



รายงานการวิจัย

การสกัดโพลีเบต้าไฮดรอกซีบิวทีเรทจากรากต้นข้าว
เพื่อผลิตพลาสติกชีวภาพ

Extraction of Poly-beta-hydroxybutyrate (PHB)
from Rice Root for Bioplastic Production

นายบัณฑิต บุญขาว
นายโสรัจจ์ ประวีณวงศ์วุฒิ
นางสาวปิยะพร พันธุ์ศักดิ์
นางสาวไพเราะ เสาะสมบุรณ์

มหาวิทยาลัยนครพนม

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากงบประมาณแผ่นดิน ประจำปีงบประมาณ 2558

พ.ศ. 2559

รายงานการวิจัย

การสกัดโพลีเบต้าไฮดรอกซีบิวทีเรทจากรากต้นข้าว
เพื่อผลิตพลาสติกชีวภาพ

Extraction of Poly-beta-hydroxybutyrate (PHB)
from Rice Root for Bioplastic Production

นายบัณฑิต บุญขาว
นายโสรัจจ์ ประวีณวงศ์วุฒิ
นางสาวปิยะพร พันธุ์ศักดิ์
นางสาวไพเราะ เสาะสมบูรณ์

มหาวิทยาลัยนครพนม

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากงบประมาณแผ่นดิน ประจำปีงบประมาณ 2558
พ.ศ. 2559

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยจะไม่สามารถดำเนินการวิจัยจนสำเร็จลุล่วงไปได้ถ้าปราศจากผู้สนับสนุนต่าง ๆ ดังนี้ นายอิบรอฮิม ดราแม ผู้ช่วยนักวิจัย ศูนย์พันธุวิศวกรรมและเทคโนโลยีชีวภาพแห่งชาติ รวมไปถึงนักศึกษาที่ได้มีโอกาสร่วมกัน ดำเนินการวิจัย ซึ่งได้แก่ นางสาวปวีณา โนนราช นางสาวมยุรฉัตร โคตรบุรณ์ นายนิพนธ์ สุวรรณชัยรบ นักศึกษา สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ คณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์ และนางสาวจามจุรี หารไชย และนายจิम्मพร ศรีสุธรรม นักศึกษาสาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยนครพนม

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ประจำปีงบประมาณ 2558 รหัสโครงการ 2558A13402039

บทคัดย่อ

ส่วนที่ 1 รายละเอียดเกี่ยวกับโครงการวิจัย

ชื่อโครงการ (ภาษาไทย) การสกัดโพลีเบต้าไฮดรอกซีบิวทีเรทจากรากข้าวเพื่อผลิตพลาสติกชีวภาพ
(ภาษาอังกฤษ) Extraction of Poly-beta-hydroxybutyrate (PHB) from Rice Root

for Bioplastic Production

ระยะเวลาทำการวิจัย 1 ปี ตั้งแต่ 1 กุมภาพันธ์ 2558 ถึง 31 มกราคม 2559

หน่วยงานและผู้ดำเนินการวิจัยพร้อมหน่วยงานที่สังกัดและเลขหมายโทรศัพท์

นายบัณฑิต บุญขาว

คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยนครพนม 214 ถนนนิตโย ตำบลหนองญาติ อำเภอเมือง จังหวัดนครพนม 48000 โทร./โทรสาร 0-4250-3777 อีเมล bundit@npu.ac.th

นายโสรัจจ์ ประวิณวงศ์วุฒิ

คณะเกษตรและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยนครพนม 103 หมู่ 3 ถนนชยางกูร ตำบลขามเฒ่า อำเภอเมือง จังหวัดนครพนม 48000 โทร. 0-4253-2471

นางสาวปิยะพร พันธุ์ศักดิ์

คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครพนม 214 ถนนนิตโย ตำบลหนองญาติ อำเภอเมือง จังหวัดนครพนม 48000 โทร./โทรสาร 0-4258-7306

นางสาวไพเราะ เสาะสมบูรณ์

คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครพนม 167 หมู่ 8 ตำบลนาราชควาย อำเภอเมือง จังหวัดนครพนม 48000 โทร. 0-4258-7181 โทรสาร 0-4258-7182

ส่วนที่ 2 บทคัดย่อ

โพลีเบต้าไฮดรอกซีบิวทีเรทถูกสกัดจากรากข้าวเพื่อนำไปผลิตเป็นพลาสติกชีวภาพ ได้ทำการเก็บตัวอย่างรากข้าวเหนียว (กข 6) และรากข้าวเจ้า (กข 15) จากพื้นที่บ้านสร้างหิน และบ้านเนินสะอาด จังหวัดนครพนม โดยที่ข้าวมีอายุ 4 เดือนและ 9 เดือน ตัวอย่างรากข้าวถูกนำมาล้างทำความสะอาด อบให้แห้ง และตัดเป็นชิ้นเล็ก ๆ จากนั้นจึงนำไปสกัดด้วยเมทานอลร้อนและอะซิโตนร้อนเป็นเวลา 1 ชั่วโมง 2 ครั้ง สารสกัดที่ได้ถูกกรองและนำไประเหยจนได้สารที่เป็นของแข็งสีน้ำตาล ซึ่งยืนยันได้ว่าเป็นสาร PHB ด้วยเครื่องมืออินฟราเรดสเปกโตรสโคปี เมื่อทำการวิเคราะห์เชิงปริมาณ พบว่า รากข้าวเหนียวตัวอย่าง 20 กรัมที่อายุ 9 เดือน เมื่อสกัดด้วยเมทานอลร้อนจะได้สาร PHB 1.04 กรัม ในขณะที่ทำการสกัดด้วยอะซิโตนร้อนจะได้สาร PHB น้อยกว่าถึง 20 เท่า อย่างไรก็ตามด้วยปริมาณขนาดนี้ PHB ที่สกัดได้จากรากข้าวเหนียวมีน้อยมากเมื่อเทียบกับการสกัดจากเซลล์ของจุลินทรีย์ นอกจากนี้ต้นทุนการสกัดสาร PHB จากรากข้าวยังถือว่าสูงมาก 216 บาท/กรัม แม้ว่าศักยภาพการผลิตจะทำได้ 5.4 กก./ไร่ จากงานวิจัยนี้จึงสามารถสรุปได้ว่าการผลิต PHB จากรากข้าวเหนียวมีน้อยมาก จึงไม่เหมาะสมกับการขยายการผลิตไปสู่ระดับอุตสาหกรรม

Poly-beta-hydroxybutyrate (PHB) was extracted from rice root for bioplastic production. Rice roots, Sticky rice (RD6) and Jasmine rice (RD15), collected from Baan Sang Hin and Baan Nern Saard, Nakhon Phanom Province at the age of 4 and 9 months were selected for this study. The samples were washed, dried and chopped as small pieces and, consequently, were extracted with

hot methanol and hot acetone for 1 hr twice times. The extracted solutions were filtered and then evaporated until they turned into solid phase. The brown solid was confirmed as PHB by analyzing with IR spectroscopy. By Quantitative analyzing, it was found that 20 g of dry RD6 root at 9 months had 1.04 g of PHB while extracted with hot methanol. Comparing with acetone extraction, PHB was less than methanol extraction 20 times. However, with this quantity, PHB was very small production while comparing with PHB production from microorganism. Moreover, the cost of operation was very which was 216 Baht/g of PHB although capacity of production was 5.4 kg/RAI (400 m²). With this research, it should be concluded that the production of PHB from rice root was very small and was cost high operation on extraction therefore the production of PHB from rice root may not be interested for production in industrial scale.

สารบัญเรื่อง

<u>กิตติกรรมประกาศ</u>	ก
<u>บทคัดย่อ</u>	ข
<u>สารบัญเรื่อง</u>	ง
<u>สารบัญตาราง</u>	ฉ
<u>สารบัญภาพ</u>	ช
<u>บทที่ 1 บทนำ</u>	1
<u>1.1 ความสำคัญที่และที่มาของปัญหา</u>	1
<u>1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย</u>	2
<u>1.3 ขอบเขตการวิจัย</u>	2
<u>บทที่ 2 การทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง</u>	3
<u>2.1 พลาสติกชีวภาพ</u>	3
<u>2.2 ลักษณะโครงสร้างมอโนเมอร์ (Monomer) ของพลาสติกชีวภาพ</u>	4
<u>2.3 พันธุ์ข้าวที่ใช้ในการศึกษา</u>	5
<u>2.3.1 พันธุ์ข้าวไวต่อแสง กข 6</u>	5
<u>2.3.2 พันธุ์ข้าวไม่ไวต่อแสง กข 15</u>	6
<u>2.3.3 ชนิดของพันธุ์ข้าวแบ่งตามการตอบสนองต่อช่วงแสง</u>	7
<u>2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง</u>	7
<u>บทที่ 3 ระเบียบวิธีดำเนินการวิจัย</u>	10
<u>3.1 การเตรียมตัวอย่างรากข้าว</u>	10
<u>3.2 การสกัด PHB</u>	11
<u>3.3 การวิเคราะห์สารสกัดจากรากข้าว</u>	12
<u>บทที่ 4 ผลการวิจัย</u>	13
<u>4.1 การวิเคราะห์สารสกัดด้วยเทคนิคอินฟราเรดสเปกโตรสโกปี</u>	13
<u>4.2 การวิเคราะห์ปริมาณสาร PHB ที่สกัดได้จากรากข้าว</u>	15
<u>4.3 การวิเคราะห์ต้นทุนการสกัด</u>	16
<u>บทที่ 5 อภิปรายและวิจารณ์ผล</u>	18
<u>บทที่ 6 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ</u>	19
<u>บรรณานุกรม</u>	21

<u>ภาคผนวก</u>	23
<u>การนำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์</u>	23
<u>ประวัตินักวิจัย</u>	26

สารบัญตาราง

<u>ตารางที่ 1 แสดงผลการวิเคราะห์ปริมาณสาร PHB ที่สกัดได้จากรากข้าวสองชนิดและเวลาที่ต่างกัน.....</u>	16
---	----

