กรดด่าง 5.0 ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 ชั่วโมง และไฮโดรไลซีสต่อด้วยเอนไซม์แอลฟาอะไมเลสที่ปริมาณ 9 ยูนิต ค่าความเป็นกรดด่าง 6.0 ที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง และสุดท้ายไฮโดรไลซีสต่อด้วยเอนไซม์อะไมโลกลูโคซิเดสที่ปริมาณ 6 ยูนิต ค่าความเป็นกรดด่าง 4.0 ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 24 ชั่วโมง และในระหว่างการไฮโดรไลซีสเซลลูโลสและแป้งที่ถูกใช้ไปในการไฮโดรไลซีสในส่วนผสมของเปลือกและกากมันสำปะหลังที่อัตราส่วน 0:1, 1:5, 1:2 และ 1:1 โดยน้ำหนัก ด้วยการทำงานร่วมกันของเอนไซม์ทั้ง 3 ชนิด ทำให้ปริมาณแป้งถูกไฮโดรไลซีสไปร้อยละ 92.37 ± 0.59, 91.25 ± 0.44, 92.45 ± 0.72 และ 95.18 ± 1.07 ของน้ำหนักแห้ง ตามลำดับ และปริมาณเซลลูโลสที่ถูกไฮโดรไลซีสไปร้อยละ 91.01 ± 0.98, 93.12 ± 1.25, 92.57 ± 0.96 และ 93.24 ± 1.75 ของน้ำหนักแห้ง ตามลำดับ

4.5 การผลิตเอทานอลด้วยด้วย *Saccharomyces cerevisiae* TISTR 5343 เขย่าด้วยความเร็ว 150 รอบต่อนาที โดยทำการหมักที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง พบว่า สามารถผลิตเอทานอลจากส่วนผสมของเปลือกและกากมันสำปะหลังที่อัตราส่วนต่าง ๆ โดยได้ปริมาณเอทานอล 1.55 ± 0.03, 1.72 ± 0.02, 1.67 ± 0.02 และ 1.86 ± 0.03 กรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง ตามลำดับ ที่ความเข้มข้นของเอทานอลร้อยละ 1.55 ± 0.03, 1.73 ± 0.02, 1.67 ± 0.02 และ 1.87 ± 0.05 โดยน้ำหนัก ตามลำดับ จากน้ำตาลที่ได้จากส่วนผสมของเปลือกและกากมันสำปะหลังที่อัตราส่วน 0:1, 1:5, 1:2 และ 1:1 โดยน้ำหนัก ที่ได้จากการไฮโดรไลซีสด้วยการทำงานร่วมกันของเอนไซม์ทั้ง 3 ชนิด คือ เอนไซม์เซลลูเลส แอลฟาอะไมเลส และอะไมโลกลูโคซิเดส

4.6 การคิดค่าใช้จ่ายของต้นทุนการผลิตเอทานอลจากส่วนผสมของเปลือกและกากมันสำปะหลังที่อัตราส่วน 0:1, 1:5, 1:2 และ 1:1 โดยน้ำหนัก พบว่า ด้านพลังงานไฟฟ้าและไอน้ำ และค่าดำเนินการ รวมไปถึงค่าใช้จ่ายอื่นๆ ในการผลิตเอทานอลมีต้นทุนที่ 1.42 และ 1.29 บาทต่อลิตรตามลำดับ และต้นทุนที่ใช้ในการผลิตเอทานอลจากส่วนผสมของเปลือกและกากมันสำปะหลังที่อัตราส่วนต่าง ๆ มีค่าเท่ากับ 13.11, 12.95, 12.82 และ12.70 บาทต่อลิตร ตามลำดับ ที่ความเข้มข้นของเอทานอลร้อยละ 99.5 จากการผสมเปลือกมันสำปะหลังลงไปในกากมันสำปะหลังสามารถช่วยลดต้นทุนในการผลิตเอทานอลเมื่อผสมเปลือกมันสำปะหลังในปริมาณที่เท่ากับกากมันสำปะหลังสามารถลดต้นทุนการผลิตได้ 0.40 บาทต่อลิตร เมื่อเปรียบกับการใช้กากมันสำปะหลังเพียงอย่างเดียวในผลิตเอทานอล อย่างไรจากการศึกษาในครั้งนี้น่าจะเป็นแนวทางเพื่อนำไปสู่การวิจัย และพัฒนาในการลดต้นทุนการผลิตเอทานอลต่อไป การนำเปลือกและกากมันสำปะหลังจากกระบวนการผลิตแป้งมันสำปะหลังมาใช้ นอกจากช่วยลดปัญหาของเสียที่มีปริมาณมากที่ส่งผลต่อสภาพแวดล้อม ยังเป็นการใช้ประโยชน์ในการผลิตเอทานอล ซึ่งเป็นทางเลือกหนึ่งในการใช้เป็นพลังงานทดแทนน้ำมันในอนาคต และถือว่าเป็นการใช้ทรัพยากรอย่างคุ้มค่าให้เกิดประโยชน์อย่างสูงสุด

5. เอกสารอ้างอิง

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2546, **รายงานพลังงานทดแทนของประเทศไทย** [Online], Available: http://www2.dede.go.th/renew/report46/Energy%20situation%20_Thai_.pdf [วันที่ 20 ธันวาคม 2550]

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2549, **เอทานอลพลังงานทดแทนจากพืช**, กระทรวงพลังงาน, กรุงเทพ

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2550, **เอทานอลพลังงานทดแทนจากพืช**, กระทรวงพลังงาน, กรุงเทพ

กัลยา อยู่นาน, 2546, **การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมต่อการผลิตน้ำตาลจากเปลือกและกากมันสำปะหลัง**, วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สายวิชาเทคโนโลยีชีวเคมี, คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, กรุงเทพ, 162 หน้า

กล้าณรงค์ ศรีรอต และ อกูล ปิยะจอมขวัญ, 2543, **เทคโนโลยีของแป้ง**, พิมพ์ครั้งที่2, สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพ, 292 หน้า

กล้าณรงณ์ ศรีรอด, สิริพล โกสินทรเสนีย์, เกื้อกูล ปิยะจอมขวัญ, สุทธิพันธุ์ แก้วสมพงษ์, ปฐมา จาตกานนท์ และสิทธิโชค วัลลภทิตย์, 2548 , **การพัฒนาการผลิตเอทานอลจากวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรเพื่อลดทุน**, รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพ, 124หน้า

กล้าณรงณ์ ศรีรอด และ เกื้อกูล ปิยะจอมขวัญ, 2549, "การผลิตเอทานอลจากมันเส้นจากมันสำปะหลังสู่เอทานอล (เทคโนโลยีการผลิตเอทานอลจากมันสำปะหลัง)", **วารสารวิศวกรรมสาร**, ปีที่ 59, ฉบับที่ 2, หน้า 26-28

จิรศักดิ์ คงเกียรติขจร, 2546, **โครงการการผลิตเอทนอลจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรโดยเชื้อจุลินทรีย์ในวภาวะปราศจากออกซิเจน**, รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, กรุงเทพ, 63 หน้า

ชลดา ซื่อสัตย์, 2546, **การใช้ประโยชน์จากกากมันสำปะหลังเพื่อผลิตเอทานอล**, วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, ภาควิชาวิทยาศษสตร์สิ่งแวดล้อม, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพ, 92 หน้า

เทพปัญญา เจริญรัตน์, 2544, **การผลิตเอทานอลจากการมันสำปะหลังแบบครั้งคราวโดยการเติมสับเสรตขึ้นกับพีเอช**, วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาเทคโนโลยีชีวภาพ, คณะวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพ, 177 หน้า

ธีรภัทร ศรีนรคุตร, เลิศลักษณ์ แก้ววิมล และละเอียด แซ่โง้ว, 2549, "การย่อยกากมันสำปะหลังเพื่อผลิตเชื้อเพลิงเอทานอลในประเทศไทย", **วารสารวิจัยวิทยาศาสตร์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย**, ปีที่ 31, ฉบับที่ 1, หน้า 77-84

เบญจวรรณ ชิตมณี, 2534, **การผลิตเอ็นไซม์เซลลูเลสในน้ำทิ้งโรงงานน้ำมันปาล์มโดยใช้เชื้อราที่แยกได้**, วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาเทคโนโลยีชีวภาพ, มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, สงขลา, 131 หน้า

ประศาสตร์ ฟูตระกูล, 2540, **การหมักแอลกอฮอล์จากมันเส้นด้วยระบบต่อเนื่องในถังหมักทรงสูงระดับโรงงานทดลอง**, โครงการเผยแพร่และขยายผลงานวิจัยเพื่อการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคม, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพ.

พัชรา วีระกะลัส, 2543, **เอนไซม์**, พิมพ์ครั้งที่ 2, สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพ, 344 หน้า

มุกดา คูหิรัญ, หรรษา ปุณณะพยัคฆ์, สมศักดิ์ ดำรงค์เลิศ และบุญธิดา โฆษิตทรัพย์, 2546, "แนวทางการพัฒนาการใช้เซลลูโลสจากวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรและอุตสาหกรรมการเกษตรเพื่อการผลิตเอทานอล", **การสัมมนาเผยแพร่ผลงานวิจัยด้านพลังงานทดแทน**, สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ, 25 กันยายน 2546, โรงแรมรามาการ์เด้นส์, กรุงเทพ, หน้า 39-49

ระวีวรรณ์ ขวัญเมือง, 2538, การหมักแอลกอฮอล์จากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรโดยใช้เซลลูโลสและ *Saccharomyces cerevisiae*, วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพ

สุนีย์ โชตินีรนาท, 2539, **การผลิตน้ำตาลรีดิวซ์จากกากมันสำปะหลังโดยใช้เอนไซม์และอัลทราฟิวเทรชัน**, วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพ, 95 หน้า

สุภาวดี ดิสโร, 2543, **การย่อยกากมันสำปะหลังด้วยเอนไซม์ผสมในเครื่องปฏิกรณ์อัลทราฟิลเทรชัน**, วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาเทคโนโลยีชีวภาพ, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพ, 99 หน้า

สุวิทย์ เตีย, วีระ โลหะ และบุณยพัต สุภานิช, 2548, **รายงานฉบับสมบูรณ์การจัดทำเอกสารประกอบการขออนุญาตจัดตั้งโรงงานผลิตเชื้อเพลิงเอทานอลจากมันสำปะหลัง**, 15 กุมภาพันธ์ 2548, ชลบุรี

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ, 2546, **สถานภาพของวัสดุเหลือทิ้งจากอุตสาหกรรมการเษตรและการใช้ประโยชน์**, กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, กรุงเทพ, หน้า 57-71

Areghore, E.M., 2000, "Chemical Composition and Nutrive Value of Some Tropical By-Product Feedstuffs for Small Ruminants in Vivo and in Vitro Digestibiblity", **Animal Feed Science and Technology**, Vol. 85, pp. 99-109.

Agu, R.C., Amadife, A.E., Ude, C.M., Onyia, A., Ogu, E.U., Oka, M. and Ezejiofor, R.T., 1997, "Combined Heat Treatment and Acid Hydrolysis of Cassava Grate Waste (CGW) Biomass for Ethanol Production", **Waste Management**. Vol. 17, pp. 91-96.

Beldman, G., Romouts, F.M., Voragen, A.G.J. and Pilinik, W., 1984, "Application of Cellulose and Pectinase from Fungal Origin for The Liquefaction and Saccharification of Biomass", **Enzyme and Microbial Technology**, Vol. 6 , pp. 503-507.

Jones, R.P., Pamment, N., and Greenfield P.E., 1981, "Alcohol Fermentation by Yeasts : The Effect of Environmental and Other Variabils", **Process Biochemistry**, Vol. 19, No. 3, pp. 42-49.

Murphy, J.D. and McCarthy, K., 2004, "Ethanol Production from Energy Crops and Wastes for Use as A Transport Fuel in Ireland. **Journal of Applied. Energy**, Vol. 82, pp. 148–166.

Negro, M.J., Manzanares, P., Oliva, J.M., Ballerterors, I. and Balleateros, M., 2003, "Change in various physical/chemical paprameters of *Pinus pinaster* wood after steam explosion pretreatment", **Biomass and Bioenergy**, Vol. 25, pp. 301-308.

Ramos, L.P., 2003, " The chemistry involved in the steam treatment of lignocellulosic materials", **Quim. Nova.**, Vol. 26, pp. 863-871

Salami, R.I. and Odunsi, A.A., 2003, "Evaluation of Processed Cassava Peel Meals as Substitutes for Maize in the Diets of Layers", **Internation Journal of Poltry Science**, Vol. 2, pp. 112-116.

Shevchenko, S.M., Chang, K., Robinson, J. and Saddler, J.N., 2000, "Optimization of monosaccharide recovery by post-hydrolysis of the water-soluble hemicellulose component after steam explosion of softwood chips", **Bioresource Technology**, Vol. 71, pp. 207-211.

Srinorakutara , T., Suesat, C., Pitiyont, B., Kitpreechavanit, W. and Cattithammanit, S. 2004. **Utilization of waste from cassava starch plant for ethanol production**. The Joint International Conference On " Sustainable Energy and Environment (SEE). Hua Hin. Thailand

Wu, M., Chang, K., Gregg, D., Boussaid, A., Beatson, R.P. and Saddler, J.N., 1999, "Optimization of steam explosion to enhance hemicellulose recovery and enzymatic hydrolysis of cellulose in softwood", **Applied Biochemistry and Biotechnology**, Vol. 77-79, pp. 47-54.

6. การผลิตนักศึกษา

ระดับปริญญาโท 1 คน

7. สิ่งตีพิมพ์

ตีรณันท์ เอกสมทราเมษฐ์, ภาวิณี ชัยประเสริฐ และวรินธร สงคศิริ, 2552, "การย่อยสลายเปลือกและกากมันสำปะหลังที่ได้จากกระบวนการผลิตแป้งมันสำปะหลังเพื่อการผลิตเอทนอล", **การประชุมวิชาการ "สิ่งแวดล้อมนเรศวร"**, ครั้งที่ 4, 26-27 พฤษภาคม 2552, มหาวิทยาลัยนเรศวรพะเยา, หน้า 349-357

ลงชื่อ_____

(หัวหน้าโครงการ)

วันที่_____