95

การหาสมดุลแบบไม่เชิงเส้นสำหรับการแยกโปรตีนโดยใช้พีเอช พาราเมตริก ปั๊มปิง

นายอิศรา โล่สุวรรณ

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมเคมี

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พ.ศ. 2538

ISBN 974-632-785-2

เป็นลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

I16835391

DETERMINATION OF NON-LINEAR EQUILIBRIUM FOR PROTEINS SEPARATION VIA pH PARAMETRIC PUMPING

MR. IDSARA LOSUWAN

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirments

for the Degree of Master of Engineering

Department of Chemical Engineering

Graduate School

Chulalongkorn University

1995

ISBN 974-632-785-2

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การหาสมดุลแบบไม่เชิงเส้นสำหรับการแยกโปรตีนโดยใช้พีเอช พาราเมตริก ปั๊มปิง

ชื่อนิสิต นายอิศรา โล่สุวรรณ

อาจารย์ที่ปรึกษา รองศาสตราจารย์ ดร.อุรา ปานเจริญ

ภาควิชา วิศวกรรมเคมี

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของ การศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

Santi Thoongsuwan

..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

(รองศาสตราจารย์ ดร.สันติ ถุงสุวรรณ)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ

(ศาสตราจารย์ ดร.ปิยะสาร ประเสริฐธรรม)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา

(รองศาสตราจารย์ ดร.อุรา ปานเจริญ)

..... กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร.จิรกานต์ เมืองนาโพธิ์)

..... กรรมการ

(อาจารย์ ดร.เดชา ฉัตรศิริเวช)

พิมพ์ต้นฉบับบทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสีเขียวนี้เพียงแผ่นเดียว

อิศรา โล่สุวรรณ : การหาสมดุลแบบไม่เชิงเส้นสำหรับการแยกโปรตีนโดยใช้พีเอช พาราเมตริก ปั๊มปิง (DETERMINATION OF NON-LINEAR EQUILIBRIUM FOR PROTEINS SEPARATION VIA pH PARAMETRIC PUMPING) อ.ที่ปรึกษา : รศ.ดร. อุรา ปานเจริญ, 108 หน้า. ISBN 974-632-785-2

การศึกษานี้เป็นการทำนายผลการทดลองของการแยกสารผสมโปรตีน โดยใช้กระบวนการพีเอช พารา-เมตริก ปั๊มปิง (pH Parametric Pumping) สำหรับระบบสองคอลัมน์ ได้ตั้งสมมติฐานให้สมดุลของการแยกสารผสมเป็นฟังก์ชันแบบไม่เชิงเส้น การทำนายผลการทดลองจะใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ภาษาเทอร์โบปาสคาล เวอร์ชัน 6.0 ในการคำนวณหาค่าความเข้มข้นของโปรตีนในแต่ละรอบของการทดลอง จากการคำนวณพบว่า วิธีการดังกล่าวให้ผลในการทำนายแม่นยำกว่าในกรณีที่ตั้งสมมติฐานให้สมดุลของการแยกสารผสมเป็นฟังก์ชันเชิงเส้น เมื่อพิจารณาถึงค่าความผิดพลาดของผลการทำนายสำหรับการใช้สมมติฐานทั้งสองแบบเปรียบเทียบกับผลการทดลองจริง (Chen,U.Pancharoen, 1980)) ฟังก์ชันสมดุลของการแยกสารผสมที่หาได้จะอยู่ในรูป $X = C \exp(AY)$ สำหรับกรณีที่การแยกเกิดขึ้นในคอลัมน์ที่บรรจุตัวแลกเปลี่ยนประจุลบ (R^+) และอยู่ในรูป $X = CY^{(A)}$ สำหรับกรณีที่การแยกเกิดขึ้นในคอลัมน์ที่บรรจุตัวแลกเปลี่ยนประจุบวก (R^-)

ภาควิชา วิศวกรรมเคมี ลายมือชื่อนิสิต อิศรา โล่สุวรรณ

สาขาวิชา วิศวกรรมเคมี ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา

ปีการศึกษา ๒๕๔๒ ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

C616772 : MAJOR CHEMICAL ENGINEERING
KEY WORD: pH PARAMETRIC PUMPING / EQUILIBRIUM / PROTEINS SEPARATION
IDSARA LOSUWAN : DETERMINATION OF NON-LINEAR EQUILIBRIUM FOR PROTEINS SEPARATION VIA pH PARAMETRIC PUMPING. THESIS ADVISOR : ASSO. PROF. URA PANCHAROEN, D.Eng.Sc. 108 pp. ISBN 974-632-785-2

