ภาคผนวก

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ภาคผนวก ก

รูปภาพประกอบการทดลอง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

รูปที่ ก.1 ตัวอย่างน้ำเวย์ที่นำมาจากโรงงานแปรรูปน้ำนมของ หน่วยวิจัยนมและผลิตภัณฑ์นม

รูปที่ ก.2 ตู้แช่แข็งที่นำน้ำเวย์มาเก็บไว้เป็นระยะเวลานานสำหรับการทดลอง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

รูปที่ ก.3 ห้องแช่เย็นและตู้เย็นสำหรับพักตัวอย่างและหลังจากผ่านเครื่องแยกฟอง

รูปที่ ก.4 แท่งลวดทองแดงสำหรับวัดความนำไฟฟ้า และเครื่องวัดค่าความนำไฟฟ้า

รูปที่ ก.5 แผ่น glass filter พร้อมชุดตัวยึดล็อคแผ่น

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

รูปที่ ก.6 ชุด ball valve เปิดปิดการไหลของอากาศและ saturation chamber

รูปที่ ก.7 ปั๊มน้ำ ปั๊มลม และ flow meter

รูปที่ ก.8 (ซ้าย) ชุดเครื่องสร้างฟองแบบกะ (ขวา) ชุดเครื่องสร้างฟองแบบต่อเนื่อง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

รูปที่ ก.9 ตัวอย่างฟองที่ได้จากน้ำเวย์ และการเก็บฟองน้ำเวย์ลงในบีกเกอร์

รูปที่ ก.10 เครื่อง spectrophotometer สำหรับใช้วิเคราะห์ค่าปริมาณโปรตีนที่แยกออกจากน้ำเวย์ด้วยการสร้างฟอง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ภาคผนวก ข

วิธีวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

การวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพของตัวอย่างน้ำเวย์

ภาคผนวก ข.1 การวัดค่าสีระบบ L*, a* และ b*

เครื่องมือและอุปกรณ์

1. เครื่องวัดสี Chromameter ยี่ห้อMinolta รุ่น CR-300, Japan
2. ถ้วยพลาสติกสีขาว

วิธีวิเคราะห์

1. เปิดเครื่องวัดสี Chromameter
2. ก่อนทำการวัดสีทุกครั้ง ต้องทำการปรับมาตรฐานของเครื่องวัดสีด้วยแผ่นเทียบสีมาตรฐาน (standard calibration plate) ที่ใช้เครื่อง เป็นแผ่นสีขาว ซึ่งเครื่องจะบันทึกข้อมูลค่าสีขาวของแผ่นไว้คือ (X = 81.17, Y = 86.12, Z = 91.78)
3. ใส่ตัวอย่างน้ำเวย์ลงในภาชนะพลาสติกสีขาวให้มีความสูงโดยประมาณ 1.5 เซนติเมตร
4. ใช้หัววัดสีจุ่มลงบนตัวอย่างในแนวตั้งฉากและอ่านค่า แสดงผลการวัดในระบบ L*, a* และ b*

ค่าสี L* (lightness) หมายถึง ค่าความสว่างของสี ซึ่งมีค่าตั้งแต่ 0 ถึง 100 (ค่า L มากมีค่าเข้าใกล้ 100 แสดงความสว่างมาก, ค่า L น้อยมีค่าเข้าใกล้ 0 แสดงความสว่างน้อยหรือมีสีคล้ำ)

ค่าสี a* (redness/greenness) หมายถึง ค่าที่บ่งบอกความเป็นสีเขียวและสีแดงที่อยู่ในตัวอย่าง สีแดง (จะมีค่าเป็น +) สีเขียว (จะมีค่าเป็น -)

ค่าสี b* (yellowness/blueness) หมายถึง ค่าที่บ่งบอกความเป็นสีน้ำเงินและสีเหลืองที่อยู่ในตัวอย่าง สีเหลือง (จะมีค่าเป็น +) สีน้ำเงิน (จะมีค่าเป็น -)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ภาคผนวก ข.2 การวิเคราะห์ค่าความหนืด (ดัดแปลงจาก Dervisoglu, 2006)

เครื่องมือและอุปกรณ์

1. เครื่องวัดค่าความหนืด (Brookfield-Programmable viscometer, Model LVDV-II+, USA)

วิธีวิเคราะห์

1. เปิดสวิตซ์เครื่องวัดความหนืด หมุนเกลียวยึดที่ครอบหัววัดของเครื่องออกจากแกนมอเตอร์ จากนั้นให้กดปุ่มใดปุ่มหนึ่งก็ได้ เครื่องจะทำการ calibrate โดยอัตโนมัติ

2. เมื่อได้ทำการ calibrate เสร็จ หน้าจอของเครื่องจะแสดงข้อความว่า ให้ใส่หัววัดได้ จึงใส่หัววัดที่ต้องการจะใช้คือ หัววัดเบอร์ S18 แล้วเลือกความเร็วรอบในการวิเคราะห์ค่าความหนืดโดยใช้ในหน่วย rpm ให้เหมาะสมกับความหนืดของตัวอย่าง

3. นำตัวอย่างน้ำเวย์ประมาณ 8 มิลลิลิตร ใส่ลงใน small sample adapter ต่อเข้ากับเครื่องวัด แล้วทำการวัดความหนืดโดยให้หัววัดความหนืดจุ่มในตัวอย่างให้ถึงขีดที่กำหนด โดยควบคุมอุณหภูมิของตัวอย่างที่อุณหภูมิประมาณ 20±1 องศาเซลเซียส

4. ก่อนการวัดค่าความหนืดทุกครั้ง ต้องทำการปรับตั้งหัววัดก่อน โดยใช้นิ้วสัมผัสกับหัววัดเบาๆ ให้ค่า %T (torque) อยู่ในช่วงระหว่างร้อยละ 0±0.3 %

5. ทำการวัดค่าความหนืดและเริ่มจับเวลา อ่านค่าความหนืดที่ได้หลังมอเตอร์หมุนเป็นเวลา 1 นาที รายงานผลค่าความหนืดของไอศกรีมเหลวในหน่วย centi Poise (cP)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ภาคผนวก ข.3 การหาค่าความถ่วงจำเพาะ (ดัดแปลงจาก AOAC, 2000)

เครื่องมือและอุปกรณ์

1. กระบอกตวงปริมาตร (Cylinder) ขนาด 10 มิลลิลิตร
2. บีเกอร์ (Beaker) ขนาด 50 มิลลิลิตร
3. กระบอกฉีดน้ำกลั่น
4. เครื่องชั่งไฟฟ้าสำหรับงานวิเคราะห์ (Electronic analytical balance)

วิธีวิเคราะห์

1. ชั่งหาน้ำหนักกระบวกตวงบนเครื่องชั่งทศนิยม 4 ตำแหน่ง บันทึกน้ำหนัก
2. เติมน้ำกลั่นลงในกระบอกตวงโดยให้มีอุณหภูมิของน้ำอยู่ประมาณ 20±1 องศาเซลเซียส ให้มีปริมาตรถึง 10 มิลลิลิตร
3. ชั่งหาน้ำหนักกระบอกตวงที่ที่บรรจุน้ำกลั่น บันทึกน้ำหนักที่ได้
4. เทน้ำกลั่นออก ล้างกระบอกตวงด้วยน้ำเวย์เล็กน้อย 2-3 ครั้ง
5. เติมน้ำเวย์ลงในกระบอกตวงโดยให้มีอุณหภูมิของน้ำอยู่ประมาณ 20±1 องศาเซลเซียส ให้มีปริมาตรถึง 10 มิลลิลิตรแทน
6. ชั่งหาน้ำหนักกระบอกตวงที่ที่บรรจุน้ำเวย์ บันทึกน้ำหนักที่ได้ หักลบน้ำหนักของกระบอกตวงเพื่อหาน้ำหนักของน้ำกลั่นและน้ำเวย์ที่มีปริมาตรเท่ากัน และอุณหภูมิเดียวกัน
7. คำนวณหาค่าความถ่วงจำเพาะของน้ำเวย์

วิธีการคำนวณ

$$\text{ค่าความถ่วงจำเพาะของน้ำเวย์} = \frac{\text{น้ำหนักของน้ำเวย์}}{\text{น้ำหนักของน้ำกลั่น (ที่มีปริมาตรเท่ากันและมีอุณหภูมิเดียวกัน)}}$$

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ภาคผนวก ข.4 การวิเคราะห์ปริมาณของแข้งทั้งหมด (ดัดแปลงจาก AOAC, 2000)

เครื่องมือและอุปกรณ์

1. กระป๋องอบหาความชื้น (Moisture can)
2. ปิเปต (Pipette) ขนาด 3 มิลลิลิตร
3. อ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ (Water bath 100 องศาเซลเซียส)
4. ตู้อบไอร้อนแบบไฟฟ้า (Hot air oven)
5. โถดูดความชื้น (Desiccater) ที่มีสารดูดความชื้น เช่น ซิลิกาเจล
6. เครื่องชั่งไฟฟ้าสำหรับงานวิเคราะห์ (Electronic analytical balance)

วิธีวิเคราะห์

1. อบกระป๋องหาความชื้นพร้อมฝาที่อุณหภูมิ 102±2 องศาเซลเซียส นาน 1 ชั่วโมง
2. ปิดฝากระป๋องและนำไปทำให้เย็นในโถดูดความชื้น นาน 30 นาที
3. ชั่งน้ำหนักของกระป๋องหาความชื้นพร้อมฝา บันทึกค่าน้ำหนักที่ได้ (W_1)
4. ปิเปตตัวอย่างน้ำเวย์ 3 มิลลิลิตร ปิดฝาและชั่งน้ำหนัก (W_2)
5. นำกระป๋องหาความชื้นที่ไม่มีฝาวางบนอ่างน้ำร้อนควบคุมอุณหภูมิ นาน 30 นาที
6. เช็ดก้นกระป๋องให้แห้ง นำไปอบในตู้อบไอร้อนโดยไม่ต้องปิดฝา
7. เมื่ออบได้นาน 2 ชั่วโมงแล้ว ปิดฝาก่อนนำไปทำให้กระป๋องอบความชื้นเย็นในโถดูดความชื้น
8. ชั่งน้ำหนักกระป๋องหาความชื้นพร้อมฝาปิด
9. นำกระป๋องหาความชื้นกลับไปอบร้อนโดยไม่ต้องปิดฝานานต่ออีก 1 ชั่วโมง
10. ปิดฝาและนำกลับไปทำให้เย็นในโถดูดความชื้น
11. ชั่งน้ำหนักเช่นเดียวกับข้อ 8. น้ำหนักที่หายไปจากเมื่อชั่งครั้งแรกไม่ควรมากกว่า 0.5 มิลลิกรัม (W_3)
12. คำนวณเปอร์เซ็นต์ของของแข็งทั้งหมด ดังนี้

วิธีการคำนวณ

ปริมาณของแข็งทั้งหมด ร้อยละของน้ำหนัก $= \frac{W_3-W_1}{W_2-W_1} \times 100$

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

W_1 = น้ำหนักของกระป๋องอบหาความชื้น มีหน่วยเป็น กรัม

W_2 = น้ำหนักของกระป๋องอบหาความชื้นและตัวอย่างก่อนอบ มีหน่วยเป็น กรัม

W_3 = น้ำหนักของกระป๋องอบหาความชื้นและตัวอย่างหลังอบ มีหน่วยเป็น กรัม

ตัวอย่างการคำนวณ

น้ำหนักของกระป๋องหาความชื้น + น้ำเวย์ (W_2)	27.3609	กรัม
น้ำหนักของกระป๋องหาความชื้น (W_1)	24.3155	กรัม
น้ำหนักของน้ำเวย์	3.0454	กรัม
น้ำหนักของกระป๋องหาความชื้น + กากที่แห้ง (W_3)	24.5346	กรัม
น้ำหนักของกระป๋องหาความชื้น	24.3155	กรัม
น้ำหนักของของแข็ง	0.2191	กรัม

ปริมาณของแข็งทั้งหมด ร้อยละของน้ำหนัก $= \frac{W_3-W_1}{W_2-W_1} \times 100$

$= (0.2191/3.0454) \times 100$

$= 7.1405$

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ภาคผนวก ค

วิธีวิเคราะห์สมบัติทางเคมี

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

การวิเคราะห์สมบัติทางเคมีของตัวอย่างน้ำเวย์

ภาคผนวก ค.1 การวิเคราะห์ค่าความเป็นกรด-ด่าง (AOAC, 2000)

เครื่องมือและอุปกรณ์

1. เครื่องวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH-meter, OAKTON, Japan)
2. บีกเกอร์ (Beaker) ขนาด 50 มิลลิลิตร
3. แท่งแก้วคนสาร

วิธีวิเคราะห์

1. ก่อนการใช้เครื่องวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง ต้องทำการปรับค่ามาตรฐาน (calibration) ด้วยสารละลายมาตรฐานที่มีค่าความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 4.00 และ 7.00 ตามลำดับ ที่อุณหภูมิ 25±2 องศาเซลเซียส เพื่อให้เครื่องวัดค่า pH ของสารละลายได้อย่างเป็นปกติ
2. วัดค่าความเป็นกรด-ด่างของตัวอย่างน้ำเวย์ที่อยู่ในบีกเกอร์
3. บันทึกค่าความเป็นกรด-ด่างของตัวอย่าง

ข้อแนะนำ

1. ก่อนวัดค่าความเป็นกรด-ด่างของตัวอย่างทุกครั้ง ต้องมีการล้างหัวอิเล็คโทรดของเครื่องวัดค่าความเป็นกรด-ด่างให้ด้วยน้ำกลั่น จากนั้นใช้กระดาษทิชชู่ซับให้แห้ง แล้วจุ่มลงในตัวอย่างที่ต้องการวัดให้ท่วมหัวอิเล็คโทรด
2. เมื่อทำการวัดค่าความเป็นกรด-ด่างเสร็จแล้ว ให้ล้างอิเล็คโทรดให้สะอาดด้วยน้ำกลั่นอีกครั้ง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ภาคผนวก ค.2 การวิเคราะห์ปริมาณไขมัน โดยวิธีโรส-กอตต์เลียบ (Rose-Gottlieb) (AOAC, 2000)

เครื่องมือและอุปกรณ์

1. เครื่องชั่งไฟฟ้าสำหรับงานวิเคราะห์ (Electronic analytical balance)
2. อ่างน้ำแบบควบคุมอุณหภูมิ (Water bath)
3. ตู้ดูดควัน (Hood)
4. ตู้อบลมร้อนไฟฟ้า (Hot air oven)
5. โถดูดความชื้น (Desiccator) ที่มีสารดูดความชื้น เช่น ซิลิกาเจล
6. บีกเกอร์ (Beaker) ขนาด 250 มิลลิลิตร ที่ผ่านการอบและชั่งน้ำหนักที่แน่นอน
7. กรวยแยก ขนาด 250 มิลลิลิตร
8. ปิเปต ขนาด 10 มิลลิลิตร
9. บีกเกอร์ (Beaker) ขนาด 50 มิลลิลิตร
10. กระบอกตวง (Cylinder) ขนาด 50 มิลลิลิตร

สารเคมี

1. ไดเอทิล อีเทอร์ (Diethyl Ether) ปราศจากเปอร์ออกไซด์
2. ปิโตรเลียม อีเทอร์ (Petroleum Ether) จุดเดือด 30-60 องศาเซลเซียส
3. แอมโมเนียม ไฮดรอกไซด์ (Ammonium hydroxide) ความเข้มข้นร้อยละ 25-30
4. เอทิล แอลกอฮอล์ (Ethyl alcohol; C_2H_3OH) ความเข้มข้นร้อยละ 95
5. สารละลายผสมข้อ 1 และ 2 ในอัตราส่วน 1:1

วิธีวิเคราะห์

1. ชั่งตัวอย่างด้วยน้ำหนักที่แน่นอน 2 กรัม (บันทึกน้ำหนักตัวอย่างที่ใช้จริงทศนิยม 4 ตำแหน่ง) (W_1) ในบีกเกอร์ขนาด 25 มิลลิลิตร ถ่ายตัวอย่างลงในกรวยแยก
2. เติมน้ำกลั่นปริมาตร 10 มิลลิลิตร เพื่อล้างตัวอย่างในบีกเกอร์ แล้วเทลงในกรวยแยก
3. เติมสารละลายแอมโมเนีย จำนวน 1.25 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน
4. เติมเอทิล แอลกอฮอล์ความเข้มข้นร้อยละ 95 จำนวน 10 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน
5. เติมไดเอทิล อีเทอร์ จำนวน 25 มิลลิลิตร ปิดจุกให้แน่น ทำการสกัดโดยการเขย่าแรงๆ 1 นาที เปิดจุกอย่างระมัดระวังโดยการค่อยๆ เปิด และล้างจุกด้วยสารละลายผสมจำนวนเล็กน้อย

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

(<u>หมายเหตุ</u>: ควรระวังเนื่องจากความดันไอของตัวทำละลายที่เกิดขึ้นค่อนข้างสูงจึงต้องหมั่นคลายจุกเพื่อลดความดันที่เกิดขึ้นภายในกรวยแยก)

6. เติมปิโตรเลียม อีเทอร์ จำนวน 25 มิลลิลิตร ปิดจุกให้แน่น ทำการสกัดโดยการเขย่าแรงๆ 1 นาที เปิดจุกอย่างระมัดระวังอีกครั้ง และล้างจุกด้วยสารละลายผสมจำนวนเล็กน้อย

7. ตั้งทิ้งไว้ให้สารละลายแยกชั้น (ประมาณ 30 นาที) ไขของเหลวชั้นล่างใส่ในบีกเกอร์ที่ใช้ชั่งน้ำหนักตัวอย่างในข้อ 1. และถ่ายสารละลายส่วนใสชั้นบนใส่ในบีกเกอร์ขนาด 250 มิลลิลิตร ที่ผ่านการอบและชั่งน้ำหนักที่แน่นอน (W_2)

8. นำของเหลวชั้นล่างมาทำการสกัดอีก 2 ครั้ง โดยเติมเอทิล แอลกอฮอล์อีก 5 มิลลิลิตร ทำการสกัดเหมือนข้อ 5. ถึง 7. แต่เปลี่ยนปริมาตรของไดเอทิล อีเทอร์และปิโตรเลียม อีเทอร์ ในการสกัดเป็น 15 มิลลิลิตร

9. นำบีกเกอร์วางตั้งทิ้งไว้ในตู้ดูดควัน จนปริมาณไดเอทิล อีเทอร์และปิโตรเลียม อีเทอร์ระเหยออกจนหมด จึงนำไปอบต่อในตู้อบลมร้อนแบบไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 100±2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง จากนั้นนำบีกเกอร์ใส่ในโถดูดความชื้นรอให้เย็นเป็นเวลา 1 ชั่วโมง

10. ชั่งน้ำหนักบีกเกอร์และไขมัน บันทึกน้ำหนักที่แน่นอน (W_3)

วิธีการคำนวณ

$$\text{ปริมาณของไขมัน (ร้อยละของน้ำหนัก)} = \frac{(W_3-W_2)}{W_1} \times 100$$

เมื่อ W_1 = น้ำหนักตัวอย่าง มีหน่วยเป็น กรัม

W_2 = น้ำหนักบีกเกอร์ มีหน่วยเป็น กรัม

W_3 = น้ำหนักบีกเกอร์ที่มีไขมัน มีหน่วยเป็น กรัม

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ภาคผนวก ค.3 การวิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลแลคโตส โดยวิธี Lane & Eynon (AOAC, 2000)

เครื่องมือและอุปกรณ์

1. เครื่องชั่งไฟฟ้าสำหรับงานวิเคราะห์ (Electronic analytical balance)
2. เตาให้ความร้อน (Hot plate)
3. ขวดรูปชมพู่ (Erlenmeyer flask) ขนาด 250 มิลลิลิตร
4. ขวดปรับปริมาตร (Volumetric flask) ขนาด 100 และ 250 มิลลิลิตร
5. บีกเกอร์ (Beaker) ขนาด 100 มิลลิลิตร
6. ช้อนตักสาร
7. ปิเปต (Volume pipette) ขนาด 5 มิลลิลิตร
8. บิวเรต (Burette) ขนาด 50 มิลลิลิตร
9. กระดาษกรอง Whatman เบอร์ 4

สารเคมี

1. สารละลาย Fehling no.1 : ละลายคอปเปอร์ซัลเฟต ($CuSO_4.5H_2O$) 69.278 กรัมในน้ำกลั่น ปรับปริมาตรให้ครบ 1 ลิตรโดยใช้ขวดปรับปริมาตร

2. สารละลาย Fehling no.2 : ละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) จำนวน 100 กรัมและโซเดียมโปแตสเซียมตาร์เตรต ($NaKC_4O_6.4H_2O$) 346 กรัม ในน้ำกลั่น ปรับปริมาตรให้ครบ 1 ลิตร โดยใช้ขวดปรับปริมาตร

3. สารละลาย Zinc ferrocyanide ประกอบด้วยสารละลาย Carrez I & II

- สารละลาย Carrez I : ละลาย Zinc acetate dehydrate 21.9 กรัม ในน้ำกลั่นที่มีกรดอะเซติด (glacial) 3 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรให้ครบ 100 มิลลิลิตร โดยใช้ขวดปรับปริมาตร

- สารละลาย Carrez I : ละลายโปแตสเซียมเฟอร์โรไซยาไนด์ 10.6 กรัม ในน้ำกลั่น ปรับปริมาตรให้ครบ 100 มิลลิลิตร โดยใช้ขวดปรับปริมาตร

4. สารละลายเมธิลีนบูลอินดิเคเตอร์ : ละลายเมธิลีนบูลจำนวน 1 กรัม ในน้ำกลั่น และปรับปริมาตรให้ครบ 100 มิลลิลิตร

วิธีวิเคราะห์น้ำตาลรีดิวซ์

1. ชั่งตัวอย่างน้ำเวย์ประมาณ 3 กรัม

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2. เติมสารละลาย Carrez I & II อย่างละ 5 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากันปรับปริมาตรให้ครบ 250 มิลลิลิตร ด้วยน้ำกลั่น ตั้งทิ้งไว้ประมาณ 20 นาที

3. กรองผ่านกระดาษกรอง Whatman เบอร์ 4

4. นำสารละลายที่กรองได้ใส่บิวเรต ขนาด 50 มิลลิลิตร ไล่ฟองอากาศในบิวเรตออกให้หมด

5. ปิเปตสารละลาย Fehling no.1 และ no.2 อย่างละ 5 มิลลิลิตร ใส่ในฟลาสค์ขนาด 250 มิลลิลิตร เติม glass bead ลงไป 8-10 เม็ด

6. ต้มสารละลายในฟลาสค์ให้เดือดบนเตาไฟฟ้า เติมเมธิลีนบูลอินดิเคเอตร์ 1-2 หยด ไตเตรทจนได้ตะกอนสีส้มแดง สารละลายที่ใช้ในการไตเตรทต้องอยู่ในช่วง 15-50 มิลลิลิตร

7. ทำการไตเตรทซ้ำ โดยปิเปตสารละลายFehling no.1 และ no.2 อย่างละ 5 มิลลิลิตร ใส่ในฟลาสค์ ปล่อยสารละลายตัวอย่างจากบิวเรตลงในปริมาณที่ใกล้เคียงถึงจุดยุติประมาณ 2-3 มิลลิลิตร

8. ต้มสารละลายในฟลาสค์ให้เดือดบนเตาไฟฟ้า เติมเมธิลีนบูลอินดิเคเอตร์ 1-2 หยด ทำการไตเตรทจนได้ตะกอนสีส้มแดง บันทึกปริมาตรที่ใช้ในการไตเตรท

9. นำไปเทียบหาปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ในสารละลายตัวอย่าง (ตารางที่ ค.1) และคำนวณเป็นเปอร์เซ็นต์น้ำตาลรีดิวส์ก่อนอินเวอร์ชั่น

ตัวอย่างการคำนวณ การหาน้ำตาลแลคโตส

ใช้ ตัวอย่างน้ำเวย์ 10.05 กรัม ปรับปริมาตร 250 มิลลิลิตร (แสดงว่า ตัวอย่างน้ำเวย์ มีน้ำเวย์เข้มข้น 4.02 กรัม ต่อ 100 มิลลิลิตร) เมื่อไตเตรต กับ fehling 10 มิลลิลิตร พบว่าใช้สารละลายน้ำเวย์ในการไตเตรต 35.6 มิลลิลิตร นำค่าที่ได้ไปเทียบกับตารางจะได้ว่า

