

อิทธิพลของเชื้อจุลินทรีย์ เอนไซม์ และระยะเวลาในการหมักที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบทางเคมีของกากมันสำปะหลัง

Effect of Microbial Enzyme and Fermentation Period on Nutritive Value of Fermented Cassava Pulp

วาสนา ศิริแสน^{1*}, มนกันต์ อินทรกำแหง², สุภาวดี ปิระเต³, สุขกมล เกตุพลทอง

Vatsana Sirisan^{1*}, Manakant Intrakamhaeng², Supawadee Piratae³, Sukhkamon Ketphonthong

บทคัดย่อ

กากมันสำปะหลัง (Cassava pulp) เป็นอีกหนึ่งเศษเหลือจากกระบวนการผลิตแป้งมัน โดยมีคาร์โบไฮเดรตเป็นองค์ประกอบ 66.22 % จึงนิยมนำมาใช้เป็นอาหารพลังงานให้กับสัตว์ แต่อย่างไรก็ตามกากมันสำปะหลังมีองค์ประกอบโปรตีนค่อนข้างต่ำประมาณ 1 – 4 % การปรับปรุงคุณภาพกากมันจึงน่าจะช่วยให้เกิดการใช้ประโยชน์ได้สูงสุด ดังนั้นวัตถุประสงค์ของการศึกษาค้นคว้าเพื่อทดสอบประสิทธิภาพของเชื้อจุลินทรีย์ เอนไซม์ และระยะเวลาในการหมักที่มีผลต่อการเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการของกากมัน วางแผนการทดลองแบบ 2x4 factorial in CRD (completely randomize design, CRD) โดยมีปัจจัยในการทดลอง 2 ปัจจัย ได้แก่ ปัจจัยที่ 1 คือสัดส่วนของกากมันสำปะหลังต่อเอนไซม์เพคตินเนสในรูปวัสดุแข็งที่เพาะเลี้ยงจากเชื้อรา *Rhizopus* sp.26R 2 ระดับ คือ 100:0 และ 80:20 และปัจจัยที่ 2 คือ ชนิดของเชื้อ 3 ชนิดคือ *S. cerevisiae*, *R. oligosporus* และ mixed-culture ของเชื้อทั้ง 2 ชนิด เก็บตัวอย่างกากมันหมักที่ 0, 5, 10 และ 15 วัน ของการหมักเพื่อนำมาวิเคราะห์ค่าวัตถุแห้ง (DM) โปรตีนหยาบ (CP) เถ้า (Ash) จากนั้นนำค่าเฉลี่ยทั้งหมดมาวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป ผลการศึกษาพบว่าปริมาณวัตถุแห้งของกากมันแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติในวันที่ 15 ของการหมัก ($p < 0.01$) โดยสัดส่วนกากมันต่อเอนไซม์เพคตินเนสที่ 80:20 ร่วมกับเชื้อจุลินทรีย์ทุกสายพันธุ์มีผลทำให้ปริมาณวัตถุแห้งของกากมันเพิ่มสูงขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มอื่น แต่ทุกอิทธิพลร่วมไม่มีผลต่อปริมาณเถ้าของกากมันสำปะหลังหมักในทุกระยะเวลาของการทดสอบ อิทธิพลร่วมระหว่างสัดส่วนกากมันต่อวัสดุแข็งจากเชื้อที่ผลิตเอนไซม์เพคตินเนส และเชื้อจุลินทรีย์มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบโปรตีนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติในทุกช่วงวันของการหมัก ($p < 0.01$) โดยพบว่าการใช้กากมันที่สัดส่วน 100 หมักร่วมกับเชื้อ *R. oligosporus* (T3) ทำให้โปรตีนเพิ่มขึ้นสูงสุดถึง 23.43% ในวันที่ 15 ของการหมัก แต่การใช้กากมันที่สัดส่วน 80:20 โดยไม่มีการเติมเชื้อจุลินทรีย์ร่วมกับการหมัก (T5) มีผลทำให้โปรตีนเพิ่มขึ้นสูงสุดในวันที่ 10 ของการหมัก ดังนั้นการปรับปรุงคุณภาพกากมันสำปะหลังที่เหมาะสมคือการใช้กากมันสำปะหลังร่วมกับวัสดุแข็งของเชื้อที่ผลิตเอนไซม์เพคตินเนส สามารถเพิ่มโปรตีนได้สูงสุดในระยะเวลาการหมักที่สั้นลง

