

การปรับปรุงคุณภาพกากมันสำปะหลังด้วยยีสต์เพื่อใช้เป็นวัตถุดิบอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้อง ในพื้นที่จังหวัดอุตรดิตถ์

สิริวดี พรหมน้อย*

หลักสูตรชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการปรับปรุงคุณภาพกากมันสำปะหลังด้วยยีสต์เพื่อใช้เป็นวัตถุดิบอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้องในพื้นที่จังหวัดอุตรดิตถ์ โดยกระบวนการหมักยีสต์ *Saccharomyces cerevisiae* หมักเป็นช่วงเวลา 7 ระยะ ได้แก่ 0, 5, 10, 15, 20, 25 และ 30 วัน ที่อุณหภูมิห้อง และศึกษาคุณค่าทางโภชนาการในกากมันสำปะหลังตามระยะเวลาในการหมัก ด้วยวิธีการ Proximate analysis พบว่าระดับโปรตีนที่ได้จากการหมักกากมันสำปะหลังในวันที่ 30 มีค่าสูงสุดคือ ร้อยละ 19.23 และมีความแตกต่างจากกลุ่มอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) โดยพบว่าระดับโปรตีนจะเพิ่มขึ้นตามวันที่หมัก การศึกษานี้ชี้ให้เห็นว่า การหมักกากมันสำปะหลังด้วยกระบวนการหมักยีสต์ทำให้มีระดับโปรตีนสูงขึ้นสามารถนำไปใช้เป็นวัตถุดิบอาหารสัตว์ได้

*ผู้เขียนหลัก: First_pig_2@hotmail.com

คำสำคัญ: การปรับปรุงคุณภาพ ยีสต์ กากมันสำปะหลัง อาหารสัตว์เคี้ยวเอื้อง

SCIENCE AND TECHNOLOGY
UTTARADIT RAJABHAT UNIVERSITY

Improvement of Cassava Pulp by Yeast for Use as Ruminant Feeds in Uttaradit Province

Siriwadee Phromnoi*

Biology, Faculty of Science and Technology, Uttaradit Rajabhat University

Abstract

The objective of this study was to improve of cassava pulp by yeast (*Saccharomyces cerevisiae*) for use as ruminant feeds in Uttaradit province. The duration of the fermentation 0, 5, 10, 15, 20, 25 and 30 days at room temperature. The samples of each day of fermentation were collected for proximate analysis. The results were shown that the protein level at the different days of fermentation which protein level of cassava pulp at day 30 was highest 19.23 % ($P < 0.05$). In conclusion, protein level can be increased in cassava pulp by yeast fermentation process and can be used as animal feedstuff.

*Corresponding Author: First_pig_2@hotmail.com

Keywords: improvement, yeast, cassava pulp, ruminant feeds

SCIENCE AND TECHNOLOGY
UTTARADIT RAJABHAT UNIVERSITY

1. บทนำ

การเลี้ยงสัตว์ในปัจจุบันกำลังได้รับการสนใจเป็นอย่างมาก นอกเหนือจากการปลูกพืชแล้วการเลี้ยงสัตว์ยังเป็นอาชีพหนึ่งที่สามารถทำรายได้ให้แก่เกษตรกรทั้งเป็นรายได้หลักและรายได้เสริม โดยปัจจุบันประเทศไทยนอกจากจะเลี้ยงสัตว์เพื่อบริโภคภายในประเทศแล้ว ยังสามารถส่งเป็นสินค้าออกไปจำหน่ายยังต่างประเทศทำรายได้ปีละหลายพันล้านบาท อย่างไรก็ตามสัตว์เคี้ยวเอื้องเช่น โคเนื้อ โคนม แพะ แกะ และ กระบือ เป็นต้น การที่จะเลี้ยงให้ดีนั้นประกอบด้วยปัจจัยหลักที่สำคัญได้แก่ พันธุ์ อาหาร และการจัดการ โดย 60-70 เปอร์เซ็นต์ของต้นทุนการผลิตสัตว์มาจากปัจจัยทางด้านอาหาร [1] ในปัจจุบันประเทศไทยมีวัตถุดิบอาหารสัตว์ที่มีโปรตีนสูง และคุณภาพดีค่อนข้างจำกัด และมีไม่เพียงพอ ดังนั้น การวิจัยและพัฒนาการใช้ทรัพยากรอาหารในระบบเกษตรกรรมที่มีศักยภาพในท้องถิ่น (Potential local feed resources) ภายในประเทศจึงเป็นสิ่งที่จำเป็น โดยเฉพาะ กากมันสำปะหลัง เพื่อเป็นการเพิ่มศักยภาพการนำใช้ผลผลิตและผลพลอยได้ทั้งระบบให้เกิดประโยชน์สูงสุด