ดูสารละลายน้ำตาลที่ใช้ 35 ml จะมีปริมาณน้ำตาล hydrate lactose		194	mg/100 ml	
ดูสารละลายน้ำตาลที่ใช้ 36 ml จะมีปริมาณน้ำตาล hydrate lactose		188.6	mg/100 ml	
ผลต่าง =	194-188.6	=	5.4	mg/100 ml

แสดงว่า สารละลายน้ำตาล	1	ml	มีผลต่าง	5.4	mg/100 ml	
ถ้า สารละลายน้ำตาล	0.6	ml	มีผลต่าง	(5.4 x 0.6)/1 =	3.24	mg/100 ml

นั่นคือ สารละลายน้ำตาลที่ 35.6 ml

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

จะมีปริมาณน้ำตาล hydrate lactose 194-3.24 = 190.76 mg/100 ml

จากปริมาณน้ำตาล hydrate lactose ในสารละลาย 190.76 mg/100 ml

แสดงว่า สารละลายน้ำตาล 100 ml จะมีปริมาณน้ำตาล hydrate lactose 190.76 mg/100 ml

จากการเตรียมตัวอย่างข้างต้น ใช้น้ำเวย์มี 4.02 g เติมน้ำให้ครบ 100 ml แสดงว่า

น้ำเวย์ 4.02 g มีน้ำตาล hydrate lactose 190.76 mg

ถ้าน้ำเวย์ 100 g มีน้ำตาล hydrate lactose (190.76 x 100)/4.02

= 4745.2736 mg/100 ml

คิดเป็น % น้ำตาล hydrate lactose ในน้ำเวย์ = 4745.2736/1000 = 4.7453 %

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ ค.1 ตารางเทียบค่าน้ำตาล

Mls.of sugar solution required	CONCENTRATION OF SUGAR SOLUTION EQUIVAENT TO 10FEHLINGS				CONCENTRATION OF SUGAR SOLJTION EQUIVALENT TO 25 mls. OF FEHLINGS			
	Hydrated Maltose mgm/100	Hydrated lactose mgm/100 ml.	Dextrose mgm/100 ml.	Invert Sugar mgm/100 ml.	Hydrated Maltose mgm/100 ml.	Hydrated Lactose mgm/100 ml.	Dextrose mgm/100 ml.	Invert Sugar mgm/100 ml.
15	542.0	455.0	317.0	336	1388	1150	801	824
16	507.0	426.0	307.0	316	1298	1076	751	772
17	47710	401.0	289.0	298	1220	1010	707	727
18	450.0	378.0	274.0	282	1151	952	668	687
19	426.0	358.0	260.0	267	1088	900	633	651
20	404.0	340.0	247.4	254.5	1032.5	854.5	601.5	619.0
21	384.3	323.8	235.8	242.9	981.6	812.4	572.9	589.5
22	366.4	309.1	225.5	231.8	935.5	774.5	547.3	563.2
23	350.0	295.4	216.1	222.2	893.2	740.0	523.6	538.7
24	335.0	281.9	207.4	213.3	854.5	708.5	501.9	516.7
25	321.5	271.6	199.3	204.8	819.0	679.5	482.0	496.0
26	308.8	261.0	191.8	197.4	786.3	652.7	463.7	477.3
27	297.0	251.1	184.9	190.4	756.0	627.9	446.8	459.7
28	286.1	242.1	178.5	183.7	727.9	604.[illegible]	431.1	443.6
29	276.0	233.8	172.5	177.6	701.7	583.3	416.4	428.3
30	266.6	226.0	167.0	171.7	677.3	564.3	402.7	414.3
31	257.8	218.7	161.8	165.3	654.3	544.8	389.7	401.0
32	249.7	211.9	156.9	161.2	633.1	527.4	377.6	388.7
33	241.9	205.6	152.4	156.6	513.0	511.0	366.3	377.0
34	234.6	199.7	148.0	152.2	594.3	495.6	355.6	366.2
35	227.6	194.0	143.9	147.9	576.5	481.1	345.6	355.8
36	221.1	188.6	140.0	143.9	559.7	467.3	336.3	346.1
37	215.0	183.5	136.4	140.2	543.9	454.3	327.4	336.8
38	209.2	178.7	132.9	136.6	528.9	442.1	318.8	328.1
39	203.8	174.1	129.6	133.0	514.7	430.5	310.7	319.7
40	198.5	169.7	126.5	130.1	501.3	419.5	303.1	311.9
40 41	193.7	165.9	123.6	127.1	488.5	409.0	295.9	304.4
42	188.8	161.9	120.8	124.2	476.0	399.1	289.0	297.3
43	184.3	158.1	118.1	121.4	464.7	389.7	282.4	290.5
44	180.0	154.7	115.5	118.7	453.6	380.7	276.1	284.1
45	175.9	151.3	113.0	116.1	443.0	372.1	270.1	277.9
46	172.0	148.0	110.6	113.7	433.1	363.9	264.3	272.0
47	168.3	145.1	108.4	111.4	423.6	356.0	258.8	266.3
48	164.7	142.1	106.2	109.2	414.4	348.3	253.5	260.8
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]

ที่มา: ศรัลและคณะ (2548)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ภาคผนวก ค.4 การวิเคราะห์ปริมาณโปรตีน โดยวิธี Bradford Assay method (ดัดแปลงจาก Bradford, 1976)

เครื่องมือและอุปกรณ์

1. เครื่อง Spectrophotometer
2. บีกเกอร์ (Beaker) ขนาด 250 มิลลิลิตร
3. หลอดทดลอง
4. ตะแกรงใส่หลอดทดลอง
5. ไมโครปิเปต (Micro pipette)
6. ปิเปต (pipette) ขนาด 1 และ 5 มิลลิลิตร

สารเคมี

1. สีย้อม (0.01% w/v Coomassie brilliant blue G-250)
2. ละลาย Coomassie brilliant blue G-250 100 มิลลิกรัม ใน 95 % ethanol 50 มิลลิลิตร คนจนกระทั่งสีย้อมละลายหมด
3. เติม 85% phosphoric acid 100 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรเป็น 1000 มิลลิลิตร ด้วยน้ำกลั่น กรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 1 เก็บใส่ขวดสีชาไว้ในที่ 4 องศาเซลเซียส
4. เตรียมสาร protein standard ที่ความเข้มข้น 1 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร BSA (Bovine serum albumin)
   - ละลาย BSA 10 มิลลิกรัม ในน้ำกลั่น ปรับปริมาตรให้ครบ 10 มิลลิลิตร

วิธีการเตรียมกราฟมาตรฐานโปรตีน

1. ใส่สารละลายโปรตีนมาตรฐาน BSA เข้มข้น 1 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร ปริมาตร 10, 20, 40, 60, 80 และ 100 ไมโครลิตร ลงในหลอดทดลอง ปรับปริมาตรในแต่ละหลอดให้ครบ 100 ไมโครลิตร ด้วยน้ำกลั่น
2. นำหลอดทดลองอีกหลอดหนึ่งมาใส่น้ำกลั่น 100 ไมโครลิตร
3. เติมสีย้อม 5 มิลลิลิตร ลงในหลอดทดลองทุกหลอด ผสมสารด้วย Vortex mixer ตั้งทิ้งไว้ 10 นาที นำสารละลายในแต่ละหลอดไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 595 nm
4. ใช้หลอดทดลองที่มีน้ำกลั่น 100 ไมโครลิตร แทนสารละลายโปรตีนมาตรฐานเป็น blank วัดค่าการดูดกลืนแสง
5. นำค่าที่ได้ไปเขียนกราฟระหว่างค่าการดูดกลืนแสงกับปริมาณโปรตีน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

การหาปริมาณโปรตีนในสารตัวอย่าง

1. ทำการทดลองควบคู่กับการทำกราฟมาตรฐาน ใส่สารตัวอย่าง 100 ไมโครลิตรเช่นกัน แต่ใช้อัตราส่วน ตัวอย่าง : น้ำกลั่น เป็น 1 : 10 ลงในหลอดทดลอง

2. เติมสีย้อม 5 มิลลิลิตร ผสมสารด้วย Vortex mixer ให้สารผสมเข้ากันดี ตั้งทิ้งไว้ 10 นาที

3. นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 595 nm นำค่าที่อ่านได้ไปเทียบกับกราฟมาตรฐานของโปรตีน

ตัวอย่างการคำนวณค่าปริมาณโปรตีน

ตารางที่ ค.2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของโปรตีนมาตรฐาน (BSA) กับค่าดูดกลืนแสงที่ 590 นาโนเมตร ที่ใช้ในการศึกษาโปรตีน

Vol.BSA std.(µl)	Vol.water(µl)	Bradford's reagent(ml)	Con.(µ g/ml)	OD 595 nm
0	0	5	0	0.003
10	90	5	100	0.111
20	80	5	200	0.174
40	60	5	400	0.275
60	40	5	600	0.426
80	20	5	800	0.549
100	0	5	1000	0.685

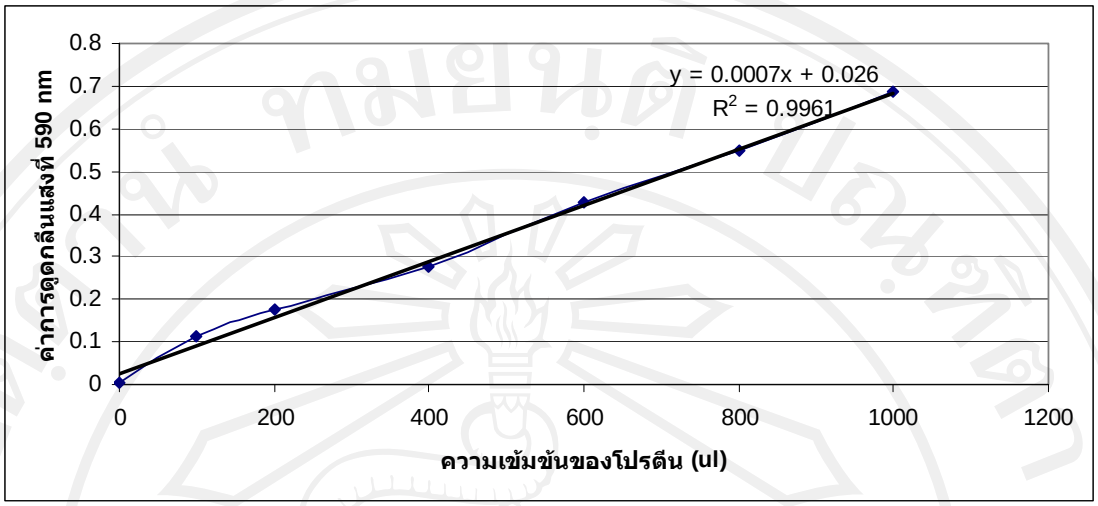
y = 0.0007(X) + 0.026

R2 = 0.9961

ตารางที่ ค.3 แสดงค่า OD 595 nm ของน้ำเวย์ตัวอย่างที่ทำการเจือจางเป็น 1:10 ทำซ้ำ 3 ซ้ำ

Vol.BSA std.(µl)	Vol.water(µl)	Bradford's reagent(ml)	Con.(µg/ml)	OD 595 nm
100	0	5	y1	0.284
100	0	5	y2	0.280
100	0	5	y3	0.287

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



รูปที่ ค.1 แสดงภาพกราฟโปรตีนมาตรฐาน (BSA)

ตารางที่ ค.4 แสดงค่า y ที่ได้จากสมการเชิงเส้นตรง

	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ค่าเฉลี่ย (µg/ml)
ค่า y	368.5714	362.8571	372.8571	368.0952
ค่า y x 10	3685.714	3628.571	3728.571	3680.952
				ค่าเฉลี่ย (mg/ml)
ค่า y	3.685714	3.628571	3.728571	3.680952

เมื่อตัวอย่างน้ำเวย์ถูกเจือจาง 10 เท่า ดังนั้น ค่า y = 368.0952 µg/ml

y x 10 = 3680.952 µg/ml

= 3.68 mg/ml

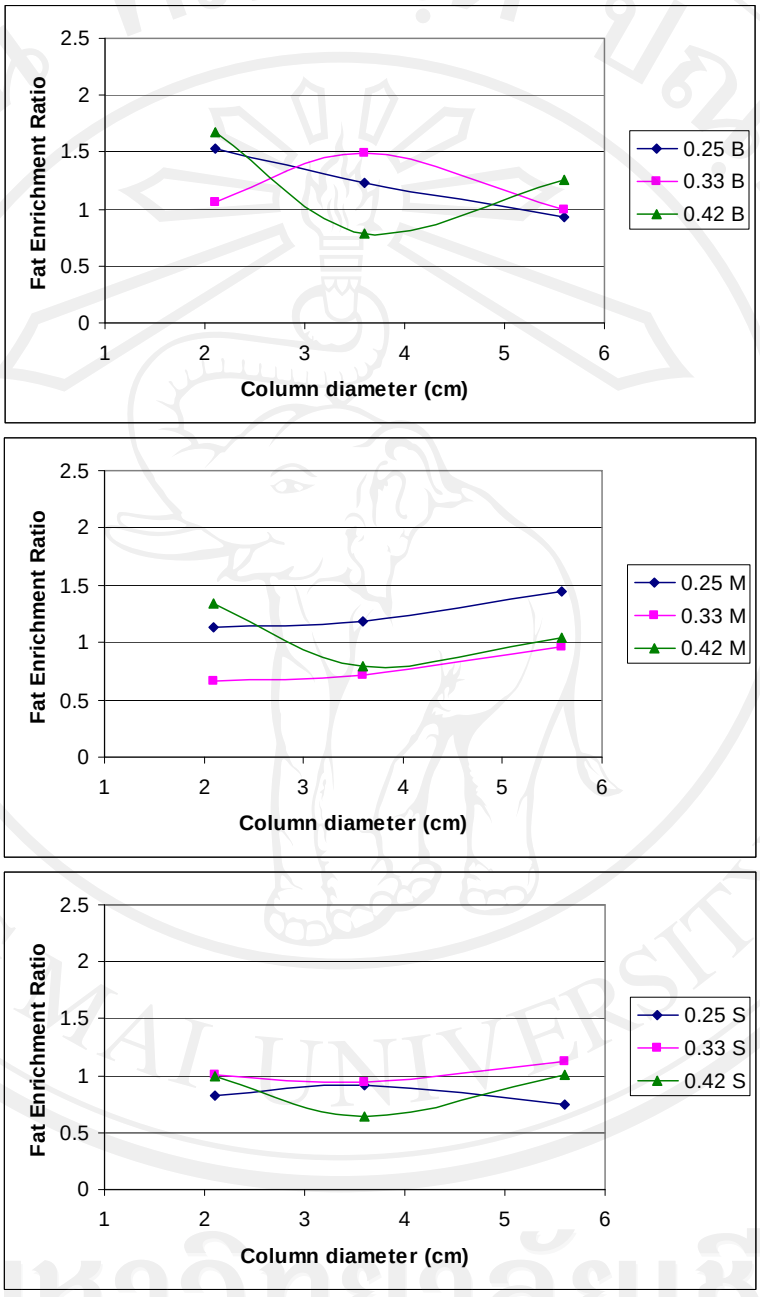
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ภาคผนวก ง

ภาพประกอบการประเมินประสิทธิภาพการแยกไขมัน น้ำตาลแลคโตส และโปรตีน (Enrichment)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

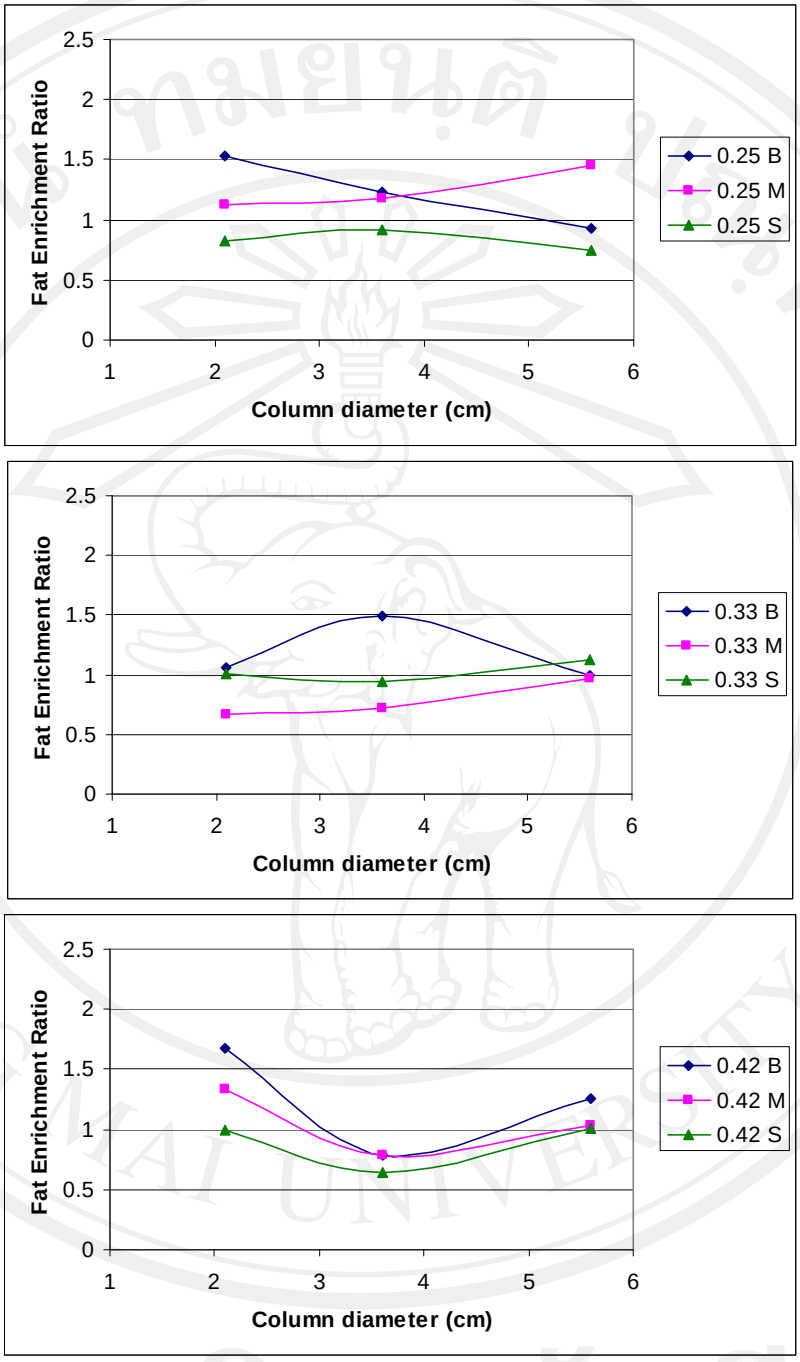
1. กราฟแสดงแนวโน้มประสิทธิภาพการแยกของตัวแปรด้านการปฏิบัติการต่างๆ ของค่า Enrichment ของไขมัน



รูปที่ ง.1 ผลของขนาดคอลัมน์และขนาดรูพรุนที่มีต่อ Enrichment ของไขมัน

เมื่อให้ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางคอลัมน์แก้วเท่ากับ 2.1, 3.6 และ 5.6 เซนติเมตร
ความเร็วการไหลของอากาศเท่ากับ 0.25, 0.33 และ 0.42 เซนติเมตร/วินาที
ขนาดรูพรุนของ glass filter เท่ากับ B: 160-100, M: 100-40 และ S 40-16 ไมโครเมตร

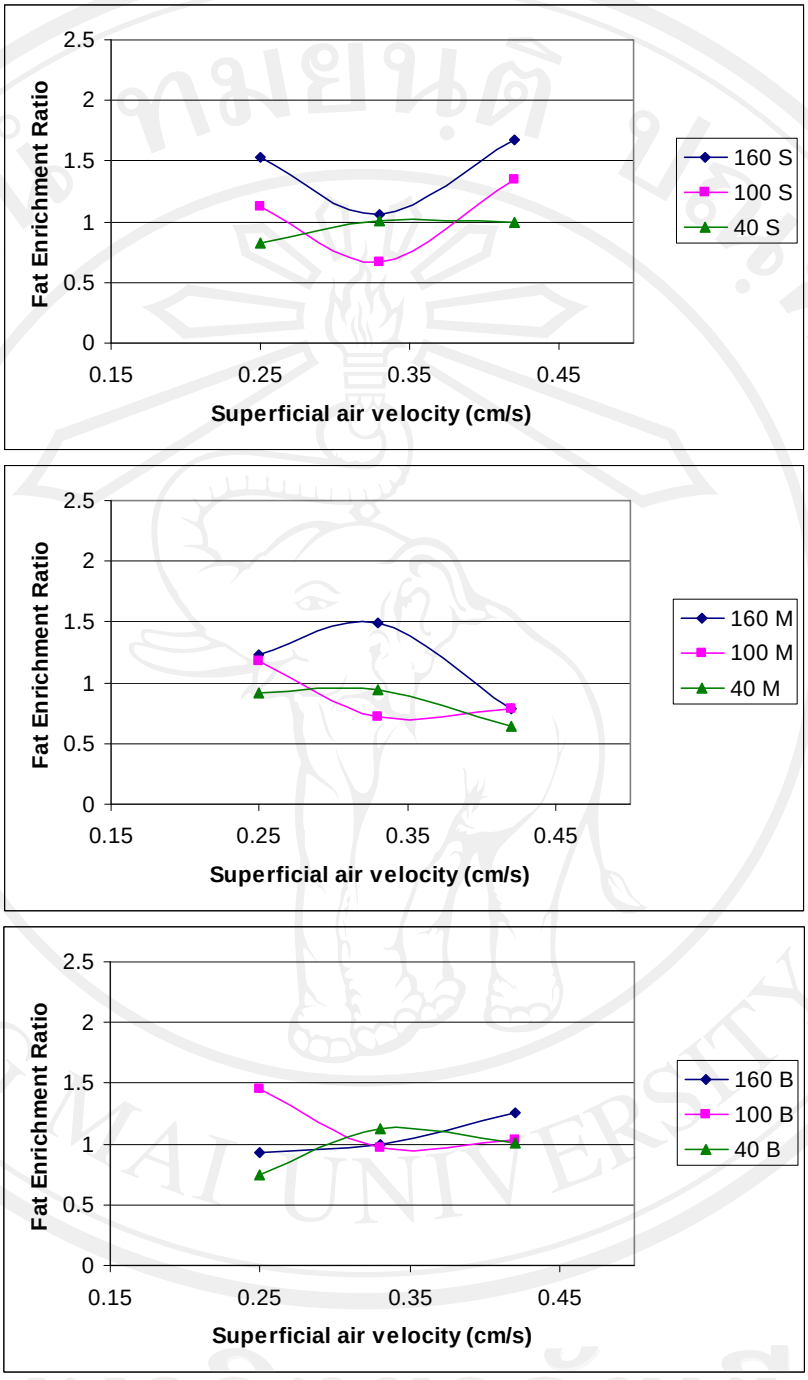
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



รูปที่ ง.2 ผลของขนาดคอลัมน์และความเร็วการไหลของอากาศที่มีต่อ Enrichment ของไขมัน

เมื่อให้ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางคอลัมน์แก้วเท่ากับ 2.1, 3.6 และ 5.6 เซนติเมตร
ความเร็วการไหลของอากาศเท่ากับ 0.25, 0.33 และ 0.42 เซนติเมตร/วินาที
ขนาดรูพรุนของ glass filter เท่ากับ B: 160-100, M: 100-40 และ S 40-16 ไมโครเมตร