คำสำคัญ: เชื้อจุลินทรีย์โปรไบโอติก เอนไซม์ โปรตีน กากมันสำปะหลัง

Abstract

Cassava pulps are byproduct of starch industry. It is consisted of high carbohydrate as 66.2%. Hence, it is high potential to be used as energy source of animal feedstuffs. However, there is low protein content. Therefore, improving nutritive value of cassava pulps is high potential to use as animal feed. The aims of this study was to comparative effect of microbial probiotics, enzyme and fermentation period on nutritive value of cassava pulps. The

^{1,3} อาจารย์, ² ผู้ช่วยศาสตราจารย์, ⁴ นักวิทยาศาสตร์, ภาควิชาสัตวแพทย์สาธารณสุขศาสตร์ คณะสัตวแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม จังหวัดมหาสารคาม 44000

^{1,3} Lecturer, ² Assistant Professor, ⁴ Scientist, Department of Veterinary Public Health, Faculty of Veterinary Science, Mahasarakham University, Mahasarakham, 44000, Thailand

* Corresponding author: Vatsana Sirisan, Department of Veterinary Public Health, Faculty of Veterinary Science, Mahasarakham University, Mahasarakham, 44000, Thailand



experimental design was 2x4 factorial in Completely Randomized Design (CRD). The treatment consisted of 2 main factors of the ratio of cassava:Rhizopus that produce pectinase as 100:0 and 80:20 and factor of microbial probiotics such as no add microbial, *Saccharomyces cerevisiae*, *Rhizopus oligosporus* and mixed of 2 strains. Collection sample of fermented cassava pulps at the day of 0,5,10 and 15 for DM, ash and crude protein analysis. Most of data were analyzed by using Statistical analysis (SAS) program. The result showed that the interaction effect of cassava ratio as 80:20 were shown significant increased ($p<0.01$) of dry matter of fermented cassava pulps at 15 day of fermentation period; but ash content shown no significant difference by treatment. Crude protein content of fermented cassava pulps was highly significant by treatment ($p<0.01$). Cassava ratio as 100:0 with *R. oligosporus* was high potential to increases protein content at the 15 day of fermentation period. At the ratio of cassava and pectinase as 80:20 was high potential to increases protein content at the 10 day of fermentation period. Therefore, improving cassava pulps by using Rhizopus sp. that produce pectinase was high potential to increasing protein content; and it's spent less time for fermentation period.

