



โครงการทางวิทยาศาสตร์ชีวภาพ

การแปรรูปของเสียจากกล้วยน้ำว้าทางการเกษตร ให้เป็นวัตถุดิบที่อุดมไปด้วยน้ำตาลสำหรับการผลิต 5-HMF แบบมีตัวเร่งปฏิกิริยา

Sn Amberlyst-15 PROCESSING OF AGRICULTURAL CULTIVATED BANANA FRUIT WASTE INTO SUGAR RICH FEEDSTOCKS FOR THE CATALYTIC PRODUCTION OF 5-HMF OVER A SN AMBERLYST-15 RESIN CATALYST

โดย

นางสาวกมลลักษณ์ ชัยมณีกริช

ภาควิชาวิทยาศาสตร์ คณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

พ.ศ. 2565



ใบรับรองโครงการทางวิทยาศาสตร์ชีวภาพ
ภาควิชาวิทยาศาสตร์ คณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยาศาสตร์บัณฑิต (วิทยาศาสตร์ชีวภาพ)

ปริญญา

วิทยาศาสตร์ชีวภาพ

วิทยาศาสตร

สาขา

ภาควิชา

เรื่อง การแปรรูปของเสียจากกล้วยน้ำว้าทางการเกษตร ให้เป็นวัตถุดิบที่อุดมไปด้วยน้ำตาล
สำหรับการผลิต 5-HMF แบบมีตัวเร่งปฏิกิริยา Sn Amberlyst-15
PROCESSING OF AGRICULTURAL CULTIVATED BANANA FRUIT WASTE
INTO SUGAR RICH FEEDSTOCKS FOR THE CATALYTIC PRODUCTION OF
5-HMF OVER A SN AMBERLYST-15 RESIN CATALYST

นามผู้วิจัย นางสาวกมลลักษณ์ ชัยมณีกริช

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

ประธานกรรมการ

(อ. อ. อาจารย์พุทธพร ส่องศรี, D.Eng.)

ภาควิชาวิทยาศาสตร์ คณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

(รองศาสตราจารย์แดงอ่อน พรหมมิ, ปร.ด.)

หัวหน้าภาควิชาวิทยาศาสตร์

วันที่ เดือน พ.ศ. 2565

การแปรรูปของเสียจากกล้วยน้ำว้าทางการเกษตร ให้เป็นวัตถุดิบที่อุดมไปด้วยน้ำตาลสำหรับการผลิต 5-HMF แบบมีตัวเร่งปฏิกิริยา Sn Amberlyst-15

กมลลักษณ์ ชัยมณีกริช และ พุทธพร ส่องศรี

บทคัดย่อ

ในการศึกษานี้ เราจะพิจารณากระบวนการแปรรูปของเสียจากกล้วยน้ำว้าเหลือทิ้งทางการเกษตร การศึกษาของเราจะเกี่ยวกับขั้นตอนต่างๆ และผลกระทบต่อประสิทธิภาพการเร่งปฏิกิริยา โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อแปรรูปของเสียจากกล้วยน้ำว้า เป็นวัตถุดิบที่อุดมไปด้วยน้ำตาล และใช้ผลิต 5-HMF แบบมีตัวเร่งปฏิกิริยา ที่อุณหภูมิต่ำ (120 °C) และ ศึกษาตัวกรองที่มีขนาดรูพรุนต่างกัน เพื่อใช้กรองกล้วยน้ำว้า หลังการบดเพื่อลดปริมาณของกากใย ตัวกรองที่ทดสอบมีขนาดรูพรุน ตั้งแต่ 0.2 มิลลิเมตร , 2 มิลลิเมตร และ 54 มิลลิเมตร และ มีการทดสอบโดยการให้ความร้อน กรดหรือด่าง กับสารละลายกล้วยน้ำว้า เพื่อเพิ่มความเร็วของการกรอง ให้ได้อัตราการไหลสูงสุด ในตัวกรองที่มีรูพรุน 54 มิลลิเมตร สารที่ผ่านได้จะอุดมไปด้วยน้ำตาลสูง และ จะถูกใช้ผลิต 5-HMF แบบมีตัวเร่งปฏิกิริยา บนตัวเร่งปฏิกิริยาเรซิน Sn (Amberlyst-15) ผลที่ได้พบว่า ตัวกรองที่ได้จากขนาดรูพรุนมากกว่า 2 มิลลิเมตร สามารถได้ผลผลิตที่สูง โดยไม่ต้องใส่สารเติมแต่งเพิ่มเติม การปรับค่า pH7 ในปฏิกิริยา ส่งผลให้เกิดการเร่งปฏิกิริยาที่ต่ำลง จึงเสนอให้สกัด 5-HMF จากชั้นน้ำ โดยใช้ชั้นของเหลวอินทรีย์ (เมทิล ไอโซบิวทิล คีโตน MIBK) เพื่อเพิ่มการแพร่กระจายของ 5-HMF ไปยังชั้น MIBK ผลลัพธ์จะแสดงให้เห็นว่าตัวกรองที่มีรูพรุนค่อนข้างกว้าง (54 มม.) เป็นขนาดของรูพรุนที่ให้ผลผลิตในการทำปฏิกิริยาการแปลง 5-HMF ได้สูงที่สุด อันเป็นแหล่งผลิตผล ที่อุดมไปด้วยน้ำตาลจากกล้วยน้ำว้าเหลือทิ้งทางการเกษตร

คำสำคัญ: ซีวมวล, 5-HMF, กล้วยน้ำว้า, การกรอง, Sn, Amberlyst-15

Processing of agricultural cultivated banana fruit waste into sugar rich feedstocks for the catalytic production of 5-HMF over a Sn Amberlyst-15 resin catalyst

kamonluk chaimaneekrit และ Puttaporn Songsri

ABSTRACT

In this study We will consider the processing of agricultural waste from bananas. Our study will be about the steps. and its effect on catalytic efficiency. The objective is to convert the waste from cultivated banana fruit into sugar-rich raw materials and to produce 5-HMF with catalyst at low temperatures (120 c^o) and filters with different pore sizes were studied and to use to filter bananas. After grinding to reduce the amount of fiber The filters tested had pore sizes ranging from 0.2 mm, 2 mm and 54 mm and were tested by heating, acid or alkali with a solution of cultivated banana fruit to increase the speed of filtering for maximum flow rate. In a filter with a porosity of 54mm, the permeable substance is highly enriched with sugars and is used to produce catalytic 5-HM, on the Sn resin catalyst (Amberlyst-15). Filters obtained with a pore size greater than 2 mm can achieve high productivity. Without the addition of additives, the pH7 adjustment in the reaction results in lower catalysis. It was therefore proposed to extract 5-HMF from the aqueous layer using an organic liquid layer (methyl isobutyl ketone, MIBK) to enhance the diffusion of 5-HMF to the MIBK layer. The relatively wide pore (54 mm) is the pore size yielding the conversion reaction. 5-HMF is the highest, which is the source of productivity. rich in sugar from agricultural waste.

Keywords: Biomass, 5-HMF, Apple, Filtration, Sn, Amberlyst-15

Student's signature

Advisor's signature

/ /

บทนำ

ในปัจจุบันปัญหาด้านพลังงานเป็นปัญหาสำคัญระดับโลก อุตสาหกรรมเคมีจึงมีแนวโน้มที่จะปรับเปลี่ยนวัตถุดิบฟอสซิลมาเป็นวัตถุดิบชีวภาพที่สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้ ตัวการที่ทำให้เกิดการเคลื่อนไหวนี้มาจากความต้องการที่จะลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สู่ชั้นบรรยากาศ ซึ่งส่งผลกระทบต่อธรรมชาติ ทำให้เกิดภาวะเรือนกระจก และทำให้อุณหภูมิของโลกนั้นสูงขึ้น เพราะในการผลิตผลิตภัณฑ์เคมีในปัจจุบันมีการใช้วัตถุดิบฟอสซิลในขั้นตอนของการผลิต และการกลั่นฟอสซิลมาใช้ จะต้องใช้พลังงานจากน้ำมัน ซึ่งเป็นการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จำนวนมาก ดังนั้นการใช้วัตถุดิบชีวภาพ ที่สามารถพบได้ตามธรรมชาติ จะสามารถลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในขั้นตอนของการผลิต สารเคมีกลุ่ม BTEX ได้แก่ เบนซีน โทลูอิน เอทิลเบนซีน และไซลีน เป็นสารที่มีความดันไอสูง ระเหยง่าย จึงถูกนำมาใช้เป็นตัวทำละลาย

ในทศวรรษที่ผ่านมา แนวความคิดของโรงกลั่นชีวภาพได้รับแรงผลักดันอย่างมากจากแนวโน้มที่จะได้มาจากเคมีภัณฑ์ด้านพลังงาน ซึ่ง 5-hydroxymethylfurfural (HMF) เป็นหนึ่งในองค์ประกอบหลักที่มีแนวโน้มมากที่สุดสำหรับสารเคมีชีวภาพและเป็นตัวเลือกที่ดี อย่างไรก็ตาม ปัจจัยหลักในการเปลี่ยนแปลงคือความต้องการกระบวนการที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม ประเทศไทยเป็นผู้ผลิตกล้วยรายใหญ่อันดับสามในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้และในหมู่ผู้นำของโลก กล้วยไทยส่วนใหญ่ถูกนำมาใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร ในประเทศไทยมีหลายสายพันธุ์ของกล้วยที่พบมากที่สุดคือ กล้วยหอม กล้วยไข่ และกล้วยน้ำว้า ส่วนใหญ่กล้วยหอมและกล้วยไข่ มักมีความนิยมส่งออก ต่างจากกล้วยน้ำว้าที่มีความนิยมในการบริโภคภายในประเทศเท่านั้น ทำให้มีการแปรรูปกล้วยน้ำว้าเป็นผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ (Biosci et al., 2018)

กล้วยน้ำว้า (*Musa sapientum* Linn.) อยู่ในวงศ์ Musaceae มาจากการผสมสองสายพันธุ์ของกล้วยป่า ระหว่างกล้วยมณี (*acuminata*) และกล้วยตานี (*Musa balbisiana*) ในประเทศไทยนิยมปลูกกันอย่างแพร่หลาย เนื่องจากปลูกได้ง่ายและมีราคาถูก (Jaiturong et al., 2020) แต่เนื่องจากกล้วยน้ำว้านิยมบริโภคแค่ภายในประเทศ ทำให้มีปริมาณกล้วยที่เหลือทิ้งจำนวนมากกลายเป็นของเสีย

ด้วยเหตุนี้จึงมีแนวคิดที่จะนำของเหลือจากการบริโภค มาศึกษาสภาวะที่เหมาะสมต่างๆในการที่จะแปรรูปกล้วยน้ำว้า เพื่อนำมาประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์มากยิ่งขึ้น ด้วยการกรองของเหลวออกมาจากส่วนเนื้อของกล้วยน้ำว้าที่เหลือทิ้ง ที่คาดว่าจะมีน้ำตาลสูง ซึ่งสำนักโภชนาการ กรมอนามัยกรกฎาคม 2557 ได้รายงานว่กล้วยน้ำว้า 100 กรัม มีน้ำตาลมากถึง 23.7 กรัม มากกว่ากล้วยไข่และกล้วยหอม 21.8 และ 20.6 กรัมตามลำดับ ด้วยปริมาณน้ำตาลที่มาก จึงเป็นทางเลือกที่น่าสนใจสำหรับอุตสาหกรรมเคมี

อุปกรณ์และวิธีการ

1. การเตรียมตัวอย่างเนื้อกล้วยน้ำว้า

นำกล้วยน้ำว้าที่เหลืองทั้ง 1,500 กรัม นำมาหั่นเป็น 4 ส่วน แล้วนำไปบดจนละเอียด ด้วยเครื่องปั่นจนละเอียด สารละลายที่ได้ทั้งหมดจะแสดงเป็น BS ย่อมาจาก Banana slurry นำสารละลายที่ได้มา 1000 มิลลิลิตร นำมาเจือจางด้วยน้ำ 1.0:1.3 AS /น้ำ ส่วนที่ผ่านการเจือจางแล้ว จะแสดงเป็น BS_ Diluted แบ่งสารละลายมา 500 มิลลิลิตร นำมากรองโดยใช้เซรามิกตัวกรองเทียบ รูพรุน 0.2 มม. ของเหลวที่ได้จากวิธีนี้แสดงเป็น “BS_0.2mm” อีก 500 มิลลิลิตร ถูกกรองโดยใช้ตัวกรองแบบผ้า รูพรุน 54 มม. ตัวอย่างกรองเหล่านี้แสดงไว้เป็น “BS_54mm” สารละลายที่เหลือกรองด้วยกระดาษกรองที่มีรูพรุน 2 มม. สารละลายที่กรองตามวิธีการนี้จะแสดงเป็น “BS_2mm” สารละลายทั้งหมด ทั้งสารละลายและสารกรองจะถูกเก็บในตู้เย็น

วัดค่า pH โดยใช้เครื่องวัดค่า pH ของ Metrohm 913 ก่อนหน้าการวัดเครื่องมือจะต้องทดสอบเทียบโดยใช้ Merck บัฟเฟอร์ pH 4.00, pH 7.00 และ pH 10.00 ตัวอย่างของเหลวที่ใช้ต้องมีอุณหภูมิห้องก่อนทำการวัดค่า pH

2. ทำให้เป็นกลาง

ทำให้เป็นกลางโดยใช้สารละลาย NaOH หรือ Na₂CO₃ และวัดค่า pH โดยใช้เครื่องวัดค่า pH ของ Metrohm 913

3. ประเมินตัวเร่งปฏิกิริยา

นำสารละลายที่ผ่านการกรองแล้ว(ของเหลว) 2 มิลลิลิตร และ MIBK 2 มิลลิลิตร ใส่ในหลอดแรงดันเต็มตัวเร่งปฏิกิริยา 300 มก. ลงในหลอดทดลอง หลังจากนั้นวางในอ่างที่มีซิลิกอนและกวน โดยใช้เครื่องกวนแม่เหล็กเมื่อต้องการหยุดการทำปฏิกิริยา ให้นำหลอดการทดลองใส่ลงในบีกเกอร์ที่เต็มไปด้วยน้ำแข็งที่ผสมน้ำ ที่มีอุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส

4. วิเคราะห์การกรอง

การวิเคราะห์ชั้น MIBK อินทรีย์โดยใช้ GC8000 gas chromatograph กับ capillary column ที่อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส เชื่อมต่อกับตัวตรวจวัดของเครื่อง GC ในการหาปริมาณเนื้อหา 5-HMF ประกอบด้วย 5-HMF บริสุทธิ์ (Alfa Aesar) ที่ละลายเป็น 1.0 มก./มล., 2.5 มก./มล., 5 มก./มล., ความเข้มข้น 10 มก./มล. และ 20 มก./มล. ละลายใน MIBK ความเข้มข้นของ 5-HMF ในปฏิกิริยาถูกกำหนดหาโดยการประมาณค่า โดยใช้ไนโตรเจนเป็นแก๊สตัวพา สารละลายวิเคราะห์โดยใช้ Waters Alliance HPLC ที่ติดตั้งตัวตรวจวัด 2414 RI ซึ่งถูกทำให้ร้อน ถึง 50 องศาเซลเซียส การแยกสารทำได้โดยใช้ KS-801 HPLC และ Shodex KS-G การวิเคราะห์ทั้งหมดอยู่ภายในขีดจำกัดข้อผิดพลาด 5%