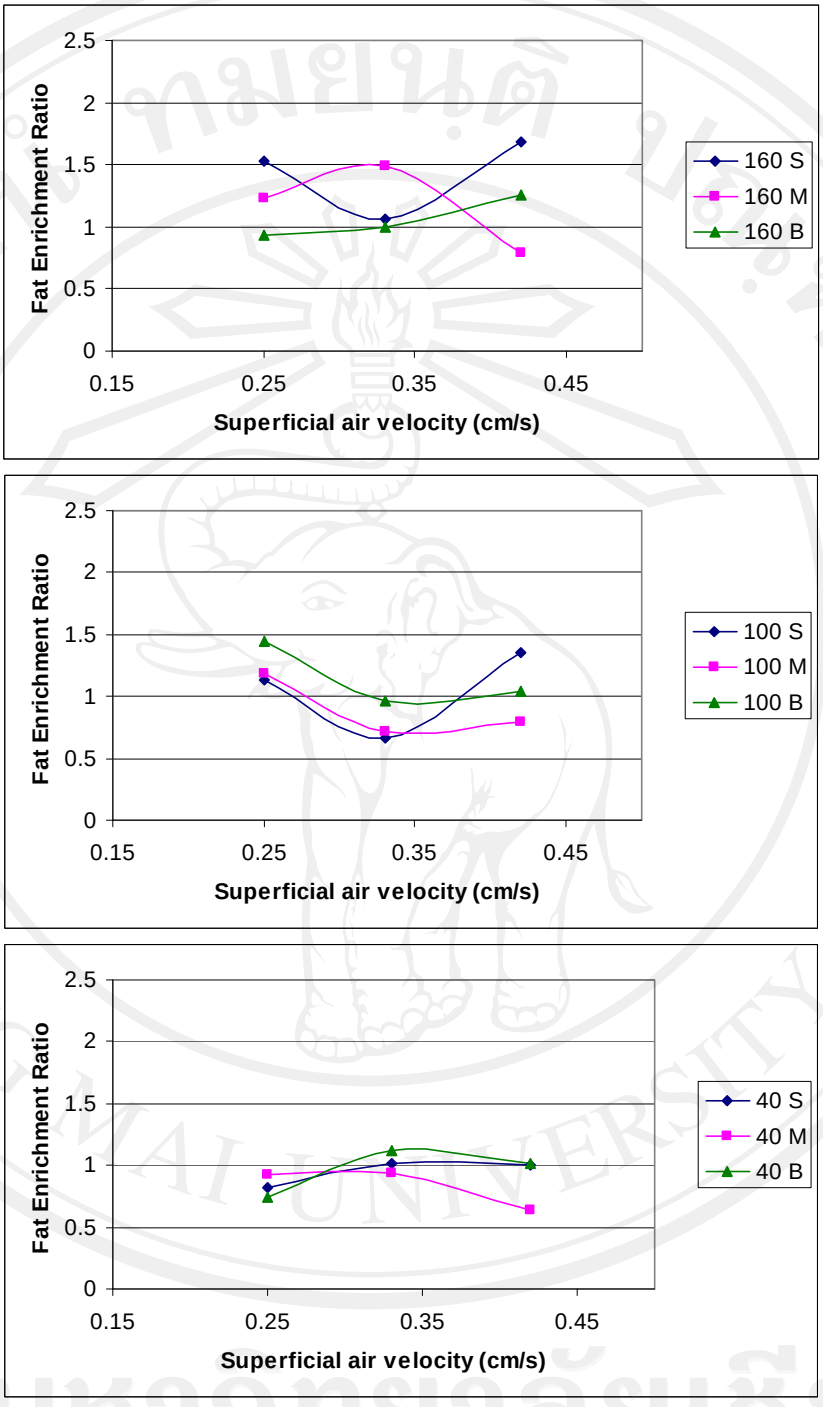
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



รูปที่ ง.3 ผลของความเร็วการไหลของอากาศและขนาดคอลัมน์ที่มีต่อ Enrichment ของไขมัน

เมื่อให้ ความเร็วการไหลของอากาศเท่ากับ 0.25, 0.33 และ 0.42 เซนติเมตร/วินาที
ขนาดรูพรุนของ glass filter เท่ากับ 160-100, 100-40 และ 40-16 ไมโครเมตร
ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางคอลัมน์แก้วเท่ากับ S: 2.1, M: 3.6 และ B; 5.6 เซนติเมตร

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

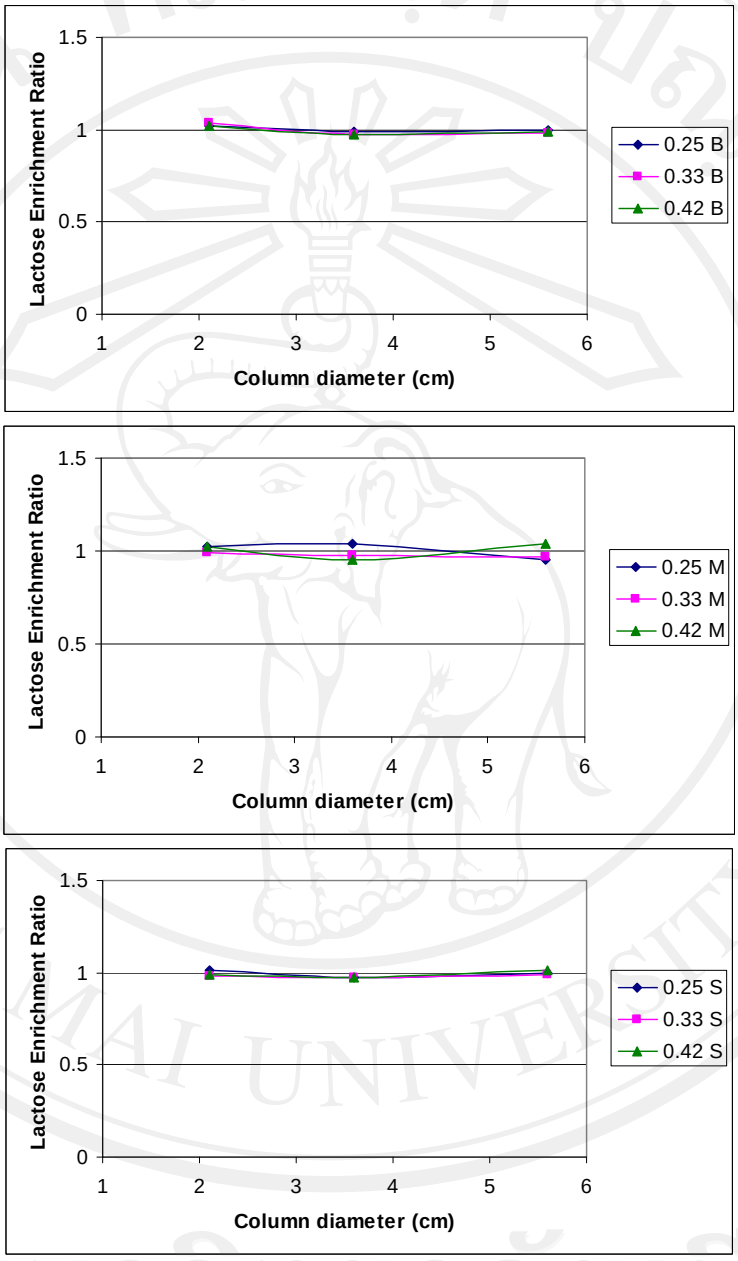


รูปที่ ง.4 ผลของความเร็วการไหลของอากาศและขนาดรูพรุนที่มีต่อ Enrichment ของไขมัน

เมื่อให้ ความเร็วการไหลของอากาศเท่ากับ 0.25, 0.33 และ 0.42 เซนติเมตร/วินาที
ขนาดรูพรุนของ glass filter เท่ากับ 160-100, 100-40 และ 40-16 ไมโครเมตร
ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางคอลัมน์แก้วเท่ากับ S: 2.1, M: 3.6 และ B; 5.6 เซนติเมตร

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

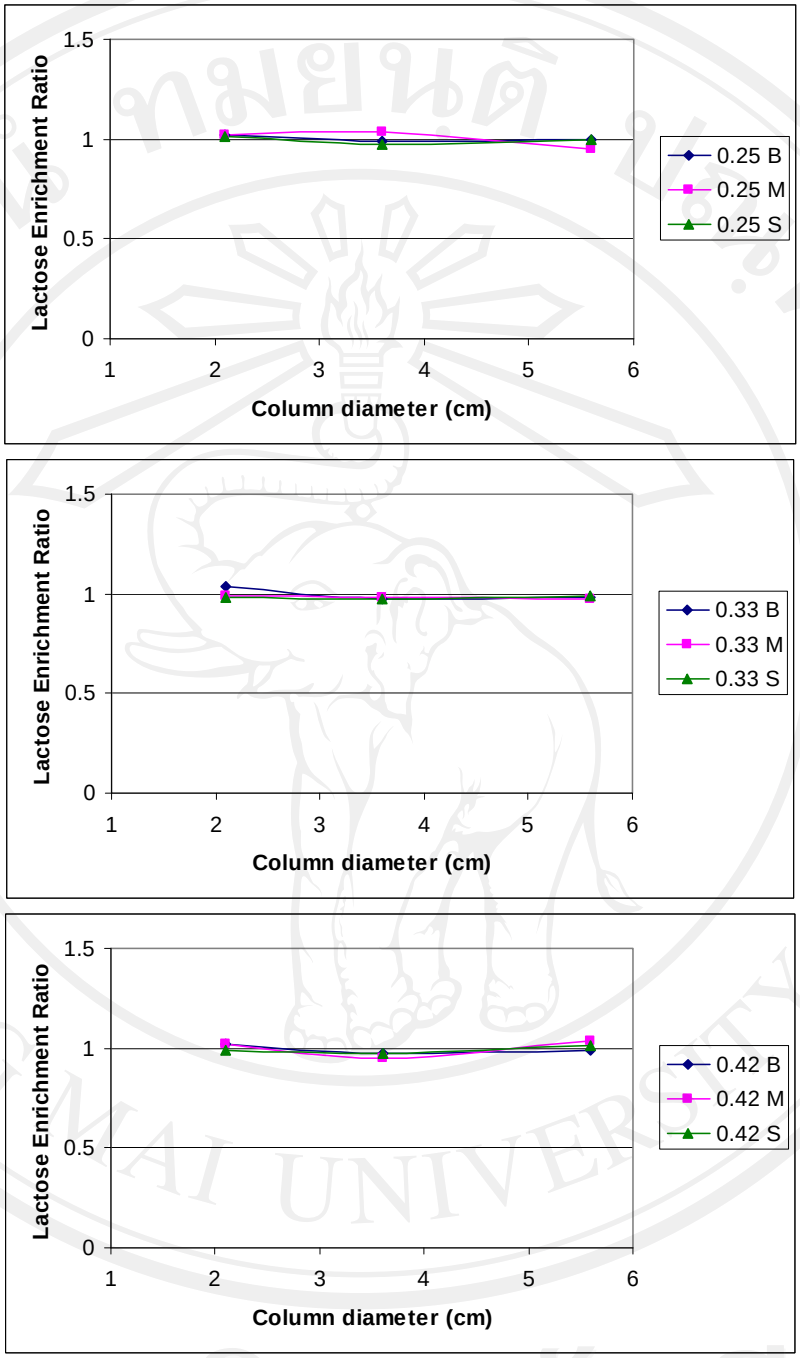
2. กราฟแสดงแนวโน้มประสิทธิภาพการแยกของตัวแปรด้านการปฏิบัติการต่างๆ ของค่า Enrichment ของน้ำตาลแลคโตส



รูปที่ ง.5 ผลของขนาดคอลัมน์และขนาดรูพรุนที่มีต่อ Enrichment ของน้ำตาลแลคโตส

เมื่อให้ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางคอลัมน์แก้วเท่ากับ 2.1, 3.6 และ 5.6 เซนติเมตร
ความเร็วการไหลของอากาศเท่ากับ 0.25, 0.33 และ 0.42 เซนติเมตร/วินาที
ขนาดรูพรุนของ glass filter เท่ากับ B: 160-100, M: 100-40 และ S 40-16 ไมโครเมตร

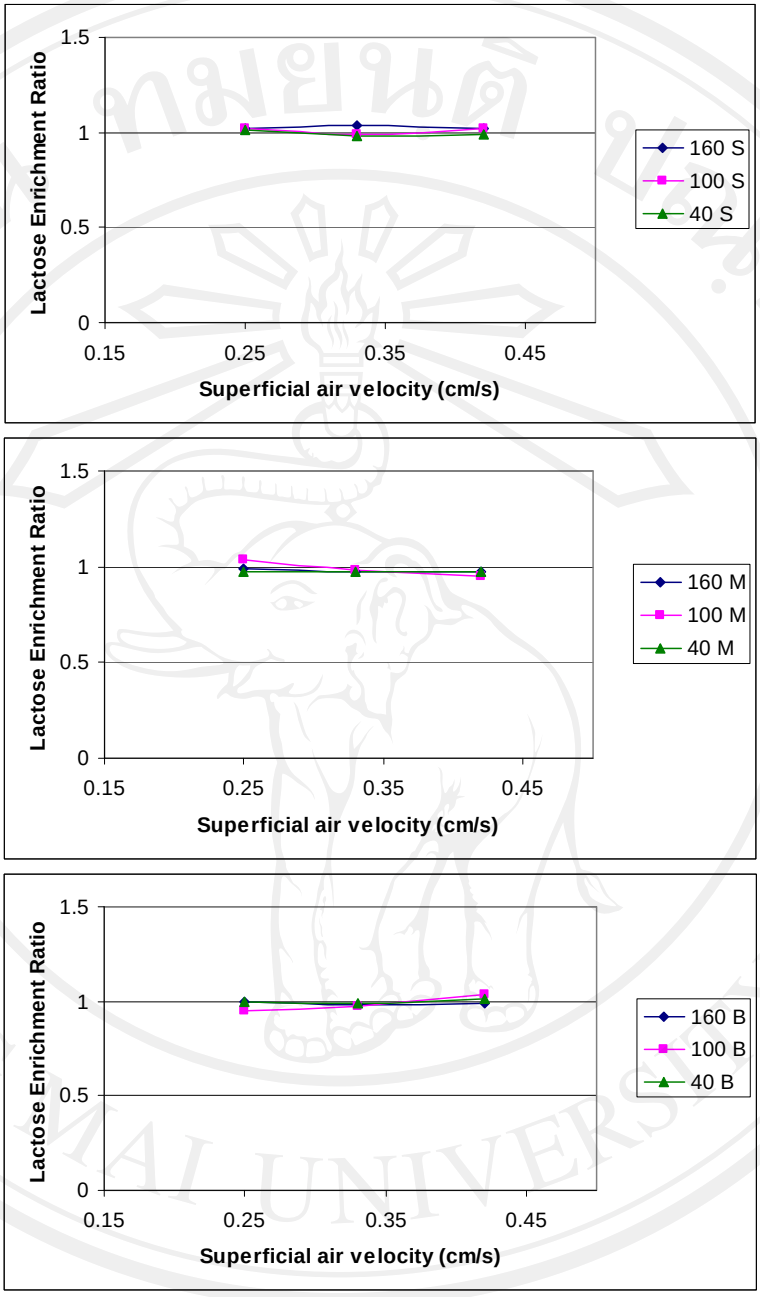
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



รูปที่ ง.6 ผลของขนาดคอลัมน์และความเร็วการไหลของอากาศที่มีต่อ Enrichment ของน้ำตาลแลคโตส

เมื่อให้ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางคอลัมน์แก้วเท่ากับ 2.1, 3.6 และ 5.6 เซนติเมตร
ความเร็วการไหลของอากาศเท่ากับ 0.25, 0.33 และ 0.42 เซนติเมตร/วินาที
ขนาดรูพรุนของ glass filter เท่ากับ B: 160-100, M: 100-40 และ S 40-16 ไมโครเมตร

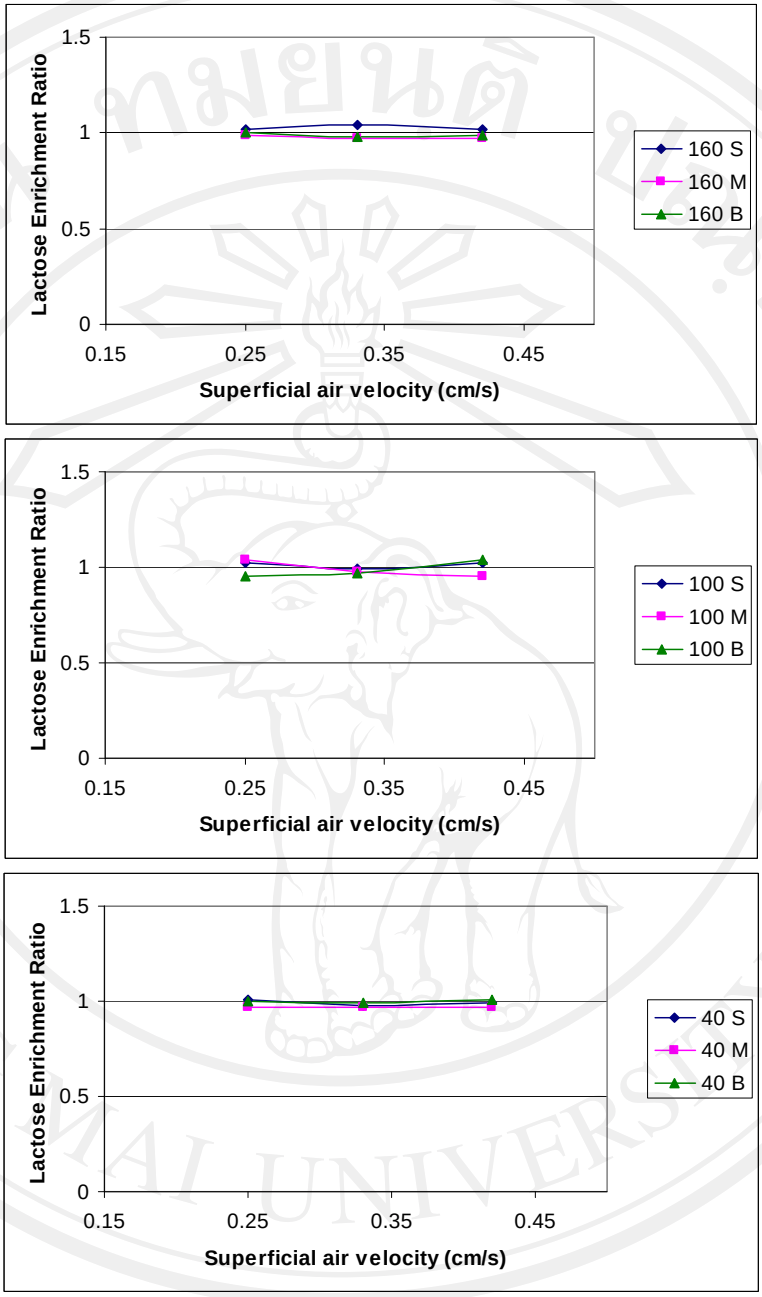
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



รูปที่ ง.7 ผลของความเร็วการไหลของอากาศและขนาดคอลัมน์ที่มีต่อ Enrichment ของน้ำตาลแลคโตส

เมื่อให้ ความเร็วการไหลของอากาศเท่ากับ 0.25, 0.33 และ 0.42 เซนติเมตร/วินาที
ขนาดรูพรุนของ glass filter เท่ากับ 160-100, 100-40 และ 40-16 ไมโครเมตร
ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางคอลัมน์แก้วเท่ากับ S: 2.1, M: 3.6 และ B; 5.6 เซนติเมตร

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

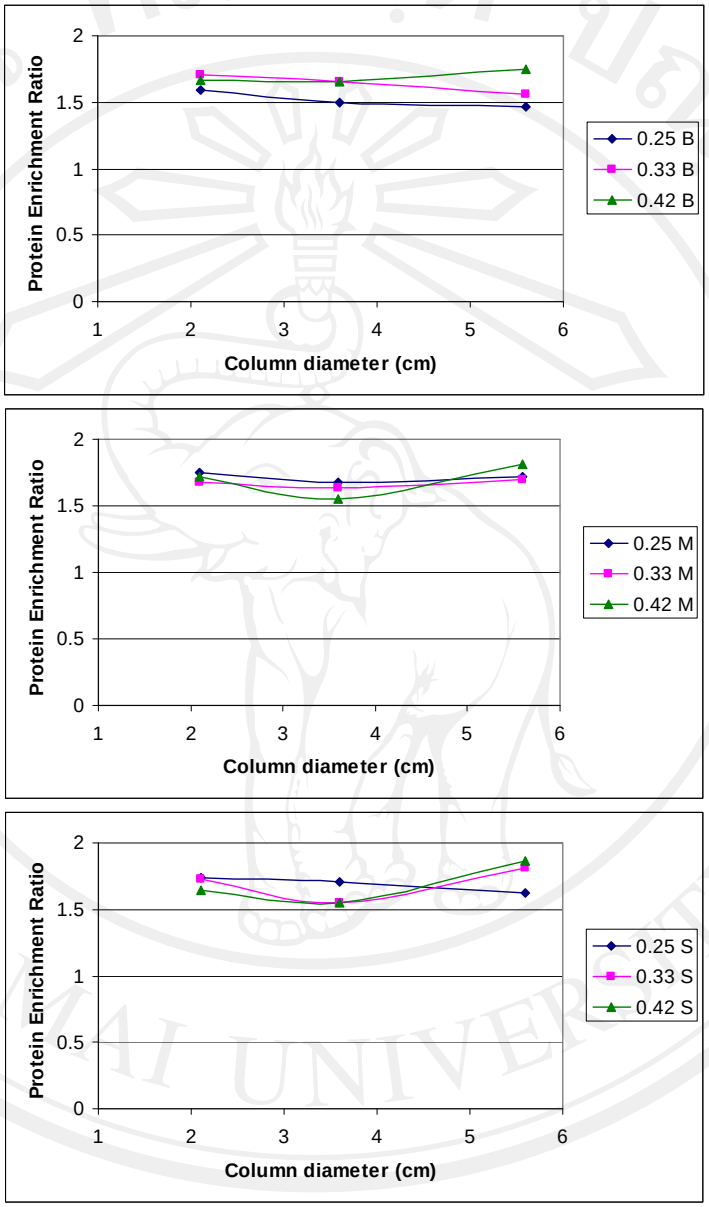


รูปที่ ง.8 ผลของความเร็วการไหลของอากาศและขนาดรูพรุนที่มีต่อ Enrichment ของน้ำตาลแลคโตส

เมื่อให้ ความเร็วการไหลของอากาศเท่ากับ 0.25, 0.33 และ 0.42 เซนติเมตร/วินาที
ขนาดรูพรุนของ glass filter เท่ากับ 160-100, 100-40 และ 40-16 ไมโครเมตร
ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางคอลัมน์แก้วเท่ากับ S: 2.1, M: 3.6 และ B; 5.6 เซนติเมตร