สารบัญภาพ

<u>รูปที่ 1 โครงสร้างทางเคมีของ PHAs.....</u>	<u>4</u>
<u>รูปที่ 2 โครงสร้างทางเคมีของ PHB.....</u>	<u>5</u>
<u>รูปที่ 3 ลักษณะเมล็ดพันธุ์ กข 6.....</u>	<u>6</u>
<u>รูปที่ 4 ลักษณะเมล็ดพันธุ์ กข 15.....</u>	<u>6</u>
<u>รูปที่ 5 ผลวิเคราะห์สาร PHB ด้วยเทคนิค IR.....</u>	<u>8</u>
<u>รูปที่ 6 แสดงการเก็บและการเตรียมตัวอย่างรากข้าว.....</u>	<u>11</u>
<u>รูปที่ 7 แสดงตัวอย่างการสกัด PHB จากรากข้าว.....</u>	<u>12</u>
<u>รูปที่ 8 ผลการวิเคราะห์สารสกัดด้วยเทคนิคอินฟราเรดสเปกโตรสโคปี.....</u>	<u>13</u>
<u>รูปที่ 9 ภาพแสดงการวิเคราะห์หมู่ฟังก์ชันที่ปรากฏในสารสกัดจากรากข้าว.....</u>	<u>14</u>
<u>รูปที่ 10 ภาพแสดงการเปรียบเทียบหมู่ฟังก์ชันของสารสกัดและสาร PHB ดังปรากฏใน Tsuda (2012).....</u>	<u>14</u>
<u>รูปที่ 11 แสดงการเปรียบเทียบปริมาณ PHB ที่สกัดได้จากรากข้าวแต่ละชนิด แต่ละช่วงเวลา และต่างตัวทำละลาย.....</u>	<u>16</u>

บทที่ 1 บทนำ

1.1 ความสำคัญที่และที่มาของปัญหา

ผลิตภัณฑ์พลาสติกจากปิโตรเลียมย่อยสลายได้ยากส่งผลให้เกิดการสะสมของขยะและก่อให้เกิดมลพิษต่อชุมชน พลาสติกหรือผลิตภัณฑ์พลาสติกที่ผลิตจากปิโตรเลียมนั้นใช้เวลาในการย่อยสลายอย่างน้อย 30 ปี (Shah et al., 2008) ซึ่งถ้าไม่มีการจัดการหรือการกำจัดขยะพลาสติกเหล่านี้ย่อมมีประสิทธิภาพจะเกิดการสะสมของขยะพลาสติก การเผาทำลายก็ทำให้เกิดมลภาวะทางอากาศ การฝังกลบก็ส่งผลต่อคุณภาพดินและน้ำใต้ดิน รวมไปถึงระบบนิเวศวิทยาต่อสิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่ในดิน ดังนั้นถ้ายังคงมีการใช้พลาสติกปิโตรเลียมต่อไปก็จะส่งผลเสียในระยะยาว จึงได้มีการสนับสนุนให้มีการใช้วัสดุที่ย่อยสลายได้เองตามธรรมชาติ หรือใช้วัสดุชีวภาพในการผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ทดแทนพลาสติกจากปิโตรเลียม (สำนักงานนวัตกรรมแห่งชาติ, 2551) เช่น พลาสติกชีวภาพ ซึ่งคือพลาสติกที่ผลิตขึ้นจากวัสดุทางธรรมชาติ โดยปกติจะผลิตขึ้นจากการหมักวัสดุจากผลผลิตทางการเกษตรด้วยจุลินทรีย์ เช่น ข้าวโพด (Chaijamrus and Udpuay, 2008) มันสำปะหลัง ข้าว (Sindhu et al., 2013) เป็นต้น อย่างไรก็ตามการใช้ผลผลิตทางการเกษตรดังกล่าวอาจส่งผลต่อการแย่งชิงพืชผลทางอาหารทำให้เกิดการขาดแคลนวัตถุดิบในการผลิตเป็นอาหาร การมองหาพืชที่ไม่ใช่พืชเพื่อการผลิตอาหาร เช่น หย้า เศษปาล์ม (Zhang et al., 2013) จึงเป็นทางเลือกหนึ่งในการใช้เป็นวัตถุดิบสำหรับการผลิตพลาสติกชีวภาพ

ถึงแม้ว่าจะใช้วัตถุดิบที่เหลือทิ้งจากการเกษตรแต่การผลิตโพลีเมอร์ชีวภาพนั้นในปัจจุบันต้องอาศัยกระบวนการหมักและเทคโนโลยีชีวภาพในการผลิตเป็นหลัก พลาสติกชีวภาพที่ผลิตออกมามีอยู่ 3 ชนิด (เยวพา สุวัถติ, 2554) คือ polyhydroxyalkanoate (PHA), polylactic acid (PLA) และ propanediol (PDO) โพลีเมอร์ชีวภาพทั้ง 3 ชนิดนี้ถูกสร้างขึ้นด้วยกระบวนการหมักด้วยจุลินทรีย์ทั้งสิ้น โดยโมโนเมอร์ของสารจะถูกสร้างขึ้นในขณะที่จุลินทรีย์ย่อยสลายวัสดุชีวภาพและเปลี่ยนรูปไปเป็นโมโนเมอร์ของพลาสติกสะสมอยู่ในเซลล์ของจุลินทรีย์ (Balaji et al., 2013) การนำเอาสารดังกล่าวออกมาจากเซลล์ของจุลินทรีย์ต้องอาศัยการสกัดเอาโพลีเมอร์ชีวภาพเหล่านี้ออกมาจากเซลล์ของจุลินทรีย์ (Jacquel et al., 2008) ในจำนวนพลาสติกชีวภาพทั้ง 3 ชนิดนี้ PHA และอนุพันธ์ของ PHA เช่น poly-b-hydroxybutyrate (PHB) (Lee, 1996) เป็นพลาสติกชีวภาพที่มีคุณสมบัติคล้ายพลาสติกจากปิโตรเลียมชนิดโพลิโพรพิลีน (polypropylene; PP) มากที่สุด และ PHA ยังมีคุณสมบัติเป็นเทอร์โมพลาสติกซึ่งสามารถขึ้นรูปด้วยความร้อนได้ นอกจากการผลิต PHB ด้วยกระบวนการหมักแล้ว การนำเสนอเทคโนโลยีการถ่ายยีนจากแบคทีเรียไปยังต้นพืช (transgenesis) เพื่อให้พืชผลิตมอนอเมอร์ชีวภาพแล้วกักเก็บไว้ในต้นพืช (Poirier et al., 1992, Snell and Peoples, 2002) จากนั้นจึงทำการสกัดเอามอนอเมอร์ชีวภาพออกมา เทคนิคดังกล่าวต้องอาศัยเทคโนโลยีที่ก้าวหน้าและต้นทุนในการผลิตสูง และยังก่อให้เกิดการปนเปื้อนทางสายพันธุ์กรรมซึ่งการเพาะเลี้ยงต้นพืชดังกล่าวต้องอยู่ในระบบควบคุมแบบปิดที่ได้มาตรฐาน ด้วยเหตุผลนี้การผลิตพลาสติกชีวภาพด้วยกระบวนการดังกล่าวเพื่อการแข่งขันทางด้านราคากับพลาสติกปิโตรเลียมจึงยังเป็นไปได้ยาก ดังนั้นเพื่อที่จะลดต้นทุนการผลิตพลาสติกชีวภาพด้วยเทคโนโลยีที่กล่าวมานั้นต้องหาวิธีการที่จะเพิ่มผลผลิตให้ได้ปริมาณมาก ๆ หรือหาแนวทางการผลิตใหม่ ๆ ที่ใช้ต้นทุนในการผลิตไม่สูงมาก รวมไปถึงการมองตลาดใหม่ ๆ แทนที่จะสู้กันที่ราคากับพลาสติกปิโตรเลียม เช่น การนำไปผลิตเป็นอวัยวะเทียม (Williams et al., 1999, Chen and Wu, 2005) ที่ซึ่งพลาสติกปิโตรเลียมไม่สามารถทำได้เพราะความเป็นพิษของมันต่อร่างกายมนุษย์ แต่ PHB นั้นกลับไม่เป็นพิษต่อร่างกาย

ได้มีการค้นพบว่า PHB สามารถสกัดได้จากรากต้นข้าวด้วยสารโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ (KOH) โดย Tsuda (Tsuda, 2012) ได้ทำการทดลองสกัดสาร PHB จากรากต้นข้าวที่เพาะในระบบควบคุมด้วยอาหารเคมีและสารอะซีเตท ซึ่งพบว่ากระบวนการย่อยสลายสารอาหารของต้นข้าว (plant metabolism) ที่ซึ่งมีสารอะซีเตทปรากฏอยู่จะมีสาร PHB ปรากฏอยู่ในรากต้นข้าว ปรากฏการณ์นี้เป็นที่น่าสังเกตคือกลับไม่พบ PHB ในรากของต้น Arabidopsis ในการเพาะเลี้ยงในลักษณะเดียวกัน ดังนั้นในสภาพการณ์ของการปลูกข้าวจริง ๆ ถ้าในดินประกอบด้วยสารอะซีเตท รากข้าวที่เพาะปลูกในดินดังกล่าวก็ควรจะมีสาร PHB ปรากฏอยู่ การนำเสนอแนวทางใหม่ในการผลิตและสกัดเอาสาร PHB จากรากต้นข้าวด้วยวิธีนี้จึงเป็นที่น่าสนใจ เนื่องจากประเทศไทยเป็นประเทศที่พื้นที่ทางการเกษตรส่วนใหญ่ปลูกข้าว และหลังฤดูเก็บเกี่ยวจะเหลือต่อข้าวเหลือทิ้งไม่ได้ใช้ประโยชน์ เมื่อถึงฤดูเก็บเกี่ยวใหม่ต่อข้าวที่เหลือทิ้งบางครั้งจะถูกเผาทำลายหรือไถกลบ ดังนั้นถ้าถอนเอาเศษต่อข้าวเหล่านี้แล้วตัดเอารากมาใช้ประโยชน์โดยการสกัดสารโพลิเบต้าไฮดรอกซีบิวทีเรตเพื่อนำมาผลิตเป็นสารตั้งต้นของพลาสติกชีวภาพ จึงน่าจะเป็นการแก้ปัญหาทั้งเรื่องการแย่งพืชเพื่อการผลิตอาหารและเรื่องต้นทุนการผลิตเพราะไม่ใช่เทคโนโลยีที่ซับซ้อนในการผลิต ปัญหาจึงไปตกอยู่ที่ปริมาณ PHB ที่ปรากฏอยู่ในรากข้าวและการจัดเตรียมวัตถุดิบ

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาวิธีการสกัดสารโพลิเบต้าไฮดรอกซีบิวทีเรต
2. เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบผลของอะซีเตทต่อปริมาณสารโพลิเบต้าไฮดรอกซีบิวทีเรตจากรากข้าวที่เก็บมาจากแต่ละพื้นที่ปลูก
3. เพื่อผลิตพลาสติกชีวภาพจากสารโพลิเบต้าไฮดรอกซีบิวทีเรต
4. เพื่อวิเคราะห์ต้นทุนเบื้องต้นในการผลิตพลาสติกชีวภาพจากรากข้าว

