การศึกษาคุณค่าทางโภชนะของกากชานอ้อยหมักร่วมกับด่าง ความร้อน และเชื้อจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์

Study on Nutritive Value of Sugar Cane Bagasse Fermented with Alkaline, Heating and Effective Microorganism

วาสนา ศิริแสน, สุขกมล เกตุพลทอง

Vatsana Sirisan, Sukhkamon Ketphonthong

บทคัดย่อ

กากชานอ้อยเป็นเศษเหลือทิ้งจากโรงงานผลิตน้ำตาลสามารถใช้ประโยชน์ได้หลากหลาย โดยเฉพาะสามารถใช้เป็นแหล่งอาหารหยาบให้กับสัตว์เคี้ยวเอื้องได้ แต่กากชานอ้อยมีเยื่อใยสูงและโปรตีนต่ำ การปรับปรุงคุณภาพกากชานอ้อยจึงน่าจะช่วยให้เกิดการใช้ประโยชน์ได้มากขึ้น ดังนั้นวัตถุประสงค์ของการศึกษาครั้งนี้เพื่อปรับปรุงคุณภาพกากชานอ้อยด้วยด่าง ความร้อนและเชื้อจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์ วางแผนการทดลองแบบ 2x2x2 factorial in Completely Randomized Design (CRD) โดยมี 3 ปัจจัยที่ใช้ในการทดสอบคือ NaOH ที่ใช้ 2 ระดับ คือ 0 และ 4 % ปัจจัยการให้ความร้อนแก่กากชานอ้อยด้วยการ autoclave ที่อุณหภูมิ 0 และ 120 ^{0}C เป็นเวลา 15 นาที และปัจจัยความเข้มข้นของเชื้อ *Pleurotus sajor-caju* ที่ใช้คือ 0, 10^{8} spore/ml เก็บตัวอย่างกากชานอ้อยที่หมักทุก 0, 5, 10, 15, 20, 25 และ 30 วัน เพื่อนำมาวิเคราะห์ค่าวัตถุแห้ง (DM) โปรตีนหยาบ (CP) เถ้า (Ash) และนำค่าเฉลี่ยทั้งหมดมาวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป จากการศึกษาพบว่าปริมาณสิ่งแห้งของกากชานอ้อยและเถ้าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05) ในวันที่ 5 และ30 วันของการหมัก เมื่อไม่ให้ความร้อนกากชานอ้อยและใช้ด่าง NaOH 4% ร่วมกับเชื้อ *Pleurotus sajor-caju* อิทธิพลร่วมของด่าง ความร้อน และเชื้อจุลินทรีย์ *Pleurotus sajor-caju* มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบของโปรตีนในกากชานอ้อยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.01) โดยกากชานอ้อยที่ไม่ได้ปรับปรุงคุณภาพด้วยด่างแต่ใช้อุณหภูมิสูงและเชื้อจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์จึงจะช่วยปรับปรุงคุณภาพโปรตีนได้สูงสุดในวันที่ 15 วันของการหมักแต่การใช้ด่าง NaOH ที่ระดับ 4% ร่วมกับเชื้อจุลินทรีย์ *Pleurotus sajorcaju* โดยไม่ต้องการใช้ความร้อนในการปรับปรุงคุณภาพ สามารถเพิ่มโปรตีนได้สูงสุดโดยใช้ระยะเวลาในการหมักที่สั้นที่สุดเพียง 5 วัน ดังนั้นวิธีการปรับปรุงคุณภาพกากชานอ้อยที่ให้ผลตอบสนองสูงสุดและใช้ระยะเวลาในการหมักน้อยสุดคือการใช้ด่าง NaOH ที่ระดับ 4% ร่วมกับเชื้อ *Pleurotus sajor-caju* 10^{8} spore/ml โดยไม่ต้องมีการให้ความร้อน

คำสำคัญ: โซเดียมไฮดรอกไซด์ การนึ่งความดันไอ เชื้อราขาว *(Pleurotus sajor-caju)* ปริมาณโปรตีน

Abstract

Sugar cane bagasse is agricultural by-product has potential to be use as animal feed stuffs. However, most of these are low of nutritive value such low protein and high fiber contents. Therefore, it has been recognized that in order to improving nutritive value of bagasse. The objective of this study was to improving nutritive value of bagasse by using alkaline, heating and microbial probiotics. The experimental design was 2x2x2 factorial in Completely Randomized Design (CRD).The treatment consisted of 3 main factor as 2 level of alkaline as 0 and 4%, 2 degree Celsius of heating temperature as 0 and 120 ^{o}C and 2 factors of microbial probiotics (*Pleurotus sajor-caju*) as 0 and 10^{8} spore/ml. Collecting sample of bagasse at the day of 0,5,10,15,20,25 and 30 for DM, ash and crude protein analysis. Most of data were analyzed by using SAS program. The result show that the interaction effect of alkaline heating and