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

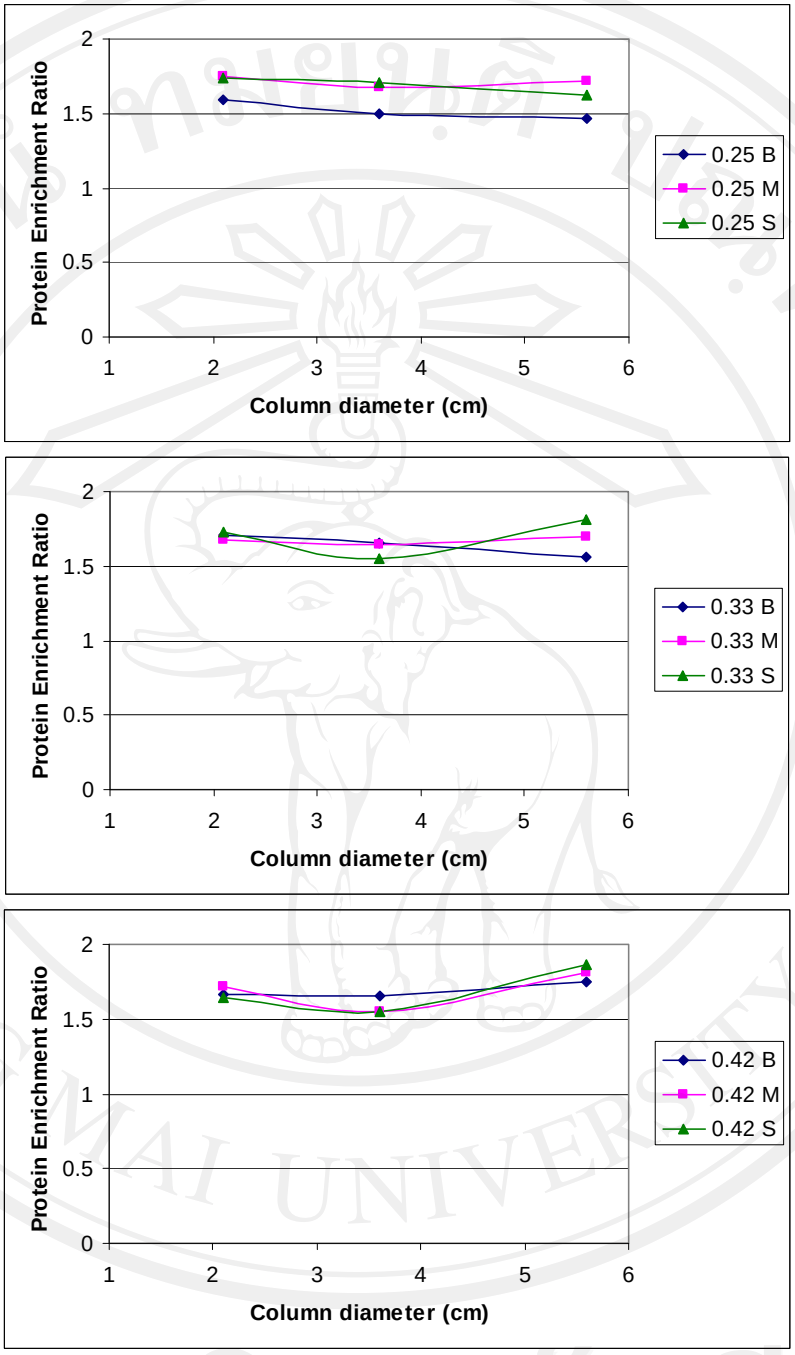
3. กราฟแสดงแนวโน้มประสิทธิภาพการแยกของตัวแปรด้านการปฏิบัติการต่างๆ ของค่า Enrichment ของโปรตีน ณ นาทีที่ 20



รูปที่ ง.9 ผลของขนาดคอลัมน์และขนาดรูพรุนที่มีต่อ Enrichment ของโปรตีน (นาทีที่ 20)

เมื่อให้ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางคอลัมน์แก้วเท่ากับ 2.1, 3.6 และ 5.6 เซนติเมตร
ความเร็วการไหลของอากาศเท่ากับ 0.25, 0.33 และ 0.42 เซนติเมตร/วินาที
ขนาดรูพรุนของ glass filter เท่ากับ B: 160-100, M: 100-40 และ S 40-16 ไมโครเมตร

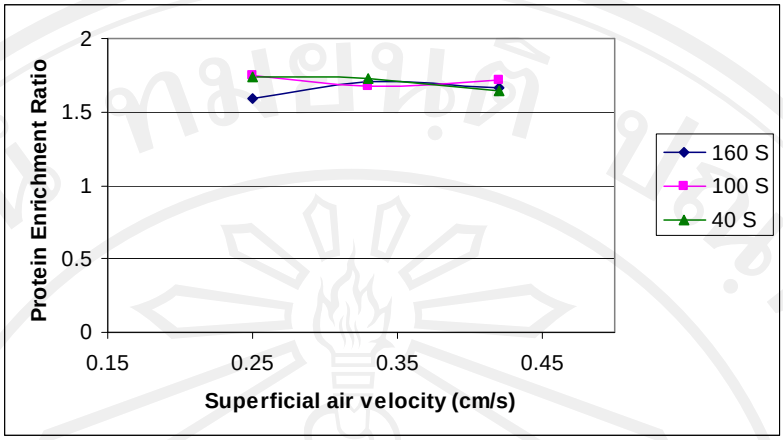
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

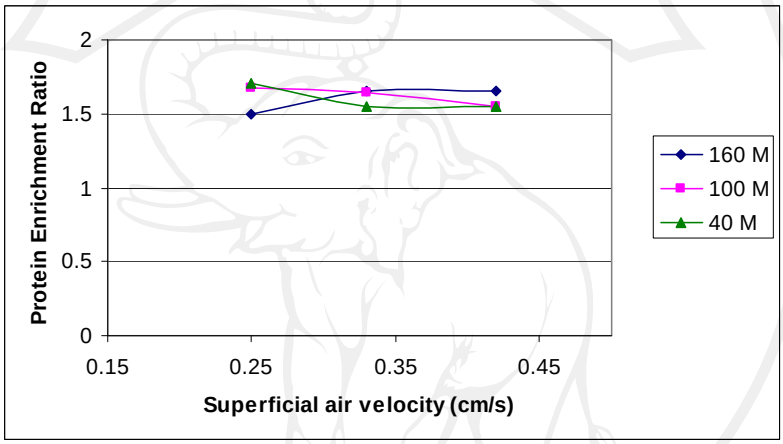


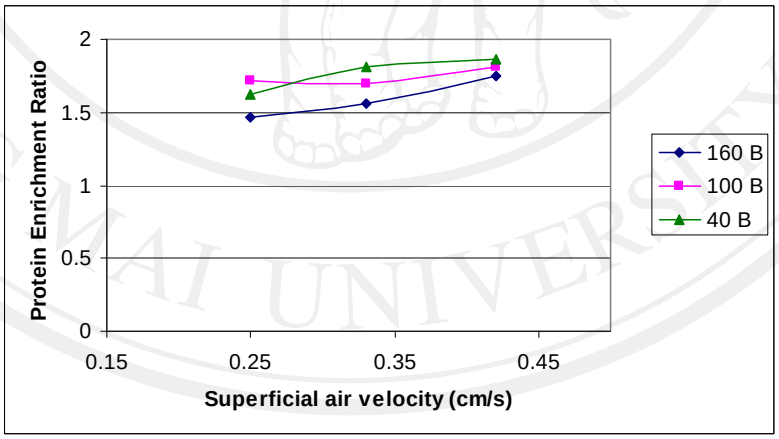
รูปที่ ง.10 ผลของขนาดคอลัมน์และความเร็วการไหลของอากาศที่มีต่อ Enrichment ของโปรตีน (นาทีที่ 20)

เมื่อให้ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางคอลัมน์แก้วเท่ากับ 2.1, 3.6 และ 5.6 เซนติเมตร
ความเร็วการไหลของอากาศเท่ากับ 0.25, 0.33 และ 0.42 เซนติเมตร/วินาที
ขนาดรูพรุนของ glass filter เท่ากับ B: 160-100, M: 100-40 และ S 40-16 ไมโครเมตร

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



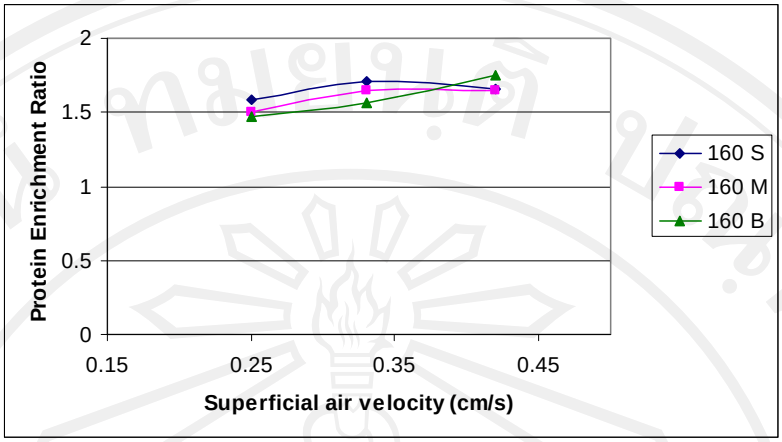


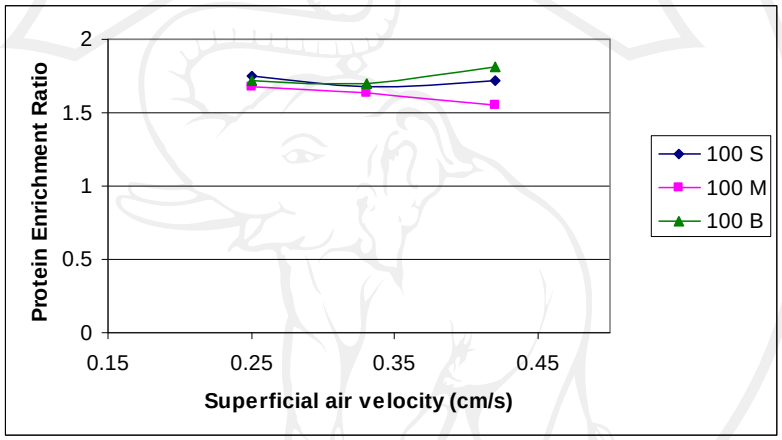


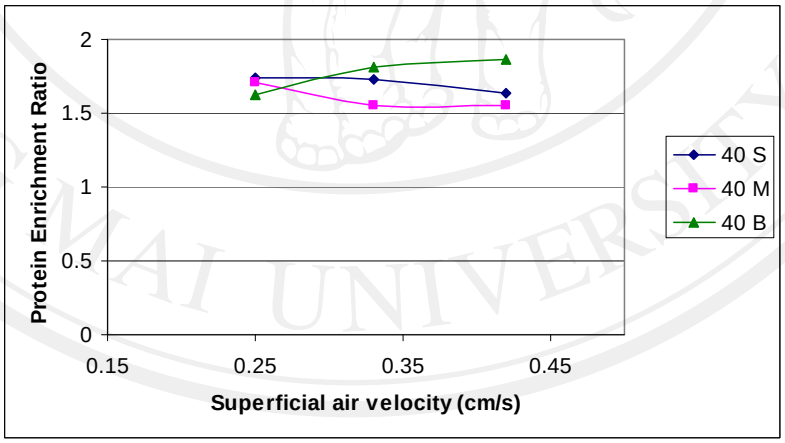
รูปที่ ง.11 ผลของความเร็วการไหลของอากาศและขนาดคอลัมน์ที่มีต่อ Enrichment ของโปรตีน (นาทีที่ 20)

เมื่อให้ ความเร็วการไหลของอากาศเท่ากับ 0.25, 0.33 และ 0.42 เซนติเมตร/วินาที
ขนาดรูพรุนของ glass filter เท่ากับ 160-100, 100-40 และ 40-16 ไมโครเมตร
ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางคอลัมน์แก้วเท่ากับ S: 2.1, M: 3.6 และ B; 5.6 เซนติเมตร

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved





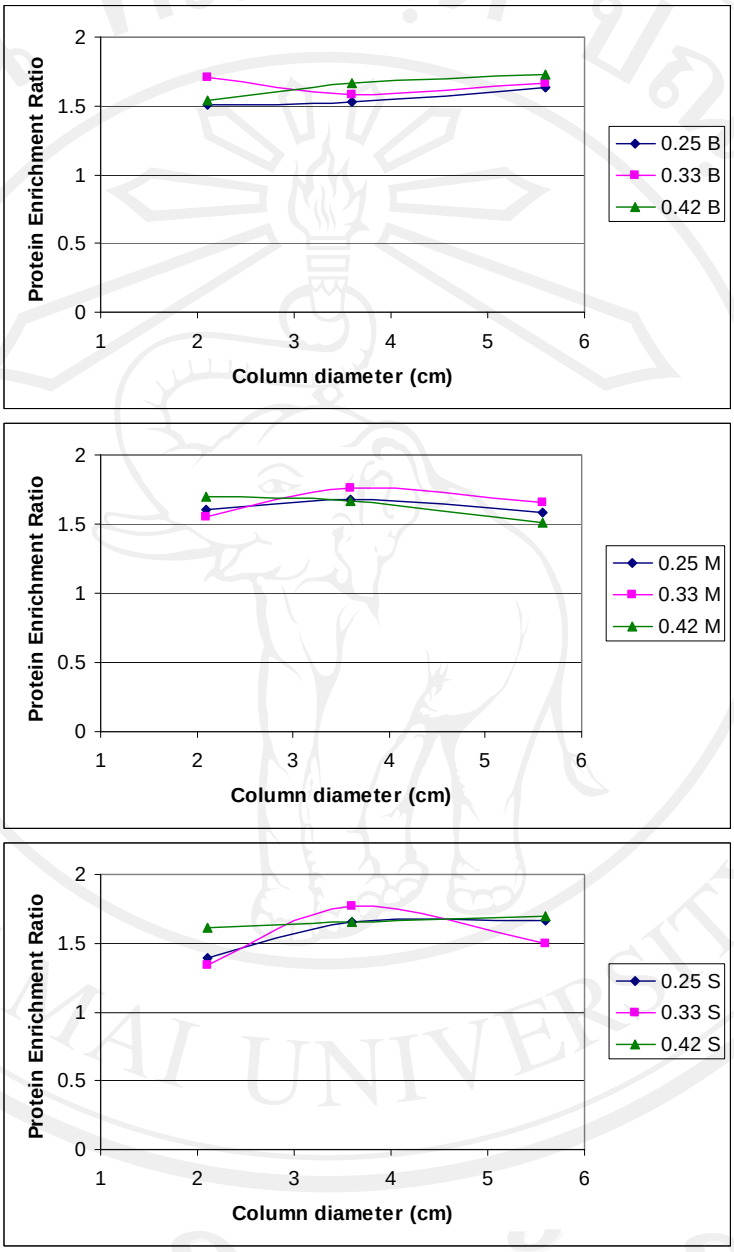


รูปที่ ง.12 ผลของความเร็วการไหลของอากาศและขนาดรูพรุนที่มีต่อ Enrichment ของโปรตีน (นาทีที่ 20)

เมื่อให้ ความเร็วการไหลของอากาศเท่ากับ 0.25, 0.33 และ 0.42 เซนติเมตร/วินาที
ขนาดรูพรุนของ glass filter เท่ากับ 160-100, 100-40 และ 40-16 ไมโครเมตร
ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางคอลัมน์แก้วเท่ากับ S: 2.1, M: 3.6 และ B; 5.6 เซนติเมตร

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

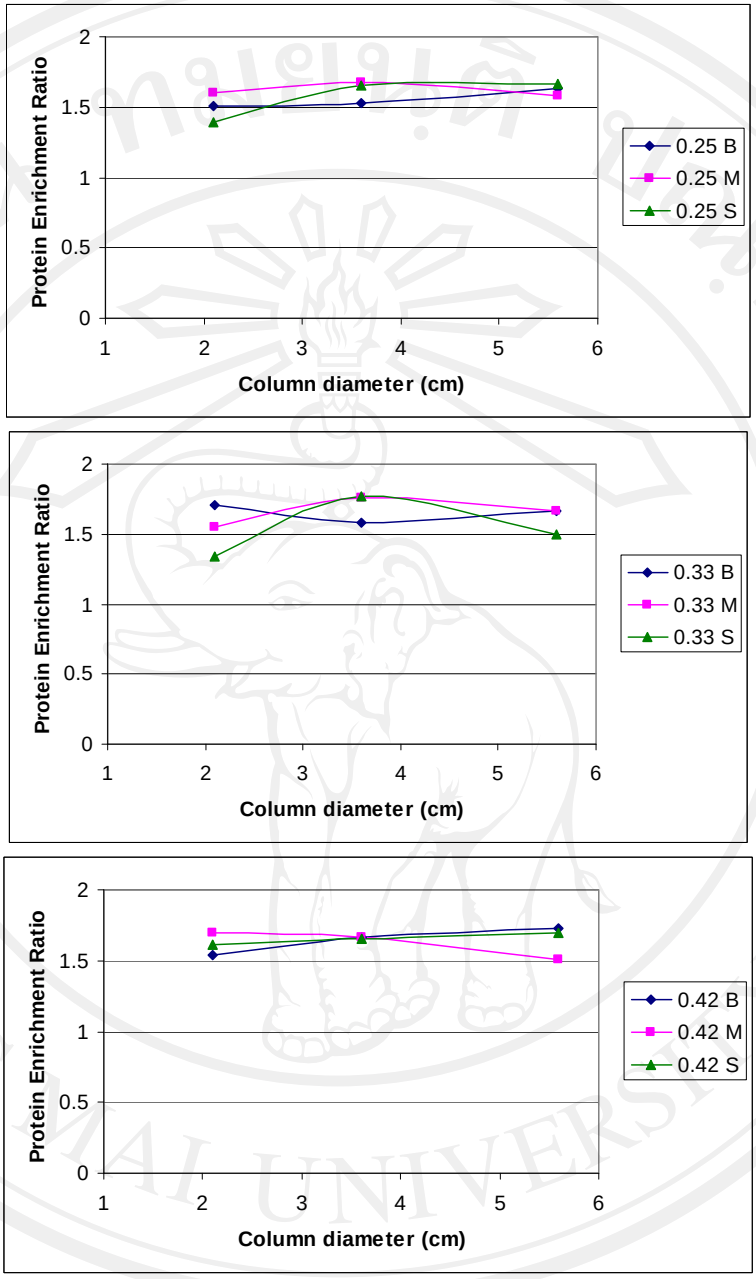
4. กราฟแสดงแนวโน้มประสิทธิภาพการแยกของตัวแปรด้านการปฏิบัติการต่างๆ ของค่า Enrichment ของโปรตีน ณ นาทีที่ 40



รูปที่ ง.13 ผลของขนาดคอลัมน์และขนาดรูพรุนที่มีต่อ Enrichment ของโปรตีน (นาทีที่ 40)

เมื่อให้ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางคอลัมน์แก้วเท่ากับ 2.1, 3.6 และ 5.6 เซนติเมตร
ความเร็วการไหลของอากาศเท่ากับ 0.25, 0.33 และ 0.42 เซนติเมตร/วินาที
ขนาดรูพรุนของ glass filter เท่ากับ B: 160-100, M: 100-40 และ S 40-16 ไมโครเมตร

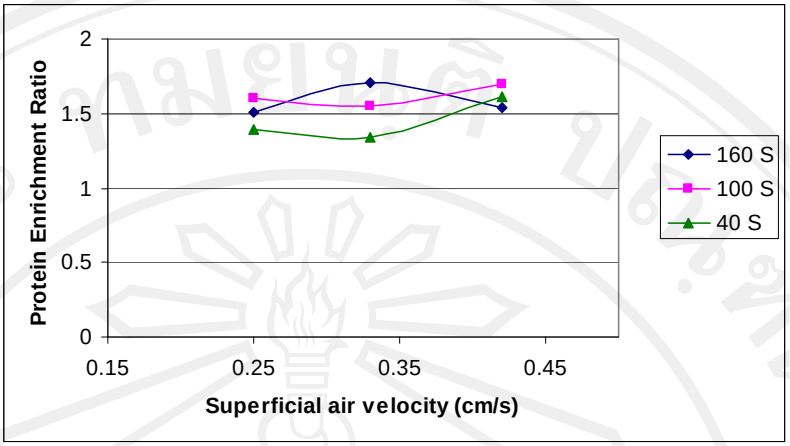
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

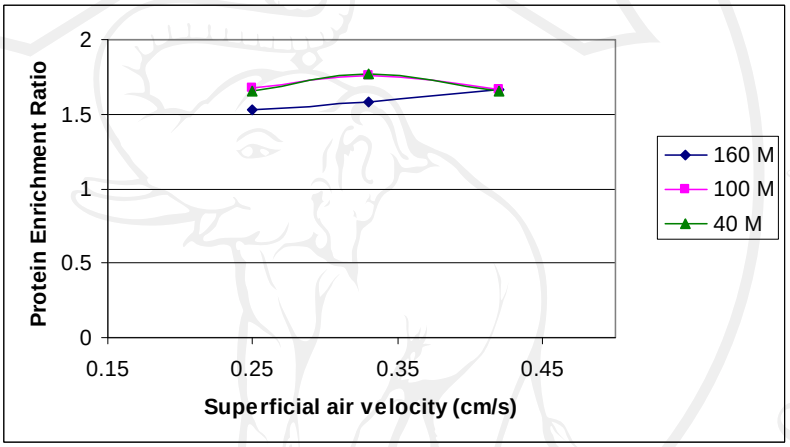


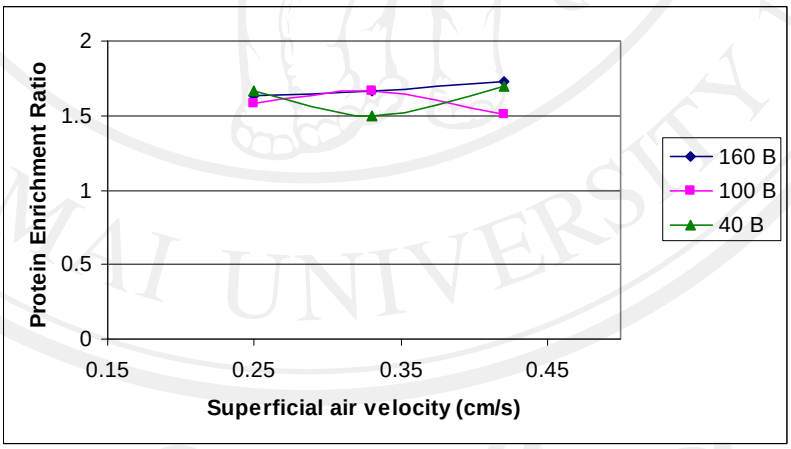
รูปที่ ง.14 ผลของขนาดคอลัมน์และความเร็วการไหลของอากาศที่มีต่อ Enrichment ของโปรตีน (นาทีที่ 40)

เมื่อให้ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางคอลัมน์แก้วเท่ากับ 2.1, 3.6 และ 5.6 เซนติเมตร
ความเร็วการไหลของอากาศเท่ากับ 0.25, 0.33 และ 0.42 เซนติเมตร/วินาที
ขนาดรูพรุนของ glass filter เท่ากับ B: 160-100, M: 100-40 และ S 40-16 ไมโครเมตร

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



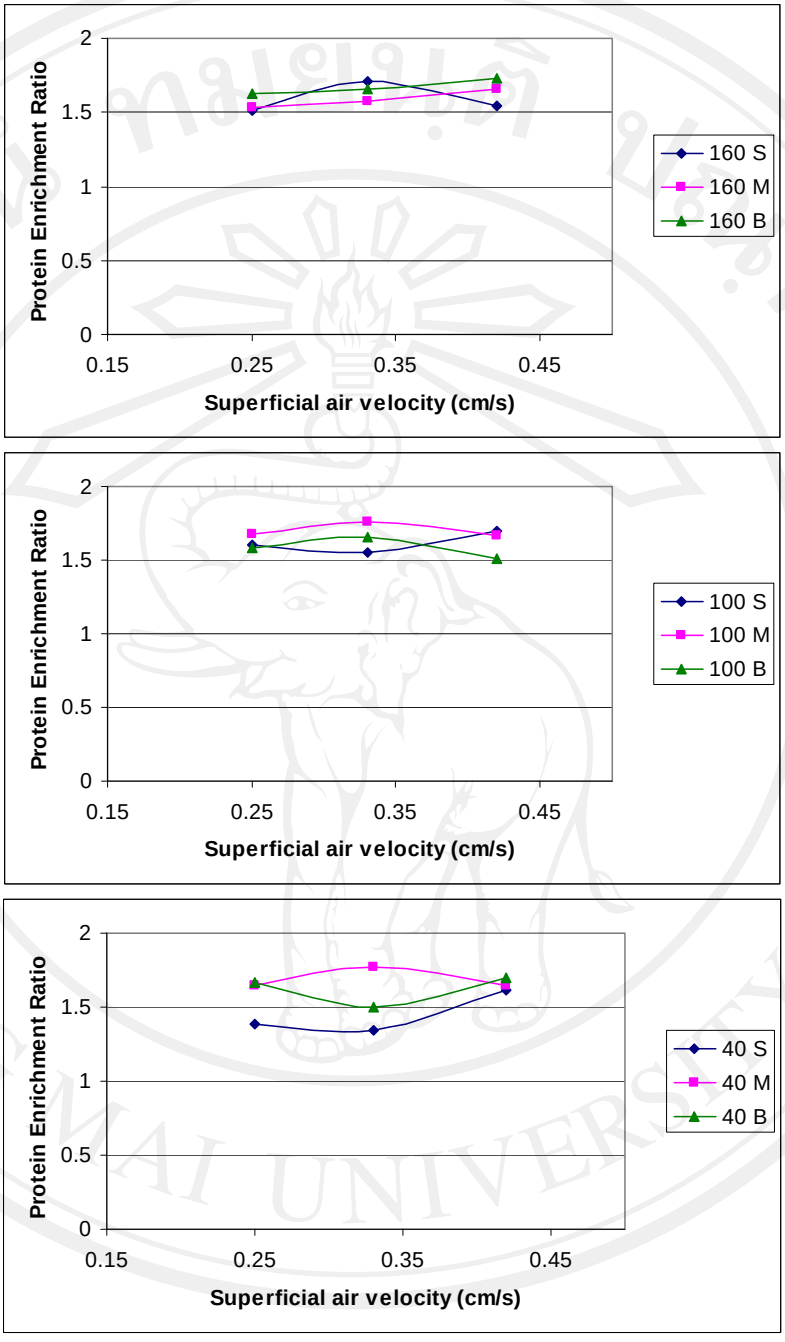




รูปที่ ง.15 ผลของความเร็วการไหลของอากาศและขนาดคอลัมน์ที่มีต่อ Enrichment ของโปรตีน (นาทีที่ 40)