ผลการศึกษา

ตารางที่ 1

หลังจากการบดกล้วยน้ำว้า มีปริมาณกล้วยน้ำว้าหายไปประมาณ 3% คงเหลือวัตถุดิบให้ทดลอง 97% ตัวอย่างสารละลายที่กรองด้วยผ้า ส่วนของแข็งลดลง 16 % และตัวอย่างสารละลายที่กรองด้วยกระดาษ แทปไม่มีสารละลายและของแข็งผ่านได้ (12%) ระยะเวลาการกรองขึ้นกับขนาดรูพรุนของอุปกรณ์ที่ใช้กรอง

องค์ประกอบของน้ำตาลแสดงให้เห็นว่าฟรุกโตสเป็นส่วนประกอบหลักตามด้วยกลูโคส ในขณะที่ส่วนผสมมีซูโครสที่ความเข้มข้นต่ำสุด

sample	Filter type	size (mm)	pH	Glucose (mg/mL)	Fructose (mg/mL)	Sucrose (mg/mL)	Total sugar (M)	5-HMF (mg/mL)	Yield* (%)
BS	-	-	3.32	27.4	67.3	9.6	0.55	-	97
BS_Diluted	-	-	3.37	12.2	24.8	3.8	0.22	-	97
BS_2mm	Paper	2	3.44	11.1	24.8	3.6	0.21	-	12
BS_54mm	Fabric	54	3.42	11.8	26.0	3.4	0.22	-	84

ตารางที่ 2

การเติม Na₂CO₃ หรือ NaOH เพิ่มปริมาณน้ำตาลเล็กน้อย (5%) สำหรับตัวอย่างเกือบทั้งหมด

sample	Base	pH	Glucose concentration (mg/mL)	Fructose concentration (mg/mL)	Sucrose concentration (mg/mL)	Total sugar concentration (mol/l)	5-HMF concentration (mg/mL)
BS	-	3.32	27.4	67.3	9.6	0.55	0
	NaOH	6.99	27.3	61.8	6.3	0.51	0
	Na ₂ CO ₃	7.00	33.6	65.7	8.0	0.57	0
BS_Diluted	-	3.37	12.2	24.8	3.8	0.22	0
	NaOH	7.00	12.6	26.9	3.4	0.23	0
	Na ₂ CO ₃	7.01	13.7	26.4	3.7	0.23	0
BS_2mm	-	3.44	11.1	24.8	3.6	0.21	0
	NaOH	7.00	12.6	26.3	3.4	0.23	0
	Na ₂ CO ₃	7.00	12.8	25.5	3.6	0.23	0
BS_54mm	-	3.42	11.8	26.4	3.8	0.22	0
	NaOH	6.98	12.4	26.5	3.1	0.23	0
	Na ₂ CO ₃	7.01	13.2	26.7	3.3	0.23	0

ตารางที่ 3

การประเมินตัวเร่งปฏิกิริยาควรดำเนินการที่อุณหภูมิ 120 C และใช้เวลา 2 ชั่วโมง ซึ่งเป็นสภาวะที่เหมาะสมที่สุดสำหรับตัวเร่งปฏิกิริยานี้ ไม่มี 5-HMF เกิดขึ้นเลย บนการทดลองเปล่า ทำให้ปริมาณน้ำตาลทั้งหมดลดลงอย่างมาก สังเกตผลผลิตของน้ำตาลที่แยกออกมาพบว่าหลังจากการทดลองเปล่าไม่พบซูโครส แสดงว่าเติมด้วยความร้อนบางส่วนนำไปสู่การไฮโดรไลซิสเป็นฟรุกโตสและกลูโคส