อุตสาหกรรมการเลี้ยงสัตว์เป็นหนึ่งในจังหวัดทางภาคเหนือของประเทศไทย มีพืชไร่เศรษฐกิจที่สำคัญคือ มันสำปะหลัง ซึ่ง ปี พ.ศ. 2559 มีพื้นที่การผลิตมากกว่า 17,000 ไร่ ได้ผลผลิตถึง 59,462 ตัน ทำให้ในแต่ละปีมีมันสำปะหลังส่งเข้าโรงงานเป็นจำนวนมาก ทำให้มีส่วนเหลือทิ้งจากการผลิตในรูปของกากมันสำปะหลังเป็นจำนวนมากตามไปด้วย วันละ 120-150 ตัน [4] สำหรับการเลี้ยงสัตว์ พบว่า อุตสาหกรรมการเลี้ยงสัตว์เป็นการเลี้ยงสัตว์โดยเฉพาะสัตว์เคี้ยวเอื้องอยู่เป็นจำนวนมาก เนื่องจากเป็นแหล่งที่มีตลาดนัดแลกเปลี่ยน โค กระบือ แต่ในฤดูแล้งมักประสบปัญหาการขาดแคลนพืชอาหารสัตว์ ดังนั้นทีมผู้วิจัยจึงได้ทำการศึกษาและหาแนวทางในการนำวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร โดยเฉพาะกากมันสำปะหลังมาพัฒนาคุณภาพเพื่อใช้เป็นวัตถุดิบในการเลี้ยงสัตว์ ซึ่งเป็นช่องทางให้ผู้ประกอบการมีรายได้เพิ่มจากการขายกากมันสำปะหลังได้อีกช่องทางหนึ่ง จากเดิมขายกากมันตากแห้งในราคาต่ำ ก็สามารถเพิ่มราคาให้สูงขึ้นได้ และยังทำให้เกษตรกรได้กากมันที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูงขึ้นไปใช้เลี้ยงสัตว์ด้วย เป็นการช่วยลดต้นทุนค่าวัตถุดิบอาหารสัตว์ที่เป็นแหล่งโปรตีนที่มีราคาสูง เช่น กากถั่วเหลือง ปลาป่น ซึ่งในอนาคตมีแนวโน้มที่จะเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีมูลค่าสูงขึ้น และนำไปสู่การสร้างแรงจูงใจในการประกอบอาชีพการปลูกมันสำปะหลังและเลี้ยงสัตว์ได้อย่างยั่งยืนด้วย

ผู้วิจัยจึงมีแนวทางในการนำกากมันสำปะหลังที่เป็นวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรที่มีจำนวนมากในท้องถิ่นมาเพิ่มมูลค่าและใช้เป็นต้นทุนการผลิต เป็นแหล่งของโปรตีนและพลังงาน ตลอดจนช่วยในการกำจัดพยาธิในระบบทางเดินอาหารของสัตว์เคี้ยวเอื้อง [1] นอกจากนี้ผลผลิตของกากมันสำปะหลังที่ได้จากโรงงานผลิตแป้งมันและโรงงานแปรรูปมันสำปะหลังในแต่ละปีพบว่ามีปริมาณมาก จึงควรมีการศึกษาปรับปรุงหรือแปรรูปเพื่อเป็นอาหารสัตว์เพื่อลดต้นทุนการผลิตสัตว์ อีกทั้งเพื่อสนับสนุนและส่งเสริมเกษตรกรผู้ปลูกมันสำปะหลังทางอ้อมด้วย จากเหตุผลดังกล่าวจึงเป็นที่มาของโครงการการปรับปรุงคุณภาพหรือเพิ่มโปรตีนโดยกระบวนการหมักด้วยเชื้อยีสต์เพื่อเป็นอาหารสำหรับสัตว์เคี้ยวเอื้อง โดยมุ่งที่จะศึกษาการเพิ่มโภชนาโปรตีนในกากมันสำปะหลังโดยอาศัยกระบวนการหมักจากเชื้อยีสต์ *S. cerevisiae* เพื่อใช้