เมื่อให้ ความเร็วการไหลของอากาศเท่ากับ 0.25, 0.33 และ 0.42 เซนติเมตร/วินาที
ขนาดรูพรุนของ glass filter เท่ากับ 160-100, 100-40 และ 40-16 ไมโครเมตร
ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางคอลัมน์แก้วเท่ากับ S: 2.1, M: 3.6 และ B; 5.6 เซนติเมตร

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

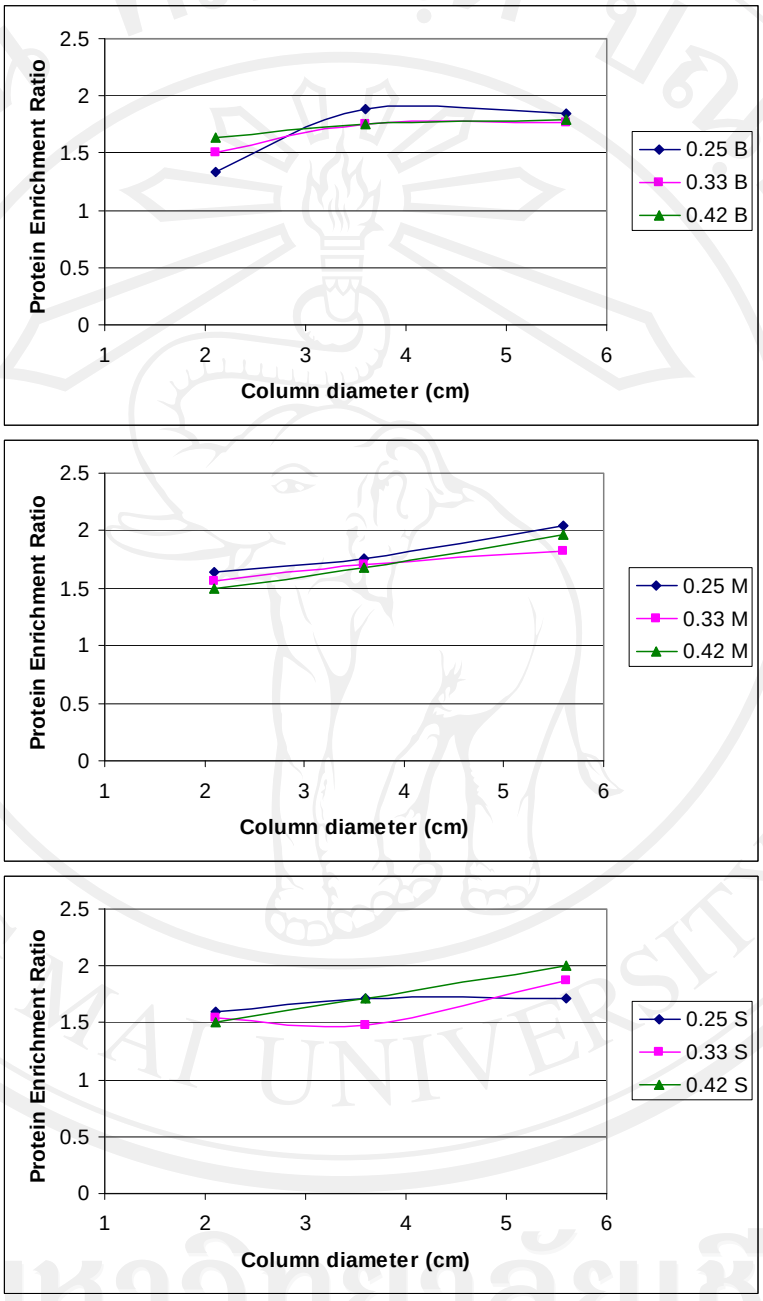


รูปที่ ง.16 ผลของความเร็วการไหลของอากาศและขนาดรูพรุนที่มีต่อ Enrichment ของโปรตีน (นาทีที่ 40)

เมื่อให้ ความเร็วการไหลของอากาศเท่ากับ 0.25, 0.33 และ 0.42 เซนติเมตร/วินาที
ขนาดรูพรุนของ glass filter เท่ากับ 160-100, 100-40 และ 40-16 ไมโครเมตร
ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางคอลัมน์แก้วเท่ากับ S: 2.1, M: 3.6 และ B; 5.6 เซนติเมตร

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

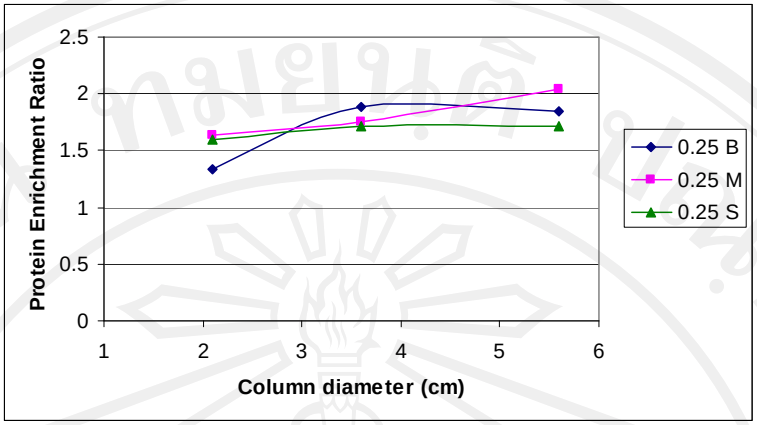
5. กราฟแสดงแนวโน้มประสิทธิภาพการแยกของตัวแปรด้านการปฏิบัติการต่างๆ ของค่า Enrichment ของโปรตีน ณ นาทีที่ 60

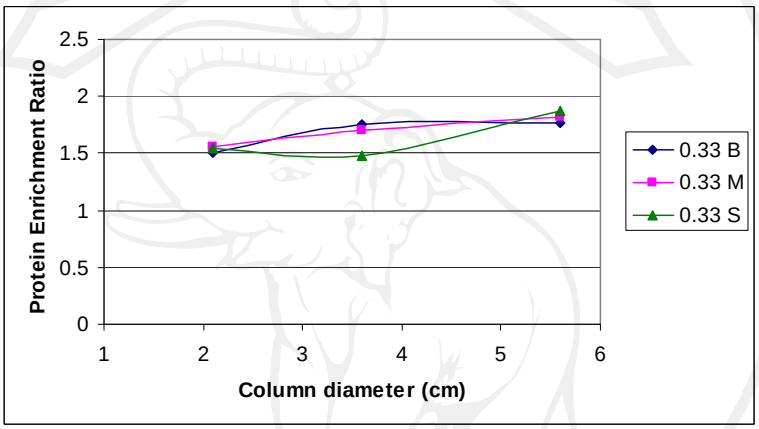


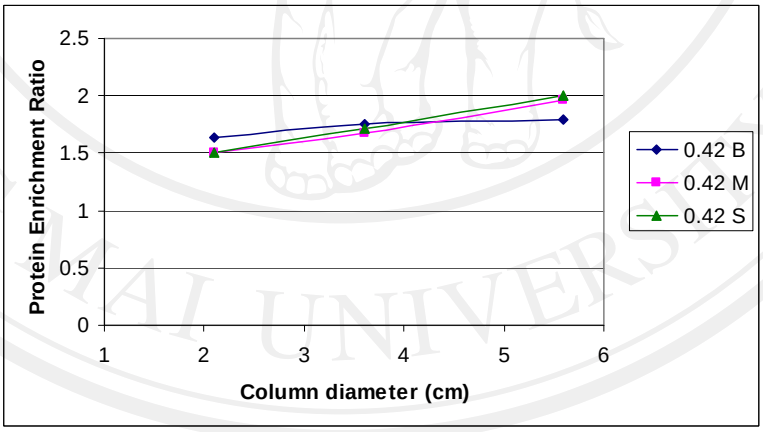
รูปที่ ง.17 ผลของขนาดคอลัมน์และขนาดรูพรุนที่มีต่อ Enrichment ของโปรตีน (นาทีที่ 60)

เมื่อให้ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางคอลัมน์แก้วเท่ากับ 2.1, 3.6 และ 5.6 เซนติเมตร
ความเร็วการไหลของอากาศเท่ากับ 0.25, 0.33 และ 0.42 เซนติเมตร/วินาที
ขนาดรูพรุนของ glass filter เท่ากับ B: 160-100, M: 100-40 และ S 40-16 ไมโครเมตร

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



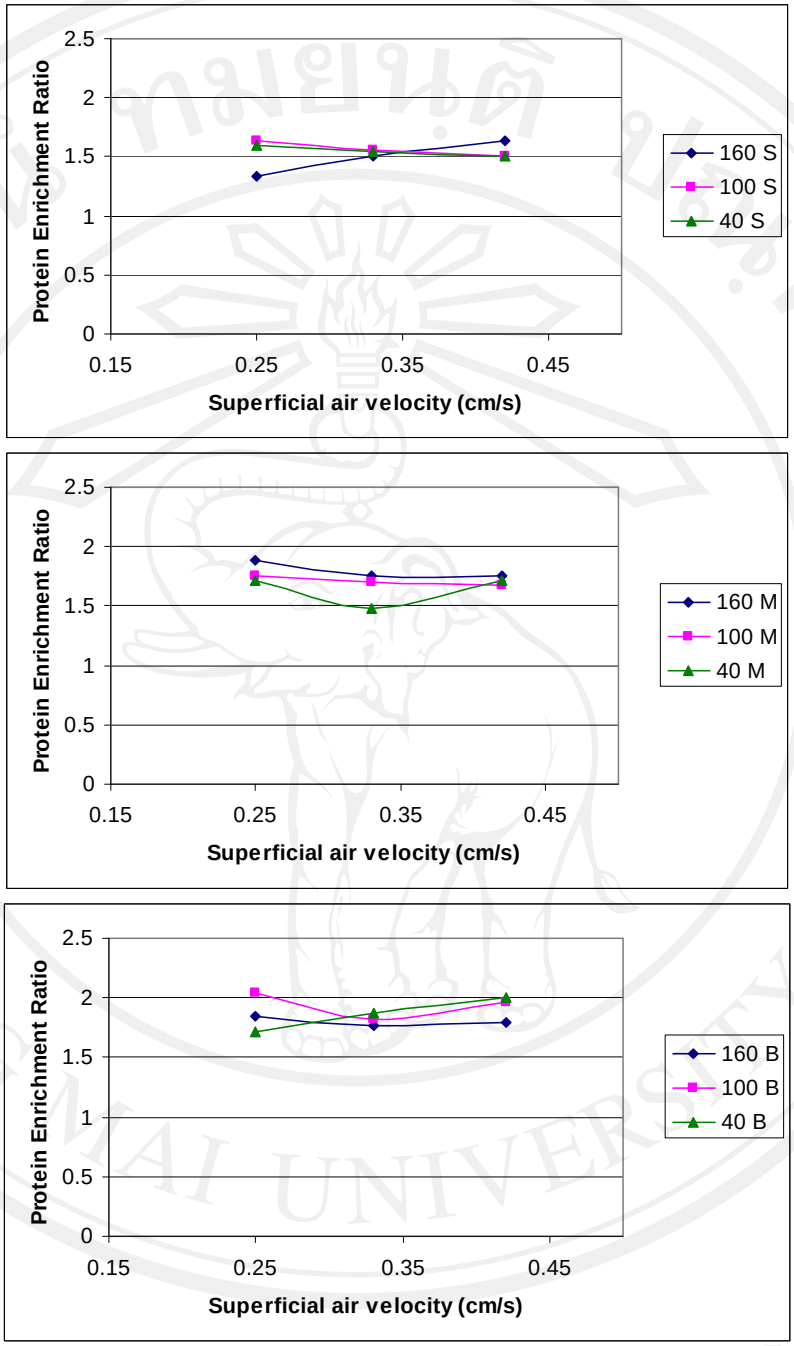




รูปที่ ง.18 ผลของขนาดคอลัมน์และความเร็วการไหลของอากาศที่มีต่อ Enrichment ของโปรตีน (นาทีที่ 60)

เมื่อให้ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางคอลัมน์แก้วเท่ากับ 2.1, 3.6 และ 5.6 เซนติเมตร
ความเร็วการไหลของอากาศเท่ากับ 0.25, 0.33 และ 0.42 เซนติเมตร/วินาที
ขนาดรูพรุนของ glass filter เท่ากับ B: 160-100, M: 100-40 และ S 40-16 ไมโครเมตร

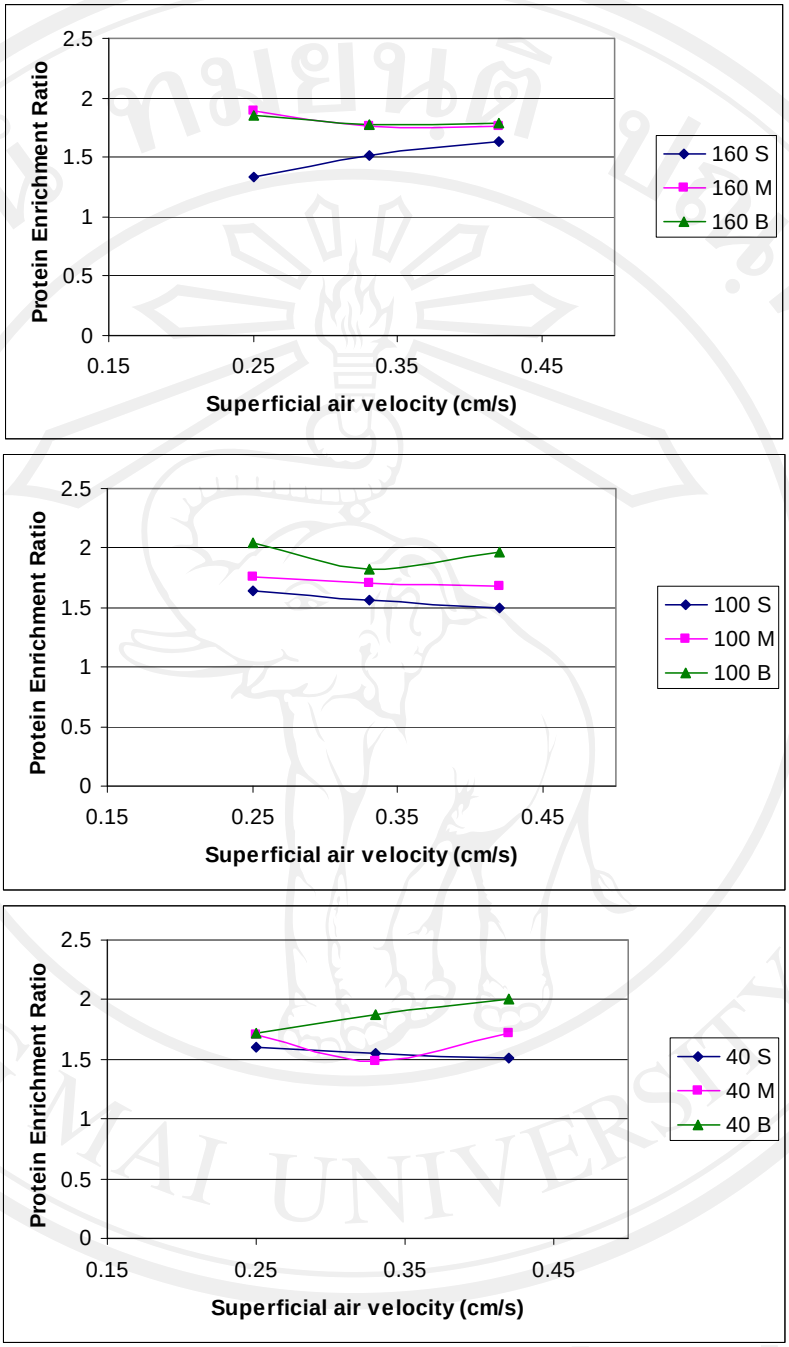
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



รูปที่ ง.19 ผลของความเร็วการไหลของอากาศและขนาดคอลัมน์ที่มีต่อ Enrichment ของโปรตีน (นาทีที่ 60)

เมื่อให้ ความเร็วการไหลของอากาศเท่ากับ 0.25, 0.33 และ 0.42 เซนติเมตร/วินาที
ขนาดรูพรุนของ glass filter เท่ากับ 160-100, 100-40 และ 40-16 ไมโครเมตร
ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางคอลัมน์แก้วเท่ากับ S: 2.1, M: 3.6 และ B; 5.6 เซนติเมตร

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



รูปที่ ง.20 ผลของความเร็วการไหลของอากาศและขนาดรูพรุนที่มีต่อ Enrichment ของโปรตีน (นาทีที่ 60)

เมื่อให้ ความเร็วการไหลของอากาศเท่ากับ 0.25, 0.33 และ 0.42 เซนติเมตร/วินาที
ขนาดรูพรุนของ glass filter เท่ากับ 160-100, 100-40 และ 40-16 ไมโครเมตร
ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางคอลัมน์แก้วเท่ากับ S: 2.1, M: 3.6 และ B; 5.6 เซนติเมตร

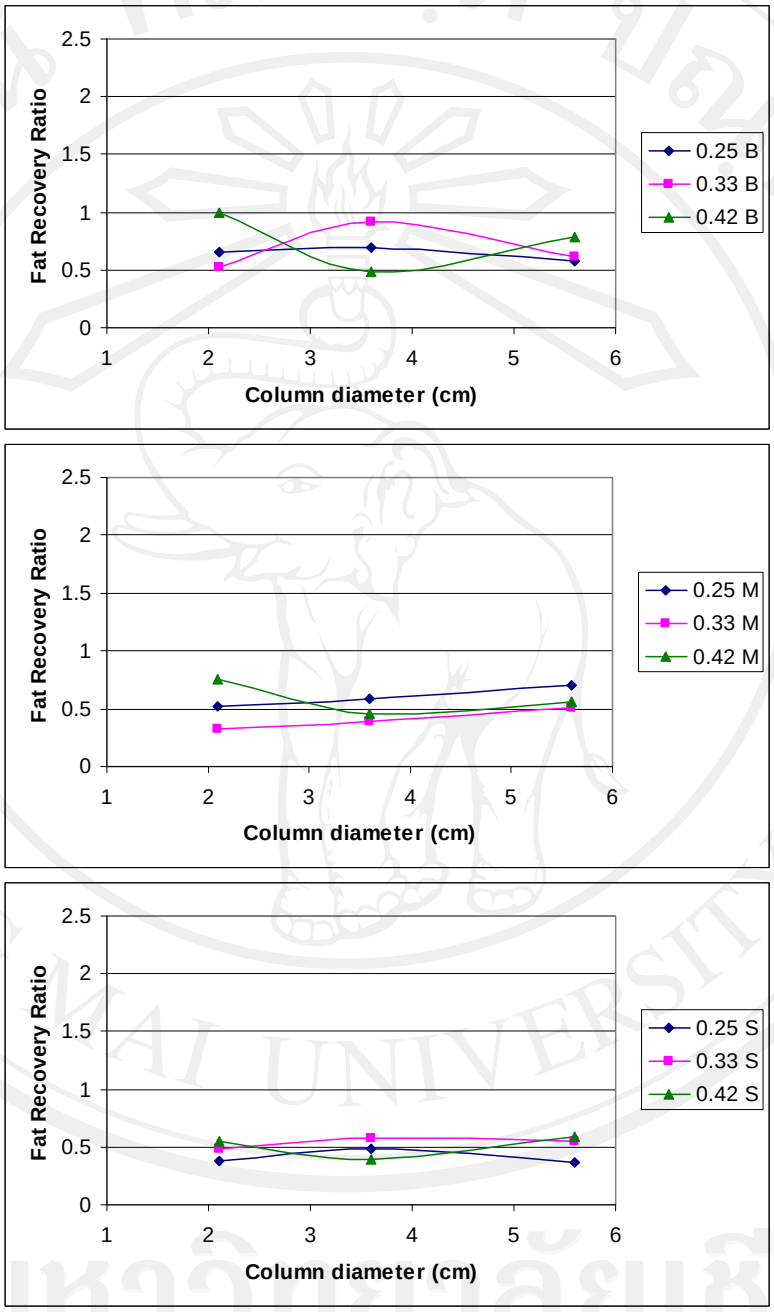
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ภาคผนวก จ

ภาพประกอบการประเมินประสิทธิภาพการแยกไขมัน น้ำตาลแลคโตส และโปรตีน (Recovery)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

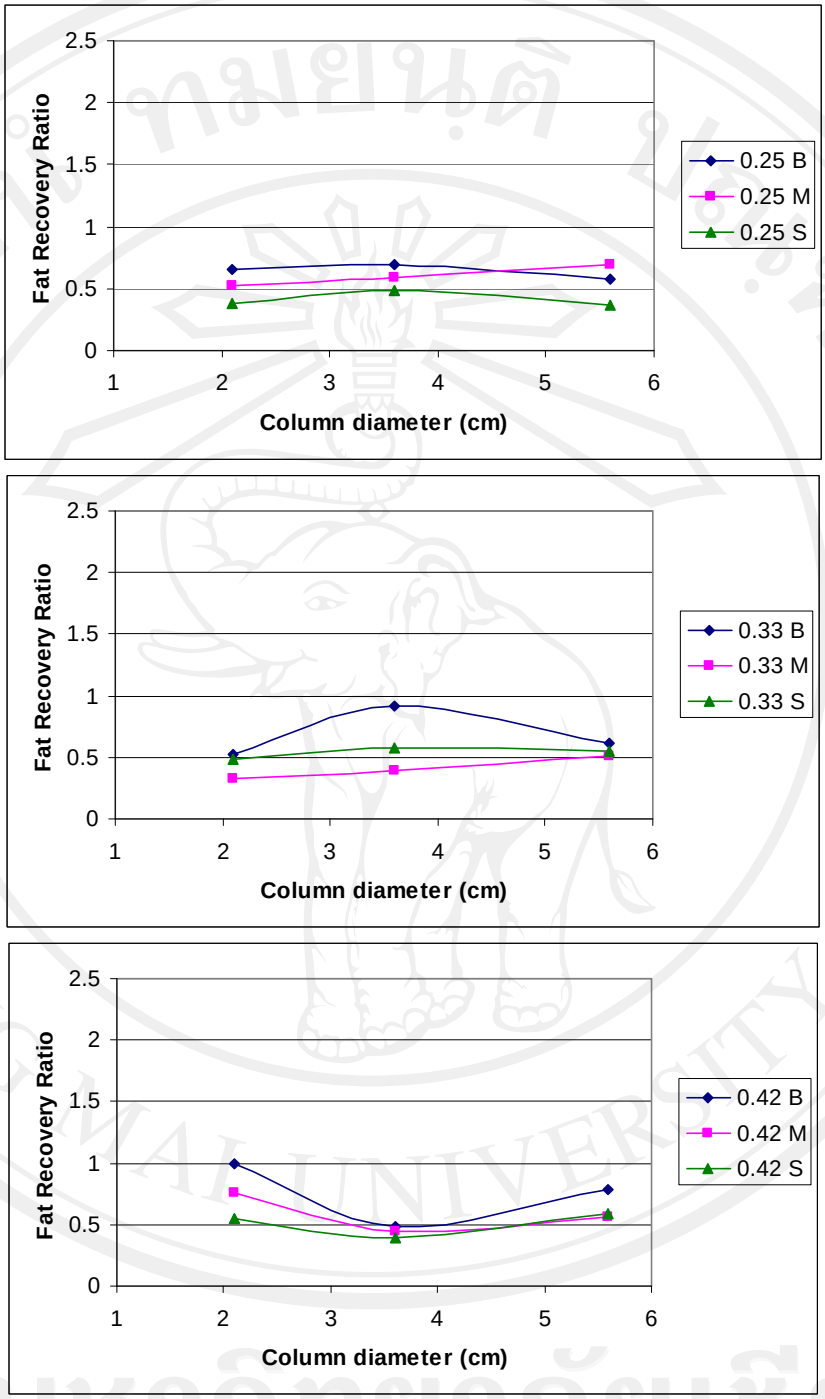
1. กราฟแสดงแนวโน้มประสิทธิภาพการแยกของตัวแปรด้านการปฏิบัติการต่างๆ ของค่า Recovery ของไขมัน