1.3 ขอบเขตการวิจัย

ทำการเก็บรากข้าวเฉพาะในพื้นที่จังหวัดนครพนม

บทที่ 2 การทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

2.1 พลาสติกชีวภาพ

พลาสติกชีวภาพ คือ พลาสติกที่ถูกออกแบบมาเพื่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างทางเคมีภายใต้สภาวะแวดล้อมที่กำหนดไว้เฉพาะ ก่อให้เกิดการสูญเสียสมบัติบางประการ ซึ่งสามารถวัดการย่อยสลายได้โดยใช้วิธีการทดสอบมาตรฐานที่เหมาะสมสำหรับพลาสติกและการใช้งานในช่วงเวลาหนึ่ง ผลการทดสอบสามารถนำมาใช้ในการระบุชนิด และประเภทของพลาสติกย่อยสลายได้ พลาสติกชีวภาพมีกลไกการย่อยสลาย ด้วยเอนไซม์ และแบคทีเรียในธรรมชาติ ซึ่งเมื่อย่อยสลายหมดแล้วจะได้ผลิตภัณฑ์เป็น น้ำ มวลชีวภาพ ก๊าซมีเทน และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งสิ่งเหล่านี้เป็นสิ่งจำเป็นในการเจริญเติบโตและดำรงชีวิตของพืช ดังนั้นวงจรของพลาสติกชีวภาพจึงมีรูปแบบคือ พลาสติกย่อยสลายได้ทางชีวภาพจะมีสมบัติต่างๆ ในการใช้งาน เช่นเดียวกับพลาสติกโดยทั่วไป แต่จะมีความแตกต่างกันตรงที่เมื่อทิ้งพลาสติกชีวภาพนี้ไปเป็นขยะซึ่งจะอยู่ในสภาวะที่เหมาะสมคือมีแบคทีเรียและเอนไซม์ พลาสติกย่อยสลายได้ทางชีวภาพก็จะเกิดการย่อยสลายได้

พลาสติกชีวภาพมีแนวโน้มทางการตลาดที่ดี และมีการผลิตเพื่อใช้เป็นผลิตภัณฑ์ ได้แก่ Polylactic Acid หรือ PLA และ Polyhydroxyalkanoates หรือ PHAs ซึ่งเป็นพลาสติกที่ได้จากธรรมชาติ คือใช้กระบวนการทางชีวเคมีในการเปลี่ยนสภาพจากแป้งที่ได้จากมันสำปะหลังและข้าวโพด ให้เป็นพลาสติกชีวภาพ นอกจากพลาสติก 2 ชนิดนี้แล้ว ยังมีพลาสติกชีวภาพอีกชนิดหนึ่งซึ่งเป็นที่นิยมในตลาดเช่นกัน นั่นคือ poly (butylene adipate-co-terephthalate) ซึ่งเป็น copolymer ที่ได้จากวัตถุดิบปิโตรเคมี ผลิตโดยบริษัท BASF ประเทศเยอรมนี มีสมบัติที่สามารถย่อยสลายได้ทางชีวภาพเช่นเดียวกับพลาสติกทั้ง 2 ชนิดข้างต้นซึ่งได้มาจากพืชธรรมชาติ วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิต Polyhydroxyalkanoates (PHAs) คือ แป้งหรือน้ำตาลที่มาจากทรัพยากรธรรมชาติที่เกิดขึ้นใหม่ได้ (renewable resource) ซึ่งได้แก่ พืชที่มีแป้งหรือน้ำตาลเป็นองค์ประกอบหลัก เช่น ข้าวโพด มันสำปะหลังและอ้อย เป็นต้น โดยมีกระบวนการผลิตเริ่มต้นจากการบดหรือโม่พืชนั้นให้ละเอียดเป็นแป้ง จากนั้นทำการย่อยแป้งให้ได้เป็นน้ำตาล และนำไปหมัก (fermentation) ด้วยจุลินทรีย์ชนิด *Escherichia coli* (*E. coli*) ซึ่งกินน้ำตาลเป็นอาหาร และสามารถเปลี่ยนโครงสร้างทางเคมีของน้ำตาลภายในตัวจุลินทรีย์เองให้เป็น PHAs และสามารถแยก PHAs ออกมาได้โดยการกะเทาะแยกเปลือกนอกหุ้มจุลินทรีย์ออก เนื่องจาก PHAs มีช่วงอุณหภูมิในการหลอมเหลว (T_m) ที่กว้างตั้งแต่ 50 – 180 °C จึงทำให้มีคุณสมบัติในการนำไปเป็นวัตถุดิบสำหรับผลิตภัณฑ์พลาสติกได้หลากหลาย เช่น การขึ้นรูปเป็นฟิล์ม การฉีดและการเป่า

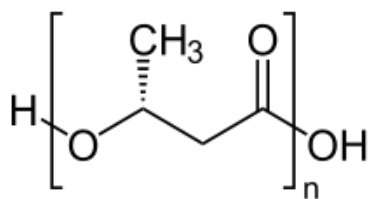
Poly-beta-hydroxybutyrate (PHB) จัดเป็นพอลิเมอร์ประเภทแอลิฟาติกพอลิเอสเทอร์ (aliphatic-polyester) ที่อยู่กลุ่มเดียวกับ PHA และ PHV (poly-beta-hydroxyvalerate) โดย PHB จะมีคุณสมบัติทางกายภาพเช่นเดียวกับเทอร์โมพลาสติกจึงสามารถนำมาทำเป็นฟิล์มห่อของ เส้นใยและแผ่น หรือนำมาหลอมเป็นภาชนะต่างๆ ได้อีก จากการศึกษที่ผ่านมา ทำให้ทราบว่าจุลินทรีย์มากกว่า 20 ชนิดที่สามารถสังเคราะห์และสะสม PHB ไว้ภายในเซลล์ PHB เป็นพอลิเมอร์ขนาดใหญ่ของมอนอเมอร์ (monomer) ชนิดปีตาไฮดรอกซีบิวทิเรต ที่มีโครงสร้างทางเคมีประกอบด้วย หมู่เอสเทอร์ (ester) และหมู่เมทิล (methyl) โดยจะสะสมอยู่ในเซลล์ของจุลินทรีย์ ทั้งนี้ พอลิเมอร์แต่ละสายจะประกอบด้วยมอนอเมอร์ดังกล่าวประมาณ 23,000-35,000 เมอร์ ซึ่ง ความยาวของพอลิเมอร์ขึ้นกับปัจจัยต่างๆ ได้แก่ วิธีสกัด PHB ออกจากเซลล์ ชนิดของแบคทีเรียที่ใช้ผลิต ชนิดของสารตั้งต้น ระยะเวลาในการเลี้ยงเซลล์

2.2 ลักษณะโครงสร้างมอนอเมอร์ (Monomer) ของพลาสติกชีวภาพ

Chemical structure of a poly(ester amide) polymer. The repeating unit is enclosed in brackets with a subscript n . The structure shows an ester linkage ($-O-CH(CH_3)-C(=O)-$) followed by an amide linkage ($-O-CH(R)-C(=O)-$).

รูปที่ 1 โครงสร้างทางเคมีของ PHAs

รูปที่ 2 โครงสร้างทางเคมีของ PHB



2.3 พันธุ์ข้าวที่ใช้ในการศึกษา

กรมการข้าว ระบุว่า พันธุ์ข้าวที่นิยมเพาะปลูกสามารถแบ่งออกได้ 2 ชนิด ได้แก่ *Oryza sativa* โดยนิยมปลูกในทวีปเอเชีย และ *Oryza glaberrima* ที่นิยมเพาะปลูก ในทวีปแอฟริกา

2.3.1 พันธุ์ข้าวไวต่อแสง กข 6

ชื่อพันธุ์ กข 6 (RD6)

ชนิด *Oryza sativa*

ประวัติพันธุ์ ได้จากการปรับปรุงพันธุ์ โดยการใช้รังสีซังกานำให้เกิดการกลายพันธุ์ โดยใช้รังสีแกมมาปริมาณ 20 กิโลเรต อาบเมล็ดพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105 แล้วนำมาปลูกคัดเลือกที่สถานีทดลองข้าวบางเขนและสถานีทดลองข้าวพิมาย จากการคัดเลือกได้ข้าวเหนียวหลายสายพันธุ์ในข้าวช่วงที่ 2 นำไปปลูกคัดเลือกจนอยู่ตัวได้สายพันธุ์ที่ให้ผลผลิตสูงสุดคือ สายพันธุ์ KDML105'65-G₂U-68-254 นับว่าเป็นข้าวพันธุ์ดีพันธุ์แรกของประเทศไทย ที่ค้นคว้าได้โดยใช้วิธีซังกานำพันธุ์พืชให้เปลี่ยนกรรมพันธุ์โดยใช้รังสี

การรับรองพันธุ์ คณะกรรมการวิจัยและพัฒนากรมวิชาการเกษตร มีมติให้เป็นพันธุ์รับรอง เมื่อวันที่ 4 พฤษภาคม 2520



รูปที่ 3 ลักษณะเมล็ดพันธุ์ กข 6

ลักษณะประจำพันธุ์ เป็นข้าวเหนียว สูงประมาณ 154 เซนติเมตรไวต่อช่วงแสง ทรงกอกระจายเล็กน้อย ใบยาวสีเขียวเข้ม ใบธงตั้ง เมล็ดยาวเรียวเมล็ดเปลือกข้าวสีน้ำตาล ระยะพักตัวของเมล็ดประมาณ 5 สัปดาห์ ขนาดเมล็ดข้าวเปลือก ยาว x กว้าง x หนา = 9.9 x 2.7 x 2.0 มม. ขนาดเมล็ดข้าวกล้อง ยาว x กว้าง x หนา = 7.2 x 2.2 x 1.7 มม. คุณภาพข้าวสุก เหนียวนุ่ม มีกลิ่นหอม

ลักษณะเด่น ให้ผลผลิตสูงและทนแล้งดีกว่าพันธุ์เหนียวสันป่าตอง คุณภาพการหุงต้มดี มีกลิ่นหอม ลำต้นแข็งแรงปานกลาง ต้านทานโรคใบจุดสีน้ำตาล คุณภาพการสีดี

พื้นที่แนะนำ ภาคเหนือ และภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

2.3.2 พันธุ์ข้าวไม่ไวต่อแสง กข 15

ชื่อพันธุ์ กข 15 (RD15)

ชนิด *Oryza sativa*

คู่ผสม เหลืองทองนาปริง / ไออาร์8

ประวัติพันธุ์ ได้จากการผสมพันธุ์ระหว่างพันธุ์พื้นเมืองเหลืองทองนาปริง กับไออาร์8 ผสมพันธุ์ที่สถานีทดลองข้าวบางเขนในฤดูนาปรังปี พ.ศ.2509 โดยนายวรวิทย์ พาณิชพัฒน์ แล้วทำการคัดเลือกแบบสืบตระกูลจนได้สายพันธุ์ BKN6617-56-1-2 ซึ่งเป็นข้าวเจ้าพันธุ์ผสมพันธุ์แรกที่ปลูกได้ตลอดปี

