

การผลิตน้ำตาลรีดิวซ์จากเปลือกกล้วยน้ำว้าด้วยวิธีการไฮโดรไลซิสด้วยกรดเจือจาง Dilute-Acid Hydrolysis of Klui Nam Wa Peels for the Production of Reducing Sugars

ดร.ณวรรณ ชื่นบุบผา¹ เพ็ญจิตร์ ศรีนพคุณ^{1,2} และอนุสิษฐ์ ธาระพิมพ์เมธา^{1,2}

Darunwan Chuenbubpar¹, Penjit Srinophakun^{1,2} and Anusith Thanapimmetha^{1,2}

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตน้ำตาลรีดิวซ์โดยวิธีการไฮโดรไลซิสเปลือกกล้วย ซึ่งเป็นวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร โดยการหาสภาวะที่เหมาะสมต่อการผลิตน้ำตาลรีดิวซ์ด้วยกรดเจือจาง สำหรับการไฮโดรไลซิสด้วยกรดเจือจางมีปัจจัยที่เกี่ยวข้อง คือ ความเข้มข้นของกรดซัลฟูริก 2-10 % (โดยน้ำหนักต่อปริมาตร) อุณหภูมิในการทำปฏิกิริยา 30-90 องศาเซลเซียส และระยะเวลาในการไฮโดรไลซิส 15-75 นาที จากผลการทดลองพบว่าสภาวะที่เหมาะสมต่อการผลิตน้ำตาลรีดิวซ์ด้วยกรดโดยใช้เปลือกกล้วยน้ำว้าระยะสุกที่ 6 ความเข้มข้นของกรดซัลฟูริก 4 เปอร์เซ็นต์ อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส เวลา 45 นาที ให้ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์สูงสุดที่ 24.3 กรัมต่อลิตร

คำสำคัญ : น้ำตาลรีดิวซ์ เปลือกกล้วยน้ำว้า การไฮโดรไลซิส

ABSTRACT

The effect of parameters on reducing sugar production from *Musa* (AAB group) "Klui Namwa" peel were investigated for the utilization of agricultural waste. The optimization for reducing sugar production using dilute acid hydrolysis parameters were Peel Color Index (PCI) 1-8, concentration of acid 2-10% (w/v), temperature of reaction 30-90°C and hydrolysis time 15-75 minutes. The results showed that the acid hydrolysis of PCI at the stage 6 for 45 minute with 4% sulfuric acid at 90 °C yielded the highest reducing sugar (24.3 g/l).

Keywords : Reducing Sugar, Banana Peels, Hydrolysis

E-mail : g4965827@ku.ac.th

¹ ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน กรุงเทพฯ 10900

Department of Chemical Engineering, Kasetsart University, Bangkok, 10900

² ศูนย์ความเป็นเลิศแห่งชาติด้านปิโตรเลียม ปิโตรเคมีและวัสดุขั้นสูง กรุงเทพฯ 10330

Center of Excellence for Petroleum, Petrochemicals and Advanced Materials, Bangkok 10330

คำนำ

เนื่องจากพลังงานน้ำมันเป็นพื้นฐานในการพัฒนาเศรษฐกิจ ขณะที่ศักยภาพการในการผลิตน้ำมันของประเทศไทยนั้นยังไม่เพียงพอต่อความต้องการจึงต้องนำเข้าพลังงานน้ำมันจากต่างประเทศ ซึ่งทางเลือกอีกทางเลือกหนึ่งที่รัฐบาลให้ความสำคัญในการพัฒนาศักยภาพ และลดการนำเข้าพลังงานน้ำมัน คือการใช้พลังงานหมุนเวียน หรือพลังงานทดแทน เช่น พลังงานแสงอาทิตย์ เอทานอลที่ได้จากกากวัสดุเหลือใช้จากทางการเกษตร ไบโอดีเซล (Biodiesel) เป็นต้น (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2548) ในอุตสาหกรรมการผลิตเอทานอลโดยส่วนใหญ่จะใช้มันสำปะหลังและกากน้ำตาลเนื่องจากมีปริมาณแป้งและน้ำตาลมาก (Tasic, 2009) แต่ในปัจจุบันมีวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรหลายชนิดที่สามารถนำมาผลิตเอทานอลได้ เช่น รากของมันสำปะหลัง ชังข้าวโพด ชานอ้อย ฟางข้าวสาลี เป็นต้น (Tasic, 2009 ; Eklund, 1995 ; Sreenath , 2001 ; Martin, 2002) แต่ก็มีเพียงไม่กี่ชนิดที่นิยมและให้ผลผลิตเอทานอล