รูปที่ จ.1 ผลของขนาดคอลัมน์และขนาดรูพรุนที่มีต่อ Recovery ของไขมัน

เมื่อให้ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางคอลัมน์แก้วเท่ากับ 2.1, 3.6 และ 5.6 เซนติเมตร
ความเร็วการไหลของอากาศเท่ากับ 0.25, 0.33 และ 0.42 เซนติเมตร/วินาที
ขนาดรูพรุนของ glass filter เท่ากับ B: 160-100, M: 100-40 และ S 40-16 ไมโครเมตร

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



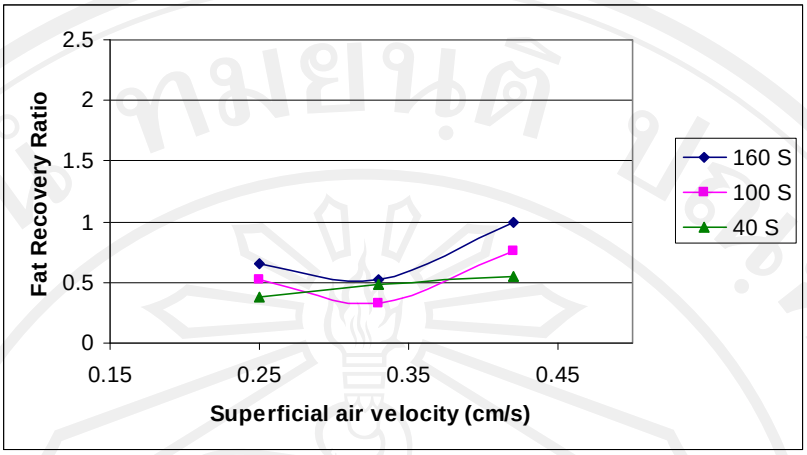
รูปที่ จ.2 ผลของขนาดคอลัมน์และความเร็วการไหลของอากาศที่มีต่อ Recovery ของไขมัน

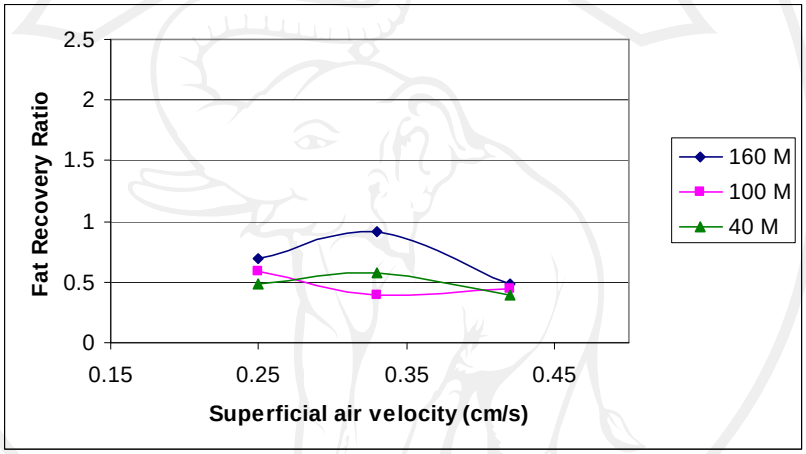
เมื่อให้ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางคอลัมน์แก้วเท่ากับ 2.1, 3.6 และ 5.6 เซนติเมตร

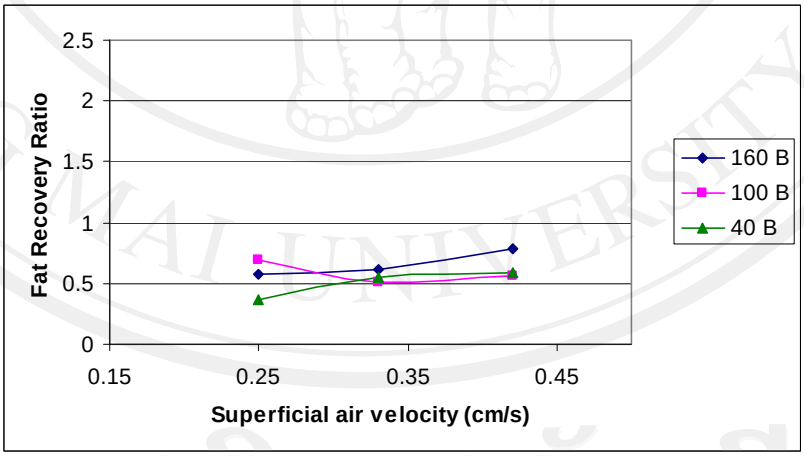
ความเร็วการไหลของอากาศเท่ากับ 0.25, 0.33 และ 0.42 เซนติเมตร/วินาที

ขนาดรูพรุนของ glass filter เท่ากับ B: 160-100, M: 100-40 และ S 40-16 ไมโครเมตร

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



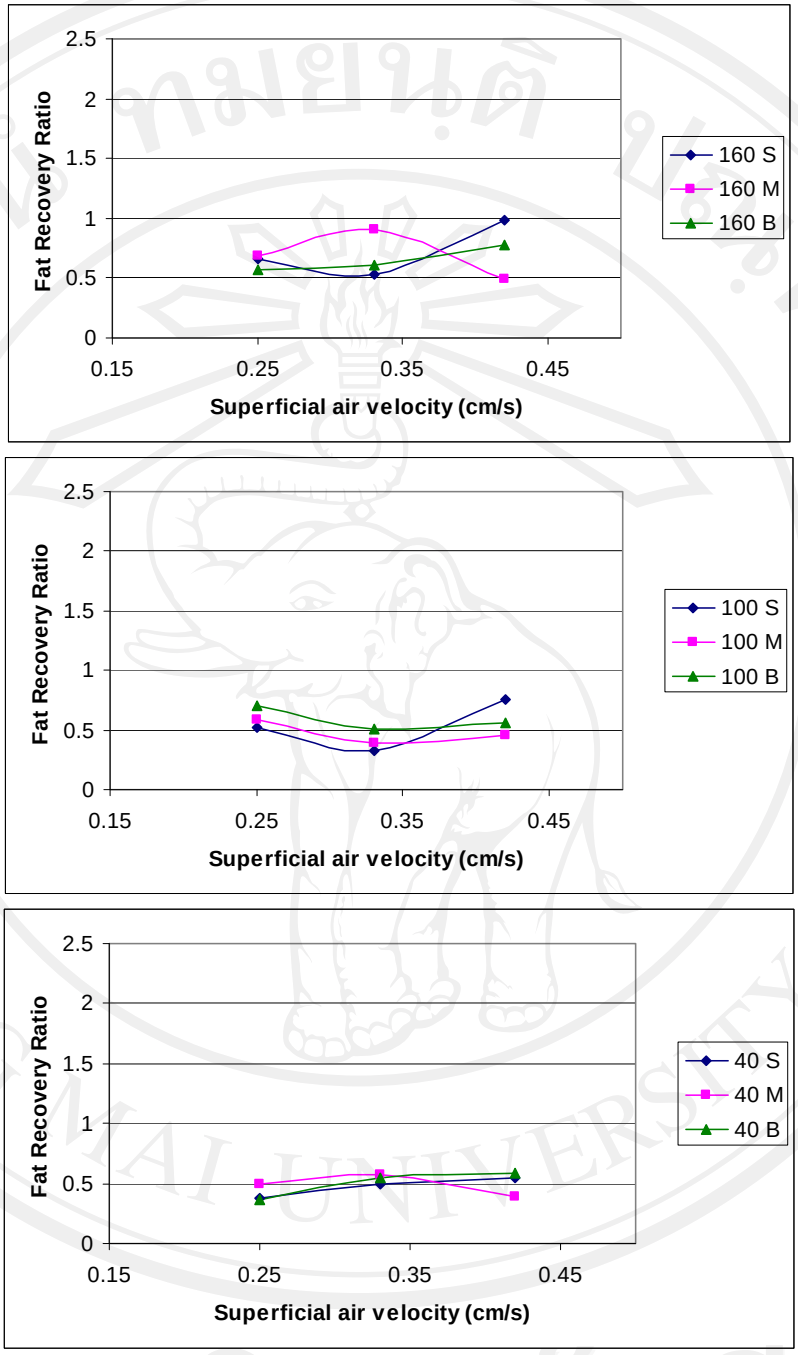




รูปที่ จ.3 ผลของความเร็วการไหลของอากาศและขนาดคอลัมน์ที่มีต่อ Recovery ของไขมัน

เมื่อให้ ความเร็วการไหลของอากาศเท่ากับ 0.25, 0.33 และ 0.42 เซนติเมตร/วินาที
ขนาดรูพรุนของ glass filter เท่ากับ 160-100, 100-40 และ 40-16 ไมโครเมตร
ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางคอลัมน์แก้วเท่ากับ S: 2.1, M: 3.6 และ B; 5.6 เซนติเมตร

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

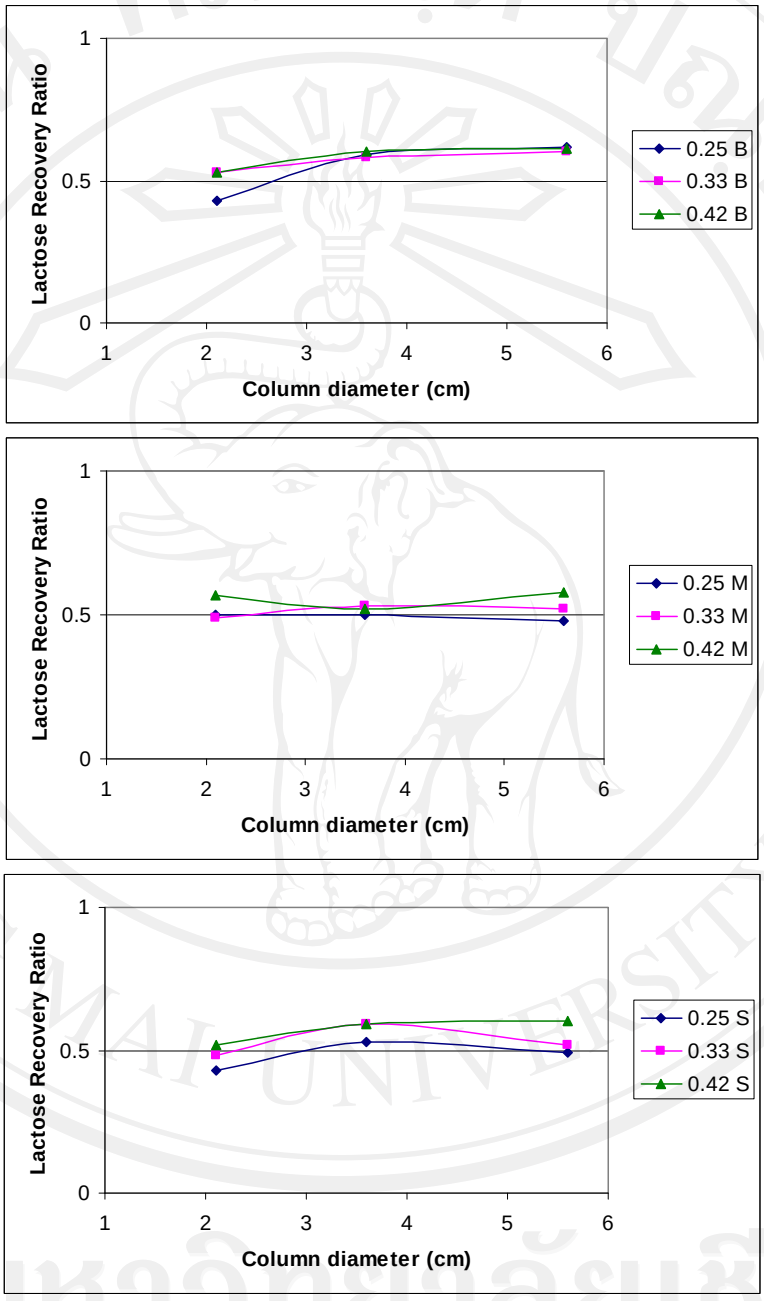


รูปที่ จ.4 ผลของความเร็วการไหลของอากาศและขนาดรูพรุนที่มีต่อ Recovery ของไขมัน

เมื่อให้ ความเร็วการไหลของอากาศเท่ากับ 0.25, 0.33 และ 0.42 เซนติเมตร/วินาที
ขนาดรูพรุนของ glass filter เท่ากับ 160-100, 100-40 และ 40-16 ไมโครเมตร
ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางคอลัมน์แก้วเท่ากับ S: 2.1, M: 3.6 และ B; 5.6 เซนติเมตร

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

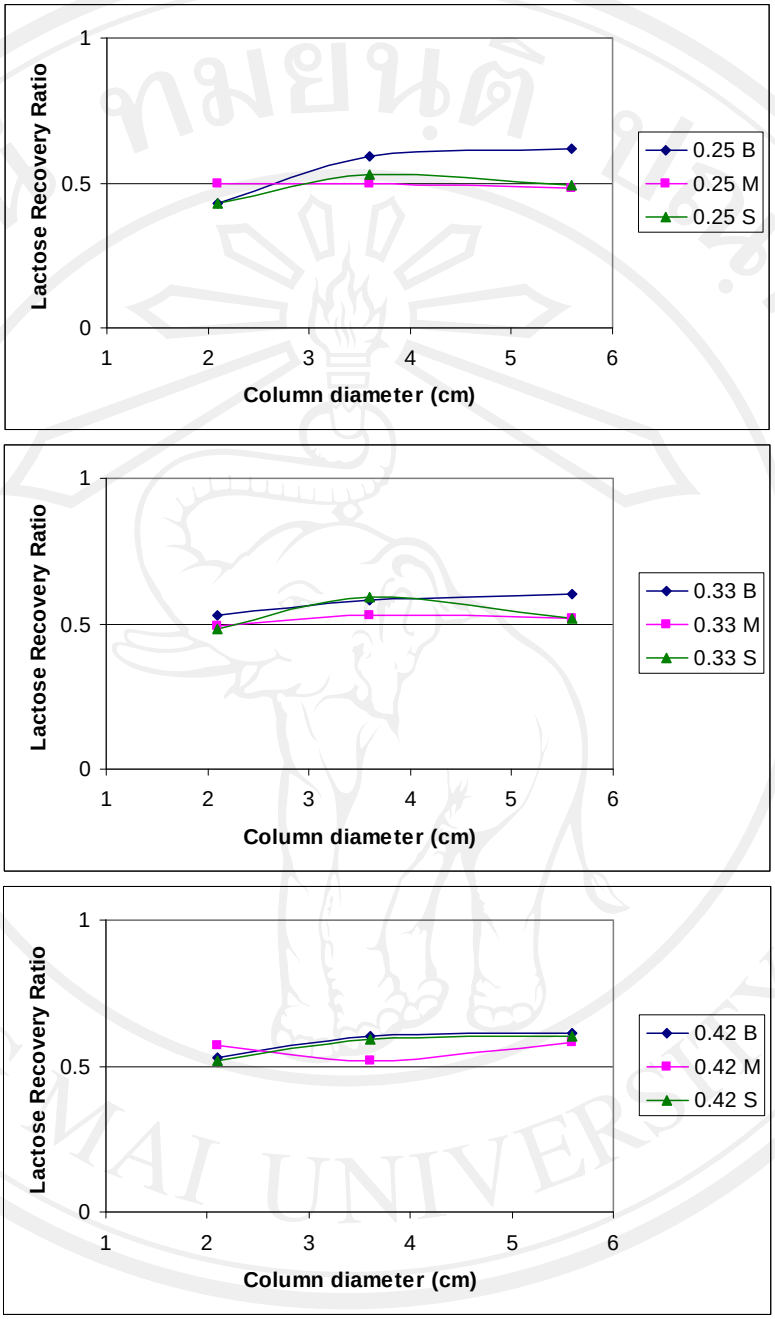
2. กราฟแสดงแนวโน้มประสิทธิภาพการแยกของตัวแปรด้านการปฏิบัติการต่างๆ ของค่าRecovery ของน้ำตาลแลคโตส



รูปที่ จ.5 ผลของขนาดคอลัมน์และขนาดรูพรุนที่มีต่อ Recovery ของน้ำตาลแลคโตส

เมื่อให้ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางคอลัมน์แก้วเท่ากับ 2.1, 3.6 และ 5.6 เซนติเมตร
ความเร็วการไหลของอากาศเท่ากับ 0.25, 0.33 และ 0.42 เซนติเมตร/วินาที
ขนาดรูพรุนของ glass filter เท่ากับ B: 160-100, M: 100-40 และ S 40-16 ไมโครเมตร

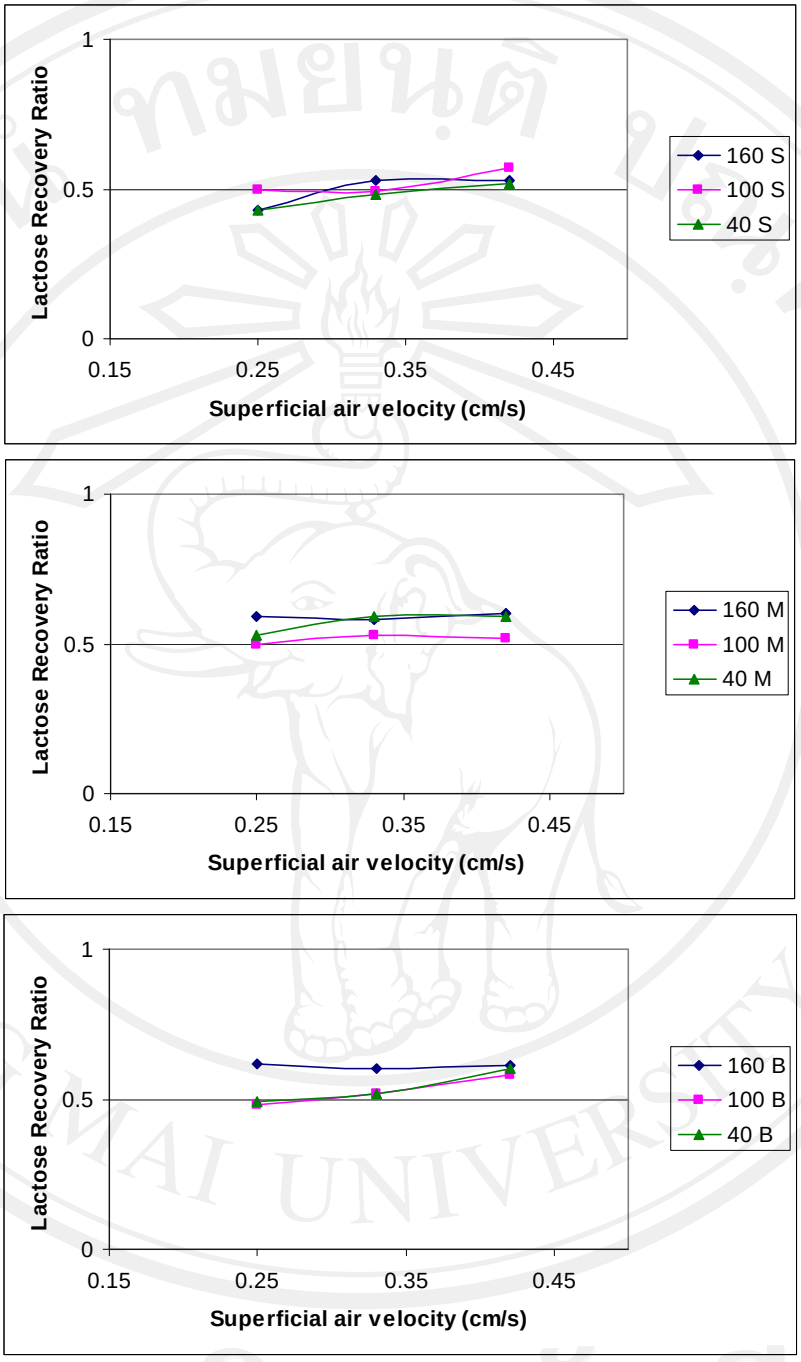
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



รูปที่ จ.6 ผลของขนาดคอลัมน์และความเร็วการไหลของอากาศที่มีต่อ Recovery ของน้ำตาลแลคโตส

เมื่อให้ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางคอลัมน์แก้วเท่ากับ 2.1, 3.6 และ 5.6 เซนติเมตร
ความเร็วการไหลของอากาศเท่ากับ 0.25, 0.33 และ 0.42 เซนติเมตร/วินาที
ขนาดรูพรุนของ glass filter เท่ากับ B: 160-100, M: 100-40 และ S 40-16 ไมโครเมตร

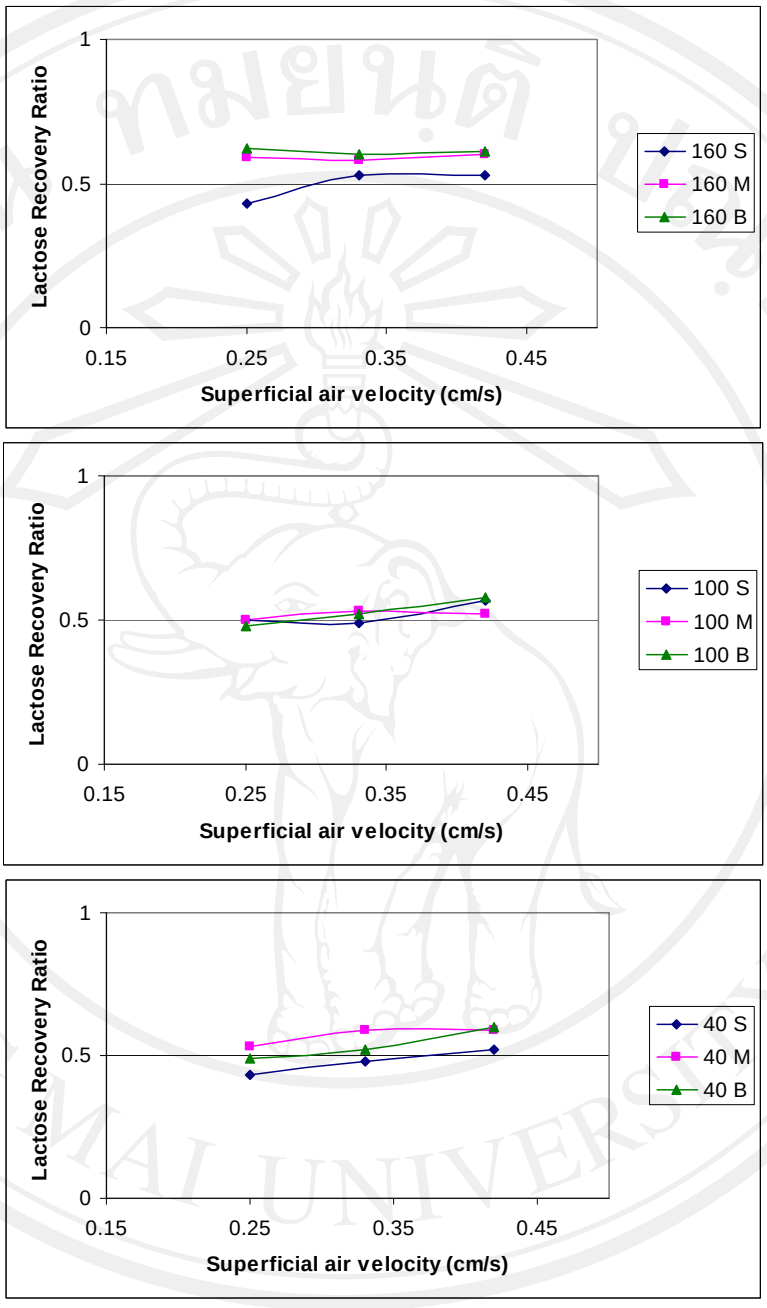
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