การรับรองพันธุ์ คณะกรรมการพิจารณาพันธุ์ให้ใช้ขยายพันธุ์เป็นพันธุ์รับรอง เมื่อวันที่ 15 ธันวาคม 2512



รูปที่ 4 ลักษณะเมล็ดพันธุ์ กข 15

ลักษณะประจำพันธุ์ เป็นข้าวเจ้าสูงประมาณ 115 เซนติเมตรไม่ไวต่อช่วงแสง อายุเก็บเกี่ยวประมาณ 130 วัน ลำต้นและ ใบสีเขียวอ่อนใบธงตั้ง เมล็ดยาวเรียวเมล็ดเปลือกขาวสีฟาง ระยะพักตัวของเมล็ดประมาณ 3 สัปดาห์ ขนาดเมล็ดข้าวเปลือก ยาว x กว้าง x หนา = 10.0 x 2.5 x 2.0 มม. ขนาดเมล็ดข้าวกล้อง ยาว x กว้าง x หนา = 7.1 x 2.2 x 1.8 มม. ปริมาณอะไมโลส 29-30 % คุณภาพข้าวสุกร่วนแข็ง

ผลผลิต ประมาณ 742 กิโลกรัมต่อไร่

ลักษณะเด่น เป็นพันธุ์ที่เหมาะสมสำหรับปลูกในเขตชลประทาน ตอบสนองต่อการใช้ปุ๋ยในระดับสูง แตกกอดี ลำต้นแข็งแรงไม่ล้มง่ายข้าวกล้องใส แกร่ง คุณภาพการสีดีค่อนข้างต้านทานโรคใบจุดสีน้ำตาล

พื้นที่แนะนำ ทุกภาคที่มีการชลประทาน

2.3.3 ชนิดของพันธุ์ข้าวแบ่งตามการตอบสนองต่อช่วงแสง

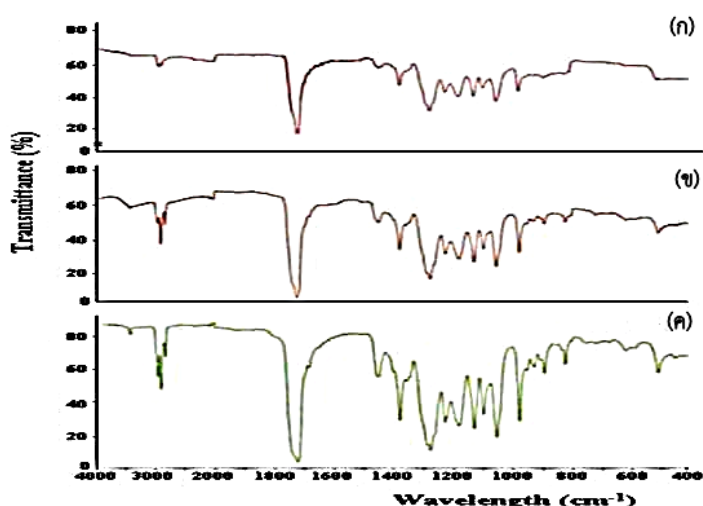
ข้าวไวต่อช่วงแสง เป็นข้าวที่ออกดอกเฉพาะเมื่อช่วงเวลากลางวันสั้นกว่า 12 ชั่วโมง โดยพบว่าข้าวไวต่อช่วงแสงในประเทศไทยมักจะออกดอกในเดือนที่มีความยาวของกลางวันประมาณ 11 ชั่วโมง 40 นาที หรือสั้นกว่านี้ ดังนั้นข้าวที่ออกดอกได้ในเดือนที่มีความยาวของกลางวัน 11 ชั่วโมง 40-50 นาที จึงได้ชื่อว่าเป็นข้าวที่มีความไวต่อช่วงแสงน้อย (less sensitive to photoperiod) และพันธุ์ที่ออกดอกเฉพาะในเดือนที่มีความยาวของกลางวันประมาณ 11 ชั่วโมง 10-20 นาทีก็ได้ชื่อว่าเป็นพันธุ์ที่มีความไวต่อช่วงแสงมาก (strongly sensitive to photoperiod) พันธุ์ข้าวประเภทนี้จึงปลูกและให้ผลผลิตได้ปีละหนึ่งครั้ง หรือปลูกได้เฉพาะในฤดูนาปี บางครั้งจึงเรียกว่า ข้าวนาปี พันธุ์ข้าวในประเทศไทยที่เป็นพันธุ์พื้นเมืองส่วนใหญ่เป็นพันธุ์ที่มีความไวต่อช่วงแสง

ข้าวไม่ไวต่อช่วงแสง เป็นข้าวที่ออกดอกเมื่อข้าวมีระยะเวลาการเจริญเติบโตและให้ผลผลิตตามอายุ จึงใช้ปลูกและให้ผลผลิตได้ตลอดทั้งปี หรือปลูกได้ในฤดูนาปรัง บางครั้งจึงเรียกว่า ข้าวนาปรัง

2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

สุปัญญา สุขผลพลา (2546) ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการสร้างสปอร์และการผลิตพอลิ-3-ไฮดรอกซีบิวทิเลตโดยเชื้อ *Bacillus sp.* BA-019 โดยใช้เกณฑ์พิจารณาจากภาวะที่เซลล์ผลิต PHB ได้ปริมาณมากที่สุด และพิจารณาถึงจำนวนสปอร์ที่สร้างขึ้นด้วย แล้วพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณ PHB และจำนวนสปอร์ที่สร้างอันเป็นผลของปัจจัยที่ศึกษา โดยพบว่าการผลิต PHB สูงสุดที่เวลา 12 ชั่วโมง แล้วลดลงตามระยะเวลาของการเลี้ยงเชื้อ ส่วนการสร้างสปอร์พบว่าสปอร์เพิ่มขึ้นเมื่อเริ่มเลี้ยงเชื้อและได้จำนวนมากที่สุดที่เวลา 24 ชั่วโมงของการเลี้ยงเชื้อ รวมถึงการลดต้นทุนในการผลิตโดยใช้แหล่งคาร์บอนและแหล่งไนโตรเจนที่มีราคาถูกบางชนิดสำหรับการผลิต PHB ด้วย

Tsuda (2012) ได้ทำการทดลองสกัดสาร PHB จากรากข้าวที่เพาะในระบบควบคุมด้วยอาหารเคมีและสารอะซีเตทในความเข้มข้นที่ต่างกันมากมาก ในห้องปฏิบัติการ แล้วทำการสกัดสาร PHB ด้วยสารละลายเบส และทำการตกตะกอนสารดังกล่าวออกมาด้วยวิธีการตกตะกอนร่วม (Co-precipitated) พบว่า กระบวนการย่อยสลายสารอาหารของต้นข้าวจะมีสาร PHB ปรากฏอยู่ในรากข้าวในสัดส่วนส่วนที่สูงถึงแม้ว่าจะมีปริมาณสารอะซีเตทในปริมาณที่แตกต่างกัน แต่ไม่พบสาร PHB ในรากของต้น *Arabidopsis* ที่เลี้ยงในลักษณะเดียวกัน



รูปที่ 5 ผลวิเคราะห์สาร PHB ด้วยเทคนิค IR

- ก. PHB จาก *B. megaterium*
- ข. PHB จากรากข้าว
- ค. PHB จากรากข้าวสาลี

สาธิตา ผลอินทร์ (2554) ศึกษาผลของแหล่งคาร์บอนและปริมาณเกลือต่อการผลิต PHB โดยเชื้อจุลินทรีย์ที่คัดแยกได้จากทะเล โดยทดลองใช้เชื้อจุลินทรีย์จากทะเลสายพันธุ์ S13 ที่มีความสามารถในการผลิตพลาสติกย่อยสลายได้ (PHB) จะเกิดขึ้นเมื่อสภาวะสารอาหารไม่สมดุล ในขณะที่แหล่งคาร์บอนมากเกินไป พบว่า ผลของปริมาณเกลือ

และเกลือต่อการผลิต PHB ของเชื้อ S13 พบว่า สภาวะที่เหมาะสมในการผลิต PHB โดยเชื้อ S13 คือ การเพาะเลี้ยงในอาหาร MB medium ที่มีปริมาณกลีเซอรอล 9% (v/v), เกลือ 4% (w/v), Tryptone 2.5 กรัมต่อลิตรและ Yeast Extract 1.0 กรัมต่อลิตร โดยใช้เวลาในการเพาะเลี้ยง 36 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส จากสภาวะดังกล่าว ทำให้ได้ %PHB content ประมาณ 3%

ขวัญใจ แก้วจันทร์ (2553) ได้นำแบคทีเรีย *Alcaligenes lactus* TISTR 1403 ที่ผ่านการฉายรังสีแกมมา ร่วมกับ การได้รับ 2-aminoanthracene (2AA) มาเลี้ยงในอาหารดัดแปลงสำหรับผลิต PHB ที่มีแหล่งคาร์บอนที่หลากหลาย เช่น กลูโคส ฟรุคโตส ซูโครส (AR grade) ซูโครสทางการค้าโมลโทเด็กซ์ทรินทางการค้า แป้งมันสำปะหลัง และ กากมันสำปะหลังไฮโดรไลเสท พบว่า เชื้อ *A. lactus* TISTR 1403 / γ - 2AA ในอาหารที่ใช้กากมันสำปะหลังไฮโดรไลเสทร้อยละ 50 สามารถผลิต PHB ได้สูงสุด แสดงให้เห็นว่ากากมันสำปะหลังไฮโดรไลเสท สามารถนำมาใช้เป็นแหล่งคาร์บอนเพื่อผลิต PHB ได้ ซึ่งเป็นแนวทางในการลดต้นทุนการผลิตลงและยังเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับกากมันสำปะหลังอีกด้วย

บทที่ 3 ระเบียบวิธีดำเนินการวิจัย

3.1 การเตรียมตัวอย่างรากข้าว

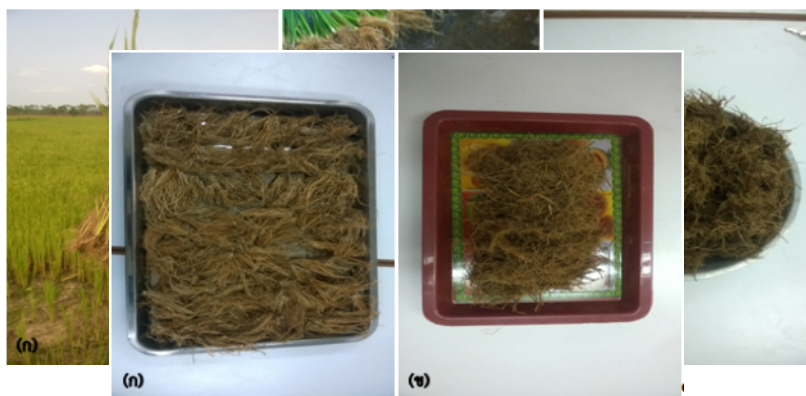
รากข้าวตัวอย่างที่ใช้ในการทดลองนี้เป็นรากข้าวที่มีอายุ 4 เดือน และ 9 เดือน โดยในช่วง 4 เดือนนั้นรากข้าวยังอยู่สภาพก่อนการเก็บเกี่ยว ส่วนในอายุ 9 เดือนนั้นอยู่ในช่วงหลังการเก็บเกี่ยว การใช้ตัวอย่างข้าวที่มีอายุต่างกันก็เพื่อที่จะทราบว่าสาร PHB ที่สะสมในรากข้าวนั้นจะมีมากในช่วงใด แม้ว่าจะงานวิจัยดังกล่าวจะสนใจที่รากข้าวหลังการเก็บเกี่ยวก็ตาม

พันธุ์ข้าวที่ใช้ศึกษาเป็นข้าวเหนียวพันธุ์ กข 6 และข้าวเจ้าพันธุ์ กข 15 โดยข้าวตัวอย่างทำการเพาะปลูกที่พื้นที่บ้านสร้างหินและบ้านเนินสะอาด ตำบลนาราชควาย จังหวัดนครพนม

การเตรียมตัวอย่างข้าวทำได้ดังนี้

1. เก็บตัวอย่างรากข้าวจากแปลงนา
2. ล้างทำความสะอาดด้วยน้ำเปล่าเพื่อเอาดินและสิ่งสกปรกออก
3. นำรากข้าวมาผึ่งแดดให้แห้ง
4. อบรากข้าวในตู้อบความร้อนที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส นาน 4 ชั่วโมง จนรากข้าวแห้ง
5. สับรากข้าวตัวอย่างเป็นชิ้นเล็ก ๆ และเก็บตัวอย่างไว้ในภาชนะที่แห้ง

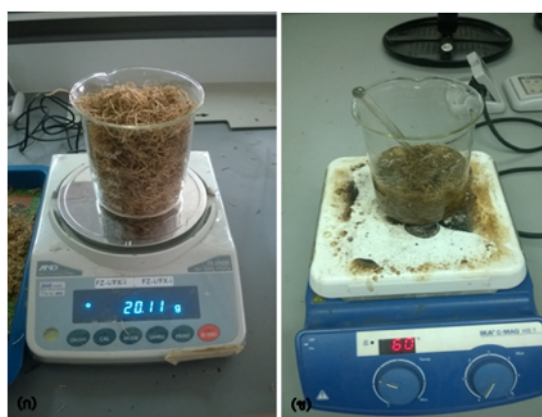
รากข้าวตัวอย่างดังกล่าวจะนำไปเป็นวัตถุดิบในการสกัดสาร PHB โดยวิธีการสกัดสารออกจากรากข้าวจะแสดงในหัวข้อถัดไป



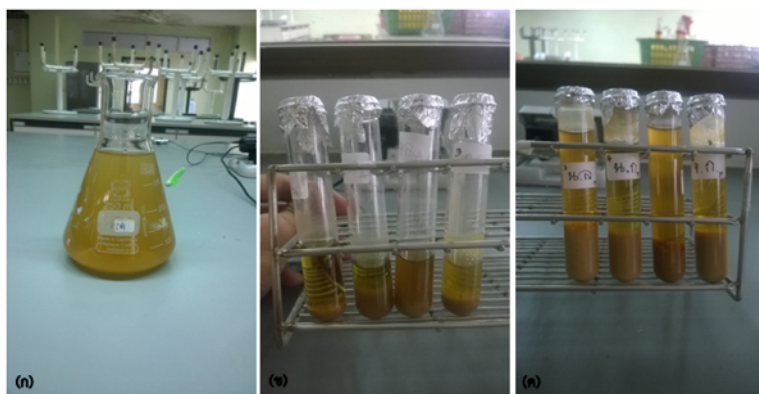
3.2 การสกัด PHB

การสกัดโพลีเบต้าไฮดรอกซีบิวทีเรทจากรากต้นข้าวนั้นจะใช้วิธีการสกัดเช่นเดียวกันกับที่รายงานใน Lemoigne (1927) โดยวิธีการสกัดทำได้ดังนี้

1. ชั่งรากข้าวตัวอย่างที่เตรียมได้จากหัวข้อ 3.1 ปริมาณ 20 กรัม
2. ทำการสกัดด้วยตัวทำละลายร้อนจำนวน 2 ครั้ง ครั้งละ 1 ชั่วโมง โดยในการทดลองจะทำการสกัดด้วยตัวทำละลายสองชนิดเพื่อเปรียบเทียบกัน
 - 2.1 ต้มรากข้าวตัวอย่างกับตัวทำละลายเมทานอลปริมาตร 200 มิลลิลิตร ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส
 - 2.2 ต้มรากข้าวตัวอย่างกับตัวทำละลายอะซีโตนปริมาตร 200 มิลลิลิตร ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส (เนื่องจากจุดเดือดของอะซีโตนนั้นต่ำกว่า 60 องศาเซลเซียส จึงใช้ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส)
3. กรอกเอาสารสกัดออกจากรากข้าวด้วยกระดาษกรอง
4. ระเหยตัวทำละลายออกด้วยเครื่องระเหยแบบสุญญากาศจนได้สารสกัดที่มีลักษณะเหนียวข้น
5. ดูดสารสกัดใส่หลอดทดลอง ปิดด้วยฟอยเจาะรู ทั้งไว้จนตัวทำละลายระเหยจนหมด จะได้สารสกัดตัวอย่างเพื่อร่อนนำไปวิเคราะห์



รูปที่ 7 แสดงตัวอย่างการสกัด PHB จากรากข้าว



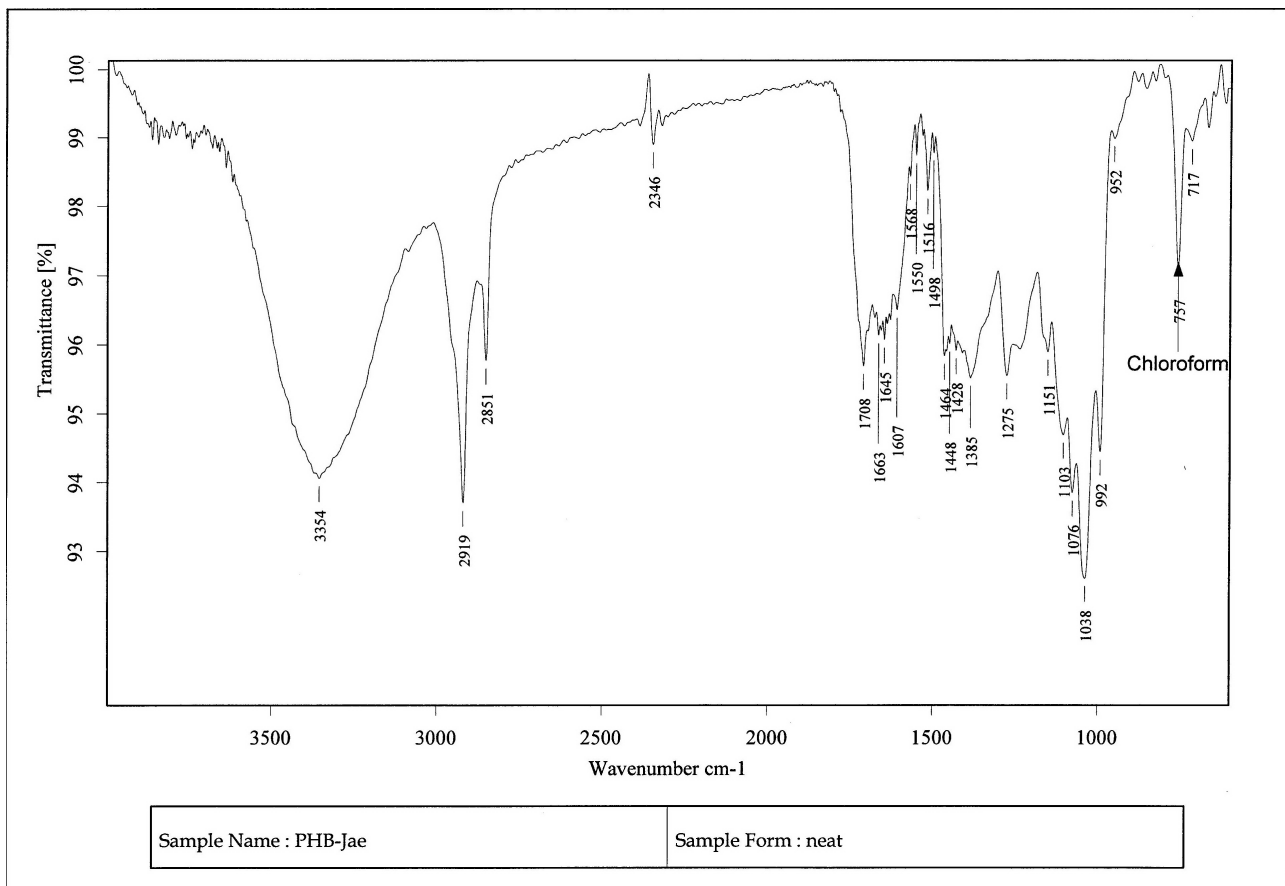
3.3 การวิเคราะห์สารสกัดจากรากข้าว

การวิเคราะห์สารสกัดตัวอย่างจะใช้อินฟราเรดสเปกโตรสโคปี (IR) สำหรับการวิเคราะห์ โดยได้รับความอนุเคราะห์เครื่องมือจากศูนย์พันธุวิศวกรรมและเทคโนโลยีชีวภาพแห่งชาติ สารสกัดที่ได้จะนำไปวัดและเปรียบเทียบกับสาร PHB บริสุทธิ์ (ซื้อจากบริษัท Sigma-Aldrich)

บทที่ 4 ผลการวิจัย

4.1 การวิเคราะห์สารสกัดด้วยเทคนิคอินฟราเรดสเปกโตรสโคปี

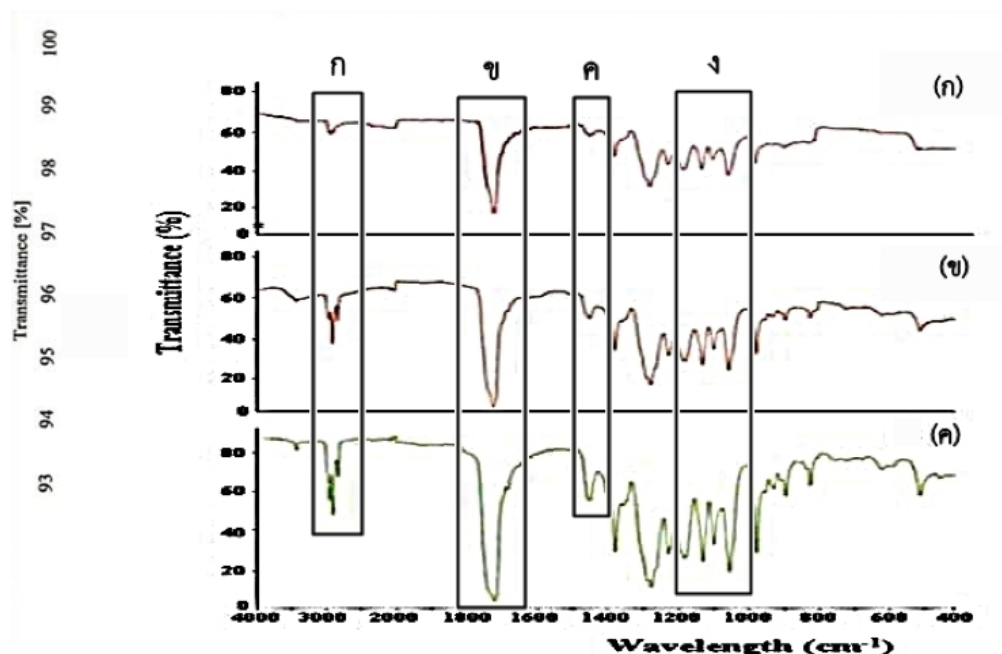
การเปรียบเทียบปริมาณสาร PHB ที่สกัดได้จากรากข้าวสองสายพันธุ์โดยการสกัดด้วยตัวทำละลายโดยตรง ซึ่งตัวทำละลายที่ใช้ ได้แก่ เมทานอล ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส และ อะซีโตน ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส 2 ครั้งๆ ละ 1 ชั่วโมง แล้วระเหยตัวทำละลายออกด้วยเครื่องกลั่นระเหยระบบสุญญากาศ แล้วตั้งไว้ให้แห้งที่อุณหภูมิห้อง เมื่อสารที่สกัดได้แห้งแล้วจะมีลักษณะเป็นของแข็ง สีน้ำตาลเข้มอยู่ภายในหลอดทดลอง แล้วจึงชั่งน้ำหนักสารที่ได้



รูปที่ 8 ผลการวิเคราะห์สารสกัดด้วยเทคนิคอินฟราเรดสเปกโตรสโคปี

รูปที่ 8 แสดงการวิเคราะห์สารที่สกัดได้จากรากข้าวด้วยเทคนิคอินฟราเรดสเปกโตรสโคปี (Infrared spectroscopy) พบว่า มีพีก (peak) ของสารในช่วงที่สัมพันธ์กับความเป็นสาร PHB ดังรูปที่ 9 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าพีกที่ปรากฏในรูปที่ 11 นั้นเป็นสาร PHB จริง จากการสังเกตหมู่สำคัญของสาร PHB และการเปรียบเทียบโครมาโทแกรม (Chromatogram) ของสาร PHB บริสุทธิ์จากรายงานของ Tsuda (2012) กับสารที่สกัดได้จากรากข้าว กข 6 ก่อนเก็บเกี่ยวที่สกัดด้วยเมทานอลด้วยเทคนิค IR พบว่าเกิดพีกที่ความถี่เดียวกันหลายพีก ซึ่งให้สังเกตพีกที่เกิดขึ้น ดังนี้ 1) O-H ที่ช่วงความถี่ประมาณ $3700\text{--}3100\text{ cm}^{-1}$ 2) C-O ที่ช่วงความถี่ประมาณ $1300\text{--}1000\text{ cm}^{-1}$ 3) C=O ที่ช่วงความถี่

ประมาณ $1870-1650\text{ cm}^{-1}$ และ 4) หมู่เมทิลที่ช่วงความถี่ประมาณ $1550 - 1300\text{ cm}^{-1}$ ซึ่งครบองค์ประกอบสำคัญของ PHB ซึ่งได้แก่ หมู่เมทิลและหมู่เอสเตอร์



รูปที่ 9 ภาพแสดงการวิเคราะห์หมู่ฟังก์ชันที่ปรากฏในสารสกัดจากรากข้าว

จากรูปที่ 11 จะเห็นว่า ปริมาณสาร PHB ในรากข้าวที่สกัดด้วยเมทานอล มีปริมาณร้อยละที่ได้มากกว่าสกัดด้วยอะซิโตน ซึ่งในการสกัดด้วยเมทานอล นั้น ในรากข้าวก่อนการเก็บเกี่ยวจะมีปริมาณสาร PHB ที่มากกว่าหลังการเก็บเกี่ยว Tsuda (2012) กล่าวว่า ในการย่อยสลายสารอาหารของรากข้าวที่มีสารอะซิเตทอยู่นั้นจะเกิดสาร PHB รวมอยู่ด้วย โดยปริมาณสาร PHB ระหว่างพันธุ์ข้าวนี้มีปริมาณที่ใกล้เคียงกัน ในงานวิจัยนี้ พบว่า ในรากข้าวก่อนการเก็บเกี่ยวมีปริมาณสารที่ต้องการมากกว่ารากข้าวหลังการเก็บเกี่ยว อย่างไรก็ตาม งานวิจัยนี้ยังมีข้อจำกัดหลายด้านที่ข้อมูลยังไม่ครบถ้วน

งานวิจัยนี้ไม่มีการทำปฏิกิริยาที่สกัดได้ทำให้มีการปนเปื้อนของสารอื่น เช่น สารในกลุ่มที่มีหมู่ $C=C$, $C=N$ หรือ NH เช่น เอไมด์ เอมีน ที่ปรากฏอยู่ในช่วงความถี่ประมาณ $1650 - 1550\text{ cm}^{-1}$

การศึกษาเพื่อเปรียบเทียบช่วงอายุในช่วงที่ค่อนข้างกว้างมากซึ่งข้าวก่อนการเก็บเกี่ยวมีอายุประมาณ 4 เดือน และข้าวหลังการเก็บเกี่ยวมีอายุประมาณ 9 เดือน โดยอายุข้าวห่างกันถึง 5 เดือน

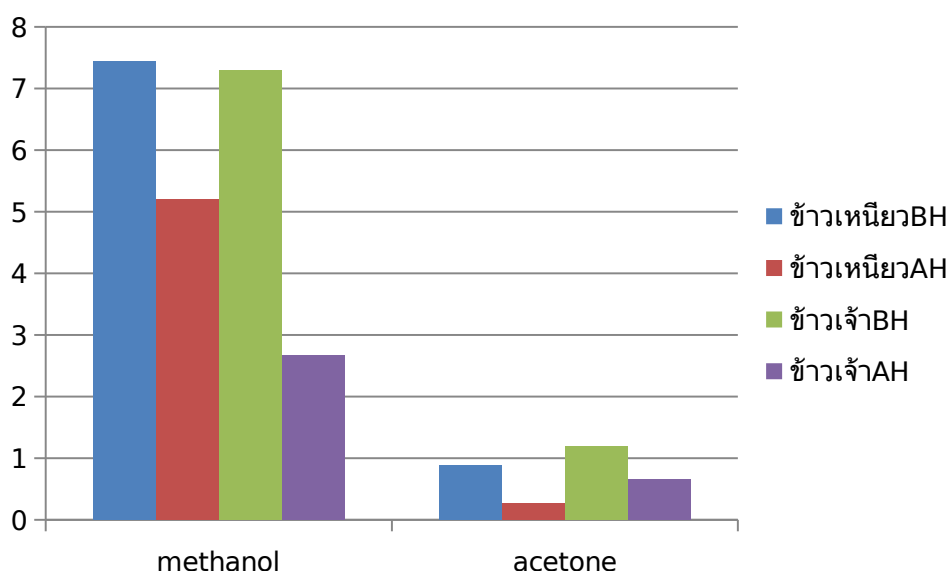
รูปที่ 10 ภาพแสดงการเปรียบเทียบหมู่ฟังก์ชันของสารสกัดและสาร PHB ดังปรากฏใน Tsuda (2012) สายพันธุ์ข้าวที่นำมาวิจัยนั้นค่อนข้างจำกัด ซึ่งจากข้อจำกัดข้างต้นส่งผลให้มีพันธุ์ข้าวในการทดลองน้อยสายพันธุ์ และไม่ทราบสาร PHB ที่แท้จริง อีกทั้งทำให้ไม่สามารถบอกได้ว่าสารที่สกัดได้มีการเพิ่มขึ้นสูงสุดเท่าใด และเริ่มมีการลดลงช่วงใด

4.2 การวิเคราะห์ปริมาณสาร PHB ที่สกัดได้จากรากข้าว

จากตารางที่ 1 แสดงปริมาณสาร PHB ที่สกัดได้จากรากข้าวด้วยตัวทำละลายโดยตรง พบว่า ปริมาณสาร PHB ที่สกัดได้จากรากข้าวด้วยตัวทำละลายเมทานอลได้สารที่ต้องการมากกว่าอะซีโตนอย่างมาก รวมถึงสารที่สกัดได้จาก รากข้าวก่อนการเก็บเกี่ยวยังมีปริมาณมากกว่าการสกัดรากข้าวหลังการเก็บเกี่ยว จากการศึกษามีข้อจำกัดเพราะ ตัวอย่างคนละที่ แต่ Tsuda (2012) ได้รายงานว่า ปริมาณอะซีเตทไม่มีผลต่อปริมาณสาร PHB ดังนั้นแม้ตัวอย่างจะมาจากต่างที่กันสามารถนำมาเปรียบเทียบกันด้านปริมาณสาร PHB ในรากข้าวได้

ตารางที่ 1 แสดงผลการวิเคราะห์ปริมาณสาร PHB ที่สกัดได้จากรากข้าวสองชนิดและเวลาที่ต่างกัน

ตัวทำ ละลายที่ใช้	ปริมาณ PHB (g)							
	รากข้าวก่อนการเก็บเกี่ยว				รากข้าวหลังการเก็บเกี่ยว			
	ข้าวเหนียว	% yield	ข้าวเจ้า	% yield	ข้าวเหนียว	% yield	ข้าวเจ้า	% yield
เมทานอล	1.49	7.43	1.46	7.29	1.04	5.20	0.53	2.66
อะซิโตน	0.18	0.89	0.24	1.20	0.05	0.27	0.10	0.66