sample	Catalyst	Neutralizing Base	T (°C)	T (h)	YVGlucose* (%)	YVFructose* (%)	YVsucrose* (%)	Y 5-HMF* (%)	S 5-HMF (%)	XTotal sugar* (%)
BS	-	-	120	2	+7	-28	-88	0	0	21
	1xSn-Amb	-	120	2	+1	-64	-90	12	26	47
	1xSn-Amb	NaOH	120	2	+13	-62	-94	5	11	41
	1xSn-Amb	Na ₂ CO ₃	120	2	+48	-46	-90	12	60	18
BS_Diluted	-	-	120	2	-4	-25	-11	0	0	31
	1xSn-Amb	-	120	2	-3	-81	-88	19	33	57
	1xSn-Amb	NaOH	120	2	-8	-68	-95	12	3	51
	1xSn-Amb	Na ₂ CO ₃	120	2	-16	-77	-94	12	13	58
BS_2mm	-	-	120	2	-1	-6	-88	0	0	6
	1xSn-Amb	-	120	2	+6	-76	-87	18	36	50
	1xSn-Amb	NaOH	120	2	-13	-66	-97	5	11	49
	1xSn-Amb	Na ₂ CO ₃	120	2	-18	-91	-97	7	4	78
BS_54mm	-	-	120	2	-13	-39	-38	0	0	20
	1xSn-Amb	-	120	2	+10	-75	-88	17	33	51
	1xSn-Amb	NaOH	120	2	-3	-62	-95	5	10	46
	1xSn-Amb	Na ₂ CO ₃	120	2	-50	-76	-73	6	7	54

วิจารณ์ผลการศึกษา

เนื่องด้วยสถานการณ์การแพร่ระบาดของเชื้อโควิด-19 ทำให้ต้องมีการปรับเปลี่ยนแผนการทำวิจัย เป็นการศึกษาค้นคว้าจากงานวิจัยอื่นทดแทน การนำเสนอจึงเป็นการรวบรวมมาจากงานวิจัยอื่นมาวิเคราะห์จากหลาย ๆ แหล่งข้อมูล ที่มีความน่าเชื่อถือในทางวิชาการ ซึ่งในการศึกษานี้เราได้ศึกษาวิธีการเพิ่มประสิทธิภาพในการแปรรูปของเสี้ยนนั้นก็คือกล้วยน้ำว้า ให้กลายเป็นผลิตภัณฑ์ที่อุดมไปด้วยน้ำตาล สำหรับใช้ผลิต 5-HMF โดยใช้เรซิน Sn เปลี่ยนที่เป็นกรด Amberlyst-15 พบว่าการกรองที่ได้ผลดีที่สุด คือการกรองในรูปพรุนที่มีขนาดกว้าง โดยไม่จำเป็นต้องมีการบำบัดด้วยกรดต่าง และความร้อน ขนาดรูปพรุนที่ดีที่สุดคือ 2 mm และ 54 mm ให้ผลผลิต 5-HMF มากที่สุด ตัวเร่งปฏิกิริยาควรดำเนินการที่อุณหภูมิ 120 C และใช้เวลา 2 ชั่วโมง ซึ่งเป็นสภาวะที่เหมาะสมที่สุด

สรุปผลการศึกษา

จากผลการศึกษาพบว่าในกล้วยน้ำว้า มีปริมาณน้ำตาลอยู่เป็นจำนวนมาก ที่จะสามารถใช้ผลิต 5-hydroxymethylfurfural ผลิตภัณฑ์ที่อุดมไปด้วยน้ำตาล จึงเป็นทางเลือกที่น่าสนใจสำหรับอุตสาหกรรมเคมี

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณภาควิชาวิทยาศาสตร์ และ ฝ่ายกิจการนิสิตคณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน ที่ให้ความสนับสนุนทุนการทำวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

ศศิวิมล แสงผล, จามร สมณะ, สมรรถชัย ฉัตราคม.(2552). **108 พันธุ์กล้วยไทย=108 Thai Banana Cultivars**. กรุงเทพฯ: บริษัท โรงพิมพ์กรุงเทพ (1984) จำกัด.

สำนักงานมาตรฐานชีวภาพ (องค์การมหาชน).(ตุลาคม 2554). **บัญชีรายการทรัพย์สินชีวภาพกล้วย.พิมพ์ครั้งที่1**,กรุงเทพฯ.

