บทที่ 6

สรุปผลและเสนอแนะ

เครื่องระเหยแบบหมุนโดยทำสูญญากาศภายในเครื่องระเหยนี้ เหมาะสำหรับระเหยสารละลายที่มีความเข้มข้นต่ำไปเป็นสารละลายที่มีความเข้มข้นสูงไม่มากนัก เช่น ความเข้มข้นจาก 10 % ไปเป็น 30 % เพราะช่วงความเข้มข้นนี้ให้อัตราการระเหยของน้ำมากและเร็ว จากนั้นสารละลายความเข้มข้น 30 % นี้ก็นำไประเหยยังเครื่อง spray dryer อีกที ซึ่งจะมีประสิทธิภาพของขบวนการระเหยน้ำดี ฉะนั้นการทดลองจึงสนใจการระเหยน้ำของสารละลายให้มีความเข้มข้นระหว่าง 20 % – 30 %

จากการทดลองแบบไม่ต่อเนื่องเพื่อศึกษาตัวแปรต่าง ๆ พอสรุปได้ดังนี้

ปริมาตรของสารละลายภายในเครื่องระเหยที่ทำให้มีอัตราการระเหยมากที่สุดจะอยู่ในช่วง 3.0 ลิตร ถึง 5.0 ลิตร ซึ่งช่วงนี้เป็นช่วงซึ่งการวักของใบพัดมีการกระเด็นอย่างทั่วถึง ดังนั้นจึงเอาปริมาตรช่วงนี้ไปใช้กับการทดลองแบบต่อเนื่อง การที่สารละลายปริมาตรช่วงนี้ให้อัตราการระเหยสูงสุดนั้น ไม่ใช่ว่าจะใช้กับเครื่องระเหยประเภทนี้ได้เหมือนกันหมด แต่จากการทดลองแล้วได้ช่วงนี้ก็ต่อเมื่อใบพัดที่วักสารละลายมีศูนย์กลางใบพัดห่างจากผิวลูกอบ 5 ซม. ฉะนั้นถ้าระยะห่างช่วงนี้เปลี่ยนไป ปริมาตรที่พอดีกับการวักก็ควรจะเปลี่ยนตามไปด้วยเช่นกัน

จากการทดลองแบบไม่ต่อเนื่องโดยเริ่มสารละลายมีปริมาตรต่าง ๆ คือ 3.0 ลิตร 4.5 ลิตร 6.0 ลิตร พบว่า สารละลาย 6.0 ลิตร มีประสิทธิภาพมากที่สุด รองลงมา 4.5 ลิตร และ 3.0 ลิตร เมื่อให้ความดันในเครื่องระเหยและความดันของไอน้ำคงที่ และเมื่อให้ความดันในเครื่องระเหยคงที่ คือ –450 มม.ของปรอท กับให้ปริมาตรสารละลายคงที่ และมีการเปลี่ยนแปลงค่าความดันไอน้ำ 1.38 กก./ซม^2 ถึง 2.78 กก./ซม^2 พบว่าความดันไอน้ำน้อยจะมีประสิทธิภาพสูงกว่าที่ความดันไอน้ำมาก แต่หมายถึงมีการใช้ความร้อนจากไอน้ำไปได้มากประสิทธิภาพจึงสูง และที่ความดันไอน้ำต่ำมีประสิทธิภาพสูงก็ดังที่กล่าวมาแล้วว่า มีการสูญเสียความร้อนน้อย เนื่องจากมีความดันไอน้ำต่ำจะมีอุณหภูมิไม่สูงมากนัก driving force ก็น้อย ดังนั้น ถ้าจะทำการระเหยสารละ–

ลายแบบไม่ต่อเนื่องก็ใช้ปริมาตร 6.0 ลิตร ใช้ความดันไอน้ำ 2.08 กก./ซม.^{2} หรือ 15 ปอนด์/นิ้ว^2 ก็เพียงพอ ส่วนผลของความดันภายในเครื่องระเหยดังที่ได้ทดลองแล้วนั้น ไม่มีผลมากนักและใช้ -450 มม.ปรอท ก็เพียงพอ โดยทำให้เกิดจุดเดือดในช่วง 60-65 ^{o}ซ และเครื่องปั๊มสูญญากาศก็ทำงานได้ดีไม่หนักงานจนเกินไป

การทดลองแบบต่อเนื่อง จะได้อัตราการไหลเข้าเครื่องระเหยในช่วง 80-95 ซม.^{3}/นาที และอัตราการไหลออกในช่วง 25-35 ซม.^{3}/นาที โดยมีความดันในระบบ -450 มม.ของปรอท ใช้ความดันไอน้ำ 2.43 กก./ซม.^{2}