รูปที่ จ.7 ผลของความเร็วการไหลของอากาศและขนาดคอลัมน์ที่มีต่อ Recovery ของน้ำตาลแลคโตส

เมื่อให้ ความเร็วการไหลของอากาศเท่ากับ 0.25, 0.33 และ 0.42 เซนติเมตร/วินาที
ขนาดรูพรุนของ glass filter เท่ากับ 160-100, 100-40 และ 40-16 ไมโครเมตร
ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางคอลัมน์แก้วเท่ากับ S: 2.1, M: 3.6 และ B; 5.6 เซนติเมตร

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

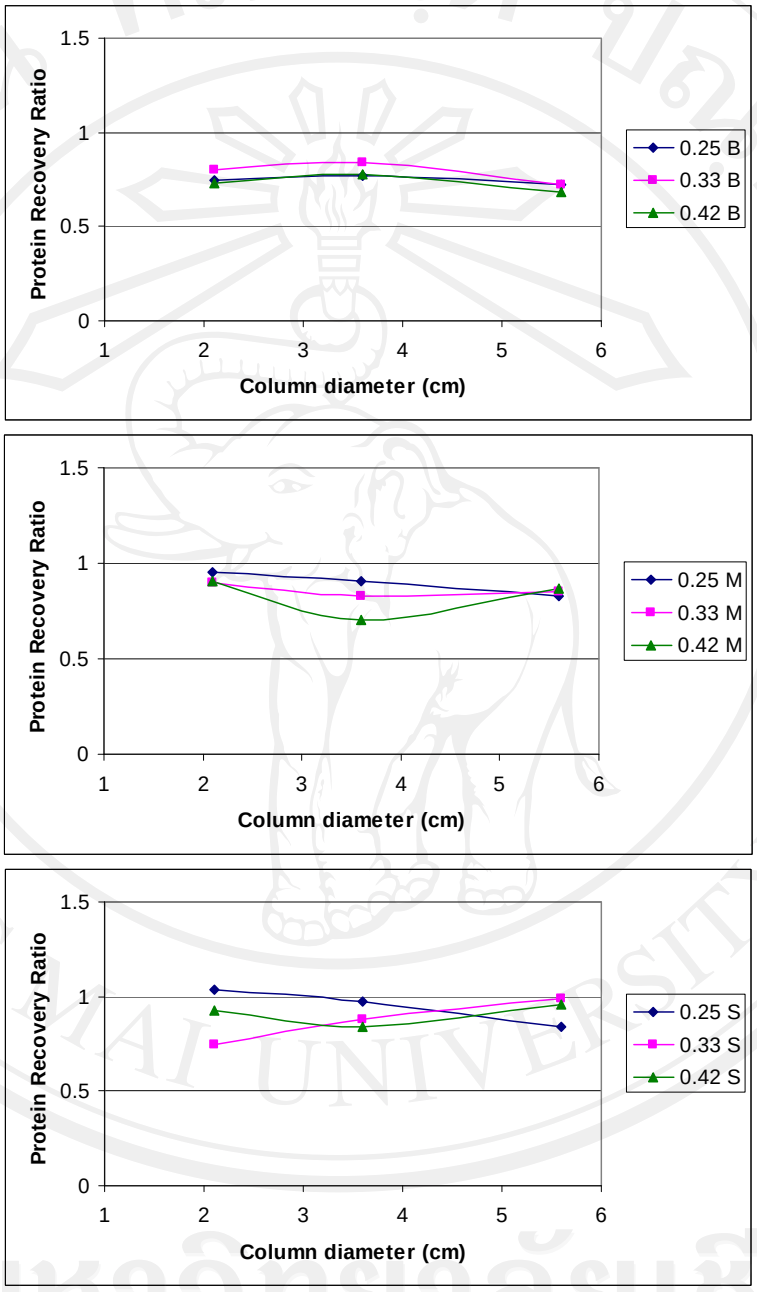


รูปที่ จ.8 ผลของความเร็วการไหลของอากาศและขนาดรูพรุนที่มีต่อ Recovery ของน้ำตาลแลคโตส

เมื่อให้ ความเร็วการไหลของอากาศเท่ากับ 0.25, 0.33 และ 0.42 เซนติเมตร/วินาที
ขนาดรูพรุนของ glass filter เท่ากับ 160-100, 100-40 และ 40-16 ไมโครเมตร
ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางคอลัมน์แก้วเท่ากับ S: 2.1, M: 3.6 และ B; 5.6 เซนติเมตร

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

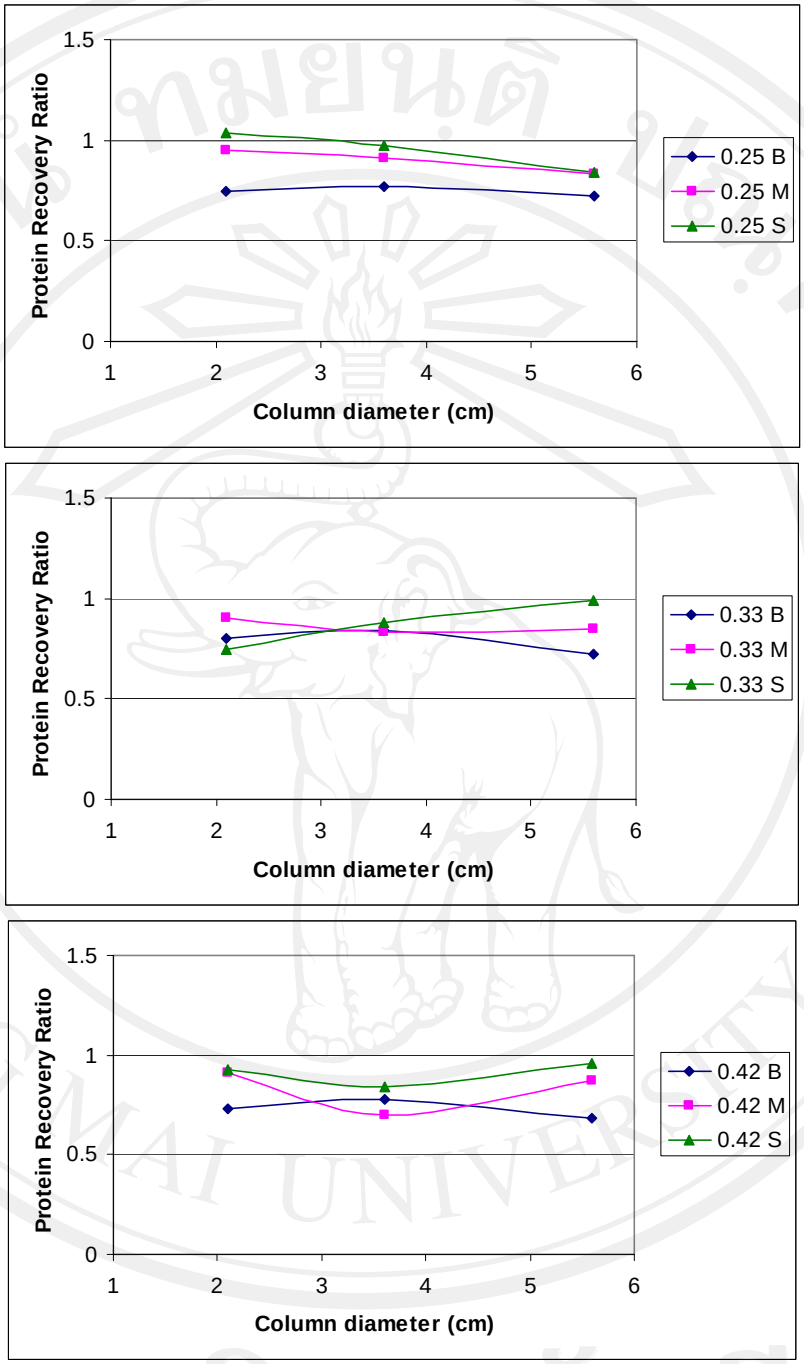
3. กราฟแสดงแนวโน้มประสิทธิภาพการแยกของตัวแปรด้านการปฏิบัติการต่างๆ ของค่า Recovery ของโปรตีน ณ นาทีที่ 20



รูปที่ จ.9 ผลของขนาดคอลัมน์และขนาดรูพรุนที่มีต่อ Recovery ของโปรตีน (นาทีที่ 20)

เมื่อให้ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางคอลัมน์แก้วเท่ากับ 2.1, 3.6 และ 5.6 เซนติเมตร
ความเร็วการไหลของอากาศเท่ากับ 0.25, 0.33 และ 0.42 เซนติเมตร/วินาที
ขนาดรูพรุนของ glass filter เท่ากับ B: 160-100, M: 100-40 และ S 40-16 ไมโครเมตร

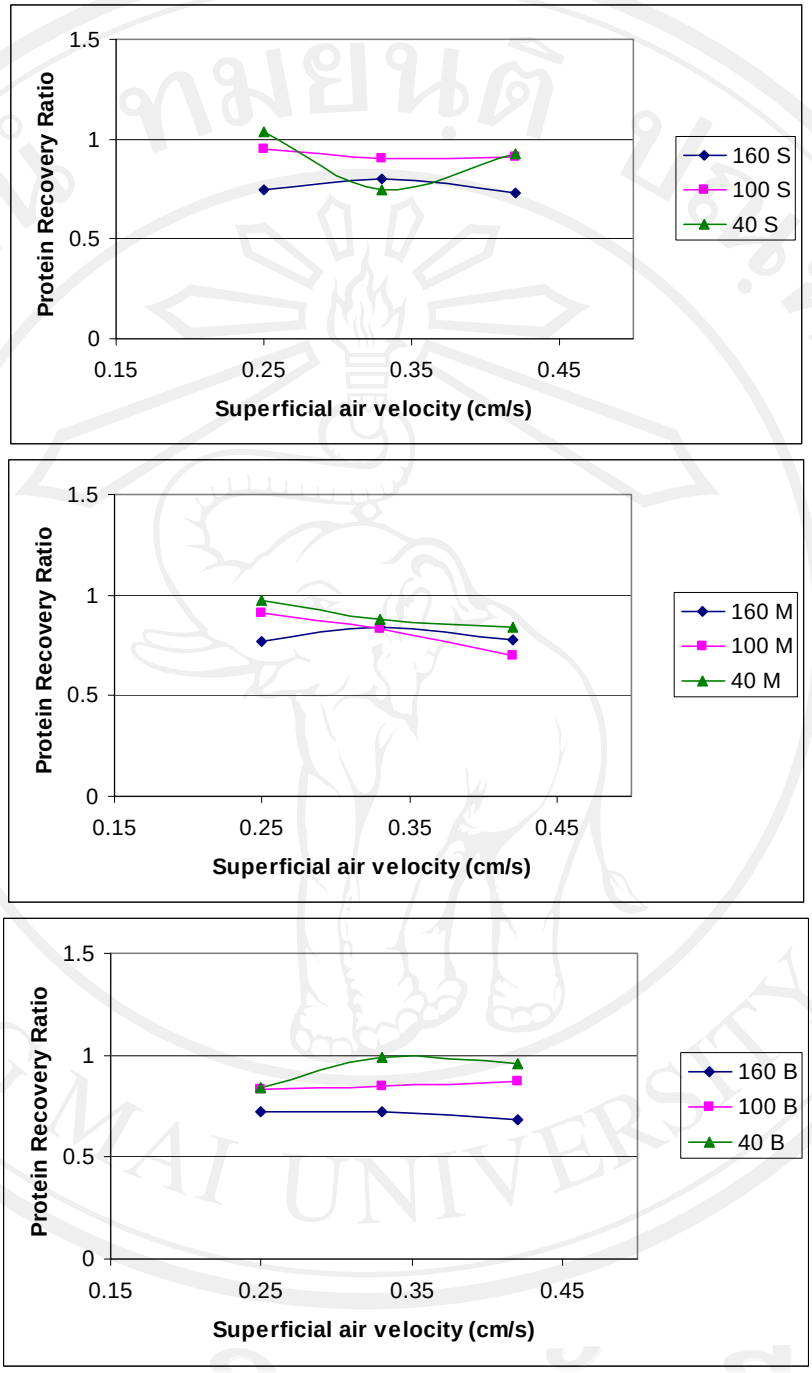
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



รูปที่ จ.10 ผลของขนาดคอลัมน์และความเร็วการไหลของอากาศที่มีต่อ Recovery ของโปรตีน (นาทีที่ 20)

เมื่อให้ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางคอลัมน์แก้วเท่ากับ 2.1, 3.6 และ 5.6 เซนติเมตร
ความเร็วการไหลของอากาศเท่ากับ 0.25, 0.33 และ 0.42 เซนติเมตร/วินาที
ขนาดรูพรุนของ glass filter เท่ากับ B: 160-100, M: 100-40 และ S 40-16 ไมโครเมตร

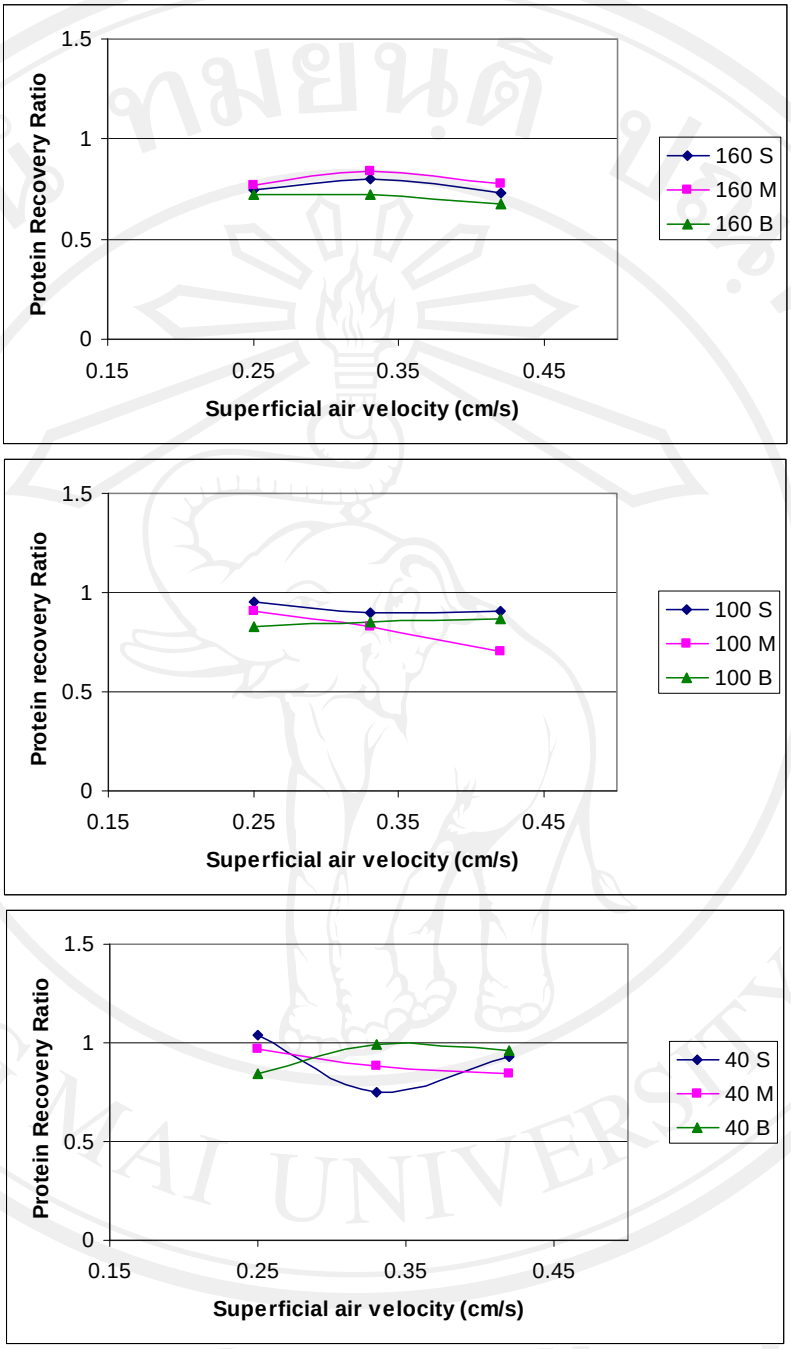
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



รูปที่ จ.11 ผลของความเร็วการไหลของอากาศและขนาดคอลัมน์ที่มีต่อ Recovery ของโปรตีน (นาทีที่ 20)

เมื่อให้ ความเร็วการไหลของอากาศเท่ากับ 0.25, 0.33 และ 0.42 เซนติเมตร/วินาที
ขนาดรูพรุนของ glass filter เท่ากับ 160-100, 100-40 และ 40-16 ไมโครเมตร
ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางคอลัมน์แก้วเท่ากับ S: 2.1, M: 3.6 และ B; 5.6 เซนติเมตร

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

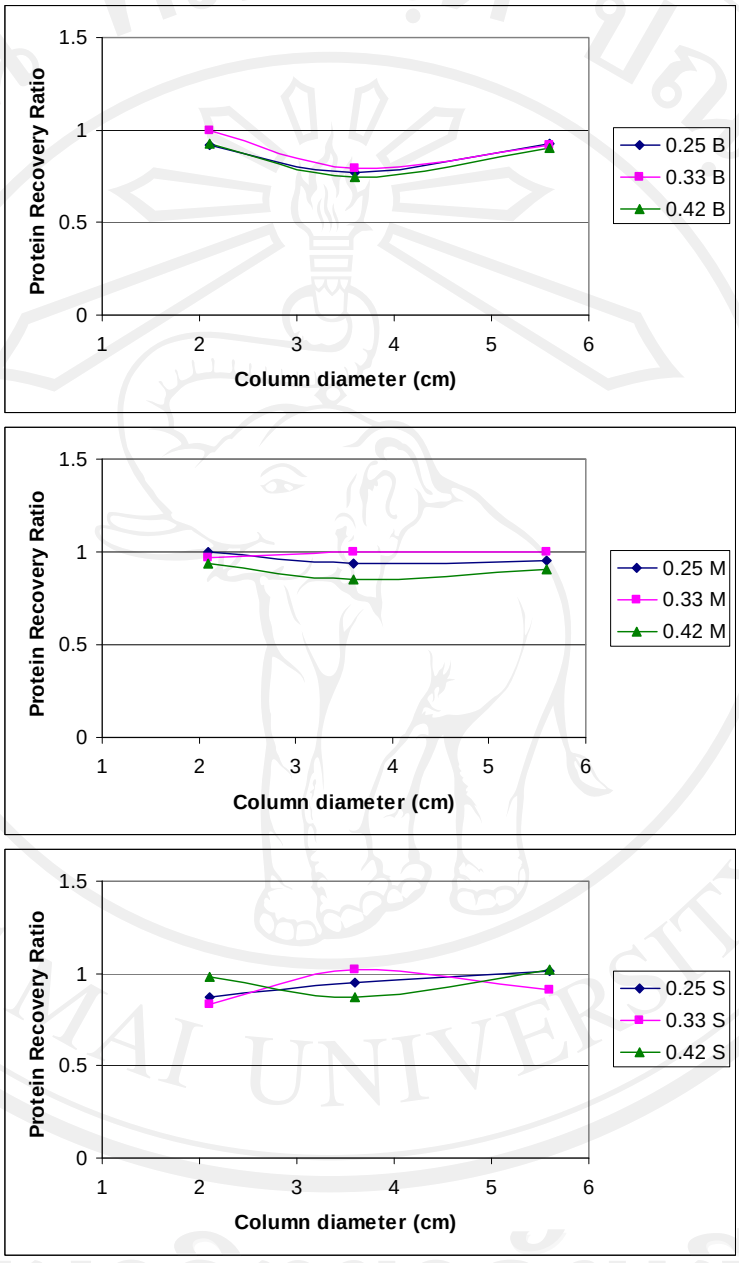


รูปที่ จ.12 ผลของความเร็วการไหลของอากาศและขนาดรูพรุนที่มีต่อ Recovery ของโปรตีน (นาทีที่ 20)

เมื่อให้ ความเร็วการไหลของอากาศเท่ากับ 0.25, 0.33 และ 0.42 เซนติเมตร/วินาที
ขนาดรูพรุนของ glass filter เท่ากับ 160-100, 100-40 และ 40-16 ไมโครเมตร
ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางคอลัมน์แก้วเท่ากับ S: 2.1, M: 3.6 และ B; 5.6 เซนติเมตร

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

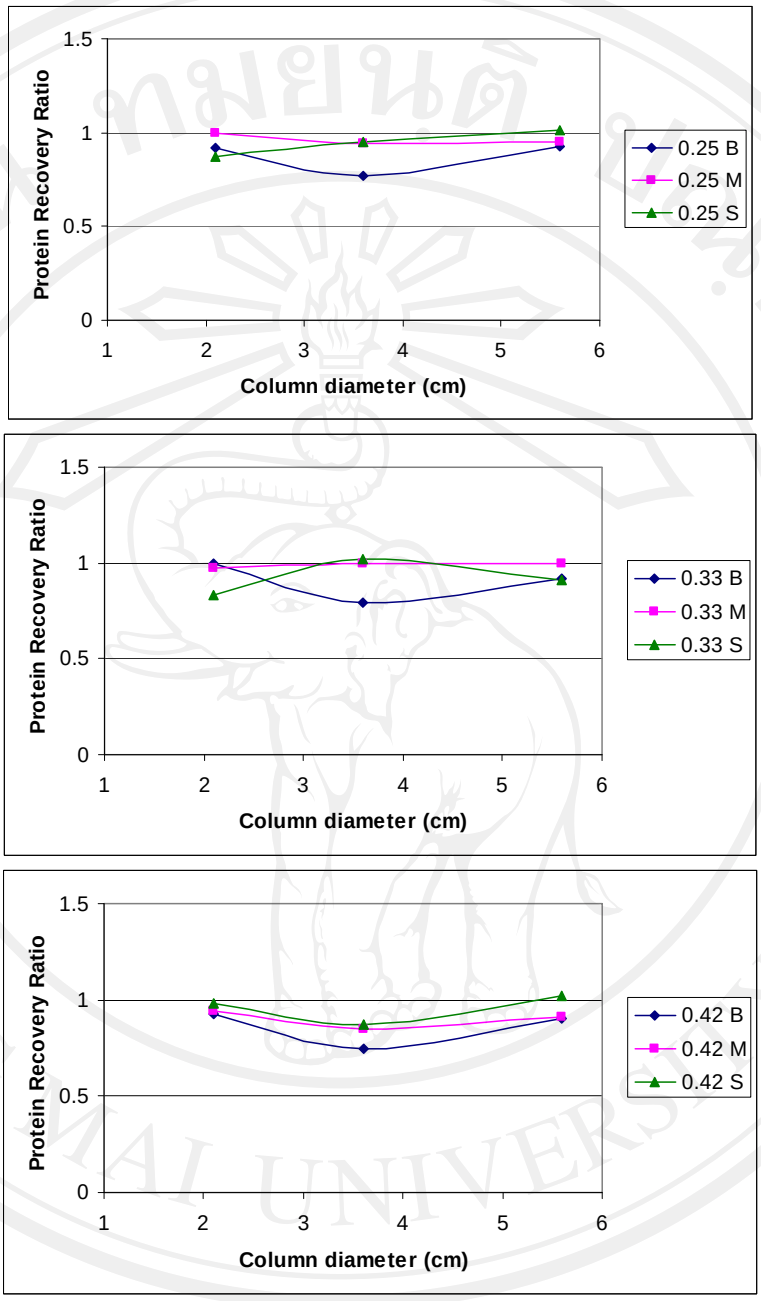
4. กราฟแสดงแนวโน้มประสิทธิภาพการแยกของตัวแปรด้านการปฏิบัติการต่างๆ ของค่า Recovery ของโปรตีน ณ นาทีที่ 40