Keywords: Microbial probiotics, enzyme, protein contents, cassava pulps

บทนำ

กากมันสำปะหลัง (Cassava pulp) เป็นอีกหนึ่งเศษเหลือจากกระบวนการผลิตแป้งมันที่ปัจจุบันได้รับความนิยมจากเกษตรกรในการนำมาใช้เป็นวัตถุดิบอาหารปลังงานที่สำคัญสำหรับสัตว์ โดยมีคาร์โบไฮเดรตเป็นองค์ประกอบ 66.22 เปอร์เซ็นต์ ที่สัตว์สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ แต่อย่างไรก็ตามกากมันสำปะหลังมีองค์ประกอบโปรตีนค่อนข้างต่ำ 1 – 4 เปอร์เซ็นต์ (Thao and Huong¹) ทำให้การนำกากมันสำปะหลังมาใช้เป็นอาหารสัตว์ต้องมีการใช้ร่วมกับวัตถุดิบอาหารสัตว์อื่นที่มีระดับโปรตีนที่สูงเช่น กากถั่วเหลือง ปลาป่น และกากปาล์ม แต่ในปัจจุบันมีแนวโน้มที่วัตถุดิบโปรตีนสูงเหล่านี้จะขาดแคลน และมีราคาแพงขึ้น ด้วยเหตุนี้จึงได้มีการพัฒนาวิธีการเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการโดยเฉพาะโปรตีนในกากมันสำปะหลัง ด้วยการหมักกากมันสำปะหลังกับเชื้อจุลินทรีย์ ซึ่งเชื้อที่นำมาหมักร่วมกับกากมันสำปะหลังนั้นเป็นเชื้อจุลินทรีย์ที่สามารถเจริญเติบโตโดยใช้สารอาหารที่มีในมันสำปะหลังเป็นแหล่งอาหารสำหรับการเจริญเติบโต โดยพบว่าเชื้อยีสต์ *Saccharomyces cerevisiae* ในเซลล์จะอุดมไปด้วยโปรตีน 40-60 เปอร์เซ็นต์ กรดอะมิโน ไลซีน (lysine) และ ฮิสทีดีน (histidine) (Rossi et al.²) รวมทั้งเมื่อเซลล์ยีสต์ที่ตายลงไปจะผ่านการถูกย่อยโดยน้ำย่อยจากสัตว์ทำให้สัตว์ได้รับสารอาหารที่มีอยู่ในเซลล์ยีสต์ได้อีกช่องทางหนึ่งด้วย และจากคุณสมบัติเฉพาะของยีสต์ที่สามารถใช้ประโยชน์จากน้ำตาลเพื่อการเจริญเติบโตและสร้างสารที่มีประโยชน์จึงเหมาะสำหรับการนำมาใช้หมักเพื่อเพิ่มโภชนาการในกากมันสำปะหลัง แต่อย่างไรก็ตามยีสต์มีข้อจำกัดในการย่อยแป้งในกากมันสำปะหลังได้น้อย ดังนั้นการนำเชื้อราาร่วมกับยีสต์จึงน่าจะ

เป็นโอกาสที่ดีในการนำประโยชน์จากกากมันสำปะหลังได้สูงสุด ทั้งนี้เนื่องจากเชื้อรา *Rhizopus oligosporus* มีเอนไซม์ย่อยแป้ง (อะไมเลส) เพื่อย่อยแป้งในกากมันสำปะหลังให้เปลี่ยนเป็นน้ำตาลและยีสต์จะใช้น้ำตาลที่ผลิตจากเชื้อราเพื่อเป็นแหล่งของคาร์บอนในการเจริญเติบโต และสร้างโปรตีนสะสมภายในเซลล์ จากการรายงานของ Jin et al.³ พบว่าเชื้อรา *R. oligosporus* มีคุณสมบัติในการย่อยโปรตีน และย่อยแป้งได้ เนื่องจากมีเอนไซม์โปรติเอส (protease) และเอนไซม์กลูโคอะไมเลส (glucoamylase) ตามลำดับ เมื่อใช้เชื้อรา *R. oligosporus* หมักร่วมกับเศษเหลือจากกระบวนการผลิตแป้งพบว่าสามารถเพิ่มโปรตีนในเซลล์ของเชื้อรา (fungal biomass) ได้สูงถึง 46 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนี้เชื้อรา *Rhizopus* sp. ยังสามารถผลิตเอนไซม์ เพคตินเนส (pectinase) เพื่อย่อยเพคตินที่จับอนุภาคแป้งในกากมันสำปะหลังเอาไว้ เมื่อใช้ร่วมกับ *R. oligosporus* ในการหมักกากมันสำปะหลังจะทำให้ประสิทธิภาพของการย่อยแป้งของ *R. oligosporus* ได้ดีขึ้นจากคุณสมบัติที่สำคัญของจุลินทรีย์เหล่านี้ จึงน่าจะมีความเป็นไปได้ในการเพิ่มปริมาณโปรตีนจากกากมันสำปะหลังจากเดิมที่มีการใช้เชื้อเพียงชนิดเดียว ซึ่งเป็นอีกทางเลือกหนึ่งในการสร้างอาหารโปรตีนที่ราคาถูกจากกากมันสำปะหลังรวมทั้งยังเป็นการสร้างความมั่นคงทางอาหารต่อวงการปศุสัตว์ อันจะเป็นแนวทางในการลดต้นทุนการผลิตและเพิ่มศักยภาพการผลิตของสัตว์ต่อไป

วิธีการดำเนินงานวิจัย

ใช้แผนการทดลอง 2x4 factorial in CRD (completely randomize design, CRD) โดยมีปัจจัยในการทดลอง 2 ปัจจัย

ได้แก่ปัจจัยที่ 1 คือสัดส่วนของกากมันสำปะหลังต่อเอนไซม์แพคตินเนสในรูปวัสดุแข็งที่เพาะเลี้ยงจากเชื้อรา *Rhizopus* sp.26R 2 ระดับ คือ 100:0 และ 80:20 และปัจจัยที่ 2 คือ ชนิดของเชื้อ 4 ชนิดคือ ไม่เติมเชื้อ เติมเชื้อ *S. cerevisiae*, *R. oligosporus* และ mixed-culture ของเชื้อทั้ง 2 ชนิด

เตรียมกากมันสำปะหลังที่จะใช้หมักร่วมกับปัจจัยทดสอบโดยอ้างอิงวิธีของ Kaewwongsa et al.⁴ แล้วหมักร่วมปัจจัยทดสอบเป็นเวลา 15 วัน สุ่มเก็บตัวอย่างกากมันที่หมักที่ 0, 5, 10 และ 15 วันของการหมัก เพื่อนำมาวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีในส่วนของสิ่งแห้ง เถ้า และโปรตีน ตามวิธีของ AOAC⁵

นำข้อมูลที่ได้วิเคราะห์ความแปรปรวนโดยใช้ตาราง ANOVA (Analysis of variance) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของทรีทเมนต์ด้วยวิธี Duncan's multiple range test (DMRT) โดยใช้โปรแกรม Statistical Analysis System (SAS⁶)

ผลและวิจารณ์การทดลอง

จากการปรับปรุงคุณภาพกากมันด้วยเอนไซม์แพคตินเนสในรูปวัสดุแข็งร่วมกับเชื้อจุลินทรีย์ พบว่าอิทธิพลร่วมระหว่างสัดส่วนกากมันและเชื้อจุลินทรีย์ไม่มีผลต่อปริมาณวัตถุแห้งของกากมันในวันที่ 0 ถึงวันที่ 10 แตกต่างกัน แต่ปริมาณสิ่งแห้งของกากมันแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติในวันที่ 15 ของการหมัก ($P < 0.01$) โดยสัดส่วนกากมันต่อเอนไซม์แพคตินเนสที่ 80:20 ร่วมกับเชื้อจุลินทรีย์ทุกสายพันธุ์มีผลทำให้ปริมาณสิ่งแห้งของกากมันเพิ่มสูงขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มอื่น (Table 1) ทั้งนี้เนื่องจากในกากมันสำปะหลังมีความชื้นค่อนข้างสูง เมื่อใช้กากมันหมักในสัดส่วนที่ลดลงจึงส่งผลต่อปริมาณของความชื้นลดลงหรือวัตถุแห้งเพิ่มขึ้นในกลุ่ม T6 ถึง T8 (Table 1) แต่อย่างไรก็ตามอิทธิพลร่วมระหว่างสัดส่วนกากมันและเชื้อจุลินทรีย์ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณเถ้าในทุกช่วงวันของการหมัก (Table 2)

อิทธิพลร่วมระหว่างสัดส่วนกากมันต่อวัสดุแข็งจากเชื้อที่ผลิตเอนไซม์แพคตินเนส และเชื้อจุลินทรีย์มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบโปรตีนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติในทุกช่วงวันของการหมัก ($P < 0.01$) (Table 3) โดยพบว่าการใช้กากมันที่สัดส่วน 100 หมักร่วมกับเชื้อ *R. oligosporus* (T3) ทำให้โปรตีนเพิ่มขึ้นสูงสุดถึง 23.43% ในวันที่ 15 ของการหมัก แต่การใช้กากมันที่สัดส่วน 80:20 โดยไม่มีการเติมเชื้อจุลินทรีย์ร่วมกับการหมัก (T5) มีผลทำให้โปรตีนเพิ่มขึ้นสูงสุดในวันที่ 10 ของการหมัก ซึ่งการใช้การใช้

เชื้อจุลินทรีย์หมักร่วมกับกากมันในสัดส่วนที่ลดลงไม่มีผลต่อการเพิ่มขึ้นของโปรตีนสูงสุดในทุกช่วงวันของการหมัก (Table 3) ดังนั้นการใช้กากมันที่ไม่ได้มีการเติมวัสดุแข็งจากเชื้อในการผลิตเอนไซม์ แพคตินเนสจำเป็นต้องใช้เชื้อจุลินทรีย์ *R. oligosporus* ที่ระยะเวลาในการหมัก 15 วัน จึงจะส่งผลในการเพิ่มโปรตีนได้สูงสุด แต่เมื่อมีการใช้กากมันร่วมกับวัสดุแข็งจากเชื้อในการผลิตเอนไซม์แพคตินเนสที่สัดส่วน 80:20 โดยไม่มีการหมักร่วมกับเชื้อจุลินทรีย์สามารถทำให้ปริมาณโปรตีนเพิ่มขึ้นได้สูงสุดในวันที่ 10 ของการหมัก

เมื่อพิจารณาแยกปัจจัยของสัดส่วนกากมันและปัจจัยของเชื้อจุลินทรีย์พบว่าการใช้กากมันในการหมักที่สัดส่วน 100:0 ทำให้ปริมาณโปรตีนเพิ่มสูงกว่าการใช้กากมันหมักที่สัดส่วน 80:20 (14.59 และ 11.94 % ตามลำดับ) แต่ระยะเวลาในการเพิ่มโปรตีนได้สูงสุดในสัดส่วนกากมัน 100 พบว่าอยู่ที่ 15 วัน แต่สัดส่วน 80:20 ใช้เวลา 10 วัน (Table 4) เมื่อพิจารณาปัจจัยจากเชื้อจุลินทรีย์พบว่าการไม่เติมเชื้อร่วมในการหมัก การใช้เชื้อ *S. cerevisiae*, *R. oligosporus* และ เชื้อทั้งสองสายพันธุ์ผสมกัน ทำให้โปรตีนเพิ่มขึ้นสูงสุดแตกต่างกันคือ 13.78, 14.54, 15.36 และ 11.91 % ตามลำดับ รวมทั้งระยะเวลาที่ใช้ในการหมักที่ทำให้โปรตีนเพิ่มขึ้นสูงสุดแตกต่างกันที่ 5, 10, 15 และ 10 ช่วงวันของการหมัก (Table 4)

ดังนั้นจากผลการศึกษาค้นคว้าการใช้เชื้อจุลินทรีย์สามารถปรับปรุงคุณภาพโปรตีนของกากมันได้ดี แต่การใช้กากมันหมักร่วมกับเอนไซม์แพคตินเนสสามารถเพิ่มโปรตีนและร่นระยะเวลาในการหมักได้ดีกว่า จากการศึกษาของ Kawwongsa et al.⁴ พบว่าการหมักกากมันสำปะหลังด้วยเชื้อยีสต์ *S. cerevisiae* ที่ระดับ 10^{13} g/ml ในปริมาณ 5 กรัม สามารถเพิ่มโปรตีนได้สูงสุด 26.4% ในวันที่ 5 ของการหมัก Akindahunsi⁷ ศึกษาการหมักกากมันสำปะหลังด้วยเชื้อยีสต์ *S. cerevisiae* เพียงอย่างเดียวเป็นระยะเวลา 3 วัน พบว่าปริมาณโปรตีนของกากมันสำปะหลังหมักมีค่าสูงสุดเพียง 10.9 % ทรงศักดิ์⁸ พบว่าการใช้กากมันหมักร่วมกับเชื้อรา *R. oligosporus* ที่อัตราเชื้อต่อกากมันสำปะหลังต่อ 1:5 สามารถเพิ่มปริมาณโปรตีนได้จาก 2 เป็น 21 % นอกจากนี้เชื้อรา *R. oligosporus* ยังสามารถผลิตเอนไซม์เพื่อย่อยแป้ง เพื่อใช้เป็นแหล่งคาร์บอนในการเจริญและสร้างเซลล์ ดังนั้นการพิจารณาการนำเอนไซม์ pectinase หรือการนำเชื้อที่มีความสามารถในการผลิตเอนไซม์ pectinase มาย่อยเพคตินที่จับโมเลกุลแป้งไว้ ทำให้โมเลกุลแป้งอิสระ ง่ายต่อการเข้าย่อยโดยเชื้อรา *R. oligosporus* จึงสามารถช่วยเพิ่มโปรตีนในกากมันได้



Table 1 Effect of cassava level and strains of probiotics on dry matter of fermented cassava pulps

Item	C:R=100:0										C:R=80:20					Effect (p-value)	
	Non		Sacc		Rhizo		Mixed		non		Sacc		Rhizo		Mixed		
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	T13	T14	T15		T16
Day0	89.33	92.54	89.78	91.52	92.72	92.52	94.14	93.55	93.55	0.89	0.89	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Day5	91.10	89.98	90.63	92.29	89.76	92.32	93.20	92.40	92.40	1.37	1.37	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Day10	89.38	90.42	91.75	86.19	90.54	94.23	91.97	92.30	92.30	2.66	2.66	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Day15	90.22 ^b	90.00 ^b	91.25 ^{ab}	93.71 ^a	91.40 ^{ab}	93.86 ^a	93.79 ^a	93.48 ^a	93.48 ^a	0.55	0.55	***	***	***	***	***	ns

C:R=Cassava pulp : Rhizopus enzyme, non = do not add microbial, Sacc = *Sacharomyces cerevisiae* , Rhizo= *Rhizopus oligosporus* , M= microbial probiotics
*** P<0.01, **P<0.05, ns=non significant

Table 2 Treatment combination effect of cassava level and strains of probiotics on ash content of fermented cassava pulps

Item	Cassava 100										Cassava 80					Effect (p-value)	
	none		Sacc		Rhizo		Mixed		none		Sacc		Rhizo		Mixed		
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	T13	T14	T15		T16
Day0	1.98	1.96	2.16	2.03	1.88	1.84	2.04	2.04	2.04	0.04	0.04	***	***	***	***	***	ns
Day5	2.21	1.98	1.97	2.03	1.95	2.04	2.04	2.04	2.04	0.09	0.09	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Day10	1.98	1.99	1.93	2.07	1.83	1.85	1.91	1.91	1.91	0.07	0.07	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Day15	1.78	1.84	2.00	1.97	2.00	1.96	2.09	2.09	2.09	0.06	0.06	**	**	**	**	**	ns

C:R=Cassava pulp : Rhizopus enzyme, non = do not add microbial, Sacc = *Sacharomyces cerevisiae* , Rhizo= *Rhizopus oligosporus* , M= microbial probiotics ,
M= microbial, *** P<0.01, **P<0.05, ns=non significant

**Table 3** Effect of cassava level and strains of probiotics on crude protein of fermented cassava pulps

Item	C:R = 100:0										C:R = 80:20				Effect (p-value)					
	Non		Sacc		Rhizo		Mixed		non		Sacc		Rhizo		Mixed		SEM	C:R ratio	M	C:R ratio *M
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	T13	T14						
Day0	7.70 ^b	17.07 ^{ab}	22.47 ^a	13.9 ^b	12.40 ^b	11.29 ^b	13.59 ^{ab}	14.41 ^{ab}	0.66	***	***	***	***	***						
Day5	7.90 ^b	12.21 ^{ab}	13.73 ^{ab}	10.18 ^{ab}	19.66 ^a	9.53 ^{ab}	4.40 ^b	4.00 ^b	0.12	***	***	***	***	***						
Day10	3.60 ^b	16.17 ^a	18.32 ^a	17.02 ^a	19.94 ^a	12.91 ^{ab}	8.11 ^b	6.8 ^b	0.52	***	***	***	***	***						
Day15	3.60 ^b	15.28 ^{ab}	23.43 ^a	16.05 ^{ab}	17.71 ^{ab}	11.50 ^b	7.50 ^b	4.45 ^b	1.15	***	***	***	***	***						

C:R=Cassava pulp : Rhizopus enzyme, non = do not add microbial, Sacc = *Sacharomyces cerevisiae* , Rhizo= *Rhizopus oligosporus* , M= microbial probiotics ,
*** P<0.01, **P<0.05, ns=non significant

Tale 4 Separating effect of cassava level and strains of probiotics on crude protein of fermented cassava pulps

Day	C:R				Microbial				Effect (p-value)			
	100:0		80:20		non		Mixed		SEM	C:R ratio	M	C:R ratio *M
	100:0	80:20	non	Mixed	Rhizo	Sacc	Rhizo	Sacc				
Day 0	15.25	12.92	10.05	14.18	18.03	14.10	0.66	***	***	***	***	***
Day 5	11.00	9.39	13.78	10.87	9.06	7.05	0.12	***	***	***	***	***
Day 10	13.77	11.94	11.77	14.54	13.21	11.91	0.52	***	***	***	***	***
Day 15	14.59	10.24	10.65	13.39	15.36	10.25	1.15	***	***	***	***	***

C:R=Cassava pulp : Rhizopus enzyme, non = do not add microbial, Sacc = *Sacharomyces cerevisiae* , Rhizo= *Rhizopus oligosporus* , M= microbial probiotics ,
*** P<0.01, **P<0.05, ns=non significant



สรุปผล

จากการศึกษาการปรับปรุงคุณภาพกากมันสำปะหลังด้วยเชื้อจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์ เอนไซม์ เพคตินเนสจากวัสดูแข็งของเชื้อ *Rhizopus* พบว่าอิทธิพลร่วมของสัดส่วนกากมันและเชื้อจุลินทรีย์ทุกสายพันธุ์มีผลต่อปริมาณสิ่งแห้งของกากมันสำปะหลังหมักมีค่าเพิ่มขึ้นในวันที่ 15 ของการหมักแต่ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณของเถ้า การใช้กากมันที่สัดส่วน 100 หมักร่วมกับเชื้อ *R. oligosporus* (T3) ทำให้โปรตีนเพิ่มขึ้นสูงสุดถึง 23.43% ในวันที่ 15 ของการหมัก แต่การใช้กากมันที่สัดส่วน 80:20 โดยไม่มีการเติมเชื้อจุลินทรีย์ร่วมกับการหมัก (T5) มีผลทำให้

โปรตีนเพิ่มขึ้นสูงสุดในวันที่ 10 ของการหมัก ดังนั้นการใช้กากมันสำปะหลังร่วมกับวัสดูแข็งของเชื้อที่ผลิตเอนไซม์เพคตินเนส สามารถเพิ่มโปรตีนได้สูงสุดในระยะเวลาการหมักที่สั้นลง

กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากเงินอุดหนุนการวิจัยงบประมาณแผ่นดิน ประจำปี 2557 มหาวิทยาลัยมหาสารคาม และขอขอบคุณหน่วยปฏิบัติการวิจัย (research unit) โภชนาภิบาล คณะสัตวแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

เอกสารอ้างอิง

1. Thao, N. N., and N. H. Huong. 1992. Solid-state fermentation of Manioc to increase protein content. Applications of Biotechnology totraditional fermented foods. 100 – 104.
2. Rossi, F., A.D. Luccia, D. Vincenti, P.S. Cocconcelli. 2004. Effects of peptidic fractions from *Saccharomyces cerevisiae* culture on growth and metabolism of the ruminal bacteria *Megasphaera elsdenii*. Anim. Res. 53:177–186
3. Jin, B., J. Van Leeuwen, B. Patel. 1999. Mycelial morphology and fungal protein production from starch processing wastewater in submerged culture of *Aspergillus oryzae*. Pro. Biochem. 34:335-340.
4. Kaewwongsa, W., S. Traiyakun, C. Yuangklang, C. Wachirapakorn, and P. Paengkoum. 2011. Protein enrichment of cassava pulp fermentation by *Saccharomyces cerevisiae*. J. Anim Vet Adv. 10: 234-2440.

5. AOAC. 1985. Official Methods of Analysis. Association of Official Analysis Chemist. Washington, DC.
6. SAS. 1996. The SAS system, Version 6.2, SAS Institute, Inc., Cary, NC.
7. Akindahunsi, A.A., G. Oboh and A.A. Oshodi. 1999. Effect of fermenting cassava with *Rhizopus oryzae* on the chemical composition of its flour and garri. La Rivista Italian Delle Sostanze Grasse. 76:437-440.
8. ทรงศักดิ์ วัฒนชัยเสวีกุล. 2543. อาหารสัตว์จากกากมันสำปะหลังหมัก. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.