รายการอ้างอิง

1. สถิติการเพาะปลูกไม้ผลไม้ยืนต้น ปีการเพาะปลูก33/34 , ฝ่ายวิเคราะห์ข้อมูลส่งเสริมการเกษตร กองแผนงาน กรมส่งเสริมการเกษตร.
2. Rao PS. Tamarind Seed Jellose : A New Class of Neutral Polysaccharides. Dehra Dun, Manu – Script. 1956.
3. Rao PS. Tamarind , Industrial Gum-Polysaccharides and other Derivatives. New York : Academic Press , 1993 : 247-250.
4. Jones D.A. and Jordan W.A. Purification of Tamarind Gum. US. Patent 4074043. 1978.
5. Teraoka T., Iriguchi A., Ebie K. and Mizuhashi N. Process for Separating Polysaccharides from Tamarind Seeds. U.S. Patent 4895938 , 1990.
6. ข้อมูลเบื้องต้นของมะขามจากบริษัท GM Ichihara.
7. Somsiri, A. Pilot Scale Production of Tamarind Seed Polysaccharide. M.Sc. Thesis in Pharmacy, Faculty of Graduate Studies, Mahidol University, 1997.
8. Martindale The Extra Pharmacopoeia. 28th ed. London : The Pharmaceutical Press. 1982.
9. Khan NA and Mukherjee BD. The polysaccharide and tamarind seed kernel. The Chemistry and Industry 1932 : 1413 – 1414.
10. Kooiman P. The Constitution of Tamarindus Amyloid. Rec. Trav. Chem. 1961 ; 80(7) ; 849 – 865.

11. Rao PS., Ghose TP and Krishna S. Tamarind Seed Gelose Fermentative Degradation. Chem. Abstr. 1953 : (47) ; 6875.

12. Kumararaj R. et al. Chemical composition and nutritive value of differently processed tamarind seed in chick ration , J Poult Sci. 1980 ; 16 : 356 – 363.

13. Savur GR. Tamarind seed polysaccharide. Current Sci. No. 7 July 1955 : 235 – 236.

14. White EV and Rao PS. The commercial Product of India. New Delhi, Today and Tomorrow's Printer and Publisher. 1966.

15. Savur GR. Characterization of Tamarind Seed Polysaccharides. J. Indian Chem. Soc. 1959 ; 19 : 67 – 70.

16. Srivastava HC and Singh PP. Structure of Polysaccharide from Tamarind Kernel Powder. Carb. Res. 1967 ; 4 : 326 – 42.

17. Das, D.B. and Basak, K.K. A Study of the Viscosity of Decorticated Tamarind Seed Powder. J. Ind. Chem. Soc. 1950 : 27(3) : 115 – 122.

18. Chakroverti I.B. , Nag S and Macmillan W.G. J Sci Ind Res. Sect D, 1961 ; 20 : 380, Taken from Chem Abstr. 1962 ; 56 : 15805e.

19. Wada K. ,Tamura A and Shoji O. Nippon Nogei Kagaku Kaishi 1964 ; 38 : 347. Taken from : Chem. Abstr.1965 ; 63 : 6247.

20. Suttananta W. Rheological Stydies on Tamarind Seed Polysaccharide Dispersion. M.Sc. Thesis in Pharmacy, Faculty of Graduate Studies, Mahidol University, 1986.

21. พวงเพ็ชร นิธยานนท์. การผลิตและการใช้ประโยชน์ของกัมจากเมล็ดมะขาม. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2522.

22. Martin A. Physical Pharmacy 3rd ed. Philadelphia : Lea & Febiger, 1983 : 522 – 543.

23. Rao P.S. Tamarind. Industrial Gum-Polysaccharides and other Derivatives. New York : Academic Press , 1959 : 461 – 504.

24. Degichi Y and Shiba T. Process for Obtaining Tamarind Seed Jellose. US. Patent 3287350. 1966.

25. Johansson, L. and Pichitakul, N. Industrial Uses of Tamarind Purification of Tamarind Kernel Powder and Preparation of Tamarind Seed Jellose. ASRCT 1967.

26. Gordon A.L. Tamarind Extract. U.S. Patent 3399189 . 1968.

27. Sandford P.A. Clarified Tamarind Kernel Powder. U.S. Patent 4429121 . 1984.

28. Veluraja K., Ayyalnarayanasubburaj S. and Paulraj A.J. Preparation of gum from Tamarind seed – and its application in the preparation of composite material with sisal fibre. Carbohydrate Polymers. 1997 : 34 ; 377 – 379.

29. Weigert T. and Ripperger S. Effect of Filter Fabric Blinding on Cake Filtration. Filtration & Separation. 1997 : 34(5) ; 507 – 510.

30. Lu W.M., Tung K.L. and Hwang K.J. Effect of woven structure on transient characteristics of cake filtration. Chemical Engineering Science. 1997 : 52(11) ; 1743 – 1756.

31. Tarleton E.S. and Willmer S.A. The Effects of Scale and Process Parameters in Cake Filtration. Trans IchemE. 1997 : 75 ; 497 – 507.

32. Tanaka T., Yamagiwa N., Nagano T., Taniguchi M. and Nakanishi K. Formation and Structural Change of Cake during Crossflow Microfiltration of Microbial Cell Suspension Containing Fine Particles. Bioseparation Engineering. 2000: 29 – 34.

33. หนังสือ ชีวเคมี ฉบับปรับปรุงใหม่ : พิมพ์ครั้งที่ 2. ภาควิชาชีวเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล : 2533 ; 200 – 201.

34. Coutts RT, and Smail GA. Polysaccharides in : Plysaccharides peptides and preteins , London : Willium Heinemann Medical Book Ltd.

35. Smith F. and Montgomery R. The chemistry of plant gums and mucilages and some related polysaccharides. American Chemical Society Monograph Series. New York : Reinhold Publishing Corporation, 1959.

36. Klose R.E., and Glickman M. Gums. Handbook of Food Additives. Ed Furia T.E. Cleveland : CRC press : 1972.

37. Glickman M. Gum Technology in the Food Industry. New York : Academic press :1969.

38. Krumel K.L. and Sarkar N. Flow Properties of Gums. Usefuls to the Food Industry. Food Technology : 29(4) : 36 . 38 . 40 – 41 , 43 – 44 ; 1975.

39. Strahlmann B. Hydrocolloids Based on Polysaccharide. Ernaehrungs – Umschan : 23(1) : 331 – 338 ; 1976.

40. Whistler R.L. and Miller J.N. Industrial Gums Polysaccharides and Their Derivatives. Academic press : New York : 1973.

41. Rittirod T. Pilot Plant Production of Polysaccharide from Tamarind Kernel Powder. M.Sc. Thesis in Pharmacy, Faculty of Graduate Studies, Mahidol University, 1991.

42. วาณี กฤษณมิษ. การกรองในเภสัชอุตสาหกรรม. ภาควิชาเภสัชอุตสาหกรรม คณะเภสัชศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย : 321 หน้า : กรุงเทพ , 2531.

43. เอกสารประกอบการปฏิบัติการเฉพาะหน่วย. ภาควิชาเคมีเทคนิค คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2538.

44. Dubois M., Gilles K.A., Hamilton J.K., Rebers P.A. and Smith F. Colorimetric Method for Determination of Sugars and Related Substances.Analytical Chemistry.1956 : 28(3) ; 350 – 356.

45. Dunn, M.J.,1992. Protein determination of total protein concentration. Harris,E.L.V.,Angal, S., [Eds], Protein purification methods. Oxford: IRL Press.

46. AOAC. 1995. Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists. 16 th ed., Washington, D.C.: The Association of Official Analytical Chemists.

47. AOAC. 1990. Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists. 15 th ed., Washington, D.C.: The Association of Official Analytical Chemists.

ภาคผนวก

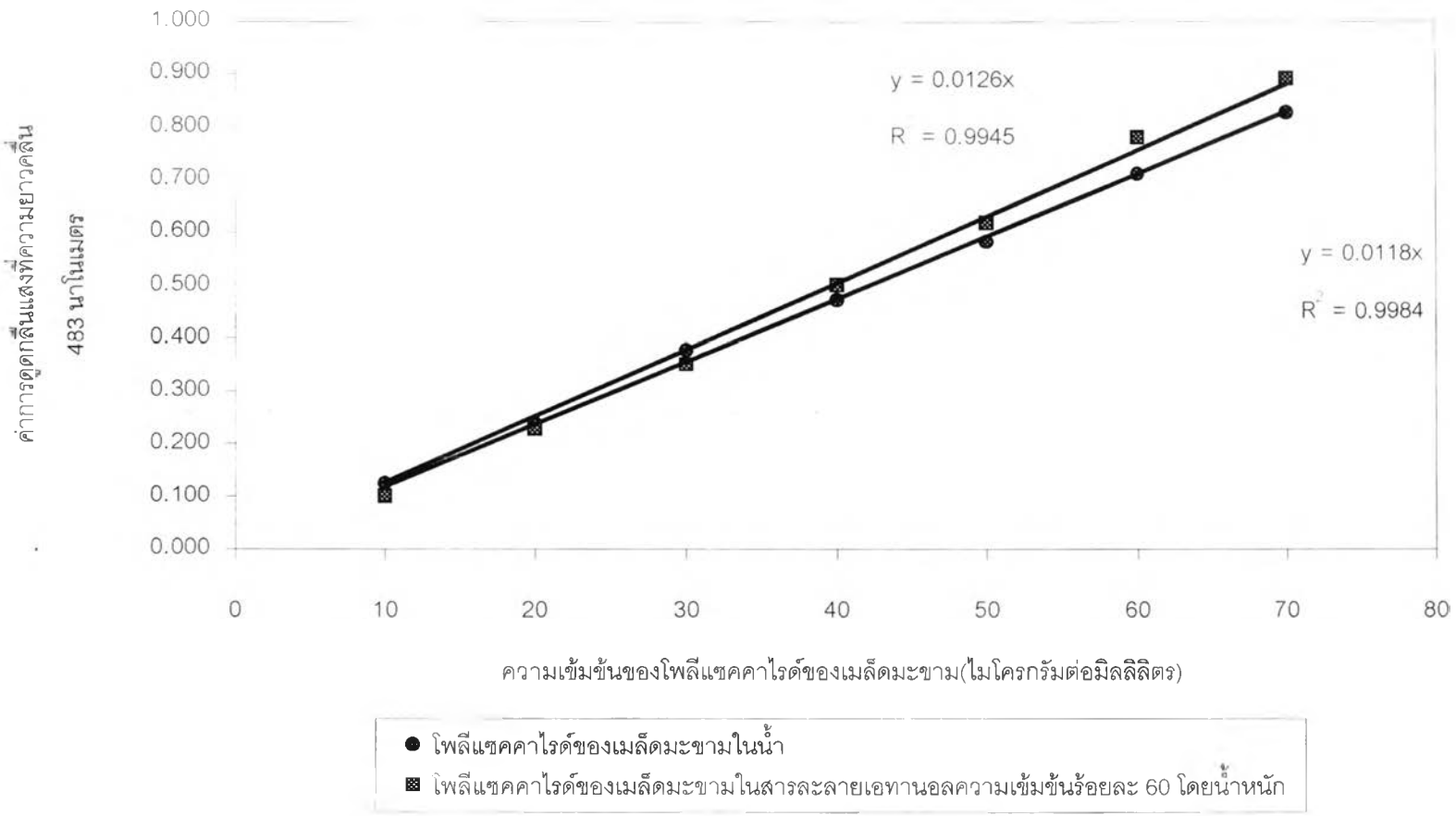
ภาคผนวก ก.

เส้นกราฟมาตรฐาน

ข้อมูลกราฟมาตรฐานของโพลีแซคคาไรด์ของเมล็ดมะขาม

ตาราง ก.1 ข้อมูลกราฟมาตรฐานของโพลีแซคคาไรด์ของเมล็ดมะขามในน้ำ(a)และในสารละลายเอทานอลความเข้มข้นร้อยละ 60 โดยน้ำหนัก(เป็นความเข้มข้นสูงสุดในการทดลอง)(b)

ความเข้มข้นของโพลีแซคคาไรด์ของเมล็ดมะขามในน้ำ(a) และในสารละลายเอทานอลความเข้มข้นร้อยละ 60 โดยน้ำหนัก(b) (ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร)	ค่าการดูดกลืนแสง(a)	ค่าการดูดกลืนแสง(b)
10	0.124	0.100
20	0.238	0.228
30	0.376	0.350
40	0.471	0.500
50	0.581	0.617
60	0.709	0.778
70	0.826	0.890

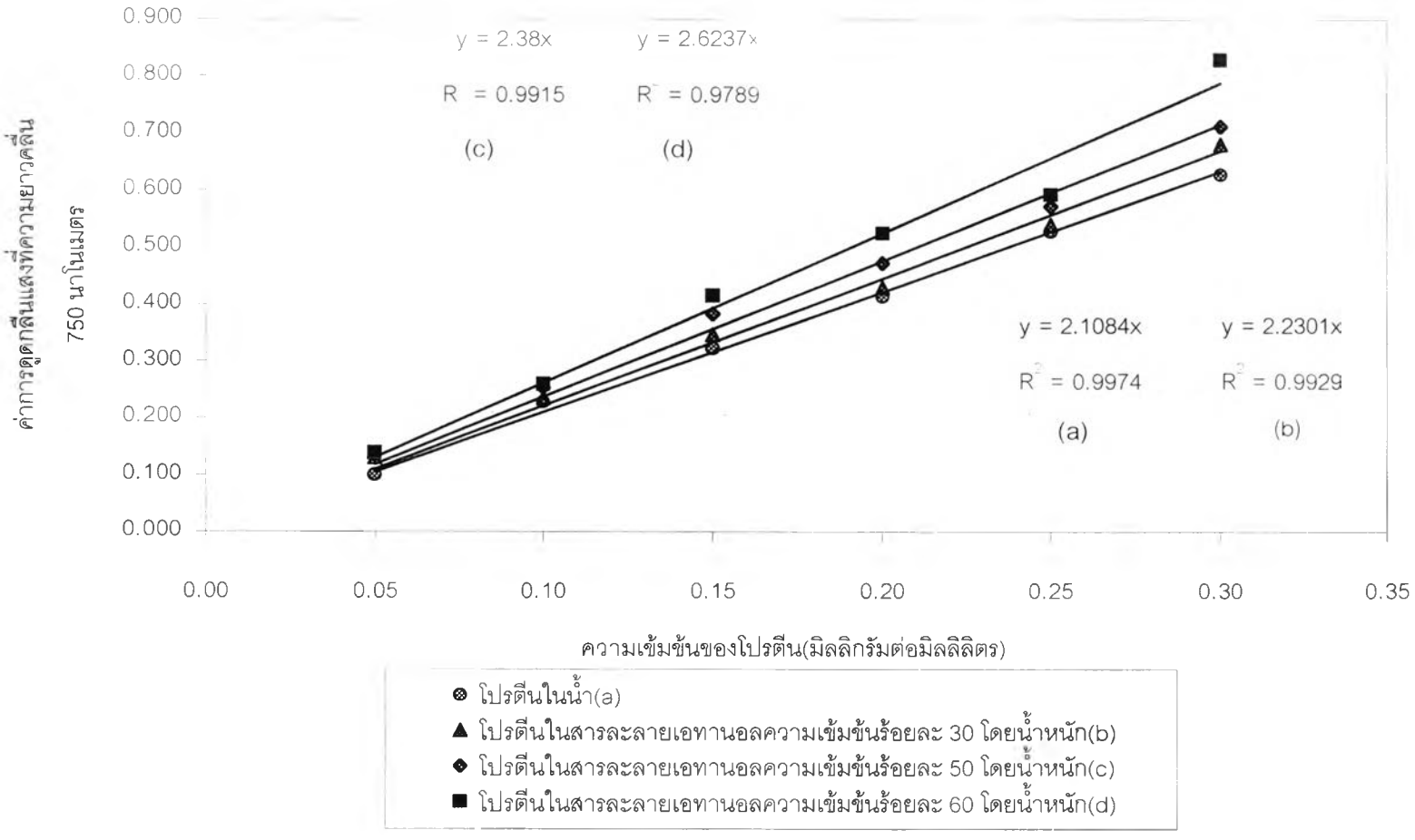


รูปที่ ก.1 แสดงเส้นกราฟมาตรฐานของโพลีแซคคาไรด์ของเมล็ดมะขาม

ข้อมูลกราฟมาตรฐานของโปรตีน

ตาราง ก.2 ข้อมูลกราฟมาตรฐานของโปรตีนในน้ำ(a) ในสารละลายเอทานอลความเข้มข้นร้อยละ 30(b) 50(c) และ 60(d) โดยน้ำหนัก

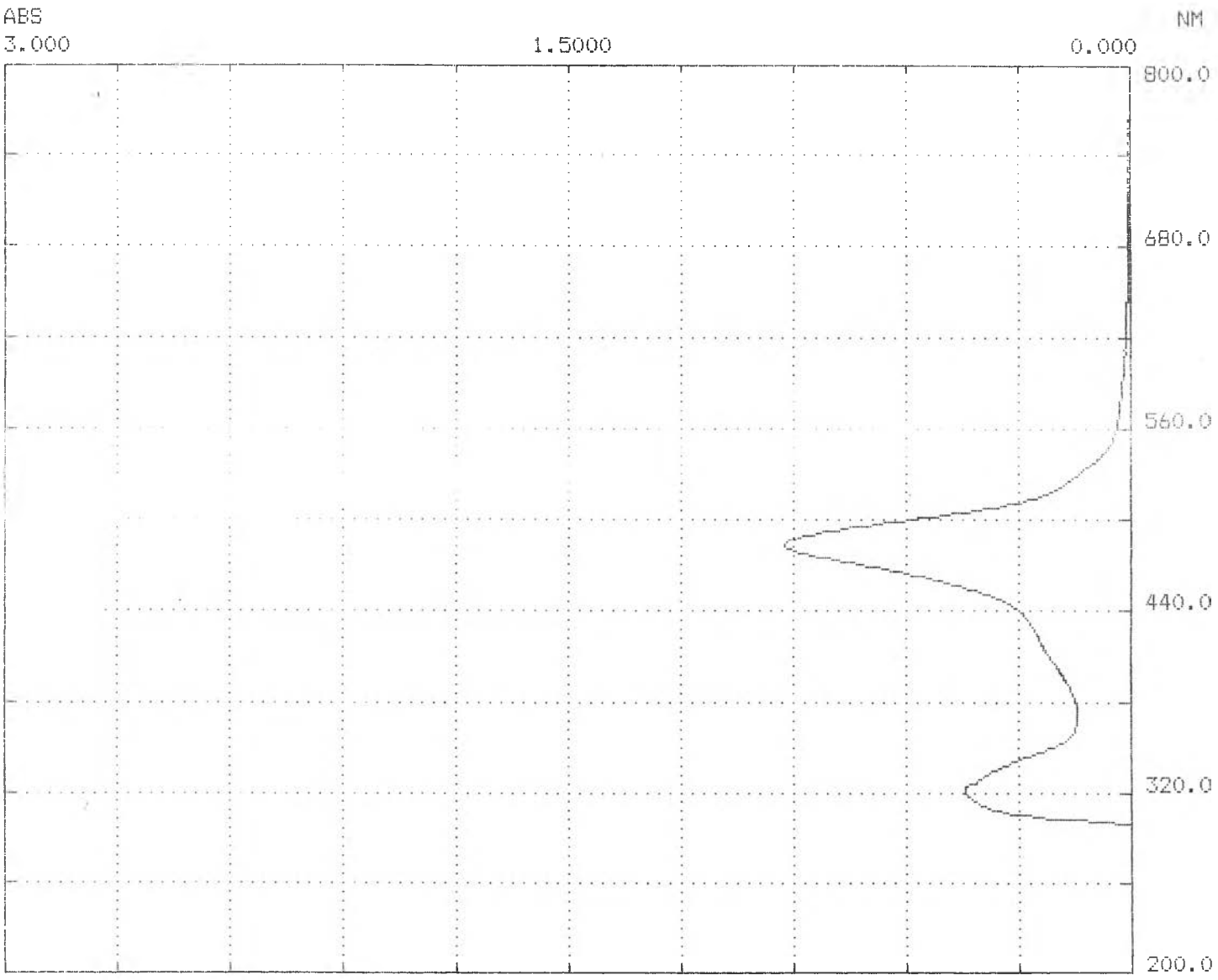
ความเข้มข้นของโปรตีนในน้ำ(a) ในสารละลายเอทานอลความเข้มข้น ร้อยละ30(b) 50(c)และ60(d) โดยน้ำหนัก (มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร)	ค่า การดูดกลืนแสง (a)	ค่า การดูดกลืนแสง (b)	ค่า การดูดกลืนแสง (c)	ค่า การดูดกลืนแสง (d)
0.05	0.101	0.131	0.138	0.140
0.10	0.229	0.236	0.255	0.261
0.15	0.324	0.348	0.384	0.416
0.20	0.415	0.430	0.473	0.525
0.25	0.528	0.540	0.573	0.592
0.30	0.627	0.680	0.712	0.828



รูปที่ ก.2 แสดงเส้นกราฟมาตรฐานของโปรตีน

BECKMAN DU-6 SPECTROPHOTOMETER

ABSORBANCE



SCAN SPEED: 300 NM/MIN

SOURCES: UV/VIS

SLIT:_____ NM

DATE:_____

OPERATOR:_____

PEAK PICK

λ	ABS	λ	ABS
483.0	0.923		
322.0	0.445		

ภาคผนวก ข.

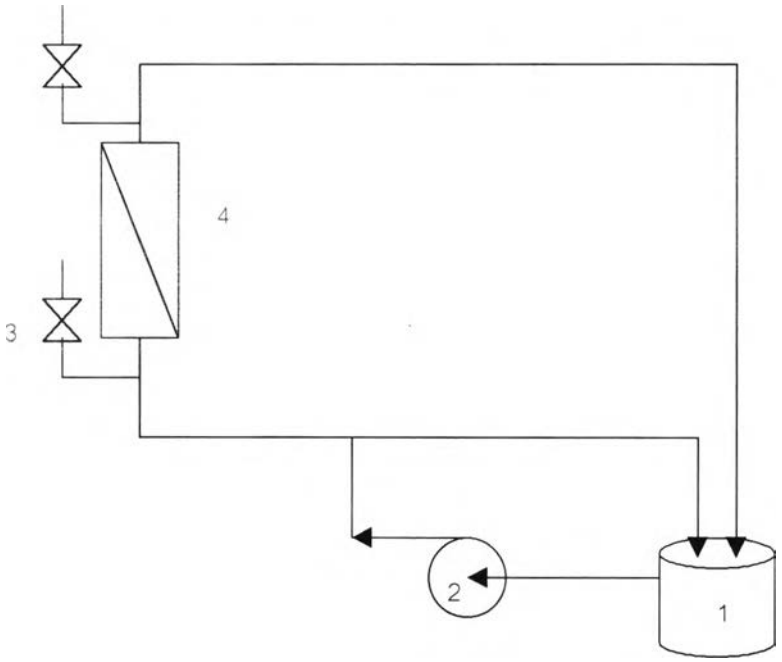
ข.1 การทดลองกำจัดโปรตีนโดยวิธีต่าง ๆ มีดังนี้

ข.1.1 ทำการทดลองกำจัดโปรตีนโดยการกรองชนิดไมโครฟิลเทรชันแบบไหลขนานตัวกรองและใช้เยื่อแผ่นเซรามิกเป็นตัวกรอง

1. ทำการทดลองวัดฟลักซ์ของสารละลายเอทานอลความเข้มข้นร้อยละ 50 โดยน้ำหนักที่ค่าความดันตกคร่อมตัวกรองต่าง ๆ เพื่อทดสอบประสิทธิภาพของเยื่อแผ่นเซรามิกที่มีขนาดรูพรุน 0.9 ไมโครเมตร โดยการวัดปริมาตรของสารละลายเอทานอลความเข้มข้นร้อยละ 50 โดยน้ำหนักที่กรองได้ตามเวลาที่ค่าความดันคร่อมตัวกรองต่าง ๆ

2. ทำการกรองชนิดไมโครฟิลเทรชันแบบไหลขนานตัวกรอง และใช้เยื่อแผ่นเซรามิกเป็นตัวกรอง

ทำการทดลองโดยการนำผงเนื้อในเมล็ดมะขามซึ่งได้รับจากบริษัท GM Ichihara ปริมาณ 100 กรัมลงในสารละลายเอทานอลความเข้มข้นร้อยละ 50 โดยน้ำหนัก ทำปริมาตรให้เป็น 5 ลิตร จะได้ความเข้มข้นของผงเนื้อในเมล็ดมะขาม 20 กรัมต่อลิตร กวนด้วยเครื่องกวนความเร็วรอบ 100 รอบต่อนาที เป็นเวลา 1 ชั่วโมง จากนั้นทำการกรองด้วยเครื่องกรองชนิดไมโครฟิลเทรชันแบบไหลขนานตัวกรองโดยมีเยื่อแผ่นเซรามิกที่มีขนาดรูพรุน 0.9 ไมโครเมตรเป็นตัวกรอง วัดปริมาตรของเหลวที่กรองได้ตามเวลา เมื่อสิ้นสุดการกรองให้นำเยื่อแผ่นเซรามิกมาล้างโดยการแช่เยื่อแผ่นเซรามิกในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 0.5 นอร์มัล เป็นเวลา 1 วัน ทำการล้างโซเดียมไฮดรอกไซด์ออกแล้วจึงทำการอัดความดันในทิศทางย้อนกลับ(back flush) จากนั้นทำการทดลองซ้ำในข้อ 1 และข้อ 2 ตามลำดับ แผนภาพอุปกรณ์การกรองชนิดไหลขนานตัวกรองแสดงในรูปที่ ข.1



รูปที่ ข.1 แสดงแผนภาพอุปกรณ์การกรองชนิดไหลขนานตัวกรอง

1. ภาชนะบรรจุสารป้อน
2. ปั๊มป้อนสาร
3. วาล์วปรับความดัน
4. โมดูลแบบท่อ

ข.1.2 ทำการทดลองกำจัดโปรตีนโดยการปั่นเหวี่ยง(centrifuge) เพื่อให้อนุภาคโพลีแซคคาไรด์ตกตะกอนแยกตัวออกจากอนุภาคโปรตีน

ทำการทดลองโดยนำผงเนื้อในเมล็ดมะขามประมาณ 1 กรัม ลงในสารละลายเอทานอลความเข้มข้นร้อยละ 50 โดยน้ำหนัก ทำปริมาตรให้เป็น 1 ลิตร จะได้ความเข้มข้นของผงเนื้อในเมล็ดมะขาม 1 กรัมต่อลิตร กวนด้วยเครื่องกวนความเร็วรอบ 100 รอบต่อนาที เป็นเวลา 1 ชั่วโมง แล้วนำไปปั่นเหวี่ยง

วิเคราะห์ปริมาณโปรตีนในสารละลายที่ได้จากการปั่นเหวี่ยงด้วยวิธีลาวรี ทำการทดลองซ้ำโดยใช้น้ำแทนสารละลายเอทานอล ศึกษาผลของความเร็วรอบและเวลาในการปั่นเหวี่ยงต่อการกำจัดโปรตีน

ข.1.3 ทำการทดลองกำจัดโปรตีนโดยการกรองชนิดไหลขนานตัวกรองในโมดูลแบบท่อซึ่งใช้ความดันเป็นแรงขับและมีตะแกรงสแตนเลสขนาด 33 ไมโครเมตรเป็นตัวกรอง

ทำการทดลองโดยนำผงเนื้อในเมล็ดมะขามประมาณ 100 กรัม ลงในสารละลายเอทานอลความเข้มข้นร้อยละ 50 โดยน้ำหนัก ทำปริมาตรให้เป็น 5 ลิตร จะได้ความเข้มข้นของผงเนื้อในเมล็ดมะขาม 20 กรัมต่อลิตร กวนด้วยเครื่องกวนความเร็วรอบ 100 รอบต่อนาที เป็นเวลา 1 ชั่วโมง แล้วทำการกรองด้วยเครื่องกรองชนิดไหลขนานตัวกรองในโมดูลแบบท่อโดยใช้ตะแกรงสแตนเลสขนาด 33 ไมโครเมตรเป็นตัวกรองและความดันตกคร่อมตัวกรอง 2 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว เก็บตัวอย่างและวัดปริมาตรฟิวเทรตที่ได้ตามเวลา วิเคราะห์ปริมาณโปรตีนและปริมาณโพลีแซคคาไรด์ด้วยวิธีลาวรีและวิธีฟีนอล – ซัลฟูริก ตามลำดับ แผนภาพอุปกรณ์การกรองชนิดไหลขนานตัวกรองโดยใช้ความดันเป็นแรงขับแสดงในรูปที่ ข.1

ข.1.4 ทำการทดลองแยกอนุภาคโปรตีนออกจากอนุภาคโพลีแซคคาไรด์ในผงเนื้อในเมล็ดมะขามเพื่อให้อนุภาคโพลีแซคคาไรด์และอนุภาคโปรตีนกระจายตัวเป็นอนุภาคเดี่ยว ๆ ในสารละลายเอทานอลโดยใช้คลื่นเหนือเสียง

เนื่องจากไม่สามารถวัดปริมาณโปรตีนที่แยกออกจากโพลีแซคคาไรด์ของผงเนื้อในเมล็ดมะขามได้โดยตรง ดังนั้นจึงต้องทำการกรองเพื่อแยกอนุภาคโปรตีนให้อยู่ในฟิวเทรตแล้วนำมาวิเคราะห์ปริมาณโปรตีนที่แยกออกจากโพลีแซคคาไรด์ ขั้นตอนการทดลองมีดังนี้

ทำการทดลองโดยนำผงเนื้อในเมล็ดมะขาม 2 กรัม ลงในสารละลายเอทานอลความเข้มข้นร้อยละ 50 โดยน้ำหนัก ทำปริมาตรให้เป็น 100 มิลลิลิตร จะได้ความเข้มข้นของผงเนื้อในเมล็ดมะขาม 20 กรัมต่อลิตร กวนให้เข้ากันและเก็บตัวอย่างก่อนการผ่านคลื่นเหนือเสียง จากนั้นนำไปผ่านคลื่นเหนือเสียงในเครื่องล้างอุปกรณ์ด้วยคลื่นเหนือเสียงเป็นเวลา 60 วินาที กวนให้เข้ากันและทำการเก็บตัวอย่างหลังการผ่านคลื่นเหนือเสียง นำสารละลายที่ได้จากการผ่านคลื่นเหนือเสียงประมาณ 100 มิลลิลิตร มาทำการกรองด้วย buchner funnel โดยทำให้ผงเนื้อในเมล็ดมะขามเข้มข้นขึ้น 2 เท่า(ปริมาตรฟิวเทรตที่ได้ประมาณ 50 มิลลิลิตร) มีตะแกรงสแตนเลสขนาด 33 ไมโครเมตรเป็นตัวกรองและมีการกวาดผิวหน้าตัวกรองด้วยแท่งแก้วกวนตลอดเวลา เก็บตัวอย่างและวัดปริมาตรฟิวเทรตที่ได้ จากนั้นทำการชะเค้กที่ได้จากการกรอง(เค้กคือผลิตภัณฑ์ที่ต้องการ)ด้วยสารละลายเอทานอลความเข้มข้นร้อยละ 50 โดยน้ำหนัก ปริมาณ 50 มิลลิลิตร โดยยังมีการกวาดผิวหน้าตัวกรองตลอดเวลา เก็บตัวอย่างและวัดปริมาตรฟิวเทรตที่ได้ ทำการชะเค้กซ้ำจนครบ 4 ครั้งด้วยสารละลายเอทานอลความเข้มข้นร้อยละ 50 โดยน้ำหนัก ปริมาตร 50 มิลลิลิตร เก็บตัวอย่างและวัดปริมาตรฟิวเทรตที่ได้ วิเคราะห์ปริมาณโปรตีนและปริมาณโพลีแซคคาไรด์ด้วยวิธีลาวรีและวิธีฟีนอล – ซัลฟูริก ตามลำดับ เป็นแรงขับและมีตะแกรงสแตนเลสขนาด 33 ไมโครเมตรเป็นตัวกรอง

ข.1.5 ทำการทดลองกำจัดโปรตีนออกจากโพลีแซคคาไรด์ในผงเนื้อในเมล็ดมะขามโดยการใช้คลื่นเหนือเสียงแยกอนุภาคโปรตีนออกจากอนุภาคโพลีแซคคาไรด์ในผงเนื้อในเมล็ดมะขามแล้วจึงทำการกำจัดอนุภาคโปรตีนออกจากอนุภาคโพลีแซคคาไรด์โดยการกรองชนิดไหลขนานตัวกรองในโมดูลแบบท่อซึ่งไม่ใช้ความดันเป็นแรงขับและมีตะแกรงสแตนเลสขนาด 33 ไมโครเมตรเป็นตัวกรอง

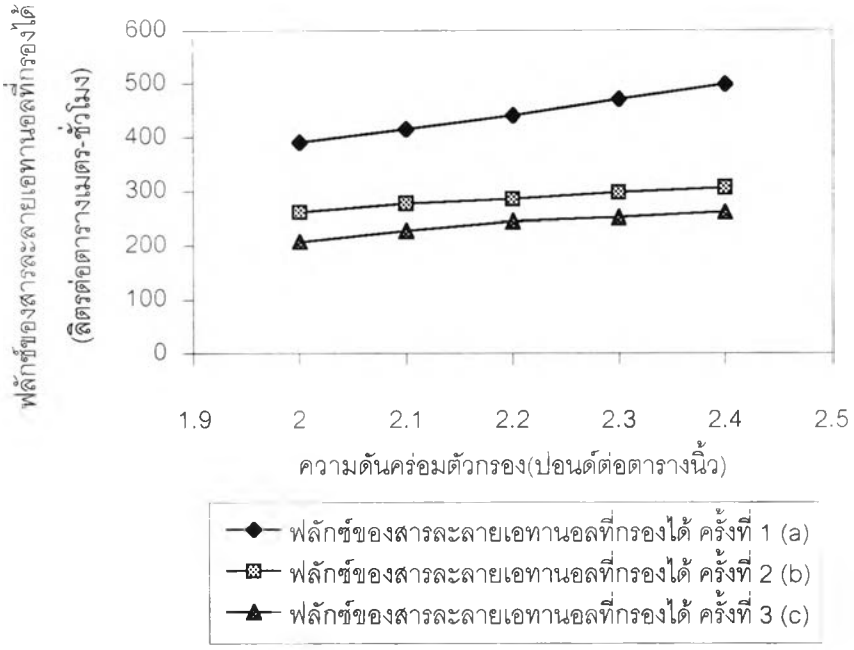
ทำการทดลองโดยนำผงเนื้อในเมล็ดมะขาม 20 กรัม ลงในสารละลายเอทานอลความเข้มข้นร้อยละ 50 โดยน้ำหนัก ทำปริมาตรให้เป็น 1 ลิตร จะได้ความเข้มข้นของผงเนื้อในเมล็ดมะขาม 20 กรัมต่อลิตร กวนให้เข้ากันและเก็บตัวอย่างก่อนการผ่านคลื่นเหนือเสียง จากนั้นนำไปผ่านคลื่นเหนือเสียงในเครื่องล้างอุปกรณ์ด้วยคลื่นเหนือเสียงเป็นเวลา 60 วินาที กวนให้เข้ากันและทำการเก็บตัวอย่างหลังการผ่านคลื่นเหนือเสียง นำสารละลายทั้งหมดที่ได้จากการผ่านคลื่นเหนือเสียงมาทำการกรองด้วยเครื่องกรองชนิดไหลขนานตัวกรองในโมดูลแบบท่อและใช้ตะแกรงสแตนเลสขนาด 33 ไมโครเมตรเป็นตัวกรองโดยไม่ใช้ความดันเป็นแรงขับ เก็บตัวอย่างและวัดปริมาตรฟิวเทรตที่ได้ตามเวลา วิเคราะห์ปริมาณโปรตีนและปริมาณโพลีแซคคาไรด์ด้วยวิธีลาวรีและวิธีฟีนอล – ซัลฟูริก ตามลำดับ

ข.2 ผลการทดลองกำจัดโปรตีนโดยวิธีต่าง ๆ มีดังนี้

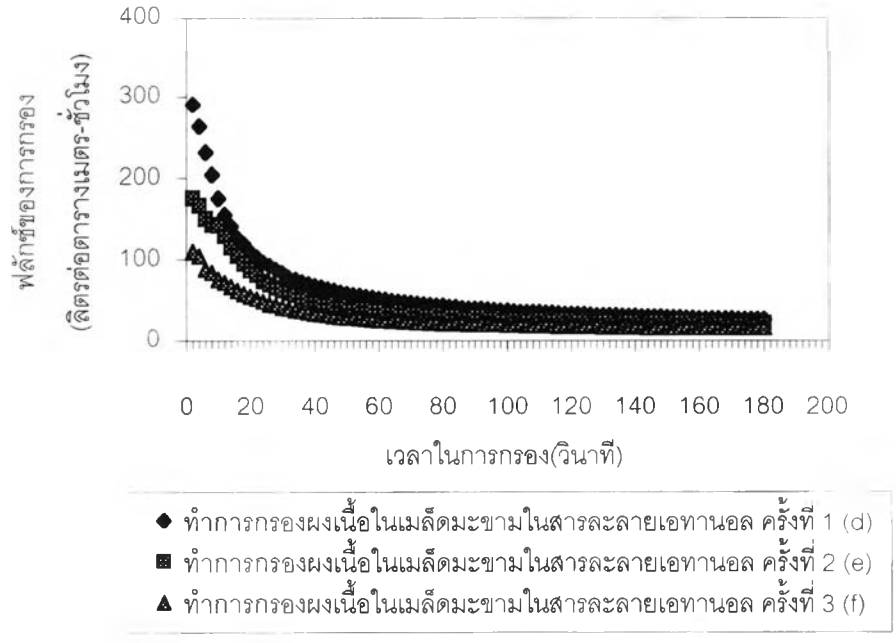
ข.2.1 ผลการทดลองกำจัดโปรตีนโดยการกรองชนิดไมโครฟิลเทรชันแบบไหลขนานตัวกรอง และใช้เยื่อแผ่นเซรามิกเป็นตัวกรอง

ทำการทดลองตามขั้นตอนที่ ข.1.1 พบว่าเมื่อทำการกรองผงเนื้อในเมล็ดมะขามในสารละลายเอทานอลความเข้มข้นร้อยละ 50 โดยน้ำหนัก จะเกิดเค้กที่ผิวหน้าตัวกรองโดยมีความหนาของเค้กมาก และผลการทดลองแสดงในรูปที่ ข.2 รูปที่ ข.2 แสดงผลของความดันตกคร่อมตัวกรองกับฟลักซ์ของสารละลายเอทานอลที่กรองได้ พบว่าก่อนการกรองเพื่อกำจัดโปรตีนออกจากโพลีแซคคาไรด์ในผงเนื้อในเมล็ดมะขาม ฟลักซ์ของสารละลายเอทานอลที่กรองได้จะมีค่ามาก(กราฟ a) แต่เมื่อทำการกรองเพื่อกำจัดโปรตีนออกจากโพลีแซคคาไรด์ในผงเนื้อในเมล็ดมะขาม และการล้างตัวกรองด้วยสารละลายโซเดียม-ไฮดรอกไซด์และการทำ back flush จะเห็นว่าฟลักซ์ของสารละลายเอทานอลที่กรองได้จะลดลงที่ความดัน

ตกครอมตัวกรองค่าเดียวกัน(กราฟ b และ c) ซึ่งจะสอดคล้องกับผลการทดลองในรูปที่ ข.3 รูปที่ ข.3 แสดงความสัมพันธ์ของเวลาในการกรองกับฟลักซ์ของการกรอง พบว่าเมื่อทำการกรองผงเนื้อในเมล็ดมะขามในสารละลายเอทานอลครั้งแรก ฟลักซ์ของการกรองจะมีค่ามาก(กราฟ d) แต่เมื่อทำการกรองครั้งต่อไป ฟลักซ์ของการกรองจะมีค่าลดลงที่เวลาในการกรองค่าเดียวกัน(กราฟ e และ f) จากรูปที่ ข.2 และ ข.3 สามารถอธิบายได้ว่า มีอนุภาคของผงเนื้อในเมล็ดมะขามเข้าไปติดอยู่ในรูพรุนของตัวกรองและอนุภาคมีการพองตัว หลังจากล้างเยื่อแผ่นเซรามิกด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์จะเห็นอนุภาคของผงเนื้อในเมล็ดมะขามหลุดออกมาและเมื่อทำการวัดฟลักซ์ของสารละลายเอทานอลที่กรองได้หลังจากการทำ back flush พบว่ายังคงมีค่าฟลักซ์ของสารละลายเอทานอลที่กรองได้ต่ำ ดังนั้นจากเหตุผลทั้งหมดสรุปว่า การทดลองกำจัดโปรตีนโดยการกรองซนิดไมโครฟิลเทรชันแบบไหลขนานตัวกรองและใช้เยื่อแผ่นเซรามิกเป็นตัวกรองไม่เหมาะที่จะนำมาใช้ในการกำจัดโปรตีน จึงทำการทดลองกำจัดโปรตีนโดยการปั่นเหวี่ยงเพื่อกำจัดปัญหาของเค้กที่เกิดบนเยื่อแผ่นเซรามิกและอนุภาคของผงเนื้อในเมล็ดมะขามที่อุดตันรูพรุนของเยื่อแผ่นเซรามิก



รูปที่ ข.2 แสดงผลของความดันตกคร่อมตัวกรองกับฟลักซ์ของสารละลายเอทานอลที่กรองได้



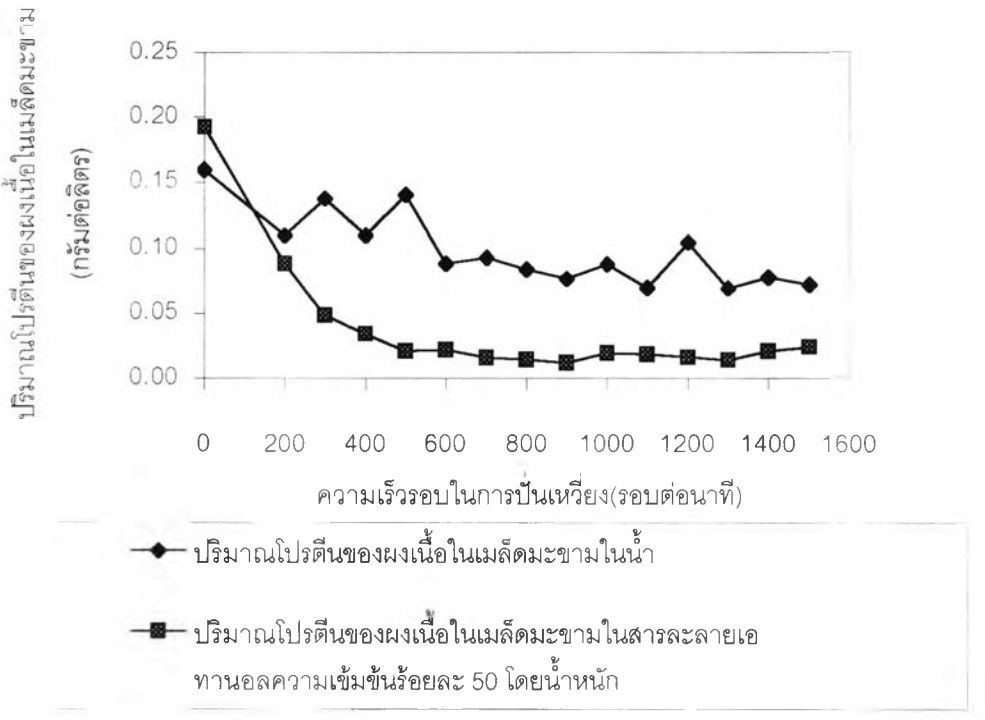
รูปที่ ข.3 แสดงความสัมพันธ์ของเวลาในการกรองกับฟลักซ์ของการกรอง

ข.2.2 ผลการทดลองกำจัดโปรตีนโดยการปั่นเหวี่ยง

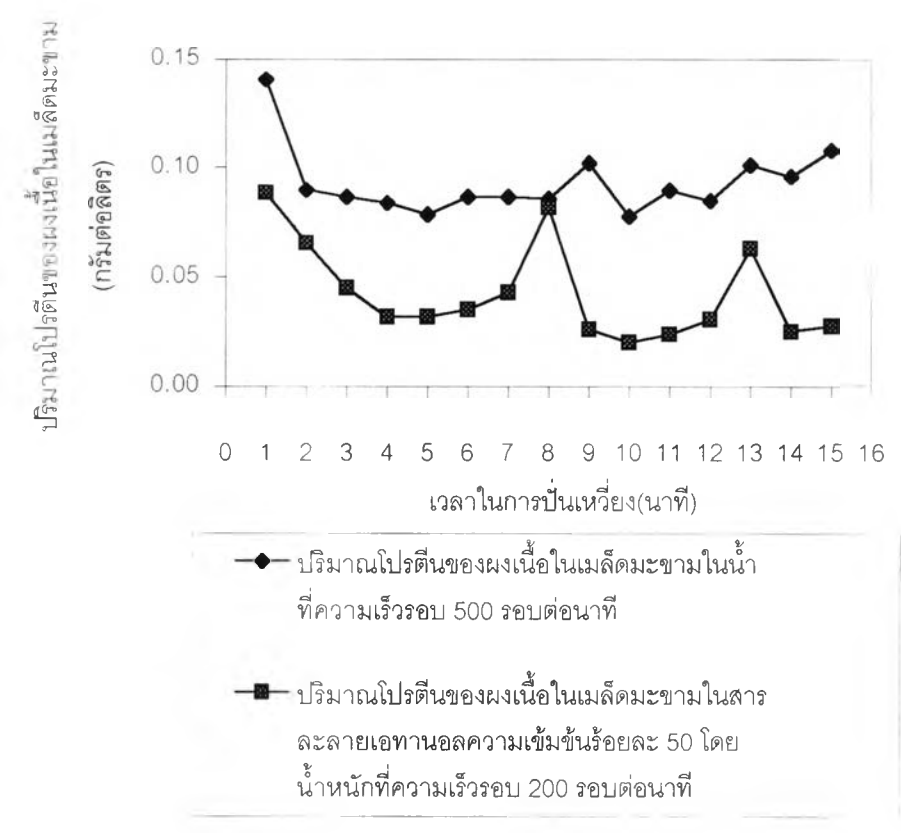
ทำการทดลองตามขั้นตอนที่ ข.1.2 ผลการทดลองแสดงในรูปที่ ข.4 รูปที่ ข.4 แสดงปริมาณโปรตีนของผงเนื้อในเมล็ดมะขามในสารละลายเอทานอลความเข้มข้นร้อยละ 50 โดยน้ำหนักและในน้ำ เมื่อทำการปั่นเหวี่ยงให้อนุภาคโพลีแซคคาไรด์ในผงเนื้อในเมล็ดมะขามตกตะกอนที่ความเร็วรอบต่าง ๆ พบว่าเมื่อความเร็วรอบในการปั่นเหวี่ยงเพิ่มขึ้นโปรตีนของผงเนื้อในเมล็ดมะขามในสารละลายเอทานอลความเข้มข้นร้อยละ 50 โดยน้ำหนักจะต่ำลง เนื่องจากอนุภาคโปรตีนตกตะกอนมารวมกับอนุภาคโพลีแซคคาไรด์ ทำให้โปรตีนของผงเนื้อในเมล็ดมะขามในสารละลายเอทานอลความเข้มข้นร้อยละ 50 โดยน้ำหนักลดลง และเมื่อทำการวัดปริมาณโปรตีนของผงเนื้อในเมล็ดมะขามในสารละลายเอทานอลความเข้มข้นร้อยละ 50 โดยน้ำหนักที่ความเร็วรอบที่ทำให้มีโปรตีนของผงเนื้อในเมล็ดมะขามในสารละลายเอทานอลความเข้มข้นร้อยละ 50 โดยน้ำหนักมากที่สุดคือที่ความเร็วรอบ 200 รอบต่อนาที ผลการทดลองแสดงในรูปที่ ข.5 รูปที่ ข.5 แสดงปริมาณโปรตีนของผงเนื้อในเมล็ดมะขามในสารละลายเอทานอลความเข้มข้นร้อยละ 50 โดยน้ำหนักและในน้ำกับเวลาในการปั่นเหวี่ยงที่ความเร็วรอบ 200 รอบต่อนาทีสำหรับโปรตีนของผงเนื้อในเมล็ดมะขามในสารละลายเอทานอลความเข้มข้นร้อยละ 50 โดยน้ำหนักและความเร็วรอบ 500 รอบต่อนาทีสำหรับโปรตีนของผงเนื้อในเมล็ดมะขามในน้ำ พบว่าเมื่อเวลาในการปั่นเหวี่ยงเพิ่มขึ้นโปรตีนของผงเนื้อในเมล็ดมะขามในสารละลายเอทานอลความเข้มข้นร้อยละ 50 โดยน้ำหนักจะมีค่าต่ำและค่อนข้างคงที่ตลอดช่วงเวลาในการปั่นเหวี่ยง เนื่องจากเมื่อมีการปั่นเหวี่ยงอนุภาคโปรตีนจะตกตะกอนมารวมกับอนุภาคโพลีแซคคาไรด์จึงทำให้โปรตีนของผงเนื้อในเมล็ดมะขามในสารละลายเอทานอลความเข้มข้นร้อยละ 50 โดยน้ำหนักลดลง

และเมื่อพิจารณาการปั่นเหวี่ยงผงเนื้อในเมล็ดมะขามในน้ำจากรูปที่ ข.4 และ ข.5 จะพบว่ามีแนวโน้มที่คล้ายคลึงกับการปั่นเหวี่ยงผงเนื้อในเมล็ดมะขามในสารละลายเอทานอลความเข้มข้นร้อยละ 50 โดยน้ำหนัก แต่ปริมาณโปรตีนของผงเนื้อในเมล็ดมะขามในน้ำที่ตกตะกอนจะต่ำกว่าปริมาณโปรตีนของผงเนื้อในเมล็ดมะขามในสารละลายเอทานอลความเข้มข้นร้อยละ 50 โดยน้ำหนัก เนื่องจากโปรตีนของผงเนื้อในเมล็ดมะขามจะละลายในน้ำได้ดีกว่าในสารละลายเอทานอลความเข้มข้นร้อยละ 50 โดยน้ำหนัก (โพลีแซคคาไรด์ของผงเนื้อในเมล็ดมะขามมีแนวโน้มที่จะละลายน้ำ)จึงมีแนวโน้มที่จะตกตะกอนได้ยากกว่า

จากเหตุผลข้างต้นการปั่นเหวี่ยงจะทำให้คุณสมบัติของโพลีแซคคาไรด์ที่ได้จากการทดลองมีคุณภาพไม่ดีเพราะยังมีโปรตีนติดอยู่ ดังนั้นการทดลองกำจัดโปรตีนโดยการปั่นเหวี่ยงจึงไม่เหมาะที่จะนำมาใช้ในการกำจัดโปรตีนจึงได้ทำการทดลองกำจัดโปรตีนโดยการกรองซนิดไหลขนานตัวกรองในโมดูลแบบท่อซึ่งใช้ความดันเป็นแรงขับและมีตะแกรงสแตนเลสขนาด 33 ไมโครเมตรเป็นตัวกรองซึ่งจะมีรูพรุนใหญ่กว่าเยื่อแผ่นเซรามิก เพื่อกำจัดปัญหาของเค้กที่เกิดบนเยื่อแผ่นเซรามิก การอุดตันรูพรุนของอนุภาคของผงเนื้อในเมล็ดมะขามในเยื่อแผ่นเซรามิกและการตกตะกอนของอนุภาคโปรตีนโดยการปั่นเหวี่ยง



รูปที่ ข.4 แสดงปริมาณโปรตีนของผงเนื้อในเมล็ดมะขามในน้ำและในสารละลายเอทานอลความเข้มข้นร้อยละ 50 โดยน้ำหนัก เมื่อทำการปั่นเหวี่ยงให้อนุภาคโพลีแซคคาไรด์ในผงเนื้อในเมล็ดมะขามตกตะกอนที่ความเร็วรอบต่าง ๆ



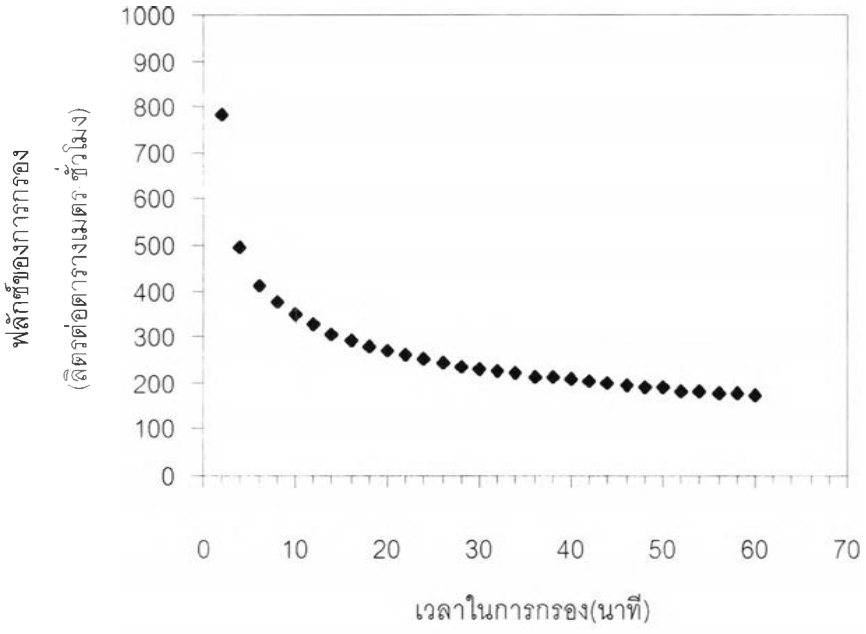
รูปที่ ข.5 แสดงปริมาณโปรตีนของผงเนื้อในเมล็ดมะขามในน้ำและในสารละลายเอทานอลความเข้มข้นร้อยละ 50 โดยน้ำหนักกับเวลาในการปั่นเหวี่ยงที่ความเร็วรอบ 500 รอบต่อนาทีสำหรับโปรตีนของผงเนื้อในเมล็ดมะขามในน้ำและความเร็วรอบ 200 รอบต่อนาทีสำหรับโปรตีนของผงเนื้อในเมล็ดมะขามในสารละลายเอทานอลความเข้มข้นร้อยละ 50 โดยน้ำหนัก

ข.2.3 ผลการทดลองกำจัดโปรตีนโดยการกรองชนิดไหลขนานตัวกรองในโมดูลแบบท่อซึ่งใช้ความดันเป็นแรงขับและมีตะแกรงสแตนเลสขนาด 33 ไมโครเมตรเป็นตัวกรอง

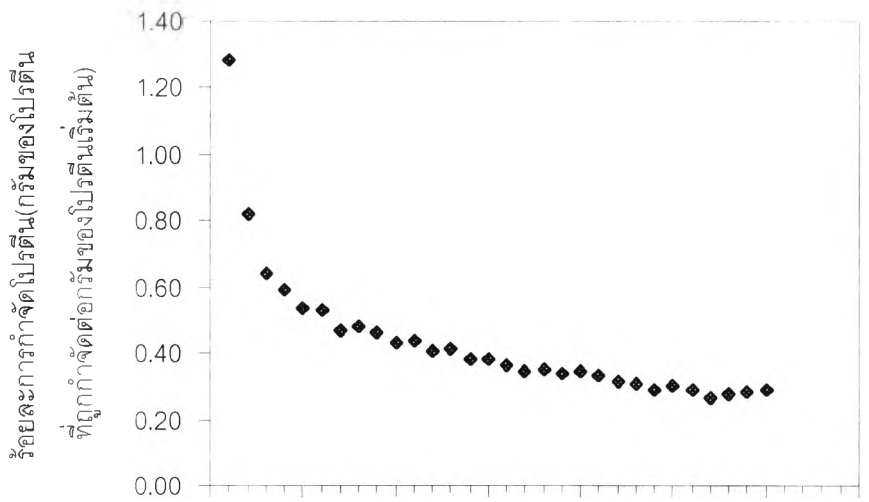
ทำการทดลองตามขั้นตอนที่ ข.1.3 ผลการทดลองแสดงในรูปที่ ข.6 และรูปที่ ข.7 รูปที่ ข.6 แสดงฟลักซ์ของการกรองกับเวลาในการกรองที่ความดันตกคร่อมตัวกรอง 2 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว และรูปที่ ข.7 แสดงร้อยละการกำจัดโปรตีนกับเวลาในการกรองที่ความดันตกคร่อมตัวกรองเป็น 2 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว พบว่าในช่วงแรกของการกรองฟลักซ์ของการกรองจะมีค่าสูงและยังไม่เกิดเค้กบนตัวกรอง ส่วนร้อยละการกำจัดโปรตีนจะต่ำอาจเป็นเพราะอนุภาคโปรตีนยังคงเกาะติดกับอนุภาคโพลีแซคคาไรด์จึงทำให้ไม่สามารถกำจัดโปรตีนออกมาได้ แต่เมื่อเวลาผ่านไปจะเกิดเค้กมากและร้อยละการกำจัดโปรตีนยังคงต่ำต่อเนื่องตลอดการทดลองซึ่งในช่วงหลังของการกรอง พบว่าผลของการใช้ความดันทำให้เกิดเค้กมากซึ่งจะส่งผลให้ฟลักซ์ของการกรองต่ำ

จากเหตุผลข้างต้นสรุปว่าการกำจัดโปรตีนโดยการกรองชนิดไหลขนานตัวกรองในโมดูลแบบท่อซึ่งใช้ความดันเป็นแรงขับและมีตะแกรงสแตนเลสขนาด 33 ไมโครเมตรเป็นตัวกรอง ไม่เหมาะที่จะนำมากำจัดอนุภาคโปรตีนออกจากอนุภาคโพลีแซคคาไรด์ในผงเนื้อในเมล็ดมะขาม

จากการที่อนุภาคโปรตีนยังคงเกาะติดกับอนุภาคโพลีแซคคาไรด์จึงไม่สามารถกำจัดโปรตีนออกมาได้ ดังนั้นจึงได้นำคลื่นเหนือเสียงมาประยุกต์ใช้เพื่อแยกอนุภาคโปรตีนออกจากอนุภาคโพลีแซคคาไรด์ในผงเนื้อในเมล็ดมะขาม



รูปที่ ข.6 แสดงฟลักซ์ของการกรองกับเวลาในการกรองที่ความดันตกคร่อมตัวกรอง 2 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว



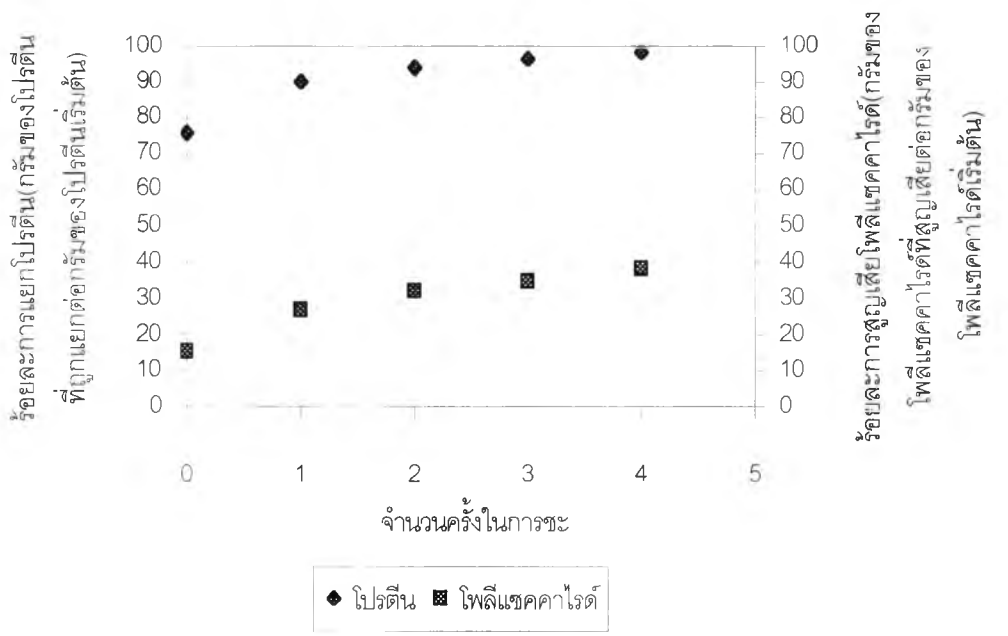
ข.2.4 ผลการทดลองแยกอนุภาคโปรตีนออกจากอนุภาคโพลีแซคคาไรด์ในผงเนื้อในเมล็ดมะขาม เพื่อให้อนุภาคโพลีแซคคาไรด์และอนุภาคโปรตีนกระจายตัวเป็นอนุภาคเดี่ยว ๆ ในสารละลายเอทานอลโดยใช้คลื่นเหนือเสียง

ทำการทดลองตามขั้นตอนที่ ข.1.4 ผลการทดลองแสดงในรูปที่ 5.3 รูปที่ 5.3 แสดงภาพถ่ายลักษณะของผงเนื้อในเมล็ดมะขามในสารละลายเอทานอลก่อนการผ่านคลื่นเหนือเสียงและหลังการผ่านคลื่นเหนือเสียงด้วยกล้องจุลทรรศ์กำลังขยาย 400 เท่าโดยทำการย้อมสีก่อนถ่ายภาพด้วยสารละลายไอโอดีน แป้งจะติดสีน้ำเงิน โปรตีนจะติดสีเหลืองและไขมันจะละลายในสารละลายเอทานอล จะเห็นว่าเมื่อไม่มีการผ่านคลื่นเหนือเสียงอนุภาคของโพลีแซคคาไรด์และอนุภาคของโปรตีนจะเกาะติดกันซึ่งจะมีผลทำให้ไม่สามารถทำการกรองเพื่อกำจัดโปรตีนได้ แต่เมื่อมีการผ่านคลื่นเหนือเสียงจะเห็นอนุภาคโพลีแซค-คาไรด์และอนุภาคโปรตีนหลุดออกจากกัน

เมื่อพิจารณาผลการแยกโปรตีนซึ่งแสดงในรูปที่ ข.8 รูปที่ ข.8 แสดงร้อยละการแยกโปรตีนสะสมและร้อยละการสูญเสียโพลีแซคคาไรด์สะสมกับจำนวนครั้งของการชะ พบว่าเมื่อทำการกรองและการชะทั้งหมด 4 ครั้งจะได้ร้อยละการแยกโปรตีนทั้งหมด 98.344 และร้อยละการสูญเสียโพลีแซคคาไรด์ทั้งหมด 38.255

จากการทดลองจะสรุปได้ว่าเมื่อมีการผ่านคลื่นเหนือเสียงจะทำให้การแยกโปรตีนได้ดีแต่ก็มีการสูญเสียโพลีแซคคาไรด์ด้วย ซึ่งถึงแม้ว่าจะได้ผลิตภัณฑ์ปริมาณน้อย แต่คุณภาพของผลิตภัณฑ์จะสูงขึ้น ดังนั้นจึงได้เกิดแนวคิดที่จะทำการกำจัดโปรตีนออกจากโพลีแซคคาไรด์โดยการใช้คลื่นเหนือเสียงแยกอนุภาคโปรตีนออกจากอนุภาคโพลีแซคคาไรด์ในผงเนื้อในเมล็ดมะขาม แล้วจึงทำการกำจัดอนุภาคโปรตีนออกจากอนุภาคโพลีแซคคาไรด์โดยการกรองชนิดไหลขนานตัวกรองในโมดูลแบบท่อซึ่งไม่ใช้ความดันเป็น

แรงขับและมีตะแกรงสแตนเลสขนาด 33 ไมโครเมตรเป็นตัวกรอง เพื่อกำจัดปัญหาของอนุภาคโปรตีนที่ติดอยู่กับอนุภาคโพลีแซคคาไรด์และกำจัดปัญหาของเค้กที่เกิดจากการใช้ความดันเป็นแรงขับ



รูปที่ ข.8 แสดงร้อยละการแยกโปรตีนสะสมและร้อยละการสูญเสียโพลีแซคคาไรด์สะสมกับจำนวนครั้งของการชะ

ข.2.5 ผลการทดลองกำจัดโปรตีนออกจากโพลีแซคคาไรด์ในผงเนื้อในเมล็ดมะขามโดยการใช้คลื่นเหนือเสียงแยกอนุภาคโปรตีนออกจากอนุภาคโพลีแซคคาไรด์ในผงเนื้อในเมล็ดมะขามแล้วจึงทำการกำจัดอนุภาคโปรตีนออกจากอนุภาคโพลีแซคคาไรด์โดยการกรองชนิดไหลขนานตัวกรองในโมดูลแบบท่อซึ่งไม่ใช้ความดันเป็นแรงขับและมีตะแกรงสแตนเลสขนาด 33 ไมโครเมตรเป็นตัวกรอง

จากการทดลองพบปัญหาในการทำการทดลองคือไม่สามารถควบคุมปริมาตรในโมดูลทำให้ไม่สามารถวัดปริมาตรตามเวลาได้และยังพบว่ามีเค้กจากการกรองมากซึ่งมีผลต่อฟลักซ์ของการกรองด้วยเหตุนี้จึงสรุปได้ว่าการกำจัดโปรตีนออกจากโพลีแซคคาไรด์ในผงเนื้อในเมล็ดมะขามโดยการใช้คลื่นเหนือเสียงแยกอนุภาคโปรตีนออกจากอนุภาคโพลีแซคคาไรด์ในผงเนื้อในเมล็ดมะขามแล้วจึงทำการกำจัดอนุภาคโปรตีนออกจากอนุภาคโพลีแซคคาไรด์โดยการกรองชนิดไหลขนานตัวกรองในโมดูลแบบท่อซึ่งไม่ใช้ความดันเป็นแรงขับและมีตะแกรงสแตนเลสขนาด 33 ไมโครเมตรเป็นตัวกรอง ไม่เหมาะที่จะนำมากำจัดโปรตีน

จากผลการใช้คลื่นเหนือเสียงและการกรองโดยใช้ buchner funnel เพื่อแยกโปรตีนจึงเกิดแนวคิดที่จะนำคลื่นเหนือเสียงมาใช้ในการแยกโปรตีนและทำการกำจัดโปรตีนออกจากโพลีแซคคาไรด์ในผงเนื้อในเมล็ดมะขามโดยการกรองด้วยเครื่องกรองชนิดไหลผ่านตัวกรอง(dead – end filtration)ในถังกวนควบคู่กับการชะเค้กด้วยสารละลายเอทานอล

ภาคผนวก ค.

ค.1 การทดลองหาสภาวะที่เหมาะสมในการแยกอนุภาคโปรตีนออกจากอนุภาคโพลีแซคคาไรด์ของผงเนื้อในเมล็ดมะขาม

ผลของความเข้มข้นของสารละลายเอทานอลและเวลาในการผ่านคลื่นเหนือเสียงต่อการแยกโปรตีน

ตารางที่ ค.1 แสดงข้อมูลร้อยละการแยกโปรตีนกับจำนวนครั้งของการซะที่ความเข้มข้นของสารละลายเอทานอลร้อยละ 0(กวนในน้ำที่ความเร็วรอบ 200 รอบต่อนาที) 30 50 และ 60 โดยน้ำหนัก เวลาในการผ่านคลื่นเหนือเสียง 30 60 และ 180 วินาที ความเข้มข้นของผงเนื้อในเมล็ดมะขาม 20 กรัมต่อลิตร

จำนวนครั้งของการซะ	ร้อยละการแยกโปรตีน (% protein separation) (กรัมของโปรตีนที่ถูกกำจัดต่อกรัมของโปรตีนเริ่มต้น)									
	A1	B1	C1	D1	E1	F1	G1	H1	I1	J1
0	71.169	63.737	69.933	73.546	67.373	75.896	80.524	56.340	56.388	61.839
1	13.599	14.008	13.433	9.961	11.402	10.608	7.875	13.274	14.683	11.718
2	4.834	4.233	3.825	1.989	5.892	2.680	1.939	5.234	5.808	4.330
3	1.959	2.322	2.000	1.252	3.314	1.537	0.768	3.288	3.124	2.842
4	1.100	1.533	1.237	0.597	2.059	1.483	0.591	2.171	3.163	2.123
5	0.789	1.148	0.951	0.517	1.480	0.709	0.350	2.108	2.126	1.806
6	0.449	1.048	0.660	0.400	1.091	0.509	0.308	1.984	1.679	1.799
7	0.392	0.801	0.514	0.280	1.055	0.677	0.194	1.622	1.174	1.126
8	0.418	0.690	0.562	0.246	0.875	0.527	0.201	1.350	1.231	0.822
9	0.339	0.648	0.490	0.267	0.758	0.451	0.189	1.252	1.102	1.204
10	0.332	0.551	0.427	0.204	0.921	0.401	0.823	1.296	0.978	0.867
11	0.206	0.558	0.329	0.211	0.563	0.309	0.214	0.995	0.589	0.952
12	0.193	0.532	0.239	0.217	0.494	0.221	0.189	0.895	0.913	0.712
13	0.133	0.511	0.183	0.211	0.574	0.171	0.137	0.804	0.861	0.544
14	0.199	0.440	0.239	0.134	0.598	0.190	0.156	0.930	0.600	0.832
15	0.126	0.506	0.348	0.309	0.554	0.328	0.201	0.809	0.311	0.667

โดยที่ A1 = ร้อยละการแยกโปรตีนที่ความเข้มข้นของสารละลายเอทานอลร้อยละ 0 โดยน้ำหนัก

B1 = ร้อยละการแยกโปรตีนที่ความเข้มข้นของสารละลายเอทานอลร้อยละ 30 โดยน้ำหนัก เวลาในการผ่านคลื่นเหนือเสียง 30 วินาที ความเข้มข้นของผงเนื้อในเมล็ดมะขาม 20 กรัมต่อลิตร

