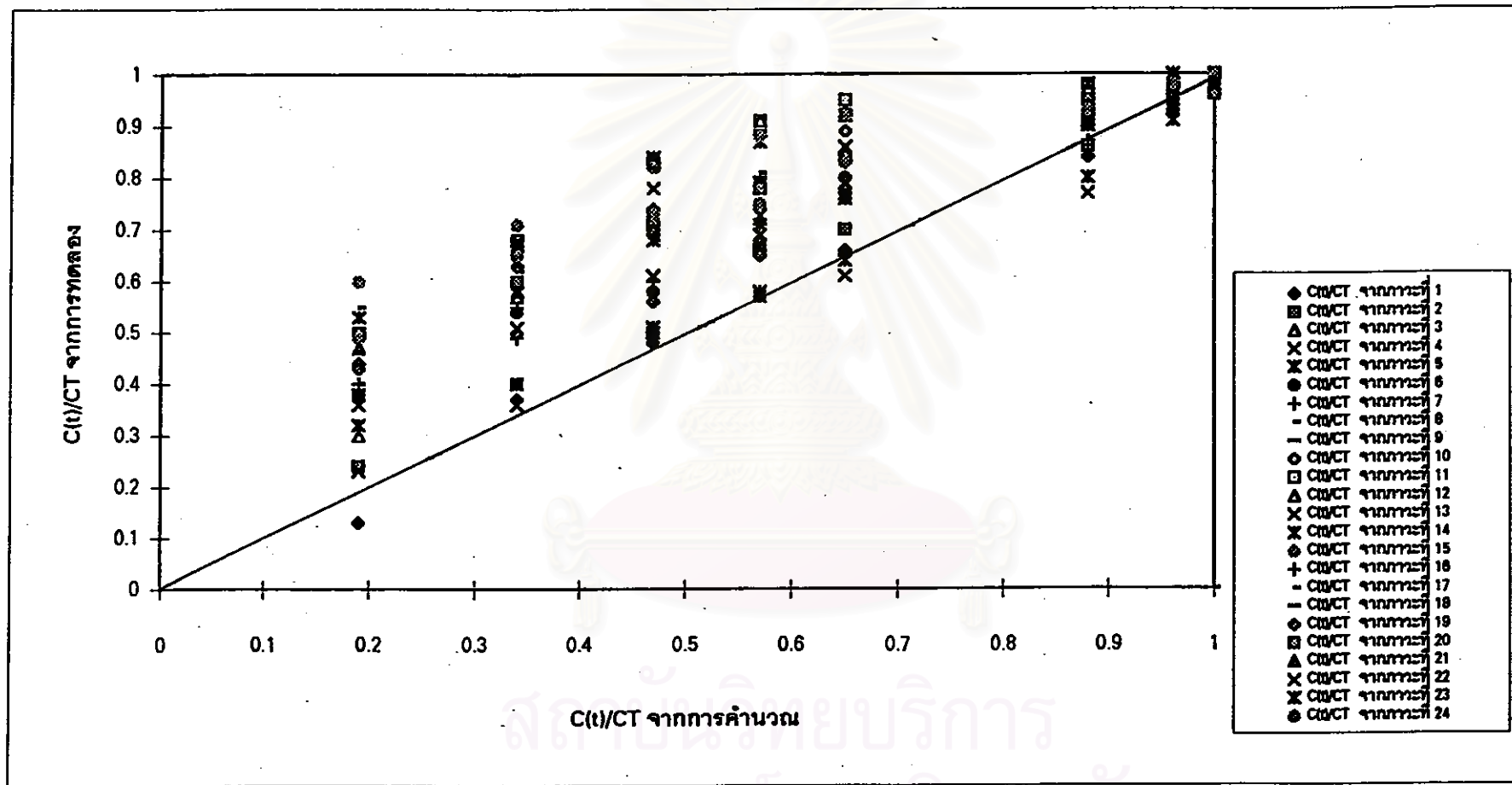
ภาวะการชะล้างโปรตีนออกจากถุงมือยาง	β	R^2	C_T
15) น้ำกลั่น มีการขยาดมมือยาง 50 ครั้ง/นาที อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส	0.12	0.80	8381
16) สารละลาย NaOH มีค่า pH 11.3 มีการขยาดมมือยาง 30 ครั้ง/นาที อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส	0.11	0.90	24800
17) สารละลาย NaOH มีค่า pH 11.3 มีการขยาดมมือยาง 30 ครั้ง/นาที อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส	0.10	0.85	21744
18) สารละลาย NaOH มีค่า pH 11.3 มีการขยาดมมือยาง 30 ครั้ง/นาที อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส	0.10	0.86	22702
19) สารละลาย NaOH มีค่า pH 11.3 มีการขยาดมมือยาง 40 ครั้ง/นาที อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส	0.10	0.91	28524
20) สารละลาย NaOH มีค่า pH 11.3 มีการขยาดมมือยาง 40 ครั้ง/นาที อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส	0.11	0.87	32827
21) สารละลาย NaOH มีค่า pH 11.3 มีการขยาดมมือยาง 40 ครั้ง/นาที อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส	0.11	0.92	51480
22) สารละลาย NaOH มีค่า pH 11.3 มีการขยาดมมือยาง 50 ครั้ง/นาที อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส	0.13	0.96	66151
23) สารละลาย NaOH มีค่า pH 11.3 มีการขยาดมมือยาง 50 ครั้ง/นาที อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส	0.09	0.90	44174
24) สารละลาย NaOH มีค่า pH 11.3 มีการขยาดมมือยาง 50 ครั้ง/นาที อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส	0.15	0.87	76214