---

[1] *อาจารย์, [2]นักวิทยาศาสตร์, ภาควิชาสัตวแพทย์สาธารณสุขศาสตร์ คณะสัตวแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม จังหวัดมหาสารคาม 44000*

[1] *Lecturor, scientist [2], 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*

microbial were significantly increased (P<0.05) of dry matter (DM) and ash of fermented bagasse at the 5 and 30 day of fermentation period. Moreover, the interaction effect of alkaline heating and microbial were significant difference on protein content of fermented bagasse (P<0.01) at 0, 5, 10, 25 and 30 days of fermentation period. Bagasse do not treat with alkaline but treat with heating and microbial treatments were improving protein content at the 15 day of fermentation period. Bagasse do not treat heating but using high level of NaOH as 4% with *Pleurotus sajorcaju* are affected to increasing protein contents at the 5th day of fermentation period. Thus, using 4% of NaOH with *Pleurotus sajor-caju* 10^8 spore/ml have been high potential to improve nutritive value of fermented bagasse.

Keywords: Sodium hydroxide (NaOH), autoclaving, white rot fungi *(Pleurotus sajor-caju)*, protein content

บทนำ

กากชานอ้อย (Bagasse) เป็นส่วนของลำต้นอ้อยที่หีบเอาน้ำตาลออกจากท่อนอ้อยแล้ว เมื่อท่อนอ้อยผ่านลูกหีบชุดแรกอาจจะมีน้ำอ้อยตกค้างเหลืออยู่ยังหีบออกไม่หมด แต่พอผ่านลูกหีบชุดที่ 3-4 หรือ 5-6 ก็จะมีน้ำอ้อยตกค้างอยู่น้อยมาก ส่วนใหญ่ที่คงเหลือจะเป็นส่วนประกอบของเยื่อใย อย่างไรก็ตามปัจจุบันได้มีการนำกากชานอ้อยมาใช้ประโยชน์ในด้านอาหารสัตว์มากขึ้น โดยเฉพาะอาหารหยาบสำหรับสัตว์เคี้ยวเอื้อง แต่กากชานอ้อยมีคุณค่าทางโภชนะโปรตีนต่ำ 2.3% และมีปริมาณมีเยื่อใยสูง โดยเฉพาะเยื่อใยที่ไม่ละลายสารละลายที่เป็นกลาง (Neutral detergent fiber, NDF) 82% เยื่อใยที่ไม่ละลายในสารละลายที่เป็นกรด (Acid detergent fiber, ADF) 52 % และเถ้า 3.2 % (Rangnekar[1]) ทำให้ประสิทธิภาพการนำใช้ประโยชน์จึงน้อยตามไปด้วย ดังนั้นจึงมีกระบวนการต่างๆ ที่นำมาใช้ในการปรับปรุงคุณภาพกากชานอ้อย เช่น การใช้สารเคมีทั้งที่มีคุณสมบัติเป็นกรดและด่าง การใช้เครื่องมือปั่นให้ชิ้นละเอียด การใช้ความร้อน หรือไอน้ำร้อน เป็นต้น จากการรายงานของ วิศิษฐิพร และคณะ[2] พบว่าการปรับปรุงคุณภาพกากชานอ้อยด้วยด่าง NaOH ทำให้เปอร์เซ็นต์เถ้าเพิ่มขึ้น ในกลุ่มที่ปรับปรุงด้วยยูเรียทำให้เปอร์เซ็นต์โปรตีนเพิ่มขึ้น แต่กลุ่มที่ปรับปรุงด้วยด่างเพียงอย่างเดียวไม่มีผลต่อการเพิ่มโปรตีนในกากชานอ้อย สอดคล้องกับการศึกษาของ Suksombat[3] พบว่าการปรับปรุงกากชานอ้อยด้วยยูเรีย 3 % ร่วมกับด่าง NaOH 6% และยูเรีย 6% ร่วมกับด่าง 6% ทำให้ปริมาณโปรตีนเพิ่มขึ้นถึง 13.3 และ 13.9% ตามลำดับ แต่การใช้ด่างหรือยูเรียเพียงอย่างเดียวไม่มีผลต่อการเพิ่มขึ้นของโปรตีนในกากชานอ้อย

นอกจากนี้ยังมีวิธีการปรับปรุงคุณภาพกากชานอ้อยด้วยการใช้จุลินทรีย์ที่มีประโยชน์ โดยเฉพาะกลุ่มเชื้อราขาวที่มีรายงานพบว่าสามารถทำลายพันธะลิกนินที่อยู่ในกากชานอ้อยได้ ได้แก่ *Lenzites adusta*, *Pleurotus sajorcaju* และ *Dadela flavida* (Shrivastava et al.[4] Nallapeta et al.[5]; Hossain et al.[6]) Samir[7] ศึกษาการใช้เชื้อ *Pleurotus ostreatus* หมักร่วมกับกากชานอ้อยพบว่าสามารถเพิ่มโปรตีนได้สูงถึง 22 % สอดคล้องกับการศึกษาของประธาน[8] พบว่ากากชานอ้อยหมักร่วมกับเชื้อ *P. sajor-caju* ที่ 14, 21 และ 30 วัน ทำให้ปริมาณโปรตีนเพิ่มขึ้น ส่วนปริมาณลิกนินและลิกโนเซลลูโลสลดลงเมื่อหมักเป็นเวลา 30วัน

จากการศึกษาของ Nallapeta et al.[9] ศึกษาการคัดแยกเชื้อราขาวที่สามารถย่อยสลายพันธะลิกนินในกากชานอ้อยได้ คือ *P. chrysosporium, G. applanatum, L. adusta* โดยเฉพาะ *P. chrysosporium* มีประสิทธิภาพสูงสุดการย่อยสลายลิกนินได้สูงถึง 40 % เมื่อเทียบกับไอโซเลทอื่นๆ Jiraprasertwong et al.[10] ศึกษาการใช้เชื้อ *Phanerochaete sordid*, *Cellulomonas* sp. และ *Bacillus subtilis* หมักร่วมกับกากชานอ้อยพบว่ากลูโคสมีความเข้มข้นเพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับการ treat ด้วยเอนไซม์สังเคราะห์ อย่างไรก็ตามข้อจำกัดของการใช้จุลินทรีย์ในการปรับปรุงคุณภาพอาจต้องใช้เวลานาน การใช้สารเคมีอาจช่วยร่นระยะเวลา และเพิ่มประสิทธิภาพในการ treat ได้ดีขึ้น Rodriguez -Vazguez et al.[11] ศึกษาการ treat กากชานอ้อยด้วยสารละลาย NaOH ที่ความเข้มข้น 0.1 กรัม/กรัมของกากชานอ้อย อุณหภูมิ 50^0C และความชื้น 80 % ก่อนที่จะหมักร่วมกับเชื้อ *Cellulomonas flavigena* และ *Xanthomonas* sp. ทำให้การย่อยได้ของกากชานอ้อยเพิ่มสูงถึง 76 % Bravo et al.[7] พบว่าการ treat กากชานอ้อยด้วยน้ำและด่างก่อนใช้เป็นสารตั้งต้นในการหมักร่วมกับเชื้อทำให้การผลิตจุลินทรีย์โปรตีน (microbial protein) ได้ดีขึ้น Hossain et al.[6] treat กากชานอ้อยด้วยรังสี และปูนขาวก่อนที่จะมีการหมักร่วมกับเชื้อ *Pleurotus sajor-caju* พบว่าปริมาณน้ำตาล reducing มีค่าเพิ่ม ทำให้กระบวนการหมักย่อยสมบูรณ์ขึ้น นอกจากนี้แล้วการหมักกากชานอ้อยด้วยเชื้อราโดยส่วนใหญ่จะใช้กระบวนการหมักอาหารแบบแข็ง (Solid state fermentation, SSF) เพราะมีการผลิตและการทำงานของเอนไซม์ย่อยลิกนินได้มากกว่าขบวนการหมักแบบเหลว (Submerged fermentation, SF) (Xu et al. [12]) รวมทั้งการหมักแบบ SSF เชื้อสามารถใช้กากชานอ้อยเป็นแหล่งคาร์บอน (แหล่งพลังงาน) ในการเจริญ

เติบโต (Pandey et al., [13]) จึงช่วยปรับปรุงคุณภาพของกากชานอ้อย เพื่อใช้เป็นอาหารสัตว์ได้ดียิ่งขึ้น ดังนั้นการศึกษาวิจัยในครั้งนี้จึงมุ่งเน้นการปรับปรุงคุณภาพกากชานอ้อยด้วยด่าง การใช้ความร้อน และเชื้อจุลินทรีย์ในกลุ่มราขาวซึ่งไม่เป็นโทษ เพื่อให้เหมาะสมต่อการใช้เป็นอาหารสัตว์ต่อไป

วิธีการดำเนินงานวิจัย

การศึกษาคุณค่าทางโภชนะของกากชานอ้อยหมักร่วมกับด่าง ความร้อน และเชื้อจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์ วางแผนการทดลองแบบ 2x2x2 factorial in Completely Randomized Design (CRD) โดยมี 3 ปัจจัยที่ใช้ในการทดสอบคือ NaOH ที่ใช้ 2 ระดับ คือ 0 และ 4 % ปัจจัยการให้ความร้อนแก่กากชานอ้อยด้วยการ autoclave ที่อุณหภูมิ 0,และ 120 ^{0}C เป็นเวลา 15 นาที และปัจจัยความเข้มข้นของเชื้อ *Pleurotus sajor-caju* ที่ใช้คือ 0 และ 10^{8} spore/ml

การเตรียมเชื้อราขาว *Pleurotus sajor-caju* โดย นำมาเลี้ยงบนอาหาร PDA บ่มไว้ที่อุณหภูมิห้องจนสังเกตว่าเชื้อรามีการสร้างสปอร์ (ดัดแปลงจาก Ikasaki and Mitchell [14])

การเตรียมกากชานอ้อย โดยการนำกากชานอ้อยจากโรงงานน้ำตาลมา Autoclave แล้ว Treat ด้วย NaOH ตามปัจจัยทดสอบที่กำหนด เพื่อใช้เป็น substrate ในการหมักร่วมกับเชื้อราขาว

การทดลอง Treat ด้วยราขาว โดยการเติมหัวเชื้อราขาวที่เตรียมเอาไว้มาหมักร่วมกับกากชานอ้อยที่เตรียมเอาไว้ด้วยกระบวนการหมักแบบ SSF ด้วยจำนวนสปอร์เริ่มต้นที่กำหนดไว้ตามปัจจัยทดสอบ ทำการหมักแล้วทิ้งไว้ในอุณหภูมิห้องเป็นเวลา 30 วัน

การเก็บข้อมูลและการเก็บตัวอย่าง โดยการเก็บตัวอย่างกากชานอ้อยที่หมักทุก 0, 5, 10, 15, 20, 25 และ 30 วัน เพื่อนำมาวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของกากชานอ้อย ได้แก่ ค่าวัตถุแห้ง (DM) โปรตีนหยาบ (CP) เถ้า (Ash) ตามวิธีการของ AOAC [15] นำข้อมูลที่ได้ทั้งหมดมาวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของปัจจัยทดสอบด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) โดยใช้โปรแกรม Statistical Analysis System (SAS[16])

ผลและวิจารณ์การทดลอง

จากการศึกษาการปรับปรุงคุณภาพกากชานอ้อยด้วยด่าง ความร้อน และเชื้อจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์พบว่าอิทธิพลร่วมของด่าง ความร้อนและเชื้อจุลินทรีย์ มีผลต่อปริมาณสิ่งแห้งของกากชานอ้อยในวันที่ 5 และ 30 แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) (Table 1) โดยพบว่าการไม่ให้ความร้อนกากชานอ้อยและการใช้ด่าง NaOH ในระดับที่เพิ่มขึ้นร่วมกับเชื้อจุลินทรีย์มีผลต่อการเพิ่มขึ้นของสิ่งแห้งในกากชานอ้อย สอดคล้องกับการศึกษาของ Suksombat[3] พบว่าปริมาณสิ่งแห้งของกากชานอ้อยเพิ่มขึ้นตามระดับของ NaOH เพิ่มขึ้น

อิทธิพลร่วมการไม่ให้ความร้อน ด่างและเชื้อจุลินทรีย์มีผลต่อปริมาณเถ้าในวันที่ 5 และ 30ของการหมักแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) โดยพบว่าการไม่ให้ความร้อน (0 ^{O}C) และการใช้ด่างที่ระดับ 4% ร่วมกับเชื้อจุลินทรีย์ *Pleurotus sajorcaju* ทำให้เถ้าของกากชานอ้อยเพิ่มขึ้น แต่กากชานอ้อยที่ไม่ได้รับการ treat ด้วยด่างร่วมกับการไม่ใช้เชื้อจุลินทรีย์จำเป็นต้องใช้ความร้อนถึง 120^{O}C จึงส่งผลต่อการเพิ่มขึ้นของปริมาณเถ้าในกากชานอ้อย (Table 3)

อิทธิพลร่วมของด่าง ความร้อนและเชื้อจุลินทรีย์ *Pleurotus sajorcaju* มีผลต่อปริมาณโปรตีนของกากชานอ้อยในวันที่ 5, 10, 25 และ 30 ของการหมักแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) แต่ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบโปรตีนในวันที่ 15 และ 20 ของการหมัก โดยการใช้อุณหภูมิสูงและกับการใช้ด่าง NaOH ในระดับที่เพิ่มขึ้นร่วมกับเชื้อ *Pleurotus sajorcaju* ทำให้ปริมาณโปรตีนในกากชานอ้อยลดลงในวันที่ 5 และ 10 ของการหมัก แต่อย่างไรก็ตามอิทธิพลของการให้ความร้อน การใช้ด่าง NaOH และการใช้เชื้อ *Pleurotus sajorcaju* ในการ treat กากชานอ้อยไม่มีผลต่อการเพิ่มขึ้นขององค์ประกอบโปรตีนของกากชานอ้อย แต่ในกลุ่มที่ไม่ได้รับการ treat ด้วยด่างและ ความร้อน และไม่เติมเชื้อ *Pleurotus sajorcaju* (T1) จะมีผลต่อการเพิ่มโปรตีนสูงสุดในวันที่ 20 ของการหมัก แต่เมื่อมีการเติมเชื้อ *Pleurotus sajorcaju* (T2) จะทำให้โปรตีนเพิ่มขึ้นสูงสุดในวันที่ 25 ของการหมัก การไม่ treat กากชานอ้อยด้วยด่างและเชื้อ *Pleurotus sajor caju* แต่มีการให้ความร้อน (T3) จะทำให้โปรตีนเพิ่มขึ้นสูงสุดในวันที่ 15 ของการหมัก และเมื่อมีการ treat ด้วยเชื้อ *Pleurotus sajor caju* (T4) ทำให้โปรตีนเพิ่มขึ้นสูงสุดในวันที่ 25 ของการหมัก ดังนั้นกากชานอ้อยที่ไม่ treat ด้วยด่างจำเป็นต้องใช้อุณหภูมิสูงจึงจะช่วยปรับปรุงคุณภาพโปรตีนกากชานอ้อยได้ในช่วงระยะเวลาการหมักที่สั้นลง ทั้งนี้เนื่องจากการใช้เชื้อในการ treat อาจต้องใช้เวลานาน ซึ่งการใช้สารเคมีร่วมกับการใช้ความร้อนอาจช่วยเพิ่มการปรับปรุงและร่นระยะเวลาในการปรับปรุงให้น้อยลงได้ ซึ่งการ treat กากชานอ้อยด้วยด่าง NaOH 4% โดยไม่ให้ความร้อนและเชื้อจุลินทรีย์ (T5) จะส่งผลต่อการเพิ่มโปรตีนสูงสุดในวันที่ 10 ของการหมัก แต่เมื่อหมักร่วมกับเชื้อ (T6) จะทำให้โปรตีนเพิ่มขึ้นสูงสุดในวันที่ 5

ของการหมัก แต่เมื่อมีการ treat ด้วยด่าง ความร้อนและไม่เติมเชื้อ (T7) จะทำให้โปรตีนเพิ่มขึ้นในวันที่ 15 ของการหมัก และเมื่อเติมเชื้อ (T8) โปรตีนกลับเพิ่มขึ้นสูงสุดเมื่อระยะเวลาในการหมักสูงสุดเช่นเดียวกัน ดังนั้นการใช้ด่าง NaOH ที่ระดับ 4% ร่วมกับเชื้อจุลินทรีย์ *Pleurotus sajorcaju* โดยไม่ต้องการใช้ความร้อนในการ treat สามารถเพิ่มโปรตีนได้สูงสุดโดยใช้ระยะเวลาในการหมักที่สั้นที่สุดเพียง 5 วัน สอดคล้องกับรายงานการศึกษาของ Rodriguez - Vazguez et al.[10] ศึกษาการปรับปรุงคุณภาพกากชานอ้อยด้วยสารละลาย NaOH ที่ความเข้มข้น 0.1 กรัม/กรัมของกากชานอ้อย อุณหภูมิ 50^{0}C และความชื้น 80 % ก่อนที่จะหมักร่วมกับเชื้อ *Cellulomonas flavigena* และ *Xanthomonas* sp. ทำให้คุณภาพและการย่อยได้ของกากชานอ้อยเพิ่มสูงถึง 76 % Suksombat[3] ที่พบว่าการปรับปรุงคุณภาพกากชานอ้อยด้วยด่าง NaOH เพียงอย่างเดียวไม่ช่วยปรับปรุงคุณภาพโปรตีนกากชานอ้อย แต่เมื่อมีการ treat ร่วมกับยูเรียและด่างในระดับที่เพิ่มขึ้น (6%) จึงช่วยเพิ่มโปรตีนสูงสุดถึง 13.9% แต่จากการศึกษา Balgees et al.[17] ในการปรับปรุงคุณภาพกากชานอ้อยด้วยสารละลายแอมโมเนียเป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ทำให้โปรตีนในกากชานอ้อยเพิ่มขึ้น (11.9%) เมื่อเปรียบเทียบกับที่ไม่มีการ treat (2.11 %) Irfan et al. [18] ศึกษาการใช้ด่าง KOH 2.5% ร่วมกับการให้ความร้อนแบบ autoclave ที่ระยะเวลา 45 นาที ช่วยปรับปรุงคุณภาพกากชานอ้อย

Table 1 Effect of NaOH, temperature heating and microbial probiotics on dry matter (DM) of fermented bagasse

Item	NaOH 0				NaOH 4				SEM	Effect (p-value)					
	Temperature 0°C		Temperature 120°C		Temperature 0°C		Temperature 120°C								
	none	*P*	none	*P*	none	*P*	none	*P*		N	T	M	NxT	NxM	NxTxM
Day 0	96.82	97.13	95.31	95.79	95.47	99.89	96.43	97.46	0.61	**	**	***	ns	**	ns
Day 5	97.56^{ab}	98.05^{a}	96.85^{b}	97.92^{ab}	94.44^{b}	99.05^{a}	96.22^{b}	97.80^{ab}	0.49	ns	ns	***	ns	***	**
Day 10	97.56	98.21	96.93	97.45	98.65	98.05	96.34	97.13	0.75	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Day 15	95.46	97.99	95.56	97.46	95.64	98.58	96.81	96.66	0.69	ns	ns	***	ns	ns	ns
Day 20	95.80	96.71	97.93	98.75	94.36	98.18	96.97	96.93	0.71	ns	**	***	ns	ns	ns
Day 25	97.41	98.31	96.80	96.89	93.67	98.79	95.19	95.51	1.22	ns	ns	**	ns	ns	ns
Day 30	97.29^{b}	99.89^{a}	98.21^{ab}	96.19^{b}	97.32^{ab}	99.56^{a}	99.43^{a}	98.09^{ab}	0.36	**	ns	ns	***	ns	***

N= NaOH, T= Temperature, M=Microbial probiotics, P= *Pleurotus sajor caju* ns=not significant, ** P<0.05, *** P<0.01

Table 2 Separating effect of NaOH, Temperature and microbial on dry matter (DM) of fermented bagass

Item	NaoH		Temperature		Microbial			Effect (p-value)					
	0	4	0	120	none	*P*	SEM	N	T	M	NxT	NxM	NxTxM
Day 0	96.26	97.31	97.32	96.24	96.00	97.56	0.30	**	**	***	ns	**	ns
Day 5	97.59	96.87	97.24	97.19	96.26	98.20	0.24	ns	ns	***	ns	***	**
Day 10	97.54	97.54	98.11	96.96	97.37	97.71	0.37	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Day 15	95.56	96.92	96.91	86.56	95.87	97.61	0.34	ns	ns	***	ns	ns	ns
Day 20	97.30	96.61	96.26	97.64	96.26	97.64	0.35	ns	**	***	ns	ns	ns
Day 25	97.35	96.29	97.04	96.59	95.76	97.87	0.61	ns	ns	**	ns	ns	ns
Day 30	97.89	98.60	98.51	97.98	98.06	98.43	0.18	**	ns	ns	***	ns	***

N= NaOH, T= Temperature, M=Microbial probiotics , Ns=not significant, ** P<0.05 , *** P<0.01

Table 3 Effect of NaOH, temperature heating and microbial probiotics on Ash of fermented bagasse

Item	NaOH 0				NaOH 4				SEM	Effect (p-value)					
	Temperature 0°C		Temperature 120°C		Temperature 0°C		Temperature 120°C								
	none	*P*	none	*P*	none	*P*	none	*P*		N	T	M	NxT	NxM	NxTxM
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8							
Day 0	8.18	8.78	12.53	13.45	6.68	8.76	13.45	13.01	0.68	**	**	***	ns	**	ns
Day 5	7.72^{b}	8.75^{b}	11.36^{a}	12.94^{a}	10.57^{ab}	13.41^{a}	12.94^{a}	12.00^{a}	1.16	ns	ns	***	ns	***	**
Day 10	4.29	8.98	10.44	11.86	6.56	12.18	11.86	10.86	1.75	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Day 15	9.22	3.99	13.64	16.18	4.13	13.47	16.78	16.57	0.44	ns	ns	***	ns	ns	ns
Day 20	2.80	4.00	10.72	14.94	5.05	10.74	14.94	14.50	0.52	ns	**	***	ns	ns	ns
Day 25	2.78	10.64	10.58	11.59	9.71	5.57	11.50	11.44	0.23	ns	ns	**	ns	ns	ns
Day 30	3.75^{b}	11.29^{ab}	19.02^{a}	10.04^{ab}	3.49^{b}	6.74^{b}	10.04^{ab}	9.56^{ab}	0.62	**	ns	ns	***	ns	***

ns=not significant, ** P<0.05 , *** P<0.01, N= NaOH, T=Temperature, M=microbial, P= *Pleurotus sajor caju*

Table 4 Effect of NaOH, temperature heating and microbial probiotics on crude protein of fermented bagasse

Item	NaOH 0				NaOH 4				SEM	Effect (p-value)					
	Temperature 0°C		Temperature 120°C		Temperature 0°C		Temperature 120°C								
	none	*P*	none	*P*	none	*P*	none	*P*		N	T	M	NxT	NxM	NxTxM
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8							
Day 0	4.76^{a}	4.42^{a}	4.60^{a}	2.98^{b}	4.96^{a}	4.08^{ab}	3.88^{ab}	2.78^{b}	0.02	**	***	***	ns	ns	***
Day 5	4.27^{a}	4.51^{a}	4.44^{a}	2.94^{b}	3.60^{ab}	4.26^{a}	4.42^{a}	2.59^{b}	0.21	ns	***	***	ns	ns	***
Day 10	4.57^{a}	4.62^{a}	4.25^{a}	3.08^{ab}	5.07^{a}	3.36^{b}	3.90^{ab}	2.47^{b}	0.03	***	***	***	ns	***	***
Day 15	4.32	4	4.79	3.52	4.73	3.23	4.46	2.46	0.21	***	ns	***	ns	***	ns
Day 20	5.93	4.51	5.77	3.27	4.61	3.50	3.68	2.98	0.30	***	***	***	ns	**	ns
Day 25	5.14^{a}	5.31^{a}	4.70^{a}	3.95^{ab}	4.27^{a}	3.57^{ab}	3.72^{ab}	2.84^{b}	0.65	***	***	***	**	***	***
Day 30	4.68^{a}	4.32^{a}	4.55^{a}	3.32^{b}	3.84^{b}	3.95^{b}	3.80^{b}	3.32^{b}	0.65	***	***	***	**	***	***

ns=not significant, ** P<0.05 , *** P<0.01, N= NaOH, T=Temperature, M=microbial, P= *Pleurotus sajor caju*

Table 5 Separating effect of NaOH, temperature and microbial on crude protein of fermented bagasse

Item	NaoH		Temperature		Microbial			Effect (p-value)					
	0	4	0	120	none	*P*	SEM	N	T	M	NxT	NxM	NxTxM
Day 0	4.19	3.92	4.55	3.56	4.55	3.56	0.07	**	***	***	ns	ns	***
Day 5	4.04	3.7	4.16	3.59	4.34	3.41	0.01	ns	***	***	ns	ns	***
Day 10	4.13	3.70	4.40	3.42	4.57	3.38	0.01	***	***	***	ns	***	***
Day 15	4.15	3.72	4.07	3.80	4.57	3.30	0.15	***	ns	***	ns	***	ns
Day 20	4.87	3.69	4.63	3.92	4.99	3.30	3.56	***	***	***	ns	**	ns
Day 25	4.77	3.60	4.57	3.80	4.45	3.91	3.91	***	***	***	**	***	***
Day 30	4.28	3.72	4.19	3.74	4.21	3.72	3.72	***	***	***	**	***	***

s=not significant, ** P<0.05 , *** P<0.01, N= NaOH, T=Temperature, M=microbial, P= *Pleurotus sajor caju*

สรุปผล

จากการศึกษาการปรับปรุงคุณภาพกากชานอ้อยด้วยด่างความร้อนและเชื้อจุลินทรีย์มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบของสิ่งแห้งและเถ้าในกากชานอ้อยในวันที่ 5 และ 30 ของการหมัก แต่กากชานอ้อยที่ไม่ treat ด้วยด่างจำเป็นต้องใช้อุณหภูมิสูงจึงจะช่วยปรับปรุงคุณภาพโปรตีนกากชานอ้อยได้ในช่วงระยะเวลาการหมักที่สั้นลงเพียง 15 วัน การใช้ด่าง NaOH ที่ระดับ 4% ร่วมกับเชื้อจุลินทรีย์ *Pleurotus sajorcaju* โดยไม่ต้องการใช้ความร้อนในการ treat สามารถเพิ่มโปรตีนได้สูงสุดโดยใช้ระยะเวลาในการหมักที่สั้นที่สุดเพียง 5 วัน ดังนั้นการใช้ด่าง NaOH 4% ร่วมกับเชื้อ *Pleurotus sajorcaju* โดยไม่ใช้ความร้อนสามารถช่วยปรับปรุงคุณภาพกากชานอ้อยได้ดี รวมทั้งช่วยร่นระยะเวลาในการปรับปรุงให้สั้นลงด้วย

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณโครงการส่งเสริมการวิจัยในอุดมศึกษา (สกอ.) 2558 ที่สนับสนุนงบประมาณในการศึกษาวิจัยครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

1. Rangnekar, D. V. 1988. Availability and intensive utilization of sugar cane by-products. Bhartiyaa Agro Industries Foundation. India. pp 76-93
2. วิศิษฐิพร สุขสมบัติ, นวลปรางค์ อุทัยดา และสุวิทย์ เพียสังกะ. 2544. การผลิตอาหารรวมที่มีประสิทธิภาพจากชานอ้อยที่ปรับปรุงคุณภาพแล้วและแนวทางการประเมินความต้องการโภชนะของโคนม. สาขาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์ สำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.
3. Suksombat W. 2004. Comparison of Different Alkali Treatment of Bagasse and Rice Straw. Asian-Aust. J Anim. Sci. Vol 17 (10) 1430-1433.
4. Shrivastava, B, S. Thakur, Y P. Khasa, A. Gupte, A. K. Puniya, R.C. Kuhad. 2011. White-rot fungal conversion of wheat straw to energy rich cattle feed. Biodegradation: 22:823–831.
5. Nallapeta, S. V. K. Nigam, P.Survajahala, and K. Mohan. 2012. Screening and selection of white rot fungi for biological delignification of agriculture residues. Inter. J. Advance Biotechol Research. 4: 790-799.
6. Hossain, S., M.I. Khalil, M.K. Alam, M.A. Khan, and N. Alam. 2009. Upgrading of Animal Feed by Solid State Fermentation by *Pleurotus sajor caju*. Euro-

pean J. Applied Sci.4: 53-58.

7. Samir A. El-Sayed, M.T.Zaki, A.W. Abou, and El. Khair. 1994. Bioconversion of sugar cane bagasse into a protein rich product by white rot fungi. International Science Index. 9:800-807.
8. ประธาน เสนีวงศ์ ณ อยุธยา.2536.การปรับปรุงคุณค่าของฟางข้าวและชานอ้อยโดยการหมักด้วยเชื้อราเพื่อใช้เป็นอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้อง.มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย กรุงเทพฯ 54 แผ่น.
9. Nallapeta, S. V. K. Nigam, P.Survajahala, and K. Mohan. 2012. Screening and selection of white rot fungi for biological delignification of agriculture residues. Inter. J. Advance Biotechol Research. 4: 790-799.
10. Jiraprasertwong, A., E. Gulari, and S. Chavadej. 2014. Effect of Different Microbial Strains on Biological Pretreatment of Sugarcane Bagasse for Enzymatic Hydrolysis. International Science Index. 9:875-879.
11. Rodriguez-Vazguez, R., Villanuevaventura, G., Riosleal, E., 1992.Sugarcane bagasse pith dry pre-treatment for single cell protein production. Bioresource Technology 39, 17-22.
12. Xu, F., H. Chen, and Z.Li. 2001. Solid state production of lignin peroxidase (LiP) and manganese peroxidase (MnP) by Phanerochaete chrysosporium using stream exploded straw as substrate Bioresource Technol. 80: 149-151.
13. Pandey, A. C., R. Soccol, P.Nigam, and V. T. Soccol. 2000. Biotechnological potential of agro-industrial residues. I: sugarcane bagasse. Bioresource Technology 74:69-80.
14. Ikasaki, L., and D.A. Mitchell. 1996. Leaching and charactization of *Rhizopus oligosporus* acid protease from solid-state fermentation. Ezy. Micro Technol. 19:171-175.
15. AOAC. 1985. Official Methods of Analysis. Association of Official Analysis Chemist. Washington, DC.
16. SAS. 1996. The SAS system, Version 6.2, SAS Institute, Inc., Cary, NC.
17. Balgees, A., A.Elman, A.M.A. Fadal Elseed, and A.M.Salih. 2011. Effects of supplementing a basal dite of treated or untreated bagasse with different levels od Albizia lebbeck on intake, digestibility and rumen fermentation. Pakistan J. of Nutri. 12:1149-1153.
18. Irfan.M, Q.Syed, S. Abbas, M. Gul Sher, S. Baig, and M. Nadeem. 2011. FTIR and SEM analysis of thermochemical fractionated sugarcane bagasse. Turk J Biochem. 36 : 322–328.