เบญจมาศศิลาอัย. (2545).**กล้วย. (พิมพ์ครั้งที่3)**.กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ธราพงษ์ วิฑิตตานต์ นวดล เหล่าศิริพจน์ ประเสริฐ เรียบร้อยเจริญ (2553)

รายงานสถานภาพ ของการวิจัยและการผลิตเอทานอล ไบโอดีเซล ไบโอดีแก๊ส และน้ำมันชีวภาพในประเทศไทย (**Position Paper on Biodiesel Development in Thailand**) สำนักพัฒนาบัณฑิตศึกษาและวิจัยด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สำนักงาน คณะกรรมการการอุดมศึกษา, กรุงเทพฯ

สมฤทัย ชรรณษานนท์ เต็มสิริ หวังทวีทรัพย์ , 2550 เทคโนโลยีวัสดุ ศูนย์เทคโนโลยีวัสดุ

อภิรดี สุนทรภา, 2549, การนำกลับดีบุกจากน้ำเสียโดยใช้วิธี-การตกตะกอนทางเคมี และวิธีทางไฟฟ้าเคมี.

จุฑาทิพย์ นมะหุต, 2540, การใช้สารประกอบดีบุกอินทรีย์-เป็นสารลดการติดไฟในวัสดุ พอลิเมอร์.

วิลาวรรณ จันทรประทีน, 2542

การกำจัดปรอทและการแยกโลหะเงิน-ออกจากโลหะ เจืออะมัลกัม ที่เหลือทิ้งจากการบูรณฟัน

Tempelman, C. H. L., Jacobs, J. F., Ramkhelawan, S., Mok, A., van der Zalm, W., & Degirmenci, V. (2021). Processing of agricultural apple fruit waste into sugar rich feedstocks for the catalytic production of 5-HMF over a Sn Amberlyst-15 resin catalyst. **Journal of Industrial and Engineering Chemistry**, 99, 443-448.

Junjiang Teng, Hao Ma, Forong Wang, Lefu Wang, and Xuehui Li. 2016.

5-HMF synthesis from glucose. **BioResources**.11 (1): 2152-2165.

N.W. Simmonds (1962). "Where our bananas come from". *New Scientist*. Reed Business Information. 16 (307): 36–39. ISSN 0262-4079.

Jayashree Ethiraj, Dipti Wagh, Haresh Manyar. **Advances in Upgrading Biomass to Biofuels and Oxygenated Fuel Additives Using Metal Oxide Catalysts. Energy & Fuels 2022**, 36 (3) , 1189-1204

Zhuohua Sun, Zhe-Hui Zhang, Tong-Qi Yuan, Xiaohong Ren, Zeming Rong. Raney Ni as a Versatile Catalyst for Biomass Conversion. **ACS Catalysis 2021**, 11 (16) , 10508-10536

Zhaohui Guo, Christian M. Pedersen, Pengfei Wang, Minjun Ma, Yingqing Zhao, Yan Qiao, Yingxiong Wang. d-Glucose Isomerization with PAMAM Dendrimers as Environmentally Friendly Catalysts. **Journal of Agricultural and Food Chemistry 2021**, 69 (17) , 5105-5112.

Jiayi Zheng, Lei Hu, Xianda He, Yao Liu, Xiaojie Zheng, Shunhui Tao, Xiaoqing Lin. Evaluation of Pore Structure of Polarity-Controllable Post-Cross-Linked Adsorption Resins on the Adsorption Performance of 5-Hydroxymethylfurfural in Both Single- and Ternary-Component Systems. **Industrial & Engineering Chemistry Research 2020**, 59 (39) , 17575-17586.

Xiaojie Song, Xiaohui Liu, Haifeng Wang, Yong Guo, Yanqin Wang. Improved Performance of Nickel Boride by Phosphorus Doping as an Efficient Electrocatalyst for the Oxidation of 5-Hydroxymethylfurfural to 2,5-Furandicarboxylic Acid. **Industrial & Engineering Chemistry Research 2020**, 59 (39) , 17348-17356.

Jan J. Wiesfeld Emiel J. M. Hensen Kiyotaka Nakajima . **Catalytic Conversion of Lignocellulosic Biomass: Application of Heterogeneous and Homogeneous Catalysts to Process Biomass into Value-Added Compounds. 2020**, 151-182.