C1 = ร้อยละการแยกโปรตีนที่ความเข้มข้นของสารละลายเอทานอลร้อยละ 30 โดยน้ำหนัก เวลาในการผ่านคลื่นเหนือเสียง 60 วินาที ความเข้มข้นของผงเนื้อในเมล็ดมะขาม 20 กรัมต่อลิตร

D1 = ร้อยละการแยกโปรตีนที่ความเข้มข้นของสารละลายเอทานอลร้อยละ 30 โดยน้ำหนัก เวลาในการผ่านคลื่นเหนือเสียง 180 วินาที ความเข้มข้นของผงเนื้อในเมล็ดมะขาม 20 กรัมต่อลิตร

E1 = ร้อยละการแยกโปรตีนที่ความเข้มข้นของสารละลายเอทานอลร้อยละ 50 โดยน้ำหนัก เวลาในการผ่านคลื่นเหนือเสียง 30 วินาที ความเข้มข้นของผงเนื้อในเมล็ดมะขาม 20 กรัมต่อลิตร

F1 = ร้อยละการแยกโปรตีนที่ความเข้มข้นของสารละลายเอทานอลร้อยละ 50 โดยน้ำหนัก เวลาในการผ่านคลื่นเหนือเสียง 60 วินาที ความเข้มข้นของผงเนื้อในเมล็ดมะขาม 20 กรัมต่อลิตร

G1 = ร้อยละการแยกโปรตีนที่ความเข้มข้นของสารละลายเอทานอลร้อยละ 50 โดยน้ำหนัก เวลาในการผ่านคลื่นเหนือเสียง 180 วินาที ความเข้มข้นของผงเนื้อในเมล็ดมะขาม 20 กรัมต่อลิตร

H1 = ร้อยละการแยกโปรตีนที่ความเข้มข้นของสารละลายเอทานอลร้อยละ 60 โดยน้ำหนัก เวลาในการผ่านคลื่นเหนือเสียง 30 วินาที ความเข้มข้นของผงเนื้อในเมล็ดมะขาม 20 กรัมต่อลิตร

I1 = ร้อยละการแยกโปรตีนที่ความเข้มข้นของสารละลายเอทานอลร้อยละ 60 โดยน้ำหนัก เวลาในการผ่านคลื่นเหนือเสียง 60 วินาที ความเข้มข้นของผงเนื้อในเมล็ดมะขาม 20 กรัมต่อลิตร

J1 = ร้อยละการแยกโปรตีนที่ความเข้มข้นของสารละลายเอทานอลร้อยละ 60 โดยน้ำหนัก เวลาในการผ่านคลื่นเหนือเสียง 180 วินาที ความเข้มข้นของผงเนื้อในเมล็ดมะขาม 20 กรัมต่อลิตร

ตารางที่ ค.2 แสดงข้อมูลผลของความเข้มข้นของสารละลายเอทานอลและเวลาในการผ่านคลื่นเหนือเสียงต่อร้อยละการแยกโปรตีนและร้อยละการสูญเสียโพลีแซคคาไรด์ของการกรองและการซะทั้งหมด 4 ครั้ง ที่ความเข้มข้นของผงเนื้อในเมล็ดมะขาม 20 กรัมต่อลิตร

ฟิวเทรตที่ได้จากการกรองแยกโปรตีน	ร้อยละการแยกโปรตีน(กรัมของโปรตีนที่ถูกกำจัดต่อกรัมของโปรตีนเริ่มต้น)	ร้อยละการสูญเสียโพลีแซคคาไรด์(กรัมของโพลีแซคคาไรด์ที่สูญเสียต่อกรัมของโพลีแซคคาไรด์เริ่มต้น)
A2	92.660	78.035
B2	85.833	55.859
C2	90.428	60.282
D2	87.346	61.300
E2	90.041	55.267
F2	92.203	68.512
G2	91.693	69.723
H2	80.306	59.985
I2	83.165	62.209
J2	82.852	61.240

โดยที่ A2 = ฟิวเทรตที่ได้จากการกรองแยกโปรตีนที่ความเข้มข้นของสารละลายเอทานอลร้อยละ 0 โดยน้ำหนัก

B2 = ฟิวเทรตที่ได้จากการกรองแยกโปรตีนที่ความเข้มข้นของสารละลายเอทานอลร้อยละ 30 โดยน้ำหนัก เวลาในการผ่านคลื่นเหนือเสียง 30 วินาที

C2 = ฟิวเทรตที่ได้จากการกรองแยกโปรตีนที่ความเข้มข้นของสารละลายเอทานอลร้อยละ 30 โดยน้ำหนัก เวลาในการผ่านคลื่นเหนือเสียง 60 วินาที

D2 = ฟิวเทรตที่ได้จากการกรองแยกโปรตีนที่ความเข้มข้นของสารละลายเอทานอลร้อยละ 30 โดยน้ำหนัก เวลาในการผ่านคลื่นเหนือเสียง 180 วินาที

E2 = ฟิวเทรตที่ได้จากการกรองแยกโปรตีนที่ความเข้มข้นของสารละลายเอทานอลร้อยละ 50 โดยน้ำหนัก เวลาในการผ่านคลื่นเหนือเสียง 30 วินาที

F2 = ฟิวเทรตที่ได้จากการกรองแยกโปรตีนที่ความเข้มข้นของสารละลายเอทานอลร้อยละ 50 โดยน้ำหนัก เวลาในการผ่านคลื่นเหนือเสียง 60 วินาที

G2 = ฟิวเทรตที่ได้จากการกรองแยกโปรตีนที่ความเข้มข้นของสารละลายเอทานอลร้อยละ 50 โดยน้ำหนัก เวลาในการผ่านคลื่นเหนือเสียง 180 วินาที

H2 = ฟิวเทรตที่ได้จากการกรองแยกโปรตีนที่ความเข้มข้นของสารละลายเอทานอลร้อยละ 60 โดยน้ำหนัก เวลาในการผ่านคลื่นเหนือเสียง 30 วินาที

I2 = ฟิวเทรตที่ได้จากการกรองแยกโปรตีนที่ความเข้มข้นของสารละลายเอทานอลร้อยละ 60 โดยน้ำหนัก เวลาในการผ่านคลื่นเหนือเสียง 60 วินาที

J2 = ฟิวเทรตที่ได้จากการกรองแยกโปรตีนที่ความเข้มข้นของสารละลายเอทานอลร้อยละ 60 โดยน้ำหนัก เวลาในการผ่านคลื่นเหนือเสียง 180 วินาที

ผลของเวลาในการผ่านคลื่นเหนือเสียงต่อการแยกโปรตีน

ตารางที่ ค.3 แสดงข้อมูลร้อยละการแยกโปรตีนกับจำนวนครั้งของการชะที่ความเข้มข้นของสารละลายเอทานอลร้อยละ 50 โดยน้ำหนัก เวลาในการผ่านคลื่นเหนือเสียง 0 15 30 45 60 180 และ 300 วินาที ความเข้มข้นของผงเนื้อในเมล็ดมะขาม 20 กรัมต่อลิตร

จำนวนครั้งของการชะ	ร้อยละการแยกโปรตีน (% protein separation)(กรัมของโปรตีนที่ถูกกำจัดต่อกรัมของโปรตีนเริ่มต้น) ที่เวลาในการผ่านคลื่นเหนือเสียง(วินาที)						
	0 วินาที	15 วินาที	30 วินาที	45 วินาที	60 วินาที	180 วินาที	300 วินาที
0	45.408	61.668	67.373	61.807	75.896	80.524	84.122
1	19.785	12.770	11.402	18.137	10.608	7.875	6.963
2	6.512	5.683	5.892	5.345	2.680	1.939	1.434
3	3.722	4.022	3.314	3.106	1.537	0.768	0.426
4	2.615	2.783	2.059	1.940	1.483	0.591	0.184
5	2.032	2.095	1.480	1.741	0.709	0.350	0.127
6	1.213	1.598	1.091	1.462	0.509	0.308	0.089
7	1.087	1.103	1.055	1.042	0.677	0.194	0.293
8	0.981	1.138	0.875	0.975	0.527	0.201	0.089
9	0.547	0.799	0.758	0.647	0.451	0.189	0.025
10	0.647	0.638	0.921	0.699	0.401	0.823	0.013
11	0.656	0.543	0.563	0.729	0.309	0.214	0.280
12	0.659	0.566	0.494	0.664	0.221	0.189	0.039
13	1.430	0.505	0.574	0.498	0.171	0.137	0.090
14	0.890	0.433	0.598	0.397	0.190	0.156	0.000
15	0.834	0.474	0.554	0.391	0.328	0.201	0.000

ตารางที่ ค.4 แสดงข้อมูลผลของเวลาในการผ่านคลื่นเหนือเสียงต่อร้อยละการแยกโปรตีนและร้อยละการสูญเสียโพลีแซคคาไรด์ของการกรองและการชะทั้งหมด 4 ครั้ง

ฟิวเทรตที่ได้จากการกรองแยกโปรตีนที่เวลาในการผ่านคลื่นเหนือเสียง (วินาที)	ร้อยละการแยกโปรตีน(กรัมของโปรตีนที่ถูกกำจัดต่อกรัมของโปรตีนเริ่มต้น)	ร้อยละการสูญเสียโพลีแซคคาไรด์(กรัมของโพลีแซคคาไรด์ที่สูญเสียต่อกรัมของโพลีแซคคาไรด์เริ่มต้น)
0	78.042	58.772
15	86.926	61.220
30	90.041	55.267
45	90.334	52.668
60	92.203	68.512
180	91.698	69.723
300	93.128	73.308

ผลของความเข้มข้นของผงเนื้อในเมล็ดมะขามและเวลาในการผ่านคลื่นเหนือเสียงต่อการแยกโปรตีน

ตารางที่ ค.5 แสดงข้อมูลร้อยละการแยกโปรตีนกับจำนวนครั้งของการชะที่ความเข้มข้นของสารละลายเอทา-นอลร้อยละ 50 โดยน้ำหนัก เวลาในการผ่านคลื่นเหนือเสียง 30 60 และ 180 วินาที ความเข้มข้นของผงเนื้อในเมล็ดมะขาม 20 40 และ 60 กรัมต่อลิตร

จำนวนครั้งของการชะ	ร้อยละการแยกโปรตีน (% protein separation) (กรัมของโปรตีนที่ถูกกำจัดต่อกรัมของโปรตีนเริ่มต้น)								
	A3	B3	C3	D3	E3	F3	G3	H3	I3
0	67.373	75.896	80.524	44.204	63.573	64.306	32.931	35.560	42.517
1	11.402	10.608	7.875	25.132	20.738	20.527	26.472	29.933	24.899
2	5.892	2.680	1.939	6.750	5.381	5.002	12.258	10.634	11.584
3	3.314	1.537	0.768	3.840	2.807	2.287	4.000	4.347	4.737
4	2.059	1.483	0.591	2.768	1.521	1.321	2.332	2.048	2.539
5	1.480	0.709	0.350	1.965	1.034	1.002	1.702	1.539	1.833
6	1.091	0.509	0.308	1.836	0.741	0.766	1.352	1.568	1.419
7	1.055	0.677	0.194	1.726	0.540	0.539	1.277	1.326	1.077
8	0.875	0.527	0.201	1.405	0.410	0.525	0.977	1.288	1.141
9	0.758	0.451	0.189	1.028	0.338	0.379	0.995	1.357	0.971
10	0.921	0.401	0.823	1.063	0.312	0.281	0.972	1.128	0.837
11	0.563	0.309	0.214	0.935	0.325	0.232	0.799	1.097	0.874
12	0.494	0.221	0.189	0.841	0.289	0.267	0.758	1.053	0.678
13	0.574	0.171	0.137	0.835	0.189	0.239	0.691	0.777	0.634
14	0.598	0.190	0.156	0.708	0.172	0.207	0.621	0.696	0.575
15	0.554	0.328	0.201	0.687	0.140	0.225	0.540	0.731	0.476
16	--	--	--	0.656	0.164	0.146	0.438	0.756	0.383
17	--	--	--	2.296	0.227	0.129	0.354	0.523	0.339
18	--	--	--	0.392	0.241	0.104	0.394	0.520	0.337
19	--	--	--	0.366	0.174	0.178	0.327	0.379	0.333

ตารางที่ ค.5 (ต่อ) แสดงข้อมูลร้อยละการแยกโปรตีนกับจำนวนครั้งของการซะที่ความเข้มข้นของสารละลายเอทานอลร้อยละ 50 โดยน้ำหนัก เวลาในการผ่านคลื่นเหนือเสียง 30 60 และ 180 วินาที ความเข้มข้นของผงเนื้อในเมล็ดมะขาม 20 40 และ 60 กรัมต่อลิตร

จำนวนครั้งของการซะ	ร้อยละการแยกโปรตีน (% protein separation) (กรัมของโปรตีนที่ถูกกำจัดต่อกรัมของโปรตีนเริ่มต้น)								
	A3	B3	C3	D3	E3	F3	G3	H3	I3
20	--	--	--	0.349	0.186	0.699	0.343	0.352	0.248
21	--	--	--	--	--	--	0.307	0.359	0.216
22	--	--	--	--	--	--	0.283	0.359	0.260
23	--	--	--	--	--	--	0.329	0.319	0.192
24	--	--	--	--	--	--	0.249	0.295	0.224
25	--	--	--	--	--	--	0.216	0.337	0.181

โดยที่ A3 = ร้อยละการแยกโปรตีนที่ความเข้มข้นของสารละลายเอทานอลร้อยละ 50 โดยน้ำหนัก เวลาในการผ่านคลื่นเหนือเสียง 30 วินาที ความเข้มข้นของผงเนื้อในเมล็ดมะขาม 20 กรัมต่อลิตร

B3 = ร้อยละการแยกโปรตีนที่ความเข้มข้นของสารละลายเอทานอลร้อยละ 50 โดยน้ำหนัก เวลาในการผ่านคลื่นเหนือเสียง 60 วินาที ความเข้มข้นของผงเนื้อในเมล็ดมะขาม 20 กรัมต่อลิตร

C3 = ร้อยละการแยกโปรตีนที่ความเข้มข้นของสารละลายเอทานอลร้อยละ 50 โดยน้ำหนัก เวลาในการผ่านคลื่นเหนือเสียง 180 วินาที ความเข้มข้นของผงเนื้อในเมล็ดมะขาม 20 กรัมต่อลิตร

D3 = ร้อยละการแยกโปรตีนที่ความเข้มข้นของสารละลายเอทานอลร้อยละ 50 โดยน้ำหนัก เวลาในการผ่านคลื่นเหนือเสียง 30 วินาที ความเข้มข้นของผงเนื้อในเมล็ดมะขาม 40 กรัมต่อลิตร

E3 = ร้อยละการแยกโปรตีนที่ความเข้มข้นของสารละลายเอทานอลร้อยละ 50 โดยน้ำหนัก เวลาในการผานคลื่นเหนือเสียง 60 วินาที ความเข้มข้นของผงเนื้อในเมล็ดมะขาม 40 กรัมต่อลิตร

F3 = ร้อยละการแยกโปรตีนที่ความเข้มข้นของสารละลายเอทานอลร้อยละ 50 โดยน้ำหนัก เวลาในการผานคลื่นเหนือเสียง 180 วินาที ความเข้มข้นของผงเนื้อในเมล็ดมะขาม 40 กรัมต่อลิตร

G3 = ร้อยละการแยกโปรตีนที่ความเข้มข้นของสารละลายเอทานอลร้อยละ 50 โดยน้ำหนัก เวลาในการผานคลื่นเหนือเสียง 30 วินาที ความเข้มข้นของผงเนื้อในเมล็ดมะขาม 60 กรัมต่อลิตร

H3 = ร้อยละการแยกโปรตีนที่ความเข้มข้นของสารละลายเอทานอลร้อยละ 50 โดยน้ำหนัก เวลาในการผานคลื่นเหนือเสียง 60 วินาที ความเข้มข้นของผงเนื้อในเมล็ดมะขาม 60 กรัมต่อลิตร

I3 = ร้อยละการแยกโปรตีนที่ความเข้มข้นของสารละลายเอทานอลร้อยละ 50 โดยน้ำหนัก เวลาในการผานคลื่นเหนือเสียง 180 วินาที ความเข้มข้นของผงเนื้อในเมล็ดมะขาม 60 กรัมต่อลิตร

ตาราง ค.6 แสดงข้อมูลผลของความเข้มข้นของผงเนื้อในเมล็ดมะขามและเวลาในการผ่านคลื่นเหนือเสียงต่อร้อยละการแยกโปรตีนและร้อยละการสูญเสียโพลีแซคคาไรด์ของการกรองและการชะทั้งหมด 4 ครั้ง ที่ความเข้มข้นของสารละลายเอทานอลร้อยละ 50 โดยน้ำหนัก

ฟิวเทรตที่ได้จากการกรองแยกโปรตีน	ร้อยละการแยกโปรตีน(กรัมของโปรตีนที่ถูกกำจัดต่อกรัมของโปรตีนเริ่มต้น)	ร้อยละการสูญเสียโพลีแซคคาไรด์(กรัมของโพลีแซคคาไรด์ที่สูญเสียต่อกรัมของโพลีแซคคาไรด์เริ่มต้น)
A4	90.041	55.267
B4	92.203	68.512
C4	91.698	69.723
D4	82.695	52.071
E4	94.020	62.869
F4	93.443	67.004
G4	77.993	56.090
H4	82.522	61.453
I4	86.276	60.391

โดยที่ A4 = ฟิวเทรตที่ได้จากการกรองแยกโปรตีนที่เวลาในการผ่านคลื่นเหนือเสียง 30 วินาที ความเข้มข้นของผงเนื้อในเมล็ดมะขาม 20 กรัมต่อลิตร

B4 = ฟิวเทรตที่ได้จากการกรองแยกโปรตีนที่เวลาในการผ่านคลื่นเหนือเสียง 60 วินาที ความเข้มข้นของผงเนื้อในเมล็ดมะขาม 20 กรัมต่อลิตร

C4 = ฟิวเทรตที่ได้จากการกรองแยกโปรตีนที่เวลาในการผ่านคลื่นเหนือเสียง 180 วินาที ความเข้มข้นของผงเนื้อในเมล็ดมะขาม 20 กรัมต่อลิตร

D4 = ฟิวเทรตที่ได้จากการกรองแยกโปรตีนที่เวลาในการผ่านคลื่นเหนือเสียง 30 วินาที ความเข้มข้นของผงเนื้อในเมล็ดมะขาม 40 กรัมต่อลิตร

E4 = ฟิวเทรตที่ได้จากการกรองแยกโปรตีนที่เวลาในการผ่านคลื่นเหนือเสียง 60 วินาที ความเข้มข้นของผงเนื้อในเมล็ดมะขาม 40 กรัมต่อลิตร

F4 = ฟิวเทรตที่ได้จากการกรองแยกโปรตีนที่เวลาในการผ่านคลื่นเหนือเสียง 180 วินาที ความเข้มข้นของผงเนื้อในเมล็ดมะขาม 40 กรัมต่อลิตร

G4 = ฟิวเทรตที่ได้จากการกรองแยกโปรตีนที่เวลาในการผ่านคลื่นเหนือเสียง 30 วินาที ความเข้มข้นของผงเนื้อในเมล็ดมะขาม 60 กรัมต่อลิตร

H4 = ฟิวเทรตที่ได้จากการกรองแยกโปรตีนที่เวลาในการผ่านคลื่นเหนือเสียง 60 วินาที ความเข้มข้นของผงเนื้อในเมล็ดมะขาม 60 กรัมต่อลิตร

IA = ฟิวเทรตที่ได้จากการกรองแยกโปรตีนที่เวลาในการผ่านคลื่นเหนือเสียง 180 วินาที ความเข้มข้นของผงเนื้อในเมล็ดมะขาม 60 กรัมต่อลิตร

ค.2 การทดลองการกรองด้วยเครื่องกรองชนิดไหลผ่านตัวกรอง(dead – end filtration)ในถังกวนโดยศึกษาลักษณะการกวนหลายชนิด

ผลของลักษณะการกวนต่อการกำจัดโปรตีนและฟลักซ์ของการกรอง

ตารางที่ ค.7 แสดงข้อมูลความสัมพันธ์ของเวลาในการกรองกับร้อยละการกำจัดโปรตีนของลักษณะการกวนกวน 4 ชนิด

เวลาในการกรอง (วินาที)	ร้อยละการกำจัดโปรตีน (% protein removal)(กรัมของโปรตีนที่ถูกกำจัดต่อกรัมของโปรตีนเริ่มต้น) โดยมีลักษณะการกวน 4 ชนิดคือ			
	ไม่ทำการกวน	กวนด้วยใบกวน	กวนด้วยใบกวาด	กวาดผิวหน้าตัวกรองด้วยใบกวาด
5	--	--	--	19.974
10	--	--	--	12.049
15	--	--	--	9.206
20	--	--	--	5.753
25	--	--	--	3.733
30	6.959	7.089	7.257	1.896
60	0.607	0.614	0.581	--
90	0.398	0.414	0.331	--
120	0.288	0.285	0.241	--
150	0.237	0.203	0.170	--
180	0.157	0.138	0.150	--
210	0.146	0.110	0.117	--
240	0.130	0.081	0.097	--
270	0.097	0.076	0.086	--
300	0.066	0.044	0.072	--

ตารางที่ ค.8 แสดงข้อมูลความสัมพันธ์ของเวลาในการกรองกับและร้อยละการสูญเสียโพลีแซคคาไรด์ของลักษณะการกวนกวน 4 ชนิด

เวลาในการกรอง (วินาที)	ร้อยละการสูญเสียโพลีแซคคาไรด์ (% polysaccharide loss)(กรัมของโพลีแซคคาไรด์ที่สูญเสียต่อกรัมของโพลีแซคคาไรด์เริ่มต้น) โดยมีลักษณะการกวน 4 ชนิดคือ			
	ไม่ทำการกวน	กวนด้วยใบกวน	กวนด้วยใบกวาด	กวาดผิวหน้าตัวกรองด้วยใบกวาด
5	--	--	--	11.186
10	--	--	--	7.448
15	--	--	--	5.882
20	--	--	--	2.146
25	--	--	--	1.314
30	5.016	5.204	5.494	0.722
60	0.559	0.575	0.508	--
90	0.368	0.365	0.305	--
120	0.273	0.263	0.214	--
150	0.211	0.195	0.182	--
180	0.138	0.136	0.138	--
210	0.138	0.118	0.108	--
240	0.125	0.089	0.103	--
270	0.090	0.085	0.090	--
300	0.064	0.050	0.075	--

ตารางที่ ค.9 แสดงข้อมูลฟลักซ์ของการกรองกับเวลาในการกรองของลักษณะการกวน 4 ชนิด

เวลาในการกรอง (วินาที)	ฟลักซ์ของการกรอง (ลิตรต่อตารางเมตร-ชั่วโมง) โดยมีลักษณะการกวน 4 ชนิดคือ			
	ไม่ทำการกวน	กวนด้วยใบกวน	กวนด้วยใบกวาด	กวาดผิวหน้าตัวกรองด้วยใบกวาด
5	--	--	--	6657.601
10	--	--	--	3426.707
15	--	--	--	2251.836
20	--	--	--	1272.777
25	--	--	--	620.071
30	1158.553	1251.020	1125.918	293.718
60	339.951	331.792	320.914	--
90	223.008	231.167	184.933	--
120	163.177	160.457	133.261	--
150	130.541	114.224	92.467	--
180	84.308	78.869	81.588	--
210	81.588	65.271	62.551	--
240	73.429	48.953	54.392	--
270	54.392	46.233	48.953	--
300	38.075	27.196	40.794	--

ตารางที่ ค.10 แสดงข้อมูลฟลักซ์ของร้อยละการกำจัดโปรตีนกับเวลาในการกรองของลักษณะการกวน 4 ชนิด

เวลาในการกรอง (วินาที)	ฟลักซ์ของร้อยละการกำจัดโปรตีน (กรัมของโปรตีนที่ถูกกำจัดต่อกรัมของโปรตีนเริ่มต้น)โดยมีลักษณะการกวน 4 ชนิดคือ			
	ไม่ทำการกวน	กวนด้วยใบกวน	กวนด้วยใบกวาด	กวาดผิวหน้าตัวกรองด้วยใบกวาด
5	--	--	--	65.185
10	--	--	--	39.322
15	--	--	--	30.044
20	--	--	--	18.776
25	--	--	--	12.183
30	3.785	3.856	3.947	6.189
60	0.330	0.334	0.316	--
90	0.217	0.225	0.180	--
120	0.157	0.155	0.131	--
150	0.129	0.110	0.092	--
180	0.085	0.075	0.081	--
210	0.079	0.060	0.063	--
240	0.071	0.044	0.053	--
270	0.053	0.041	0.047	--
300	0.036	0.024	0.039	--

ผลของความเข้มข้นของผงเนื้อในเมล็ดมะขามต่อการกำจัดโปรตีนและฟลักซ์ของการกรองโดยกวาดผิวหน้าตัวกรองด้วยใบกวาด

ตารางที่ ค.11 แสดงข้อมูลความสัมพันธ์ของเวลาในการกรองกับร้อยละการกำจัดโปรตีนที่ความเข้มข้นของผงเนื้อในเมล็ดมะขาม 20 40 และ 60 กรัมต่อลิตร โดยกวาดผิวหน้าตัวกรองด้วยใบกวาด

เวลาในการกรอง (วินาที)	ร้อยละการกำจัดโปรตีน (% protein removal)(กรัมของโปรตีนที่ถูกกำจัดต่อกรัมของโปรตีนเริ่มต้น) ที่ความเข้มข้นของผงเนื้อในเมล็ดมะขาม(กรัมต่อลิตร)		
	20 กรัมต่อลิตร	40 กรัมต่อลิตร	60 กรัมต่อลิตร
5	19.974	10.773	6.633
10	12.049	8.120	5.865
15	9.206	6.271	4.786
20	5.753	5.576	4.451
25	3.733	4.099	3.667
30	1.896	3.457	3.341
35	--	3.570	3.460
40	--	2.472	2.899
45	--	1.685	2.468

ตารางที่ ค.12 แสดงข้อมูลความสัมพันธ์ของเวลาในการกรองกับร้อยละการสูญเสียโพลีแซคคาไรด์ที่ความเข้มข้นของผงเนื้อในเมล็ดมะขาม 20 40 และ 60 กรัมต่อลิตร โดยกวาดผิวหน้าตัวกรองด้วยใบกวาด

เวลาในการกรอง (วินาที)	ร้อยละการสูญเสียโพลีแซคคาไรด์ (% polysaccharide loss)(กรัมของโพลีแซคคาไรด์ที่สูญเสียต่อกรัมของโพลีแซคคาไรด์เริ่มต้น) ที่ความเข้มข้นของผงเนื้อในเมล็ดมะขาม(กรัมต่อลิตร)		
	20 กรัมต่อลิตร	40 กรัมต่อลิตร	60 กรัมต่อลิตร
5	11.186	6.832	3.721
10	7.448	5.020	3.010
15	5.882	3.531	2.616
20	2.146	3.167	2.287
25	1.314	2.486	1.999
30	0.722	1.926	1.509
35	--	1.428	1.578
40	--	1.183	1.381
45	--	0.749	1.129

ตารางที่ ค.13 แสดงข้อมูลฟลักซ์ของการกรองกับเวลาในการกรองที่ความเข้มข้นของผงเนื้อในเมล็ดมะขาม 20 40 และ 60 กรัมต่อลิตร

เวลาในการกรอง (วินาที)	ฟลักซ์ของการกรอง (ลิตรต่อตารางเมตร-ชั่วโมง) ที่ความเข้มข้นของผงเนื้อในเมล็ดมะขาม(กรัมต่อลิตร)		
	20 กรัมต่อลิตร	40 กรัมต่อลิตร	60 กรัมต่อลิตร
5	6657.601	4732.119	3426.707
10	3426.707	3230.895	2741.365
15	2251.836	1990.753	2153.930
20	1272.777	1631.765	1664.400
25	620.071	1044.330	1272.777
30	293.718	685.341	783.247
35	--	424.259	587.435
40	--	163.177	326.353
45	--	97.906	163.177

ตารางที่ ค.14 แสดงข้อมูลฟลักซ์ของร้อยละการกำจัดโปรตีนกับเวลาในการกรองที่ความเข้มข้นของผงเนื้อในเมล็ดมะขาม 20 40 และ 60 กรัมต่อลิตร

เวลาในการกรอง (วินาที)	ฟลักซ์ของร้อยละการกำจัดโปรตีน (กรัมของโปรตีนที่ถูกกำจัดต่อกรัมของโปรตีนเริ่มต้น)ที่ความเข้มข้นของผงเนื้อในเมล็ดมะขาม(กรัมต่อลิตร)		
	20 กรัมต่อลิตร	40 กรัมต่อลิตร	60 กรัมต่อลิตร
5	65.185	35.159	21.646
10	39.322	26.501	19.140
15	30.044	20.467	15.620
20	18.776	18.197	14.526
25	12.183	13.377	11.967
30	6.189	11.281	10.904
35	--	11.649	11.291
40	--	8.067	9.460
45	--	5.500	8.053

ค.3 การทดลองการกรองด้วยเครื่องกรองชนิดไหลผ่านตัวกรอง(dead – end filtration)ในถังกวนโดยกวาดผิวหน้าตัวกรองด้วยใบกวาดและมีการชะเค้กด้วยสารละลายเอทานอล

ตารางที่ ค.15 แสดงข้อมูลร้อยละการกำจัดโปรตีนและร้อยละการสูญเสียโพลีแซคคาไรด์กับจำนวนครั้งของการชะที่ความเข้มข้นของสารละลายเอทานอลร้อยละ 50 โดยน้ำหนัก เวลาในการผ่านคลื่นเหนือเสียง 60 วินาที ความเข้มข้นของผงเนื้อในเมล็ดมะขาม 20 กรัมต่อลิตร โดยกวาดผิวหน้าตัวกรองด้วยใบกวาดและมีการชะเค้กด้วยสารละลายเอทานอล

จำนวนครั้งของการชะ	ร้อยละการแยกโปรตีน(กรัมของโปรตีนที่ถูกกำจัดต่อกรัมของโปรตีนเริ่มต้น)	ร้อยละการสูญเสียโพลีแซคคาไรด์(กรัมของโพลีแซคคาไรด์ที่สูญเสียต่อกรัมของโพลีแซคคาไรด์เริ่มต้น)
0	46.570	34.256
1	13.904	12.938
2	4.988	5.701
3	3.470	3.906
4	2.321	2.656
5	1.780	2.052
6	1.814	1.713
7	1.120	1.327
8	1.012	1.223
9	0.992	0.985
10	0.730	0.822
11	0.526	0.694
12	0.584	0.766
13	0.443	0.791
14	0.334	0.544
15	0.627	0.621

ภาคผนวก ง.

ง.1 การทดลองกำจัดโปรตีนโดยการกรองชนิดไมโครฟิลเทรชันแบบไหลขนานตัวกรองและใช้เยื่อแผ่นเซรา-มิกเป็นตัวกรอง

ตารางที่ ง.1 แสดงข้อมูลผลของความดันตกคร่อมตัวกรองกับฟลักซ์ของสารละลายเอทานอลที่กรองได้

ความดันคร่อมตัวกรอง ปอนด์ต่อตารางนิ้ว	ฟลักซ์ของสารละลายเอทานอลที่กรองได้ ครั้งที่ 1 (ลิตรต่อตารางเมตร-ชั่วโมง)	ฟลักซ์ของสารละลายเอทานอลที่กรองได้ ครั้งที่ 2 (ลิตรต่อตารางเมตร-ชั่วโมง)	ฟลักซ์ของสารละลายเอทานอลที่กรองได้ ครั้งที่ 3 (ลิตรต่อตารางเมตร-ชั่วโมง)
2	390.276	260.738	207.594
2.1	415.187	276.515	227.523
2.2	440.098	284.818	244.130
2.3	470.407	297.274	251.603
2.4	498.225	306.408	260.738

ตารางที่ ง.2 แสดงข้อมูลความสัมพันธ์ของเวลาในการกรองกับฟลักซ์ของการกรองโดยกรองผงเนื้อในเมล็ดมะขามในสารละลายเอทานอล

เวลา (นาที)	ทำการกรอง ครั้งที่ 1	ทำการกรอง ครั้งที่ 2	ทำการกรอง ครั้งที่ 3
2	290.631	174.379	109.609
4	264.059	165.660	103.797
6	231.674	149.467	88.020
8	203.442	141.994	83.868
10	174.379	140.748	75.149
12	154.450	127.878	71.412
14	141.164	114.592	66.430
16	126.217	104.212	61.697
18	118.744	94.663	57.296
20	109.609	86.359	53.974
22	102.551	80.546	51.068
24	96.323	72.824	47.747
26	92.172	68.921	44.840
28	88.020	64.769	42.930
30	83.868	61.448	40.688
32	77.391	57.711	38.945
34	74.734	55.635	37.367
36	72.243	52.397	35.955
38	69.585	50.653	34.294
40	66.845	48.411	33.215
42	65.600	47.331	31.969
44	63.108	45.006	31.139
46	61.282	44.425	29.893
48	59.372	43.013	29.063
50	57.545	42.183	28.233

เวลา (นาที)	ทำการกรอง ครั้งที่1	ทำการกรอง ครั้งที่2	ทำการกรอง ครั้งที่3
52	56.216	40.688	27.818
54	54.805	40.024	27.070
56	53.559	39.028	26.572
58	52.314	38.363	25.742
60	51.068	37.201	24.911
62	49.656	36.703	24.662
64	48.826	35.706	24.496
66	47.996	35.540	23.832
68	47.165	34.461	23.250
70	45.920	34.045	22.835
72	45.255	33.381	22.420
74	44.425	33.215	22.171
76	43.761	32.385	21.839
78	43.013	31.886	21.590
80	42.349	31.388	21.175
82	41.104	30.973	21.008
84	40.854	30.475	20.759
86	39.858	29.893	20.593
88	39.277	29.478	20.344
90	38.778	29.893	19.929
92	38.446	29.063	19.929
94	38.031	28.980	19.680
96	37.367	28.233	19.514
98	36.620	28.233	19.348
100	36.204	27.568	19.099

ตารางที่ ง.2(ต่อ) แสดงข้อมูลความสัมพันธ์ของเวลาในการกรองกับฟลักซ์ของการกรองโดยกรองผงเนื้อในเมล็ดมะขามในสารละลายเอทานอล

เวลา (นาที)	ทำการกรอง ครั้งที่ 1	ทำการกรอง ครั้งที่ 2	ทำการกรอง ครั้งที่ 3
102	35.789	27.402	19.099
104	35.374	26.904	18.683
106	35.374	26.572	18.268
108	34.710	26.157	18.268
110	34.128	26.323	18.268
112	34.045	25.991	18.185
114	33.630	25.742	18.102
116	33.215	25.326	17.687
118	32.634	25.326	17.853
120	32.551	24.911	17.438
122	32.385	24.911	17.438
124	32.135	24.662	17.438
126	31.637	24.496	17.272
128	31.305	24.081	17.272
130	30.973	24.081	17.023
132	30.724	23.666	16.857
134	30.724	23.832	16.691
136	29.977	23.500	16.607
138	29.977	23.500	16.607
140	29.810	23.250	16.607

เวลา (นาที)	ทำการกรอง ครั้งที่1	ทำการกรอง ครั้งที่2	ทำการกรอง ครั้งที่3
142	29.229	23.250	16.607
144	29.063	22.669	16.441
146	28.980	22.835	16.192
148	28.897	22.586	16.192
150	28.399	22.420	16.192
152	28.233	22.088	16.192
154	28.067	22.337	16.026
156	27.651	21.756	16.026
158	27.402	22.171	15.777
160	27.236	21.590	15.943
162	26.987	21.590	15.777
164	26.821	21.175	15.777
166	26.572	21.424	15.777
168	26.406	21.175	15.777
170	26.406	21.092	15.777
172	25.908	21.008	15.362
174	25.742	20.925	15.777
176	25.742	20.759	15.362
178	25.742	20.759	15.362
180	25.326	20.759	15.362

ง.2 การทดลองกำจัดโปรตีนโดยการปั่นเหวี่ยง

ตารางที่ ง.3 แสดงข้อมูลปริมาณโปรตีนของผงเนื้อในเมล็ดมะขามในน้ำและในสารละลายเอทานอลความเข้มข้นร้อยละ 50 โดยน้ำหนัก เมื่อทำการปั่นเหวี่ยงให้อนุภาคโพลีแซคคาไรด์ในผงเนื้อในเมล็ดมะขามตกตะกอนที่ความเร็วรอบต่าง ๆ

ความเร็วรอบ(รอบต่อนาที)	ปริมาณโปรตีนของผงเนื้อในเมล็ดมะขามในน้ำ(g/l)	ปริมาณโปรตีนของผงเนื้อในเมล็ดมะขามในสารละลายเอทานอล(g/l)
0	0.1594	0.1926
200	0.1096	0.0882
300	0.1375	0.0484
400	0.1096	0.0341
500	0.1404	0.0204
600	0.0882	0.0218
700	0.0925	0.0157
800	0.0835	0.0142
900	0.0764	0.0119
1000	0.0877	0.0194
1100	0.0697	0.0180
1200	0.1043	0.0161
1300	0.0692	0.0138
1400	0.0778	0.0204
1500	0.0721	0.0237

ตารางที่ ง.4 แสดงข้อมูลปริมาณโปรตีนของผงเนื้อในเมล็ดมะขามในน้ำและในสารละลายเอทานอลความเข้มข้นร้อยละ 50 โดยน้ำหนักกับเวลาในการปั่นเหวี่ยงที่ความเร็วรอบ 500 รอบต่อนาทีสำหรับโปรตีนของผงเนื้อในเมล็ดมะขามในน้ำและความเร็วรอบ 200 รอบต่อนาทีสำหรับโปรตีนของผงเนื้อในเมล็ดมะขามในสารละลายเอทานอลความเข้มข้นร้อยละ 50 โดยน้ำหนัก

เวลาในการปั่นเหวี่ยง(นาที)	ปริมาณโปรตีนของผงเนื้อในเมล็ดมะขามในน้ำ	ปริมาณโปรตีนของผงเนื้อในเมล็ดมะขามในสารละลายเอทานอล
1	0.1404	0.0882
2	0.0896	0.0655
3	0.0863	0.0451
4	0.0835	0.0318
5	0.0783	0.0318
6	0.0863	0.0351
7	0.0863	0.0427
8	0.0854	0.0816
9	0.1020	0.0261
10	0.0773	0.0199
11	0.0892	0.0237
12	0.0844	0.0304
13	0.1010	0.0631
14	0.0958	0.0251
15	0.1077	0.0275

ง.3 การทดลองกำจัดโปรตีนโดยการกรองชนิดไหลขนานตัวกรองในโมดูลแบบท่อซึ่งใช้ความดันเป็นแรงขับและมีตะแกรงสแตนเลสขนาด 33 ไมโครเมตรเป็นตัวกรอง

ตารางที่ ง.5 แสดงข้อมูลฟลักซ์ของการกรองและร้อยละการกำจัดโปรตีนกับเวลาในการกรองที่ความดันตกคร่อมตัวกรอง 2 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว

เวลาในการกรอง (นาที)	ฟลักซ์ของการกรอง (ลิตรต่อตารางเมตร-ชั่วโมง)	ร้อยละการกำจัดโปรตีน(กรัมของโปรตีนที่ถูกกำจัดต่อกรัมของโปรตีนเริ่มต้น)
2	781.427	1.283
4	494.451	0.820
6	413.012	0.643
8	376.201	0.590
10	348.055	0.536
12	329.634	0.528
14	306.366	0.472
16	291.823	0.479
18	279.219	0.460
20	271.463	0.429
22	259.829	0.440
24	252.073	0.407
26	244.317	0.412
28	236.691	0.380
30	231.713	0.380
32	224.927	0.363
34	219.110	0.346
36	214.262	0.351
38	212.711	0.340
40	207.476	0.343
42	202.628	0.333

ตารางที่ ง.5(ต่อ) แสดงข้อมูลฟลักซ์ของการกรองและร้อยละการกำจัดโปรตีนกับเวลาในการกรองที่ความดันตกคร่อมตัวกรอง 2 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว

เวลาในการกรอง (นาที)	ฟลักซ์ของการกรอง (ลิตรต่อตารางเมตร-ชั่วโมง)	ร้อยละการกำจัดโปรตีน(กรัมของโปรตีนที่ถูกกำจัดต่อกรัมของโปรตีนเริ่มต้น)
44	197.780	0.313
46	194.872	0.310
48	190.024	0.287
50	189.055	0.302
52	183.238	0.287
54	183.238	0.262
56	178.390	0.279
58	178.390	0.284
60	174.512	0.292

ง.4 การทดลองแยกอนุภาคโปรตีนออกจากอนุภาคโพลีแซคคาไรด์ในผงเนื้อในเมล็ดมะขามเพื่อให้อนุภาคโพลีแซคคาไรด์และอนุภาคโปรตีนกระจายตัวเป็นอนุภาคเดี่ยว ๆ ในสารละลายเอทานอลโดยใช้คลื่นเหนือเสียง

ตารางที่ ง.6 แสดงข้อมูลร้อยละการแยกโปรตีนสะสมและร้อยละการสูญเสียโพลีแซคคาไรด์สะสมกับจำนวนครั้งของการชะ

จำนวนครั้งของการชะ	ร้อยละการแยกโปรตีนสะสม(กรัมของโปรตีนที่ถูกแยกต่อกรัมของโปรตีนเริ่มต้น)	ร้อยละการสูญเสียโพลีแซคคาไรด์สะสม(กรัมของโพลีแซคคาไรด์ที่สูญเสียต่อกรัมของโพลีแซคคาไรด์เริ่มต้น)
0	75.798	15.35
1	90.081	26.934
2	94.105	32.161
3	96.556	34.693
4	98.344	38.255

ประวัติผู้แต่ง

นางสาววารี จารุวัฒนายนต์ เกิดเมื่อวันที่ 6 พฤษภาคม พ.ศ. 2519 ที่จังหวัดเพชรบูรณ์ สำเร็จการศึกษาปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาเคมีเทคนิค คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2539 และเข้าศึกษาในหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2540