หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 5

วิจารณ์ผลการทดลอง

5.1 บทนำ

การศึกษาเครื่องระเหยแบบแผ่นฟิล์มบางหมุนนี้ นับว่าเป็นเรื่องใหม่ในประเทศเราซึ่งยังไม่มีการทดลองหรือนำมาใช้ จึงสมควรนำมาศึกษาในประเทศเรา เนื่องจากการสร้างไม่ยากจนเกินไป ประกอบกับวัสดุอุปกรณ์ต่าง ๆ ก็หาซื้อได้ง่าย แต่เนื่องจากการศึกษาเรื่องนี้เป็นเรื่องใหม่ ขั้นตอนการศึกษาต่าง ๆ ที่ได้นำมาแล้วประกอบด้วยขั้นตอนตั้งแต่ง่าย ๆ ไปจนถึงขั้นตอนที่ยาก

5.2 การทดลองแบบไม่ต่อเนื่อง

5.2.1 ศึกษาอัตราการระเหยของน้ำจากน้ำบริสุทธิ์ที่ความเร็วลูกกลิ้งต่าง ๆ

การทดลองนี้ก็เพื่อต้องการทราบว่าเมื่อความเร็วของลูกกลิ้งเพิ่มขึ้นหรือลดลงจากความเร็ว 68 รอบต่อนาที ที่ธราพงษ์ วิทิตศานต์[1] ได้ทำการทดลองไว้แล้วเมื่อปี 2524 จะมีอัตราการระเหยของน้ำเพิ่มขึ้นหรือลดลงอย่างไรบ้าง การทดลองเริ่มแรกใช้ความเร็วลูกกลิ้ง 68 รอบต่อนาที เช่นเดียวกับของธราพงษ์ เพื่อทดสอบการทำงานของเครื่องมือ ปรากฏผลว่าได้เหมือนกับการทดลองของธราพงษ์ ขั้นต่อมาได้ปรับความเร็วรอบของลูกกลิ้งเป็น 52, 60, 81 และ 90 รอบต่อนาทีตามลำดับ ทุกครั้งใช้เวลา 60 นาทีเท่ากัน แนวโน้มของการระเหยมีลักษณะคล้ายคลึงกัน ดังแสดงไว้ในกราฟรูป 4-1 กล่าวคือในระยะแรกน้ำที่เติมอยู่ในเครื่องระเหยยังมีอุณหภูมิต่ำอยู่ ดังจะเห็นเส้นกราฟใน 5 นาทีแรกมีการระเหยได้น้อยมากในทุกความเร็วของลูกกลิ้ง จากนั้นอัตราการระเหยจะค่อย ๆ เพิ่มขึ้น เนื่องจากน้ำในเครื่องระเหยมีอุณหภูมิสูงขึ้น จนนาทีที่ 30 อุณหภูมิของน้ำเริ่มเข้าสู่สภาวะสมดุลย์กับความดันในเครื่องระเหย ซึ่งดูได้จากเส้นกราฟจะเห็นว่าความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำในเครื่องระเหยกับเวลาเกือบเป็นเส้นตรงหรือกล่าวได้ว่าอัตราการระเหยของน้ำเกือบคงที่หลังจากดำเนินการทดลองไปแล้ว 20 นาที ซึ่งดูได้จากตารางความชันของเส้นกราฟในช่วงเวลา 20 นาทีถึง 60 นาทีที่ความเร็วลูกกลิ้งต่าง ๆ กัน ดังได้รวบรวมไว้ในตาราง 4-5

จากผลการทดลองในข้อ 5.2.1 นำมาหาอัตราการระเหยของน้ำที่เวลา 20 นาที 40 นาที และ 60 นาทีที่ความเร็วลูกกลิ้งต่าง ๆ กันผลการทดลองได้รวบรวมไว้ในตารางที่ 4-6 จากตารางนี้ที่เวลา 20 นาที พบว่าที่ความเร็วลูกกลิ้งสูงขึ้นอัตราการระเหยน้ำเพิ่มขึ้นด้วยความชันของกราฟเท่ากับ 0.20 เมื่อเวลาที่ใช้ในการระเหยเพิ่มขึ้นเป็น 40 นาที และ 60 นาที จะเห็นได้ว่ากราฟมีความชันใกล้เคียงกันคือ 0.27 กับ 0.29 แสดงว่าอัตราการระเหยที่เวลา 40 นาที กับ 60 นาทีต่างกันเพียงเล็กน้อย แสดงว่าสภาวะต่าง ๆ ของเครื่องระเหยเข้าสู่สภาวะสมดุลย์ ดังแสดงไว้ในกราฟรูปที่ 4-2

