

การใช้ประโยชน์จากกากมันสำปะหลังเพื่อผลิตเป็นน้ำตาล Utilization of Cassava Solid Waste for Sugar Production

สวลี ดีประเสริฐ^{1*}, ศุภชัย บุญนาค¹, วิทยา บุตรทองมูล¹, นุปผา ชินเชิดวงศ์¹ และวีระ โลหะ²

Sawalee Deeprasert^{1*}, Supachai Boonmunma¹, Wittaya Bootongmol¹, Buppha Chinchodwong¹ and Veara Ioha²

บทคัดย่อ

น้ำตาลเป็นสารตั้งต้นที่สำคัญในการนำมาใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมหลายประเภท เช่น อาหาร เครื่องดื่ม รวมทั้งสามารถนำมาผลิตเป็นพลังงานทดแทน เช่น เอทานอล โดยงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาทดลองนำกากมันสำปะหลังจากอุตสาหกรรมแป้งมาผลิตเป็นน้ำตาล จากการสำรวจข้อมูลเบื้องต้นพบว่า ในปี 2554 ประเทศไทย มีพื้นที่ปลูกมันสำปะหลังประมาณ 7.17 ล้านไร่ มีผลผลิตมันสำปะหลัง 21.31 ล้านตัน [1] และกากมันสำปะหลังเหลือทิ้งจากอุตสาหกรรมแป้งประมาณ 2.36 ล้านตันต่อปี ซึ่งสามารถนำกากมันสำปะหลังที่มีความเข้มข้น 100 กรัมต่อลิตร มาแปรรูปเป็นน้ำตาลด้วยการดำเนินงานแบบต่อเนื่องเป็น 2 ขั้นตอน คือขั้นแรกคือใช้เอนไซม์ย่อยเซลลูโลส (CTec 2) 1 มิลลิลิตร ในการย่อยเวลา 6 ชั่วโมง ให้น้ำตาลรีดิวซ์ และน้ำตาลทั้งหมด 8.21, 15.77 กรัมต่อลิตร และขั้นตอนที่สองเอนไซม์แอลฟาอะไมเลส ใช้เวลาในการย่อย 2 ชั่วโมง ให้น้ำตาลรีดิวซ์ และน้ำตาลทั้งหมด 18.24, 73.56 กรัมต่อลิตร และหลังจากนั้นใช้เอนไซม์กลูโคอะไมเลส ใช้เวลาในการเปลี่ยนแป้งเป็นน้ำตาล 12 ชั่วโมง ให้น้ำตาลรีดิวซ์และน้ำตาลทั้งหมดสูงสุดที่ 65.80, 73.56 กรัมต่อลิตรจากการศึกษาทดลองครั้งนี้เป็นการสร้างมูลค่าลดปัญหาทางสิ่งแวดล้อม และลดภาวะโลกร้อนด้วยการนำของเหลือมาทำให้เกิดประโยชน์สูงสุด

คำสำคัญ : กากมันสำปะหลัง การใช้ประโยชน์ อุตสาหกรรมแป้ง

Abstract

Sugar is very important raw material of many industries i.e. food, beverage and renewable energy. This research aim to study utilization of cassava solid waste for sugar product. By the year 2011, Thailand produced fresh cassava 21.31 million-ton from 7.17 million-rai of farm and there were cassava solid waste from starch industries about 2.36 million-ton per year. The cassava solid waste (100 g/l) changed to sugar by 2 steps of hydrolytic (1) enzymatic hydrolytic of cellulose by CTec 2 (1 ml) for 6 hours to produced reducing sugar and total sugar 8.21, 15.77 g/l (2) α -amylase hydrolytic (activity; 6 KNU/100g starch) to produced reducing sugar and total sugar

¹ นักวิจัย, สถาบันพัฒนาและฝึกอบรมโรงงานต้นแบบ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี (มจธ.) 49 ท่าข้าม บางขุนเทียน กทม. 10150

² ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร., ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มจธ. 126 บางมด กรุงเทพฯ กทม. 10140

* Corresponding author : E-mail: dee_kung@hotmail.com. Tel. 02-470-7400-1

จากงานประชุมวิชาการระดับชาติ มหาวิทยาลัยทักษิณ ครั้งที่ 22 ปี 2555

18.24, 73.56 g/l for 2 hours. After that Glucoamylase (activity; 129 AGU/100 g starch) changed starch to sugar or 12 hours to produce 65.80 g/l of reducing sugar and 73.56 g/l of total sugar. This study made valueadding in the industrial processing, decrease environmental problem and reduce global warming crisis by optimized utilization of cassava solid waste from starch industries.

Keywords: Cassava Soild Waste, Utilization, Starch Industries

คำนำ

ประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรมมีผลผลิตทางการเกษตรสามารถป้อนเข้าสู่กระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมและมีของเหลือทิ้งที่สามารถนำมาผลิตสารตั้งต้น และสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ เช่น สารตั้งต้นประเภทน้ำตาลนำไปใช้กับอุตสาหกรรมอาหาร เครื่องดื่ม สารให้ความหวาน และผลิตเป็นเอทานอลได้ ประเทศไทยมีผลผลิตมันสำปะหลังเป็นอันดับ 3 ของโลก โดยคิดเป็นประมาณร้อยละ 12 ของปริมาณผลผลิตรวมทั้งโลก รองจากประเทศไนจีเรีย และบราซิล และมีผลิตภัณฑ์มันสำปะหลังส่งออกเป็นอันดับ 1 ของโลก ซึ่งมีส่วนแบ่งทางการตลาดไม่ต่ำกว่าร้อยละ 80 ของทั่วโลก [2] จากกระบวนการผลิตแป้งมันสำปะหลังมีของเหลือประเภทกากมันสำปะหลังร้อยละ 1.11 ของผลผลิตมันสำปะหลังที่เข้าโรงงานอุตสาหกรรม คือประมาณสองล้านตันต่อปี หากไม่มีการจัดการของเหลือจากอุตสาหกรรมแปรรูปอย่างถูกวิธีทำให้เกิดมลภาวะกับสิ่งแวดล้อมได้ จากการที่เชื้อจุลินทรีย์ในธรรมชาติจะย่อยสลายสารประกอบอินทรีย์ในกากมันสำปะหลังเนื่องจากกากมันสำปะหลังมีองค์ประกอบ ที่สำคัญคือ คาร์โบไฮเดรต ปริมาณเฉลี่ยร้อยละ 65-70 ของน้ำหนักแห้ง

ดังนั้นกากมันสำปะหลังมาสร้างมูลค่าสามารถมาผลิตเป็นสารตั้งต้นประเภทน้ำตาล เนื่องจากกากมันสำปะหลังมีแป้งคิดในเซลลูโลสจำนวนมาก ทำให้กระบวนการเปลี่ยนแป้งเป็นน้ำตาลของเอนไซม์ไม่สามารถนำแป้งมาใช้ได้หมดโดยตรงจึงต้องนำเอนไซม์ย่อยเซลลูโลสมาย่อยก่อน เพื่อให้แป้งหลุดออกมา และหลังจากนั้นจึงใช้เอนไซม์ย่อยแป้ง โดยคณะวิจัยมีแนวทางในการผลิตสารตั้งต้นประเภทน้ำตาล จะใช้เอนไซม์ย่อยเซลลูโลส และเอนไซม์ย่อยแป้งเพื่อมาแปรรูปเป็นน้ำตาล ซึ่งนำไปใช้กับอุตสาหกรรมได้หลายประเภท และช่วยลดปัญหาสิ่งแวดล้อมพร้อมทั้งสร้างมูลค่าของเหลือให้เพิ่มขึ้น รวมทั้งยังเป็นแหล่งวัตถุดิบที่ราคาถูกสามารถช่วยลดต้นทุนในการผลิตน้ำตาลได้

อุปกรณ์และวิธีการ

1. สํารวจข้อมูลเบื้องต้นประกอบด้วยพื้นที่ปลูกและปริมาณผลผลิตมันสำปะหลังในประเทศไทย
2. สํารวจกากมันสำปะหลังจากกระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมแป้งมันสำปะหลังในประเทศไทย
3. วิเคราะห์องค์ประกอบเบื้องต้นของกากมันสำปะหลัง (ตารางที่ 1)

ตารางที่ 1 รายการวิเคราะห์องค์ประกอบเบื้องต้นของกากมันสำปะหลัง

รายการวิเคราะห์	วิธีการวิเคราะห์
1. เซลลูโลส	TAPPI T 203 cm-99
2. ปริมาณแป้ง	In house method on AOAC (2010) 920.44
3. ความชื้น	เครื่องวิเคราะห์ความชื้น

4. นำกากมันสำปะหลังจากกระบวนการผลิตแป้งมันสำปะหลังมาแปรรูปเป็นน้ำตาล โดยวิธีการ
ย่อยกากมันสำปะหลัง และวิเคราะห์องค์ประกอบดังตารางที่ 2

4.1 นำกากมันสำปะหลังมาผสมกับน้ำให้มีความเข้มข้น 100 กรัมต่อลิตร มาย่อยเพื่อให้
แป้งที่ติดกับเส้นใยหลุดออกมาด้วยเอนไซม์ย่อยเซลลูโลส (CTec 2) ปริมาตร 1 มิลลิลิตร
ในเวลา 6 ชั่วโมง อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส ความเป็นกรด-ด่าง 5 และเก็บตัวอย่างทุกๆ
1 ชั่วโมง มาวิเคราะห์หาความเข้มข้นของน้ำตาลรีดิวซ์และน้ำตาลทั้งหมด

4.2 นำกากมันสำปะหลังที่ผ่านการย่อยในข้อ 4.1 มาย่อยแบ่งให้เป็นน้ำตาล ด้วยเอนไซม์

- α -Amylase (Novozyme) ที่มี activity: 6 KNU/100 g Starch ที่สภาวะความเป็นกรด-ด่าง
5-6, อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียสเวลา 2 ชั่วโมง และเก็บตัวอย่างทุกๆ 1 ชั่วโมง มาวิเคราะห์หา
ความเข้มข้นของน้ำตาลรีดิวซ์และน้ำตาลทั้งหมด

-Glucoamylase (Novozyme) ที่มี activity: 129 AGU/100 g Starch ที่สภาวะความเป็นกรด-ด่าง
4-5, อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส, เวลา 12 ชั่วโมง และเก็บตัวอย่างทุกๆ 6 ชั่วโมง มาวิเคราะห์
หาความเข้มข้นของน้ำตาลรีดิวซ์และน้ำตาลทั้งหมด

ตารางที่ 2 รายการวิเคราะห์องค์ประกอบการแปรรูปเป็นน้ำตาล

รายการวิเคราะห์	วิธีการวิเคราะห์
1. ความเข้มข้นของน้ำตาลรีดิวซ์	ดีเอ็นเอส [3]
2. ความเข้มข้นของน้ำตาลทั้งหมด	ฟีนอล ซัลฟิวริก [4]
3. ความเป็นกรด-เป็นด่าง	pH meter

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

1. มันสำปะหลัง

1.1 พื้นที่ปลูกมันสำปะหลังในประเทศไทย

ในปี 2554 ประเทศไทยมีการปลูกมันสำปะหลังกระจายอยู่ในพื้นที่ 45 จังหวัด ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของ
ประเทศไทย ประกอบด้วย 19 จังหวัด ปลูกมากในจังหวัดนครราชสีมา ชัยภูมิ และจังหวัดอื่นๆ
พื้นที่ปลูกรวมกันประมาณร้อยละ 52.85 รองลงมาเป็นภาคกลาง ประกอบด้วย 12 จังหวัด ปลูกมากที่สุดที่จังหวัด สระแก้ว
กาญจนบุรี และจังหวัดอื่นๆ คิดเป็นร้อยละ 28.21 และภาคเหนือประกอบด้วย 13 จังหวัด ปลูกมากที่สุดที่จังหวัดกำแพงเพชร
นครสวรรค์ และจังหวัดอื่นๆ คิดเป็นร้อยละ 18.94 [1]

1.2 ผลผลิตมันสำปะหลัง

ประเทศไทยมีผลผลิตมันสำปะหลังเป็นอันดับ 3 ของโลก โดยคิดเป็นประมาณร้อยละ 12
ของปริมาณผลผลิตรวมทั่วโลก รองจากประเทศไนจีเรีย และบราซิล [2] ในปี 2553 มีผลผลิตมันสำปะหลังประมาณ
22.95 ล้านตัน ผลผลิตเฉลี่ยรวมทั่วประเทศต่อไร่ 3.05 ตัน และในปี 2554 มีผลผลิตประมาณ 21.31 ล้านตัน

จากงานประชุมวิชาการระดับชาติ มหาวิทยาลัยทักษิณ ครั้งที่ 22 ปี 2555

ผลผลิตเฉลี่ยรวมทั้งประเทศต่อไร่ 2.97 ตัน ในปี 2553-54 ภาคตะวันออกเฉียงเหนือให้ผลผลิตมันสำปะหลังมากที่สุดและรองลงมาคือ 12.35 และ 11.17 ล้านตัน ตามลำดับ เนื่องจากภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีพื้นที่ปลูกมันสำปะหลังมากที่สุด แต่จังหวัดตากสามารถปลูกมันสำปะหลังให้ผลผลิตมากที่สุด 3.48 และ 3.54 ตันต่อไร่ และจังหวัดสระแก้วมีผลผลิตต่ำสุด คือ 2.61 ตันต่อไร่ [1] ซึ่งแต่ละภาคสามารถปลูกและให้ผลผลิตมากที่สุดและรองลงมาดังตารางที่ 3 ทั้งนี้การให้ผลผลิตของมันสำปะหลังขึ้นกับสภาพภูมิอากาศและปรากฏการณ์ทางธรรมชาติ รวมทั้งการดูแล บำรุงรักษา ของเกษตรกร

ตารางที่ 3 ผลผลิตมันสำปะหลังของประเทศไทย [1]

รายการ	ปี	
	2553	2554
ผลผลิต (ล้านตัน)	22.95	21.31
ภาคเหนือ (ล้านตัน)	4.30	4.32
- ตาก (ตันต่อไร่)	3.48	3.54
- พิชญ โลก (ตันต่อไร่)	3.47	3.49
ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ (ล้านตัน)	12.35	11.17
- อำนาจเจริญ (ตันต่อไร่)	3.46	3.44
- อุบลราชธานี (ตันต่อไร่)	3.41	3.44
ภาคกลาง (ล้านตัน)	6.30	5.81
- เพชรบุรี (ตันต่อไร่)	3.25	3.34
- ชลบุรี (ตันต่อไร่)	3.27	3.08

2. อุตสาหกรรมแป้งมันสำปะหลัง

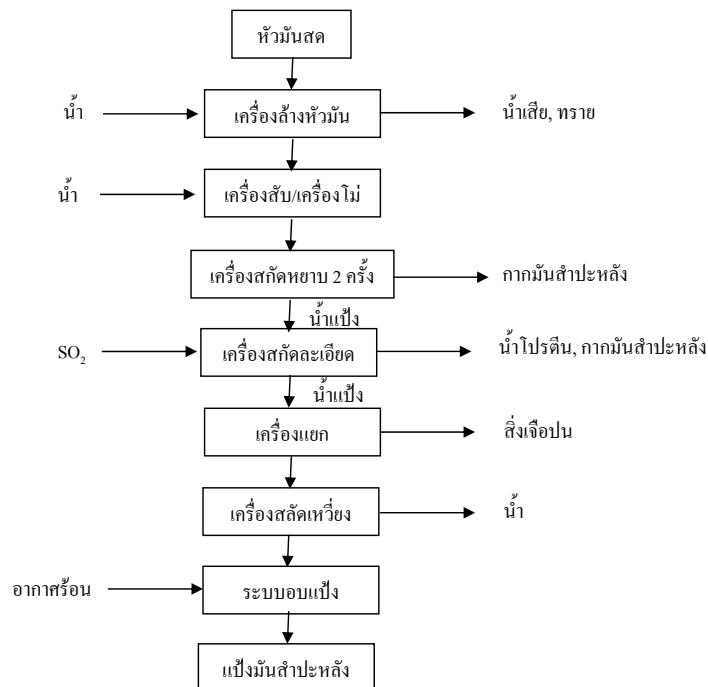
2.1 อุตสาหกรรมแป้งมันสำปะหลังในประเทศไทย

ผลผลิตหัวมันสำปะหลังจะถูกป้อนเข้าสู่โรงงานอุตสาหกรรมแป้งมันสำปะหลังและได้ผลผลิตเป็นแป้งมันสำปะหลัง ซึ่งประเทศไทยเป็นผู้ผลิตแป้งมันสำปะหลังเป็นอันดับ 3 ของโลกและส่งออกเป็นอันดับ 1 ของโลกจากประเทศผู้ส่งออกผลิตภัณฑ์มันสำปะหลังมากกว่า 100 ประเทศทั่วโลก และมีส่วนแบ่งทางการตลาดมากกว่าร้อยละ 80 ของทั่วโลก [2] การผลิตแป้งมันสำปะหลังสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท ได้แก่ แป้งมันสำปะหลังดิบ (Native Starch) และแป้งมันสำปะหลังดัดแปลง (Modified Starch) ในปัจจุบันประเทศไทยมีโรงงานที่ผลิตแป้งมันสำปะหลังทั้งหมด 73 โรงงาน แบ่งเป็นโรงงานผลิตแป้งมันสำปะหลังดิบ 49 โรงงาน โรงงานผลิตแป้งมันสำปะหลังดัดแปลง 15 โรงงาน และโรงงานผลิตทั้ง 2 ประเภท 9 โรงงาน โรงงานอุตสาหกรรมส่วนใหญ่ตั้งอยู่ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย ประมาณ 36 โรงงาน โดยเฉพาะที่จังหวัดนครราชสีมา มี 21 โรงงาน เนื่องจากมีพื้นที่ปลูกและผลผลิตมันสำปะหลังมากที่สุดของประเทศไทย และภาคกลางมีโรงงานแป้งมันสำปะหลังจำนวน 22 โรงงาน และภาคเหนือ 15 โรงงาน [2]

2.2 กระบวนการผลิตแป้งมันสำปะหลัง

กระบวนการผลิตแป้งมันสำปะหลังในอุตสาหกรรมแป้ง ซึ่งจะต้องใช้หัวมันสำปะหลังสดที่รับซื้อมาจากเกษตรกร โดยหัวมันสดต้องมีปริมาณแป้งไม่ต่ำกว่าร้อยละ 20 เข้าสู่กระบวนการผลิตโดยเริ่มตั้งแต่ขั้นตอนการเตรียมหัวมันสำปะหลังและทำความสะอาด เพื่อแยกทรายออกจากหัวมัน และหลังจากนั้นก็จะเข้าสู่การบดหัวมันสำปะหลังเพื่อ

ให้หัวมันมีชิ้นเล็กและละเอียด ขั้นตอนนี้จะถูกเติมน้ำและถูกนำเข้าสู่เครื่องสกัดแป้งเพื่อสกัดแยกแป้งออกจากกากมันสำปะหลัง โดยทั่วไปจะเป็นการสกัดแบบมากกว่าหนึ่งครั้ง ในขั้นตอนนี้โรงงานมีการเติมน้ำกำมะถัน เพื่อยับยั้งการทำงานของจุลินทรีย์ ซึ่งจะเปลี่ยนโมเลกุลของแป้งเป็นกรดแลคติก หลังจากนั้นก็เข้าสู่ขั้นตอนการเพิ่มความเข้มข้นของน้ำแป้งให้น้ำแป้งเข้มข้นและขั้นตอนสุดท้ายการทำให้แป้งแห้งและการบรรจุผลิตภัณฑ์ ดังรูปที่ 1



ภาพที่ 1 กระบวนการผลิตแป้งมันสำปะหลัง

3.กากมันสำปะหลัง

การสำรวจกระบวนการผลิตแป้งมันสำปะหลังของอุตสาหกรรมแป้งในประเทศไทย พบว่า กากมันสำปะหลังจะเกิดขึ้นในกระบวนการการบดหัวมันสำปะหลัง ในส่วนเครื่องสกัดแป้งเพื่อสกัดแยกแป้งออกจากกากมันสำปะหลัง โดยทั่วไปจะเป็นการสกัดแบบมากกว่าหนึ่งครั้ง ในขั้นตอนนี้น้ำกากมันสำปะหลังจากขั้นตอนการสกัดแป้งจะมีน้ำอยู่ในปริมาณมาก กากมันสำปะหลังจะถูกแยกออกจากน้ำแป้ง และอีกขั้นตอนหนึ่งของกระบวนการผลิตแป้งคือ การเพิ่มความเข้มข้นของน้ำแป้งเพื่อแยกกากมันสำปะหลังออกให้หมด จากงานวิจัยของเขาวมาลย์ คำเจริญ และสาโรชน์ คำเจริญ [5] ได้กล่าวว่าปริมาณกากมันสำปะหลังจากกระบวนการผลิตแป้งมันสำปะหลังจะมีปริมาณร้อยละ 1.11 ของผลผลิตมันสำปะหลัง ดังนั้นในปี 2554 จะมีกากมันสำปะหลังเหลือทิ้งจากอุตสาหกรรมแป้งประมาณ 2.36 ล้านตันต่อปี สามารถนำไปผลิตเป็นอาหารสัตว์ สารตั้งต้นประเภทน้ำตาลเพื่อนำไปใช้ในอุตสาหกรรม อาหาร เครื่องดื่ม สารให้ความหวาน หรือสามารถนำไปผลิตเป็นพลังงานทดแทนได้

จากงานประชุมวิชาการระดับชาติ มหาวิทยาลัยทักษิณ ครั้งที่ 22 ปี 2555

4. การทดลองการผลิตน้ำตาล

4.1 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของกากมันสำปะหลัง

นำกากมันสำปะหลังที่เก็บเป็นตัวอย่างได้จากการสำรวจโรงงานอุตสาหกรรมแป้งภายในประเทศไทย กากมันสำปะหลังมีทั้งชนิดแห้งและชนิดเปียก สำหรับการทดลองนี้จะใช้กากมันสำปะหลังแห้ง และในกากมันสำปะหลังมีส่วนประกอบด้วยเยื่อใย ซึ่งองค์ประกอบของกากมันสำปะหลังที่วิเคราะห์ได้มีดังนี้ (ตารางที่ 4)



ภาพที่ 2 กากมันสำปะหลังแห้ง

ตารางที่ 4 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบของกากมันสำปะหลัง

การวิเคราะห์	ผลการวิเคราะห์
1. ปริมาณแป้ง	72 % w/w dry basis
2. เซลลูโลส	15.25 % w/w dry basis
3. ความชื้น	13.06 %

ปริมาณแป้งที่ติดอยู่ในกากมันสำปะหลังประมาณร้อยละ 72 ของน้ำหนักแห้ง ซึ่งเป็นไปตาม ชลดา ชื่อสัตย์ และคณะ ได้ศึกษาไว้มีปริมาณแป้ง ร้อยละ 61.84-69.90 ของน้ำหนักแห้ง สำหรับองค์ประกอบภายในกากมันสำปะหลังจะขึ้นกับอายุของมันสำปะหลังที่ส่งเข้าโรงงานผลิตแป้งมันสำปะหลัง พันธุ์ การใช้ปุ๋ยอินทรีย์ ปุ๋ยวิทยาศาสตร์ ความอุดมสมบูรณ์ของดิน อุณหภูมิในการเพาะปลูก และกรรมวิธีกระบวนการสกัดแป้ง [6]

4.2 ผลการแปรรูปน้ำตาล

4.2.1 การย่อยแป้งออกจากกากมันสำปะหลังแห้งที่ความชื้นร้อยละ 13.06 ปริมาณ 150 กรัม เติมน้ำให้มีปริมาตร 1500 มิลลิลิตร เติมนอนไซม์ย่อยเซลลูโลส CTECH 2 ปริมาตร 1 มิลลิลิตร ที่สภาวะความเป็นกรด-ด่าง 5, อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส, เวลา 6 ชั่วโมง เพื่อย่อยแป้งที่ติดอยู่ในกากมันสำปะหลังให้พองตัวและหลุดออกมาได้ปริมาณน้ำตาลดังตารางที่ 4

4.2.2 การย่อยแป้งเป็นน้ำตาลด้วยเอนไซม์

- α -Amylase (Novozyme) ที่สภาวะความเป็นกรด-ด่าง 5-6, อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส เวลา 2 ชั่วโมง

เป็นกระบวนการเคอแฟคชั่น จะใช้เอนไซม์มาลดความหนืดของแป้ง โดยการย่อยโมเลกุลของแป้งแบบสุ่มของลูกโซ่กลูโคส ทำให้เป็นสายสั้นๆ โมเลกุลเล็กลง และมีความหนืดลดลง

- Glucoamylase (Novozyme) ที่สภาวะความเป็นกรดต่าง 4-5, อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส, เวลา 12 ชั่วโมงย่อยแป้ง ให้เป็นโมเลกุลของน้ำตาลเรียกกระบวนการนี้ว่าแซคคาริฟิเคชัน

เอนไซม์ย่อยเซลลูโลส แอลฟาอะไมเลส และกลูโคอะไมเลส ให้ปริมาณน้ำตาลดังแสดงในตารางที่ 5 ซึ่งปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ที่ได้สูงสุด 65.80 กรัมต่อลิตร โดยมีปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์สูงกว่าการใช้เซลลูเลส เพคตินเอส แอลฟาอะไมเลส และกลูโคอะไมเลสย่อยกากมันสำปะหลัง โดยให้น้ำตาลรีดิวซ์ได้สูงสุด 64.40 กรัมต่อลิตร [7]

ตารางที่ 5 ผลการแปรรูปกากมันสำปะหลังเป็นน้ำตาล

เวลาที่ใช้ (ชั่วโมง)	6	2	12
Enzyme	CTECH 2	α -Amylase	Glucoamylase
น้ำตาลรีดิวซ์ (กรัมต่อลิตร)	8.21	18.24	65.80
น้ำตาลทั้งหมด (กรัมต่อลิตร)	15.77	73.56	73.56

สรุปผลการวิจัย

1. ในปี 2554 มีพื้นที่ปลูกมันสำปะหลังประมาณ 7.17 ล้านไร่ ผลผลิตเฉลี่ยต่อไร่ 2.97 ตัน มีผลผลิตมันสำปะหลังทั้งหมด 21.31 ล้านตัน ผลผลิตเป็นอันดับ 3 ของโลก
2. อุตสาหกรรมแป้งมันสำปะหลังในประเทศไทยมีจำนวน 73 แห่ง และมีปริมาณกากมันสำปะหลังจากกระบวนการผลิตแป้งมันสำปะหลังปริมาณ 2.36 ล้านตันต่อปี
3. องค์ประกอบเบื้องต้นของกากมันสำปะหลัง มีปริมาณเซลลูโลสร้อยละ 15.25 ของน้ำหนักแห้ง ปริมาณแป้งร้อยละ 72 ของน้ำหนักแห้ง และความชื้นร้อยละ 13.06
4. การแปรรูปกากมันสำปะหลังเป็นน้ำตาลด้วย 2 ขั้นตอน ในส่วนการย่อยแป้งจากเซลลูโลส และเปลี่ยนแป้งเป็นน้ำตาลแบบต่อเนื่องใน 20 ชั่วโมง ให้น้ำตาลรีดิวซ์สูงสุด 65.80 กรัมต่อลิตร และให้น้ำตาลทั้งหมด 73.56 กรัมต่อลิตร
5. ประสิทธิภาพการย่อยแป้งเป็นน้ำตาลได้ร้อยละ 89.45
6. น้ำตาลที่ผลิตได้จากกากมันสำปะหลังสามารถนำไปใช้เป็นสารตั้งต้นในอุตสาหกรรมอาหาร อุตสาหกรรมพลังงาน สารให้ความหวาน และอุตสาหกรรมอื่นๆ ได้

คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากสถาบันพัฒนาและฝึกอบรมโรงงานต้นแบบ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี บางขุนเทียน

จากงานประชุมวิชาการระดับชาติ มหาวิทยาลัยทักษิณ ครั้งที่ 22 ปี 2555

เอกสารอ้างอิง

- [1] สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. (2555). ผลพยากรณ์การผลิตมันสำปะหลัง ปี 2554 รายจังหวัด. สืบค้นวันที่ 16 กุมภาพันธ์ 2555, จาก http://www.2oae.go.th/mis/forecast/01_MAR2553/Thai/table/tbl_t_08.htm.
- [2] สมาคมแป้งมันสำปะหลังไทย. (2552). อุตสาหกรรมแป้งมันสำปะหลัง. สืบค้นเมื่อ 15 กุมภาพันธ์ 2555, จาก http://www.thaitapiocastarch.org/pdf/thailand_tapioca_industry.pdf.
- [3] Miller, L.G., (1959). Use of Dinitrosalicylic Acid Reagent for Determination of Reducing Sugar. Anal. Chem. 31: 426-438.
- [4] Dubois, M., Gilles, K. A., Hamilton, J. K., Rebers, P. A., and Smith, F. (1956). Colorimetric method for determination of sugars and related substances. Anal. Chem. 28:350-356.
- [5] เขาวมาลัย คำเจริญ และสาโรจ คำเจริญ. (2543). คุณสมบัติทางกายภาพ และทางเคมีของข้าวโพดเทียบกับการผลิตข้าวโพดวิทยาศาสตร์จากมันสำปะหลัง. วารสารสันไก่อและการเกษตร. 48(8): 44-51.
- [6] เจริญศักดิ์ โรจนฤทธิ์พิเชษฐ์. (2519). มันสำปะหลัง. ภาควิชาพืชไร่ คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.
- [7] สุภาวดี ดีสโร. (2543). การย่อยกากมันสำปะหลังด้วยเอนไซม์ผสมในเครื่องปฏิกรณ์อัลตราฟิเลทรัน. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ. 97 น.