This study was determination of the non-linear equilibrium for proteins separation via pH parametric pumping for two-column systems. The results from experimention data were calculated the protein concentration in each cycle of experiment by computer program, Turbo Pascal version 6.0, which had been developed based on the non-linear equilibrium. This calculated results were very accurate tobe greater than predicted by the linear equilibrium, consideration the error of the non-linear equilibrium results by calculation was compared with experimention data Chen,U.Pancharoen and et.al., 1980). The phase equilibrium eqation for mixture separation is fromed $X = C \exp(AY)$ for the separation was allowed on the column to be packed with anion exchanger (R^+) and the other with a cation exchanger (R^-), the equilibrium equation is fromed $X = CY^{(A)}$.

ภาควิชา วิศวกรรมเคมี ลายมือชื่อนิสิต อิศรา โลสุวรรณ

สาขาวิชา วิศวกรรมเคมี ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา

ปีการศึกษา 2535 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

กิตติกรรมประกาศ

ผู้เขียนขอขอบคุณรศ.ดร.อุรา ปานเจริญ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ได้ให้ความช่วยเหลือ และให้คำแนะนำที่เป็นประโยชน์ในการวิจัยด้วยดีมาตลอด ขอขอบคุณอาจารย์สุเทพ มงคลเลิศลพและเพื่อนๆ ในภาควิชาวิศวกรรมเคมีทุกท่านที่ให้ความช่วยเหลือและคำแนะนำ

ท้ายนี้ ผู้วิจัยใคร่ขอกราบขอบพระคุณ บิดา-มารดา ซึ่งสนับสนุนในด้านการเงินและให้กำลังใจแก่ผู้วิจัยเสมอมาจนสำเร็จการศึกษา

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ

กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ

สารบัญตารางประกอบ ..... ฌ

สารบัญรูปประกอบ ..... ญ

คำอธิบายสัญญลักษณ์ ..... ฏ

บทที่

1. บทนำ 1

1.1 งานวิจัยที่ผ่านมา 1

1.2 ความสำคัญของปัญหา 2

1.3 วัตถุประสงค์งานวิจัย 3

1.4 ขอบเขตของงานวิจัย 3

1.5 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย 3

2. ทฤษฎี

2.1 แบบจำลองสมดุลของการแยกสารผสม สำหรับกระบวนการพีเอช พาราเมตริก ปั๊มปิง 4

2.2 การแยกสารผสมโปรตีนโดยกระบวนการพีเอช พาราเมตริก ปั๊มปิง แบบคอลัมน์เดียว 5

2.3 การแยกสารผสมโปรตีนโดยกระบวนการพีเอช พาราเมตริก ปั๊มปิง แบบสองคอลัมน์ 6

2.4 การทำนายผลการทดลองโดยใช้กราฟ 8

2.5 รูปแบบของระบบการแยกโปรตีน ฮีโมโกลบิน-อัลบูมิน 9

2.5.1 การทดลองแยกโปรตีน ฮีโมโกลบิน-อัลบูมิน รูปแบบที่ 1 9

2.5.2 การทดลองแยกโปรตีน ฮีโมโกลบิน-อัลบูมิน รูปแบบที่ 2 10

2.5.3 การทดลองแยกโปรตีน ฮีโมโกลบิน-อัลบูมิน รูปแบบที่ 3 11

หน้า

3. เครื่องมือและข้อมูลพื้นฐานที่ใช้ในการทำนาย

3.1 เครื่องมือทดลอง 14

3.2 เครื่องมือและวิธีการที่ใช้ในการทำนาย 15

3.2.1 โปรแกรมสำหรับคำนวณหาค่าความเข้มข้นในแต่ละรอบของการทดลอง 17

3.1.2 โปรแกรมสำหรับคำนวณหาสมการสมดุลของการแยกสารผสมที่เหมาะสม 17

3.1.3 โปรแกรมสำหรับคำนวณหาค่าความผิดพลาดของผลการคำนวณ เมื่อเปรียบเทียบกับผลการทดลองจริง 18