5.2.2 ศึกษาอัตราการระเหยของน้ำจากสารละลายน้ำตาลที่ความเร็วลูกกลิ้งต่าง ๆ

การทดลองในข้อนี้เพื่อเป็นการยืนยันการทดลองในข้อ 5.2.1 อีกทีหนึ่ง การทดลองได้ทำการทดลองเหมือนกับที่กล่าวไว้ในข้อ 3.2.1.2 โดยใช้ความเข้มข้นของสารละลายน้ำตาลเริ่มต้น 10.0 เปอร์เซนต์โดยน้ำหนัก ที่ความเร็วลูกกลิ้ง 68 รอบต่อนาที จะเห็นว่าความชันของกราฟที่เวลาในการระเหยต่ำ ความชันของกราฟจะสูง คือในช่วงแรกของการทดลองอุณหภูมิในเครื่องยังต่ำอยู่ เมื่อเวลาในการระเหยเพิ่มขึ้นเป็น 40 นาที และ 60 นาที อัตราในการระเหยเพิ่มขึ้น เนื่องจากสารละลายน้ำตาลในเครื่องระเหยมีอุณหภูมิสูงขึ้น จนเวลาในการระเหยประมาณ 30 นาที อุณหภูมิของสารละลายกับความดันในเครื่องระเหยเริ่มเข้าสู่สภาวะสมดุลย์ ดูได้จากเส้นกราฟจะเห็นได้ว่า ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสารละลายที่อยู่ในเครื่องระเหยกับเวลาเกือบเป็นเส้นตรง หรือกล่าวได้ว่าอัตราการระเหยของน้ำเกือบคงที่ ซึ่งดูได้จากตารางความชันของเส้นกราฟในช่วงเวลา 20 นาที ถึง 60 นาที ที่ความเร็วลูกกลิ้งต่าง ๆ กัน ดังได้รวบรวมไว้ในตารางที่ 4-2

จากตารางที่ 4-7 ที่ความเร็วลูกกลิ้งอื่น ๆ ก็เช่นกัน เมื่อเวลาในการระเหยเป็น 30 นาที ความชันของกราฟเกือบเท่ากับที่เวลา 40 นาที นั่นก็แสดงว่าเครื่องระเหยเริ่มจะเข้าสู่สภาวะสมดุลย์แล้ว เมื่อเวลาในการระเหยเป็น 40 นาที และ 60 นาที ความชันของกราฟจะเท่ากัน เช่นที่ความเร็วลูกกลิ้ง 90 รอบต่อนาที กราฟมีความชันเป็น -1.00 แสดงว่าอัตราการระเหยในช่วงเวลานี้คงที่แล้ว ดังแสดงไว้ในกราฟรูปที่ 4-3

จากการทดลองในข้อ 5.2.2 ได้นำมาคำนวณหาอัตราการระเหยน้ำที่ความเร็วลูกกลิ้งต่าง ๆ โดยเวลาที่ใช้ในการระเหยเป็น 20 นาที 40 นาที และ 60 นาที ดังได้แสดงไว้ในตารางที่ 4-8

ที่เวลาในการระเหย 20 นาที เครื่องระเหยทำงานเกือบอยู่ในสภาวะสมดุลย์จะเห็นได้ว่าเมื่อความเร็วของลูกกลิ้งเพิ่มขึ้น อัตราการระเหยเพิ่มขึ้นอย่างเห็นได้ชัด สังเกตได้จากค่าของความชันของความสัมพันธ์ระหว่าง อัตราการระเหยและความเร็วลูกกลิ้ง ที่เวลา 40 นาที และ 60 นาที เป็นช่วงที่เครื่องระเหยทำงานอยู่ในสภาวะสมดุลย์ มีอัตราการระเหยสูง แม้กระนั้นก็ตาม ความเร็วรอบของลูกกลิ้งก็ยังมีอิทธิพลต่ออัตราการระเหยอย่างมาก ซึ่งสังเกตได้จากความชันของความสัมพันธ์เพิ่มจาก 0.15 เป็น 0.20

และจากการทดลองจากข้อ 5.2.2 ได้ทำการวัดความเข้มข้นสุดท้ายของสารละลายน้ำตาล เมื่อทำการทดลองเสร็จในแต่ละครั้ง ที่ความเร็วลูกกลิ้งต่าง ๆ พบว่าความเข้มข้นของสารละลายน้ำตาลเพิ่มขึ้น เมื่อความเร็วของลูกกลิ้งเพิ่มขึ้นจาก 68 รอบต่อนาที แสดงว่ามีการระเหยน้ำเพิ่มขึ้น เมื่อความเร็วของลูกกลิ้งลดลงจาก 68 รอบต่อนาที ความเข้มข้นของสารละลายน้ำตาลจะลดลง แสดงว่ามีการระเหยน้ำจากสารละลายน้ำตาลที่ความเร็วลูกกลิ้งต่ำกว่า 68 รอบต่อนาทีลดลง ดังแสดงไว้ในกราฟรูปที่ 4-5

จากผลการทดลองในข้อ 5.2.1 และ 5.2.2 สรุปได้ว่าอัตราการระเหยของน้ำเพิ่มขึ้น เมื่อความเร็วของลูกกลิ้งเพิ่มขึ้นจาก 68 รอบต่อนาที อาจเนื่องมาจากเมื่อความเร็วของลูกกลิ้งเพิ่มขึ้นทำให้ลูกกลิ้งมีพื้นที่ผิวต่อหน่วยเวลามากขึ้น และเมื่อความเร็วของลูกกลิ้งลดลงจาก 68 รอบต่อนาที อัตราการระเหยน้ำจะลดลง อาจเนื่องมาจากลูกกลิ้งมีพื้นที่ผิวน้อยลง

5.2.3 ศึกษาอัตราการระเหยของน้ำจากสารละลายน้ำนมถั่วเหลืองที่ความเร็วลูกกกลิ้งต่าง ๆ พร้อมทั้งได้หาปริมาณโปรตีนที่ถูกทำลายหลังเสร็จการทดลอง

เพื่อศึกษาถึงอัตราการระเหยของสารละลายต่างชนิด จึงใช้น้ำนมถั่วเหลืองเป็นสารตัวอย่างทำการทดลองเหมือนกับการทดลองในข้อ 5.2.1 และข้อ 5.2.2 ในขั้นแรกทำการ

ทดลองที่ความเร็วลูกกลิ้ง 68 รอบต่อนาที พบว่า ได้ผลการทดลองมีแนวโน้มเหมือนกับการทดลองในข้อ 5.2.1 และ 5.2.2 ขั้นต่อมาได้ปรับความเร็วของลูกกลิ้งเป็น 52 และ 90 รอบต่อนาที ตามลำดับ ทุกครั้งใช้เวลาในการทดลอง 60 นาทีเท่ากัน แนวโน้มของการระเหยมีลักษณะคล้าย-คลึงกันดังแสดงไว้ในกราฟรูป 4-6 ในระยะแรกสารละลายจะมีอุณหภูมิต่ำดังจะดูได้จากกราฟ จะเห็นว่าความชันของกราฟยังสูงอยู่ จากนั้นอัตราการระเหยจะค่อย ๆ เพิ่มขึ้น เนื่องจากสารละลายมีอุณหภูมิสูงขึ้น จนนาทีที่ 40 อุณหภูมิของสารละลายเริ่มจะคงที่ โดยดูได้จากความชันของกราฟจะเห็นว่าความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของน้ำที่ระเหยเป็นเส้นตรง ความชันของกราฟเริ่มคงที่ โดยดูได้จากกราฟในช่วงเวลา 20 นาที ถึง 60 นาที ที่ความเร็วลูกกลิ้งต่าง ๆ กัน ดังได้รวบรวมไว้ในตาราง 4-9

จากการทดลองในข้อ 5.2.3 ได้นำมาหาอัตราการระเหยของน้ำที่เวลา 20 นาทีที่ความเร็วลูกกลิ้ง 63 รอบต่อนาที พบว่ามีอัตราการระเหยน้ำ 34.5 ลูกบาศก์เซนติเมตรต่อนาที เมื่อปรับความเร็วของลูกกลิ้งเป็น 90 รอบต่อนาที อัตราการระเหยของน้ำเป็น 40.5 ลูกบาศก์เซนติเมตรต่อนาที และที่ความเร็วลูกกลิ้ง 52 รอบต่อนาที อัตราการระเหยน้ำเป็น 27.5 ลูกบาศก์เซนติเมตรต่อนาที เมื่อนำมาหาความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการระเหยกับความเร็วรอบได้เป็นเส้นตรงในกราฟรูปที่ 4-7 ได้เป็นเส้นตรงมีความชัน 0.11 ในทำนองเดียวกันที่เวลา 40 นาที และ 60 นาที ได้ค่าของความชันของความสัมพันธ์เป็น 0.15 และ 0.19 ตามลำดับ ดังได้แสดงไว้ในตาราง 4-10

จากตารางที่ 4-1 จะเห็นได้ว่าที่ความเร็วลูกกลิ้ง 90, 68 และ 52 รอบต่อนาที ปริมาณโปรตีนถูกทำลายไปเท่ากัน คือ ประมาณ 5 เปอร์เซนต์ แสดงว่าความเร็วของลูกกลิ้งไม่ทำให้การถูกทำลายของปริมาณโปรตีนเพิ่มขึ้น สาเหตุเนื่องมาจากที่อุณหภูมิของเครื่องประมาณ 71 องศาเซลเซียสนี้ น้ำนมถั่วเหลืองจะอยู่บนผิวลูกกลิ้งประมาณ 0.7 ถึง 1.15 วินาทีต่อรอบ

5.2.4 ศึกษาการสูญเสียของวิตามินซี (Ascorbic acid)

จากผลการทดลองที่แสดงไว้ในตารางที่ 4-2 ที่ความเร็วลูกกลิ้ง 90 รอบต่อนาที เมื่อเครื่องระเหยมีอุณหภูมิ 71 องศาเซลเซียส พบว่าวิตามินซีจะถูกทำลายไปประมาณ 4.6 เปอร์เซนต์ ซึ่งที่อุณหภูมินี้มีอัตราการระเหยของน้ำเท่ากับ 88 ลูกบาศก์เซนติเมตรต่อนาที หลังจากนั้นได้ปรับอุณหภูมิให้สูงขึ้นเป็น 91 องศาเซลเซียส ที่อุณหภูมินี้จะมีอัตราการระเหยน้ำ 114 ลูกบาศก์เซนติเมตรต่อนาที ปรากฏว่าวิตามินซีถูกทำลายไปถึง 12 เปอร์เซนต์ หลังจากนั้นได้ปรับให้เครื่องระเหยมีอุณหภูมิต่ำลงมาเป็น 61 องศาเซลเซียส ที่อุณหภูมินี้มีอัตราการระเหยน้ำ 69 ลูกบาศก์เซนติเมตรต่อนาที และวิตามินซีถูกทำลายไปเพียง 1.2 เปอร์เซนต์เท่านั้น จะเห็นได้ว่าเมื่ออุณหภูมิภายในเครื่องระเหยสูงถึง 91 องศาเซลเซียส วิตามินซีจะถูกทำลายมากกว่าเมื่อเครื่องระเหยมีอุณหภูมิ 71 องศาเซลเซียส ถึงประมาณ 7.4 เปอร์เซนต์ หลังจากนั้นได้ทำการปรับความเร็วของลูกกลิ้งลดลงมาเป็น 60 รอบต่อนาที พบว่าที่อุณหภูมิต่าง ๆ ปริมาณของวิตามินซีจะถูกทำลายสูงกว่าที่ความเร็วลูกกลิ้ง 90 รอบต่านาทีเล็กน้อย แสดงว่าความเร็วของลูกกลิ้งที่ลดลงมามีผลต่อการถูกทำลายของวิตามินซีน้อยมาก อัตราการระเหยของน้ำดูได้จากกราฟ ง-1 ถึง ง-2 ในภาคผนวก

5.3 <u>การทดลองแบบต่อเนื่อง</u>

5.3.1 ศึกษาอัตราการระเหยน้ำจากสารละลายน้ำตาล

การทดลองในขั้นแรกได้ปรับความเร็วของลูกกลิ้งให้มีความเร็วรอบเท่ากับ 68 รอบต่านาที จึงเริ่มการทดลองโดยเปิดปั๊มสูญญากาศเพื่อทำให้ภายในระบบเป็นสูญญากาศ ดูดสารละลายน้ำตาลเข้มข้น 10.0 เปอร์เซนต์ โดยน้ำหนักเข้าเครื่องระเหยปริมาณ 4.5 ลิตร เปิดสวิทช์เพื่อให้ลูกกลิ้งและตัวรักหมุน ปล่อยไอน้ำเข้าเครื่องโดยปรับให้มีความดัน 2.00 กก.ต่อตารางเซนติเมตรเหนือบรรยากาศ เริ่มปล่อยสารละลายเข้มข้น 10.0 เปอร์เซนต์ โดยน้ำหนัก ไหลเข้าเครื่องโดยปรับให้มีอัตราการไหลเข้าเครื่องเริ่มแรก 100 ลูกบาศก์เซนติเมตรต่อนาที และอัตราการไหลออกจากเครื่อง 25 ลูกบาศก์เซนติเมตรต่อนาทีไปเรื่อยจนกระทั่งสภาวะต่าง ๆ คงที่ อาทิเช่น ความดันและอุณหภูมิภายในระบบ จึงเริ่มจับเวลาการทดลอง ในทุก ๆ 20 นาที เก็บตัวอย่างสารละลายที่ไหลออก มาวัดปริมาณความเข้มข้น พบว่าความเข้มข้นของสารละลาย

ที่ไหลออก เท่ากับ 39.3 เปอร์เซนต์โดยน้ำหนัก จากนั้นศึกษาถึงอิทธิพลของอัตราการไหลเข้าและอัตราการไหลออก ด้วยการปรับให้มีอัตราการไหลเข้าและไหลออกต่าง ๆ กันดังแสดงไว้ในกราฟรูปที่ 4-8 และตารางที่ 4-12 ได้กำหนดให้ความเข้มข้นของสารละลายที่เหมาะสมที่จะทำเป็นผลิตภัณฑ์ได้อยู่ในช่วง 25.0-30.0 เปอร์เซนต์โดยน้ำหนัก

จากตารางที่ 4-11 แสดงว่าเมื่ออัตราการไหลเข้าเครื่องและอัตราการไหลออกจากเครื่องของสารละลายเพิ่มขึ้นความเข้มข้นของสารละลายที่ออกมาจะลดลง ทั้งนี้เนื่องจากเมื่ออัตราการไหลเข้าเครื่องของสารละลายเพิ่มมากขึ้นเวลาที่สารละลายค้างอยู่ภายในเครื่องสั้นลง อัตราการระเหยเท่าเดิม คือ ประมาณ 95 ลูกบาศก์เซนติเมตรต่อนาที เมื่อทำการทดลองที่ความเร็วลูกกลิ้ง 68 รอบต่านาทีเสร็จแล้ว จึงได้ทำการทดลองที่ความเร็วลูกกลิ้ง 52 รอบต่านาที ผลการทดลองแสดงไว้ดังกราฟรูปที่ 4-2 และตารางที่ 12

จะเห็นได้ว่าเมื่ออัตราการไหลเข้าเครื่องระเหยของสารละลายเพิ่มขึ้น ความเข้มข้นของสารละลายที่ไหลออกจะต่ำลงด้วยเหตุผลทำนองเดียวกันกับการทดลองที่ความเร็วลูกกลิ้ง 68 รอบต่านาที ทั้งนี้เพราะอัตราการระเหยคงที่ประมาณ 75 ลูกบาศก์เซนติเมตรเช่นที่อัตราการไหลเข้าเครื่องของสารละลาย 80 ลูกบาศก์เซนติเมตรต่อนาที ความเข้มข้นของสารละลายที่ออกเป็น 39.5 เปอร์เซนต์โดยน้ำหนัก ถ้าเพิ่มอัตราการไหลเข้าเครื่องของสารละลายสูงขึ้นเป็น 90 ลูกบาศก์เซนติเมตรต่อนาที ความเข้มข้นของสารละลายที่ออกลดลงเป็น 29.4 เปอร์เซนต์โดยน้ำหนัก ผลการทดลองที่ความเร็วลูกกลิ้ง 90 รอบต่านาทีได้แสดงไว้ในกราฟรูปที่ 4-8 และตารางที่ 4-13

การทดลองนี้ได้ผลคล้ายกับผลการทดลอง 2 ครั้งแรกคือ เมื่ออัตราการไหลเข้าเครื่องสูงขึ้น ความเข้มข้นของสารละลายที่ออกจะลดลง

จากตารางที่ 4-11 กับ 4-12 เปรียบเทียบที่อัตราการไหลเข้าของเครื่องของสารละลายเท่ากันคือ 110 ลูกบาศก์เซนติเมตรต่อนาที ความเข้มข้นของสารละลายที่ไหลออกจากเครื่องเป็น 30.8 เปอร์เซนต์โดยน้ำหนักกับ 21.5 เปอร์เซนต์โดยน้ำหนักตามลำดับ จะเห็นได้ว่าความเข้มข้นของสารละลายที่ความเร็วลูกกลิ้ง 68 รอบต่อนาทีสูงกว่าความเข้มข้นของสารละลายที่ออกจากเครื่องที่ความเร็วลูกกลิ้ง 52 รอบต่อนาที และเมื่อเปรียบเทียบความเข้มข้นของสารละลายที่ไหลออกเมื่ออัตราการไหลเข้าเครื่องของสารละลายเป็น 130 ลูกบาศก์เซนติเมตรต่อ

นาที จากการเปรียบเทียบนี้จะเห็นว่าเมื่อความเร็วของลูกกลิ้งสูงขึ้น ถ้าใช้อัตราการไหลเข้าเครื่องของสารละลายเท่ากัน ความเข้มข้นของสารละลายที่ออกมาจากเครื่องจะมีค่าสูงขึ้น ทั้งนี้เกิดจากอัตราการระเหยของน้ำมากขึ้นนั่นเอง ดังผลการคำนวณแสดงไว้ในตารางที่ 4-14 และกราฟรูปที่ 4-9

5.3.2 ศึกษาอัตราการระเหยของน้ำจากสารละลายน้ำนมถั่วเหลืองและการถูกทำลายของโปรตีน

วิธีการทดลองทำเหมือนกับการทดลองในข้อ 5.3.1 โดยดูดสารละลายน้ำนมถั่วเหลืองเข้มข้น 5.6 เปอร์เซนต์โดยน้ำหนักของ soluble solid ปริมาณ 4.5 ลิตรเข้าเครื่องระเหยก่อนปรับความเร็วลูกกลิ้งให้มีความเร็วรอบ 90 รอบต่อนาที ปล่อยให้สารละลายเข้มข้น 5.6 เปอร์เซนต์โดยน้ำหนักของ soluble solid ไหลเข้าเครื่องระเหยโดยปรับให้มีอัตราการไหลเข้าเครื่องเป็น 110 ลูกบาศก์เซนติเมตรต่อนาที และอัตราการไหลออกจากเครื่องของสารละลายเป็น 25 ลูกบาศก์เซนติเมตรต่อนาที

พบว่าความเข้มข้นของสารละลายที่ออกเป็น 24.1 เปอร์เซนต์โดยน้ำหนัก ผลการทดลองแสดงไว้ในกราฟรูปที่ 4-10 แสดงตารางที่ 4-15 ได้กำหนดให้ความเข้มข้นของสารละลายน้ำนมถั่วเหลืองที่เหมาะสมที่จะนำไปทำเป็นผลิตภัณฑ์ได้ อยู่ในช่วง 15.0-20.2 เปอร์เซนต์โดยน้ำหนักของ soluble solid จากการทดลองพบว่าเมื่อ

จากการทดลองพบว่าเมื่ออัตราการไหลเข้าเครื่องของสารละลายน้ำนมถั่วเหลืองเพิ่มขึ้น ความเข้มข้นของสารละลายที่ออกจะลดต่ำลงเนื่องมาจากเมื่อเพิ่มอัตราการไหลเข้าเครื่องของสารละลายมากขึ้น สารละลายที่ไหลเข้าจึงมีเวลาค้างอยู่ในเครื่องน้อยลง ดังนั้นความเข้มข้นของสารละลายที่ไหลออกจึงลดต่ำลง ซึ่งคล้ายกับการทดลองด้วยสารละลายน้ำตาลที่ความเร็วลูกกลิ้ง 90 รอบต่อนาที แล้วจากนั้นจึงได้ปรับความเร็วของลูกกลิ้งให้เป็น 68 รอบต่อนาที และได้นำการทดลองเช่นเดียวกับครั้งแรก ผลการทดลองได้แสดงไว้ในกราฟรูปที่ 4-10 และตารางที่ 4-16 จากตารางที่ 4-16 จะเห็นได้ว่าเมื่ออัตราการไหลเข้าเครื่องสารละลายเพิ่มขึ้น ความเข้มข้นของสารละลายที่ออกจะลดต่ำลงเช่นเดียวกับการทดลองที่ความเร็วลูกกลิ้ง

90 รอบต่อนาที หลังจากนั้นได้ปรับความเร็วลูกกลิ้งให้เป็น 52 รอบต่อนาที และได้ทำการทดลองเช่นเดียวกันการทดลองที่ความเร็วลูกกลิ้ง รอบต่อนาที โดยครั้งแรกได้ปรับให้มีอัตราไหลเข้าเครื่องของสารละลายเป็น 70 ลูกบาศก์เซนติเมตรต่อนาที อัตราไหลออกจากเครื่อง 15 ลูกบาศก์เซนติเมตรต่อนาที ความเข้มข้นของสารละลายที่ออกเป็น 25.8 เปอร์เซนต์โดยน้ำหนัก ผลการทดลองได้แสดงไว้ดังกราฟรูปที่ 4-10 และตารางที่ 4-17

จากตารางที่ 4-15 กับ 4-16 เปรียบเทียบความเข้มข้นของสารละลายที่ออกเมื่ออัตราการไหลเข้าเครื่องของสารละลายเท่ากันคือ 120 ลูกบาศก์เซนติเมตรต่อนาที พบว่าความเข้มข้นของสารละลายที่ออกจากเครื่องเป็น 18.1 เปอร์เซนต์โดยน้ำหนักกับ 13.1 เปอร์เซนต์โดยน้ำหนักตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าความเข้มข้นของสารละลายที่ความเร็วลูกกลิ้ง 90 รอบต่อนาที สูงกว่าความเข้มข้นของสารละลายที่ความเร็วลูกกลิ้ง 68 รอบต่อนาที และเมื่อเปรียบเทียบความเข้มข้นของสารละลายที่ไหลออกจากเครื่องเมื่ออัตราการไหลเข้าเครื่องของสารละลายเป็น 100 ลูกบาศก์เซนติเมตรต่อนาที จากการเปรียบเทียบนี้จะเห็นได้ว่าเมื่อความเร็วลูกกลิ้งสูงขึ้นถ้าใช้อัตราการไหลเข้าเครื่องของสารละลายเท่ากัน ความเข้มข้นของสารละลายที่ออกมาจากเครื่องจะสูงขึ้นหลังจากเปลี่ยนความเร็วรอบเป็น 68 และ 52 รอบต่อนาที ความเข้มข้นของสารละลายที่ไหลออกยังลดลงเรื่อย ๆ เมื่ออัตราการไหลเข้าเพิ่มขึ้น เหมือนที่ความเร็วรอบ 90 รอบต่อนาที ทั้งนี้เนื่องจากอัตราการระเหยของน้ำจากสารละลายคงที่ในแต่ละความเร็วรอบดังผลการทดลองได้แสดงไว้ในรูปที่ 4-10 ตารางที่ 4-15, 4-16 และ 4-17

หลังจากสารละลายน้ำนมถั่วเหลืองได้ผ่านเครื่องระเหยมาแล้ว ได้นำสารละลายน้ำนมถั่วเหลืองนั้นมาหาปริมาณโปรตีน (ดังผลการทดลองที่แสดงไว้ในตารางที่ 4-3) ที่ความเร็วลูกกลิ้ง 90 รอบต่อนาที และที่อัตราการไหลเข้าอัตราการไหลออกของสารละลายต่างกันพบว่าปริมาณโปรตีนถูกทำลายไปในปริมาณที่ไม่แตกต่างกันคือ ประมาณ 5.5 เปอร์เซนต์ ที่ความเร็วลูกกลิ้ง 68 รอบต่อนาทีที่อัตราการไหลเข้าและอัตราการไหลออกของสารละลายต่างพบว่าปริมาณโปรตีนถูกทำลายไปประมาณ 5.6 เปอร์เซนต์ และที่ความเร็วลูกกลิ้ง 52 รอบต่อนาที ที่อัตราการไหลเข้าและอัตราการไหลออกต่าง ๆ พบว่าปริมาณโปรตีนถูกทำลายไปประมาณ 5.7 เปอร์เซนต์ จะเห็นได้ว่าความเร็วของลูกกลิ้งไม่มีผลต่อการถูกทำลายของโปรตีนในสารละลายน้ำนมถั่วเหลือง

5.3.3 ศึกษาการสูญเสียของวิตามินซี (Ascorbic acid)

ผลการทดลองจากตารางที่ 4-4 เป็นการทดลองที่ความเร็วลูกกลิ้ง 90 รอบต่อนาทีซึ่งเป็นความเร็วรอบที่มีการระเหยน้ำได้ดีที่สุด จากการทดลองพบว่าที่ความดันไอน้ำ 2.53 กก. ต่อตารางเซนติเมตรที่อัตราการไหลเข้าและอัตราการไหลออกต่าง ๆ พบว่าวิตามินซีถูกทำลาย 1.25 เปอร์เซนต์ เนื่องจากที่ความดันนี้เครื่องระเหยมีอุณหภูมิประมาณ 61 องศาเซลเซียสเท่านั้น ที่ความดันไอน้ำ 3.03 กก.ตารางเซนติเมตร อุณหภูมิภายในเครื่องระเหยประมาณ 71 องศาเซลเซียส ที่อัตราการไหลเข้าและอัตราการไหลออกต่าง ๆ พบว่าวิตามินซีถูกทำลายประมาณ 4.8 เปอร์เซนต์ หลังจากนั้นได้เพิ่มความดันไอน้ำเป็น 4.03 กก.ต่อตารางเซนติเมตร ซึ่งที่ความดันนี้ทำให้เครื่องระเหยมีอุณหภูมิประมาณ 91.5 องศาเซลเซียส ที่อัตราการไหลเข้าไหลออกต่าง ๆ พบว่าวิตามินซีถูกทำลายไปประมาณ 12.5 เปอร์เซนต์

5.4 สรุป

จากการศึกษาอัตราการระเหยของน้ำที่ความเร็วลูกกลิ้งต่าง ๆ เมื่อทำการทดลองแบบไม่ต่อเนื่องโดยใช้สารละลาย 3 ชนิด พบว่าอัตราการระเหยของน้ำเพิ่มขึ้นเมื่อความเร็วของลูกกลิ้งสูงขึ้น และเครื่องมือนี้จะมีอัตราการระเหยน้ำจากสารละลายมากที่สุดที่ความเร็วลูกกลิ้ง 90 รอบต่อนาที เมื่อทำการศึกษาการสูยเสียของโปรตีนที่ความเร็วลูกกลิ้งต่าง ๆ พบว่าโปรตีนจะถูกทำลายไปประมาณ 5 เปอร์เซนต์ที่ทุกความเร็วของลูกกลิ้ง และเมื่อศึกษาการสูยเสียของวิตามินซีพบว่าวิตามินซีจะถูกทำลายมากขึ้นเมื่อเครื่องระเหยมีอุณหภูมิเพิ่มขึ้นเช่นที่ 91 องศาเซลเซียสถูกทำลายเพิ่มขึ้นจากที่ 61 องศาเซลเซียสถึงประมาณ 8 เปอร์เซนต์

จากการทดลองแบบต่อเนื่อง เพื่อศึกษาอัตราการระเหยของน้ำจากสารละลายน้ำนมถั่วเหลืองและสารละลายน้ำตาล พบว่าอัตราการระเหยน้ำจะคงที่ที่ความเร็วลูกกลิ้งหนึ่ง ๆ และจะมีอัตราการระเหยน้ำมากที่สุด ที่ความเร็วลูกกลิ้ง 90 รอบต่อนาที ในการทดลองแบบต่อเนื่อง เมื่อทำการทดลองกับสารละลายน้ำนมถั่วเหลือง พบว่าโปรตีนถูกทำลายไปประมาณ 5.5 เปอร์เซนต์ที่ความเร็วลูกกลิ้ง 90 รอบต่อนาที และที่ความเร็วลูกกลิ้งอื่น ๆ โปรตีนก็ถูกทำลายไปในปริมาณ

ใกล้เคียงกัน และเมื่อทำการทดลองกับสารละลายวิตามินซีที่ความเร็วลูกกลิ้ง รอบต่อนาที พบว่าวิตามินซีถูกทำลายที่อุณหภูมิหนึ่ง ๆ ในปริมาณใกล้เคียงกับการทดลองแบบไม่ต่อเนื่อง เช่นที่อุณหภูมิ 61 องศาเซลเซียส วิตามินซีถูกทำลายที่อัตราการไหลเข้า อัตราการไหลออกต่าง ๆ ประมาณ 1.25 เปอร์เซนต์

เครื่องระเหยนี้จะมีประสิทธิภาพสูงขึ้นเมื่อความเร็วของลูกกลิ้งเพิ่มขึ้นและพบว่าจะมีค่าสูงสุดที่ความเร็วลูกกลิ้ง 90 รอบต่อนาที คือมีค่าประมาณ 58 เปอร์เซนต์ และเครื่องมือมีค่าสัมประสิทธิ์การส่งถ่ายความร้อนอยู่ระหว่าง 42.42 ถึง 73.42 คาลอรี/เมตร^{2}.ช.วินาที

จากผลการทดลองพบว่าเครื่องมือนี้มีข้อดีหลายประการ คือ ใช้ระเหยน้ำจากสารที่ไวต่อความร้อนได้โดยสารพวกนี้จะถูกทำลายเพียงเล็กน้อย

สำหรับข้อเสียอยู่ที่เมื่อทำการทดลองไปนาน ๆ จะมีปริมาณไอน้ำส่วนหนึ่งเข้าสู่เครื่องปั๊มสูญญากาศ ซึ่งทำให้เกิดการสิ้นเปลืองน้ำมันปั๊มและในขณะทำการทดลองจะเห็นว่าปริมาณความร้อนบางส่วนสูญเสียออกสู่ภายนอก เนื่องจากไม่มีฉนวนหุ้มประมาณ 889,789 คาลอรีต่อชั่วโมง สามารถใช้ระเหยสารละลายที่อุณหภูมิต่ำ ๆ ได้ โดยเฉพาะกับสารที่ไวต่อความร้อนจะถูกทำลายเพียงเล็กน้อย