การทดลองแบบไม่ต่อเนื่องโดยใช้อีเจคเตอร์ โดยมีอีเจคเตอร์จะให้ประสิทธิภาพ และอัตราการระเหยของน้ำมากกว่าแบบไม่มีอีเจคเตอร์ เครื่องระเหยแบบมีอีเจคเตอร์จะมีประสิทธิภาพในช่วง 55 % ถึง 85 % และมีอัตราการระเหยในช่วง 66 ถึง 85 ซม.^{3}/นาที ส่วนเครื่องระเหยแบบไม่มีอีเจคเตอร์มีประสิทธิภาพในช่วง 26 % ถึง 50 % มีอัตราการระเหยในช่วง 55 ถึง 80 ซม.^{3}/นาที โดยทำการทดลองใช้ปริมาตรสารละลาย 3.0 ลิตร ถึง 6.0 ลิตร เนื่องจากมีการเหนี่ยวนำเอาไอน้ำบนผิวลูกอบไปใช้ทำความร้อนอีก จึงทำให้มีการใช้ไอน้ำจากหม้อต้มน้ำน้อยกว่า ประสิทธิภาพจึงสูงเมื่อเครื่องมีอีเจคเตอร์ สามารถประหยัดไอน้ำได้ประมาณ 40 %

การทดลองแบบต่อเนื่องโดยมีอีเจคเตอร์ จะได้อัตราการไหลเข้าเครื่องระเหยมากที่สุด 38 ลบ.ซม./นาที อัตราการไหลออก 95 ลบ.ซม./นาที ซึ่งสูงกว่าแบบไม่มีอีเจคเตอร์เล็กน้อย และใช้ความดันไอน้ำ 2.43 กก./ซม.^{2} ขึ้นไป

จากการสังเกตการทดลองแต่ละครั้ง จะพบเครื่องระเหยร้อนมาก ก็เนื่องจากการนำความร้อนที่เกิดเร็วมากมายังที่ผิวของทรงกระบอกนอกซึ่งทำด้วยแสตนเลส ถ้ามีการหุ้มด้วยฉนวนแล้ว ความร้อนสูญเสียจะน้อยไปมาก กรณีลูกอบก็เช่นกัน เนื่องจากพื้นหน้าตัดทั้งสองข้าง จากการสังเกตไม่มีสารละลายถูกเลยทำให้พื้นที่นี้สูญเสียความร้อนไปโดยเปล่าประโยชน์ ฉะนั้นการแก้ไขอาจจะแก้โดยทำให้พื้นที่หน้าตัดทั้งสองช่วงนี้โค้งนูนออกมา ซึ่งจะทำให้มีพื้นที่ผิวเพิ่มขึ้นแล้ว ยังทำให้มีการสัมผัสกับสารละลายที่กระเด็นเนื่องจากการวักได้ดี มีอยู่บ่อยครั้งเมื่อใช้ความดันของไอน้ำตั้งแต่ 2.43 กก./ซม.^{2} ขึ้นไป

ปริมาณไอน้ำควบแน่นก็จะมีมาก ปรากฏว่าปริมาณไอน้ำควบแน่นนี้ไหลออกจากลูกอบไม่ทัน เนื่องจากประการแรกท่อส่งไอน้ำควบแน่นนี้เล็ก ประการที่สอง ตัวดักไอน้ำ (Steam trap) ปล่อยปริมาณไอน้ำควบแน่นได้ที่ละน้อยไม่ทันกับอัตราที่ไอน้ำควบแน่นไหลเข้ามา จากเหตุการณ์ดังกล่าว จะทำให้ไอน้ำที่มาจากหม้อต้มจะคายความร้อนให้กับไอน้ำควบแน่นที่ระบายออกไม่ทัน จึงทำให้การส่งถ่ายความร้อนไม่ดี จากการทดลองที่ทำมาจึงต้องมีการเปิดวาว เพื่อช่วยระบายไอน้ำควบแน่นออกมา ฉะนั้น การแก้ไขอาจทำที่เก็บไอน้ำควบแน่นไว้ที่หนึ่งก่อนและทำที่ระบายออกได้ ไม่ใช่ว่าพอไอน้ำควบแน่นเมื่อถูกส่งออกมาก็ระบายออกทันที ซึ่งกรณีนี้จะมีปัญหาอยู่ที่ระบายออกไม่ทัน หรืออาจเปลี่ยนที่ดักไอน้ำให้มีประสิทธิภาพในการระเหยสูงก็ได้

11. J.Kenneth Salisbury, " Kent's Mechanical Engineering Hand book ", 12th ed., Wiley Toppan, Co.,Ltd. Tokyo Japan.

12. Karel, Fennema and Lund, " Principles of Food Preservation " Edited by Owen.R.Fennema, Marcel Dekken, Inc., New York and Basel.

13. Maurice, G.Larian, 1985, " Fundamentals of Chemical Engineering Operation ", Prentice-Hall.Inc. p 115-118.

14. Marcus Karel, and Owen R.Fennema, " Principles of Food Science " , Marcel Dekker, Inc. p 340-342.

15. Mc Cabe and Smith, " Unit Operations of Chemical Engineering " 3rd ed. , Mc Graw-Hill Kogakusha.,Ltd.

16. Robert H.Perry, and Cecil H.Chilton, " Chemical Engineers' Handbook ", 5th ed. , Mc Graw-Hill Kogakusha, Ltd.

17. Sopon Polsward, and Thanit Pulivekin, 1972, " Evaporation Under Partial Vacuum, Senior Project, Chemical Technology Department, Faculty of Science , Chulalongkorn university.

18. Spencer-Meade, Cane Sugar Handbook, 9th ed., John Wiley and Sons, Inc., New york London Sydney.

19. Warren M. Rohsenow, and James P. Hartnett, " Handbook of Heat Transfer " , Mc Graw-Hill Book Company.