กล้วยเป็นผลไม้ที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจของประเทศที่กำลังพัฒนาและมีการส่งออกมากเป็นอันดับ 4 ของโลก (เบญจมาศ, 2545) สำหรับในประเทศไทยนั้นการปลูกกล้วยน้ำว้าจะมีแหล่งผลิตที่สำคัญอยู่ทางภาคเหนือ ซึ่งได้แก่ จังหวัดพิษณุโลก นครสวรรค์ เป็นต้น และมีเปลือกกล้วยเป็นวัสดุเหลือทิ้งจากอุตสาหกรรมแปรรูปต่างๆ เช่น กล้วยฉาบ กล้วยบด กล้วยอัดเม็ด จากการทำอุตสาหกรรมหนึ่งตำบลหนึ่งผลิตภัณฑ์ จากการสำรวจพบว่าประเทศไทยมีปริมาณขยะเปลือกกล้วยน้ำว้ามากถึง 200 ตันต่อวัน (คม ชัด ลึก, 2550) เปลือกกล้วยมีองค์ประกอบเป็นคาร์โบไฮเดรตประมาณ 63.6 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก เถ้าประมาณ 11.7 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ปริมาณเยื่อใย 8.6 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ไขมัน 8.6 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักและเหลือเป็นอื่น ๆ อีก 7.5 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก (Hammond, 1996) จากปริมาณส่วนประกอบต่างๆนี้ที่มีปริมาณคาร์โบไฮเดรตจำนวนมากและมีค่าปริมาณเยื่อใยต่ำนี้ จึงทำให้มีความเป็นไปได้ที่จะนำเปลือกกล้วยมาผลิตเป็นน้ำตาลรีดิวซ์ เพื่อนำไปผลิตเอทานอลต่อไป

ในงานวิจัยนี้ศึกษาการไฮโดรไลซิสด้วยสารเคมีซึ่งปฏิกิริยาเกิดง่าย เร็ว และสิ้น สามารถทำได้ที่อุณหภูมิต่ำ สารเคมีที่ใช้ทำปฏิกริยานั้นมีราคาถูกและหาง่าย (Karimi, 2006 ; Hernández-Salas, 2009) และเนื่องจากกล้วยเป็นผลไม้ที่สามารถปลูกได้ตลอดทั้งปี และในการใช้ประโยชน์ส่วนใหญ่เน้นใช้ประโยชน์จากผลกล้วยจึงทำให้เหลือเปลือกกล้วยเป็นวัสดุเหลือทิ้งที่จะนำมาเพื่อเพิ่มมูลค่าได้ งานวิจัยนี้เลือกศึกษาสภาวะที่เหมาะสมต่างๆ ในการใช้เปลือกกล้วยเพื่อผลิตน้ำตาลรีดิวซ์ด้วยวิธีการไฮโดรไลซิสด้วยกรด

วิธีการทดลอง

1. การเตรียมวัสดุหมัก

นำเปลือกกล้วยมาหั่นเป็นชิ้นเล็กๆ ประมาณ 3×3 เซนติเมตร ซึ่งได้ทำการคัดแยกสีและลักษณะโดย Peel Color Index, PCI (จินตนา, 2534) ซึ่งกล้วยที่ใช้มีลักษณะที่ได้ทำการคัดแยกตรงกับ PCI 6 หรือ ระยะเวลาสุกที่ 6 ซึ่งมีเปลือกมีสีเหลืองทั้งผล ปอกเปลือกได้ง่าย และ ผลกล้วยยังคงแน่น จากนั้นนำเปลือกกล้วยไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง (ณัฐญา, 2546) จากนั้นทำการบั่นบดให้มีขนาดเล็ก

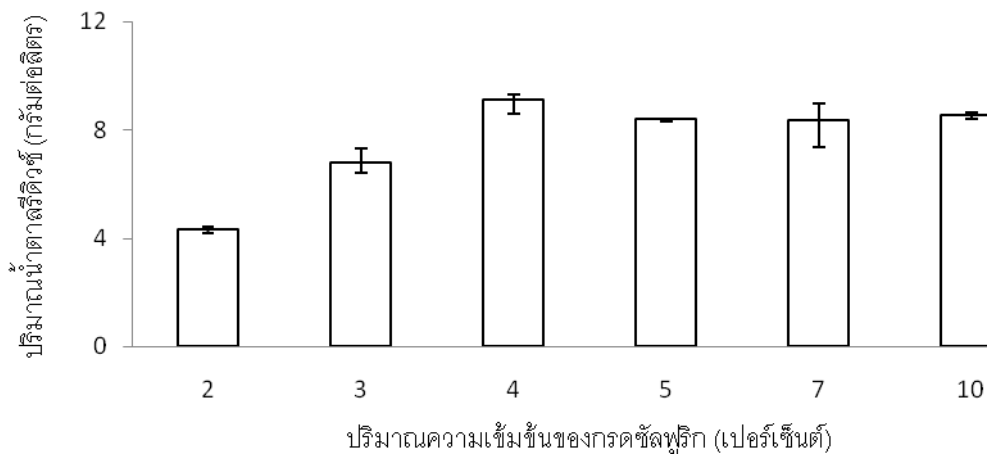
2. วิธีการไฮโดรไลซิสและวิธีวิเคราะห์

โดยนำเปลือกกล้วย 1 กรัม ทำการไฮโดรไลซิสด้วยกรดซัลฟูริกที่ความเข้มข้น 1-10 % (w/v) ปริมาตร 8 มิลลิลิตร ใน ฟลasks ขนาด 250 มิลลิลิตร เวลาในการทำปฏิกิริยา 15-75 นาที และอุณหภูมิ 30-90 องศาเซลเซียส โดยทำการเขย่าที่ 200 รอบต่อนาที จากนั้นจึงปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้ได้ปริมาตร 200 มิลลิลิตร เพื่อทำการหยุดปฏิกิริยา (Tewari, 1986) และกรองด้วยกระดาษกรอง เพื่อแยกของแข็ง (กาก) และของเหลวออกจากกัน จากนั้นนำส่วนที่เป็นของเหลวไปวิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ด้วยวิธี DNS (Miller, 1959)

ผลการทดลองและวิจารณ์

1. ศึกษาความเข้มข้นของกรดซัลฟูริกที่เหมาะสมต่อการผลิตน้ำตาลรีดิวซ์

จากการทดลองย่อยเปลือกกล้วยด้วยกรดซัลฟูริก โดยใช้เปลือกกล้วยระยะสุกที่ 6 ทำการทดลองที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 15 นาที เขย่าที่ความเร็ว 200 รอบต่อนาที โดยศึกษาปริมาณความเข้มข้นของกรดซัลฟูริกที่ความเข้มข้นตั้งแต่ 2 3 4 5 7 และ 10 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ ดังรูปที่ 1



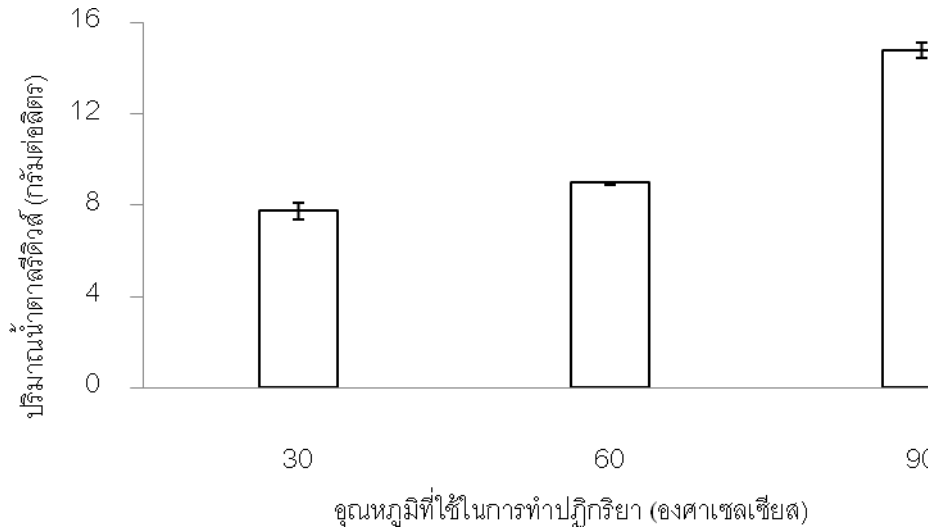
รูปที่ 1 ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์จากการไฮโดรไลซิสเปลือกกล้วยด้วยกรดซัลฟูริกความเข้มข้น 2 3 4 5 7 และ 10 เปอร์เซ็นต์ และใช้เวลาในการไฮโดรไลซิสเท่ากับ 15 นาที

จากรูปที่ 1 เมื่อเปอร์เซ็นต์ความเข้มข้นของกรดซัลฟูริกมีค่าเพิ่มขึ้น ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์มีค่าเพิ่มขึ้นด้วยตามลำดับ และสูงสุดที่ความเข้มข้นของกรดซัลฟูริกเท่ากับ 4 เปอร์เซ็นต์ ได้ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์เท่ากับ 12.2 กรัมต่อลิตร แต่เมื่อเพิ่มเปอร์เซ็นต์ความเข้มข้นของกรดซัลฟูริกเพิ่มขึ้นเป็น 5 จนถึง 10 เปอร์เซ็นต์นั้น ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์เริ่มมีค่าคงที่ คาดว่าอาจเกิดเนื่องจากความเข้มข้นของกรดที่มากเกินไปทำให้น้ำตาลรีดิวซ์เปลี่ยนสภาพเป็นสารประกอบฟูแรน ดังนั้นในการทดลองนี้จะเห็นได้ว่าที่ความเข้มข้นของกรดซัลฟูริกที่ 4 เปอร์เซ็นต์นั้นเพียงพอต่อปฏิกิริยาการไฮโดรไลซิสแล้ว

ความเข้มข้นของกรดที่ใช้ในการทำปฏิกิริยาการไฮโดรไลซิสในการผลิตน้ำตาลรีดิวซ์นั้นโดยส่วนใหญ่จะใช้กรดที่มีความเข้มข้นสูง แต่การใช้กรดที่มีความเข้มข้นสูงนั้นอาจทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีการปนเปื้อนสูง เนื่องจากการที่ความเข้มข้นที่มากเกินไปจะไปทำลายโครงสร้างของน้ำตาลโดยการดึงโมเลกุลของไฮโดรเจนและออกซิเจนออกจากโมเลกุลของน้ำตาลเกิดเป็นสารประกอบที่เป็นพิษ ที่เรียกว่า สารประกอบฟูแรน (Furans)

2. ศึกษาอุณหภูมิในการไฮโดรไลซิสที่เหมาะสมต่อการผลิตน้ำตาลรีดิวซ์

จากการทดลองย่อยเปลือกกล้วยด้วยกรดซัลฟูริก โดยใช้กล้วยระยะสุกที่ 6 ความเข้มข้นของกรดซัลฟูริก 4 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 15 นาที เขย่าที่ความเร็ว 200 รอบต่อนาที โดยศึกษาอุณหภูมิในการทำปฏิกิริยาที่ 30 60 และ 90 องศาเซลเซียส ดังรูปที่ 2

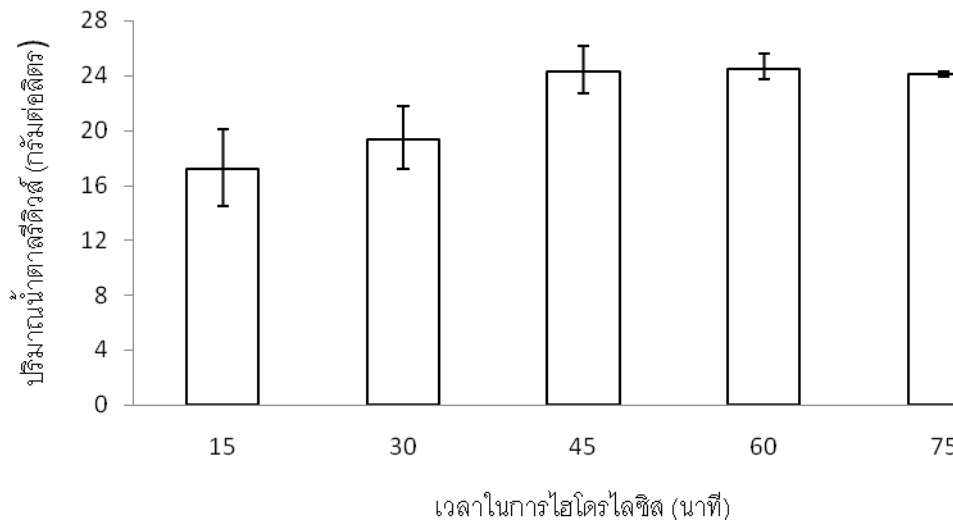


รูปที่ 2 ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์จากการไฮโดรไลซิสเปลือกกล้วยด้วยกรดซัลฟูริกความเข้มข้น 4 เปอร์เซ็นต์ โดยทำที่อุณหภูมิ 30 60 90 องศาเซลเซียส

จากรูปที่ 2 นั้นพบว่า ที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียสนั้นให้ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์สูงสุด 15 กรัมต่อลิตร และจากผลการทดลองจะคาดว่าหากเราใช้อุณหภูมิที่สูงขึ้นในการไฮโดรไลซิสนั้นอาจจะทำให้ได้ความเข้มข้นของน้ำตาลรีดิวซ์สูงขึ้นด้วย เนื่องจากการไฮโดรไลซิสด้วยกรดอ่อนโดยทั่วไปนั้นทำที่อุณหภูมิสูง แต่การทำปฏิกิริยาที่อุณหภูมิสูงนั้นอาจจะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงรูปของน้ำตาล (Degradation) ทำให้เกิดเป็นสารประกอบฟูแรน สารประกอบฟีนอลิกและอนุพันธ์ของกรด ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของคุณพงษ์ศักดิ์ (2009) ซึ่งใช้กรดซัลฟูริกเข้มข้น 0.5 % ที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส ได้ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ 3.4 กรัมต่อลิตร

3. ศึกษาเวลาในการไฮโดรไลซิสที่เหมาะสมต่อการผลิตน้ำตาลรีดิวซ์

ทดลองย่อยเปลือกกล้วยด้วยกรดซัลฟูริกโดยใช้กล้วยระยะสุกที่ 6 ความเข้มข้นของกรดซัลฟูริก 4 เปอร์เซ็นต์ อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส เขย่าที่ความเร็ว 200 รอบต่อนาที และศึกษาเวลาในการไฮโดรไลซิสเท่ากับ 15 30 45 60 และ 75 นาทีตามลำดับ ดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์จากการไฮโดรไลซิสเปลือกกล้วยด้วยกรดซัลฟูริกความเข้มข้น 4 เปอร์เซ็นต์ อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส เวลาในการไฮโดรไลซิส เท่ากับ 15 30 45 60 และ 75 นาที ตามลำดับ

จากรูปที่ 3 พบว่าปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์เพิ่มขึ้นตามระยะเวลาในการไฮโดรไลซิสและเมื่อเวลาผ่านไป 45 นาที ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์เริ่มมีค่าคงที่ที่อยู่ในช่วงประมาณ 24 กรัมต่อลิตร แสดงว่าที่เวลา 45 นาทีนั้นเป็นเวลาที่เหมาะสมที่สุดในการไฮโดรไลซิสเปลือกกล้วยและได้ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์เท่ากับ 24.3 กรัมต่อลิตร ซึ่งใกล้เคียงกับงานวิจัยของ Tewari (1984) ซึ่งทำการทดลองการไฮโดรไลซิสเปลือกกล้วยด้วยกรดซัลฟูริกที่ความเข้มข้นของกรดซัลฟูริก 2.5 เปอร์เซ็นต์เป็นเวลา 15 นาทีพบว่าได้ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ 28.3 กรัมต่อลิตร และบทความวิจัยของ Palmqvist (2002) ได้กล่าวไว้ว่า เมื่อเวลาในการไฮโดรไลซิสมากเกินไปทำให้น้ำตาลรีดิวซ์เปลี่ยนโครงสร้างเป็นสารประกอบจำพวกฟูแรน

สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง

งานวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตน้ำตาลรีดิวซ์โดยวิธีการไฮโดรไลซิสเปลือกกล้วย การไฮโดรไลซิสด้วยกรดเจือจางนั้นโดยส่วนใหญ่จะใช้อุณหภูมิในการทำปฏิกิริยาค่อนข้างสูง ซึ่งเป็นการสูญเสียพลังงานความร้อนในงานวิจัยนี้จึงทำการทดลองที่อุณหภูมิต่ำ พบว่าได้ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ใกล้เคียงกับการทำปฏิกิริยาที่อุณหภูมิสูง อีกทั้งยังช่วยลดพลังงานที่ต้องใช้ในการให้ความร้อนอีกด้วย

สำหรับการใช้เปลือกกล้วยเป็นวัตถุดิบในการผลิตน้ำตาลรีดิวซ์เพื่อผลิตเอทานอลนั้น ถ้าจะทำในระดับที่เป็นอุตสาหกรรมนั้นอาจจะทำได้ไม่ได้นัก เนื่องจากปริมาณของเปลือกกล้วยที่เหลือทิ้งจากอุตสาหกรรมนั้นมีปริมาณไม่มากพอที่จะนำมาใช้เพื่อเป็นสารตั้งต้นเพื่อทดแทนมันสำปะหลังและกากน้ำตาลได้

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากศูนย์ความเป็นเลิศแห่งชาติด้านปิโตรเลียมปิโตรเคมีและวัสดุขั้นสูง สถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ขอขอบพระคุณ ดร.สุคันทรส ธาดาภิตติสาร ที่ให้คำปรึกษาและคำแนะนำ และบัณฑิตวิทยาลัยมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เอกสารอ้างอิง

- กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. 2548. การนำของเสียจากการผลิตเอทานอลมาใช้ประโยชน์ เพื่อเพิ่มมูลค่า. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์โดยสถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตผลทางการเกษตรและอุตสาหกรรมเกษตร. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- คม ชัด ลึก. 2550. โยอาหารจากเปลือกกล้วยเพิ่มคุณค่าให้ของกินเทียบเท่าเส้นใยนำเข้าไป. หนังสือพิมพ์ คม ชัด ลึก ฉบับวันที่ 8 ตุลาคม.
- จินตนา เขมาวุฒย์. 2534. ปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพของกล้วยน้ำว้ากวน. วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิตจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ณัฐญา ปาลวัฒน์. 2546. อิทธิพลของอุณหภูมิ เวลา และการบดย่อยต่อสมบัติทางกายภาพของเม็ดแป้งมันสำปะหลังและอัตราการสังเคราะห์ไซโคลเด็กซ์ทริน. วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิตจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- เบญจมาศ ศิลาชัย. 2545. กล้วย, พิมพ์ครั้งที่ 5. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.
- พงษ์ศักดิ์ กล้าพัก. การไฮโดรไลซิสซังอ้อยด้วยวิธีทางเคมีเพื่อผลิตเอทานอล. <http://home.kku.ac.th/malikab/ResAbstract/2006-ChemHydrolysisTh.pdf>, date accessed: July 2009.
- Carbohydrate Technology, <http://eu.lib.kmutt.ac.th/elearning/Courseware/BCT611/index.html>. date accessed: January 2009.
- Eklund R. and Zacchi G. 1995. Simultaneous saccharification and fermentation of steam-pretreated willow. *Enzyme and Microbial Technology*. vol. 1: 255–259.
- Hammond J.B. and Egg R. 1996. Alcohol from bananas. *Bioresource Technology*. vol.56 : 125-130.
- Hernández-Salas J.M., Villa-Ramírez M.S., Veloz-Rendón J.S., Rivera-Hernández K.N., González-César R.A., Plascencia-Espinosa M.A. and Trejo-Estrada S.R. 2009. Comparative hydrolysis and fermentation of sugarcane and agave bagasse. *Bioresource Technology*. vol.100 : 1238-1245.
- Karimi K., Kheradmandinia S. and Taherzadeh M.J. 2006. Conversion of rice straw to sugars by dilute-acid hydrolysis. *Biomass and bioenergy*. vol. 30 : 247-253.
- Martín C., Galbe M., Wahlbom C.F., Hahn-Hägerdal B. and Jönsson L.J. 2002. Ethanol production from enzymatic hydrolysates of sugarcane bagasse using recombinant xylose-utilising *Saccharomyces cerevisiae*. *Enzyme and Microbial Technology*. vol.31 : 274–282.
- Miller, G.L. 1959. Use of dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugar. *Analytical Chemistry*. vol. 31 : 426–428.
- Palmqvist E., Hahn-Hägerdal B. 2002. Fermentation of lignocellulosic hydrolysates. II : inhibitors and mechanisms of inhibition. *Bioresource Technology*. vol. 74 : 25-33.
- Sreenath H.K, Koegel R.G., Moldes A.B., Jeffries T.W. and Straub R.J. 2001. Ethanol production from alfalfa fiber fractions by saccharification and fermentation. *Process Biochemistry*. vol. 36 : 1199–1204.
- Tasic M.B., Konstantinovic B.V., Lazic M.L. and Veljkovic V.B. 2009. The acid hydrolysis of potato tuber mash in bioethanol production. *Biochemical Engineering Journal*. vol. 43 : 208-211.
- Tewari H.K., Marwaha S.S. and Rupal K. 1986. Ethanol from Banana peels. *Agricultural Waste*. vol. 16 : 135-146.