รูปที่ 11 แสดงการเปรียบเทียบปริมาณ PHB ที่สกัดได้จากรากข้าวแต่ละชนิด แต่ละช่วงเวลา และต่างตัวทำละลาย

4.3 การวิเคราะห์ต้นทุนการสกัด

ต้นทุนในการสกัดพลาสติกชีวภาพจากรากข้าวประกอบไปด้วย 2 ส่วน คือ ต้นทุนด้านสารเคมี และต้นทุนด้านไฟฟ้า ต้นทุนสารเคมีหากคิดเฉพาะเมทานอลซึ่งสกัดได้สาร PHB มากที่สุด โดยปริมาณเมทานอลที่ใช้ 400 มิลลิลิตร คิดเป็นเงิน 75 บาท ส่วนต้นทุนค่าไฟฟ้าซึ่งเกิดจากการใช้งานอุปกรณ์ ได้แก่ ตู้อบลมร้อน เครื่องให้ความร้อนแบบแผ่น และเครื่องระเหยแบบสูญญากาศ โดยคิดเป็นหน่วยไฟฟ้ารวมได้ 21.4 หน่วย (กิโลวัตต์/ชั่วโมง) เมื่อคิดค่าไฟฟ้าหน่วยละ 7 บาท คิดเป็น 149.8 บาท ดังนั้นต้นทุนค่าดำเนินการจึงเท่ากับ $149.8 + 75 = 224.8$ บาท ซึ่งเมื่อคิดเทียบกับ

ปริมาณสารที่สกัดได้จำนวน 1.04 กรัม (คิดเฉพาะข้าวเหนียวหลังเก็บเกี่ยวที่สกัดจากเมทานอล เนื่องจากเป้าหมายของการวิจัยสนใจที่รากข้าวหลังการเก็บเกี่ยว) ดังนั้นต้นทุนของการสกัดคือ 216 บาท/กรัม PHB

เมื่อทำการวิเคราะห์ผลผลิตต่อไร่ของปริมาณ PHB ที่สกัดได้ โดยการประมาณการจากการปลูกข้าวด้วยการดำนาเป็นระยะห่างกัน 30 เซนติเมตร (0.30 เมตร) 1 ไร่คิดเป็นพื้นที่ 20×20 เมตร และด้านกว้าง 20 เมตร ปลูกต้นข้าวได้ 66 แถว ($20/0.30$) และด้านยาว 20 เมตรปลูกต้นข้าวได้ 66 แถว ดังนั้นพื้นที่ 1 ไร่จะมีกอข้าวจำนวน 4,356 กอ และโดยเฉลี่ย 1 กอจะมีน้ำหนัก 24 กรัม และจากการทดลองสกัดสารด้วยรากข้าวตั้งต้น 20 กรัม ได้สาร PHB 1.04 กรัม ดังนั้นพื้นที่ 1 ไร่ปลูกข้าวเหนียว แล้วนำรากข้าวมาสกัดสาร PHB ด้วยเมทานอลจะได้ประมาณ PHB 5,436 กรัม/ไร่ หรือ 5.436 กิโลกรัม/ไร่

บทที่ 5 อภิปรายและวิจารณ์ผล

จากการศึกษา การเปรียบเทียบสาร PHB ที่สกัดได้จากรากข้าวโดยใช้ตัวทำละลายเมทานอล และอะซิโตน แล้วเปรียบเทียบน้ำหนักสารแห้งที่สกัดได้ ผลการศึกษาพบว่า การสกัดสาร PHB จากรากข้าวโดยใช้ตัวทำละลายเมทานอล ได้ปริมาณสารสกัดที่มากกว่าสกัดด้วยตัวทำละลายอะซิโตน และการสกัดสาร PHB จากรากข้าวที่มีสายพันธุ์แตกต่างกัน ซึ่งใช้ข้าวเหนียวพันธุ์ กข 6 และข้าวเจ้าพันธุ์ กข 15 พบว่า พันธุ์ข้าวเหนียวและข้าวเจ้ามีสาร PHB ที่ใกล้เคียงกัน จนอาจกล่าวได้ว่าความต่างทางสายพันธุ์ของข้าวนั้นไม่มีผลต่อการสะสมสาร PHB ในรากข้าว แต่เมื่อพิจารณาอายุข้าวที่ต่างกัน ซึ่งใช้ข้าวสายพันธุ์ข้างต้น อายุ 4 เดือน และหลังการเก็บเกี่ยว 9 เดือน พบว่า รากข้าวเหนียวและรากข้าวเจ้าอายุ 4 เดือน มีปริมาณสาร PHB มากกว่ารากข้าวหลังการเก็บเกี่ยว 9 เดือน ซึ่งในรากข้าวเหนียวเกิดผลิตภัณฑ์ ร้อยละ 7.43 และ 5.20 จากรากข้าวอายุ 4 เดือนและหลังการเก็บเกี่ยว 9 เดือน ตามลำดับ และในรากข้าวเจ้าเกิดผลิตภัณฑ์ ร้อยละ 7.29 และ 2.66 จากรากข้าวอายุ 4 เดือนและหลังการเก็บเกี่ยว 9 เดือน ตามลำดับ เพราะฉะนั้นปัจจัยที่มีผลต่อการสะสมสาร PHB ในรากข้าวข้าวมุ่งทั้งสองสายพันธุ์คือ อายุของข้าว

ผลการทดลองสกัดสาร PHB จากรากข้าวสองสายพันธุ์โดยารสกัดด้วยตัวทำละลายโดยตรง ได้สาร PHB เกิดขึ้น สอดคล้องกับงานวิจัยของ Tsuda (2012) ได้ทำการสกัดสาร PHB จากรากข้าวด้วยสารละลายเบส ทั้งนี้เพราะ Tsuda (2012) กล่าวว่า สาร PHB เกิดขึ้นจากการสลายสารอาหารของต้นข้าว จึงทำให้ผลการทดลองสกัดสาร PHB จากรากข้าวได้สาร PHB จริง โดยในการทดลองนี้ได้ศึกษาจากพันธุ์ข้าวเหนียวและข้าวเจ้าที่มีอายุต่างกันคือ 4 เดือน (ก่อนการเก็บเกี่ยว) และ 9 เดือน (หลังการเก็บเกี่ยว) ซึ่งทราบว่า ข้าวเหนียวและข้าวเจ้ามีปริมาณสาร PHB ใกล้เคียงกัน ซึ่งอาจสรุปได้ว่าสายพันธุ์ข้าวไม่มีผลต่อปริมาณสาร PHB และปริมาณสาร PHB ที่ได้จากรากข้าวก่อนการเก็บเกี่ยวมีปริมาณมากกว่าจากรากข้าวหลังการเก็บเกี่ยว ทั้งนี้อาจเป็นเพราะรากข้าวหลังการเก็บเกี่ยวไม่มีการสลายสารอาหารแล้ว และสาร PHB ก็จะสลายไปเนื่องจากกระบวนการย่อยสลายตามธรรมชาติ

บทที่ 6 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาหาปริมาณ PHB จากรากต้นข้าวเพื่อเป็นแนวทางในการนำไปผลิตเป็นพลาสติกชีวภาพ โดยการศึกษาได้ดำเนินการตามวัตถุประสงค์ของการวิจัยดังนี้

ได้ทำการศึกษาวิธีการสกัดสาร PHB จากรากต้นข้าวซึ่งวิธีที่เหมาะสมที่สุดคือวิธีการสกัดของ Lemoigne (1927) การสกัดทำได้โดยการใช้ตัวทำละลายร้อนสกัดเอสาร PHB แยกออกมาแล้วทำการตกตะกอนสาร หรือการทำให้สารสกัดระเหยออกมาเพื่อให้ได้สาร PHB แม้ว่าจะมีวิธีการอื่นอีกแต่การสกัดด้วยวิธีดังกล่าวเป็นกระบวนการที่ง่ายต่อการนำไปประยุกต์ใช้

ไม่สามารถทำการเปรียบเทียบปริมาณ PHB ได้จากต่างพื้นที่ได้ เนื่องจากแต่ละพื้นที่ทำการเก็บตัวอย่างนั้นไม่ทราบปริมาณของสารอะซิเตท จึงไม่สามารถตอบได้ว่าผลของอะซิเตทนั้นมีผลต่อปริมาณ PHB หรือไม่ และยังไม่มีรวมถึงตัวแปรอื่น ๆ ที่ส่งผลต่อปริมาณ PHB อีก ดังนั้นจึงจำเป็นที่จะต้องทำการปลูกข้าวในแปลงทดลองควบคุมจึงจะสามารถเปรียบเทียบปริมาณ PHB ได้

จากการวิเคราะห์ต้นทุนการสกัดพลาสติกชีวภาพ พบว่าต้นทุนการสกัดพลาสติกชีวภาพนั้นมีราคาที่สูงมาก โดยต้นทุนนั้นมีราคาประมาณมากกว่า 216 บาท/กรัมของสารสกัด ซึ่งเมื่อเทียบกับพลาสติกชีวภาพที่สกัดได้จากกระบวนการหลักด้วยจุลินทรีย์จะมีราคาที่ถูกลงกว่ามาก โดยมีราคาประมาณ 80 บาท/กิโลกรัม ซึ่งถือว่ายังไม่สามารถนำไปสู่การผลิตในเชิงอุตสาหกรรมได้ด้วยเทคนิคการสกัดนี้

เมื่อทำการวิเคราะห์ถึงปริมาณการผลิต PHB ต่อไร่ของข้าวที่ปลูก พบว่าปริมาณข้าว 1 ไร่จะสามารถสกัดพลาสติกชีวภาพชนิด PHB ได้ประมาณ 5.4 กิโลกรัม/ไร่ แม้จะดูเหมือนว่าปริมาณสารสกัดต่อไร่ที่สูง แต่เมื่อคิดถึงต้นทุนการสกัดแล้วยังไม่คุ้มต่อการสกัด จึงควรที่จะมีการปรับปรุงวิธีการสกัด หรือหาวิธีการเพิ่มปริมาณการสะสม PHB ในรากข้าวโดยที่ไม่กระทบต่อคุณภาพของข้าว

พลาสติกชีวภาพชนิด PHB ที่สกัดได้จากรากข้าวนี้มีปริมาณที่น้อยมาก การนำไปผลิตในเชิงอุตสาหกรรมนั้นอาจจะยังไม่คุ้มทุนในขณะนี้ ดังนั้นหากจะพัฒนาการผลิตพลาสติกชีวภาพที่สกัดได้จากข้าวจำเป็นที่จะต้องทำการวิจัยและพัฒนาในอีกหลาย ๆ ส่วน โดยมีข้อเสนอแนะการวิจัยดังนี้