3.3 ข้อมูลพื้นฐานที่ใช้ในการทำนาย 19

4. ผลการคำนวณ

4.1 ผลการคำนวณค่าความเข้มข้นในแต่ละรอบของการทดลอง 22

4.2 ผลการคำนวณหาสมการสมดุลของการแยกสารผสม 26

4.3 ผลการคำนวณค่าความผิดพลาดของความเข้มข้น เมื่อเปรียบเทียบกับผลการทดลองจริง 28

5. สรุปและวิจารณ์ผลการทำนาย

5.1 วิจารณ์ผลการทำนาย 30

5.2 สรุปผลการทำนาย 36

รายการอ้างอิง 37

ภาคผนวก 38

ประวัติผู้เขียน 95

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

4.1 ผลการคำนวณค่าความเข้มข้นของโปรตีน ฮีโมโกลบิน ในสภาวะของเหลวและของแข็ง ของรูปแบบการทดลองที่ 1 22

4.2 ผลการคำนวณค่าความเข้มข้นของโปรตีน ฮีโมโกลบิน ในสภาวะของเหลวและของแข็ง ของรูปแบบการทดลองที่ 2 23

4.3 ผลการคำนวณค่าความเข้มข้นของโปรตีน อัลบูมิน ในสภาวะของเหลวและของแข็ง ของรูปแบบการทดลองที่ 2 23

4.4 ผลการคำนวณค่าความเข้มข้นของโปรตีน ฮีโมโกลบิน ในสภาวะของเหลวของรูปแบบ การทดลองที่ 3 24

4.5 ผลการคำนวณค่าความเข้มข้นของโปรตีน ฮีโมโกลบิน ในสภาวะของแข็งของรูปแบบ การทดลองที่ 3 24

4.6 ผลการคำนวณค่าความเข้มข้นของโปรตีน อัลบูมิน ในสภาวะของเหลวของรูปแบบ การทดลองที่ 3 25

4.7 ผลการคำนวณค่าความเข้มข้นของโปรตีน อัลบูมิน ในสภาวะของแข็งของรูปแบบ การทดลองที่ 3 25

4.8 ผลการคำนวณหาสมการสมดุลของการแยกสารผสม 26

4.9 ผลการคำนวณค่าความผิดพลาดของความเข้มข้น ในกรณีสมดุลของการแยกสารผสม เป็นฟังก์ชันเชิงเส้น เมื่อเปรียบเทียบกับผลการทดลองจริง 28

4.10 ผลการคำนวณค่าความผิดพลาดของความเข้มข้น ในกรณีสมดุลของการแยกสารผสม เป็นฟังก์ชันไม่เชิงเส้น เมื่อเปรียบเทียบกับผลการทดลองจริง 29

สารบัญรูปประกอบ

รูปที่ หน้า

2.1 แบบจำลองสมดุลของการแยกสารผสม สำหรับกระบวนการพีเอซ พาราเมตริก ปั๊มปิง 5

2.2 กระบวนการพีเอซ พาราเมตริก ปั๊มปิง แบบคอลัมน์เดียว 6

2.3 กระบวนการพีเอซ พาราเมตริก ปั๊มปิง แบบสองคอลัมน์ 7

2.4 การทำนายผลการทดลองโดยใช้กราฟ 8

2.5 กระบวนการแยกสารผสมโดยใช้ พีเอซ พาราเมตริก ปั๊มปิง รูปแบบที่ 1 10

2.6 กระบวนการแยกสารผสมโดยใช้ พีเอซ พาราเมตริก ปั๊มปิง รูปแบบที่ 2 11

2.7 กระบวนการแยกสารผสมโดยใช้ พีเอซ พาราเมตริก ปั๊มปิง รูปแบบที่ 3 12

3.1 เครื่องมือที่ใช้ในการทดลองของกระบวนการ พีเอซ พาราเมตริก ปั๊มปิง ระบบสองคอลัมน์ 11

3.2 แผนภาพแสดงวิธีการทำงานของโปรแกรมคำนวณหาค่าความเข้มข้น 16

3.3 แผนภาพแสดงวิธีการทำงานของโปรแกรมคำนวณหาสมการสมดุลของการแยกสารผสม 17

3.4 แผนภาพแสดงวิธีการทำงานของโปรแกรมคำนวณหาค่าความผิดพลาดของผลการ
คำนวณ เมื่อเปรียบเทียบกับผลการทดลองจริง 18

3.5 ผลการทดลองของ รูปแบบที่ 1 19

3.6 ผลการทดลองของ รูปแบบที่ 2 20

3.7 ผลการทดลองของ รูปแบบที่ 3 21

5.1 กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่าความผิดพลาดในการคำนวณ ของรูปแบบที่ 1 31

5.2 กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่าความผิดพลาดในการคำนวณ ของรูปแบบที่ 2 (ฮีโมโกลบิน) 31

5.3 กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่าความผิดพลาดในการคำนวณ ของรูปแบบที่ 2 (อัลบูมิน) 32

5.4 กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่าความผิดพลาดในการคำนวณ ของรูปแบบที่ 3 (ฮีโมโกลบิน) 33

5.5 กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่าความผิดพลาดในการคำนวณ ของรูปแบบที่ 3 (อัลบูมิน) 34

5.6 กราฟแสดงผลการทำนายทางทฤษฎีของโปรตีน ฮีโมโกลบิน สำหรับรูปแบบที่ 1 35

5.7 กราฟแสดงผลการทำนายทางทฤษฎีของโปรตีน อัลบูมิน สำหรับรูปแบบที่ 2 36

สัญญลักษณ์ต่างๆ ที่ใช้ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้

A = ค่าคงที่สำหรับสมการสมดุลของการแยกสารผสม

A^+, A^- = โปรตีน A ที่แสดงประจุบวก และลบ

C = ค่าคงที่สำหรับสมการสมดุลของการแยกสารผสม

I = ลำดับของขั้นตอน

J = ขั้นตอนการถ่ายเท

Kp1, Kp2, Kp3 = สมการสมดุลของการแยกสารซึ่งหาได้ที่ระดับ pH_1, pH_2 และ pH_3 ตามลำดับ

Kp1+, Kp1- = สมการสมดุลของการแยกสารซึ่งหาได้ที่ระดับ pH_1 ในคอลัมน์ที่บรรจุตัวแลกเปลี่ยนประจุลบ และประจุบวก ตามลำดับ

N = จำนวนขั้นตอน

n = จำนวนรอบในการทำการทดลอง

pH_1, pH_2, pH_3 = ค่าความเป็นกรด-ด่าง ที่ระดับ 1,2 และ 3

R^+, R^- = คอลัมน์ที่บรรจุตัวแลกเปลี่ยนประจุลบ และประจุบวก

S^+ = ตัวกลางแลกเปลี่ยนประจุบวก

TR, BR, MR, SR = ถังพักด้านบน, ด้านล่าง, ตรงกลาง และด้านข้างที่ใช้ในการทดลอง

V, $\overline{V}$ = ปริมาตรของเหลว และของแข็ง

V_T, V_B = ปริมาตรถังพักด้านบน และด้านล่าง

X = ความเข้มข้นในวัฏภาคของแข็ง

Xo, Yo = ความเข้มข้นในวัฏภาคของแข็งและของเหลวก่อนเริ่มทำการทดลอง

Xt, Yt = ความเข้มข้นในวัฏภาคของแข็งและของเหลวสำหรับถังพักด้านบน

Xb, Yb = ความเข้มข้นในวัฏภาคของแข็งและของเหลวสำหรับถังพักด้านล่าง

Xm, Ym = ความเข้มข้นในวัฏภาคของแข็งและของเหลวสำหรับถังพักตรงกลาง

Xs, Ys = ความเข้มข้นในวัฏภาคของแข็งและของเหลวสำหรับถังพักด้านข้าง

Xt(1), Yt(1) = ค่าความเข้มข้นในวัฏภาคของแข็งและของเหลว ในถังพักด้านบนเมื่อสิ้นสุดการทดลองรอบที่หนึ่ง

$Xt(1)^*$, $Yt(1)^*$ = ค่าความเข้มข้นในวัฏภาคของแข็งและของเหลว ในถังพักด้านบนที่รักษาค่าพีเอชที่ pH_3 เมื่อสิ้นสุดการทดลองรอบที่หนึ่ง (เฉพาะการทดลองรูปแบบที่ 3)

Y = ความเข้มข้นในวัฏภาคของเหลว

Yt(n),1 = ค่าความเข้มข้นในวัฏภาคของเหลวของผลการทดลองจริง สำหรับถังพักด้านบน

Yt(n),2 = ค่าความเข้มข้นในวัฏภาคของเหลวที่คำนวณจาก สมการสมดุลของการแยกสารผสมที่เป็นฟังก์ชันเชิงเส้น สำหรับถังพักด้านบน

Yt(n),3 = ค่าความเข้มข้นในวัฏภาคของเหลวที่คำนวณจาก สมการสมดุลของการแยกสารผสมที่เป็นฟังก์ชันไม่เชิงเส้น สำหรับถังพักด้านบน

Z = ความยาวของคอลัมน์

α = สัมประสิทธิ์แสดงความสามารถในการยึดติดโปรตีนของตัวแลกเปลี่ยนประจุ