เป็นแหล่งของโปรตีนทดแทนในสูตรอาหารสัตว์ เป็นแนวทางการพัฒนาการใช้วัตถุดิบในโรงงานให้เกิดประโยชน์สูงสุด พัฒนาเทคโนโลยีอาหารสัตว์เคียงเอื้อร่วมกับอุตสาหกรรมการผลิตแป้งมันสำปะหลัง และผลพลอยได้อย่างเป็นระบบ และเพิ่มมูลค่าของผลิตภัณฑ์ให้สูงขึ้น

2. วิธีการดำเนินการ

(1) แหล่งที่มาของกากมันสำปะหลัง

กากมันสำปะหลังที่ใช้ในการทดลองนี้ได้มาจากบริษัท อุตสาหกรรมแป้งมันกาญจนาชัย จำกัด อำเภอดรอน จังหวัดอุดรธานี เชื้อที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ใช้ยีสต์ขนมปัง (Baker Yeast; *Saccharomyces cerevisiae*) มีขั้นตอนดังนี้ (ดัดแปลงจาก [1])

(2) การเตรียมเชื้อยีสต์

การเตรียมเชื้อยีสต์ *S. cerevisiae* โดยชั่งยีสต์ 68.25 กรัม น้ำตาลทรายแดง 136.5 กรัม น้ำกลั่น 1,365 กรัม ยูเรีย 546 กรัม และกากน้ำตาล 682.5 กรัม ผสมเข้าด้วยกันให้เป็นเนื้อเดียวกัน จากนั้นใช้ปั๊มออกซิเจนเป่าลมเพื่อเติมออกซิเจนและให้ยีสต์กระจายตัว เป็นเวลา 1 ชั่วโมง

(3) กระบวนการผลิตกากมันสำปะหลังหมักยีสต์

คัดเลือกสิ่งปลอมปนที่อาจติดมากับกากมันสำปะหลังออกให้หมด และชั่งกากมันสำปะหลัง 16 กิโลกรัม (ชั่งกากมันสำปะหลังที่ไม่ผ่านการหมัก (กลุ่มควบคุม) ใส่ถุง ขนาด 8×12 นิ้ว จำนวน 4 ถุงๆ ละ 500 กรัม จากนั้นนำไปอบแห้ง อบที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส จนแห้ง เก็บไว้เพื่อรอการวิเคราะห์องค์ประกอบทางโภชนา) จากนั้นใช้หัวเชื้อยีสต์ที่เตรียมไว้มาผสมกับกากมันสำปะหลัง 14 กิโลกรัม คลุกเคล้าให้เข้ากันให้เป็นเนื้อเดียวกัน ตามอัตราส่วน (100 ส่วน) ดังนี้ ยีสต์ : น้ำตาลทรายแดง : น้ำกลั่น : ยูเรีย : กากน้ำตาล : กากมันสำปะหลัง คือ 0.4 : 0.8 : 8.1 : 3.4 : 4.0 : 83.3 เปอร์เซ็นต์ ชั่งกากมันสำปะหลังที่ผสมน้ำหมักๆ ละ 500 กรัม ใช้หนัวยางมัดปากถุงหมักให้แน่นและหมักไว้เป็นเวลา 0, 5, 10, 15, 20, 25 และ 30 วัน ระยะเวลาละ 4 ชั่วโมง หมักที่อุณหภูมิห้อง เมื่อครบเวลา 5 วัน นำกากมันสำปะหลังหมักออกมา 4 ถุง เทใส่ตะกร้า เกลี่ยให้กระจาย อบแห้งในตู้อบ ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส จนแห้ง เก็บไว้เพื่อรอการวิเคราะห์องค์ประกอบทางโภชนา ทำเช่นเดิมจนครบทั้ง 7 ช่วงเวลา

