



FEAT JOURNAL

FARM ENGINEERING AND AUTOMATION TECHNOLOGY JOURNAL

วารสารวิศวกรรมฟาร์มและเทคโนโลยีการควบคุมอัตโนมัติ

กระบวนการให้ความร้อนร่วมกับกระบวนการโฟโตคะตะลิสต์ในการเปลี่ยนแป้งของเสีย จากกระบวนการผลิตให้เป็นผลิตภัณฑ์น้ำตาล

Sugar production from starch waste by heat pretreatment with photocatalysis reaction

พัชรพรณ นายแสง และ ขนิษฐา คำวิสัยศักดิ์*

Patcharapan Chayseang and Khanita Kamwilaisak*

ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น 40002

ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น 40002

Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, Khon Kaen University 40002

Department of Chemical Engineering, Faculty of Engineering, Khon Kaen University 40002

Received: 11 พ.ย. 59

Accepted: 19 ธ.ค. 59

บทคัดย่อ

การนำของเสียจากอุตสาหกรรมการแปรรูปเกษตรมาใช้ประโยชน์ ไม่เพียงแต่เป็นการสร้างมูลค่า แต่ยังเป็นการลดของเสียอุตสาหกรรม ในงานวิจัยนี้ใช้ของเสียจากกระบวนการผลิตแป้ง ซึ่งเป็นแป้งที่ไม่ได้คุณภาพ มาเปลี่ยนโครงสร้างให้ได้ผลิตภัณฑ์น้ำตาล เพื่อนำกลับใช้ในประโยชน์ในด้านพลังงาน และทางด้านอุตสาหกรรมเคมี ด้วยการใช้วิธีให้ความร้อนร่วมกับปฏิกิริยาโฟโตคะตะลิสต์ โดยศึกษาผลของการให้ความร้อนที่อุณหภูมิที่ 50 60 และ 70 องศาเซลเซียส และกระบวนการโฟโตคะตะลิสต์โดยการใช้ไททาเนียมไดออกไซด์ 1 กรัม ทำปฏิกิริยากับสารละลายแป้งมันสำปะหลัง 16.67 กรัมต่อลิตร ภายใต้แสงยูวีเอที่ความเข้มข้นแสง 0.35 มิลลิวัตต์ต่อตารางเซนติเมตร ทำปฏิกิริยา 180 นาที จากผลการทดลองพบว่า การให้ความร้อนกับสารละลายแป้งร่วมกับกระบวนการโฟโตคะตะลิสต์ จะทำให้เกิดปริมาณน้ำตาลได้มากที่สุด โดยสภาวะที่ให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส ก่อนทำปฏิกิริยาโฟโตคะตะลิสต์ พบว่ามีปริมาณน้ำตาลเกิดขึ้นสูงสุดที่ 121.23 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่เวลาการทำปฏิกิริยา 150 นาที

คำสำคัญ : แป้งมันสำปะหลัง โฟโตคะตะลิสต์ ไททาเนียมไดออกไซด์

Abstract

Recycling of an agro-waste is not only value-added of waste product, but it also reduces residues from industry. In this research work, low quality starch as a waste from cassava starch production was used as a raw material to transform to be sugar product, which could be applied in energy production and chemical industry. The effect of heat pretreatment at different temperatures (50, 60 and 70 Degree Celsius) following with photocatalytic reaction (Titanium dioxide 1 g under UV light 0.35 w/cm² for 180 min) on sugar production was determined. It was found that sugar production was significantly increased in the presence of heat pretreatment process. The best condition was heat treatment at 70 Degree Celsius for 30 min, photocatalytic reaction time at 150 min, which produced total sugar content of 121.23 mg/liters.

Keywords : Cassava starch Photocatalytic reaction Titanium dioxide

1. บทนำ

มันสำปะหลังก็เป็นหนึ่งในพืชเศรษฐกิจสำคัญของประเทศไทยมานานหลายปี มันสำปะหลังมีรากมันที่เป็นแหล่งอาหารประเภทคาร์โบไฮเดรตที่สำคัญของประชาชนในทวีปแอฟริกา และอเมริกาใต้ ข้อดีของมันสำปะหลังคือ เป็นพืชที่สามารถเพาะปลูกได้ทุกที่และมีสถานะที่สามารถทนแล้งได้ดี จึงทำให้มีการเพาะปลูกในจำนวนมากในประเทศไทยโดยผลผลิตมันสำปะหลัง 32.4 ล้านตัน ในปี 2558 โดยการนำใช้ประโยชน์ คือ แป้งมันสำปะหลัง ร้อยละ 55 รองลงมาคือ มันเส้นหรือมันอัดเม็ดร้อยละ 40 และในรูปแบบของพลังงานทดแทน (เอทานอล) ร้อยละ 5 [1] จะเห็นได้ว่าอุตสาหกรรมแปรรูปมันสำปะหลังมีจำนวนมากด้วยเหตุนี้เองก่อให้เกิดของเสียในกระบวนการผลิตซึ่งของเสียในกระบวนการแปรรูปแป้งมันสำปะหลังมี 2 ประเภท คือ 1. ประเภทน้ำเสียจากกระบวนการผลิต 2. ประเภทของเสียจากแป้งคั่งท่อในกระบวนการ

ผลิต ซึ่งเป็นของเสียที่ทางโรงงานไม่ได้นำมาใช้ประโยชน์ และในการเพิ่มมูลค่าแป้งมันสำปะหลังมีวิธีการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของแป้งมันมี 3 ประเภท คือ 1. การเปลี่ยนแปลงด้วยวิธีทางกายภาพ (physical) 2. การเปลี่ยนแปลงด้วยวิธีทางเคมี (chemical) 3. การเปลี่ยนแปลงด้วยเอนไซม์ (enzymatic) [3] ด้วยหลักการดังกล่าวจึงมีการแปรรูปแป้งมันสำปะหลังมาใช้ในการพลังงานทดแทนมากขึ้น ไม่ว่าจะเป็นการเปลี่ยนแปลงด้วยวิธีทางเอนไซม์จะเป็นวิธีที่นิยมมากในกระบวนการผลิตเอทานอลที่เป็นพลังงานทดแทนเชื้อเพลิงฟอสซิล โดยหลักการคือเปลี่ยนแป้งจากพืชให้เป็นน้ำตาล และเปลี่ยนน้ำตาลให้เป็นแอลกอฮอล์ ผลผลิตแอลกอฮอล์ที่ได้สามารถนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิงได้ 3 รูปแบบคือ 1. เอทานอล 95 % 2. ดีโซฮอล 3. แก๊สโซฮอล ในการศึกษานี้มีแนวคิดในการหาพลังงาน ทดแทนในการใช้หลักการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของเสียจากกระบวนการผลิตแป้งมันสำปะหลัง โดยใช้วิธีการทางเคมี (chemical)

ที่แตกต่างจากวิธีที่ใช้เอนไซม์ (enzymatic) ที่ต้องใช้ (chemical) โดยใช้กรดในการทำปฏิกิริยาที่จะต้องนำมาปรับค่าความเป็นกรด-ด่าง ดังนั้นในงานวิจัยนี้ใช้วิธีการนำสารเคมีเข้าไปทำปฏิกิริยา ร่วมกับแสงยูวีเอ ซึ่งเป็นวิธีที่ประหยัดเวลา และไม่ต้องปรับค่าความเป็นกรด-ด่าง โดยวิธีดังกล่าวทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของโครงสร้างแป้ง ให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่เป็นน้ำตาล หรือสารให้ความหวาน ซึ่งสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในด้านพลังงาน และด้านอุตสาหกรรมเคมีได้

2. วิธีการวิจัย

2.1 อุปกรณ์การทดลอง และสารเคมี

อุปกรณ์ในการทดลอง

1. ตู้ควบคุมแสงยูวี (UV Box)
2. เครื่องปั่นกวนสารอัตโนมัติชนิดแม่เหล็กพร้อมให้ความร้อน รุ่น C-MAG HS 7 ยี่ห้อ IKA
3. เครื่องวัดอุณหภูมิ (thermo meter) รุ่น 11063 ยี่ห้อ Delta TRAK
4. ตัวกรองขนาด 0.45 ไมโครเมตร
5. เครื่องปั่นเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง รุ่น mini ยี่ห้อ LABOCENE
6. ยูวี สเปคโตรโฟโตมิเตอร์ รุ่น G11034 ยี่ห้อ Agilent Technologies ประเทศเยอรมัน

สารเคมี

1. แป้งมันสำปะหลัง จากโรงงานผลิตแป้งมันสำปะหลัง จังหวัดกาฬสินธุ์

ระยะเวลาในการทำปฏิกิริยา และวิธีที่ใช้สารเคมี

2. ไททาเนียมไดออกไซด์เกรดการค้า Degussa P25
3. ฟีนอล คริสตัล Analytical reagent grade จาก Fisher Chemical
4. ซัลฟิวริก เอซิด จาก ACI Lab scan
5. ดี กลูโคส โมโนไฮเดรต จาก UNILAB

2.2 วิธีการเตรียมกราฟมาตรฐานปริมาณน้ำตาลทั้งหมดด้วยวิธีฟีนอล-ซัลฟิวริก

เตรียมมาตรฐานน้ำตาลกลูโคส ความเข้มข้นที่ 0 - 80 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยการเตรียมมาตรฐานน้ำตาลกลูโคส 100 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยชั่งกลูโคส 0.01 กรัม ละลายน้ำ 100 มิลลิลิตร จะได้กลูโคสความเข้มข้น 100 มิลลิกรัมต่อลิตร นำมาตรฐานน้ำตาลกลูโคสมาเจือจางเพื่อให้ได้ความเข้มข้นของน้ำตาล ที่ 10 20 40 60 และ 80 มิลลิกรัมต่อลิตร จากนั้นนำมาตรฐานน้ำตาล ไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 485 นาโนเมตร ด้วยเครื่องยูวี สเปคโตรโฟโตมิเตอร์

2.3 การตรวจวัดปริมาณของน้ำตาลทั้งหมด โดยวิธีฟีนอล-ซัลฟิวริก

วิธีการศึกษาโดยวิธีฟีนอล-ซัลฟิวริกในครั้งนี้ ได้ดัดแปลงจากวิธีการของ Dubois และคณะ (1995) [2] ดังนี้ เติมน้ำตาลละลายฟีนอล ความเข้มข้น 5% (น้ำหนักต่อปริมาตร) ปริมาตร 1 มิลลิลิตร ลงในสารละลายตัวอย่าง ปริมาตร 1 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน แล้วเติมกรดซัลฟิวริกเข้มข้น 96% ปริมาตร

5 มิลลิลิตรลงไป เขย่าให้เข้ากัน จากนั้นนำมาละลาย ความเข้มข้นโดยใช้สัดส่วน 1 : 5 โดยใช้ น้ำ ปริมาตร 4 มิลลิลิตร และสารที่เตรียมไว้ 1 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน จากนั้นนำไปวัดค่าการดูดกลืนคลื่นแสงที่ความยาวคลื่น 485 นาโนเมตร ด้วยเครื่องยูวี สเปคโตรโฟโตมิเตอร์

2.4 เตรียมสภาวะตู้ควบคุมแสง ยูวีเอ

ตู้ควบคุมแสงยูวีเอ ทำจากไม้มีลักษณะเป็นหกเหลี่ยมทรงกระบอกความสูง 75 เซนติเมตร เส้นผ่านศูนย์กลาง 40 เซนติเมตร ภายในหุ้มฉนวนใยแก้วเพื่อการสะท้อนแสง ติดตั้งหลอดยูวีเอ 8 วัตต์ จำนวน 4 หลอด และ 11 วัตต์ 4 หลอด ทุกมุมตู้ ที่บริเวณหลังตู้ด้านบนติดตั้งพัดลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 นิ้ว เพื่อระบายความร้อน และอากาศ ที่ด้านล่างตู้มีชุดควบคุมการเปิด-ปิดแสงและพัดลม เมื่อทำการติดตั้งหลอดยูวีเอ ทั้ง 6 หลอดภายในตู้มีความเข้มแสง 0.35 มิลลิวัตต์ต่อตารางเซนติเมตร แสดงดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 ตู้ควบคุมแสงยูวีเอ

2.5 วิธีการทดลอง

ในการทดลองได้ศึกษา 2 สภาวะได้แก่ สภาวะที่ไม่ผ่านการให้ความร้อน และสภาวะที่ผ่านการให้ความร้อนของสารละลายแป้งมันสำปะหลัง ก่อนทำปฏิกิริยาโฟโต้คะตะไลซิส

การเตรียมสารละลายแป้งมันสำปะหลัง

นำแป้งมันสำปะหลัง 5 กรัม มาละลายด้วยน้ำ ปริมาตร 300 มิลลิลิตร คนให้ละลายเป็นเนื้อเดียวกัน ที่ความเข้มข้น 16.67 กรัมต่อลิตร

การทดลองสารละลายแป้งมันสำปะหลังที่ผ่านการให้ความร้อน

นำสารละลายแป้งมันสำปะหลังที่เตรียมไว้ไปผ่านการให้ความร้อนโดยให้อุณหภูมิสารละลายแป้งมันสำปะหลังมีอุณหภูมิ 50 60 และ 70 องศาเซลเซียส ทั้งหมด 3 สภาวะ จากนั้นทำให้เย็นที่อุณหภูมิห้องโดยใช้น้ำหล่อเย็นเพื่อระบายความร้อน เดิมไททาเนียมไดออกไซด์ปริมาณ 1 กรัม ลงในสารละลายแป้งมันสำปะหลัง คนให้เข้ากัน นำเข้าตู้ควบคุมแสงยูวีเอ เปิดแสงยูวีเอในการทำปฏิกิริยาเป็นเวลา 180 นาที โดยบันทึกความเร็ว 200 รอบ/นาที ทำการเก็บตัวอย่างสารที่เวลา 15 30 60 120 150 และ 180 นาที เก็บตัวอย่างสารครั้งละ 4 มิลลิลิตร นำมาเข้าเครื่องเหวี่ยงหนีศูนย์กลางที่ความเร็วรอบ 10,000 รอบต่อนาที นาน 10 นาที เพื่อแยกไททาเนียมไดออกไซด์ออกกรองด้วยชุดกรองขนาด 0.45 ไมโครเมตร นำตัวอย่างที่ได้มาวัดปริมาณของน้ำตาลด้วยเครื่อง ยูวี สเปคโตรโฟโตมิเตอร์

การทดลองสารละลายแป้งมันสำปะหลังที่ไม่ผ่านการให้ความร้อน

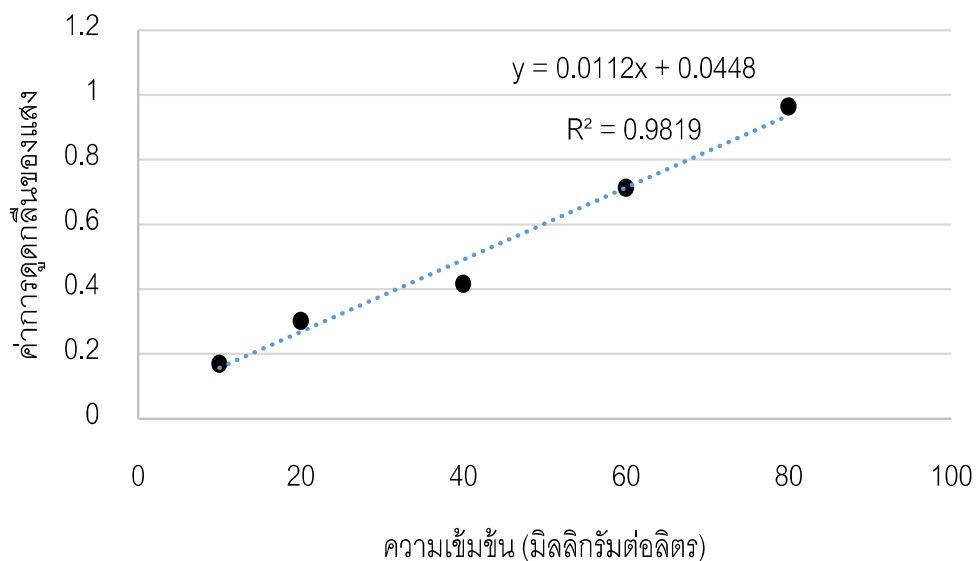
นำสารละลายแป้งมันสำปะหลังที่เตรียมไว้ เติมน้ำทาเนียมไดออกไซด์ปริมาณ 1 กรัม ลงในสารละลายแป้งมันสำปะหลัง คนให้เข้ากัน นำเข้าสู่ควบคุมแสงยูวีเอ เปิดแสงยูวีเอในการทำปฏิกิริยาเป็นเวลา 180 นาที โดยปั่นกววนที่ความเร็ว 200 รอบ/นาที ทำการเก็บตัวอย่างสารที่เวลา 15 30 60 120 150 และ 180 นาที เก็บตัวอย่างสารครั้งละ 4 มิลลิลิตร นำมาเข้าเครื่องเหวี่ยงหนีศูนย์กลางที่ความเร็วรอบ 10,000 รอบต่อนาที นาน 10 นาที เพื่อแยกไททาเนียมได

ออกไซด์ออก กรองด้วยชุดกรองขนาด 0.45 ไมโครเมตร นำตัวอย่างที่ได้มาวัดปริมาณของน้ำตาลด้วยเครื่อง ยูวี สเปคโตรโฟโตมิเตอร์

3. ผลการวิจัยและอภิปราย

3.1 ผลกราฟมาตรฐานปริมาณน้ำตาลทั้งหมดด้วยวิธีฟินอล-ซัลฟิวริก

ผลจากการวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 485 นาโนเมตรด้วยเครื่องยูวี สเปคโตรโฟโตมิเตอร์ที่มาตรฐานน้ำตาลที่ความเข้มข้น 10 20 40 60 และ 80 มิลลิกรัมต่อลิตร ผลการทดลองแสดงดังรูปที่ 2

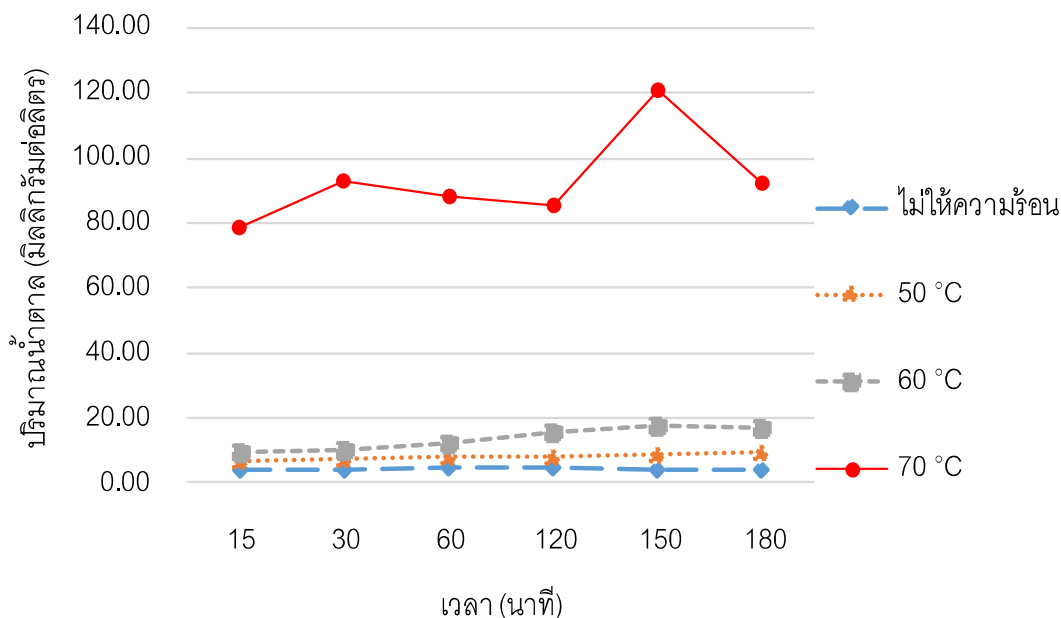


รูปที่ 2 กราฟมาตรฐานน้ำตาล ด้วยวิธีฟินอล - ซัลฟิวริก ค่าการดูดกลืนแสง 485 นาโนเมตร

3.2 ผลการทดลอง

จากผลการทดลองสารละลายแป้งมันสำปะหลัง ในกระบวนการไฟโต้คะตะไลซิส โดยใช้ไททาเนียมไดออกไซด์เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา โดยทำการสุ่มตัวอย่างที่ 15 30 60 120 150 และ 180 นาที ผลการทดลองพบว่า สารละลายน้ำแป้งมันสำปะหลังที่ไม่ผ่านการให้ความร้อนจะเกิดปริมาณ น้ำตาล 4.20 4.25 4.33 4.34 3.83 และ 4.20 มิลลิกรัมต่อลิตรตามลำดับ ที่สภาวะอุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียสจะเกิดปริมาณ

น้ำตาล 6.83 7.90 8.06 8.61 9.26 และ 9.62 มิลลิกรัมต่อลิตรตาม ลำดับ และ 60 องศาเซลเซียส จะเกิดปริมาณ น้ำตาล 10.16 10.86 12.46 16.05 18.15 และ 17.63 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ แต่ที่ อุณหภูมิที่ 70 องศาเซลเซียสจะเกิดปริมาณ น้ำตาล มากที่สุด คือ 78.92 92.94 87.98 85.54 121.23 และ 92.37 มิลลิกรัมต่อลิตรตามลำดับ ผลการทดลอง แสดงดังรูปที่ 3



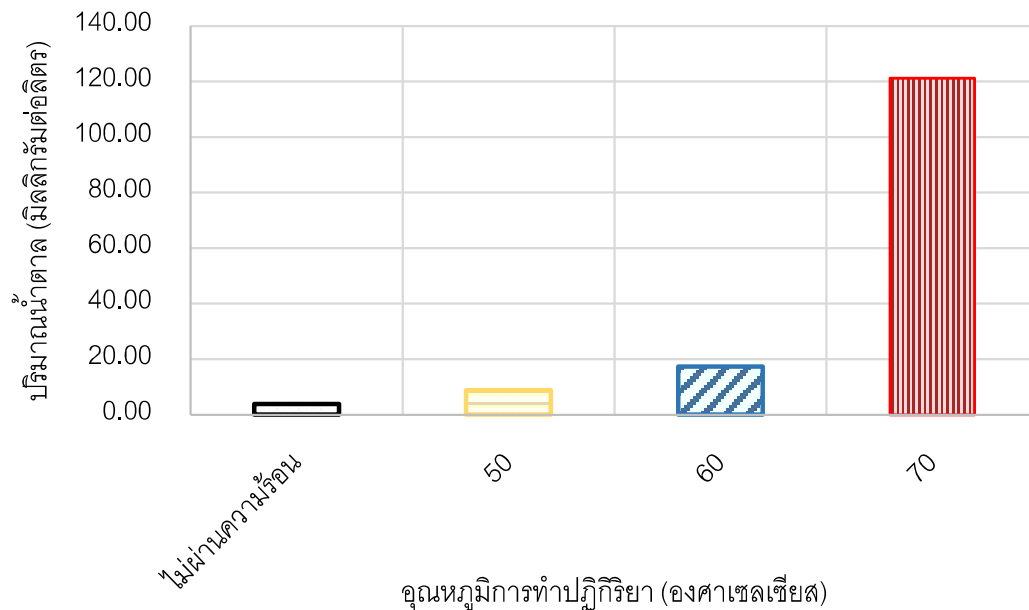
รูปที่ 3 กราฟแสดงปริมาณน้ำตาลที่สภาวะไม่ผ่านการให้ความร้อน และผ่านการให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 50 60 70 องศาเซลเซียส

จากผลการทดลองดังกล่าวจะเห็นได้ว่าอุณหภูมิที่ เกิดน้ำตาลมากที่สุดคือที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส ทำให้เกิดปริมาณ น้ำตาลมากที่สุด เนื่องจากใน สภาวะที่สารละลายแป้งมันสำปะหลังได้รับความร้อน

จนทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของเม็ดแป้ง ได้รับความร้อนที่ได้รับทำให้เกิดการทำลายพันธะไฮโดรเจน ภายในโมเลกุลของเม็ดแป้งของอะไมโลส (amylose) และอะไมโลเพกทิน (amylopectin) เรียกว่าการเกิด

สภาวะเจลลิตไนซ์ (gelatinization) ซึ่งการเกิดเจลลิตไนซ์ของแป้งมันสำปะหลังเกิดขึ้นที่อุณหภูมิ 70 – 80 องศาเซลเซียส [4] โดยให้ปริมาณน้ำตาลที่สูงสุดที่ 150 นาที นอกจากนี้ที่เวลา 180 นาที พบว่า

ปริมาณน้ำตาลลดลงเนื่องจาก ไททาเนียมไดออกไซด์ได้เข้าไปทำปฏิกิริยากับน้ำตาล ทำให้ปริมาณน้ำตาลลดลง และจากรูปที่ 4 จะแสดงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิ และปริมาณน้ำตาลที่เกิดขึ้น



รูปที่ 4 ผลของปริมาณน้ำตาลที่ไม่ผ่านการให้ความร้อน และผ่านการให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 50 60 70 องศาเซลเซียส ที่ 150 นาที

4. สรุป

จากการทำปฏิกิริยาโดยใช้แป้งมันสำปะหลังที่ปริมาณ 5 กรัม ละลายน้ำปริมาตร 300 มิลลิลิตรเข้าทำปฏิกิริยาที่ตู้ควบคุม แสงยูวีเอ ที่ความเข้มข้นแสง 0.35 มิลลิวัตต์ต่อตารางเซนติเมตร พบว่าอุณหภูมิที่ 70 องศาเซลเซียส เกิดน้ำตาลที่ความเข้มข้นที่ 78.92 92.94 87.98 85.54 121.23 และ 92.37 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่ 15 30 60 120 150 และ 180 นาที ตามลำดับ

โดยสภาวะที่ 150 นาที อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เกิดน้ำตาลปริมาณมากที่สุด 121.23 มิลลิกรัมต่อลิตร

จากผลการทดลองจึงสามารถสรุปได้ว่าการทำปฏิกิริยาด้วยไฟได้คะตะไลซิส โดยใช้ไททาเนียมไดออกไซด์เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา เกิดปริมาณน้ำตาลขึ้นจากผลการทดลองสามารถนำไปศึกษาต่อถึงการนำน้ำตาลไปใช้ประโยชน์ในด้านพลังงาน และด้านอุตสาหกรรมเคมีได้

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ที่ช่วยสนับสนุนเงินทุนทำงานวิจัย

ขอขอบคุณอาจารย์ และเจ้าหน้าที่ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ที่ช่วยสนับสนุนสถานที่ และเครื่องมือในการทำงานวิจัย

6. เอกสารอ้างอิง

- [1] ศูนย์วิจัยเพื่ออุตสาหกรรมอาหาร. อุตสาหกรรมมันสำปะหลังของไทยปี 2558 [อินเทอร์เน็ต]. 2558. [เข้าถึงเมื่อ 27 กันยายน 2559]. เข้าถึงได้จาก: <http://fic.nfi.or.th>.
- [2] Dubois M, Gilles KA, Hamilton JK, Rebers PA, Smith F. Colorimetric method for Determination of sugars and related Substances. Analytical Chemistry. 1956; 28 (3): 350 – 356.
- [3] Kaur B, Ariffin F, Bhat R, Karim AA. Progress In starch modification in the last decade. Food Hydrocolloids. 2012; 26 (2): 398 - 404.
- [4] Piyaporn K, Duangdao A, Duanghathai P, Kawee K. Preparation of cassava Starch/montmorillonite composite film. Carbohydrate Polymers. 2007; 67 (2): 155 – 163.