รูปที่ จ.13 ผลของขนาดคอลัมน์และขนาดรูพรุนที่มีต่อ Recovery ของโปรตีน (นาทีที่ 40)

เมื่อให้ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางคอลัมน์แก้วเท่ากับ 2.1, 3.6 และ 5.6 เซนติเมตร
ความเร็วการไหลของอากาศเท่ากับ 0.25, 0.33 และ 0.42 เซนติเมตร/วินาที
ขนาดรูพรุนของ glass filter เท่ากับ B: 160-100, M: 100-40 และ S 40-16 ไมโครเมตร

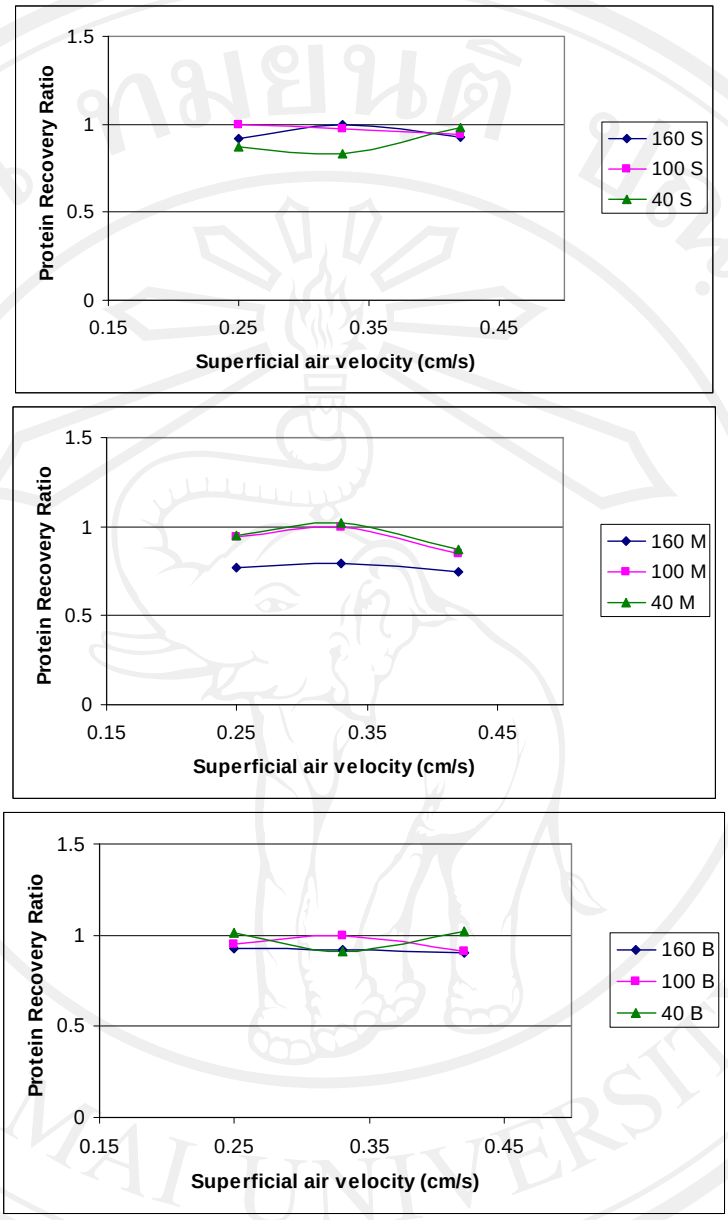
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



รูปที่ จ.14 ผลของขนาดคอลัมน์และความเร็วการไหลของอากาศที่มีต่อ Recovery ของโปรตีน (นาทีที่ 40)

เมื่อให้ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางคอลัมน์แก้วเท่ากับ 2.1, 3.6 และ 5.6 เซนติเมตร
ความเร็วการไหลของอากาศเท่ากับ 0.25, 0.33 และ 0.42 เซนติเมตร/วินาที
ขนาดรูพรุนของ glass filter เท่ากับ B: 160-100, M: 100-40 และ S 40-16 ไมโครเมตร

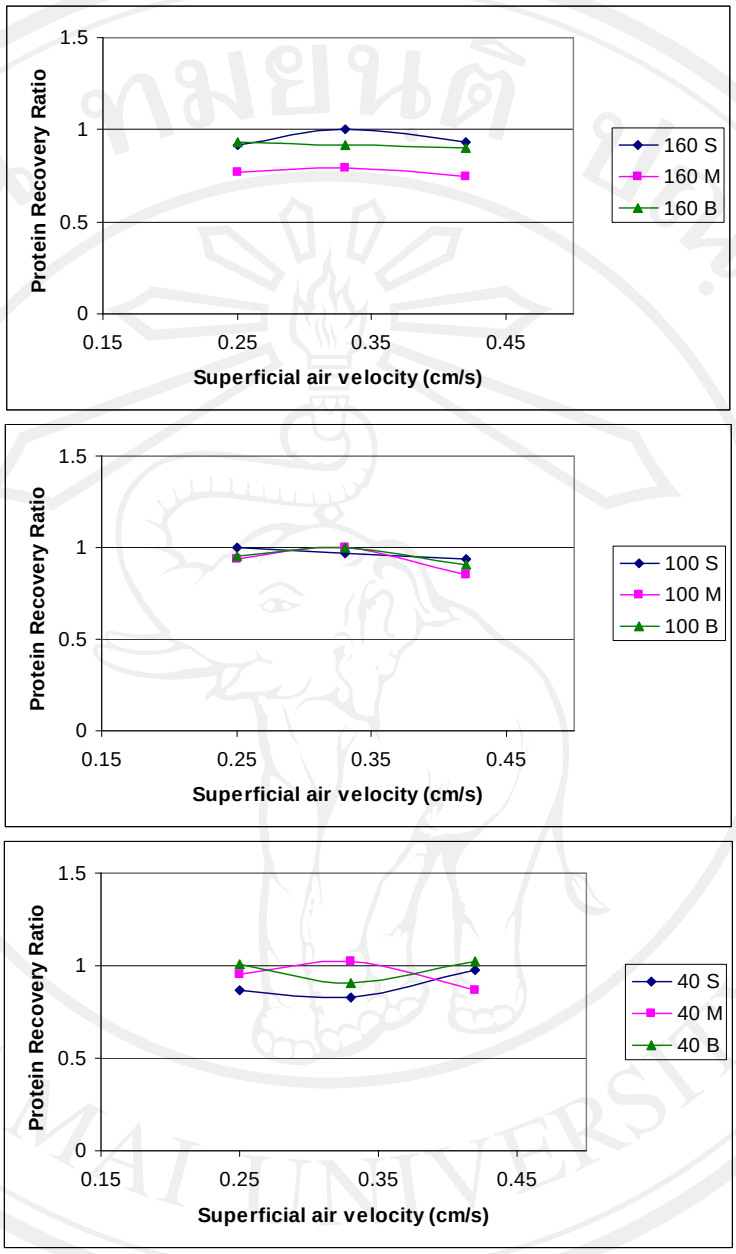
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



รูปที่ จ.15 ผลของความเร็วการไหลของอากาศและขนาดคอลัมน์ที่มีต่อ Recovery ของโปรตีน (นาทีที่ 40)

เมื่อให้ ความเร็วการไหลของอากาศเท่ากับ 0.25, 0.33 และ 0.42 เซนติเมตร/วินาที
ขนาดรูพรุนของ glass filter เท่ากับ 160-100, 100-40 และ 40-16 ไมโครเมตร
ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางคอลัมน์แก้วเท่ากับ S: 2.1, M: 3.6 และ B; 5.6 เซนติเมตร

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

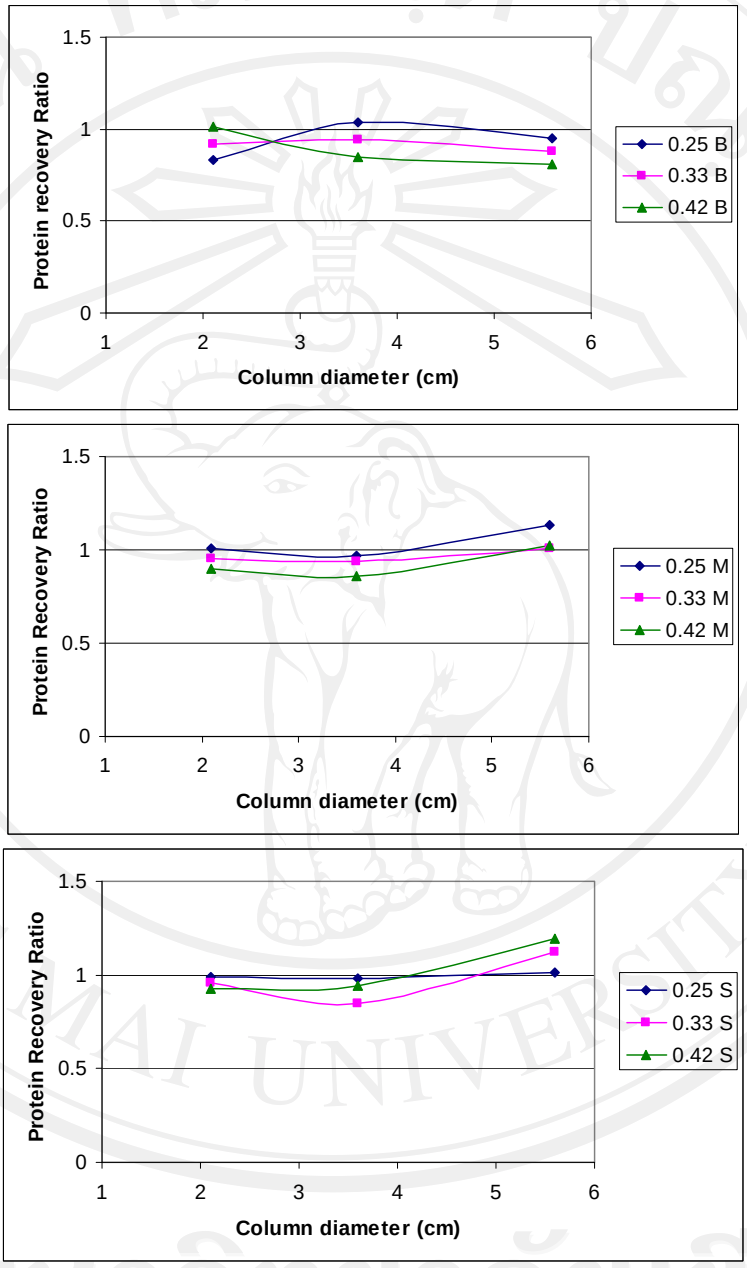


รูปที่ ง.16 ผลของความเร็วการไหลของอากาศและขนาดรูพรุนที่มีต่อ Recovery ของโปรตีน (นาทีที่ 40)

เมื่อให้ ความเร็วการไหลของอากาศเท่ากับ 0.25, 0.33 และ 0.42 เซนติเมตร/วินาที
ขนาดรูพรุนของ glass filter เท่ากับ 160-100, 100-40 และ 40-16 ไมโครเมตร
ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางคอลัมน์แก้วเท่ากับ S: 2.1, M: 3.6 และ B; 5.6 เซนติเมตร

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

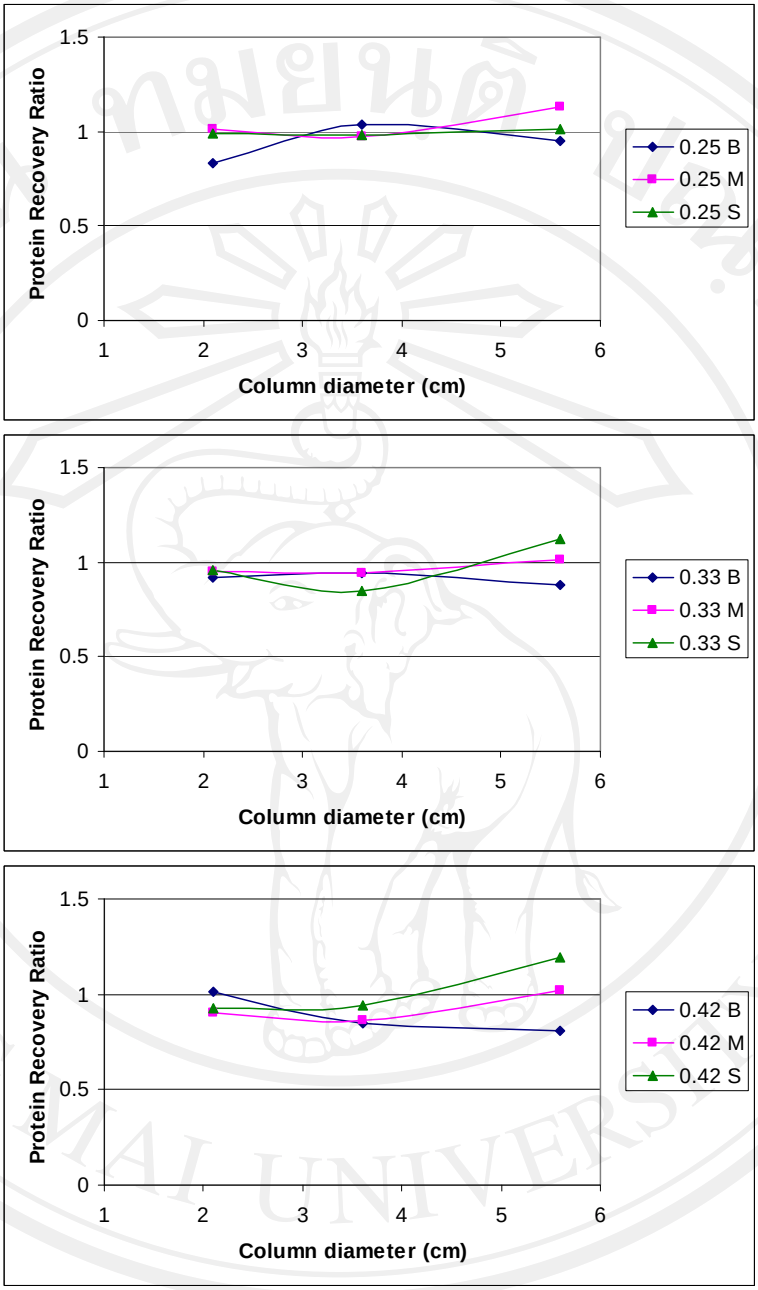
5. กราฟแสดงแนวโน้มประสิทธิภาพการแยกของตัวแปรด้านการปฏิบัติการต่างๆ ของค่า Protein Enrichment ของโปรตีน ณ นาทีที่ 60



รูปที่ จ.17 ผลของขนาดคอลัมน์และขนาดรูพรุนที่มีต่อ Recovery ของโปรตีน (นาทีที่ 60)

เมื่อให้ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางคอลัมน์แก้วเท่ากับ 2.1, 3.6 และ 5.6 เซนติเมตร
ความเร็วการไหลของอากาศเท่ากับ 0.25, 0.33 และ 0.42 เซนติเมตร/วินาที
ขนาดรูพรุนของ glass filter เท่ากับ B: 160-100, M: 100-40 และ S 40-16 ไมโครเมตร

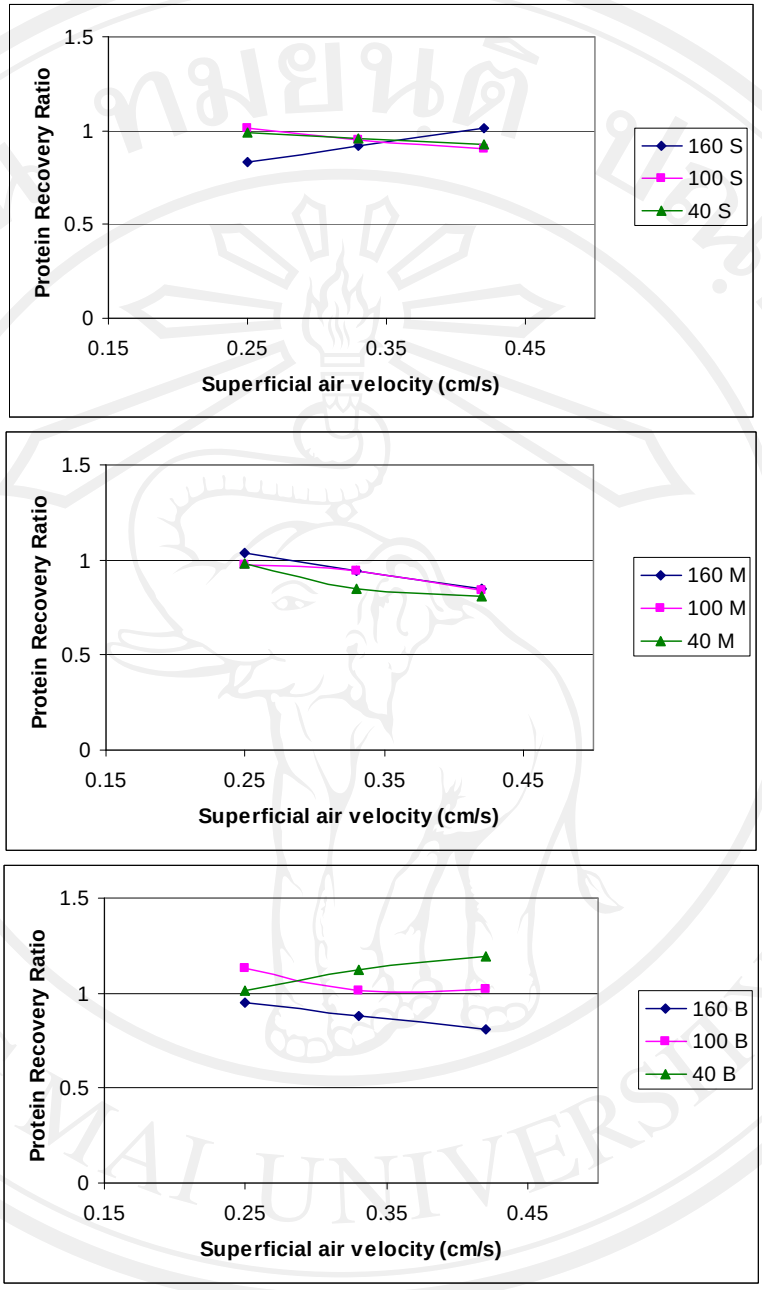
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



รูปที่ จ.18 ผลของขนาดคอลัมน์และความเร็วการไหลของอากาศที่มีต่อ Recovery ของโปรตีน (นาทีที่ 60)

เมื่อให้ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางคอลัมน์แก้วเท่ากับ 2.1, 3.6 และ 5.6 เซนติเมตร
ความเร็วการไหลของอากาศเท่ากับ 0.25, 0.33 และ 0.42 เซนติเมตร/วินาที
ขนาดรูพรุนของ glass filter เท่ากับ B: 160-100, M: 100-40 และ S 40-16 ไมโครเมตร

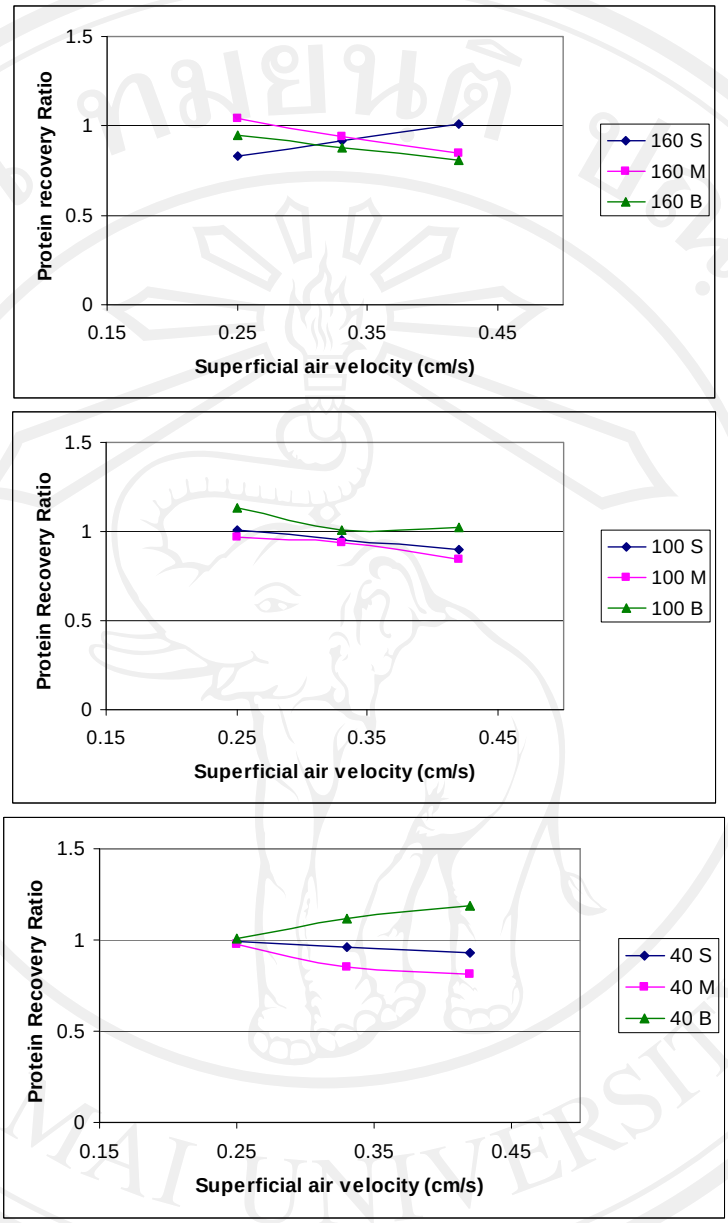
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



รูปที่ จ.19 ผลของความเร็วการไหลของอากาศและขนาดคอลัมน์ที่มีต่อ Recovery ของโปรตีน (นาทีที่ 60)

เมื่อให้ ความเร็วการไหลของอากาศเท่ากับ 0.25, 0.33 และ 0.42 เซนติเมตร/วินาที
ขนาดรูพรุนของ glass filter เท่ากับ 160-100, 100-40 และ 40-16 ไมโครเมตร
ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางคอลัมน์แก้วเท่ากับ S: 2.1, M: 3.6 และ B; 5.6 เซนติเมตร

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



รูปที่ จ.20 ผลของความเร็วการไหลของอากาศและขนาดรูพรุนที่มีต่อ Recovery ของโปรตีน (นาทีที่ 60)

เมื่อให้ ความเร็วการไหลของอากาศเท่ากับ 0.25, 0.33 และ 0.42 เซนติเมตร/วินาที
ขนาดรูพรุนของ glass filter เท่ากับ 160-100, 100-40 และ 40-16 ไมโครเมตร
ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางคอลัมน์แก้วเท่ากับ S: 2.1, M: 3.6 และ B; 5.6 เซนติเมตร

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ - สกุล นายศิริพงษ์ โคตรบรรเทา

วัน เดือน ปีเกิด 19 มกราคม 2524

ประวัติการศึกษา สำเร็จการศึกษามัธยมศึกษาตอนปลาย
โรงเรียนประจวบวิทยาลัย อ. เมือง จ. ประจวบคีรีขันธ์
ปีการศึกษา 2541

สำเร็จการศึกษาปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาเทคโนโลยีชีวภาพ
คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยศิลปากร
วิทยาเขตพระราชวังสนามจันทร์ จ.นครปฐม
ปีการศึกษา 2546

ประวัติการทำงาน ปี พ.ศ. 2547-50 ทำงานในตำแหน่งเจ้าหน้าที่วิจัย ฝ่ายวิจัยและพัฒนา
บริษัท เอส.วี.ดับเบิลยู. เอ็นจิเนียริ่ง แอน คอนสตรัคชั่น จำกัด
โรงงานสุรา จ.นครปฐม

ปี พ.ศ. 2550-51 ทำงานในตำแหน่ง นักวิทยาศาสตร์ แผนกยาปราศจากเชื้อ
ห้างหุ้นส่วนจำกัด เวสโก ฟาร์มาซูติคอล กรุงเทพมหานคร

ทุนการศึกษา ได้รับทุนอุดหนุนจากบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

ได้รับทุนอุดหนุนจากทุนศูนย์ส่งเสริมการวิจัยในภูมิภาคเอเชียของมูลนิธิ
เกาหลีเพื่อการศึกษาขั้นสูง ณ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved