# บทที่5

## วิจารณ์ผลการทดลอง(ตอนที่1)

ตัวแปรระบบต่างๆที่สำคัญและทราบค่าได้จากการเก็บบันทึกข้อมูล การตรวจวัด และการวิเคราะห์ข้อมูลในห้องปฏิบัติการ ได้แก่

1.ตัวแปรขาเข้าที่ปรับค่าได้(ถ้าต้องการ)

1.1 พลังงานความร้อนที่ให้แก่เครื่องทำแห้ง ได้แก่ อุณหภูมิและความดันของไอน้ำ

1.2 อัตราการป้อนน้ำตาลเปียกเข้าเครื่อง

1.3 อัตราการดูดอากาศเข้าเครื่อง

2. ตัวแปรขาเข้าที่เป็นสิ่งรบกวนหรือภาระให้กับระบบ

2.1 อุณหภูมิอากาศภายนอกที่ไหลเข้าเครื่องทำแห้ง

2.2 ความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศภายนอกที่ไหลเข้าเครื่องทำแห้ง

2.3 ความชื้นของน้ำตาลเปียกขาเข้า

2.4 ค่าความแปรปรวนของขนาดเม็ดน้ำตาลทราย (C.V.)

2.5 ขนาดเฉลี่ยที่ 50% สะสมของเม็ดน้ำตาลทราย

3. ตัวแปรขาออก และตัวแปรที่ต้องการจะควบคุม

3.1 อุณหภูมิของอากาศที่ไหลออกจากเครื่องทำแห้ง

3.2 ความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศที่ไหลออกจากเครื่องทำแห้ง

3.3 ความชื้นของน้ำตาลทรายแห้งขาออก

**วิจารณ์ผลการวิเคราะห์ข้อมูลอนุกรมเวลาด้วยโปรแกรม stat graphics 5.0 และ SPSS 7.5**

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลที่เป็นแบบอนุกรมเวลา (Time Series) ของแต่ละคู่ตัวแปรนั้นแสดงให้เห็นถึงอิทธิพลของตัวแปรหนึ่งๆที่อาจส่งผลกระทบต่อตัวแปรขาออกได้ แต่เนื่องจากยังจะมีตัวแปรอื่นๆอีกหลาขอย่างที่จะส่งผลกระทบต่อตัวแปรระบบขาออกต่างๆได้อีกในเวลาเดียวกัน ดังนั้น กราฟที่แสดงค่า CROSS CORRELATION COEFFICIENT เมื่อพิจารณาอิทธิพลของตัวแปรหนึ่งๆต่อตัวแปรขาออกหนึ่งๆ จะเป็นผลที่ได้รับผลกระทบที่มาจากจากตัวแปรอื่นๆด้วย ซึ่งจะเป็นประโยชน์มากในการใช้เป็นส่วน knowledge base ของตัวโปรแกรมควบคุมที่จะเขียนขึ้น เพราะไม่ได้ต้องการศึกษาในประเด็นว่าตัวแปรหนึ่งๆจะส่งผลกระทบต่อตัวแปรขาออกต่างๆในการทำแห้งน้ำตาลหรือไม่ (โดยการพยายามควบคุมระดับของตัวแปรอื่นๆให้คงที่)

แต่ประเด็นที่ต้องการศึกษาคือหากถูกผลกระทบที่เกิดจากตัวแปรอื่นๆร่วมเข้ามาด้วยแล้วนั้น ตัวแปรหนึ่งๆที่สนใจยังจะสามารถส่งผลกระทบต่อการเปลี่ยนแปลงของระดับความชื้นในน้ำตาลทรายได้อีกมากน้อยเท่าใดด้วยความสัมพันธ์เชิงบวกหรือลบ และผลกระทบที่ได้รับจะเกิดขึ้นหลังจากมีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้นในระบบแล้วเป็นเวลานานเท่าใด

ในการนี้วิธีการวิเคราะห์แบบ cross correlation function เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลแบบอนุกรมเวลาคู่หนึ่งๆ จึงเป็นวิธีการวิเคราะห์ที่เหมาะสมที่สุดที่เลือกมาใช้ในงานวิจัยนี้

จากการวิเคราะห์ข้อมูล เนื่องจากตัวแปรขาเข้าที่ปรับค่าได้มีการเปลี่ยนแปลงน้อยมาก ถือได้ว่าเป็นค่าคงที่ จึงวิเคราะห์หาผลจากตัวแปรขาเข้าที่เป็นสิ่งรบกวน ที่มีอาจผลต่อตัวแปรขาออกของระบบ รวมทั้งศึกษาผลการวิเคราะห์สหสัมพันธ์ของอุณหภูมิที่ระดับความสูงต่างๆในเครื่องทำแห้งเพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างกัน

พิจารณาทั้งกรณีที่ใช้ข้อมูลดิบในการวิเคราะห์ และกรณีที่ข้อมูลได้ผ่านกระบวนการปรับข้อมูล (smoothing) เพื่อลดผลที่เกิดจากสิ่งรบกวน(noise) แล้ว ดังจะได้วิจารณ์ผลที่ได้ดังนี้

5.1 <u>ผลจากการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรรบกวน หรือ ตัวแปรที่เป็นภาระให้ระบบ ที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรขาออก หรือตัวแปรที่ต้องการจะควบคุม</u>

5.1.1 <u>ผลของการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรรบกวนต่างๆต่อการเปลี่ยนแปลงระดับอุณหภูมิของอากาศที่ไหลออกจากเครื่องทำแห้ง</u>

5.1.1.1 <u>ผลที่อาจเกิดจากอุณหภูมิของบรรยากาศ หรืออากาศภายนอกที่ไหลเข้าไปในเครื่องทำแห้ง (Ambient air temperature)</u>

เมื่อพิจารณาผลการวิเคราะห์อนุกรมเวลาจากทั้งข้อมูลที่ได้จากการเก็บข้อมูลครั้งแรก และจากเก็บข้อมูลครั้งที่สองพบว่า ก่อนการปรับข้อมูล ไม่พบผลกระทบที่มีนัยสำคัญ แต่เมื่อปรับข้อมูลแล้วพบว่าอนุกรมเวลาทั้งสองตัวแปรจะมีสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ที่มีนัยสำคัญโดยสัมพันธ์กันเชิงบวก โดยจากข้อมูลครั้งแรกจะได้จุดสูงสุดที่ r = 0.489 ที่ค่า lag time = -5 และจากข้อมูลใหม่จะได้ค่า r = 0.380 ที่ค่า lag time = -4 ดังนั้นสรุปได้ว่าอุณหภูมิของอากาศภายนอกอาจส่งผลต่ออุณหภูมิของอากาศขาออกเล็กน้อย โดยสัมพันธ์กันเชิงลบและมีค่า lag time อยู่ในระหว่าง 2 –2.5 ชั่วโมง

5.1.1.2 <u>ผลที่อาจเกิดจากระดับความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศภายนอกที่ไหลเข้าไปในเครื่องทำแห้ง (%RH of Ambient air)</u>

จากข้อมูลครั้งแรกพบว่าก่อนการปรับข้อมูล จะได้ความสัมพันธ์ในเชิงลบด้วยค่า r = -0.496 ที่ lag time = -7 แต่หลังการปรับข้อมูลแล้วไม่มีความสัมพันธ์เชิงลบที่มีนัยสำคัญแต่อย่างใด

จากข้อมูลครั้งที่สองพบว่าก่อนการปรับข้อมูล จะได้ความสัมพันธ์ในเชิงลบด้วยค่า r = -0.450 ที่ lag time = -3 และหลังการปรับข้อมูลจะได้ ความสัมพันธ์เชิงลบด้วยค่า r = -0.465 ที่ lag time = -2

5.1.1.3 ผลที่อาจเกิดจากความชื้นของน้ำตาลทรายเปียกขาเข้า (Moisture of wet sugar flow in)

ก่อนการปรับข้อมูล พบว่าผลการวิเคราะห์ข้อมูลทั้งจากครั้งแรกและครั้งที่สองมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ที่มีการกระจายตัวอย่างสม่ำเสมอทั้งเชิงบวกและลบตลอดระยะเวลาที่ทำการสังเกตและมีค่าไม่มากพอที่จะมีนัยสำคัญ ซึ่งจากข้อสมมติฐานในเชิงทฤษฎีที่คาดไว้ควรได้ความสัมพันธ์เชิงลบ แต่หลังจากการปรับข้อมูลแล้วจะมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เชิงบวกโดยมี r = 0.474 ที่ lag time = +13 สำหรับผลจากข้อมูลครั้งแรก และมี r = 0.468 ที่ lag time = -13 สำหรับข้อมูลครั้งที่สอง แต่เนื่องจากก่อนการปรับข้อมูลนั้นผลที่ได้จากการวิเคราะห์มีการกระจายตัวของทิศทางความสัมพันธ์มากและไม่มีจุดข้อมูลใดที่มีความเด่นชัดของค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์มากกว่าข้อมูลจุดอื่นๆ จึงเป็นไปได้ว่าผลจากปัจจัยนี้ไม่สู้มีความสำคัญนักต่ออุณหภูมิอากาศขาออก

5.1.1.4 ผลที่อาจเกิดจากค่า C.V.

ก่อนการปรับข้อมูลพบว่าค่าความแปรปรวนของขนาดเม็ดน้ำตาลไม่ส่งผลกระทบที่มีนัยสำคัญต่ออุณหภูมิอากาศขาออก ทั้งจากการวิเคราะห์ผลของข้อมูลครั้งแรก และข้อมูลครั้งที่สอง แต่หลังจากการปรับข้อมูลพบว่าลักษณะของกราฟที่ได้ทั้งจากข้อมูลครั้งแรกและข้อมูลครั้งที่สองมีรูปกราฟความใกล้เคียงกันมากต่างกันเพียงค่า lag time เท่านั้น โดยมีความสัมพันธ์เชิงลบกับการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศขาออก ด้วยค่า r = -0.763 ที่ lag time = +1 สำหรับผลจากข้อมูลครั้งแรก และ r= -0.297 ที่ lag time = -1 สำหรับผลจากข้อมูลครั้งที่สอง ดังนั้นเห็นได้ว่าถ้าค่า C.V. ของน้ำตาลทรายที่ไหลเข้ามาในเครื่องเปลี่ยนไป จะกระทบกับอุณหภูมิของอากาศขาออกในเกือบทันที

5.1.1.5 ผลที่อาจเกิดจากขนาดเม็ดน้ำตาลเฉลี่ยที่ 50 % สะสม

พบว่าก่อนการปรับข้อมูล ข้อมูลทั้งครั้งแรกและครั้งที่สองมีการกระจายปริมาณและทิศทางของค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์อย่างสม่ำเสมอและไม่มีนัยสำคัญแม้ว่ามีแนวโน้มเล็กน้อยจากลักษณะกราฟว่าอาจมีความสัมพันธ์เชิงบวก แต่เมื่อทำการปรับข้อมูลพบว่าที่ lag time = 0 ค่าอุณหภูมิของอากาศขาออกจะมีความสัมพันธ์เชิงลบกับขนาดเม็ดน้ำตาลทรายด้วยค่า r = -0.628 สำหรับผลจากข้อมูลครั้งแรก และ r = -0.283 สำหรับผลจากข้อมูลครั้งที่สอง ซึ่งผลที่ได้นี้สอดคล้องกับทิศทางของความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนแปลงของระดับอุณหภูมิอากาศขาออก และการเปลี่ยนแปลงของค่า C.V. ที่ได้ในข้อ 5.1.1.4

5.1.1.6 ผลที่อาจเกิดจากความชื้นของน้ำตาลทรายแห้งขาออก (Moisture of dried sugar flow out)

ทั้งก่อนและหลังการปรับข้อมูล ทิศทางและขนาดของค่าสัมประสิทธ์สหสัมพันธ์มีการกระจายอย่างสม่ำเสมอตลอดระยะเวลาที่สังเกตทั้งในข้อมูลครั้งแรกและครั้งที่สอง จากข้อมูลครั้งแรกขณะที่ยังไม่ทำการปรับข้อมูลที่ lag time = +1 ได้ค่า r = -0.518

5.1.1.7 ผลที่อาจเกิดจากความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศขาออก

ทั้งก่อนและหลังการปรับข้อมูล ไม่พบความสัมพันธ์ที่มีนัยสำคัญจากผลการวิเคราะห์ข้อมูลครั้งแรก ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากความผิดพลาดในการเก็บข้อมูล แต่ถ้าพิจารณาผลจากการวิเคราะห์ข้อมูลครั้งที่สองพบว่าสอดคล้องกับสมมติฐานตามทฤษฎีอย่างชัดเจน กล่าวคือทั้งก่อนและหลังการปรับข้อมูล พบความสัมพันธ์เชิงลบที่ค่า lag time = 0 โดยก่อนการปรับข้อมูล ได้ค่า r = -0.605 และหลังการปรับข้อมูลได้ค่า r = -0.783

5.1.2 ผลของการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรต่างๆต่อการเปลี่ยนแปลงของระดับความชื้นในน้ำตาลทรายแห้งขาออก

5.1.2.1 ผลที่อาจเกิดจากอุณหภูมิของบรรยากาศ หรืออากาศภายนอกที่ไหลเข้าไปในเครื่องทำแห้ง (Ambient air temperature)

ไม่มีความสัมพันธ์ที่มีนัยสำคัญของการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิของบรรยากาศภายนอกเครื่องทำแห้งต่อการเปลี่ยนแปลงของระดับความชื้นในน้ำตาลทรายแห้งขาออก ยกเว้นกรณีของผลที่ได้จากการวิเคราะห์ข้อมูลในครั้งแรกหลังจากการปรับข้อมูลแล้วซึ่งพบว่ามีความสัมพันธ์เชิงบวกด้วยค่า r = 0.560 ที่ lag time = +6

5.1.2.2 ผลที่อาจเกิดจากระดับความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศภายนอกที่ไหลเข้าไปในเครื่องทำแห้ง (%RH of Ambient air)

ผลจากข้อมูลเก่าก่อนการปรับข้อมูล ไม่พบความสัมพันธ์ที่มีนัยสำคัญใดๆ แต่เมื่อปรับข้อมูลแล้วพบว่ามีความสัมพันธ์เชิงลบที่ lag time = +9 และมีค่า r = -0.565 ซึ่งน่าจะเกิดจากผลของสิ่งรบกวนอื่นๆ แต่จากการวิเคราะห์ข้อมูลใหม่พบว่าทั้งก่อนและหลังการปรับข้อมูล มีความสัมพันธ์เชิงบวก โดยก่อนปรับข้อมูลได้ค่า r = 0.405 ที่ lag time = +4 และหลังปรับข้อมูลได้ค่า r = 0.302 ที่ lag time = +9

5.1.2.3 ผลที่อาจเกิดจากความชื้นของน้ำตาลทรายเปียกขาเข้า (Moisture of wet sugar flow in)

จากสมมติฐาน คาดว่าน่าจะได้ความสัมพันธ์ในเชิงบวก แต่จากผลการวิเคราะห์ข้อมูลพบว่าทั้งทิศทางและขนาดของค่าสัมประสิทธ์สหสัมพันธ์มีการกระจายตัวอย่างสม่ำเสมอก่อนการปรับข้อมูล หลังการปรับข้อมูลจากผลที่ได้จากข้อมูลครั้งแรก จะได้ค่า r = -0.508 ที่ lag time = +10 และจากผลที่ได้จากข้อมูลครั้งที่สองจะได้ค่า r = -0.410 ที่ lag time = -2 , r = -0.396 ที่ lag time = -10 และ r = +0.409 ที่ lag time = -14 ตามลำดับ

สันนิษฐานว่าผลการวิเคราะห์ที่ได้ออกมาในลักษณะนี้น่าจะเป็นผลมาจากการที่มวลน้ำตาลที่สะสมและตกค้างอยู่ภายในเครื่องทำแห้งมีการกระจายของค่าความชื้นและอัตราการถ่ายเทมวลของความชื้นในแต่ละจุดไม่เท่ากัน และผลจากปัจจัยอื่นๆที่มีความสำคัญกว่า ทำให้น้ำตาลทรายแห้งที่ไหลออกมาจากเครื่องทำแห้งมีค่าการเปลี่ยนแปลงของความชื้นสุดท้ายไม่ขึ้นอยู่กับทิศทางการเปลี่ยนแปลงของค่าความชื้นน้ำตาลทรายเปียกขาเข้ามากนัก

5.1.2.4 <u>ผลที่อาจเกิดจากค่า C.V.</u>

ผลที่ได้จากข้อมูลครั้งแรก ก่อนการปรับข้อมูล ได้ค่า r =+0.519 ที่ lag time =+9 และได้ค่า r =-0.479 ที่ lag time =+10 หลังการปรับข้อมูลได้ค่า r =+0.506 ที่ lag time =-11

ผลที่ได้จากข้อมูลครั้งที่สอง ก่อนการปรับข้อมูล ได้ค่า r =-0.270 ที่ lag time =0 และได้ค่า r =+0.417 ที่ lag time =+10 หลังปรับข้อมูลได้ค่า r =-0.544 ที่ lag time =-1 และได้ค่า r =+0.437 ที่ lag time =+3

จาก lag time ที่ได้สามารถสันนิษฐานได้ว่าช่างเคี่ยวของโรงงานอาจจะปรับค่า ขนาดเม็ดซึ่งในที่นี้แสดงอยู่ในรูป C.V. ตามค่าความชื้นของน้ำตาลทรายแห้งที่ได้ โดยมีความสัมพันธ์เป็นบวก ที่ lag time ประมาณ 9 ถึง 11 time step ซึ่งคิดเป็นเวลาประมาณ 4.5 ชั่วโมงถึง 5.5 ชั่วโมง ส่วนผลการวิเคราะห์ที่ได้ค่าเป็นลบนั้นมีขนาดของค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์โดยทั่วไปน้อยกว่าจึงไม่พิจารณา

5.1.2.5 <u>ผลที่อาจเกิดจากขนาดเม็ดน้ำตาลเฉลี่ยที่ 50 % สะสม</u>

ทั้งก่อนและหลังการปรับข้อมูล สามารถสังเกตความสัมพันธ์ในเชิงบวกได้อย่างชัดเจน กล่าวคือ สำหรับข้อมูลครั้งแรกก่อนการปรับข้อมูล ได้ค่า r = 0.341ที่ lag time =+4 หลังปรับข้อมูลได้ค่า r = 0.627ที่ lag time =+6 สำหรับข้อมูลครั้งที่สองก่อนการปรับข้อมูลได้ค่า r = 0.384 ที่ lag time =0 และหลังการปรับข้อมูลได้ค่า r = 0.429ที่ lag time =0 เช่นกัน ซึ่งทิศทางของค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์สอดคล้องกับผลการวิเคราะห์ในข้อ 5.1.2.4 กล่าวคือมีทิศทางเป็นบวก

5.1.2.6 <u>ผลที่อาจเกิดจากความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศขาออก</u>

พบว่าก่อนการปรับข้อมูล ทั้งข้อมูลเก่าและใหม่มีการกระจายตัวของค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ทั้งขนาดและทิศทางต่างๆอย่างไม่มีนัยสำคัญ แต่หลังปรับข้อมูลอาจมีแนวโน้มเป็นลบด้วยค่า r = -0.292 ที่ lag time =-8 จากผลการวิเคราะห์ของข้อมูลครั้งที่สอง และด้วยค่า r = -0.564 ที่ lag time =-11 จากผลการวิเคราะห์ของข้อมูลครั้งแรก ด้วยค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ที่มีขนาดไม่มากนัก

5.1.2.7 ผลที่อาจเกิดจากระดับอุณหภูมิอากาศขาออกจากเครื่องทำแห้ง

ได้กล่าววิจารณ์ไปแล้วในหัวข้อ 5.1.1.6

5.1.3 ผลของการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรต่างๆต่อการเปลี่ยนแปลงของค่าความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศขาออกจากเครื่องทำแห้ง

5.1.3.1 ผลที่อาจเกิดจากอุณหภูมิของบรรยากาศ หรืออากาศภายนอกที่ไหลเข้าไปในเครื่องทำแห้ง (Ambient air temperature)

ผลที่ได้จากข้อมูลครั้งที่สองไม่พบความสัมพันธ์ใดที่มีนัยสำคัญทั้งก่อนและหลังการปรับข้อมูล แต่สำหรับผลที่ได้จากข้อมูลครั้งแรกก่อนการปรับข้อมูล พบความสัมพันธ์เชิงลบที่ lag time = +2 ด้วยค่า r = -0.484 และหลังปรับข้อมูลพบความสัมพันธ์เชิงลบที่ lag time = -5 ด้วยค่า r = -0.575

5.1.3.2 ผลที่อาจเกิดจากระดับความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศภายนอกที่ไหลเข้าไปในเครื่องทำแห้ง (%RH of Ambient air)

พบว่ามีความสัมพันธ์เชิงบวกตามที่ได้คาดเอาไว้ กล่าวคือมีความสัมพันธ์เชิงบวกจากข้อมูลครั้งแรกก่อนการปรับข้อมูล ไม่พบความสัมพันธ์ที่มีนัยสำคัญ แต่หลังการปรับข้อมูล จะเห็นความสัมพันธ์เชิงบวกที่ lag time = 0 ด้วยค่า r = 0.695

และจากข้อมูลครั้งที่สองพบว่าก่อนการปรับข้อมูลมีความสัมพันธ์เชิงบวกที่ lag time = -3 ด้วยค่า r = 0.921 ที่ lag time = -8 ด้วยค่า r = -0.543 และหลังปรับข้อมูลพบความสัมพันธ์ที่ lag time = -8 ด้วยค่า r = 0.348 และที่ lag time = -9 ด้วยค่า r =0.345

5.1.3.3 ผลที่อาจเกิดจากความชื้นของน้ำตาลทรายเปียกขาเข้า (Moisture of wet sugar flow in)

พบว่ามีแนวโน้มที่จะมีความสัมพันธ์เชิงบวกโดยจากข้อมูลครั้งแรกก่อนการปรับข้อมูลพบว่าที่ lag time = +0 มีค่า r = 0.410 และหลังการปรับข้อมูลที่ lag time = 0 มีค่า r = 0.608

จากข้อมูลครั้งที่สองก่อนการปรับข้อมูลพบว่าไม่มีความสัมพันธ์ที่มีนัยสำคัญแต่หลังการปรับข้อมูลที่ lag time = -17 ด้วยค่า r = 0.615

การที่ผลกระทบเกิดขึ้นช้าคาดว่าเพราะการสะสมของน้ำตาลทรายในเครื่องทำแห้ง และเพราะต้องการเวลาช่วงหนึ่งก่อนที่ความชื้นที่คายออกจากน้ำตาลที่สะสมอยู่ในเครื่องจะมีผลทำให้ความชื้นของอากาศขาออกเปลี่ยนแปลงไป

5.1.3.4 ผลที่อาจเกิดจากค่า C.V.

จากผลการวิเคราะห์ข้อมูลครั้งแรกพบว่าไม่มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ใดที่มีนัยสำคัญทั้งก่อนและหลังการปรับข้อมูล จากผลการวิเคราะห์ข้อมูลครั้งที่สองพบว่าก่อนทำการปรับข้อมูลไม่มีความสัมพันธ์ที่มีนัยสำคัญแต่หลังปรับข้อมูลพบความสัมพันธ์เชิงบวกที่ lag time = 0 ด้วยค่า r = 0.358 และความสัมพันธ์เชิงลบที่ lag time = -4 ด้วยค่า r =-0.475

5.1.3.5 ผลที่อาจเกิดจากขนาดเม็ดน้ำตาลเฉลี่ยที่ 50 % สะสม

จากข้อมูลครั้งแรกก่อนการปรับข้อมูลพบว่ามีค่าความสัมพันธ์เชิงลบที่ lag time = 0 ด้วยค่า r = -0.478 และที่ lag time = -8 ด้วยค่า r = -0.439 และหลังการปรับข้อมูลจะได้ค่าความสัมพันธ์ในเชิงลบที่ lag time = -5 ด้วยค่า r = - 0.557

จากข้อมูลครั้งที่สองก่อนการปรับข้อมูลพบความสัมพันธ์เชิงลบที่ lag time = +2 ด้วยค่า r = -0.431 และความสัมพันธ์เชิงบวกที่ lag time = +3 ด้วยค่า r = +0.336 จากนั้นหลังปรับข้อมูลพบค่าความสัมพันธ์เชิงบวกที่ lag time =0 ด้วยค่า r = + 0.322 และที่ lag time = -24 ด้วยค่า r = + 0.544

5.1.3.6 ผลที่อาจเกิดจากความชื้นของน้ำตาลทรายแห้งขาออก (Moisture of dried sugar flow out)

ได้วิจารณ์ไว้ในหัวข้อ 5.1.2.6 แล้ว

5.1.3.7 ผลที่อาจเกิดจากอุณหภูมิของอากาศขาออก

ได้วิจารณ์ไว้ในหัวข้อ 5.1.1.7 แล้ว

5.2 การพิจารณาความสัมพันธ์ของการเปลี่ยนแปลงของระดับอุณหภูมิ ณ ระดับชั้นต่างๆของเครื่องทำแห้ง

5.2.1 ผลการวิเคราะห์ที่ได้จากข้อมูลครั้งแรก

เมื่อนำข้อมูลที่ได้จากการเดินทางไปเก็บข้อมูลที่โรงงานครั้งแรกมาวิเคราะห์จะพบว่า ก่อนการปรับข้อมูล อุณหภูมิทุกระดับความสูงมีความสัมพันธ์ต่อกันและกันในเชิงบวกที่ lag time =0 ด้วยค่า r = 0.917 สำหรับความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิระดับกลางและอุณหภูมิระดับบน และ r = 0.907 สำหรับความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิระดับกลางและอุณหภูมิระดับล่าง สุดท้ายคือ r = 0.779 สำหรับระดับบนและระดับล่าง

หลังการปรับข้อมูลพบว่าความสัมพันธ์ของทุกระดับชั้นยังเป็นความสัมพันธ์เชิงบวกอย่างชัดเจนที่ lag time = 0 ด้วยค่า r = 0.941 สำหรับความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิระดับกลางและอุณหภูมิระดับบน ค่า r= 0.955 สำหรับความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิระดับกลางและอุณหภูมิระดับล่าง และ ค่า r = 0.957 สำหรับความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิระดับบนและอุณหภูมิระดับล่าง

5.2.2 ผลการวิเคราะห์ที่ได้จากข้อมูลครั้งที่สอง

เมื่อนำข้อมูลที่ได้จากการเดินทางไปเก็บข้อมูลที่โรงงานครั้งที่สองมาวิเคราะห์จะพบว่าผลการวิเคราะห์ข้อมูลยืนยันผลการวิเคราะห์ข้อมูลจากการวิเคราะห์ครั้งแรก ในประเด็นการมีความสัมพันธ์เชิงบวกของอุณหภูมิที่ความสูงระดับกลางและอุณหภูมิที่ความสูงระดับบน เนื่องจากพบว่าก่อนการปรับข้อมูลที่ lag time =0 จะมีค่า r = 0.479 และหลังการปรับข้อมูลที่ lag time = 0 มีค่า r = 0.824

แต่สำหรับความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิที่ความสูงระดับกลางและอุณหภูมิที่ความสูงระดับล่างและความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิที่ความสูงระดับบนและอุณหภูมิที่ความสูงระดับล่างนั้นพบว่ามีตัวแปรรบกวนที่ไม่ทราบชนิดมากระทำให้เกิดผลกระทบในเชิงลบที่ lag time = -7 โดยก่อนการปรับข้อมูลจะได้ค่า r = -0.543 สำหรับความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิที่ความสูงระดับกลางและอุณหภูมิที่ความสูงระดับล่าง และได้ค่า r = -0.560 สำหรับความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิที่ความสูงระดับบนและอุณหภูมิที่ความสูงระดับล่าง ซึ่งตัวแปรนี้คาดว่าน่าจะเป็นความร้อนที่เพิ่มขึ้นจากการเปิดไอน้ำเข้าไปเดินเครื่องหม้อต้ม (evaporators) ที่อยู่บริเวณใกล้เคียง
หลังการปรับข้อมูลแล้วจึงสามารถมองเห็นความสัมพันธ์เชิงบวกที่ lag time = 0 ของทั้งสองกรณีได้กล่าวคือจะมีค่า r = +0.531 สำหรับความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิที่ความสูงระดับกลางและอุณหภูมิที่ความสูงระดับล่าง และมีค่า r = +0.316 สำหรับความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิที่ความสูงระดับบนและอุณหภูมิที่ความสูงระดับล่าง โดยจะมีรูปกราฟของค่าสหสัมพันธ์ที่มีลักษณะใกล้เคียงกับรูปกราฟของกรณีของการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงระหว่างอุณหภูมิที่ความสูงระดับกลางและอุณหภูมิที่ความสูงระดับบนข้างต้น และผลการวิเคราะห์ข้อมูลหลังการปรับข้อมูลนี้ยังช่วยยืนยันผลที่ได้จากการวิเคราะห์ข้อมูลจากการเดินทางไปโรงงานครั้งแรกในหัวข้อ 5.2.1 ด้วยในประเด็นที่ค่า r ระหว่างอุณหภูมิในความสูงระดับกลางและอุณหภูมิความสูงในระดับบน( r= 0.874) มีค่ามากกว่าค่า r ระหว่างอุณหภูมิที่ความสูงระดับกลางและอุณหภูมิที่ความสูงระดับล่าง ( r= 0.531) และมากกว่าค่า r ระหว่างอุณหภูมิที่ความสูงระดับบนและอุณหภูมิที่ความสูงระดับล่าง ( r= 0.316) อีกด้วย ซึ่งแสดงให้เห็นว่าอุณหภูมิในความสูงระดับกลางและอุณหภูมิความสูงในระดับบน มีความสัมพันธ์กันอย่างชัดเจนกว่าอุณหภูมิในระดับชั้นอื่นๆ รวมทั้งยืนยันประเด็นที่ว่าการเปลี่ยนแปลงต่างๆของ

อุณหภูมิที่ระดับความสูงชั้นต่างๆจะเกิดขึ้นพร้อมๆกันเพราะมี lag time = 0 และจะเกิดการเปลี่ยนแปลงในทิศทางเดียวกันเพราะมีค่าความสัมพันธ์เชิงบวก ซึ่งได้ผลการวิเคราะห์เหมือนกันกับกรณีของหัวข้อ 5.2.1 ทุกประการ

แม้จะทำการปรับข้อมูลแล้ว อย่างไรก็ตามจะยังเห็นผลที่เกิดจากตัวแปรรบกวนอยู่อย่างเด่นชัดโดยที่ค่า lag time = -7 จะยังมีความสัมพันธ์เชิงลบด้วยค่า r = -0.526 สำหรับอุณหภูมิในความสูงระดับกลางและอุณหภูมิความสูงในระดับล่าง และด้วยค่า r = -0.587 สำหรับอุณหภูมิในความสูงระดับบนและอุณหภูมิความสูงในระดับล่าง

จากผลการวิเคราะห์ที่ผ่านมาทั้งหมดในหัวข้อ 5.2 อาจทำให้ได้ข้อพิสูจน์และข้อสรุปในการพิจารณาการเปลี่ยนแปลงต่างๆที่เกิดขึ้นในเครื่องทำแห้งทั้งเครื่องโดยคิดให้เป็นระบบเดียวเพื่อง่ายต่อการสร้างแบบจำลองคณิตศาสตร์ของเครื่องทำแห้งในการทดลองขั้นต่อไป

5.3 <u>สรุปรวมผลการวิเคราะห์จากหัวข้อ 5.1 และ 5.2 และข้อสังเกตวิจารณ์เพิ่มเติม</u>

จากการสังเกตการปฏิบัติงานของโรงงานน้ำตาลทรายท่ามะกา จำกัด ในระหว่างการบันทึกข้อมูลพบว่าในการเดินเครื่องทำแห้งของโรงงานจะมีค่าตัวแปรขาเข้าที่สามารถปรับค่าได้ (manipulated input variables) ต่างๆคงที่ ตัวแปรที่ต่างๆกล่าวถึงนี้ได้แก่ พลังงานความร้อนที่ให้แก่เครื่องทำแห้งซึ่งได้แก่ อุณหภูมิและความดันของไอน้ำ อัตราการป้อนน้ำตาลเปียกเข้าเครื่อง และอัตราการดูดอากาศเข้าเครื่อง

5.3.1 <u>พลังงานความร้อนที่จ่ายให้กับเครื่องทำแห้ง</u> สาเหตุที่อาจกล่าวได้ว่าพลังงานความร้อนที่ให้กับเครื่องทำแห้งมีค่าคงที่เพราะเท่าที่สังเกตพบ เครื่องควบคุมอนาล็อกแบบ PI ที่ใช้อยู่ มีสภาพเก่าและชำรุด รวมทั้งตำแหน่งของวาล์วจ่ายไอน้ำที่จะเข้าไปยังเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนให้กับอากาศขาเข้าเครื่องทำแห้งอยู่ในลักษณะที่คงที่ ดังนั้นการเปลี่ยนแปลงของปริมาณพลังงานที่ให้กับระบบ คือ อุณหภูมิและความดันของไอน้ำ จะมีค่าเท่าใดนั้นน่าจะขึ้นกับสภาวะของหม้อต้มไอน้ำและระบบหีบอ้อยในขณะนั้นมากกว่าจะขึ้นกับการควบคุมจากเครื่องควบคุม และดูจากสภาพของวาล์วไอน้ำแล้วได้ข้อสรุปว่าวิศวกรในโรงงานได้ปรับให้เครื่องทำแห้งได้รับพลังงานความร้อนในปริมาณคงที่มาเป็นเวลานานแล้ว โดยกำหนดให้ปริมาณของพลังงานความร้อนที่จ่ายให้กระบวนการทำแห้งมีค่ามากกว่าความต้องการ (excess) เพื่อให้มั่นใจได้ว่าน้ำตาลที่ได้จะต้องแห้งอย่างแน่นอน แต่หากพิจารณาในอีกประเด็นหนึ่งจะเป็นการสิ้นเปลืองพลังงานโดยใช่เหตุ ดังนั้นการศึกษา

ความเป็นไปได้ในการนำระบบควบคุมแบบฟัซซี่ลอจิกเข้ามาใช้งานจึงยังเป็นประเด็นที่ควรพิจารณาอยู่

5.3.2 <u>อัตราการป้อนน้ำตาลเปียก</u> จากการสอบถาม อัตราการป้อนน้ำตาลเปียกคงที่อยู่ที่ 400 กิโลกรัมต่อทุก 15 นาที (26.67 กิโลกรัมต่อนาที) ซึ่งเป็นอัตราการปล่อยน้ำตาลเปียกจากหม้อปั่นหม้อต่างๆแต่ละหม้อลงมายังสะพานโยกซึ่งทำหน้าที่เป็นทั้งบัฟเฟอร์ช่วยทำให้อัตราการไหลของน้ำตาลเปียกเข้าเครื่องทำแห้งมีค่าคงที่และขนส่งน้ำตาลทรายเปียกไปยังกะพ้อเพื่อตักขึ้นไปป้อนเข้าเครื่องทำแห้ง

5.3.3 <u>อัตราการดูดอากาศเข้าเครื่อง</u> ความเร็วในการไหลของอากาศขึ้นกับรอบของมอร์เตอร์ที่ใช้ขับพัดลมดูดอากาศสองหน่วยได้แก่ centrifugal blower และ rotary blower ที่ติดตั้งอยู่กับเครื่องทำแห้ง ซึ่งความเร็วรอบของพัดลมมีค่าคงที่เพราะไฟฟ้าที่ปั่นมาจากหน่วยผลิตไฟฟ้าของโรงงานมีความต่างศักย์และกระแสคงที่ตราบใดที่ความดันไอน้ำจากหม้อต้มมีค่าคงที่

จากข้อสังเกตที่ได้ในข้อ 5.3.1 ถึง 5.3.3 จะเห็นได้ว่า ทางโรงงานได้ใช้วิธีการควบคุมความชื้นของน้ำตาลทรายแห้งขาออกโดยอ้อม โดยการปรับตัวแปรต่างๆที่สามารถควบคุมได้ของเครื่องทำแห้งให้คงที่ และพยายามควบคุมตัวแปรที่ถือเป็นตัวแปรรบกวนของกระบวนการ อันได้แก่ค่าความแปรปรวนของขนาดเม็ดน้ำตาล และขนาดเม็ดน้ำตาลเฉลี่ยให้คงที่ เพื่อให้ได้น้ำตาลทรายขาออกที่มีค่าความชื้นตามต้องการ วิธีนี้โดยส่วนใหญ่จะใช้ได้ผลดีเพียงพอในสภาวะการผลิตปกติ ยกเว้นในกรณีที่เป็นฤดูกาลหีบอ้อยและมีมวลของน้ำตาลเข้ามาในระบบปริมาณมากซึ่งจะทำให้อัตราการป้อนน้ำตาลเข้าเครื่องทำแห้งมากขึ้นตามไปด้วยเนื่องจากต้องเร่งหีบเพื่อให้ได้ผลผลิตมากที่สุด นอกจากนี้เนื่องจากต้องเร่งผลิต ในฤดูการผลิตช่างเคี่ยวจึงไม่เคร่งครัดมากนักในการควบคุมการเลี้ยงขนาดของผลึกน้ำตาลในหม้อเคี่ยว ก่อนปล่อยลงมายังหม้อปั่น

เมื่อเกิดการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรที่ถือเป็นตัวแปรรบกวนในกระบวนการทำแห้งแล้วยังคงค่าของตัวแปรที่ควบคุมได้ไว้ดังเดิม จึงทำให้อาจเกิดปัญหาต่างๆตามมาได้ การให้ความร้อนแก่กระบวนการทำแห้งน้ำตาลแม้จะมั่นใจได้ว่าน้ำตาลจะแห้ง แต่ก็เป็นการเปลืองพลังงานและเวลาในการผลิต ที่บางครั้งอาจต้องนำน้ำตาลบางส่วนที่เสียไปละลายใหม่ ในทางปฏิบัติถ้าจะให้สมบูรณ์จึงน่าจะมีเครื่องควบคุมที่ยืดหยุ่นในการควบคุม ที่ทำหน้าที่ควบคุมทั้งหน่วยหม้อเคี่ยว หน่วยหม้อปั่น และหน่วยหม้ออบหรือเครื่องทำแห้ง รวมกันเพื่อผลผลิตที่ดีที่สุด ซึ่งเมื่อพิจารณาการควบคุมทั้งสามกระบวนการในเวลาเดียวกันแล้วจะเห็นว่าเป็นกรณีการควบคุมที่มีหลายตัวแปรทั้งขาเข้าและขาออก มีความซับซ้อนของระบบ และเหมาะที่จะประยุกต์ใช้เครื่องควบคุมแบบฟัซซี่ลอจิก แต่เนื่องจากข้อจำกัดด้านเวลา ในงานวิจัยจึงกำหนดขอบเขตของการวิจัยเพียงศึกษาตัวอย่างความเป็นไปได้ในการนำเครื่องควบคุมแบบฟัซซี่ลอจิกมาใช้กับเครื่องทำแห้งเพียงหน่วยการผลิตเดียวเท่านั้น

5.3.4 ประโยชน์ที่ได้จากการวิเคราะห์อนุกรมเวลาจากข้อมูลการเดินเครื่องทำแห้ง

สิ่งที่ได้จากการวิเคราะห์อนุกรมเวลาจะทำให้สามารถตัดสินว่าตัวแปรรบกวนชนิดใดที่ควรนำมาประกอบการพิจารณาเพื่อรวมไว้ในชุดของกฎควบคุมในโปรแกรมเครื่องควบคุมและควรให้น้ำหนักความสำคัญเท่าไรในการกระทำขั้นตอนการอนุมานหาคำสั่งการควบคุมที่เหมาะสม และจากการรู้ค่า lag time จะทำให้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่สร้างขึ้นสำหรับเป็นตัวแทนเครื่องทำแห้งมีความสมบูรณ์ขึ้นโดยผลการวิเคราะห์จากข้อ 5.1 และ 5.2 ทำให้ได้ข้อสรุปเพื่อกำหนดกรอบของตัวแปรที่จะนำไปใช้ในแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของเครื่องควบคุมแบบฟัซซี่ลอจิกได้ดังนี้

ตัวแปรรบกวนต่างๆและตัวแปรขาออกที่จะมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าความชื้นน้ำตาลทรายแห้งขาออกได้แก่

1.ความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศขาเข้า

2.ค่า C.V.

3.ค่าขนาดเม็ดน้ำตาลเฉลี่ยที่ 50% สะสม

4.ค่าความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศขาออก

ในกรณีเช่นนี้ ตัวแปรที่ 1. ถึง 3. เป็นตัวแปรที่กำหนดค่าเองไม่ได้ แต่ตัวแปรที่ 4. คือค่าความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศขาออกสามารถกำหนดค่าได้โดยอ้อมด้วยการให้พลังงานความร้อนกับระบบซึ่งจะทำให้อุณหภูมิอากาศขาออกสูงขึ้นหรือลดลงตามต้องการซึ่งจะส่งผลต่อค่าความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศขาออกด้วยที่ lag time = 0 คือเกือบจะในทันที