การพิสูจน์ว่า ความสัมพันธ์ตามสมการที่ (3) มีความสอดคล้องกับผลการทดลอง กระทำ
ได้ดังนี้

$$\text{จากความสัมพันธ์ } C(t) = C_T - C_T e^{-\beta t} \quad (3)$$

$$\text{จะได้ว่า } C(t) = C_T (1 - e^{-\beta t}) \quad (6)$$

$$\text{หรือ } C(t) / C_T = (1 - e^{-\beta t}) \quad (7)$$



รูปที่ 5.2 $C(i)/C_T$ จากการคำนวณและจากการทดลองที่ภาวะต่างๆ เพื่อแสดงว่ารูปแบบความสัมพันธ์ทางคณิตศาสตร์ที่เสนอมีความสอดคล้องกับการทดลอง

ถ้าเขียนกราฟระหว่าง $C(t)/C_T$ จากการคำนวณตามสมการ (7) โดยมีตัวแปรคือ t (เวลาที่กำหนดในการชะล้างโปรตีนในกระบวนการทดลองที่เวลา 0 2 4 6 8 10 20 30 40 50 และ 60 นาที) กับ $C(t)/C_T$ จากการทดลอง (ข้อมูลในการเขียนกราฟแสดงในภาคผนวก ช.) เมื่อ $C(t)$ จากการทดลองคือปริมาณโปรตีนที่ถูกชะล้างออกมาที่เวลาใดๆ ซึ่งเป็นข้อมูลที่นำมาเขียนกับเวลา เพื่อแสดงผลของตัวแปรต่อการชะล้างในบทที่ 4 (แสดงในภาคผนวก ฉ.) ส่วน C_T จากการทดลองคือปริมาณโปรตีนรวมที่เวลา 60 นาที

จากรูปที่ 5.2 จะเห็นว่าจุดที่พล็อตเข้าใกล้เส้นตรงซึ่งแทนความสัมพันธ์ระหว่าง $C(t)/C_T$ จากการคำนวณและจากการทดลองไม่ทุกจุด แสดงว่ารูปแบบความสัมพันธ์ทางคณิตศาสตร์ที่เสนอมีความสอดคล้องกับการทดลอง เฉพาะเมื่อภาวะการทดลองที่ไม่มีการขยายผิวถุงมือยางและภาวะการทดลองที่อุณหภูมิที่ไม่สูงเกินไป (น้อยกว่า 70 องศาเซลเซียส) ส่วนผลการทดลองที่ไม่สอดคล้องกับการคำนวณคือผลการทดลองของการขยายผิวถุงมือยางทั้งภาวะที่ชะล้างด้วยน้ำธรรมดาและภาวะที่ชะล้างด้วยสารละลายด่าง โดยผลการทดลองแสดงว่าการขยายผิวถุงมือยางจะให้ปริมาณโปรตีนที่มากกว่าการคำนวณ (สังเกตจากจุดในกราฟที่ 5.2 ที่อยู่จากแนวเส้นตรงมาก) ซึ่งอาจจะต้องมีการหาค่าปรับแก้ที่แปรไปตามอัตราการขยายผิวถุงมือยาง โดยเฉพาะการชะล้างในช่วงเวลาดังๆ คือช่วง 2-30 นาที เนื่องจากเมื่อ $C(t)/C_T$ เข้าใกล้ 1 แสดงว่าเป็นการชะล้างที่ช่วงเวลาท้ายๆ เช่น 40 50 และ 60 นาที จุดทุกจุดจะเข้าใกล้เส้นตรงซึ่งแทนความสัมพันธ์ระหว่าง $C(t)/C_T$ จากการคำนวณและจากการทดลอง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย