รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการ การพัฒนาอาหารไก่ไข่จากชานอ้อยวัสดุเศษเหลือจากโรงงานผลิตน้ำตาล
Development of layer chicken diet from sugarcane bagasse as waste from sugar mill

อ.ดร. ไพทูล แก้วหอม

โครงการวิจัยประเภทงบประมาณเงินรายได้
จากเงินอุดหนุนรัฐบาล (งบประมาณแผ่นดิน)
ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2562
มหาวิทยาลัยบูรพา

รหัสโครงการ 60321
สัญญาเลขที่ 4.5/2562

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการ การพัฒนาอาหารไก่ไข่จากชานอ้อยวัสดุเศษเหลือจากโรงงานผลิตน้ำตาล
Development of layer chicken diet from sugarcane bagasse as waste from sugar mill

อ.ดร. ไพทูล แก้วหอม
คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยบูรพา

ธันวาคม พ.ศ. 2562

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจากงบประมาณเงินรายได้ (เงินอุดหนุนจากรัฐบาล) ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2562 มหาวิทยาลัยบูรพา ผ่านสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ เลขที่สัญญา 4.5/2562

โครงการวิจัยฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีนั้น ต้องขอขอบคุณ ดร.สิริเชษฐ์ รัตนะชิตธวัช ที่ให้คำปรึกษาในการทดสอบและเตรียมเชื้อ *Saccharomyces cerevisae* ทำให้โครงการวิจัยในครั้งนี้เสร็จสมบูรณ์

ขอขอบคุณ นิสิต และเจ้าหน้าที่ ที่ร่วมในการทำวิจัยจนสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี สุดท้ายนี้ขอขอบคุณทางครอบครัวที่ให้การสนับสนุนและเป็นกำลังใจในการดำเนินการวิจัยตลอดมา คุณประโยชน์ที่พึงได้จากโครงการวิจัยฉบับนี้ ผู้วิจัยขอมอบแด่ผู้มีพระคุณทุกท่าน

ไพทูล แก้วหอม
ผู้วิจัย

บทคัดย่อ

ชานอ้อยเป็นเศษเหลือจากอุตสาหกรรมโรงงานน้ำตาลชนิดหนึ่งที่สามารถนำมาใช้ประโยชน์เป็นอาหารสัตว์ได้ อย่างไรก็ตามก่อนการนำชานอ้อยมาใช้เป็นอาหารสัตว์นั้นชานอ้อยจำเป็นต้องได้รับการปรับปรุงคุณภาพเพื่อเพิ่มคุณค่าทางโภชนะเสียก่อน วัตถุประสงค์ของการทดลองในครั้งนี้คือ 1) ศึกษาคุณค่าทางโภชนะของชานอ้อย 2) ศึกษาการเจริญเติบโตของเชื้อ *Saccharomyces cerevisae* ในอาหารเลี้ยงเชื้อ YPD และน้ำสับปะรด และ 3) ศึกษาวิธีการปรับปรุงคุณภาพของชานอ้อย โดยสุ่มเก็บตัวอย่างชานอ้อยในจังหวัดสระแก้ว 10 ตัวอย่าง แล้วนำมาวิเคราะห์ค่าโภชนะและศึกษาปัจจัย 2 ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับวิธีการปรับปรุงคุณภาพของชานอ้อยต่อคุณค่าทางโภชนะ โดยวางแผนการทดลองแบบ 2 x 5 Factorial บนการสุ่มแบบสมบูรณ์ โดยเก็บชานอ้อยหมัก 2 ซ้ำต่อครั้ง ผลการทดลองพบว่าค่าร้อยละเฉลี่ยของค่าโภชนะวัตถุแห้ง ความชื้น โปรตีนหยาบ ไขมัน เถ้า เยื่อใยหยาบ คาร์โบไฮเดรตที่ย่อยได้ง่าย ผนังเซลล์ ลิกโนเซลลูโลส ลิกนิน เฮมิเซลลูโลส เซลลูโลส แคลเซียม ฟอสฟอรัส และค่าพลังงานทั้งหมด (GE; kcal/kg) ของตัวอย่างชานอ้อย มีค่าเท่ากับ 92.80 7.20 1.18 0.35 2.95 42.02 46.30 84.27 59.53 11.29 24.74 48.25 0.216 0.030 และ 4026.24 ตามลำดับ และค่าโภชนะของชานอ้อยจากการสุ่มเก็บตัวอย่างในจังหวัดสระแก้ว 10 ตัวอย่าง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) สำหรับการทดสอบเชื้อ *Saccharomyces cerevisae* ในอาหารเลี้ยงเชื้อ YPD และน้ำสับปะรด พบว่าเชื้อ S. *cerevisae* สามารถเจริญเติบโตในน้ำสับปะรดได้ดีกว่าใช้อาหารเลี้ยงเชื้อที่เป็น YPD อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) และปัจจัยด้านการใช้น้ำและกากน้ำตาลในการหมักชานอ้อยด้วยยีสต์ (การใช้น้ำอย่างเดียว และการใช้น้ำร่วมกับกากน้ำตาล 5%) และปัจจัยด้านระยะเวลาในการหมัก (1 7 14 21 และ 28 วัน) ซึ่งพบว่ากลุ่มที่ใช้น้ำร่วมกับกากน้ำตาล 5% ให้ผลค่าโภชนะที่ดีกว่ากลุ่มที่ใช้เพียงน้ำอย่างเดียวในการหมักชานอ้อยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) และระยะเวลาที่เริ่มพบค่าโภชนะที่แตกต่างกันคือในวันที่ 7 โดยเฉพาะค่าโปรตีนหยาบที่เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) นอกจากนี้ยังพบว่าปฏิสัมพันธ์ร่วมของทั้งสองปัจจัยมีผลต่อค่าโภชนะโปรตีนหยาบ เถ้า เยื่อใยหยาบ ผนังเซลล์ทั้งหมด ลิกโนเซลลูโลส และพลังงานทั้งหมด เช่นกัน ดังนั้นมีความเป็นไปได้ที่จะใช้ชานอ้อยหมักเป็นอีกหนึ่งทางเลือกเพื่อทดแทนอาหารสำเร็จรูปในสัดส่วนที่เหมาะสมในการผลิตสัตว์ปีกหรือสัตว์เคี้ยวเอื้องต่อไป

คำสำคัญ: ชานอ้อย เชื้อ *Saccharomyces cerevisae* ค่าโภชนะ

Abstract

Sugarcane bagasse is waste from one type of sugar mill industry that can be utilized as animal feed. However, before using sugarcane bagasse as animal feed, quality improvement was needed to increase nutritional value. The objectives of this experiment were 1) study on the nutritional value of bagasse, 2) study on the growth of *Saccharomyces cerevisae* in YPD media and pineapple juice and 3) study on methods for improving the quality of sugarcane bagasse. Sugarcane bagasse samples were randomly collected in 10 samples from Sa Kaeo province, and then analyzed for nutrient values and studied 2 factors related to the method of improving sugarcane bagasse quality on nutrients. The fermented sugarcane bagasse was used in a factorial arrangement (2x5) based on a completely randomized design with 2 replicate of collection each time. The results demonstrated that the average percentage of dry matter, moisture, crude protein, ether extract, ash, crude fiber, nitrogen free extract, neutral detergent fiber, acid detergent fiber, lignin, hemicellulose, cellulose, calcium, phosphorus and gross energy (kcal/kg) was 92.80, 7.20, 1.18, 0.35, 2.95, 42.02, 46.30, 84.27, 59.53, 11.29, 24.74, 48.25, 0.216, 0.030 and 4026.24, respectively. In addition, it was found that the nutrient values of sugarcane bagasse from 10 samples collected in Sa Kaeo province were not statistically different ($P > 0.05$). For testing *Saccharomyces cerevisae* in YPD and pineapple juice media showed that S. *cerevisae* can grow in pineapple juice better than using culture media with YPD statistically significant ($P < 0.05$). The water and molasses factors for sugarcane bagasse fermentation using yeast (water use only and water usage with 5% molasses), and the factors of the duration of fermentation (1 7 14 21 and 28 days) found that the group that used water with 5% molasses gave a better nutritional value than those that used only water for sugarcane bagasse fermentation with statistical significance ($P < 0.05$). The time period for finding the different nutritional values was found on the 7^{th} day, especially the crude protein value which increased significantly ($P<0.01$). In addition, it was found that the interaction of these two factors affected the nutritional value of crude protein, ash, crude fiber, neutral detergent fiber, acid detergent fiber, and gross energy as well. Therefore, it is possible

to use fermented sugarcane bagasse as an alternative to replace the completed feed in an appropriate proportion in the poultry or ruminant production.

Keywords: Sugarcane bagasse, *Saccharomyces cerevisae*, Nutrient value

สารบัญ

หน้า

กิตติกรรมประกาศ I
บทคัดย่อภาษาไทย II
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ III
สารบัญ V
สารบัญตาราง VII
สารบัญภาพ VIII
บทที่ 1 บทนำ 1
1.1 ข้อมูลพื้นฐานเกี่ยวกับอ้อยและชานอ้อย 1
1.2 เนื้อหาของเรื่องที่เคยมีผู้ทำการวิจัยมาก่อน 7
1.3 ความสำคัญและที่มาของปัญหา 10
1.4 วัตถุประสงค์และขอบเขตการวิจัย 11
1.5 วิธีดำเนินการวิจัยโดยสรุปทฤษฎี และ/หรือ แนวความคิดที่นำมาใช้ในการวิจัย 12
1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 12
บทที่ 2 เนื้อเรื่อง 14
2.1 วิธีดำเนินการวิจัย 14
2.1.1 การศึกษาคุณค่าทางโภชนะของชานอ้อย 14
2.1.2 การทดสอบการเจริญเติบโตเชื้อ *Saccharomyces cerevisae* 14
2.1.3 ศึกษาวิธีการปรับปรุงคุณภาพของชานอ้อย 14
2.2 ผลการวิจัย 15
2.2.1 สุ่มเก็บตัวอย่างชานอ้อยจากโรงงานน้ำตาล 15
2.2.2 เตรียมตัวอย่างชานอ้อยเพื่อใช้ในการวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนะ 15
2.2.3 ผลการวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนะของชานอ้อย 16
2.2.4 การเตรียมตัวอย่างชานอ้อยเพื่อใช้ในการหมักหรือปรับปรุงคุณภาพ 23
2.2.5 ผลการทดสอบการเจริญเติบโตเชื้อ *Saccharomyces cerevisae* 24
2.2.6 ผลของการศึกษาวิธีการปรับปรุงคุณภาพของชานอ้อย 32
บทที่ 3 อภิปราย/วิจารณ์ 37
3.1 การศึกษาคุณค่าทางโภชนะของชานอ้อย 37

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.2 การทดสอบเชื้อ *Saccharomyces cerevisae* ในอาหารเลี้ยงเชื้อ YPD และน้ำสับปะรด 37
3.3 การศึกษาวิธีการปรับปรุงคุณภาพของชานอ้อย 38
บทที่ 4 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ 40
4.1 สรุปผลการวิจัย 40
4.2 ข้อเสนอแนะ 40
4.3 อุปสรรคและปัญหาที่พบ 41
บทที่ 5 ผลผลิต 42

รายงานสรุปการเงิน 43
เอกสารอ้างอิง 45
ภาคผนวก 48
ประวัตินักวิจัย 93

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

2.1 ผลการวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนะของชานอ้อย 22
2.2 การเจริญเติบโตของยีสต์ *Saccharomyces cerevisae* ในอาหารเลี้ยงเชื้อ YPD.....26
2.3 การเจริญเติบโตของยีสต์ *Saccharomyces cerevisae* ในอาหารเลี้ยงเชื้อที่เป็นน้ำสับปะรด (PA).....28
2.4 ผลการวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนะของชานอ้อยที่ปรับปรุงคุณภาพแล้ว.....35

สารบัญภาพ

ภาพที่ **หน้า**

1.1 ชานอ้อยจากโรงงานน้ำตาลตะวันออก จังหวัดสระแก้ว 5
2.1 แสดงการสุ่มเก็บตัวอย่างชานอ้อยจากโรงงานน้ำตาล 15
2.2 แสดงการสุ่มเก็บตัวอย่าง (เพื่อลดปริมาณให้เหลือตามที่ต้องการ) 16
2.3 แสดงการบดชานอ้อยเพื่อให้มีขนาดเล็กลง 16
2.4 แผนผังแสดงการวิเคราะห์อาหารสัตว์โดยวิธี Proximate analysis 18
2.5 แสดงการวิเคราะห์โดยวิธี Proximate Analysis (ก-จ) 20
2.6 แผนผังการวิเคราะห์โดยใช้วิธี Van Soest System 21
2.7 แสดงการเตรียมและเก็บตัวอย่างชานอ้อยเพื่อใช้ในการหมัก 24
2.8 การนับการเจริญเติบโตของยีสต์ *Saccharomyces cerevisae* โดยใช้กล้องจุลทรรศน์ 25
2.9 แสดงการเจริญเติบโตของยีสต์ *Saccharomyces cerevisae* ในอาหารเลี้ยงเชื้อ YPD 27
2.10 แสดงการเจริญเติบโตของยีสต์ *Saccharomyces cerevisae* ในอาหารเลี้ยงเชื้อที่เป็นน้ำสับปะรด 29
2.11 แสดงการเจริญเติบโตของยีสต์ *Saccharomyces cerevisae* ในอาหารเลี้ยงเชื้อที่ต่างกัน 31
2.12 ขั้นตอนในการหมักชานอ้อยด้วยยีสต์ *Saccharomyces cerevisae* 32
2.13 แสดงการปรับปรุงคุณภาพของชานอ้อยด้วยยีสต์ *Saccharomyces cerevisae* 33

บทที่ 1
บทนำ (Introduction)

1.1 ข้อมูลพื้นฐานเกี่ยวกับอ้อยและชานอ้อย

1.1.1 การจำแนกทางอนุกรมวิธาน (Taxonomic classification)

Class: Angiospermae

Subclass: Monocotyledoneae

Order: Graminales

Family: Gramineae

Tribe: Andropogoneae

Genus: *Saccharum*

Species: *officinarum, spontaneum, robustum, sinense, barberi, edule*

Scientific name: *Saccharum officinarum* L.

Common name: Sugarcane, The noble canes

อ้อย (sugarcane) อ้อยเป็นพืชตระกูลหญ้าที่มีอายุหลายปี จัดอยู่ในวงศ์ (family) Gramineae สกุล saccharum มีแหล่งกำเนิดเดิมอยู่ในหมู่เกาะนิวกินี ในมหาสมุทรแปซิฟิก ต่อมาได้แพร่กระจายพันธุ์ไปยังพื้นที่ต่างๆ ทั่วโลก (เกษม, 2515; จเร, 2527; อุดม, 2527) สามารถแยกเป็นอ้อยชนิดต่างๆ ดังนี้

1) *Saccharum officinarum* ชื่อทั่วไปว่า The noble canes ถิ่นกำเนิดแถบหมู่เกาะนิวกินี ลักษณะที่สำคัญคือ ลำต้นใหญ่ ใบกว้าง ปริมาณน้ำตาลสูง ปริมาณเส้นใยต่ำ แตกกอน้อย ไม่ค่อยทนทานต่อโรค แมลง และสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสม โครโมโซม 2n = 80 อ้อยชนิดนี้ที่ปลูกในประเทศไทย เรียกว่าอ้อยเคี้ยว เช่น อ้อยสิงคโปร์, Mauritius และ Badila เป็นต้น อ้อยชนิดนี้ใช้ประโยชน์มากในอุตสาหกรรมผลิตน้ำตาล

2) *Saccharum spontaneum* ชื่อทั่วไปว่า Tropical wild canes เป็นอ้อยป่า ที่ขึ้นอยู่ทั่วไปแถบเส้นศูนย์สูตร มีลักษณะสำคัญคือ ลำต้นขนาดเล็กเมื่อเทียบกับ officinarum ปริมาณน้ำตาลต่ำ ปริมาณเส้นใยสูง มี 2 ประเภท คือ (1) เจริญเติบโตเป็นกอคล้ายหญ้า (2) เจริญเติบโตลักษณะทางต้นสูง ทั้ง 2 ประเภท มีเหง้า (rhizome) ใบเรียวเล็ก ขอบใบคม ดอกมีขนาดเล็ก เป็นปุยสีขาว ช่อดอกยาวประมาณ 10-12 เซนติเมตร และที่โคนช่อดอกจะมีขนอย่างเด่นชัด มีโครโมโซมมากมาย เช่น 40, 48, 52, 54, 56 และ 60 เป็นต้น อ้อยชนิดนี้ในประเทศไทย มีชื่อเรียกว่า เลาหรือ

พง ปรับตัวเข้ากับสภาพแห้งแล้ง และอากาศหนาวได้ดี ต้านทานโรค จึงมีความสำคัญมากในแง่ต้นพันธุกรรม ซึ่งนักปรับปรุงพันธุ์อ้อยใช้เป็นพ่อแม่พันธุ์ในการผสมข้ามกับชนิดอื่นๆ

3) *Saccharum robustum Jiswiet (brassel)* ชื่อทั่วไปว่า The wild canes of New Guinea เป็นอ้อยป่า ถิ่นกำเนิดแถบหมู่เกาะนิวกินี รูปร่างลักษณะภายนอกคล้ายกับ officinarum แต่มีปริมาณน้ำตาลต่ำ และปริมาณเส้นใยสูง ลำต้นแข็งแรง ขนาดใหญ่ ความสูงอาจถึง 10 เมตร ลำต้นโป่งออกที่ข้อ growth ring นูนเห็นได้ชัดเจน โครโมโซม 2n = 60 หรือ 80 ไม่ทนทานต่อโรค ชาวเกาะปลูกไว้ เพื่อทำรั้วหรือที่พักอาศัย

4) *Saccharum sinese Hassk* ชื่อทั่วไปว่า Chinese canes ถิ่นกำเนิดแถบเอเชียตะวันออก เมืองไทยเรียกอ้อยจีน ลักษณะสำคัญคือ ลำต้นขนาดเล็ก เส้นผ่าศูนย์กลางไม่เกิน 2 เซนติเมตร ปล้องขาว สีเขียวหรือเขียวออกแดง ใบยาวแคบ แข็งแรง ทนทานต่อโรคที่เกิดจากเชื้อไวรัสได้ดี ปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อม ดินเลวได้ดี ปริมาณน้ำตาลต่ำ ปริมาณเส้นใยสูง โครโมโซม 2n = 116, 117 หรือ 118 อ้อยชนิดนี้ใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมผลิตน้ำตาล ปลูกทั่วไปทางตอนเหนือของอินเดีย จีน ทางตอนใต้ของญี่ปุ่น ฟิลิปปินส์ และฮาวาย พันธุ์ที่ปลูกเช่น Uba

5) *Saccharum barberi Jeswiet* ชื่อทั่วไปว่า The northern indian canes ถิ่นกำเนิดแถบตอนเหนือของอินเดีย เมืองไทยเรียกว่าอ้อยอินเดีย ลักษณะคล้ายกับอ้อยจีนมาก แต่ลำต้นและใบเล็กกว่า ลักษณะสำคัญคือ ที่ฐานกาบใบมีขนโดยรอบ ต้านทานโรคได้ดี โครโมโซม 2n = 82-124 เช่น พันธุ์ Mungo โครโมโซม 2n = 82, Nargari โครโมโซม 2n = 89-91 และ Chunnue โครโมโซม 2n=91 เป็นต้น

6) *Saccharum edule Hassk*. ถิ่นกำเนิดแถบหมู่เกาะนิวกินี อ้อยชนิดนี้สันนิษฐานว่า เกิดการผสมข้ามชนิดระหว่าง *Miscanthus floridus* กับ S. *robustcem* ช่อดอกที่เป็นหมันจะมีลักษณะคล้ายกับ cauliflower ใช้เป็นอาหารมนุษย์ได้ โครโมโซม 2n = 80

7) *Saccharum hybrids Sacharum* มีดอกสมบูรณ์เพศ (fertile flower) สามารถผสมข้ามกับตระกูลอื่น ๆ เช่น Eriathas, Imperata, Miscanthidium, Miscanthus, Narenga, Sclerosachya และ Sorghum และผสมข้ามระหว่างชนิดต่าง ๆ เช่น officinarums ผสมข้ามชนิดกับ spontaneus หรือ robustum เป็นต้น อ้อยที่ปลูกเป็นการค้าในปัจจุบันส่วนมากเป็นลูกผสมระหว่างชนิดต่าง ๆ เช่น Q83 และ F140 เป็นต้น (Cluments, 1980; Purseglove, 1975)

1.1.2 การใช้ประโยชน์จากอ้อย (Utilization of sugarcane)

เนื่องจากอ้อยเป็นพืชที่เจริญเติบโตในสภาพอากาศร้อนชื้น จึงนับว่าเป็นพืชไร่เศรษฐกิจในประเทศเขตร้อนมากกว่า 60 ประเทศ ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของอ้อย ลำต้นเป็นส่วนขยายพันธุ์และสะสมน้ำตาล เมื่อตัดลำต้นออกตามขวางจะปรากฏส่วนที่แตกต่างกันอย่างเห็นได้ชัด 3

ส่วน คือ ส่วนนอกสุดซึ่งมีความแข็งมาก เรียกว่า เปลือก (hard rind) มีลิกนินเป็นส่วนประกอบที่สำคัญ ถัดเข้าไปเรียกว่า เนื้ออ้อย (flesh) ประกอบด้วยเซลล์ที่ทำหน้าที่เก็บน้ำตาล (storage cells) และเยื่อใย (fiber) ส่วนของใบอ้อยประกอบด้วย กาบใบและตัวใบ กาบใบจะเป็นส่วนที่โอบติดอยู่รอบข้อปล้อง ดอกอ้อยมีลักษณะแบบ panicle เมล็ดเป็นแบบ caryopsis และรากเป็นระบบรากฝอย (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2551) การผลิตน้ำตาลจากอ้อยนี้ นอกจากจะได้น้ำตาลแล้ว ยังมีผลพลอยได้ซึ่งสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้อีก เช่น กากน้ำตาลหรือโมลาส (molasse) ตะกอนหม้อกรอง ชานอ้อยหรือกากอ้อย (bagasse) เป็นต้น

1.1.2.1 การใช้ประโยชน์โดยตรง

1) ใช้เป็นอาหารมนุษย์ ส่วนของลำต้นที่เก็บน้ำตาล สามารถนำมาเป็นอาหารของมนุษย์ได้ เช่น ทำเป็นอ้อยควั่น หรือบีบเอาน้ำอ้อย เพื่อบริโภคโดยตรง หรือทำเป็นไอศกรีม เป็นต้น นอกจากนี้ ยังใช้ลำต้นประกอบอาหาร เช่น ต้มเค็มปลาได้อีกด้วย

2) ใช้เป็นอาหารสัตว์ ใบ ยอด และส่วนของลำต้นที่ยังอ่อนใช้เป็นอาหารสัตว์ เช่น โค กระบือได้โดยตรง แต่ถ้าต้องการให้ได้ผลดี ควรใช้วิธีหมัก ก่อนให้สัตว์กิน โดยใช้ยอดสด 100 กิโลกรัม กากน้ำตาล 5 กิโลกรัม แอมโมเนียมซัลเฟต 1 กิโลกรัม และน้ำ 1 กิโลกรัม

3) ใช้เป็นเชื้อเพลิง ในอนาคตเมื่อเชื้อเพลิงที่ได้จากไม้หายาก ใบอ้อยแห้ง (trash) อาจจะเป็นแหล่งของพลังงาน และเชื้อเพลิงที่สำคัญ ทั้งนี้ เพราะใบอ้อยแห้ง ให้พลังงานค่อนข้างสูงมาก กล่าวกันว่า คุณค่าของพลังงานที่ได้จากใบอ้อยแห้ง ของอ้อยที่ให้ผลผลิตไร่ละ 16 ตัน นั้นเพียงพอสำหรับรถแทรกเตอร์ขนาดกลาง ทำงานได้ถึง 80 ชั่วโมง ในปัจจุบันใบอ้อยแห้งถูกเผาทิ้งไปอย่างน่าเสียดาย

4) ใช้เป็นวัตถุคลุมดิน หรือบำรุงดิน ใบอ้อยแห้งเมื่อใช้คลุมดินจะช่วยรักษาความชื้นและป้องกันวัชพืชด้วย ในขณะเดียวกัน ก็จะกลายเป็นอาหารของจุลินทรีย์ต่างๆ ซึ่งบางพวกสามารถตรึงไนโตรเจนจากอากาศได้ ทำให้ไนโตรเจนในดินเพิ่มขึ้น อันเป็นผลดีแก่อ้อย นอกจากนี้รากและเหง้าที่อยู่ในดิน เมื่อเน่าเปื่อยผุพัง ก็จะเป็นปุ๋ยแก่ดินนั้นต่อไป

1.1.2.2 การใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรม

ประโยชน์ที่สำคัญของอ้อยก็คือ เป็นวัตถุดิบสำหรับอุตสาหกรรมน้ำตาล ในทางเคมีน้ำตาลส่วนใหญ่ที่ได้จากอ้อย เป็นน้ำตาลซูโครส นอกจากนี้ก็มีน้ำตาลกลูโคส และน้ำตาลฟรักโทสอยู่ด้วย ซึ่งทั้งสองชนิดนี้รวมเรียกว่า น้ำตาลอินเวิร์ต (invert sugar) ในทางการค้า น้ำตาลจากอ้อยมีชื่อเรียกต่างๆ กันตามความบริสุทธิ์ และกรรมวิธีในการผลิต เช่น น้ำตาลแดง หรือน้ำตาลทรายแดง (brown sugar, gur, jaggery, muscovado) น้ำตาลดิบ หรือน้ำตาลทรายดิบ (raw sugar) น้ำตาลทรายขาว (white sugar หรือ plantation white sugar) น้ำตาลทรายบริสุทธิ์ หรือน้ำตาลทรายขาวบริสุทธิ์ (refined sugar) อย่างไรก็ดี ในการผลิตน้ำตาลทรายจากอ้อยโดยตรงนั้น มีผลผลอยได้ (by-

products) เกิดขึ้นหลายอย่าง ที่สำคัญได้แก่ ชานอ้อย กากตะกอน (filter mud, filter cake) และกากน้ำตาล (molasses) ทั้งน้ำตาลและผลพลอยได้ สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้อย่างกว้างขวาง เพื่อความสะดวกจะได้แยกกล่าวเป็น 2 พวก คือ การใช้ประโยชน์น้ำตาล และการใช้ประโยชน์ผลพลอยได้

1) การใช้ประโยชน์น้ำตาล การใช้ประโยชน์น้ำตาลแบ่งออกเป็น 2 อย่าง คือ

1. ใช้เป็นอาหารมนุษย์ น้ำตาลมีความสำคัญ และจำเป็นต่อชีวิต ในฐานะที่เป็นอาหารทั้งในรูปของอาหารคาวและหวาน นอกจากจะใช้เป็นอาหารโดยตรงแล้ว น้ำตาลยังใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร เช่น สับปะรดกระป๋อง ผลิตภัณฑ์นม น้ำ ผลไม้กระป๋อง และเครื่องดื่มที่ไม่มีอัลกอฮอล์ ซึ่งได้แก่ น้ำขวด หรือน้ำอัดลม ชนิดต่างๆ เป็นต้น

2. ใช้ประโยชน์อย่างอื่น น้ำตาล (รวมทั้งแป้ง) สามารถใช้ประโยชน์ได้กว้างขวาง นับตั้งแต่ใช้ผลิตอัลกอฮอล์โดยขบวนการหมักดอง หรือเฟอร์เมนเตชัน (fermentation) ซึ่งอาศัยเชื้อยีสต์ (yeast) จนถึงการผลิตผงซักฟอก (detergents) โดยอาศัยปฏิกิริยาโดยตรงระหว่างน้ำตาล และไขมัน (fat) ผงซักฟอกประเภทนี้เป็นอันตรายต่อสิ่งแวดล้อมน้อยมาก เพราะสามารถสลายตัวได้ โดยชีวินทรีย์ (biodegradable) นอกจากนี้ น้ำตาลยังใช้ในอุตสาหกรรมการผลิตสารเคลือบผิว (surfactant) สำหรับใช้ในการเกษตร สารดังกล่าวสลายตัวได้โดยชีวินทรีย์ เช่นเดียวกัน อย่างไรก็ดีการใช้ประโยชน์ของน้ำตาลในรูปที่มิใช่เป็นอาหาร กำลังได้รับความสนใจเพิ่มขึ้นโดยลำดับ ซึ่งจะเห็นได้จากผลิตภัณฑ์ใหม่ๆ ที่ใช้น้ำตาลเป็นวัตถุดิบเกิดขึ้นเรื่อยๆ

2) การใช้ประโยชน์ผลพลอยได้ที่เป็นชานอ้อย

ชานอ้อย คือส่วนของต้นอ้อยที่ถูกทำความสะอาด และตัดใบทิ้งก่อนนำเข้าโรงงานเพื่อหีบน้ำอ้อย หลังจากหีบน้ำอ้อยออกแล้วจะเหลือส่วนของกากใย ซึ่งเรียกว่าชานอ้อย (Da Costa *et al*., 2015) ชานอ้อยประกอบด้วย น้ำและเส้นใย โดยเส้นใยแบ่งเป็น 3 ส่วน ได้แก่ ขุยอ้อย (parenchyma cell) คือส่วนกลางของต้นอ้อย มีประมาณ 30% ของน้ำหนักต้นอ้อย เนื้ออ้อย (fiber of the rind) เป็นส่วนที่เป็นเยื่อใย ซึ่งรวมตัวกันแน่นที่ส่วนแกนของต้นอ้อย เยื่อใยของลำต้นอ้อยนี้เรียงตัวขนานกับลำต้น ยกเว้นเยื่อใยที่อยู่ส่วนข้อของลำต้น มีประมาณ 50% ของน้ำหนักต้นอ้อย และส่วนสุดท้าย เปลือกอ้อย (hard rind) เป็นส่วนที่อยู่นอกสุดของต้นอ้อย เป็นส่วนที่บางที่สุด แต่มีความหนาแน่นสูง (Sirisan *et al.,* 2017) ดังแสดงในภาพที่ 1.1

ชานอ้อยเป็นผลพลอยได้จากโรงงานน้ำตาลในปีหนึ่งๆ มีชานอ้อยที่ผลิตได้ในประเทศไทยไม่ต่ำกว่า 30 ล้านตัน ซึ่งร้อยละ 30 ของชานอ้อยเหล่านี้ใช้เป็นวัสดุที่ให้พลังงานความร้อนในโรงงานน้ำตาลเอง ที่เหลืออีกจำนวนมากใช้เป็นแหล่งไฟเบอร์ที่ใช้เป็นวัตถุดิบเพื่อทดแทนไม้ในกว้างในอุตสาหกรรมการผลิตวัสดุได้หลายประเภท เช่น ทำเยื่อกระดาษ ทำวัสดุก่อสร้าง (ไฟเบอร์บอร์ด) การ

ผลิตแผ่นไม้ประดิษฐ์ เป็นต้น (ปรีชา, 2532) นอกจากนี้ชานอ้อยที่เป็นเศษเหลือจากอุตสาหกรรมโรงงานน้ำตาลสามารถนำมาใช้ประโยชน์เป็นอาหารสัตว์ได้อีกด้วย (Nirawan *et al*., 2014)

ภาพที่ 1.1 ชานอ้อยจากโรงงานน้ำตาลตะวันออก จังหวัดสระแก้ว

โดยทั่วไปชานอ้อยถูกนำมาใช้ประโยชน์ดังนี้

1. ใช้เป็นเชื้อเพลิง สำหรับผลิตไอน้ำ และกระแสไฟฟ้าสำหรับใช้ภายในโรงงานน้ำตาลนั่นเอง ชานอ้อยสามารถใช้แทนน้ำมันเชื้อเพลิง (fuel oil) ได้ดี ชานอ้อยที่มีความชื้นร้อยละ 50 หนัก 3 ตัน เมื่อเผา จะให้พลังงานไล่เลี่ยกับน้ำมันเชื้อเพลิงหนัก 1 ตัน

2. ใช้ผลิตวัสดุก่อสร้างโดยอาศัยกาว เช่น อัดเป็นแผ่น (particle board) ไม้อัดผิวเส้นใย (fiber-overlaid plywood) และแผ่นกันความร้อน (insulating board) เป็นต้น

3. ใช้ผลิตเยื่อกระดาษ (pulp) และกระดาษชนิดต่างๆ ชานอ้อยส่วนใหญ่ประกอบด้วยลิกนิน (lignin) และมีเซลลูโลสอยู่บ้างเล็กน้อย ไฟเบอร์ของชานอ้อยค่อนข้างสั้น คือ มีความยาวเฉลี่ยเพียง 1.4 มิลลิเมตร เท่านั้น ในขณะที่เยื่อใยของไม้ไผ่เฉลี่ย 2.5-4.0 มิลลิเมตร

4. ใช้เป็นอาหารสัตว์ ชานอ้อย ถ้าให้สัตว์กินโดยตรงมักจะเกิดปัญหาเกี่ยวกับรสชาติ การย่อยของสัตว์ ตลอดจนมีอัตราส่วนต่ำระหว่างอาหารที่สัตว์กินกับน้ำหนักตัวที่เพิ่ม วิธีที่ดีก็คือ นำมาหมักก่อนที่จะให้สัตว์กิน วัสดุที่หมักประกอบด้วยชานอ้อย 1 ตัน (ความชื้นร้อยละ 55.3) โซเดียมไฮดรอกไซด์ ร้อยละ 5 ของน้ำหนักแห้ง กากน้ำตาลร้อยละ 15 ยูเรียร้อยละ 0.8 และ

ข้าวโพดร้อยละ 12 โดยน้ำหนัก ผสมแล้วทำให้มีความชื้นประมาณร้อยละ 60 หมักไว้ 4-6 สัปดาห์ จึงให้สัตว์กิน

5. ใช้เป็นวัตถุดิบสำหรับอุตสาหกรรมผลิต furfural, furfuryl alcohol และ xylitol

6. ใช้ทำปุ๋ยหมัก โดยหมักร่วมกับปุ๋ยคอก กากตะกอน หรือปุ๋ยวิทยาศาสตร์ นอกจากนี้ยังใช้ปูคอกสัตว์ เพื่อรองรับมูลสัตว์ และทำปุ๋ยหมักต่อไป

7. ใช้เป็นวัตถุคลุมดิน เพื่อรักษาความชื้นของดิน และป้องกันวัชพืช

3) การใช้ประโยชน์ผลพลอยได้ที่เป็นกากตะกอนหรือขี้ตะกอน

กากตะกอนหรือขี้ตะกอน หมายถึง สิ่งเจือปนที่เป็นของแข็งที่ไม่ละลายน้ำอยู่ในน้ำอ้อย สิ่งเจือปนเหล่านี้จะถูกขจัดออกไปจากน้ำอ้อยในขบวนการทำใส (clarification) กากตะกอนโดยทั่วไปมีลักษณะป่นเป็นชิ้นเล็กๆ สีเทาเข้ม ส่วนประกอบของกากตะกอนไม่ค่อยแน่นอน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับคุณภาพ และความสะอาดของอ้อย ตลอดจนกรรมวิธีการผลิตของโรงงานนั้นด้วย กากตะกอนส่วนใหญ่มีน้ำประมาณร้อยละ 70 โดยน้ำหนักในส่วนที่เป็นของแข็ง เป็นพวกสารอินทรีย์ที่ได้จากอ้อยและดิน รวมทั้งมีไขปนอยู่ด้วย นอกจากนี้ก็มีน้ำตาลละลายอยู่บ้าง การใช้ประโยชน์ของกากตะกอนมีดังนี้

1. ใช้เป็นปุ๋ยบำรุงดินได้ดี จากการวิเคราะห์กากตะกอน เพื่อใช้เป็นปุ๋ย ปรากฏว่า มีไนโตรเจนร้อยละ 1.98 กรดฟอสฟอริกร้อยละ 2.56 และโพแทสเซียมร้อยละ 0.28 โดยน้ำหนักแห้ง นอกจากนี้ก็มีธาตุอาหารอื่นๆ ที่จำเป็นสำหรับการเจริญเติบโตของพืชอยู่ด้วย ข้อควรระวังในการใช้กากตะกอนทำปุ๋ยก็คือ ต้องไม่ใส่มากเกินไป เพราะจะทำให้เกิดความร้อน เนื่องจากการสลายตัวยังไม่สมบูรณ์ นอกจากนี้ต้องระวังเชื้อราที่ติดมาด้วย เพื่อแก้ปัญหาดังกล่าว อาจใช้วิธีหมักโดยกองไว้ในร่มให้ความชื้นพอเหมาะ คลุมด้วยพลาสติก ผ้าใบ หรือกระสอบเก่า เพื่อให้สลายตัวโดยสมบูรณ์ กากตะกอนที่สลายตัวดีแล้วจะเย็น การหมักอาจใช้เวลาประมาณ 3-4 เดือน

2. ใช้ในอุตสาหกรรมผลิตไข ประมาณครึ่งหนึ่งของไขที่มีอยู่บนต้นอ้อย จะปะปนอยู่ในกากตะกอน ประมาณกันว่า ทุกๆ ตันของอ้อยที่เข้าหีบ จะให้ไขประมาณ 450 กรัม ตัวเลขดังกล่าวแตกต่างกันไปตามพันธุ์อ้อย และบริเวณที่ปลูก ไขที่ได้จากอ้อยสามารถนำไปใช้ในอุตสาหกรรมหลายอย่าง เช่น อุตสาหกรรมผลิตสารขัดเงา ผลิตหมึกสำหรับกระดาษคาร์บอน และผลิตลิปสติก เป็นต้น

4) การใช้ประโยชน์ผลพลอยได้ที่เป็นกากน้ำตาล

กากน้ำตาล คือของเหลวมีลักษณะเป็นน้ำเชื่อมสีน้ำตาลเข้ม ของเหลวนี้จะถูกแยกออกจากเกล็ดน้ำตาลโดยวิธีปั่น (centrifuge) ส่วนประกอบของกากน้ำตาลแตกต่างกันไปตามโรงงาน อย่างไรก็ดีส่วนประกอบโดยประมาณ คิดเป็นร้อยละตามน้ำหนัก ของกากน้ำตาล มีดังนี้ คือ

น้ำร้อยละ 17-25 น้ำตาลซูโครสร้อยละ 30-40 น้ำตาลกลูโคสร้อยละ 4-9 และน้ำตาลฟรักโทสร้อยละ 5-12 นอกจากนั้นก็มีสารประกอบคาร์โบไฮเดรตอื่นๆ สารประกอบไนโตรเจน กรดต่างๆ วิตามิน ไข และแร่ธาตุต่างๆ อีกเป็นจำนวนมาก ดังนั้น กากน้ำตาลจึงใช้ประโยชน์ได้กว้างขวางกว่าผลพลอยได้ชนิดอื่นๆ ทั้งหมด ประโยชน์ที่ได้จากกากน้ำตาลมีมากมาย เช่น ใช้ทำปุ๋ย ใช้เลี้ยงสัตว์ ใช้ผลิตอัลกอฮอล์ ใช้ในอุตสาหกรรมยีสต์ ใช้ทำผงชูรส และใช้ทำกรดน้ำส้ม เป็นต้น แม้ว่าจะใช้ประโยชน์ได้กว้างขวาง แต่ก็ปรากฏว่า กากน้ำตาลส่วนใหญ่ใช้ประโยชน์ 2 ประการ คือ

1. ใช้เป็นอาหารสัตว์ กากน้ำตาลมีคุณสมบัติเหมาะสมที่จะใช้เป็นอาหารสำหรับสัตว์เคี้ยวเอื้อง (ruminant) เช่น โค กระบือ แพะ ฯลฯ ทั้งนี้เพราะว่า กากน้ำตาลนอกจากจะช่วยเพิ่มรสชาติแก่อาหารแล้ว ยังช่วยกระตุ้นการทำงานของบัคเตรีในกระเพาะซึ่งจะช่วยย่อยอาหารหยาบ เช่น ยอดอ้อย ฟางข้าว และแม้กระทั่งชานอ้อย ทำให้สัตว์พวกนี้ใช้ประโยชน์จากอาหารดังกล่าวได้มากขึ้น ในกรณีที่ใช้ชานอ้อยเป็นอาหารหยาบอาจใช้สูตร คิดเป็นร้อยละ ดังนี้ คือ กากน้ำตาลร้อยละ 74 ชานอ้อยร้อยละ 14 กากถั่วลิสงร้อยละ 8 ยูเรียร้อยละ 2 ไดแคลเซียมฟอสเฟตร้อยละ 1.5 และโซเดียมคลอไรด์ร้อยละ 0.5

2. ใช้ผลิตอัลกอฮอล์ การผลิตอัลกอฮอล์จากกากน้ำตาล กระทำได้โดยนำเอากากน้ำตาล มาทำให้เจือจางด้วยน้ำ แล้วหมักโดยอาศัยเชื้อยีสต์*พวก Saccharomyces cerevisiae* เปลี่ยนน้ำตาลไปเป็นอัลกอฮอล์ จากนั้นก็นำมากลั่นแยกอัลกอฮอล์ออก ซึ่งจะได้อัลกอฮอล์ที่มีความบริสุทธิ์ ประมาณ 95% ปริมาณอัลกอฮอล์ที่ได้แตกต่างกันไป ตามคุณภาพของกากน้ำตาล ตลอดจนกรรมวิธีการผลิตอัลกอฮอล์ของโรงงานนั้น โดยทั่วไป กากน้ำตาลหนัก 1 ตัน จะให้อัลกอฮอล์ประมาณ 340 ลิตร (สารานุกรมไทยสำหรับเยาวชน, 2562)

1.2 เนื้อหาของเรื่องที่เคยมีผู้ทำการวิจัยมาก่อน

Morthong *et al*., (2012) ศึกษาผลของอ้อยอาหารสัตว์หมักที่มีอายุการตัดต่างกันเพื่อทดแทนข้าวโพดหมักต่อการให้ผลผลิตของโคนม โดยทำการศึกษาในโคนมพันธุ์โฮสไตน์ฟรีเชี่ยน จำนวน 15 ตัว น้ำหนักตัวเฉลี่ย 465.5±20.4 กิโลกรัม และมีวันให้น้ำนม 133±25 วัน วางแผนการทดลอง 3×3 ลาตินสแควร์ ในแต่ละช่วงของการทดลองใช้เวลา 21 วัน โดยโคทดลองจะได้รับอาหารข้นโปรตีน 18 เปอร์เซ็นต์ ที่ถูกกำหนดให้กินในอัตราส่วนอาหารข้นต่อปริมาณน้ำนม เท่ากับ 1:2 และถูกสุ่มให้ได้รับอาหารหยาบ 3 กลุ่ม ดังนี้ 1) ข้าวโพดหมัก (corn silage, CS) 2) อ้อยอาหารสัตว์อายุตัด 105 วันหมัก (sugarcane silage, SCS105) และ 3) อ้อยอาหารสัตว์อายุตัด 210 วันหมัก (sugarcane silage, SCS210) โดยให้แบบกินเต็มที่ พบว่ากลุ่ม โคที่ได้รับอาหารหยาบ CS และ SCS105 มีปริมาณการกินได้สูงกว่า ($P < 0.01$) SCS210 (2.6, 2.4 และ 1.4%BW ตามลำดับ) แต่ปริมาณผลผลิตน้ำนม และองค์ประกอบของน้ำนมไม่มีความแตกต่างกัน ดังนั้นสามารถเลือกใช้อ้อย

อาหารสัตว์ที่มีอายุไม่เกิน 210 วันหมักเป็นอาหารหยาบทดแทนข้าวโพดหมักที่ปริมาณน้อยและขาดแคลนในช่วงฤดูแล้งได้

Sirisan *et al*., (2012) ศึกษาการใช้กากชานอ้อยหมักในอาหารสูตรรวม ต่อสมรรถนะการผลิตในโคนม ซึ่งใช้กากชานอ้อยที่มีการปรับปรุงคุณภาพด้วยเชื้อราขาว และด่างมาใช้เป็นส่วนผสมในอาหารสูตรรวมสำหรับโคนมที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพการให้ผลผลิต โดยใช้โคนมพันธุ์โฮลสไตน์ฟรีเชี่ยนจำนวน 9 ตัว มีน้ำหนักตัวเฉลี่ย 405±45 กิโลกรัม และมีผลผลิตน้ำนมเฉลี่ย 12.0±1.2 กิโลกรัมต่อวัน วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ มีสูตรอาหาร 3 สูตร ตามการใช้กากชานอ้อยปรับปรุงคุณภาพในสูตรอาหารที่ระดับ 10, 20 และ 30% เก็บข้อมูลการกินได้ การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักตัว ผลผลิตน้ำนมและองค์ประกอบน้ำนม ข้อมูลทั้งหมดถูกนำมาวิเคราะห์ความแปรปรวนและวิเคราะห์ความแตกต่างค่าเฉลี่ยทรีทเมนต์ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป ผลการศึกษาพบว่าทุกระดับการใช้กากชานอ้อยปรับปรุงคุณภาพในสูตรอาหารไม่มีผลต่อการกินได้วัตถุแห้ง และปริมาณผลผลิตน้ำนม แต่ที่ระดับ 30% ส่งผลต่อการเพิ่มขึ้นของน้ำหนักตัว และที่ระดับ 20% ทำให้องค์ประกอบของน้ำนมเพิ่มขึ้น อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) จากการศึกษาชี้ให้เห็นว่าการใช้กากชานอ้อยปรับปรุงคุณภาพที่ระดับ 20-30% ในสูตรอาหารส่งผลเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตสำหรับโครีดนม

Mohammed *et al.,* (2013) รายงานผลการปรับปรุงคุณภาพของชานอ้อยเพื่อใช้เป็นอาหารหยาบของสัตว์เคี้ยวเอื้อง โดยใช้ชานอ้อยสดหมักร่วมกับ กากน้ำตาล 7% ยูเรีย 10% หินปูน 2% เกลือ 0.5% และ โซเดียมไบคาร์บอเนต 1% โดยน้ำหนัก ใช้เวลาหมัก 28 วัน พบว่า มีค่าเฉลี่ยโปรตีนหยาบ (CP) 10.40% สูงกว่าชานอ้อยที่ไม่ได้รับการปรับปรุงคุณภาพ (2.18%) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) สอดคล้องกับ Shahowna *et al.,* (2013) ที่ได้ทำการหมักชานอ้อยสดร่วมกับ กากน้ำตาล 10% เมล็ดข้าวฟ่าง 5% และมูลไก่ 20% โดยน้ำหนัก พบว่ามีค่าเฉลี่ยโปรตีนหยาบ 11.62% และยังสามารถลดปริมาณลิกนิน (ADL) ได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

Horton *et al*., (1991) ทดลองการปรับปรุงคุณภาพชานอ้อยด้วยการอบไอน้ำภายใต้ความดันสูง (steam-pressure) จากนั้นนำไปอัดเม็ด (pelleted) เพื่อใช้เป็นแหล่งอาหารหยาบในสูตรอาหาร TMR โดยใช้ชานอ้อยอัดเม็ด 15.6% ในสูตรอาหาร เปรียบเทียบกับเปลือกเมล็ดฝ้าย ใช้เลี้ยงโคเนื้อพันธุ์บราห์มันลูกผสม ผลคือ โคเนื้อทุกกลุ่มการทดลองมีปริมาณการกินได้ของวัตถุแห้ง การเจริญเติบโตต่อวัน น้ำหนักซาก และเปอร์เซ็นต์ซาก ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) แต่อย่างไรก็ตามวิธีการปรับปรุงคุณภาพชานอ้อยด้วยการอบไอน้ำภายใต้ความดันสูง และการอัดเม็ด ต้องอาศัยอุปกรณ์และค่าใช้จ่ายที่สูง อาจไม่คุ้มค่า

ณัฐพงษ์ และคณะ (2556) ศึกษาผลของการใช้ชานอ้อยปรับปรุงคุณภาพด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ ที่ระดับ 0, 2, 4 และ 6% เพื่อใช้เป็นแหล่งอาหารหยาบในสูตรอาหาร TMR ของโคนมรุ่นพันธุ์โฮลสไตน์ฟรีเชี่ยน ทุกสูตรอาหารมีระดับ TDN และโปรตีนเท่ากัน (65.0% และ 12.5%) พบว่า

โคกลุ่มที่ได้รับชานอ้อยปรับปรุงคุณภาพด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ ที่ระดับ 4% มีค่าการกินได้ของวัตถุแห้ง (DMI), ปริมาณการกินได้คิดเป็นน้ำหนักตัว (DMI_{BW}) และประสิทธิภาพการใช้อาหาร (FCR) ดีกว่ากลุ่มอื่น และมีอัตราการเจริญเติบโต (ADG) ดีที่สุด ($P<0.01$) ในขณะที่การย่อยได้ของ DM, NDF และ ADF ที่ 4% ไม่ต่างกับ 6% แต่ดีกว่า 0 และ 2% อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$)

Mohammed and Salih (2015) ทดลองปรับปรุงคุณภาพชานอ้อยด้วยการหมักร่วมกับสารเคมี คือ ยูเรีย 10% ใช้เป็นแหล่งอาหารหยาบในอาหาร TMR โดยใช้ชานอ้อยที่ระดับ 10, 20 และ 30% เปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุมที่ใช้ฟางข้าวฟ่างเป็นแหล่งอาหารหยาบ ใช้สำหรับเลี้ยงโคเนื้อ พบว่า สามารถใช้ชานอ้อยที่ได้รับการปรับปรุงคุณภาพด้วยการหมักร่วมกับยูเรียในระดับ 30% ในอาหาร TMR โดยไม่มีผลต่อคุณภาพเนื้อโค

Ramli *et al*., (2005) ศึกษาการปรับปรุงคุณภาพชานอ้อยด้วยวิธีการทางชีวภาพ ด้วยการหมักชานอ้อยด้วยเชื้อรา *Aspergillus oryzae* ตามวิธี solid-state fermentation (SSF) เพื่อใช้เป็นแหล่งอาหารหยาบผสม ใช้ชานอ้อยผสมกับรำข้าวสาลี ในอัตราส่วน 1:3 ใช้เลี้ยงแพะพันธุ์แองโกลนูเบียน โดยเปรียบเทียบระหว่างชานอ้อยที่ไม่ได้รับการปรับปรุงคุณภาพ กับชานอ้อยที่ได้รับปรับปรุงคุณภาพด้วยวิธีการทางชีวภาพ พบว่าค่าการย่อยได้ของโภชนะทั้งหมด (TDN) และค่าการย่อยได้ที่ปรากฏของวัตถุแห้ง และอินทรียวัตถุ ของกลุ่มที่ใช้ชานอ้อยที่ได้รับปรับปรุงคุณภาพกลับต่ำกว่ากลุ่มที่ไม่มีการปรับปรุงคุณภาพอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ซึ่งเป็นผลที่ไม่แน่นอน นอกจากนี้ยังมีการใช้วิธีปรับปรุงร่วมระหว่างวิธีทางชีวภาพและวิธีทางเคมี

วาริน และเพ็ญศิริ (2556) ศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้ชานอ้อยที่ผ่านกระบวนการหมักร่วมกันแบบสภาพอาหารแข็ง (solid state fermentation) ของรา *Aspergillus niger* BC19 และยีสต์ *Saccharomyce cerevisiae* เป็นอาหารทดแทนอาหารสัตว์สำเร็จรูปสำหรับเลี้ยงไก่เนื้อ พบว่า 1) ผลิตภัณฑ์ชานอ้อยที่ผ่านกระบวนการหมักที่อุณหภูมิห้อง (30±2 °C, 60±5 %RH) ด้วยจุลินทรีย์ผสมของรา *Aspergillus niger* BC19 ที่ผลิตเอ็นไซม์เซลลูเลสได้ดีกับยีสต์ *Saccharomyces cerevisae* มีคุณค่าทางโภชนะดีขึ้นเพราะมีปริมาณโปรตีนหยาบเพิ่มขึ้น ในขณะที่มีปริมาณเยื่อใยหยาบลดลง 2) มีความเป็นไปได้ที่จะใช้ชานอ้อยหมักเป็นอีกหนึ่งทางเลือกสำหรับทดแทนอาหารสำเร็จรูปในสัดส่วนที่เหมาะสมสำหรับกระบวนการผลิตไก่เนื้อ เพราะไก่สามารถเจริญเติบโตได้ แม้ใช้อาหารที่มีสัดส่วนของชานอ้อยหมักทดแทนอาหารสำเร็จรูปที่ร้อยละ 20 โดยไม่พบการตาย การเกิดโรค และอันตรายที่ส่งผลกระทบต่อสุขภาพของไก่ในระหว่างการทดลอง 3) ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($P>0.05$) ของอัตราการแลกเปลี่ยนอาหารของไก่ที่ถูกเลี้ยงจนมีอายุ 35 วัน เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มไก่ควบคุมที่ได้รับอาหารสำเร็จรูปเพียงอย่างเดียว ในขณะที่ไก่กลุ่มทดลองที่ได้รับอาหารที่มีชานอ้อยหมักในสัดส่วนร้อยละ 5 และ 10 จะให้น้ำหนักเพิ่มขึ้นที่ดีกว่าไก่กลุ่มควบคุม ($P<0.05$)

Herrera *et al*., (1993) ศึกษาการใช้ Bagarip (protein-rich-bagasse; ชานอ้อยที่มีโปรตีนสูง) ซึ่งหมักแบบสภาพอาหารแข็ง (solid state fermentation) และสุดท้ายผสมด้วยกากน้ำตาล แล้วนำไปใช้ในอาหารไก่ไข่พันธุ์เล็กฮอร์นขาว (white leghorn layer chicken) พบว่า Bagarip ที่ผ่านวิธีการปรับปรุงคุณภาพแล้วมีปริมาณเยื่อใยลดลงต่ำกว่า 15 เปอร์เซ็นต์ และใช้ Bagarip ทดแทนอาหารได้โดยปราศจากผลกระทบต่อผลผลิตและสุขภาพของสัตว์ แนะนำว่าสามารถใช้ Bagarip ในอาหารของไก่ไข่ได้ถึง 20 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งผู้วิจัยได้จดลิขสิทธิ์สูตรอาหารนี้เรียบร้อยแล้ว (Patente cubana A23K 1/22 337)

1.3 ความสำคัญและที่มาของปัญหา

อ้อยเป็นพืชเศรษฐกิจหลักที่สำคัญของประเทศไทยที่ใช้สำหรับการผลิตน้ำตาล ซึ่งมีการปลูกอย่างแพร่หลายในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ภาคกลาง ภาคเหนือ และภาคตะวันออก ปริมาณผลผลิตรวมในประเทศของอ้อยเข้าโรงงานในปีเพาะปลูก 2557/58 ประมาณ 116 ล้านตัน การผลิตน้ำตาลจากอ้อยนี้ นอกจากจะได้น้ำตาลแล้ว ยังมีผลพลอยได้ซึ่งสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้อีก เช่น กากน้ำตาลหรือโมลาส (molasse) ตะกอนหม้อกรอง ชานอ้อยหรือกากอ้อย (bagasses) เป็นต้น แต่การผลิตน้ำตาลทรายจะมีเศษเหลือที่สำคัญ คือ ชานอ้อย ซึ่งในแต่ละปีจะมีชานอ้อยจากโรงงานผลิตน้ำตาลทรายเป็นจำนวนมาก สำนักงานคณะกรรมการนโยบายพลังงานแห่งชาติ (2545) รายงานว่าอัตราส่วนระหว่างอ้อยและชานอ้อยเมื่อผ่านกระบวนการผลิตน้ำตาลทรายแล้วมีอัตราส่วนเท่ากับ 100:29 ดังนั้นประมาณการได้ว่า ในปีเพาะปลูก 2557/58 จะมีปริมาณชานอ้อยรวมในประเทศทั้งหมดประมาณ 34 ล้านตัน โดยทั่วไปชานอ้อยจะถูกนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิง ทำเยื่อกระดาษ ทำวัสดุก่อสร้าง (ไฟเบอร์บอร์ด) นำไปผลิตก๊าซมีเทน นอกจากนี้แล้วยังสามารถใช้ชานอ้อยสำหรับเลี้ยงสัตว์ได้อีกด้วย

เกษตรกรส่วนใหญ่นิยมนำวัสดุเศษเหลือทางการเกษตรมาใช้เป็นปุ๋ยสำหรับเพาะปลูกพืช ซึ่งแท้ที่จริงแล้ววัสดุเศษเหลือทางการเกษตรมีคุณค่าทางสารอาหารสามารถนำมาใช้อาหารสัตว์ได้ ชานอ้อยเป็นเศษเหลือจากอุตสาหกรรมโรงงานน้ำตาลชนิดหนึ่งที่เหมาะสำหรับนำมาใช้ประโยชน์เป็นอาหารสัตว์ ซึ่งมีรายงานว่า ชานอ้อยมีวัตถุแห้ง (DM) 72.50% โปรตีนหยาบ (CP) 2.80% เยื่อใยผนังเซลล์ (NDF) 79.40% และเยื่อใยลิกโนเซลลูโลส (ADF) 69.80% ในวัตถุแห้ง แม้ว่าจะมีปริมาณที่ต่ำแต่ก็มีค่าใกล้เคียงกับฟางข้าว (2.30%) ที่เกษตรกรนิยมใช้เป็นแหล่งของอาหารหยาบในช่วงฤดูแล้ง และพบว่าชานอ้อยมีปริมาณของคาร์โบไฮเดรตที่ย่อยได้ง่าย (NFE) ค่อนข้างสูง (52.50%) ซึ่งเป็นคาร์โบไฮเดรตส่วนที่สัตว์ทุกชนิดย่อยได้ง่าย และนำไปใช้ประโยชน์ได้ แต่การนำชานอ้อยมาเป็นอาหารสัตว์ก็ยังมีข้อจำกัด เนื่องจากชานอ้อยส่วนใหญ่มีเยื่อใยที่มีส่วนประกอบของลิกนิน (lignin) และมีเซลลูโลสที่อยู่ในรูปผลึก (crystalline cellulose) ป้องกันการเข้าย่อยสลายเซลลูโลสและเฮมิ

เซลลูโลส จากเอนไซม์ที่ขับออกมาโดยจุลินทรีย์ จึงทำให้ชานอ้อยมีค่าการย่อยได้เพียง 31.82% ดังนั้นการนำชานอ้อยมาใช้เป็นอาหารสัตว์จึงควรได้รับการปรับปรุงคุณภาพก่อน เพื่อเพิ่มคุณค่าทางอาหารและเพิ่มการย่อยได้ โดยสามารถทำได้หลายวิธี เช่น วิธีปรับปรุงทางกายภาพ (physical treatment) ด้วยการสับ (chopping) การบด (grinding) การแช่น้ำ (soaking) การอัดเม็ด (pelleting) หรือการอบไอน้ำภายใต้ความดันสูง (steaming under pressure) วิธีปรับปรุงทางเคมี (chemical treatment) ด้วยการใช้กรดหรือด่าง (treatment with acids or alkalis) และวิธีปรับปรุงทางชีวภาพ (biological treatment) ด้วยการหมัก (ensiling) การใช้ยีสต์ รา (fungal growth) และเอนไซม์ (enzyme additions) เป็นต้น (Suksombat, 2004)

อย่างไรก็ตาม วิธีการที่เหมาะสมในการปรับปรุงคุณภาพชานอ้อยเพื่อเป็นอาหารสัตว์กระเพาะเดี่ยวหรือสัตว์ปีกนั้นยังมีข้อจำกัดอยู่ ดังนั้นการวิจัยในครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาคุณค่าทางโภชนะของชานอ้อย การปรับปรุงคุณภาพของชานอ้อย และแนวทางการใช้ประโยชน์จากชานอ้อยที่ผ่านการปรับปรุงคุณภาพแล้วไปเป็นอาหารไก่ไข่ เพื่อเป็นทางเลือกในการใช้ทดแทนวัตถุดิบอาหารสัตว์บางชนิดหรือทดแทนอาหารสำเร็จรูป อันจะนำไปสู่การการลดต้นทุนการผลิต ที่มีข้อดีคือ มีแหล่งที่แน่นอน จัดหาได้ในท้องถิ่น ราคาถูก และมีปริมาณมาก ซึ่งเหมาะสำหรับเกษตรกรหรือกลุ่มเกษตรกรที่มีการเลี้ยงไก่แบบอินทรีย์หรือแบบปลอดภัยต่อไป

1.4 วัตถุประสงค์และขอบเขตการวิจัย

1.4.1 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1) เพื่อศึกษาคุณค่าทางโภชนะของชานอ้อยที่เป็นเศษเหลือจากอุตสาหกรรมโรงงานน้ำตาล

2) เพื่อศึกษาวิธีการการปรับปรุงคุณภาพของชานอ้อยที่เหมาะสมสำหรับนำไปใช้ประโยชน์ในไก่ไข่

1.4.2 ขอบเขตของการวิจัย

1) ขอบเขตเนื้อหา

ชานอ้อยที่เป็นเศษเหลือจากอุตสาหกรรมโรงงานน้ำตาลตะวันออก จ.สระแก้ว

↓

ศึกษาคุณค่าทางโภชนะของชานอ้อย

จำนวน 10 ตัวอย่างๆ 3 ซ้ำ

↓

ศึกษาวิธีการปรับปรุงคุณภาพของชานอ้อย

โดยใช้ระยะเวลาการหมัก 0 7 14 21 และ 28 วัน

2) ขอบเขตด้านกลุ่มเป้าหมาย

เกษตรกรผู้เลี้ยงไก่ไข่หรือไก่พื้นเมืองหรือไก่ชนรายย่อยในจังหวัดสระแก้ว

3) ขอบเขตด้านพื้นที่

พื้นที่จังหวัดสระแก้ว

1.5 วิธีดำเนินการวิจัยโดยสรุปทฤษฎี และ/หรือ แนวความคิดที่นำมาใช้ในการวิจัย

อาหารสัตว์เป็นองค์ประกอบที่สำคัญที่สุดที่จะทำให้การเลี้ยงไก่ไข่มีกำไรหรือขาดทุน เนื่องจากต้นทุนการผลิตประมาณ 60-70 เปอร์เซนต์ ของต้นทุนทั้งหมดจะเป็นค่าอาหาร ไก่ไข่นั้นนอกจากจะต้องการอาหารเพื่อการดำรงชีพ การเจริญเติบโตแล้ว ยังต้องนำไปใช้ในการผลิตอีกด้วย โดยไก่มีความต้องการอาหารแตกต่างกันไปในแต่ละช่วงอายุ การที่ผู้เลี้ยงจะลดต้นทุนการผลิตในส่วนของค่าอาหารลงนั้น สามารถทำได้โดยการประกอบสูตรอาหารที่มีราคาถูก แต่คุณภาพดี เลือกใช้วัถุดิบอาหารสัตว์ที่มีราคาถูกตามฤดูกาล ง่ายต่อการจัดหาและไก่ไข่สามารถใช้อาหารอย่างมีประสิทธิภาพ เพื่อให้ได้ไข่ที่มีคุณภาพดีและต้นทุนต่ำ

ปกติเกษตรกรสามารถผลิตพืชผลทางการเกษตรได้หลายชนิดและเป็นจำนวนมาก ทำให้มีผลพลอยได้ต่างๆ จากการเกษตรและเศษเหลือจากโรงงานอุตสาหกรรมมากมาย ที่สามารถนำมาใช้เป็นอาหารสัตว์ได้อย่างดี วัสดุเหลือใช้เหล่านี้ บางชนิดมีคุณค่าทางโภชนะสูง พร้อมที่จะนำมาใช้เป็นอาหารสัตว์ได้ แต่บางชนิดอาจมีความจำเป็นต้องแปรรูป จำกัดปริมาณการใช้ ตลอดจนปรับปรุงคุณภาพก่อน เพื่อเพิ่มคุณค่าทางอาหารให้สูงขึ้น ถ้าสามารถจัดหาได้ง่าย สะดวก และมีราคาถูกด้วย ก็จะเป็นการลดต้นทุนการผลิตสัตว์ที่ดีทางหนึ่ง

ชานอ้อยเป็นเศษเหลือจากอุตสาหกรรมเกษตรชนิดหนึ่งที่เหมาะสำหรับนำมาใช้ประโยชน์เป็นอาหารสัตว์ ซึ่งมีรายงานว่า ชานอ้อย มีโปรตีนหยาบประมาณ (CP) 2.80% และพบว่าชานอ้อยมีปริมาณของคาร์โบไฮเดรตที่ย่อยได้ง่าย (NFE) ค่อนข้างสูง (52.50%) ซึ่งเป็นคาร์โบไฮเดรตส่วนที่สัตว์ทุกชนิดย่อยได้ง่าย และนำไปใช้ประโยชน์ได้ ซึ่งมีความเป็นไปได้ที่จะใช้ชานอ้อยที่ผ่านการปรับ ปรุงคุณภาพแล้วไปเป็นอาหารไก่ไข่ เพื่อเป็นทางเลือกในการใช้ทดแทนวัตถุดิบอาหารสัตว์บางชนิดหรือทดแทนอาหารสำเร็จรูปในสัดส่วนที่เหมาะสมสำหรับส่งเสริมให้เกษตรกรหรือกลุ่มเกษตรกรที่มีการเลี้ยงไก่ไข่แบบอินทรีย์หรือแบบปลอดภัยในพื้นที่แถบชายแดนจังหวัดสระแก้ว

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.6.1 เป็นการเพิ่มมูลค่าของชานอ้อยที่เป็นวัสดุเหลือทิ้งจากโรงงานน้ำตาล โดยการใช้เป็นแหล่งวัตถุดิบในการผลิตอาหารสัตว์สำหรับเลี้ยงไก่ไข่

1.6.2 สามารถทดแทนวัตถุดิบอาหารสัตว์บางชนิดหรือทดแทนอาหารสำเร็จรูป และเป็นการลดต้นทุนการผลิตไก่ไข่เพื่อการพัฒนาที่อย่างยั่งยืน

1.6.3 หน่วยงานที่เกี่ยวข้องสามารถนำองค์ความรู้ที่ได้ไปส่งเสริมหรือถ่ายทอดให้กับเกษตรกรผู้เลี้ยงไก่ไข่ในพื้นที่และสามารถนำไปต่อยอดเพื่อพัฒนาเป็นสูตรอาหารสัตว์ต่อไป

บทที่ 2
เนื้อเรื่อง (Main body)

2.1 วิธีดำเนินการวิจัย (Materials and Methods)

2.1.1 การศึกษาคุณค่าทางโภชนะของชานอ้อย

สุ่มเก็บตัวอย่างชานอ้อยจากโรงงานน้ำตาลตะวันออก จังหวัดสระแก้ว จำนวน 10 ตัวอย่าง นำมาอบหรือทำให้แห้ง แล้วนำไปบดด้วยเครื่องบดที่ละเอียดทำให้ได้ตัวอย่างที่มีเนื้อเดียวกัน เพื่อง่ายต่อการนำไปวิเคราะห์หาปริมาณโภชนะในห้องปฏิบัติการ ซึ่งวิเคราะห์คุณค่าทางอาหารโดยประมาณวิธี Proximate analysis (AOAC; 2012) ประกอบไปด้วย

1) ความชื้น (Moisture or water)

2) เถ้า (Ash or Mineral matter)

3) โปรตีน (Crude protein)

4) ไขมัน (Ether extract or Crude fat)

5) เยื่อใย (Crude fiber) โดยวิเคราะห์เยื่อใยหรือกากใยหยาบทั้งหมดในตัวอย่างชานอ้อย (Determination of Total Crude Fiber) และวิเคราะห์เยื่อใยที่ละลายได้ในสารละลายที่เป็นกลาง (Neutral detergent fiber; NDF) และวิเคราะห์เยื่อใยที่ละลายได้ในสารละลายที่เป็นกรด (Acid detergent fiber; ADF)

6) ไนโตรเจนฟรีแอกซ์แทรก (Nitrogen-free extract)

7) การวิเคราะห์หาพลังงานโดยใช้เครื่อง Bomb Calorimeter (Gross energy)

2.1.2 การทดสอบการเจริญเติบโตเชื้อ *Saccharomyces cerevisae*

ศึกษาการเจริญเติบโตของยีสต์ *Saccharomyces cerevisae* ในอาหารเลี้ยงเชื้อที่ต่างกันคือใช้ อาหารเลี้ยงเชื้อที่เป็นน้ำสับปะรด (Pineapple juice) และอาหารเลี้ยงเชื้อ Yeast extract peptone dextrose (YPD) ในวันที่ 1 เก็บทุก ๆ 3 ชั่วโมง แต่สำหรับในวันที่ 2-4 เก็บทุก ๆ 6 ชั่วโมง ซึ่งใช้ Cell Counting Chamber (Hemocytometer) นับจำนวนเซลล์ (ยีสต์) โดยใช้ร่วมกับกล้องจุลทรรศน์

2.1.3 ศึกษาวิธีการปรับปรุงคุณภาพของชานอ้อย

นำตัวอย่างชานอ้อยที่ได้จากโรงงานน้ำตาลตะวันออก จังหวัดสระแก้ว มาบดและอบแห้งเพื่อใช้ในกระบวนการหมักแบบสภาพอาหารแข็ง (solid state fermentation) ใช้เชื้อรา Aspergillus niger และยีสต์ Saccharomyce cerevisiae โดยทำการหมักเป็นระยะเวลา 0 7 14

21 และ 28 วัน หลังจากนั้นนำชานอ้อยที่ผ่านการหมักแล้วมาวิเคราะห์คุณค่าทางอาหารโดยประมาณวิธี Proximate analysis (AOAC; 2012)

2.2 ผลการวิจัย (Results)

2.2.1 สุ่มเก็บตัวอย่างชานอ้อยจากโรงงานน้ำตาล

เก็บตัวอย่างชานอ้อยในปริมาณน้อยในแต่ละจุด แต่เก็บจากหลายๆ จุดซึ่งจะแยกใส่ถุงจำนวน 4 ถุงต่อ 1 ตัวอย่าง ดังแสดงในภาพที่ 2.1

ภาพที่ 2.1 แสดงการสุ่มเก็บตัวอย่างชานอ้อยจากโรงงานน้ำตาล

2.2.2 เตรียมตัวอย่างชานอ้อยเพื่อใช้ในการวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนะ

1) นำตัวอย่างชานอ้อย 1 ตัวอย่างจำนวน 4 ถุงมาผสมคลุกเคล้าให้เข้ากัน แล้วสุ่มตัวอย่างโดยวิธีแบ่ง 4 โดยนำตัวอย่างมาผสมให้เข้ากันแล้วแบ่งออกเป็น 4 ส่วนเท่าๆ กัน ดังภาพที่ 2.2 นำตัวอย่างที่อยู่ตรงข้ามกันมารวมกัน 2 ส่วน ทำการแยกออกไป ส่วนที่เหลือ 2 ส่วนนำมารวมกันและเก็บใส่ภาชนะ ปิดผนึกเพื่อกันความชื้น เขียนรายละเอียดตัวอย่าง และจัดเก็บเพื่อการวิเคราะห์ศึกษาการปรับปรุงคุณภาพ ประมาณ 10 กิโลกรัม ซึ่งดำเนินการเหมือนกันทั้ง 10 ตัวอย่าง

1	2
3	4

ภาพที่ 2.2 แสดงการสุ่มเก็บตัวอย่าง (เพื่อลดปริมาณให้เหลือตามที่ต้องการ)

2) บดตัวอย่างชานอ้อยให้ละเอียดและผสมให้เข้าเป็นเนื้อเดียวกัน จนกระทั่งไม่ว่าจะตักชานอ้อยบดส่วนใดไปวิเคราะห์ ก็เหมือนกันกับชานอ้อยบดส่วนอื่น ซึ่งจะเป็นตัวแทนของชานอ้อยบดที่ดี ดังแสดงในภาพที่ 2.3

ภาพที่ 2.3 แสดงการบดชานอ้อยเพื่อให้มีขนาดเล็กลง

3) ถ้าตัวอย่างชานอ้อยที่เก็บมามีปริมาณมากเกินไป ก็จะทำการลดปริมาณชานอ้อยลงจนเหลือในปริมาณที่เหมาะสมที่จะนำไปวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ

4) นำตัวอย่างชานอ้อยที่บดแล้วเก็บไว้ในภาชนะที่มิดชิดที่สามารถกันความชื้นได้ เพื่อให้สามารถเก็บรักษาตัวอย่างชานอ้อยให้อยู่ในสภาพเดิมได้นาน

2.2.3 ผลการวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนะของชานอ้อย

การวิเคราะห์โภชนะในชานอ้อยโดยวิธี Proximate Analysis (AOAC, 2012) Proximate analysis: เป็นวิธีวิเคราะห์หาส่วนประกอบอาหารสัตว์ทางเคมีแบบง่ายๆ โดยมีประโยชน์

ในการประกอบสูตรอาหารสัตว์ เพื่อให้มีปริมาณโภชนะที่เพียงพอและในสัดส่วนที่เหมาะสมกับความต้องการของสัตว์เลี้ยงแต่ละชนิด การวิเคราะห์อาหารสัตว์แบ่งออกเป็น 6 กลุ่ม ดังแสดงในภาพที่ 2.4 และ 2.5

1) ความชื้น (Moisture or water)

2) เถ้า (Ash or Mineral matter)

3) โปรตีน (Crude protein)

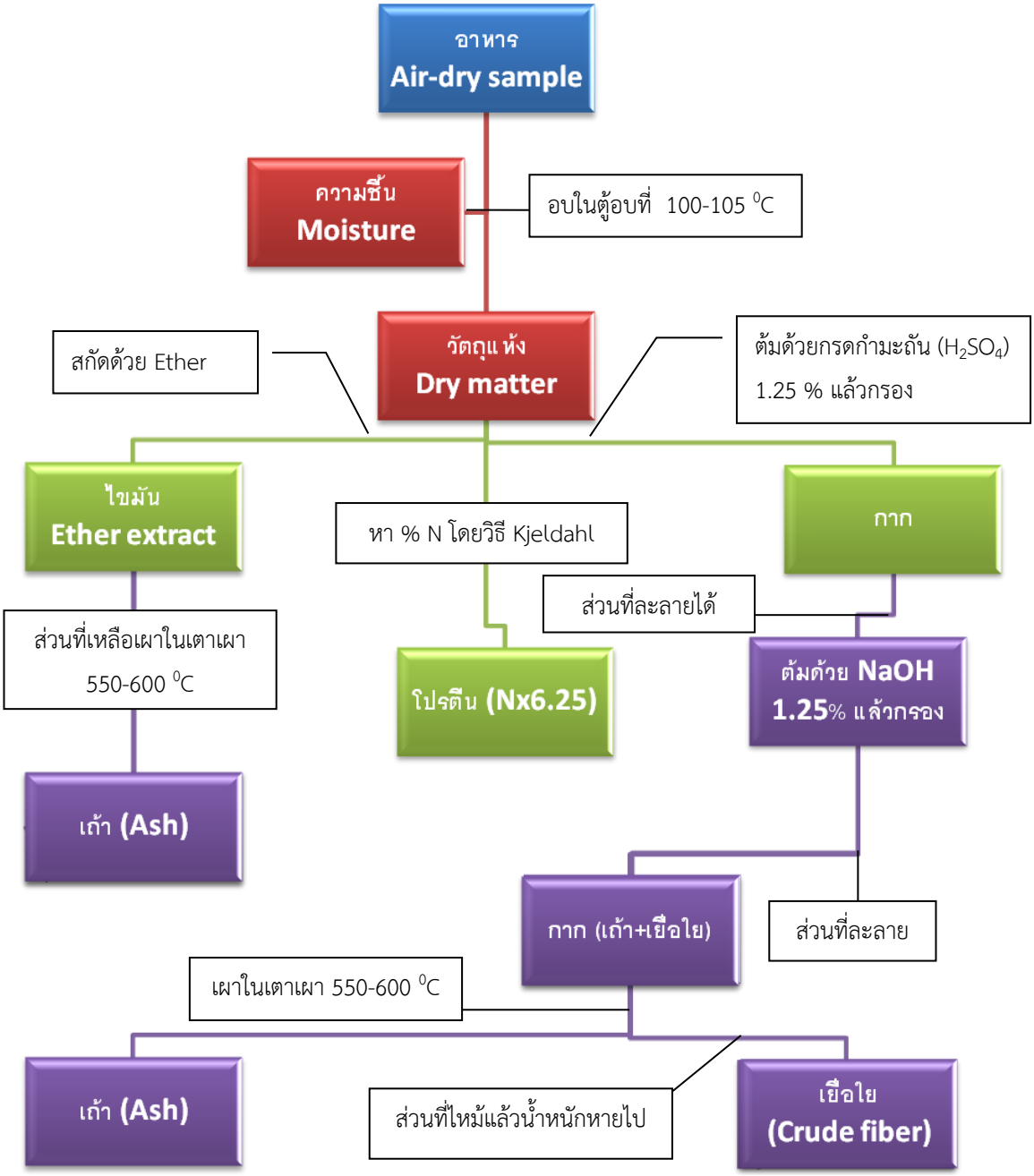
4) ไขมัน (Ether extract or Crude fat)

5) เยื่อใย (Crude fiber) โดยวิเคราะห์เยื่อใยหรือกากใยหยาบทั้งหมดในตัวอย่างชานอ้อย (Determination of Total Crude Fiber)

6) ไนโตรเจนฟรีแอกซ์แทรก (Nitrogen free extract)

7) การวิเคราะห์แบบ Van Soest System เป็นวิธีการวิเคราะห์หาส่วนประกอบของผนังเซลล์ (Cell wall) ซึ่งเป็นเยื่อใยที่ละลายได้ในสารละลายที่เป็นกลาง (Neutral detergent fiber; NDF) วิเคราะห์เยื่อใยที่ละลายได้ในสารละลายที่เป็นกรด (Acid detergent fiber; ADF) ลิกนิน (%Lignin) เฮมิเซลลูโลส (%Hemicellulose) และเซลลูโลส (%Cellulose) ดังแสดงในภาพที่ 2.6

8) การวิเคราะห์หาพลังงานโดยใช้เครื่อง Bomb Calorimeter (Gross energy) โดยมีหลักการคือ เป็นการวัดความร้อนที่เกิดขึ้นจากการเผาไหม้อาหารใน bomb ซึ่งมีก๊าซออกซิเจนอยู่ประมาณ 25-30 atmospheres โดยความร้อนที่เกิดขึ้นนั้นจะทำให้น้ำที่อยู่รอบๆ bomb มีอุณหภูมิสูงขึ้น จึงสามารถคำนวณพลังงานทั้งหมดได้จากอุณหภูมิของน้ำที่สูงขึ้นนั่นเอง

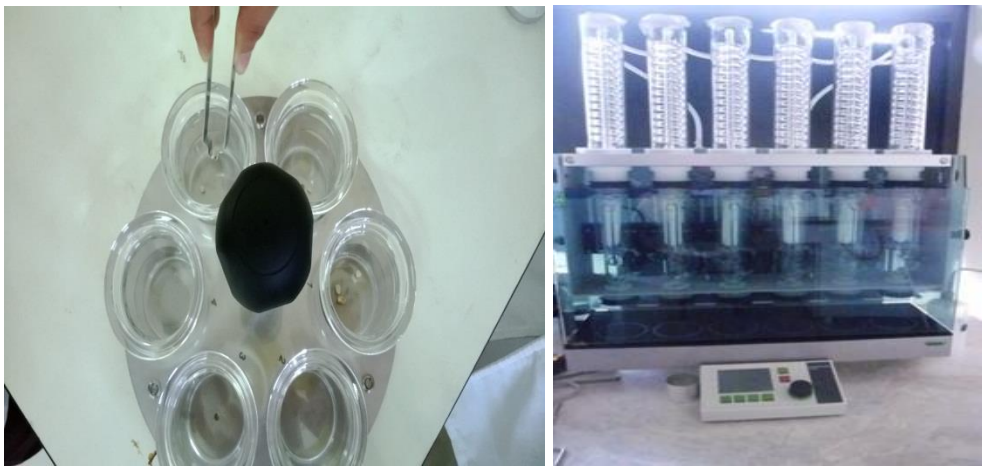


ภาพที่ 2.4 แผนผังแสดงการวิเคราะห์อาหารสัตว์โดยวิธี Proximate analysis (Lloyd *et al.*, 1978)

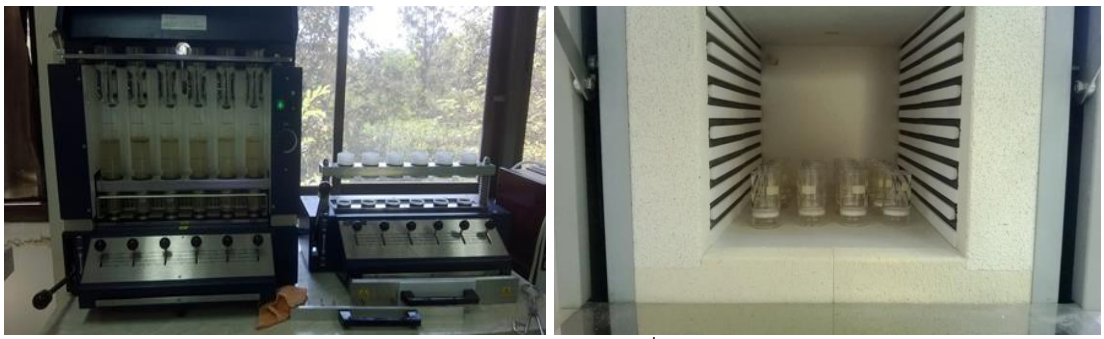
(ก) การวิเคราะห์หาความชื้น

(ข) การวิเคราะห์หาเถ้า

(ค) การวิเคราะห์หาโปรตีน

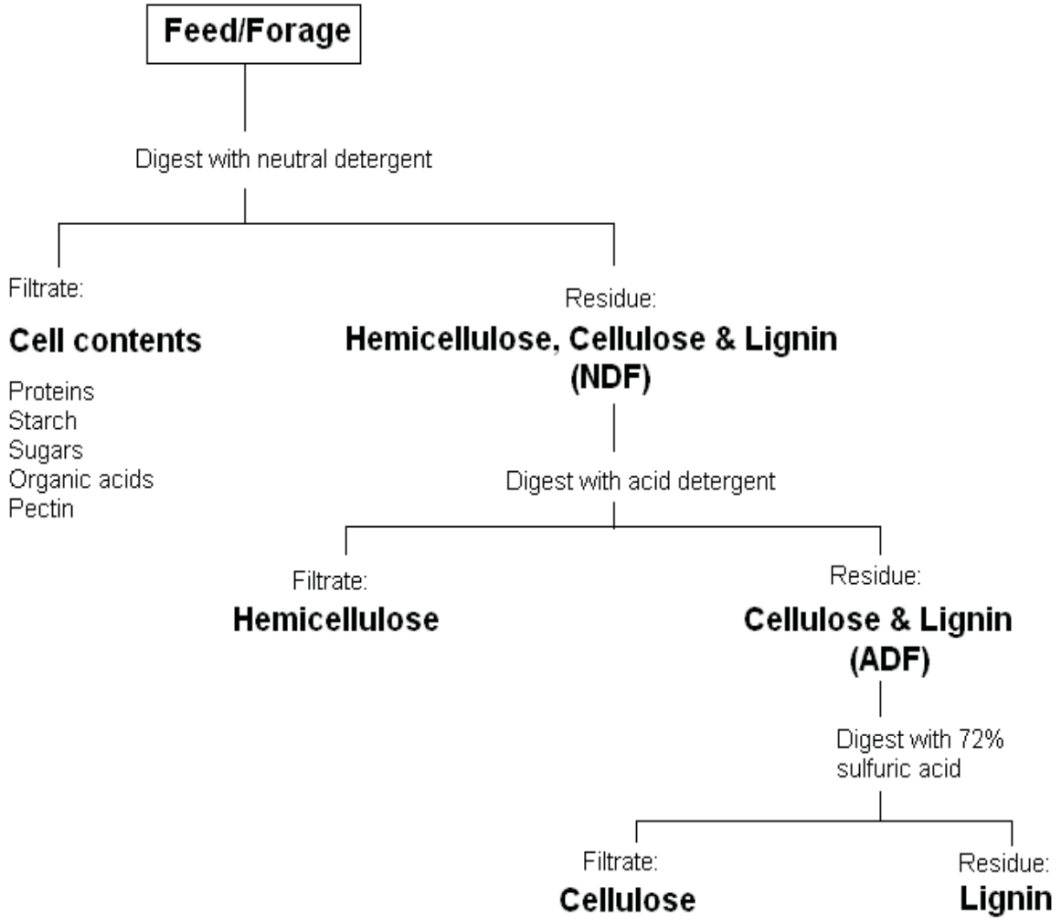


(ง) การวิเคราะห์หาไขมัน



(จ) การวิเคราะห์หาเยื่อใย

ภาพที่ 2.5 แสดงการวิเคราะห์โดยวิธี Proximate Analysis (ก-จ)



ภาพที่ 2.6 แผนผังการวิเคราะห์โดยใช้วิธี Van Soest System (Van Soest and Goering, 1970)

ตารางที่ 2.1 ผลการวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนะของชานอ้อย

Item	ตัวอย่างชานอ้อย										ค่าเฉลี่ย
	SB01	SB02	SB03	SB04	SB05	SB06	SB07	SB08	SB09	SB010	
DM	93.13	93.01	92.71	92.17	91.88	92.78	92.19	92.30	93.88	93.98	**92.80**
Moisture	6.87	6.99	7.29	7.83	8.12	7.22	7.81	7.70	6.12	6.02	**7.20**
CP	1.03	1.14	1.36	1.32	1.14	1.06	1.03	1.29	1.33	1.11	**1.18**
EE	0.41	0.36	0.40	0.32	0.30	0.41	0.32	0.41	0.30	0.29	**0.35**
Ash	2.05	3.08	2.78	2.04	3.04	3.04	2.32	2.99	4.99	3.12	**2.95**
CF	43.79	42.81	41.60	40.71	41.67	42.79	42.76	41.73	40.78	41.58	**42.02**
NFE	45.85	45.62	46.57	47.78	45.74	45.48	45.76	45.87	46.48	47.88	**46.30**
NDF	84.69	84.22	84.20	84.85	82.89	84.86	84.24	85.59	84.25	82.90	**84.27**
ADF	59.95	60.07	59.16	59.21	59.06	60.48	59.30	59.26	59.84	59.00	**59.53**
Lignin	12.10	10.97	11.37	11.02	10.93	12.23	11.12	11.56	11.12	10.43	**11.29**
Hemicellulose	24.74	24.15	25.04	25.64	23.83	24.38	24.94	26.33	24.41	23.90	**24.74**
Cellulose	47.85	49.10	47.79	48.19	48.13	48.25	48.18	47.70	48.72	48.57	**48.25**
Ca	0.199	0.205	0.221	0.246	0.223	0.200	0.223	0.220	0.224	0.199	**0.216**
P	0.021	0.025	0.033	0.037	0.037	0.015	0.025	0.027	0.037	0.038	**0.030**
Energy (kcalkg)	4127.70	4047.00	3996.30	4080.30	3963.70	4132.90	4045.80	3901.40	4032.90	3934.40	**4026.24**

22

การวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนะของชานอ้อยตัวอย่างที่ 1 ถึงตังอย่างที่ 10 (SB01-SB10) ผลการทดลองแสดงในตารางที่ 2.1 พบว่า ค่าเปอร์เซ็นต์วัตถุแห้ง (%Dry matter) เปอร์เซ็นต์ความชื้น (%Moisture) เปอร์เซ็นต์โปรตีนทั้งหมด (%Crude Protein) เปอร์เซ็นต์ไขมัน (%Ether Extract; EE หรือ Crude fat) เปอร์เซ็นต์เถ้า (%Ash) เปอร์เซ็นต์เยื่อใยทั้งหมด (%Crude Fiber; CF) เปอร์เซ็นต์ไนโตรเจนฟรีเอกแทรกซ์ (%Nitrogen Free Extract; NFE) เปอร์เซ็นต์ผนังเซลล์ (%Neutral detergent Fiber; NDF) เปอร์เซ็นต์ลิกโนเซลลูโลส (%Acid Detergent Fiber; ADF) เปอร์เซ็นต์ลิกนิน (%Lignin) เปอร์เซ็นต์เฮมิเซลลูโลส (%Hemicellulose) เปอร์เซ็นต์เซลลูโลส (%Cellulose) เปอร์เซ็นต์แคลเซียม (%Calcium) เปอร์เซ็นต์ฟอสฟอรัส (%Phosphorus) และค่าพลังงานทั้งหมด (%Gross Energy (kcal/kg); GE) ของตัวอย่างชานอ้อย SB01-SB10 ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$)

2.2.4 การเตรียมตัวอย่างชานอ้อยเพื่อใช้ในการหมักหรือปรับปรุงคุณภาพ

นำตัวอย่างชานอ้อยที่ได้จากกระบวนการเตรียมตัวอย่างชานอ้อยเพื่อใช้ในการวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนะในข้อที่ 1 ซึ่งมีปริมาณ 10 กิโลกรัมในแต่ละตัวอย่าง (SB01-SB10) มาบดให้ละเอียด และเก็บไว้ในถังพลาสติกที่ปิดฝามิดชิด ดังแสดงในภาพที่ 2.7 เพื่อรอในการใช้สำหรับศึกษาวิธีการปรับปรุงคุณภาพของชานอ้อย

ภาพที่ 2.7 แสดงการเตรียมและเก็บตัวอย่างชานอ้อยเพื่อใช้ในการหมัก

2.2.5 ผลการทดสอบการเจริญเติบโตเชื้อ *Saccharomyces cerevisae*

ก่อนการศึกษาวิธีการปรับปรุงคุณภาพของชานอ้อยโดยใช้ยีสต์ *Saccharomyces cerevisae* จำเป็นต้องศึกษาการเจริญเติบโตของยีสต์ *Saccharomyces cerevisae* (ยีสต์ขนมปัง) เสียก่อนเพื่อให้เกิดความมั่นใจได้ว่ามีเชื้อเริ่มต้นสำหรับการหมักชานอ้อยในปริมาณเท่าใด โดยได้ศึกษาการเจริญเติบโตของยีสต์ *Saccharomyces cerevisae* ในอาหารเลี้ยงเชื้อที่ต่างกันคือใช้อาหารเลี้ยงเชื้อที่เป็นน้ำสับปะรด (Pineapple juice) และอาหารเลี้ยงเชื้อ Yeast extract peptone dextrose (YPD) โดยในวันที่ 1 เก็บทุก ๆ 3 ชั่วโมง แต่สำหรับในวันที่ 2-4 เก็บทุก ๆ 6 ชั่วโมง ซึ่งใช้ Cell Counting Chamber (Hemocytometer) นับจำนวนเซลล์ (ยีสต์) โดยใช้ร่วมกับกล้องจุลทรรศน์ และมีการใช้งาน Counting Chamber ดังนี้

1) พิจารณาก่อนว่าจะเจือจางตัวอย่างหรือไม่ ขึ้นกับความเข้มข้นหรือความหนืดของตัวอย่างที่ต้องการจะนับ 1:10, 1:100 แล้วแต่ความเหมาะสม

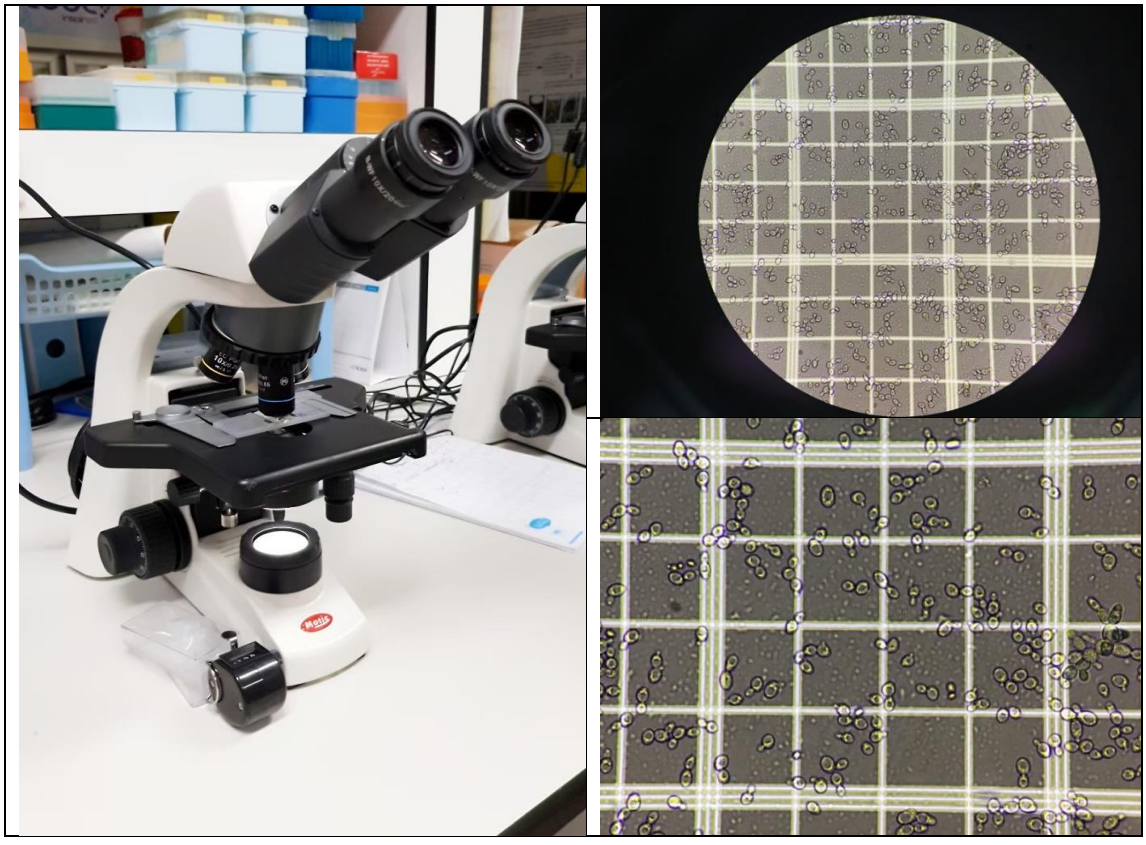
2) วางแผ่น cover slip ลงบน chamber แล้วใช้ปิเปตหรือหลอดหยด หยดตัวอย่างที่ขอบของ cover slip เพียง 1 หยด รอให้ตัวอย่างไหลเข้าไปใต้ slip จนเต็ม แล้วนำไปส่องกล้องจุลทรรศน์ กำลังขยาย 10 เท่าและปรับเป็น 40 เท่า

3) เริ่มนับเซลล์ยีสต์ด้วยการนับจำนวนจุดเซลล์ที่มองเห็น ในช่องซึ่งอยู่ในตำแหน่งสี่มุม และช่องตรงกลาง โดยแต่ละช่องของตารางมีความกว้างและความยาว 0.2 มิลลิเมตรเท่ากัน ดังแสดงในรูปภาพที่ 2.8 เหตุผลที่นับเช่นนี้เนื่องจากเป็นการนับแบบสุ่มแบบกระจายพื้นที่ เพราะ

บางครั้งการเลี้ยงเชื้อเริ่มต้นอาจทำให้เชื้อเกาะกลุ่มกันอยู่ตรงส่วนใดส่วนหนึ่งของแผ่นเพลต และถ้าหากจะนับทั้งหมด 25 ช่อง อาจก่อให้เกิดความผิดพลาด เกิดความเหนื่อยล้าได้ สมการคำนวณความหนาแน่นของจำนวนเชื้อยีสต์แสดงในสมการที่ 1

$$density = \frac{nColony}{nGrid} \times \frac{1}{4} \times 10^6$$ .....สมการที่ 1

โดยที่ nColony คือจำนวนโคโลนียีสต์ที่นับได้บนแผ่นเพลต ในกริดช่องที่สนใจทั้งหมด nGrid คือจำ นวนกริดที่นับ โดยปกติแล้วจะมีค่าเป็นห้า ซึ่งหมายถึงกริดช่องตำแหน่งสี่มุม และช่องตรงกลาง โดยหน่วยของความหนาแน่นที่ได้คือ เซลล์ต่อมิลลิลิตร (cell/ml) ผลการเจริญเติบโตของยีสต์ *Saccharomyces cerevisae* ดังแสดงในตารางที่ 2.2 และ 2.3

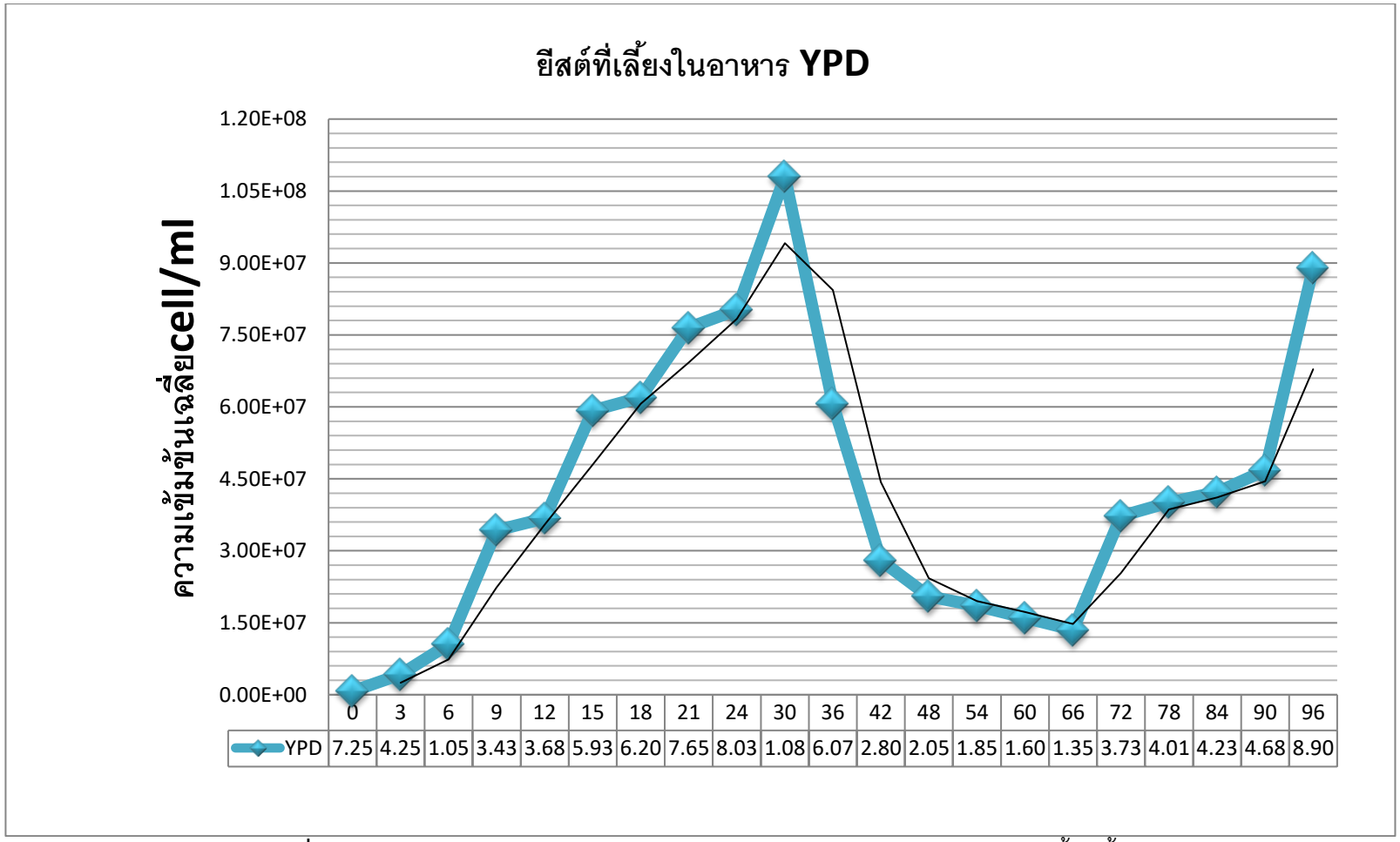


รูปภาพที่ 2.8 การนับการเจริญเติบโตของยีสต์ *Saccharomyces cerevisae* โดยใช้กล้องจุลทรรศน์

ตารางที่ 2.2 การเจริญเติบโตของยีสต์ *Saccharomyces cerevisae* ในอาหารเลี้ยงเชื้อ YPD

ชั่วโมงที่	YPD		ความเข้มข้นเฉลี่ย
	ซ้ำ 1	ซ้ำ 2	cell/ml
0	$6.00x10^5$	$8.50x10^5$	$7.25x10^5$
3	$4.50x10^6$	$4.00x10^6$	$4.25x10^6$
6	$9.00x10^6$	$1.20x10^7$	$1.05x10^7$
9	$2.90x10^7$	$3.95x10^7$	$3.43x10^7$
12	$3.25x10^7$	$4.10x10^7$	$3.68x10^7$
15	$5.85x10^7$	$6.00x10^7$	$5.93x10^7$
18	$6.00x10^7$	$6.40x10^7$	$6.20x10^7$
21	$6.75x10^7$	$8.55x10^7$	$7.65x10^7$
24	$7.30x10^7$	$8.75x10^7$	$8.03x10^7$
30	$1.01x10^8$	$1.15x10^8$	$1.08\ x10^8$
36	$5.90x10^7$	$6.23x10^7$	$6.07x10^7$
42	$2.35x10^7$	$3.25x10^7$	$2.80x10^7$
48	$2.00x10^7$	$2.10x10^7$	$2.05x10^7$
54	$1.80x10^7$	$1.90x10^7$	$1.85x10^7$
60	$1.70x10^7$	$1.50x10^7$	$1.60x10^7$
66	$1.30x10^7$	$1.40x10^7$	$1.35x10^7$
72	$4.41x10^7$	$3.04x10^7$	$3.73x10^7$
78	$4.45x10^7$	$3.56x10^7$	$4.01x10^7$
84	$4.55x10^7$	$3.90x10^7$	$4.23x10^7$
90	$4.70x10^7$	$4.65x10^7$	$4.68x10^7$
96	$9.05x10^7$	$8.75x10^7$	$8.90x10^7$

ผลการทดลองจากตารางที่ 2.2 พบว่า การเจริญเติบโตของยีสต์ *Saccharomyces cerevisae* (ยีสต์ขนมปัง) ในอาหารเลี้ยงเชื้อ YPD มีการเพิ่มจำนวนขึ้นเรื่อยๆ ตั้งแต่ชั่วโมงที่ 3 มีค่า $7.25\ x10^5$ cell/ml และเพิ่มจำนวนมากที่สุดในชั่วโมงที่ 30 มีค่า $1.08\ x10^8$ cell/ml ภายหลังจากนั้นปริมาณเชื้อค่อยๆ ลดลงจนต่ำที่สุดในชั่วโมงที่ 66 มีค่า $1.35\ x10^7$ cell/ml และค่อยๆ เพิ่มขึ้นอีกครั้ง ดังแสดงในรูปภาพที่ 2.9



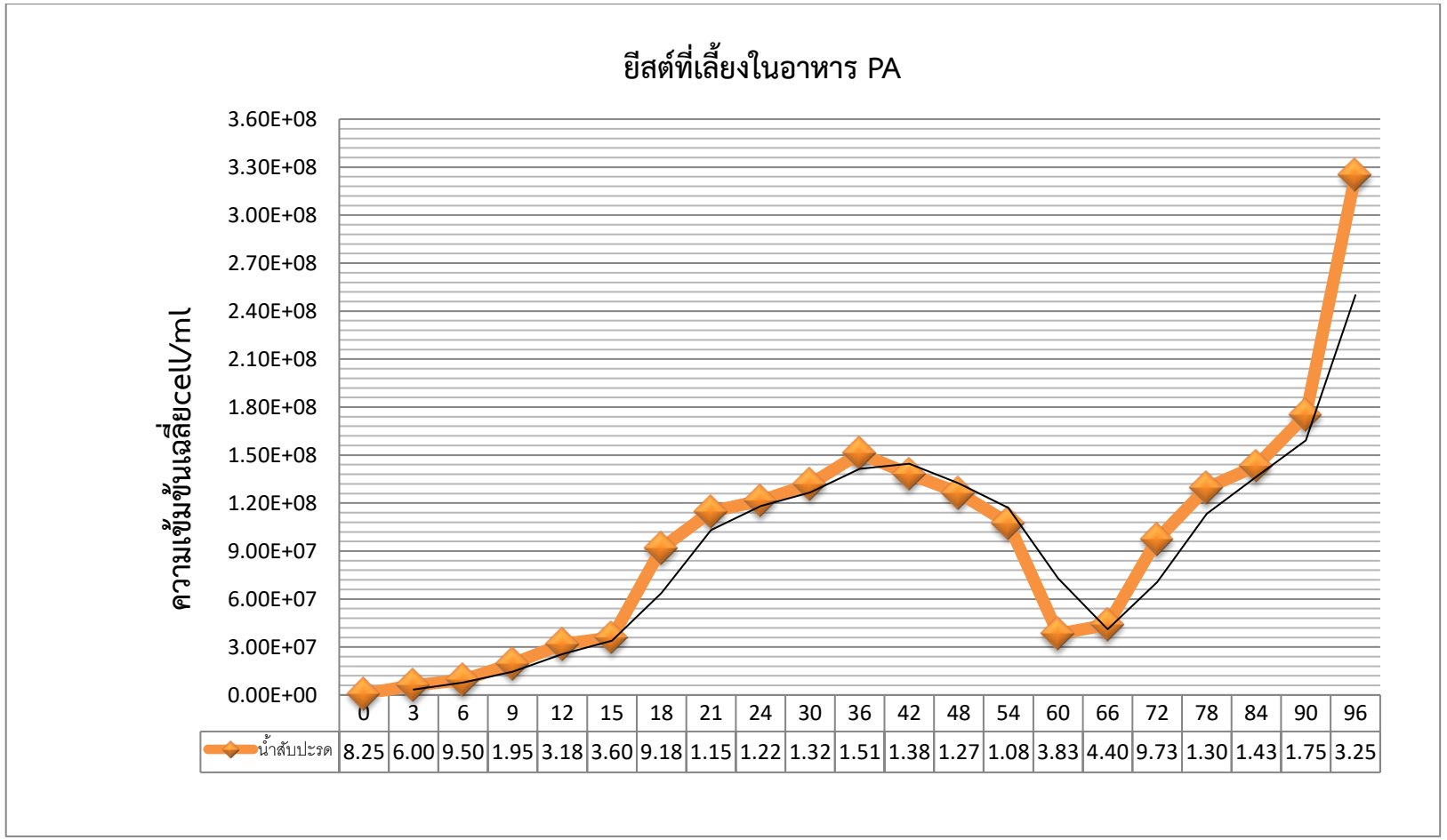
รูปภาพที่ 2.9 แสดงการเจริญเติบโตของยีสต์ *Saccharomyces cerevisae* ในอาหารเลี้ยงเชื้อ YPD

27

ตารางที่ 2.3 การเจริญเติบโตของยีสต์ *Saccharomyces cerevisae* ในอาหารเลี้ยงเชื้อที่เป็นน้ำสับปะรด (PA)

ชั่วโมงที่	น้ำสับประรด (PA)		ความเข้มข้นเฉลี่ย
	ซ้ำ 1	ซ้ำ 2	cell/ml
0	7.00×10^5	9.50×10^5	8.25×10^5
3	5.00×10^6	7.00×10^6	6.00×10^6
6	1.15×10^6	7.50×10^6	9.50×10^6
9	2.20×10^7	1.70×10^7	1.95×10^7
12	2.90×10^7	3.45×10^7	3.18×10^7
15	3.95×10^7	3.25×10^7	3.60×10^7
18	1.09×10^8	7.45×10^7	9.18×10^7
21	1.15×10^8	1.14×10^8	1.15×10^8
24	1.23×10^8	1.21×10^8	1.22×10^8
30	1.30×10^8	1.34×10^8	1.32×10^8
36	1.53×10^8	1.49×10^8	1.51×10^8
42	1.40×10^8	1.37×10^8	1.38×10^8
48	1.24×10^8	1.29×10^8	1.27×10^8
54	1.14×10^8	1.02×10^8	1.08×10^8
60	3.50×10^7	4.15×10^7	3.83×10^7
66	4.20×10^7	4.60×10^7	4.40×10^7
72	1.02×10^8	9.30×10^7	9.73×10^7
78	1.33×10^8	1.27×10^8	1.30×10^8
84	1.69×10^8	1.18×10^8	1.43×10^8
90	1.79×10^8	1.71×10^8	1.75×10^8
96	3.55×10^8	2.95×10^8	3.25×10^8

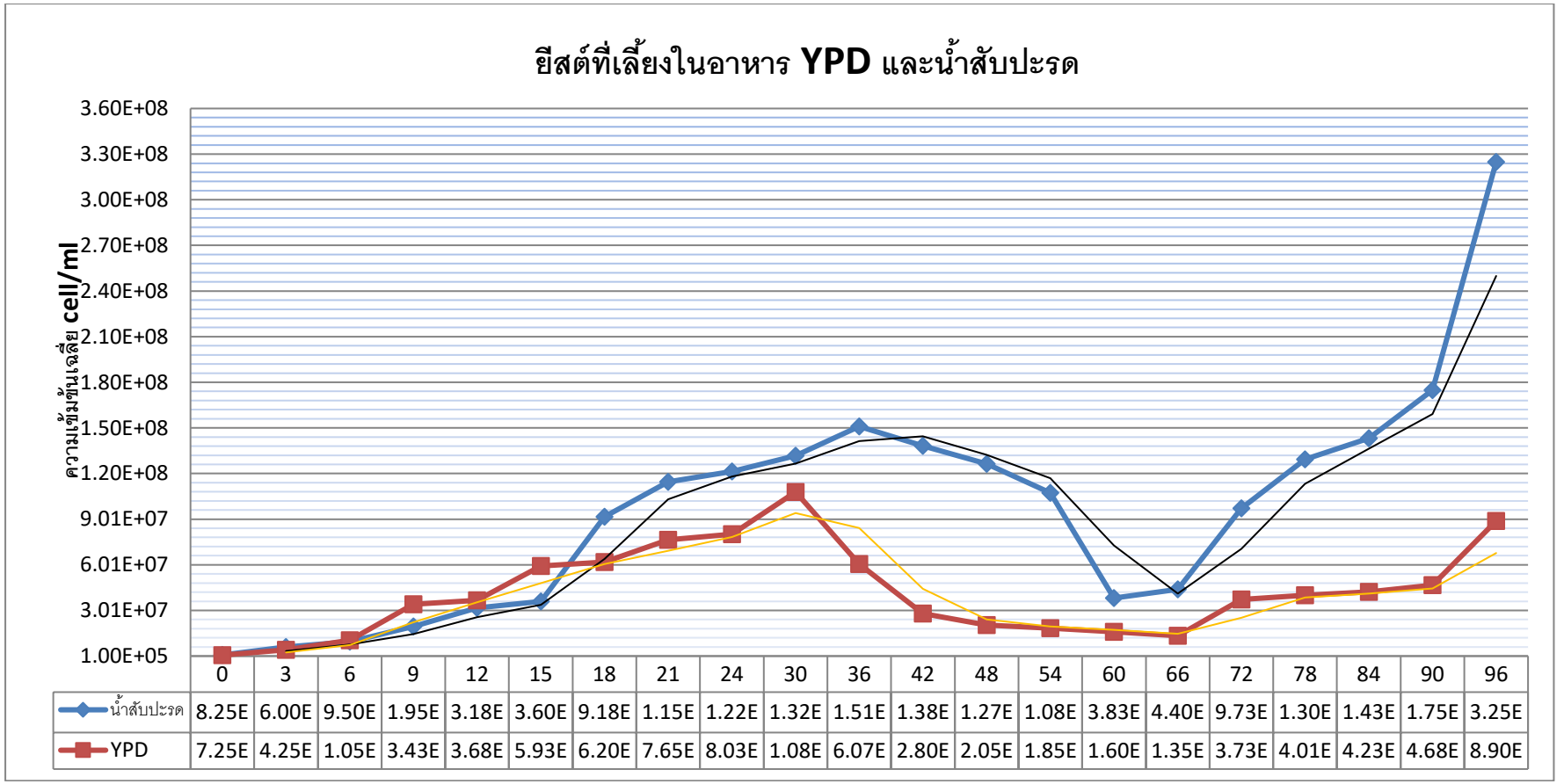
ผลการทดลองจากตารางที่ 2.3 พบว่า การเจริญเติบโตของยีสต์ *Saccharomyces cerevisae* (ยีสต์ขนมปัง) ในอาหารเลี้ยงเชื้อ PA มีการเพิ่มจำนวนขึ้นเรื่อยๆ ตั้งแต่ชั่วโมงที่ 3 มีค่า 8.25×10^5 cell/ml และเพิ่มจำนวนมากที่สุดในชั่วโมงที่ 36 มีค่า 1.51×10^8 cell/ml ภายหลังจากนั้นปริมาณเชื้อค่อยๆ ลดลงจนต่ำที่สุดในชั่วโมงที่ 60 มีค่า 3.83×10^7 cell/ml และค่อยๆ เพิ่มขึ้นอีกครั้งและสูงที่สุดในชั่วโมงที่ 96 มีค่า 3.25×10^8 cell/ml ดังแสดงในรูปภาพที่ 2.10



รูปภาพที่ 2.10 แสดงการเจริญเติบโตของยีสต์ *Saccharomyces cerevisae* ในอาหารเลี้ยงเชื้อที่เป็นน้ำสับปะรด

29

จากการทดลองเพื่อทดสอบการเจริญเติบโตของยีสต์ *Saccharomyces cerevisae* (ยีสต์ขนมปัง) ในอาหารเลี้ยงเชื้อที่ต่างกัน พบว่าการใช้อาหารเลี้ยงเชื้อที่เป็นน้ำสับปะรดเชื้อ *Saccharomyces cerevisae* สามารถเพิ่มจำนวนได้ดีกว่าใช้อาหารเลี้ยงเชื้อที่เป็น YPD อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ดังแสดงในรูปภาพที่ 2.11



	0	3	6	9	12	15	18	21	24	30	36	42	48	54	60	66	72	78	84	90	96
น้ำสับปะรด	8.25E	6.00E	9.50E	1.95E	3.18E	3.60E	9.18E	1.15E	1.22E	1.32E	1.51E	1.38E	1.27E	1.08E	3.83E	4.40E	9.73E	1.30E	1.43E	1.75E	3.25E
YPD	7.25E	4.25E	1.05E	3.43E	3.68E	5.93E	6.20E	7.65E	8.03E	1.08E	6.07E	2.80E	2.05E	1.85E	1.60E	1.35E	3.73E	4.01E	4.23E	4.68E	8.90E

รูปภาพที่ 2.11 แสดงการเจริญเติบโตของยีสต์ *Saccharomyces cerevisae* ในอาหารเลี้ยงเชื้อที่ต่างกัน

2.2.6 ผลของการศึกษาวิธีการปรับปรุงคุณภาพของชานอ้อย

นำตัวอย่างชานอ้อยที่ได้จากโรงงานน้ำตาลตะวันออก จังหวัดสระแก้ว มาบดและอบแห้งเพื่อใช้ในกระบวนการหมักแบบสภาพอาหารแข็ง (solid state fermentation) ใช้ยีสต์ *Saccharomyces cerevisiae* โดยทำการหมักเป็นระยะเวลา 0 7 14 21 และ 28 วัน ดังแสดงในรูปภาพที่ 2.11-2.12 หลังจากนั้นนำชานอ้อยที่ผ่านการหมักอบให้แห้ง แล้วมาวิเคราะห์คุณค่าทางอาหารโดยประมาณวิธี Proximate analysis (AOAC; 2012)

ขั้นตอนการหมัก มีดังต่อไปนี้

รูปภาพที่ 2.12 ขั้นตอนในการหมักชานอ้อยด้วยยีสต์ *Saccharomyces cerevisae*

รูปภาพที่ 2.13 แสดงการปรับปรุงคุณภาพของชานอ้อยด้วยยีสต์ *Saccharomyces cerevisae*

จากการการปรับปรุงคุณภาพของชานอ้อยด้วยยีสต์ *Saccharomyces cerevisae* นำมาวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนะ แล้วนำมาวิเคราะห์ทางสถิติ จากปัจจัยที่ศึกษา 2 ปัจจัย คือ การใช้น้ำและกากน้ำตาลในการหมัก (การใช้น้ำอย่างเดียว และการใช้น้ำร่วมกับกากน้ำตาล 5%) และปัจจัยระยะเวลาในการหมัก (1 7 14 21 และ 28 วัน) ผลการทดลองพบว่า ปัจจัยด้านการใช้น้ำและกากน้ำตาลในการหมักมีผลต่อค่า วัตถุแห้ง ความชื้น และคาร์โบไฮเดรตที่ย่อยได้ง่ายอย่างมีนัยสำคัญทางสถิต ($P<0.05$) และมีผลต่อ โปรตีนหยาบ เถ้า เยื่อใยหยาบ ผนังเซลล์ทั้งหมด ส่วนที่เป็นลิกนินและเซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส เซลลูโลส แคลเซียม ฟอสฟอรัส และพลังงานทั้งหมดอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิต ($P<0.01$) แต่ไม่มีผลต่อค่าโภชนะ ไขมันและลิกนิน ($P>0.05$) ปัจจัยด้านระยะเวลาในการหมักมีผลต่อค่า วัตถุแห้ง ความชื้น และส่วนที่เป็นลิกนินและเซลลูโลสอย่างมีนัยสำคัญทางสถิต ($P<0.05$) และมีผลต่อ โปรตีนหยาบ เถ้า เยื่อใยหยาบ คาร์โบไฮเดรตที่ย่อยได้ง่าย ลิกนิน และพลังงานทั้งหมดอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิต ($P<0.01$) แต่ไม่มีผลต่อค่าโภชนะ ไขมัน ผนังเซลล์ทั้งหมด เฮมิเซลลูโลส เซลลูโลส แคลเซียม และฟอสฟอรัส ($P>0.05$) และสำหรับปฏิสัมพันธ์ร่วม (interaction) ระหว่าง การใช้น้ำและกากน้ำตาลในการหมักและระยะเวลาในการหมัก พบว่า

ปฏิสัมพันธ์ร่วมของ 2 ปัจจัยมีผลต่อค่าโภชนะ เถ้า พลังงานทั้งหมด ($P<0.05$) และ โปรตีนหยาบ เยื่อใยหยาบ ผนังเซลล์ทั้งหมด ส่วนที่เป็นลิกนินและเซลลูโลส ($P<0.01$) แต่ปฏิสัมพันธ์ร่วมของ 2 ปัจจัยไม่มีผลต่อค่าโภชนะ วัตถุแห้ง ความชื้น ไขมัน คาร์โบไฮเดรตที่ย่อยได้ง่าย ลิกนิน เฮมิเซลลูโลส แคลเซียม และฟอสฟอรัส ($P>0.05$) ดังแสดงในตารางที่ 2.4

ตารางที่ 2.4 ผลการวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนะของชานอ้อยที่ปรับปรุงคุณภาพแล้ว

รายการ	ค่าโภชนะ (%)														Energy
	DM	Moisture	CP	EE	Ash	CF	NFE	NDF	ADF	Lignin	Hemicellulose	Cellulose	Ca	P	(kcal/kg)
การหมักชานอ้อย															
การใช้น้ำอย่างเดียว															
วันที่ 1	92.59^{C}	7.40^{A}	1.53^{B}	0.20^{C}	3.47^{B}	41.76^{C}	45.48^{D}	85.63^{A}	60.74^{B}	11.74^{A}	24.81^{B}	48.99^{A}	0.271	0.038	4048.05^{B}
วันที่ 7	96.42^{B}	3.57^{B}	1.57^{B}	0.53^{A}	3.24^{B}	43.06^{B}	48.04^{B}	85.30^{A}	60.24^{C}	11.28^{C}	25.06^{B}	48.96^{A}	0.251	0.045	4167.05^{A}
วันที่ 14	96.68^{A}	3.31^{C}	1.94^{A}	0.42^{B}	3.22^{B}	42.02^{C}	49.07^{A}	83.75^{C}	58.35^{D}	10.80^{D}	25.40^{A}	47.55^{D}	0.251	0.042	4139.70^{A}
วันที่ 21	96.74^{A}	3.25^{C}	1.86^{B}	0.46^{B}	3.19^{B}	44.06^{A}	47.16^{C}	82.75^{D}	60.22^{C}	12.31^{A}	22.52^{D}	47.91^{C}	0.307	0.039	4148.05^{A}
วันที่ 28	96.84^{A}	3.15^{C}	2.07^{A}	0.39^{B}	5.59^{A}	43.29^{B}	45.48^{D}	84.29^{B}	60.97^{A}	12.39^{A}	23.31^{A}	48.58^{B}	0.275	0.043	4143.25^{A}
การใช้น้ำร่วมกับกากน้ำตาล 5%															
วันที่ 1	92.76^{A}	7.23^{A}	2.25^{D}	0.40	4.65^{B}	37.88^{C}	47.05^{AB}	78.40	57.12	10.93	21.33	46.13	0.346	0.051	4023.55
วันที่ 7	95.68^{B}	4.31^{B}	2.77^{B}	0.68	4.53^{BC}	39.03^{A}	49.18^{A}	78.18	55.37	10.57	22.81	44.79	0.388	0.057	4040.75
วันที่ 14	96.56^{A}	3.43^{C}	2.65^{BC}	0.44	3.61^{C}	40.72^{AB}	49.13^{A}	80.42	59.32	11.67	20.99	47.75	0.329	0.053	4108.05
วันที่ 21	96.21^{AB}	3.79^{BC}	2.60^{C}	0.47	4.66^{B}	38.23^{C}	50.24^{A}	79.73	57.27	11.71	22.46	45.56	0.273	0.050	4066.20
วันที่ 28	95.68^{AB}	4.01^{BC}	3.10^{A}	0.51	5.69^{A}	41.63^{A}	45.04^{B}	79.95	59.25	12.91	20.70	46.34	0.338	0.056	4053.85
Main effect															
การใช้น้ำและกากน้ำตาลในการหมัก															
การใช้น้ำอย่างเดียว	95.85^{A}	4.14^{B}	1.79^{B}	0.40	3.74^{B}	42.83^{A}	47.06^{B}	84.34^{A}	60.10^{A}	11.70	24.22^{A}	48.40^{A}	0.273^{B}	0.041^{B}	4129.29^{A}
การใช้น้ำร่วมกับกากน้ำตาล 5%	95.44^{B}	4.55^{A}	2.67^{A}	0.50	4.63^{A}	39.50^{B}	48.12^{A}	79.33^{B}	57.66^{B}	11.56	21.66^{B}	46.11^{B}	0.335^{A}	0.053^{A}	4058.48^{B}
ระยะเวลาในการหมัก															
วันที่ 1	92.68^{C}	7.31^{A}	1.89^{D}	0.30	4.06^{B}	39.82^{C}	46.31^{B}	82.01	58.93^{AB}	11.34^{BC}	23.07	47.56	0.309	0.045	4035.98^{B}
วันที่ 7	96.05^{B}	3.94^{B}	2.17^{C}	0.61	3.89^{B}	41.04^{B}	48.61^{A}	81.74	57.80^{B}	10.93^{C}	23.94	46.87	0.319	0.051	4103.90^{A}
วันที่ 14	96.62^{A}	3.37^{C}	2.30^{B}	0.43	3.42^{C}	41.37^{B}	49.10^{A}	82.08	58.83^{AB}	11.23^{BC}	23.19	47.65	0.295	0.047	4123.88^{A}

รายการ	ค่าโภชนะ (%)														Energy
	DM	Moisture	CP	EE	Ash	CF	NFE	NDF	ADF	Lignin	Hemicellulose	Cellulose	Ca	P	(kcal/kg)
วันที่ 21	96.47^{A}	3.52^{C}	2.23^{BC}	0.46	3.92^{B}	41.14^{B}	48.70^{A}	81.24	58.75^{B}	12.01^{AB}	22.49	46.73	0.290	0.044	4107.13^{A}
วันที่ 28	96.41^{AB}	3.58^{BC}	2.59^{A}	0.45	5.64^{A}	42.46^{A}	45.26^{B}	82.12	60.11^{A}	12.65^{A}	22.00	47.46	0.307	0.049	4098.55^{A}
ความน่าจะเป็น (Probability)															
การใช้น้ำและกากน้ำตาลในการหมัก	*	*	**	NS	**	**	*	**	**	NS	**	**	**	**	**
ระยะเวลาในการหมัก	*	*	**	NS	**	**	**	NS	*	**	NS	NS	NS	NS	**
การใช้น้ำและกากน้ำตาลในการหมัก X ระยะเวลาในการหมัก	NS	NS	**	NS	*	**	NS	**	**	NS	NS	**	NS	NS	*

DM= วัตถุแห้ง (Dry Matter) , Moisture = ความชื้น , CP = โปรตีนหยาบ (Crude Protein) , EE = ไขมัน (Ether Extract) , Ash = เถ้า , CF = เยื่อใยหยาบ (Crude Fiber) , NFE = คาร์โบไฮเดรตที่ย่อยได้ง่าย (Nitrogen Free Extract) , NDF = ผนังเซลล์ทั้งหมด (Neutral Detergent Fiber) ,ADF = ลิกโนเซลลูโลส (Acid Detergent Fiber) , Lignin = ลิกนิน , Hemicellulose = เฮมิเซลลูโลส , Cellulose = เซลลูโลส ,Ca = แคลเซียม (Calcium) ,P = ฟอสฟอรัส (Phosphorus) , Energy = พลังงานทั้งหมด

$^{A-D}$ ตัวอักษรที่ต่างกันในคอลัมน์เดียวกันของแต่ละลักษณะแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

NS = Not significant, * = $P<0.05$, ** = $P<0.01$

บทที่ 3
อภิปราย/วิจารณ์ (Discussions)

3.1 การศึกษาคุณค่าทางโภชนะของชานอ้อย

การวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนะของชานอ้อย ซึ่งประกอบไปด้วย เปอร์เซ็นต์วัตถุแห้ง (%DM) เปอร์เซ็นต์ความชื้น (%Moisture) เปอร์เซ็นต์โปรตีนหยาบ (%CP) เปอร์เซ็นต์ไขมัน (%EE) เปอร์เซ็นต์เถ้า (%Ash) เปอร์เซ็นต์เยื่อใยหยาบ (%CF) เปอร์เซ็นต์คาร์โบไฮเดรตที่ย่อยได้ง่าย (%NFE) เปอร์เซ็นต์ผนังเซลล์ (%NDF) เปอร์เซ็นต์ส่วนที่เป็นลิกโนเซลลูโลส (%ADF) เปอร์เซ็นต์ลิกนิน (%Lignin) เปอร์เซ็นต์เฮมิเซลลูโลส (%Hemicellulose) เปอร์เซ็นต์เซลลูโลส (%Cellulose) เปอร์เซ็นต์แคลเซียม (%Ca) เปอร์เซ็นต์ฟอสฟอรัส (%P) และค่าพลังงานทั้งหมด (%GE) ของตัวอย่างชานอ้อย SB01-SB10 ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองการวิเคราะห์โภชนะของชานอ้อยก่อนหน้านี้ของ Ramli *et al.,* (2005) ที่พบค่าใกล้เคียงกัน ยกตัวอย่าง เช่น %CP จากผลการทดลองพบร้อยละ 1.1-1.3 การทดลองก่อนหน้านี้พบร้อยละ 1.3 ค่า %CF ผลการทดลองพบร้อยละ 41-44 การทดลองก่อนหน้านี้พบร้อยละ 44 ค่า %Cellulose ผลการทดลองพบร้อยละ 47-49 การทดลองก่อนหน้านี้พบร้อยละ 48.20 เป็นต้น แต่ให้ผลที่แตกต่างกับ Nirawan *et al.,* (2014) และ Mohammed *et al.,* (2013) ที่รายงานว่าชานอ้อยมีโปรตีนหยาบร้อยละ 2.80 และ 2.18 ตามลำดับ ซึ่งพบว่ามีค่าสูงกว่าผลการวิเคราะห์ในครั้งนี้ Fatma *et al.,* (2011) รายงานค่า %CF ที่พบคือร้อยละ 49.50 ซึ่งมีค่าสูงกว่าผลการวิเคราะห์ในครั้งนี้เป็นอย่างมาก นอกจากนี้ยังพบว่า ชานอ้อยที่สุ่มเก็บตัวอย่างจากโรงงานน้ำตาลตะวันออก มีปริมาณคาร์โบไฮเดรตที่ย่อยได้ง่าย (NFE) มีค่าร้อยละอยู่ในช่วง 45-48 เป็นค่าที่ค่อนข้างสูง เมื่อเปรียบเทียบกับรายงานของ Fatma *et al.,* (2011) ที่พบร้อยละ 42.24 ซึ่งเป็นคาร์โบไฮเดรตที่สัตว์สามารถย่อยได้ง่ายและนำไปใช้ประโยชน์เป็นแหล่งพลังงานได้

3.2 การทดสอบเชื้อ *Saccharomyces cerevisae* ในอาหารเลี้ยงเชื้อ YPD และน้ำสับปะรด

จากผลการเจริญเติบโตของยีสต์ *Saccharomyces cerevisae* (ยีสต์ขนมปัง) ในอาหารเลี้ยงเชื้อ YPD มีการเพิ่มจำนวนตั้งแต่ 7.25 $x10^5$ cell/ml จนถึง 1.08 $x10^8$ cell/ml และค่อยๆ ลดลงจนต่ำที่สุดในชั่วโมงที่ 66 มีค่า 1.35 $x10^7$ cell/ml และสำหรับยีสต์ที่เลี้ยงในอาหารเลี้ยงเชื้อที่เป็นน้ำสับประรด (PA) มีการเพิ่มจำนวนตั้งแต่ 8.25 $x10^5$ cell/ml จนถึง 1.51 $x10^8$ cell/ml ภายหลังจากนั้นปริมาณเชื้อค่อยๆ ลดลงจนต่ำที่สุดในชั่วโมงที่ 60 มีค่า 3.83 $x10^7$ cell/ml ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบอาหารเลี้ยงเชื้อทั้ง 2 ชนิด พบว่าการใช้อาหารเลี้ยงเชื้อที่เป็นน้ำสับปะรดเชื้อ *Saccharomyces cerevisae* สามารถเพิ่มจำนวนได้ดีกว่าใช้อาหารเลี้ยงเชื้อที่เป็น YPD อย่างมี

นัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ นิอร และพัชนิกา (2557) ได้ศึกษาการปรับคุณภาพด้านสารอาหารของน้ำสับปะรดหมักให้ดีขึ้นด้วยยีสต์ออโตไลเสท โดยนำน้ำสับปะรดมาเพาะเลี้ยงด้วยยีสต์ *Saccharomyces cerevisiae* และ *Torulaspora delbrueckii* ผลการศึกษาพบว่า S. *cerevisiae* มีอัตราการเจริญเติบโตที่ใกล้เคียงกับ T. *delbrueckii* จากนั้นนำไปให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 50 70 และ 90 องศาเซลเซียส นาน 2 และ 4 ชั่วโมง เพื่อทำให้ยีสต์เกิดการย่อยสลายตัวเอง (yeast autolysis) ซึ่งผลิตผลที่ได้มีปริมาณ free-alpha amino nitrogen (FAN) เพิ่มสูงขึ้น การใช้อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส ร่วมกับระยะเวลาการย่อยนาน 4 ชั่วโมง ให้ผลิตผลที่มีค่า FAN เพิ่มสูงที่สุด คือร้อยละ 50.35 (P<0.05) โดยผลผลิตที่ได้จากการย่อยสลายตัวเองของยีสต์มีศักยภาพในการนำไปใช้เป็นสับสเตรทในการหมักต่อไป นอกจากนี้น้ำสับปะรดไม่จำเป็นต้องมีการปรับน้ำหมักด้วยการเติมน้ำเป็นจำนวนมากเพื่อเจือจางปริมาณกรด หรือเติมน้ำตาลเพิ่มในปริมาณสูงเพื่อเป็นสับสเตรทเริ่มต้นของจุลินทรีย์ในการหมัก ดังนั้นสับปะรดจึงเป็นผลไม้ที่มีศักยภาพในการไปพัฒนาเป็นอาหารเลี้ยงเชื้อ เนื่องจากสับปะรดเป็นผลไม้ที่ราคาไม่แพง มีปริมาณของน้ำค่อนข้างสูง มีสารอาหารที่เหมาะสมเพียงพอ และมีสัดส่วนของปริมาณน้ำตาลต่อกรดที่เหมาะสมในการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์โดยเฉพาะอย่างยิ่งยีสต์ (Thepkaew and Chomsri, 2013; Chanprasartsuk *et al*., 2012)

3.3 การศึกษาวิธีการปรับปรุงคุณภาพของชานอ้อย

จากปัจจัยที่ศึกษา 2 ปัจจัย คือ การใช้น้ำและกากน้ำตาลในการหมักชานอ้อยด้วยยีสต์ *Saccharomyces cerevisae* (การใช้น้ำอย่างเดียว และการใช้น้ำร่วมกับกากน้ำตาล 5%) และปัจจัยระยะเวลาในการหมัก (1 7 14 21 และ 28 วัน) แล้วนำมาวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนะ ซึ่งพบว่าปัจจัยแรกในด้านการใช้น้ำและกากน้ำตาลในการหมักชานอ้อย มีผลต่อค่าโภชนะ ยกเว้น ค่าไขมันและค่าลิกนิน โดยพบว่ากลุ่มที่ใช้น้ำร่วมกับกากน้ำตาล 5% ให้ผลค่าโภชนะที่ดีกว่ากลุ่มที่ใช้เพียงน้ำอย่างเดียวในการหมักชานอ้อยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) สอดคล้องกับการทดลองของ Mohammed *et al.,* (2013) รายงานผลการปรับปรุงคุณภาพของชานอ้อยโดยหมักร่วมกับกากน้ำตาล 7% พบว่าค่าโภชนะโปรตีนอย่างสูงกว่ากลุ่มที่ไม่ได้ปรับปรุงคุณภาพอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) เช่นเดียวกันกับการทดลองในครั้งนี่พบว่าค่าโภชนะโปรตีนหยาบของกลุ่มที่หมักโดยใช้กากน้ำตาล 5% มีค่า 2.76% ต่างจากกลุ่มที่ใช้น้ำเพียงอย่างเดียว มีค่า 1.79% อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01) นอกจากนี้ยังพบว่าค่าโภชนะกลุ่มเยื่อใยหยาบ ผนังเซลล์ทั้งหมด ลิกโนเซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส และเซลลูโลส ลดลงอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01) ส่งผลให้ค่าโภชนะคาร์โบไฮเดรตที่ย่อยได้ง่ายเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

สำหรับปัจจัยที่สองด้านระยะเวลาในการหมักชานอ้อย ซึ่งประกอบไปด้วย 1 7 14 21 และ 28 วัน มีผลต่อค่าโภชนะ ยกเว้น ไขมัน ผนังเซลล์ทั้งหมด เฮมิเซลลูโลส เซลลูโลส แคลเซียม และฟอสฟอรัส ($P>0.05$) โดยพบว่าค่าโภชนะโปรตีนหยาบเริ่มเห็นความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) ในวันที่ 7 ของการหมักแล้วเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ จนถึงวันที่ 28 สอดคล้องกับการทดลองของ วารินทร์ และเพ็ญศิริ (2556) ศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้ชานอ้อยที่ผ่านกระบวนการหมักร่วมกันแบบสภาพอาหารแข็ง (solid state fermentation) ของรา *Aspergillus niger* BC19 และยีสต์ *Saccharomyce cerevisiae* เป็นระยะเวลา 7 วัน พบว่ามีคุณค่าทางโภชนะดีขึ้นเพราะมีปริมาณโปรตีนหยาบเพิ่มขึ้น ในขณะที่มีปริมาณเยื่อใยหยาบลดลง ด้านปฏิสัมพันธ์ร่วมระหว่างการใช้น้ำและกากน้ำตาลในการหมักและระยะเวลาในการหมักชานอ้อยต่อปริมาณโภชนะพบว่ามีผลต่อค่าโภชนะ เถ้า พลังงานทั้งหมด ($P<0.05$) และ โปรตีนหยาบ เยื่อใยหยาบ ผนังเซลล์ทั้งหมด ส่วนที่เป็นลิกนินและเซลลูโลส ($P<0.01$) แต่ปฏิสัมพันธ์ร่วมไม่มีผลต่อค่าโภชนะวัตถุแห้ง ความชื้น ไขมัน คาร์โบไฮเดรตที่ย่อยได้ง่าย ลิกนิน เฮมิเซลลูโลส แคลเซียม และฟอสฟอรัส ($P>0.05$)

บทที่ 4
สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ
(Conclusions and Suggestions)

4.1 สรุปผลการวิจัย

ค่าโภชนะของชานอ้อยจากการสุ่มเก็บตัวอย่างในจังหวัดสระแก้ว 10 ตัวอย่าง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) โดยค่าร้อยละเฉลี่ยของโภชนะ วัตถุแห้ง ความชื้น โปรตีนหยาบ ไขมันเถ้า เยื่อใยหยาบ คาร์โบไฮเดรตที่ย่อยได้ง่าย ผนังเซลล์ ลิกโนเซลลูโลส ลิกนิน เฮมิเซลลูโลส เซลลูโลส แคลเซียม ฟอสฟอรัส (%P) และค่าพลังงานทั้งหมด (GE; kcal/kg) ของตัวอย่างชานอ้อย มีค่าเท่ากับ 92.80 7.20 1.18 0.35 2.95 42.02 46.30 84.27 59.53 11.29 24.74 48.25 0.216 0.030 และ 4026.24 ตามลำดับ สำหรับการทดสอบเชื้อ *Saccharomyces cerevisae* ในอาหารเลี้ยงเชื้อ YPD และน้ำสับปะรด ซึ่งเชื้อ S. *cerevisae* สามารถเพิ่มจำนวนในน้ำสับปะรดได้ดีกว่าใช้อาหารเลี้ยงเชื้อที่เป็น YPD อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) และสำหรับการศึกษาวิธีการปรับปรุงคุณภาพของชานอ้อย โดยศึกษา 2 ปัจจัย คือ การใช้น้ำและกากน้ำตาลในการหมักชานอ้อยด้วยยีสต์ *Saccharomyces cerevisae* (การใช้น้ำอย่างเดียว และการใช้น้ำร่วมกับกากน้ำตาล 5%) และปัจจัยระยะเวลาในการหมัก (1 7 14 21 และ 28 วัน) ซึ่งพบว่ากลุ่มที่ใช้น้ำร่วมกับกากน้ำตาล 5% ให้ผลค่าโภชนะที่ดีกว่ากลุ่มที่ใช้เพียงน้ำอย่างเดียวในการหมักชานอ้อยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) ระยะเวลาในการหมักชานอ้อยที่เริ่มพบค่าโภชนะที่แตกต่างกันคือในวันที่ 7 โดยเฉพาะค่าโปรตีนหยาบที่เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01) ในขณะที่มีปริมาณเยื่อใยหยาบลดลงอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01) นอกจากนี้ยังพบว่าปฏิสัมพันธ์ร่วมของทั้งสองปัจจัยมีผลต่อค่าโภชนะ โปรตีนหยาบ เถ้า เยื่อใยหยาบ ผนังเซลล์ทั้งหมด ลิกโนเซลลูโลส และพลังงานทั้งหมด เช่นกัน

4.2 ข้อเสนอแนะ

1) มีความเป็นไปได้ที่จะใช้ชานอ้อยหมักเป็นอีกหนึ่งทางเลือกสำหรับทดแทนอาหารสำเร็จรูปในสัดส่วนที่เหมาะสมสำหรับการผลิตสัตว์ปีกหรือสัตว์เคี้ยวเอื้อง

2) หน่วยงานของรัฐบาลหรือเอกชนสามารถนำองค์ความรู้ที่ได้ไปพัฒนาต่อยอดในการผลิตอาหารต้นทุนต่ำที่ใช้วัสดุเศษเหลือทางการเกษตรให้แก่เกษตรกรผู้เลี้ยงสัตว์ปีกหรือสัตว์เคี้ยวเอื้อง

4.3 อุปสรรคและปัญหาที่พบ

1) การสุ่มเก็บตัวอย่างชานอ้อยจากโรงงานน้ำตาลตะวันออก จังหวัดสระแก้ว จะต้องรอในช่วงฤดูกาลหีบอ้อย ซึ่งจะเริ่มเปิดในช่วงเดือนธันวาคม ทำให้การสุ่มเก็บตัวอย่างชานอ้อยจากโรงงานน้ำตาลล่าช้ากว่าที่กำหนด ส่งผลให้กิจกรรมอื่นคลาดเคลื่อนไปด้วย

2) การสุ่มเก็บตัวอย่างชานอ้อยที่บดแล้วไม่ดีจะส่งผลทำให้ค่าโภชนะของตัวอย่างในแต่ละซ้ำมีความคลาดเคลื่อนสูง จึงจำเป็นต้องบดด้วยเครื่องบดที่ละเอียดทำให้ตัวอย่างเป็นเนื้อเดียวกันเพื่อเป็นตัวแทนที่ดี และจะต้องมีความระมัดระวังและใส่ใจเป็นอย่างมาก

3) ในขั้นตอนการศึกษาวิธีการปรับปรุงคุณภาพของชานอ้อย โดยการหมักชานอ้อยด้วยยีสต์ *Saccharomyces cerevisae* ซึ่งทำในระบบเปิดทำให้มีการปนเปื้อนเชื้อชนิดอื่นได้ง่าย จึงจำเป็นต้องมีการบริหารความเสี่ยงโดยการเพิ่มจำนวนซ้ำให้มากขึ้น

บทที่ 5
ผลผลิต (Output)

5.1 ผลงานตีพิมพ์ในวารสารวิชาการทั้งในระดับชาติและนานาชาติ

- อยู่ในขั้นตอนการเขียนบทความวิจัยเพื่อที่จะส่งตีพิมพ์ สัตวแพทย์มหานครสาร หรือวารสารวิทยาศาสตร์เกษตร ในห้วข้อ วิธีการปรับปรุงคุณภาพชานอ้อยเพื่อใช้เป็นอาหารไก่ (Methods of improving bagasse quality for use as chicken diet)

- อยู่ในขั้นตอนการเขียนบทความวิจัยเพื่อที่จะนำเสนอผลงานวิจัยในการประชุมวิชาการสัตวศาสตร์แห่งชาติครั้งที่ 9 ในห้วข้อ ค่าโภชนะของชานอ้อยที่ปรับปรุงคุณภาพแล้วเพื่อใช้ประโยชน์ในอาหารสัตว์ (Nutritional value of improved bagasse for apply in animal feed)

5.2 การจดสิทธิบัตร

-

5.3 ผลงานเชิงพาณิชย์ (มีการนำไปผลิต/ขาย/ก่อให้เกิดรายได้ หรือมีการนำไปประยุกต์ใช้โดยภาคธุรกิจหรือบุคคลทั่วไป)

-

5.4 ผลงานเชิงสาธารณะ (เน้นประโยชน์ต่อสงัคม ชุมชน ท้องถิ่น)

- อยู่ในขั้นตอนการทำรายงานฉบับสมบูรณ์ และจะจัดส่งให้กับหน่วยงานที่เกี่ยวข้องในจังหวัดสระแก้วต่อไปต่อไป

รายงานสรุปการเงิน

สัญญาเลขที่ ๔.๕/๒๕๖๒
แผนบูรณาการพัฒนาศักยภาพ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิจัยและนวัตกรรม
ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. ๒๕๖๒ (เป้าหมายที่ ๑)
มหาวิทยาลัยบูรพา

โครงการวิจัยเรื่อง การพัฒนาอาหารไก่ไข่จากชานอ้อยวัสดุเศษเหลือจากโรงงานผลิตน้ำตาล
ชื่อหัวหน้าโครงการวิจัย/ผู้รับทุน อ.ดร.ไพทูล แก้วหอม
รายงานในช่วงตั้งแต่ ๑ ตุลาคม พ.ศ. ๒๕๖๑ ถึงวันที่ ๓๑ ธันวาคม พ.ศ. ๒๕๖๒
ระยะเวลาดำเนินการ ๑ ปี ๓ เดือน ตั้งแต่ ๑ ตุลาคม พ.ศ. ๒๕๖๑ ถึงวันที่ ๓๑ ธันวาคม พ.ศ. ๒๕๖๒

รายรับ

จำนวนเงินที่ได้รับ

งวดที่ ๑ (๕๐%)	๓๐๕,๑๕๐ บาท เมื่อเดือน ๖ ธันวาคม พ.ศ. ๒๕๖๑
งวดที่ ๒ (๔๐%)	๒๔๔,๑๒๐ บาท เมื่อเดือน ๑๓ มีนาคม พ.ศ. ๒๕๖๒
งวดที่ ๓ (๑๐%)	๖๑,๐๓๐ บาท ยังไม่ได้เบิก
รวม	**๖๑๐,๓๐๐ บาท**

รายจ่าย

หมวด	รายจ่ายสะสมจากรายงานครั้งก่อน (งวด ๑)	ค่าใช้จ่ายงวดปัจจุบัน (งวด ๒)	รวมรายจ่ายสะสมจนถึงงวดปัจจุบัน	งบประมาณรวมทั้งโครงการ	คงเหลือ
๑. ค่าตอบแทน	๒๗,๕๐๐	๒๒,๐๐๐	๔๙,๕๐๐	๕๕,๐๐๐	๕,๕๐๐
๒. ค่าจ้าง	๗๙,๕๐๐	๖๓,๖๐๐	๑๔๓,๑๐๐	๑๕๙,๐๐๐	๑๕,๙๐๐
๓. ค่าวัสดุ	๑๓๐,๑๓๕	๑๐๔,๑๐๘	๒๓๔,๒๔๓	๒๖๐,๒๗๐	๒๖,๐๒๗
๔. ค่าใช้สอย	๓๗,๕๐๐	๓๐,๐๐๐	๖๗,๕๐๐	๗๕,๐๐๐	๗,๕๐๐
๕. ค่าใช้จ่ายอื่นๆ	๓๐,๕๑๕	๒๔,๔๑๒	๕๔,๙๒๗	๖๑,๐๓๐	๖,๑๐๓

หมวด	รายจ่ายสะสมจากรายงานครั้งก่อน (งวด ๑)	ค่าใช้จ่ายงวดปัจจุบัน (งวด ๒)	รวมรายจ่ายสะสมจนถึงงวดปัจจุบัน	งบประมาณรวมทั้งโครงการ	คงเหลือ
ค่าสาธารณูปโภค					
รวม	๓๐๕,๑๕๐	๒๔๔,๑๒๐	๕๔๙,๒๗๐	๖๑๐,๓๐๐	๖๑,๐๓๐

.....

(นายไพทูล แก้วหอม)

หัวหน้าโครงการวิจัยผู้รับทุน

เอกสารอ้างอิง
(References)

กรมส่งเสริมการเกษตร. 2551. คู่มือนักวิชาการส่งเสริมการเกษตร: อ้อย. สำนักส่งเสริมและจัดการสินค้าเกษตร. กรุงเทพฯ. 31 หน้า.

เกษม สุขสถาน. 2515. อ้อย. ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. หน้า 26-42 (โรเนียว).

จเร สดากร. 2527. การสำรวจรวบรวมพืชสกุลอ้อยในประเทศไทย. น. 64-66. ในการสัมมนาเรื่องแหล่งพันธุกรรมทางพืชแห่งชาติ ครั้งที่ 2, 11-12 ตุลาคม 2527. กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ และคณะอนุกรรมการและประสานงานแหล่งพันธุกรรมทางพืช สภาวิจัยแห่งชาติ, บางเขน, กรุงเทพมหานคร.

ณัฐพงษ์ หม้อทอง, วิโรจน์ ภัทรจินดา, พรชัย ล้อวิลัย และ ศิวัช สังข์ศรีทวงษ์. 2556. การใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์ปรับปรุงคุณภาพชานอ้อยเพื่อเป็นอาหารในโคนมรุ่น. วารสารแก่นเกษตร. 41(1): 92-95.

นิอร โฉมศรีและพัชนิกา ตาหล้า. 2557. การปรับคุณภาพด้านสารอาหารของน้ำสับปะรดหมักให้ดีขึ้นด้วยยีสต์ออโตไลเสท. วารสารแก่นเกษตร. 42 ฉบับพิเศษ (3): 105-111.

ปรีชา เกียรติกระจาย. 2532. การใช้ประโยชน์จากชานอ้อย. วารสารน้ำตาล (25): 13-19.

วาริน พิมพาและเพ็ญศิริ นภีรงค์. 2556. การพัฒนากระบวนการหมักชานอ้อยด้วยจุลินทรีย์ผสมเพื่อใชเสริมในอาหารไก่. คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร.

สารานุกรมไทยสำหรับเยาวชน, 2562. โครงการสารานุกรมไทยสำหรับเยาวชน โดยพระราชประสงค์ในพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว. สนามเสือป่า ถนนศรีอยุธยา เขตดุสิต, กรุงเทพฯ 10300, Online available: http:// http://kanchanapisek.or.th/kp6/sub/book/book.php?book=5&chap=3&page=t5-3-infodetail18.html

สำนักงานคณะกรรมการนโยบายพลังงานแห่งชาติ. 2545. วารสารนโยบายพลังงาน ฉบับที่ 55. มกราคม-มีนาคม 2545.

อุดม พูลเกษ. 2527. อ้อย; พืชเศรษฐกิจ เล่ม 1. ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

AOAC. 2012. Official method of analysis of association of official analysis chemists. 19th ed. Washington D.C.

Chanprasartsuk, O., Pheanudomkitlert, K. and Toonwai, D. 2012. Pineapple wine fermentation with yeasts isolated from fruit as single and mixed starter cultures. Asian Journal of Food and Agro-Industry 5(20): 104-111.

Cluments, H.F. 1980. Sugarcane Crop Logging and Caop Control : prin ciples and Practices. The University prers of Hanaii, Honolulu. 520 p.

Da Costa, D.A., Souza Saliba, C.L.E.O. and Carneiro J.C. 2015. By-products of sugar cane industry in ruminant nutrition. International Journal of Advance Agricultural Research. 3: 1-9.

Herrera, C.J.A., Pedraza, O.R., Sanchez, E., Gonzalez, T.E.J. and Escalante, C.R. 1993. Protein rich sugar cane bagasse (Bagarip) in white leghorn layers diet. Rev. prod. Anim. (12): 45-51.

Fatma, M.S., Salama, R. Khattab, A.E. Soliman, S.M. and El-Nomeary, Y.A. 2011. Chemical, biological and biochemical treatments to improve the nutritive values of sugarcane bagasse (SCB): 1- Chemical composition, scanning electron microscopy, *In Vitro* evaluation, nutrients digestibility and nitrogen utilization of untreated or treated SCB. Life Science Journal. 8(4): 351-363.

Horton, G.M., Pate, F.M. and Pitman, W.D. 1991. The effects of steam-pressure treatment, pelleting and ammoniation on the feeding value of sugarcane bagasse for cattle. Canadian Journal of Animal Science. 71: 79-86.

Lloyd, L.E., McDonald, B.E. and Crampton, E.W. 1978. Fundamentals of Nutrition, 2 nd Edition. SanFrancisco: W. H. Freeman and Co.

Mohammed, H.A., Salih, A.B., Fadel Elseed, M.A. and Mohammed, M.A.. 2013. Effect of urea-treatment on nutritive value of sugarcane bagasse. ARPN Journal of Science and Technology. 3(8): 834-838.

Mohammed, H.A. and Salih, A.B. 2015. Effect of feeding urea-treated sugar-cane bagasse on properties and quality of fresh meat of sudan baggara Zebu Bulls. International Journal of Animal Biology. 1(3): 45-49.

Morthong, N., Pattarajinda, V. and Sangsritavong, S. 2012. Effect of different cutting dat-sugarcane silage to replace corn silage on dairy cattle performance. KHON KAEN AGR. J. (40) suppl.2: 133-136.

Nirawan, A., Wannapat, M. Gunun, P. Cherdthong, A. and Kaewwongsa, W. 2014. Effect of sugarcane bagasse treatment on gas production and ruminal degradability by using in vitro gas production technique. Khon Kaen Agriculture Journal. 42(4): 35-40.

Purseglove, J.W. 1975. Tropical Crops: Mono. Cotyledons. Val 1 and 2 combined. Longmon Group. Ltd. London. 607 p.

Ramli, M.N., Imura, Y. Takayama, K. and Nakanishi, Y. 2005. Bioconversion of sugarcane bagasse with Japanese Koji by solid-state fermentation and its effects on nutritive value and preference in goats. Asian-Australasian Journal of Animal Sciences. 18(9): 1279-1284.

Shahowna, E. M., Mahala, A. G. Mokhtar, A. M. Amasaib, E.O. and Balgees, A. 2013. Evaluation of nutritive value of sugar cane bagasse fermented with poultry litter as animal feed. African Journal of Food Science and Technology. 4(5): 106-109.

Sirisan, V., Pattarajinda, V. and Duanyai, S. 2017. Usage of the fermented sugarcane bagasse in total mixed ration (TMR) diet on dairy cattle performance. KHON KAEN AGR. J. (45) suppl.: 710-714.

Suksombat, W. 2004. Comparison of different alkali treatment of bagasse and rice straw. Asian-Australasian Journal of Animal Sciences. 17(10): 1430-1433.

Thepkaew, N. and Chomsri, N. 2013. Fermentation of pineapple juice using wine yeasts: kinetics and characteristics. Asian Journal of Food and Agro-Industry, 6(1): 1-10.

Van Soest P.J., Robertson J.B., Lewis B.A. (1970): Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. J. Dairy Sci., 74, 3583–3597.

ภาคผนวก

(Appendix)

1. โปรแกรมการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของปัจจัยการใช้น้ำและกากน้ำตาลในการหมักและระยะเวลาในการหมักชานอ้อยต่อค่าโภชนะ

1.1 โปรแกรมการวิเคราะห์ 2x5 Factorial on CRD ต่อค่า DM

Editor

```
Data FACRCRD_1;
  Do Pro = 1 to 2;
       DO Time = 1 to 5;
            DO Rep = 1 to 2;
                  input DM@;
                  output;
            end;
       end;
  end;
cards;
92.5743      92.6240
96.3941      96.4568
96.7329      96.6431
96.7421      96.7397
96.7685      96.9121
92.8031      92.7310
95.7287      95.6491
96.4544      96.6828
96.4549      95.9650
96.4246      95.5544
;
proc print;
proc GLM;
   class Pro Time;
   Model DM=Pro Time Pro*Time;
   MEANS Pro Time Pro*Time/DUNCAN;
LSMEANS Pro Time Pro*Time/PDIFF;
run;
```

Output

The SAS System 11:26 Saturday, December 25, 2019 54
The GLM Procedure

Class Level Information

Class	Levels	Values
Pro	2	1 2
Time	5	1 2 3 4 5

Number of observations 20
The SAS System 11:26 Saturday, December 25, 2019 55

The GLM Procedure

Dependent Variable: DM

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	9	46.35768353	5.15085373	93.99	<.0001
Error	10	0.54802166	0.05480217		
Corrected Total	19	46.90570519			

R-Square	Coeff Var	Root MSE	DM Mean
0.988317	0.244740	0.234099	95.65178

Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
Pro	1	0.85681441	0.85681441	15.63	0.0027
Time	4	44.76696232	11.19174058	204.22	<.0001
Pro*Time	4	0.73390681	0.18347670	3.35	0.0551

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
Pro	1	0.85681441	0.85681441	15.63	0.0027
Time	4	44.76696232	11.19174058	204.22	<.0001
Pro*Time	4	0.73390681	0.18347670	3.35	0.0551

The SAS System 11:26 Saturday, December 25, 2019 56

Duncan Grouping	Mean	N	Pro
A	95.8588	10	1
B	95.4448	10	2

Means with the same letter are not significantly different.

Duncan Grouping	Mean	N	Time
A	96.6283	4	3
A			
A	96.4754	4	4
A			

B A 96.4149 4 5
B
B 96.0572 4 2

C 92.6831 4 1

Least Squares Means for effect Pro*Time
Pr > |t| for H0: LSMean(i)=LSMean(j)

Dependent Variable: DM

i/j	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1		<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	0.4897	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001
2	<.0001		0.2883	0.2076	0.1068	<.0001	0.0104	0.5545	0.3790	0.0922
3	<.0001	0.2883		0.8258	0.5300	<.0001	0.0016	0.6211	0.0684	0.0137
4	<.0001	0.2076	0.8258		0.6801	<.0001	0.0012	0.4786	0.0467	0.0093
5	<.0001	0.1068	0.5300	0.6801		<.0001	0.0006	0.2728	0.0226	0.0046
6	0.4897	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001		<.0001	<.0001	<.0001	<.0001
7	<.0001	0.0104	0.0016	0.0012	0.0006	<.0001		0.0037	0.0502	0.2281
8	<.0001	0.5545	0.6211	0.4786	0.2728	<.0001	0.0037		0.1565	0.0329
9	<.0001	0.3790	0.0684	0.0467	0.0226	<.0001	0.0502	0.1565		0.3685
10	<.0001	0.0922	0.0137	0.0093	0.0046	<.0001	0.2281	0.0329	0.3685	

NOTE: To ensure overall protection level, only probabilities associated with pre-planned

1.2 โปรแกรมการวิเคราะห์ 2x5 Factorial on CRD ต่อค่า Moisture

Editor

```
Data FACRCRD_1;
  Do Pro = 1 to 2;
       DO Time = 1 to 5;
            DO Rep = 1 to 2;
                  input Moist@;
                  output;
            end;
       end;
  end;
cards;
7.4257      7.3760
3.6059      3.5432
3.2671      3.3569
3.2579      3.2603
3.2315      3.0879
7.1969      7.2690
4.2713      4.3509
3.5456      3.3172
3.5451      4.0350
3.5754      4.4456
;
proc print;
proc GLM;
   class Pro Time;
   Model Moist=Pro Time Pro*Time;
   MEANS Pro Time Pro*Time/DUNCAN;
LSMEANS Pro Time Pro*Time/PDIFF;
run;
```

Output

The SAS System 11:26 Saturday, December 25, 2019 62

The GLM Procedure

Class Level Information

Class	Levels	Values
Pro	2	1 2
Time	5	1 2 3 4 5

Number of observations 20

The SAS System 11:26 Saturday, December 25, 2019 63

The GLM Procedure

Dependent Variable: Moist

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	9	46.35768353	5.15085373	93.99	<.0001
Error	10	0.54802166	0.05480217		
Corrected Total	19	46.90570519			

R-Square	Coeff Var	Root MSE	Moist Mean
0.988317	5.383781	0.234099	4.348220

Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
Pro	1	0.85681441	0.85681441	15.63	0.0027
Time	4	44.76696232	11.19174058	204.22	<.0001
Pro*Time	4	0.73390681	0.18347670	3.35	0.0551

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
Pro	1	0.85681441	0.85681441	15.63	0.0027
Time	4	44.76696232	11.19174058	204.22	<.0001
Pro*Time	4	0.73390681	0.18347670	3.35	0.0551

The SAS System 11:26 Saturday, December 25, 2019 64

Duncan Grouping	Mean	N	Pro
A	4.5552	10	2
B	4.1412	10	1

The SAS System 11:26 Saturday, December 25, 2019 65

Means with the same letter are not significantly different.

Duncan Grouping	Mean	N	Time
A	7.3169	4	1
B	3.9428	4	2

```
      B
C     B      3.5851     4    5
C
C            3.5246     4    4
C
C            3.3717     4    3
```

The GLM Procedure
Least Squares Means

Least Squares Means for effect Pro*Time
Pr > |t| for H0: LSMean(i)=LSMean(j)

Dependent Variable: Moist

i/j	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1		<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	0.4897	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001
2	<.0001		0.2883	0.2076	0.1068	<.0001	0.0104	0.5545	0.3790	0.0922
3	<.0001	0.2883		0.8258	0.5300	<.0001	0.0016	0.6211	0.0684	0.0137
4	<.0001	0.2076	0.8258		0.6801	<.0001	0.0012	0.4786	0.0467	0.0093
5	<.0001	0.1068	0.5300	0.6801		<.0001	0.0006	0.2728	0.0226	0.0046
6	0.4897	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001		<.0001	<.0001	<.0001	<.0001
7	<.0001	0.0104	0.0016	0.0012	0.0006	<.0001		0.0037	0.0502	0.2281
8	<.0001	0.5545	0.6211	0.4786	0.2728	<.0001	0.0037		0.1565	0.0329
9	<.0001	0.3790	0.0684	0.0467	0.0226	<.0001	0.0502	0.1565		0.3685
10	<.0001	0.0922	0.0137	0.0093	0.0046	<.0001	0.2281	0.0329	0.3685	

NOTE: To ensure overall protection level, only probabilities associated with pre-planned comparisons should be used.

1.3 โปรแกรมการวิเคราะห์ 2x5 Factorial on CRD ต่อค่า CP

Editor

```
Data FACRCRD_1;
  Do Pro = 1 to 2;
       DO Time = 1 to 5;
            DO Rep = 1 to 2;
                  input CP@;
                  output;
            end;
       end;
  end;
cards;
1.5200      1.5500
1.6600      1.4900
1.9400      1.9500
1.7800      1.9500
2.0200      2.1300
2.2600      2.2400
2.8100      2.7300
2.6400      2.6700
2.5400      2.6700
3.1100      3.1000
;
proc print;
proc GLM;
   class Pro Time;
   Model CP=Pro Time Pro*Time;
   MEANS Pro Time Pro*Time/DUNCAN;
LSMEANS Pro Time Pro*Time/PDIFF;
run;
```

Output

The SAS System 11:26 Saturday, December 25, 2019 70

The GLM Procedure

Class Level Information

Class	Levels	Values
Pro	2	1 2
Time	5	1 2 3 4 5

Number of observations 20

The SAS System 11:26 Saturday, December 25, 2019 71

The GLM Procedure

Dependent Variable: CP

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	9	5.05752000	0.56194667	117.56	<.0001
Error	10	0.04780000	0.00478000		
Corrected Total	19	5.10532000			

R-Square	Coeff Var	Root MSE	CP Mean
0.990637	3.089256	0.069138	2.238000

Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
Pro	1	3.85442000	3.85442000	806.36	<.0001
Time	4	1.00567000	0.25141750	52.60	<.0001
Pro*Time	4	0.19743000	0.04935750	10.33	0.0014

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
Pro	1	3.85442000	3.85442000	806.36	<.0001
Time	4	1.00567000	0.25141750	52.60	<.0001
Pro*Time	4	0.19743000	0.04935750	10.33	0.0014

Means with the same letter are not significantly different.

Duncan Grouping	Mean	N	Pro
A	2.67700	10	2
B	1.79900	10	1

The SAS System 11:26 Saturday, December 25, 2019 73

Means with the same letter are not significantly different.

Duncan Grouping	Mean	N	Time
A	2.59000	4	5

	B	2.30000	4	3
	B			
C	B	2.23500	4	4
C				
C		2.17250	4	2
	D	1.89250	4	1

The GLM Procedure
Least Squares Means

Least Squares Means for effect Pro*Time
Pr > |t| for H0: LSMean(i)=LSMean(j)

Dependent Variable: CP

i/j	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1		0.5757	0.0001	0.0008	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001
2	0.5757		0.0003	0.0018	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001
3	0.0001	0.0003		0.2741	0.0895	0.0013	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001
4	0.0008	0.0018	0.2741		0.0125	0.0002	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001
5	<.0001	<.0001	0.0895	0.0125		0.0298	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001
6	<.0001	<.0001	0.0013	0.0002	0.0298		<.0001	0.0002	0.0004	<.0001
7	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001		0.1272	0.0382	0.0007
8	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	0.0002	0.1272		0.4861	<.0001
9	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	0.0004	0.0382	0.4861		<.0001
10	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	0.0007	<.0001	<.0001	

NOTE: To ensure overall protection level, only probabilities associated with pre-planned comparisons should be used.

1.4 โปรแกรมการวิเคราะห์ 2x5 Factorial on CRD ต่อค่า EE

Editor

```
Data FACRCRD_1;
  Do Pro = 1 to 2;
       DO Time = 1 to 5;
            DO Rep = 1 to 2;
                  input EE@;
                  output;
            end;
       end;
  end;
cards;
0.2003      0.2143
0.5198      0.5597
0.4008      0.4402
0.4697      0.4590
0.3706      0.4255
0.5592      0.2444
0.5879      0.7871
0.5923      0.2966
0.4609      0.4846
0.6362      0.3837
;
proc print;
proc GLM;
   class Pro Time;
   Model EE=Pro Time Pro*Time;
   MEANS Pro Time Pro*Time/DUNCAN;
LSMEANS Pro Time Pro*Time/PDIFF;
run;
```

Output

The SAS System 11:26 Saturday, December 25, 2019 78

The GLM Procedure

Class Level Information

Class	Levels	Values
Pro	2	1 2
Time	5	1 2 3 4 5

Number of observations 20

The SAS System 11:26 Saturday, December 25, 2019 79

The GLM Procedure

Dependent Variable: EE

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	9	0.26677978	0.02964220	2.00	0.1483
Error	10	0.14850249	0.01485025		
Corrected Total	19	0.41528227			

R-Square	Coeff Var	Root MSE	EE Mean
0.642406	26.80398	0.121862	0.454640

Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
Pro	1	0.04733645	0.04733645	3.19	0.1045
Time	4	0.19395369	0.04848842	3.27	0.0588
Pro*Time	4	0.02548964	0.00637241	0.43	0.7847

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
Pro	1	0.04733645	0.04733645	3.19	0.1045
Time	4	0.19395369	0.04848842	3.27	0.0588
Pro*Time	4	0.02548964	0.00637241	0.43	0.7847

Means with the same letter are not significantly different.

Duncan Grouping	Mean	N	Pro
A	0.50329	10	2
A			
A	0.40599	10	1

Duncan Grouping	Mean	N	Time
A	0.61363	4	2
A			
B A	0.46855	4	4
B A			
B A	0.45400	4	5
B A			

B A 0.43248 4 3
B
B 0.30455 4 1

The GLM Procedure
Least Squares Means

Least Squares Means for effect Pro*Time
Pr > |t| for H0: LSMean(i)=LSMean(j)

Dependent Variable: EE

i/j	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1		0.0213	0.1108	0.0611	0.1486	0.1416	0.0028	0.0803	0.0544	0.0323
2	0.0213		0.3509	0.5499	0.2719	0.2840	0.2532	0.4523	0.5945	0.8118
3	0.1108	0.3509		0.7265	0.8575	0.8811	0.0532	0.8481	0.6772	0.4798
4	0.0611	0.5499	0.7265		0.5983	0.6189	0.0970	0.8735	0.9464	0.7161
5	0.1486	0.2719	0.8575	0.5983		0.9761	0.0389	0.7113	0.5536	0.3801
6	0.1416	0.2840	0.8811	0.6189	0.9761		0.0410	0.7336	0.5733	0.3957
7	0.0028	0.2532	0.0532	0.0970	0.0389	0.0410		0.0741	0.1085	0.1758
8	0.0803	0.4523	0.8481	0.8735	0.7113	0.7336	0.0741		0.8210	0.6027
9	0.0544	0.5945	0.6772	0.9464	0.5536	0.5733	0.1085	0.8210		0.7664
10	0.0323	0.8118	0.4798	0.7161	0.3801	0.3957	0.1758	0.6027	0.7664	

NOTE: To ensure overall protection level, only probabilities associated with pre-planned comparisons should be used.

5. โปรแกรมการวิเคราะห์ 2x5 Factorial on CRD ต่อค่า Ash

Editor

```
Data FACRCRD_1;
  Do Pro = 1 to 2;
       DO Time = 1 to 5;
            DO Rep = 1 to 2;
                 input Ash@;
                 output;
            end;
       end;
  end;
cards;
3.4477      3.4961
3.2125      3.2866
3.2765      3.1725
3.2253      3.1574
5.8147      5.3722
4.5078      4.8118
4.3782      4.6923
3.5283      3.7084
4.3930      4.9292
5.2497      6.1470
;
proc print;
proc GLM;
   class Pro Time;
   Model Ash=Pro Time Pro*Time;
   MEANS Pro Time Pro*Time/DUNCAN;
LSMEANS Pro Time Pro*Time/PDIFF;
run;
```

Output

The SAS System 11:26 Saturday, December 25, 2019 86

The GLM Procedure

Class Level Information

Class	Levels	Values
Pro	2	1 2
Time	5	1 2 3 4 5

Number of observations 20

The SAS System 11:26 Saturday, December 25, 2019 87

The GLM Procedure

Dependent Variable: Ash

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	9	16.92604950	1.88067217	24.50	<.0001
Error	10	0.76761729	0.07676173		
Corrected Total	19	17.69366679			

R-Square	Coeff Var	Root MSE	Ash Mean
0.956616	6.611820	0.277059	4.190360

Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
Pro	1	3.94645048	3.94645048	51.41	<.0001
Time	4	11.53563170	2.88390793	37.57	<.0001
Pro*Time	4	1.44396731	0.36099183	4.70	0.0215

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
Pro	1	3.94645048	3.94645048	51.41	<.0001
Time	4	11.53563170	2.88390793	37.57	<.0001
Pro*Time	4	1.44396731	0.36099183	4.70	0.0215

Means with the same letter are not significantly different.

Duncan Grouping	Mean	N	Pro
A	4.6346	10	2
B	3.7462	10	1

Means with the same letter are not significantly different.

Duncan Grouping	Mean	N	Time
A	5.6459	4	5

B	4.0659	4	1
B			
B	3.9262	4	4
B			
B	3.8924	4	2
C	3.4214	4	3

The GLM Procedure
Least Squares Means

Least Squares Means for effect Pro*Time
Pr > |t| for H0: LSMean(i)=LSMean(j)

Dependent Variable: Ash

i/j	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1		0.4409	0.3929	0.3351	<.0001	0.0016	0.0033	0.6086	0.0016	<.0001
2	0.4409		0.9297	0.8378	<.0001	0.0005	0.0009	0.2127	0.0005	<.0001
3	0.3929	0.9297		0.9071	<.0001	0.0004	0.0008	0.1856	0.0004	<.0001
4	0.3351	0.8378	0.9071		<.0001	0.0003	0.0007	0.1543	0.0003	<.0001
5	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001		0.0071	0.0034	<.0001	0.0072	0.7129
6	0.0016	0.0005	0.0004	0.0003	0.0071		0.6626	0.0037	0.9963	0.0038
7	0.0033	0.0009	0.0008	0.0007	0.0034	0.6626		0.0079	0.6594	0.0018
8	0.6086	0.2127	0.1856	0.1543	<.0001	0.0037	0.0079		0.0037	<.0001
9	0.0016	0.0005	0.0004	0.0003	0.0072	0.9963	0.6594	0.0037		0.0038
10	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	0.7129	0.0038	0.0018	<.0001	0.0038	

NOTE: To ensure overall protection level, only probabilities associated with pre-planned comparisons should be used.

1.6 โปรแกรมการวิเคราะห์ 2x5 Factorial on CRD ต่อค่า CF

Editor

```
Data FACRCRD_1;
  Do Pro = 1 to 2;
       DO Time = 1 to 5;
            DO Rep = 1 to 2;
                  input CF@;
                  output;
            end;
       end;
  end;
cards;
41.8700     41.6500
43.0200     43.1000
42.1100     41.9400
43.7600     44.3600
43.2900     43.2900
37.8500     37.9200
39.7000     38.3700
41.3200     40.1200
38.7000     37.7600
40.7100     42.5600
;
proc print;
proc GLM;
   class Pro Time;
   Model CF=Pro Time Pro*Time;
   MEANS Pro Time Pro*Time/DUNCAN;
LSMEANS Pro Time Pro*Time/PDIFF;
run;
```

Output

The SAS System 11:26 Saturday, December 25, 2019 94

The GLM Procedure

Class Level Information

Class	Levels	Values
Pro	2	1 2
Time	5	1 2 3 4 5

Number of observations 20

The SAS System 11:26 Saturday, December 25, 2019 95

The GLM Procedure

Dependent Variable: CF

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	9	83.81900000	9.31322222	23.39	<.0001
Error	10	3.98180000	0.39818000		
Corrected Total	19	87.80080000			

R-Square	Coeff Var	Root MSE	CF Mean
0.954650	1.532706	0.631015	41.17000

Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
Pro	1	55.71122000	55.71122000	139.91	<.0001
Time	4	14.17180000	3.54295000	8.90	0.0025
Pro*Time	4	13.93598000	3.48399500	8.75	0.0026

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
Pro	1	55.71122000	55.71122000	139.91	<.0001
Time	4	14.17180000	3.54295000	8.90	0.0025
Pro*Time	4	13.93598000	3.48399500	8.75	0.0026

The SAS System 11:26 Saturday, December 25, 2019 96

Means with the same letter are not significantly different.

Duncan Grouping	Mean	N	Pro
A	42.8390	10	1
B	39.5010	10	2

Means with the same letter are not significantly different.

Duncan Grouping	Mean	N	Time
A	42.4625	4	5

B 41.3725 4 3
B
B 41.1450 4 4
B
B 41.0475 4 2

C 39.8225 4 1

The GLM Procedure
Least Squares Means

Least Squares Means for effect Pro*Time
Pr > |t| for H0: LSMean(i)=LSMean(j)

Dependent Variable: CF

i/j	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1		0.0664	0.6834	0.0045	0.0358	0.0001	0.0015	0.1303	0.0002	0.8469
2	0.0664		0.1320	0.1441	0.7231	<.0001	<.0001	0.0041	<.0001	0.0475
3	0.6834	0.1320		0.0091	0.0728	<.0001	0.0008	0.0655	0.0001	0.5504
4	0.0045	0.1441	0.0091		0.2504	<.0001	<.0001	0.0004	<.0001	0.0032
5	0.0358	0.7231	0.0728	0.2504		<.0001	<.0001	0.0022	<.0001	0.0255
6	0.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001		0.0984	0.0012	0.5965	0.0001
7	0.0015	<.0001	0.0008	<.0001	<.0001	0.0984		0.0235	0.2309	0.0021
8	0.1303	0.0041	0.0655	0.0004	0.0022	0.0012	0.0235		0.0027	0.1777
9	0.0002	<.0001	0.0001	<.0001	<.0001	0.5965	0.2309	0.0027		0.0003
10	0.8469	0.0475	0.5504	0.0032	0.0255	0.0001	0.0021	0.1777	0.0003	

NOTE: To ensure overall protection level, only probabilities associated with pre-planned comparisons should be used.

1.7 โปรแกรมการวิเคราะห์ 2x5 Factorial on CRD ต่อค่า NFE

Editor

```
Data FACRCRD_1;
  Do Pro = 1 to 2;
       DO Time = 1 to 5;
            DO Rep = 1 to 2;
                  input NFE@;
                  output;
            end;
       end;
  end;
cards;
45.3963     45.7736
48.1218     47.9605
49.0056     49.1404
47.5072     46.8134
45.2731     45.6944
47.0761     47.0248
48.8025     49.5597
48.3738     49.8878
50.3610     50.1212
46.7187     43.3637
;
proc print;
proc GLM;
   class Pro Time;
   Model NFE=Pro Time Pro*Time;
   MEANS Pro Time Pro*Time/DUNCAN;
LSMEANS Pro Time Pro*Time/PDIFF;
run;
```

Output

The SAS System 11:26 Saturday, December 25, 2019 102

The GLM Procedure

Class Level Information

Class	Levels	Values
Pro	2	1 2
Time	5	1 2 3 4 5

Number of observations 20

The SAS System 11:26 Saturday, December 25, 2019 103

The GLM Procedure

Dependent Variable: NFE

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	9	59.52940359	6.61437818	8.80	0.0011
Error	10	7.51355236	0.75135524		
Corrected Total	19	67.04295595			

R-Square	Coeff Var	Root MSE	NFE Mean
0.887929	1.821071	0.866807	47.59878

Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
Pro	1	5.62118045	5.62118045	7.48	0.0210
Time	4	46.39170736	11.59792684	15.44	0.0003
Pro*Time	4	7.51651578	1.87912895	2.50	0.1093

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
Pro	1	5.62118045	5.62118045	7.48	0.0210
Time	4	46.39170736	11.59792684	15.44	0.0003
Pro*Time	4	7.51651578	1.87912895	2.50	0.1093

Means with the same letter are not significantly different.

Duncan Grouping	Mean	N	Pro
A	48.1289	10	2
B	47.0686	10	1

Means with the same letter are not significantly different.

Duncan Grouping	Mean	N	Time
A	49.1019	4	3
A			
A	48.7007	4	4
A			

A	48.6111	4	2
B	46.3177	4	1
B			
B	45.2625	4	5

The GLM Procedure
Least Squares Means

Least Squares Means for effect Pro*Time
Pr > |t| for H0: LSMean(i)=LSMean(j)

Dependent Variable: NFE

i/j	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1		0.0177	0.0024	0.0992	0.9094	0.1218	0.0020	0.0022	0.0003	0.5445
2	0.0177		0.2614	0.3335	0.0145	0.2797	0.2178	0.2373	0.0295	0.0061
3	0.0024	0.2614		0.0519	0.0020	0.0418	0.9032	0.9481	0.2075	0.0009
4	0.0992	0.3335	0.0519		0.0819	0.9017	0.0420	0.0463	0.0052	0.0346
5	0.9094	0.0145	0.0020	0.0819		0.1008	0.0016	0.0018	0.0003	0.6207
6	0.1218	0.2797	0.0418	0.9017	0.1008		0.0338	0.0373	0.0042	0.0429
7	0.0020	0.2178	0.9032	0.0420	0.0016	0.0338		0.9549	0.2494	0.0008
8	0.0022	0.2373	0.9481	0.0463	0.0018	0.0373	0.9549		0.2291	0.0008
9	0.0003	0.0295	0.2075	0.0052	0.0003	0.0042	0.2494	0.2291		0.0001
10	0.5445	0.0061	0.0009	0.0346	0.6207	0.0429	0.0008	0.0008	0.0001	

NOTE: To ensure overall protection level, only probabilities associated with pre-planned comparisons should be used.

1.8 โปรแกรมการวิเคราะห์ 2x5 Factorial on CRD ต่อค่า NDF

Editor

```
Data FACRCRD_1;
  Do Pro = 1 to 2;
       DO Time = 1 to 5;
            DO Rep = 1 to 2;
                  input NDF@;
                  output;
            end;
       end;
  end;
cards;
85.8600     85.4000
85.3900     85.2200
83.7600     83.7500
82.6500     82.8500
84.3800     84.2000
78.0000     78.8000
78.7800     77.5900
81.1400     79.7000
79.3300     80.1300
78.7200     81.1900
;
proc print;
proc GLM;
   class Pro Time;
   Model NDF=Pro Time Pro*Time;
   MEANS Pro Time Pro*Time/DUNCAN;
LSMEANS Pro Time Pro*Time/PDIFF;
run;
```

Output

The SAS System 11:26 Saturday, December 25, 2019 110

The GLM Procedure

Class Level Information

Class	Levels	Values
Pro	2	1 2
Time	5	1 2 3 4 5

Number of observations 20

The SAS System 11:26 Saturday, December 25, 2019 111

The GLM Procedure

Dependent Variable: NDF

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	9	144.1649200	16.0183244	28.65	<.0001
Error	10	5.5918000	0.5591800		
Corrected Total	19	149.7567200			

R-Square	Coeff Var	Root MSE	NDF Mean
0.962661	0.913691	0.747783	81.84200

Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
Pro	1	125.4003200	125.4003200	224.26	<.0001
Time	4	2.1627700	0.5406925	0.97	0.4669
Pro*Time	4	16.6018300	4.1504575	7.42	0.0048

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
Pro	1	125.4003200	125.4003200	224.26	<.0001
Time	4	2.1627700	0.5406925	0.97	0.4669
Pro*Time	4	16.6018300	4.1504575	7.42	0.0048

Means with the same letter are not significantly different.

Duncan Grouping	Mean	N	Pro
A	84.3460	10	1
B	79.3380	10	2

Means with the same letter are not significantly different.

Duncan Grouping	Mean	N	Time
A	82.1225	4	5
A			
A	82.0875	4	3

A				
A	82.0150	4	1	
A				
A	81.7450	4	2	
A				
A	81.2400	4	4	

The GLM Procedure
Least Squares Means

Least Squares Means for effect Pro*Time
Pr > |t| for H0: LSMean(i)=LSMean(j)

Dependent Variable: NDF

i/j	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1		0.6731	0.0311	0.0032	0.1034	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001
2	0.6731		0.0650	0.0066	0.2045	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001
3	0.0311	0.0650		0.2087	0.4907	<.0001	<.0001	0.0012	0.0003	0.0005
4	0.0032	0.0066	0.2087		0.0665	0.0002	0.0001	0.0110	0.0024	0.0039
5	0.1034	0.2045	0.4907	0.0665		<.0001	<.0001	0.0004	0.0001	0.0002
6	<.0001	<.0001	<.0001	0.0002	<.0001		0.7796	0.0223	0.1057	0.0643
7	<.0001	<.0001	<.0001	0.0001	<.0001	0.7796		0.0136	0.0657	0.0395
8	<.0001	<.0001	0.0012	0.0110	0.0004	0.0223	0.0136		0.3779	0.5480
9	<.0001	<.0001	0.0003	0.0024	0.0001	0.1057	0.0657	0.3779		0.7697
10	<.0001	<.0001	0.0005	0.0039	0.0002	0.0643	0.0395	0.5480	0.7697	

NOTE: To ensure overall protection level, only probabilities associated with pre-planned comparisons should be used.

1.9 โปรแกรมการวิเคราะห์ 2x5 Factorial on CRD ต่อค่า ADF

Editor

```
Data FACRCRD_1;
  Do Pro = 1 to 2;
       DO Time = 1 to 5;
            DO Rep = 1 to 2;
                  input ADF@;
                  output;
            end;
       end;
  end;
cards;
60.7200      60.7600
60.3500      60.1300
58.4000      58.3000
60.1700      60.2800
60.9800      60.9700
57.7900      56.4500
56.2000      54.5400
58.1100      60.5300
57.9300      56.6200
59.3300      59.1700
;
proc print;
proc GLM;
   class Pro Time;
   Model ADF=Pro Time Pro*Time;
   MEANS Pro Time Pro*Time/DUNCAN;
LSMEANS Pro Time Pro*Time/PDIFF;
run;
```

Output

The SAS System 11:26 Saturday, December 25, 2019 118

The GLM Procedure

Class Level Information

Class	Levels	Values
Pro	2	1 2
Time	5	1 2 3 4 5

Number of observations 20

The SAS System 11:26 Saturday, December 25, 2019 119

The GLM Procedure

Dependent Variable: ADF

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	9	60.22390500	6.69154500	10.95	0.0004
Error	10	6.11075000	0.61107500		
Corrected Total	19	66.33465500			

R-Square	Coeff Var	Root MSE	ADF Mean
0.907880	1.327491	0.781713	58.88650

Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
Pro	1	29.74360500	29.74360500	48.67	<.0001
Time	4	10.78358000	2.69589500	4.41	0.0259
Pro*Time	4	19.69672000	4.92418000	8.06	0.0036

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
Pro	1	29.74360500	29.74360500	48.67	<.0001
Time	4	10.78358000	2.69589500	4.41	0.0259
Pro*Time	4	19.69672000	4.92418000	8.06	0.0036

Means with the same letter are not significantly different.

Duncan Grouping	Mean	N	Pro
A	60.1060	10	1
B	57.6670	10	2

Means with the same letter are not significantly different.

Duncan Grouping	Mean	N	Time
A	60.1125	4	5
A			
B A	58.9300	4	1
B A			
B	58.8350	4	3

B
B 58.7500 4 4
B
B 57.8050 4 2

The GLM Procedure
Least Squares Means

Least Squares Means for effect Pro*Time
Pr > |t| for H0: LSMean(i)=LSMean(j)

Dependent Variable: ADF

i/j	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1		0.5368	0.0121	0.5249	0.7699	0.0009	<.0001	0.0993	0.0013	0.0858
2	0.5368		0.0362	0.9851	0.3692	0.0026	<.0001	0.2665	0.0035	0.2341
3	0.0121	0.0362		0.0374	0.0073	0.1467	0.0034	0.2430	0.1991	0.2764
4	0.5249	0.9851	0.0374		0.3600	0.0026	0.0001	0.2739	0.0036	0.2407
5	0.7699	0.3692	0.0073	0.3600		0.0006	<.0001	0.0603	0.0008	0.0519
6	0.0009	0.0026	0.1467	0.0026	0.0006		0.0491	0.0183	0.8468	0.0214
7	<.0001	<.0001	0.0034	0.0001	<.0001	0.0491		0.0005	0.0350	0.0006
8	0.0993	0.2665	0.2430	0.2739	0.0603	0.0183	0.0005		0.0258	0.9304
9	0.0013	0.0035	0.1991	0.0036	0.0008	0.8468	0.0350	0.0258		0.0301
10	0.0858	0.2341	0.2764	0.2407	0.0519	0.0214	0.0006	0.9304	0.0301	

NOTE: To ensure overall protection level, only probabilities associated with pre-planned comparisons should be used.

1.10 โปรแกรมการวิเคราะห์ 2x5 Factorial on CRD ต่อค่า Lignin

Editor

```
Data FACRCRD_1;
  Do Pro = 1 to 2;
       DO Time = 1 to 5;
            DO Rep = 1 to 2;
                  input Lignin@;
                  output;
            end;
       end;
  end;
cards;
11.6600     11.8300
11.3200     11.2500
10.7400     10.8600
12.3700     12.2500
12.4800     12.3100
10.6200     11.2500
10.7100     10.4400
11.1100     12.2400
12.2800     11.1400
13.5000     12.3200
;
proc print;
proc GLM;
   class Pro Time;
   Model Lignin=Pro Time Pro*Time;
   MEANS Pro Time Pro*Time/DUNCAN;
LSMEANS Pro Time Pro*Time/PDIFF;
run;
```

Output

The SAS System 11:26 Saturday, December 25, 2019 126

The GLM Procedure

Class Level Information

Class	Levels	Values
Pro	2	1 2
Time	5	1 2 3 4 5

Number of observations 20

The SAS System 11:26 Saturday, December 25, 2019 127

The GLM Procedure

Dependent Variable: Lignin

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	9	10.22298000	1.13588667	5.01	0.0095
Error	10	2.26510000	0.22651000		
Corrected Total	19	12.48808000			

R-Square	Coeff Var	Root MSE	Lignin Mean
0.818619	4.090860	0.475931	11.63400

Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
Pro	1	0.10658000	0.10658000	0.47	0.5083
Time	4	7.67193000	1.91798250	8.47	0.0030
Pro*Time	4	2.44447000	0.61111750	2.70	0.0925

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
Pro	1	0.10658000	0.10658000	0.47	0.5083
Time	4	7.67193000	1.91798250	8.47	0.0030
Pro*Time	4	2.44447000	0.61111750	2.70	0.0925

Means with the same letter are not significantly different.

Duncan Grouping	Mean	N	Pro
A	11.7070	10	1
A			
A	11.5610	10	2

Means with the same letter are not significantly different.

Duncan Grouping	Mean	N	Time
A	12.6525	4	5
A			
B A	12.0100	4	4

B
B C 11.3400 4 1
B C
B C 11.2375 4 3
C
C 10.9300 4 2

The GLM Procedure
Least Squares Means

Least Squares Means for effect Pro*Time
Pr > |t| for H0: LSMean(i)=LSMean(j)

Dependent Variable: Lignin

i/j	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1		0.3566	0.0752	0.2626	0.2019	0.1196	0.0338	0.8860	0.9428	0.0344
2	0.3566		0.3322	0.0567	0.0419	0.4790	0.1666	0.4316	0.3928	0.0066
3	0.0752	0.3322		0.0099	0.0073	0.7825	0.6465	0.0958	0.0849	0.0013
4	0.2626	0.0567	0.0099		0.8618	0.0161	0.0045	0.2117	0.2360	0.2360
5	0.2019	0.0419	0.0073	0.8618		0.0119	0.0034	0.1613	0.1806	0.3046
6	0.1196	0.4790	0.7825	0.0161	0.0119		0.4668	0.1510	0.1345	0.0020
7	0.0338	0.1666	0.6465	0.0045	0.0034	0.4668		0.0434	0.0383	0.0006
8	0.8860	0.4316	0.0958	0.2117	0.1613	0.1510	0.0434		0.9428	0.0267
9	0.9428	0.3928	0.0849	0.2360	0.1806	0.1345	0.0383	0.9428		0.0303
10	0.0344	0.0066	0.0013	0.2360	0.3046	0.0020	0.0006	0.0267	0.0303	

NOTE: To ensure overall protection level, only probabilities associated with pre-planned comparisons should be used.

1.11 โปรแกรมการวิเคราะห์ 2x5 Factorial on CRD ต่อค่า Hemicellulose

Editor

```
Data FACRCRD_1;
  Do Pro = 1 to 2;
       DO Time = 1 to 5;
            DO Rep = 1 to 2;
                 input Hemi@;
                 output;
            end;
       end;
  end;
cards;
24.9700     24.6500
25.0500     25.0800
25.3600     25.4500
22.4700     22.5700
23.4000     23.2200
20.3100     22.3500
22.5800     23.0500
22.8100     19.1700
21.4100     23.5100
19.3900     22.0200
;
proc print;
proc GLM;
   class Pro Time;
   Model Hemi=Pro Time Pro*Time;
   MEANS Pro Time Pro*Time/DUNCAN;
LSMEANS Pro Time Pro*Time/PDIFF;
run;
```

Output

The SAS System 11:26 Saturday, December 25, 2019 134

The GLM Procedure

Class Level Information

Class	Levels	Values
Pro	2	1 2
Time	5	1 2 3 4 5

Number of observations 20

The SAS System 11:26 Saturday, December 25, 2019 135

The GLM Procedure

Dependent Variable: Hemi

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	9	52.07578000	5.78619778	3.98	0.0212
Error	10	14.55640000	1.45564000		
Corrected Total	19	66.63218000			

R-Square	Coeff Var	Root MSE	Hemi Mean
0.781541	5.259139	1.206499	22.94100

Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
Pro	1	32.81922000	32.81922000	22.55	0.0008
Time	4	8.62103000	2.15525750	1.48	0.2794
Pro*Time	4	10.63553000	2.65888250	1.83	0.2004

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
Pro	1	32.81922000	32.81922000	22.55	0.0008
Time	4	8.62103000	2.15525750	1.48	0.2794
Pro*Time	4	10.63553000	2.65888250	1.83	0.2004

The SAS System 11:26 Saturday, December 25, 2019 136

Means with the same letter are not significantly different.

Duncan Grouping	Mean	N	Pro
A	24.2220	10	1
B	21.6600	10	2

Means with the same letter are not significantly different.

Duncan Grouping	Mean	N	Time
A	23.9400	4	2
A			
A	23.1975	4	3
A			

A	23.0700	4	1
A			
A	22.4900	4	4
A			
A	22.0075	4	5

The GLM Procedure
Least Squares Means

Least Squares Means for effect Pro*Time
Pr > |t| for H0: LSMean(i)=LSMean(j)

Dependent Variable: Hemi

i/j	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1		0.8369	0.6325	0.0869	0.2421	0.0163	0.1292	0.0101	0.0800	0.0067
2	0.8369		0.7838	0.0611	0.1764	0.0113	0.0918	0.0070	0.0562	0.0047
3	0.6325	0.7838		0.0379	0.1131	0.0070	0.0574	0.0044	0.0348	0.0030
4	0.0869	0.0611	0.0379		0.5274	0.3472	0.8118	0.2335	0.9613	0.1634
5	0.2421	0.1764	0.1131	0.5274		0.1318	0.6903	0.0834	0.4972	0.0562
6	0.0163	0.0113	0.0070	0.3472	0.1318		0.2465	0.7838	0.3710	0.6157
7	0.1292	0.0918	0.0574	0.8118	0.6903	0.2465		0.1613	0.7746	0.1109
8	0.0101	0.0070	0.0044	0.2335	0.0834	0.7838	0.1613		0.2510	0.8180
9	0.0800	0.0562	0.0348	0.9613	0.4972	0.3710	0.7746	0.2510		0.1764
10	0.0067	0.0047	0.0030	0.1634	0.0562	0.6157	0.1109	0.8180	0.1764	

NOTE: To ensure overall protection level, only probabilities associated with pre-planned comparisons should be used.

1.12 โปรแกรมการวิเคราะห์ 2x5 Factorial on CRD ต่อค่า Cellulose

Editor

```
Data FACRCRD_1;
  Do Pro = 1 to 2;
       DO Time = 1 to 5;
            DO Rep = 1 to 2;
                  input Cellu@;
                  output;
            end;
       end;
  end;
cards;
49.0600     48.9300
49.0300     48.8900
47.6600     47.4400
47.8000     48.0300
48.5000     48.6700
47.0700     45.2000
45.4900     44.1000
47.2100     48.2900
45.6500     45.4700
45.8300     46.8600
;
proc print;
proc GLM;
   class Pro Time;
   Model  Cellu=Pro Time Pro*Time;
   MEANS Pro Time Pro*Time/DUNCAN;
LSMEANS Pro Time Pro*Time/PDIFF;
run;
```

Output

The SAS System 11:26 Saturday, December 25, 2019 150

The GLM Procedure

Class Level Information

Class	Levels	Values
Pro	2	1 2
Time	5	1 2 3 4 5

Number of observations 20

The SAS System 11:26 Saturday, December 25, 2019 151

The GLM Procedure

Dependent Variable: Cellu

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	9	38.95628000	4.32847556	11.02	0.0004
Error	10	3.92770000	0.39277000		
Corrected Total	19	42.88398000			

R-Square	Coeff Var	Root MSE	Cellu Mean
0.908411	1.326126	0.626714	47.25900

Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
Pro	1	26.08328000	26.08328000	66.41	<.0001
Time	4	2.82583000	0.70645750	1.80	0.2057
Pro*Time	4	10.04717000	2.51179250	6.40	0.0081

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
Pro	1	26.08328000	26.08328000	66.41	<.0001
Time	4	2.82583000	0.70645750	1.80	0.2057
Pro*Time	4	10.04717000	2.51179250	6.40	0.0081

Means with the same letter are not significantly different.

Duncan Grouping	Mean	N	Pro
A	48.4010	10	1
B	46.1170	10	2

Means with the same letter are not significantly different.

Duncan Grouping	Mean	N	Time
A	47.6500	4	3
A			
A	47.5650	4	1
A			
A	47.4650	4	5
A			

A 46.8775 4 2
A
A 46.7375 4 4

The GLM Procedure
Least Squares Means

Least Squares Means for effect Pro*Time
Pr > |t| for H0: LSMean(i)=LSMean(j)

Dependent Variable: Cellu

i/j	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1		0.9566	0.0438	0.1156	0.5277	0.0010	<.0001	0.0750	0.0003	0.0017
2	0.9566		0.0482	0.1264	0.5629	0.0011	<.0001	0.0823	0.0003	0.0019
3	0.0438	0.0482		0.5732	0.1297	0.0475	0.0013	0.7562	0.0099	0.0834
4	0.1156	0.1264	0.5732		0.3102	0.0175	0.0006	0.7977	0.0037	0.0312
5	0.5277	0.5629	0.1297	0.3102		0.0029	0.0001	0.2123	0.0007	0.0051
6	0.0010	0.0011	0.0475	0.0175	0.0029		0.0582	0.0276	0.3805	0.7445
7	<.0001	<.0001	0.0013	0.0006	0.0001	0.0582		0.0008	0.2502	0.0329
8	0.0750	0.0823	0.7562	0.7977	0.2123	0.0276	0.0008		0.0058	0.0489
9	0.0003	0.0003	0.0099	0.0037	0.0007	0.3805	0.2502	0.0058		0.2389
10	0.0017	0.0019	0.0834	0.0312	0.0051	0.7445	0.0329	0.0489	0.2389	

NOTE: To ensure overall protection level, only probabilities associated with pre-planned comparisons should be used.

1.13 โปรแกรมการวิเคราะห์ 2x5 Factorial on CRD ต่อค่า Ca

Editor

```
Data FACRCRD_1;
  Do Pro = 1 to 2;
       DO Time = 1 to 5;
            DO Rep = 1 to 2;
                  input Ca@;
                  output;
            end;
       end;
  end;
cards;
0.2697      0.2735
0.2557      0.2464
0.2550      0.2694
0.2743      0.3398
0.2792      0.2727
0.3631      0.3303
0.3140      0.4627
0.3208      0.3378
0.3074      0.2395
0.3429      0.3334
;
proc print;
proc GLM;
   class Pro Time;
   Model Ca=Pro Time Pro*Time;
   MEANS Pro Time Pro*Time/DUNCAN;
LSMEANS Pro Time Pro*Time/PDIFF;
run;
```

Output

The SAS System 11:26 Saturday, December 25, 2019 158

The GLM Procedure

Class Level Information

Class	Levels	Values
Pro	2	1 2
Time	5	1 2 3 4 5

Number of observations 20

The SAS System 11:26 Saturday, December 25, 2019 159

The GLM Procedure

Dependent Variable: Ca

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	9	0.03614638	0.00401626	2.45	0.0897
Error	10	0.01640899	0.00164090		
Corrected Total	19	0.05255537			

R-Square	Coeff Var	Root MSE	Ca Mean
0.687777	13.30837	0.040508	0.304380

Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
Pro	1	0.01898512	0.01898512	11.57	0.0068
Time	4	0.00215487	0.00053872	0.33	0.8528
Pro*Time	4	0.01500639	0.00375160	2.29	0.1317

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
Pro	1	0.01898512	0.01898512	11.57	0.0068
Time	4	0.00215487	0.00053872	0.33	0.8528
Pro*Time	4	0.01500639	0.00375160	2.29	0.1317

Means with the same letter are not significantly different.

Duncan Grouping	Mean	N	Pro
A	0.33519	10	2
B	0.27357	10	1

Means with the same letter are not significantly different.

Duncan Grouping	Mean	N	Time
A	0.31970	4	2
A			
A	0.30915	4	1
A			

A	0.30705	4	5
A			
A	0.29575	4	3
A			
A	0.29025	4	4

The GLM Procedure
Least Squares Means

Least Squares Means for effect Pro*Time
Pr > |t| for H0: LSMean(i)=LSMean(j)

Dependent Variable: Ca

i/j	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1		0.6229	0.8212	0.4020	0.9166	0.0934	0.0163	0.1848	0.9645	0.1314
2	0.6229		0.7887	0.1969	0.5525	0.0399	0.0069	0.0822	0.5924	0.0570
3	0.8212	0.7887		0.2941	0.7413	0.0636	0.0110	0.1286	0.7869	0.0903
4	0.4020	0.1969	0.2941		0.4604	0.3508	0.0725	0.5949	0.4262	0.4604
5	0.9166	0.5525	0.7413	0.4604		0.1113	0.0196	0.2172	0.9520	0.1557
6	0.0934	0.0399	0.0636	0.3508	0.1113		0.3281	0.6766	0.1007	0.8371
7	0.0163	0.0069	0.0110	0.0725	0.0196	0.3281		0.1756	0.0177	0.2435
8	0.1848	0.0822	0.1286	0.5949	0.2172	0.6766	0.1756		0.1980	0.8315
9	0.9645	0.5924	0.7869	0.4262	0.9520	0.1007	0.0177	0.1980		0.1413
10	0.1314	0.0570	0.0903	0.4604	0.1557	0.8371	0.2435	0.8315	0.1413	

NOTE: To ensure overall protection level, only probabilities associated with pre-planned comparisons should be used.

1.14 โปรแกรมการวิเคราะห์ 2x5 Factorial on CRD ต่อค่า P

Editor

```
Data FACRCRD_1;
  Do Pro = 1 to 2;
       DO Time = 1 to 5;
            DO Rep = 1 to 2;
                  input P@;
                  output;
            end;
       end;
  end;
cards;
0.0409      0.0366
0.0412      0.0493
0.0411      0.0429
0.0423      0.0364
0.0431      0.0435
0.0536      0.0495
0.0537      0.0620
0.0494      0.0577
0.0523      0.0479
0.0551      0.0569
;
proc print;
proc GLM;
   class Pro Time;
   Model P=Pro Time Pro*Time;
   MEANS Pro Time Pro*Time/DUNCAN;
LSMEANS Pro Time Pro*Time/PDIFF;
run;
```

Output

The SAS System 11:26 Saturday, December 25, 2019 182

The GLM Procedure

Class Level Information

Class	Levels	Values
Pro	2	1 2
Time	5	1 2 3 4 5

Number of observations 20

The SAS System 11:26 Saturday, December 25, 2019 183

The GLM Procedure

Dependent Variable: P

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	9	0.00086869	0.00009652	6.45	0.0037
Error	10	0.00014975	0.00001497		
Corrected Total	19	0.00101844			

R-Square	Coeff Var	Root MSE	P Mean
0.852962	8.100805	0.003870	0.047770

Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
Pro	1	0.00072963	0.00072963	48.72	<.0001
Time	4	0.00013584	0.00003396	2.27	0.1339
Pro*Time	4	0.00000322	0.00000081	0.05	0.9937

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
Pro	1	0.00072963	0.00072963	48.72	<.0001
Time	4	0.00013584	0.00003396	2.27	0.1339
Pro*Time	4	0.00000322	0.00000081	0.05	0.9937

Means with the same letter are not significantly different.

Duncan Grouping	Mean	N	Pro
A	0.053810	10	2
B	0.041730	10	1

Means with the same letter are not significantly different.

Duncan Grouping	Mean	N	Time
A	0.051550	4	2
A			
B A	0.049650	4	5
B A			
B A	0.047775	4	3
B A			

B A 0.045150 4 1
B
B 0.044725 4 4

The GLM Procedure
Least Squares Means

Least Squares Means for effect Pro*Time
Pr > |t| for H0: LSMean(i)=LSMean(j)

Dependent Variable: P

i/j	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1		0.1239	0.4206	0.8799	0.2669	0.0079	0.0006	0.0033	0.0150	0.0012
2	0.1239		0.4206	0.1583	0.6252	0.1346	0.0086	0.0576	0.2386	0.0195
3	0.4206	0.4206		0.5090	0.7439	0.0332	0.0022	0.0137	0.0628	0.0047
4	0.8799	0.1583	0.5090		0.3314	0.0103	0.0007	0.0043	0.0195	0.0016
5	0.2669	0.6252	0.7439	0.3314		0.0588	0.0037	0.0244	0.1094	0.0083
6	0.0079	0.1346	0.0332	0.0103	0.0588		0.1346	0.6165	0.7157	0.2769
7	0.0006	0.0086	0.0022	0.0007	0.0037	0.1346		0.2925	0.0731	0.6429
8	0.0033	0.0576	0.0137	0.0043	0.0244	0.6165	0.2925		0.3936	0.5409
9	0.0150	0.2386	0.0628	0.0195	0.1094	0.7157	0.0731	0.3936		0.1583
10	0.0012	0.0195	0.0047	0.0016	0.0083	0.2769	0.6429	0.5409	0.1583	

NOTE: To ensure overall protection level, only probabilities associated with pre-planned comparisons should be used.

1.15 โปรแกรมการวิเคราะห์ 2x5 Factorial on CRD ต่อค่า Energy

Editor

```
Data FACRCRD_1;
  Do Pro = 1 to 2;
       DO Time = 1 to 5;
            DO Rep = 1 to 2;
                 input Ener@;
                 output;
            end;
       end;
  end;
cards;
4045.2000   4051.6000
4161.6000   4172.5000
4158.7000   4120.7000
4159.7000   4136.4000
4145.8000   4140.7000
4015.8000   4031.3000
4036.7000   4044.8000
4105.3000   4110.8000
4087.1000   4045.3000
4022.0000   4085.7000
;
proc print;
proc GLM;
   class Pro Time;
   Model Ener=Pro Time Pro*Time;
   MEANS Pro Time Pro*Time/DUNCAN;
LSMEANS Pro Time Pro*Time/PDIFF;
run;
```

Output

The SAS System 11:26 Saturday, December 25, 2019 198
The GLM Procedure
Class Level Information

Class	Levels	Values
Pro	2	1 2
Time	5	1 2 3 4 5

Number of observations 20
The SAS System 11:26 Saturday, December 25, 2019 199
The GLM Procedure

Dependent Variable: Ener

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	9	50464.03050	5607.11450	13.49	0.0002
Error	10	4156.85500	415.68550		
Corrected Total	19	54620.88550			

R-Square	Coeff Var	Root MSE	Ener Mean
0.923896	0.498020	20.38837	4093.885

Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
Pro	1	25070.28050	25070.28050	60.31	<.0001
Time	4	18201.31300	4550.32825	10.95	0.0011
Pro*Time	4	7192.43700	1798.10925	4.33	0.0275

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
Pro	1	25070.28050	25070.28050	60.31	<.0001
Time	4	18201.31300	4550.32825	10.95	0.0011
Pro*Time	4	7192.43700	1798.10925	4.33	0.0275

Means with the same letter are not significantly different.

Duncan Grouping	Mean	N	Pro
A	4129.290	10	1
B	4058.480	10	2

Means with the same letter are not significantly different.

Duncan Grouping	Mean	N	Time
A	4123.88	4	3
A			
A	4107.13	4	4
A			
A	4103.90	4	2
A			
A	4098.55	4	5
B	4035.98	4	1

The GLM Procedure
Least Squares Means

Least Squares Means for effect Pro*Time
Pr > |t| for H0: LSMean(i)=LSMean(j)

Dependent Variable: Ener

i/j	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1		0.0002	0.0012	0.0006	0.0009	0.2509	0.7153	0.0152	0.4031	0.7947
2	0.0002		0.2094	0.3733	0.2702	<.0001	0.0001	0.0160	0.0006	0.0002
3	0.0012	0.2094		0.6908	0.8652	0.0002	0.0007	0.1516	0.0048	0.0018
4	0.0006	0.3733	0.6908		0.8186	0.0001	0.0004	0.0782	0.0025	0.0010
5	0.0009	0.2702	0.8652	0.8186		0.0002	0.0005	0.1150	0.0036	0.0014
6	0.2509	<.0001	0.0002	0.0001	0.0002		0.4186	0.0020	0.0629	0.1681
7	0.7153	0.0001	0.0007	0.0004	0.0005	0.4186		0.0080	0.2404	0.5350
8	0.0152	0.0160	0.1516	0.0782	0.1150	0.0020	0.0080		0.0672	0.0240
9	0.4031	0.0006	0.0048	0.0025	0.0036	0.0629	0.2404	0.0672		0.5582
10	0.7947	0.0002	0.0018	0.0010	0.0014	0.1681	0.5350	0.0240	0.5582	

NOTE: To ensure overall protection level, only probabilities associated with pre-planned comparisons should be used.