ข้อเสนอแนะ

1. ควรมีการทำบริสุทธิ์สารสกัดที่ได้จากรากข้าวเพื่อแยกสารที่ปนเปื้อนออกไป เพื่อให้ทราบปริมาณสาร PHB ที่แท้จริง
2. ควรมีการศึกษาปริมาณสารสกัดกับพันธุ์ข้าวที่แตกต่างกันมากขึ้น เพื่อเปรียบเทียบปริมาณ PHB กับจากสายพันธุ์ที่หลากหลาย

3. ควรมีการศึกษาเปรียบเทียบระหว่างอายุข้าวหลาย ๆ ช่วงอายุ เพื่อศึกษาปริมาณสาร PHB กับช่วงอายุข้าวว่าเพิ่มลดในช่วงอายุเท่าใด ควรมีการสกัดด้วยตัวทำละลายอื่น ๆ ที่แตกต่าง เพื่อให้ทราบ ตัวทำละลายที่เหมาะสมในการสกัดสาร PHB

บรรณานุกรม

- ขวัญใจ แก้วจันทร์. 2553. การผลิตพอลิไฮดรอกซีบิวทีเรต (PHB) โดย *Alcaligenes lactus* TISTR 1403 ที่ผ่าน การฉายรังสีแกมมาร่วมกับการได้รับ 2-aminoanthracene. ปรินิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยบูรพา.
- ผกาดี แก้วกันเนตร 2555. กระบวนการต้นน้ำถึงปลายน้ำเพื่อผลิตพลาสติกชีวภาพที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมจาก วัตถุดิบทางการเกษตรที่มีน้ำตาลเป็นองค์ประกอบหลัก. กรุงเทพฯ: สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย.
- เยาวพา สุวดี. 2554. พลาสติกชีวภาพ. วารสารเพื่อการวิจัยและพัฒนา องค์การเกษตร. 18: 2 – 3.
- สาธิตา ผลอินทร์. 2554. การผลิตพอลิ-บิวทีเรต-ไฮดรอกซีบิวทีเรตโดยจุลินทรีย์จากทะเล. ปรินิพนธ์วิทยาศาสตร มหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยศิลปากร.
- สุปัญญา สุขผลพลา. 2546. ศึกษาปัจจัยที่ผลต่อการสร้างสปอร์และการผลิตพอลิ-3-ไฮดรอกซีบิวทีเรตโดยเชื้อ *Bacillus* sp. BA-019. ปรินิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- สำนักงานนวัตกรรมแห่งชาติ. 2551. แผนที่นำทางแห่งชาติ การพัฒนาอุตสาหกรรมพลาสติกชีวภาพ (พ.ศ. 2551 – 2555). กรุงเทพฯ: สำนักงานนวัตกรรมแห่งชาติ กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.
- BALAJI, S., GOPI, K. & MUTHUVELAN, B. 2013. A review on production of poly β hydroxybutyrates from cyanobacteria for the production of bio plastics. *Algal Research*, 2, 278 - 285.
- CHAIJAMRUS, S. & UDPUAY, N. 2008. Production and Characterization of Polyhydroxybutyrate from Molasses and Corn Steep Liquor produced by *Bacillus megaterium* ATCC 6748. *Agricultural Engineering International*, X, 1 - 12.
- CHEN, G.-Q. & WU, Q. 2005. The application of polyhydroxyalkanoates as tissue engineering materials. *Biomaterials*, 26, 6565 - 6578.
- HAMIEH, A., OLAMA, Z. & HOLAIL, H. 2013. Microbial production of polyhydroxybutyrate, a biodegradable plastic using agro-industrial waste products. *Global Advanced Research Journal of Microbiology*, 2, 54 - 64.
- JACQUEL, N., LO, C.-W., WEI, Y.-H., WU, H.-S. & WANG, S. S. 2008. Isolation and purification of bacterial poly(3-hydroxyalkanoates). *Biochemical Engineering Journal*, 39, 15 - 27.
- LEE, S. Y. 1996. Bacterial Polyhydroxyalkanoates. *Biotechnology and Bioengineering*, 49, 1 - 14.
- LEMOIGNE, M. 1927. Études sur l'autolyse microbienne origine de l'acide β -oxybutyrique formé par autolyse, *Annales de l'Institut Pasteur*, 41: 148 – 165.
- PETRASOVITS, L. A., ZHAO, L., MCQUALTER, R. B., SNELL, K. D., SOMLEVA, M. N., PATTERSON, N. A., NIELSEN, L. K. & BRUMBLEY, S. M. 2012. Enhanced polyhydroxybutyrate production in transgenic sugarcane. *Plant Biotechnology Journal*, 10, 569 - 578.
- POIRIER, Y. 1999. Green chemistry yields a better plastic. *Nature Biotechnology*, 17, 960 - 961.
- POIRIER, Y., DENNIS, D. E., KLOMPARENTS, K. & SOMERVILLE, C. 1992. Polyhydroxybutyrate, a biodegradable thermoplastic, produced in transgenic plants. *Science*, 256, 520 - 523.
- SHAH, A. A., HASAN, F., HAMEED, A. & AHMED, S. 2008. Biological degradation of plastics: A comprehensive review. *Biotechnology Advances*, 26, 246 - 265.

- SINDHU, R., SILVIYA, N., BINOD, P. & PANDEY, A. 2013. Pentose-rich hydrolysate from acid pretreated rice straw as a carbon source for the production of poly-3-hydroxybutyrate. **Biochemical Engineering Journal**, 78, 67 - 72.
- SNELL, K. D. & PEOPLES, O. P. 2002. Polyhydroxyalkanoate Polymers and Their Production in Transgenic Plants. **Metabolic Engineering**, 4, 29 - 40.
- TSUDA, H. 2012. Generation of poly- β -hydroxybutyrate from externally provided acetate in rice root. **Plant Physiology and Biochemistry**, 50, 35 - 43.
- WILLIAMS, S. F., MARTIN, D. P., HOROWITZ, D. M. & PEOPLES, O. P. 1999. PHA applications: addressing the price performance issue I. Tissue engineering. **International Journal of Biological Macromolecules**, 25, 111 - 121.
- ZHANG, Y., SUN, W., WANG, H. & GENG, A. 2013. Polyhydroxybutyrate production from oil palm empty fruit bunch using *Bacillus megaterium* R11. **Bioresource Technology**, 147, 307 - 314.

ภาคผนวก

การนำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์

ประวัตินักวิจัย

หัวหน้าโครงการ

ชื่อ - นามสกุล (ภาษาไทย)

นายบัณฑิต บุญขาว

ชื่อ - นามสกุล (ภาษาอังกฤษ)

MR. BUNDIT BOONKHAO

ตำแหน่งปัจจุบัน

อาจารย์

หน่วยงานและสถานที่อยู่ติดต่อได้สะดวก พร้อมหมายเลขโทรศัพท์ โทรสาร และไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ (e-mail)

สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยนครพนม ถนนนิตโย ตำบลหนองญาติ อำเภอเมือง จังหวัดนครพนม 48000 โทร 042-511-484 โทรสาร 042-511-484 อีเมลอิเล็กทรอนิกส์

bundit@npu.ac.th

ประวัติการศึกษา

PhD. (Chemical Engineering) University of Leeds, UK. 2011

วศ.ม. (วิศวกรรมเคมี) มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ 2547

วศ.บ. (วิศวกรรมเคมี) มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ 2545

งานวิจัยที่กำลังทำ :

การวิเคราะห์องค์ประกอบอิสระเพื่อการคำนวณขนาดอนุภาคจากอัลตราซาวด์แอมเพนเอทสเปคโตรสโคปี
ระบบของไหลจุลภาคอย่างง่ายจากหลอดรูเล็ก

การเลือกปรับกระบวนการเพื่อการประหยัดพลังงานในกระบวนการผลิตด้วยวิธีการควบคุมกระบวนการเชิงสถิติแบบหลายตัวแปร

กระดาษไม่เปียกน้ำสำหรับบรรจุภัณฑ์

ผู้ร่วมวิจัย 2

ชื่อ - นามสกุล (ภาษาไทย)

นายโสรัจจ์ ประวีณวงศ์วุฒิ

ชื่อ - นามสกุล (ภาษาอังกฤษ)

MR. SORAJ PRAWEENAWONGWUT

ตำแหน่งปัจจุบัน

อาจารย์

หน่วยงานและสถานที่อยู่ติดต่อได้สะดวก พร้อมหมายเลขโทรศัพท์ โทรสาร และไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ (e-mail)

คณะเกษตรและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยนครพนม 103 ถนนชยางกูร ตำบลขามเฒ่า อำเภอเมือง จังหวัดนครพนม รหัสไปรษณีย์ 48000 E-mail: nasc8_npu@hotmail.com

ประวัติการศึกษา

ปร.ด. เกษตรเชิงระบบ

มหาวิทยาลัยขอนแก่น 2549

วท.ม. ธุรกิจเกษตร

วท.บ. เศรษฐศาสตร์เกษตร

ผู้ร่วมวิจัย 3

ชื่อ - นามสกุล (ภาษาไทย)

นางสาวปิยะพร พันธุ์ศักดิ์

ชื่อ - นามสกุล (ภาษาอังกฤษ)

MISS PIYAPORN PHANSAK

ตำแหน่งปัจจุบัน

อาจารย์

หน่วยงานและสถานที่อยู่ติดต่อได้สะดวก พร้อมหมายเลขโทรศัพท์ โทรสาร และไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ (e-mail)

สาขาวิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครพนม 214 ถนนนิตโย ตำบลหนองญาติ อำเภอเมือง

จังหวัดนครพนม E-mail: pphansak@gmail.com

ประวัติการศึกษา

PhD. (Agronomy) University of Nebraska-Lincoln, USA 2010

วท.ม. (เกษตรศาสตร์) มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ 2546

วท.บ. (เกษตรศาสตร์) มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ 2543

ผู้ร่วมวิจัย 4

ชื่อ - นามสกุล (ภาษาไทย)

นางสาวไพเราะ เสาะสมบูรณ์

ชื่อ - นามสกุล (ภาษาอังกฤษ)

MISS PAIROH SOHSOMBOON

หน่วยงานและสถานที่อยู่ติดต่อได้สะดวก พร้อมหมายเลขโทรศัพท์ โทรสาร และไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ (e-mail)

สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ คณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครพนม 167 หมู่ 8 ตำบลนาราชควาย อำเภอเมือง จังหวัดนครพนม รหัสไปรษณีย์ 48000 โทรสาร +66 42 587306 E-mail:

pairoh.soh@hotmail.com

ประวัติการศึกษา

MA. (Science Education)	University of Leeds, UK	2549
วท.บ. (เคมี)	มหาวิทยาลัยรามคำแหง	2546