(4) วิเคราะห์องค์ประกอบทางโภชนา

ค่าองค์ประกอบทางโภชนาที่วิเคราะห์ ได้แก่ ปริมาณวัตถุแห้ง โปรตีน ไขมัน เยื่อใย เถ้าแร่ธาตุ และพลังงานที่เปลี่ยนแปลงไปของกากมันสำปะหลังที่หมักยีสต์อบแห้ง เปรียบเทียบกับกากมันสำปะหลังที่ไม่ผ่านการหมัก และกากมันสำปะหลังหมักยีสต์ที่ 0 ชั่วโมง โดยวิธี Proximate Analysis [8] นำข้อมูลที่ได้ทั้งหมดจากการทดลองมาวิเคราะห์หาความแปรปรวนทางสถิติ และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของแต่ละวิธีด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS 11.5 [7]

3. ผลการวิจัย

จากการศึกษา การหมักกากมันสำปะหลังด้วยยีสต์ *Saccharomyces cerevisiae*ตามระยะเวลา 0, 5, 10, 15, 20, 25 และ 30 วัน สามารถปรับปรุงคุณค่าทางโภชนาการให้ดีขึ้นได้ โดยองค์ประกอบทางโภชนาการของกากมันสำปะหลังปกติ พบว่า กากมันสำปะหลังสดที่ยังไม่ผ่านกระบวนการหมัก มีปริมาณโปรตีนเท่ากับร้อยละ 2.33 และเมื่อนำกากมันสำปะหลังมาผ่านกระบวนการหมักด้วยยีสต์ *Saccharomyces cerevisiae* เป็นระยะเวลา 30 วัน พบว่า องค์ประกอบทางโภชนาการของกากมันสำปะหลังหมักมีโปรตีนได้เท่ากับร้อยละ 19.23 ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) (ตารางที่ 1) ปริมาณเยื่อใยกากมันสำปะหลังสดที่ยังไม่ผ่านกระบวนการหมักมีค่าเท่ากับร้อยละ 16.12 แต่เมื่อผ่านกระบวนการหมักด้วยยีสต์พบว่าเยื่อใยลดลงแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ คือเหลือร้อยละ 10.7 ในส่วนของปริมาณวัตถุแห้ง ไขมัน แคลเซียม ฟอสฟอรัสและค่าพลังงาน ระหว่างกากมันที่ไม่ผ่านการหมัก (ร้อยละ 99.45, 1.92, 0.92, 0.04 และ 3,726.75 kcal/kg ตามลำดับ) กับกากมันสำปะหลังที่ผ่านกระบวนการหมักด้วยยีสต์ เป็นระยะเวลา 30 วัน (ร้อยละ 96.19, 1.58, 0.98, 0.05 และ 3,582.71 kcal/kg ตามลำดับ) ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) (ตารางที่ 1)

จากการศึกษาในครั้งนี้สรุปได้ว่า กระบวนการหมักกากมันสำปะหลังด้วยยีสต์ *S. cerevisiae* เป็นระยะเวลา 30 วัน สามารถเพิ่มระดับโปรตีนได้สูงสุด และสามารถปรับปรุงองค์ประกอบทางโภชนาการต่าง ๆ ได้ โดยไม่ส่งผลเสียต่อคุณค่าทางโภชนาการของอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้อง การนำยีสต์มาใช้ในกระบวนการหมักกับวัตถุดิบ เช่น กากมันสำปะหลังที่เป็นแหล่งของคาร์โบไฮเดรต เยื่อใย และไขมันสูง ยีสต์จึงสามารถใช้โภชนาการที่มีอยู่ในวัตถุดิบนั้นเพื่อการเจริญเติบโตภายใต้สภาวะที่ไม่ใช้ออกซิเจน จึงทำให้ระดับโปรตีนในกากมันสำปะหลังที่หมักมีปริมาณสูงขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับระดับโปรตีนในกากมันสำปะหลังที่ไม่ผ่านการหมัก ซึ่งองค์ความรู้ที่ได้จากการวิจัยในครั้งนี้จะนำไปสู่การต่อยอดงานวิจัยในอนาคตในการพัฒนาการและสร้างนวัตกรรมผลิตแหล่งโปรตีนดัดแปลงจากกากมันสำปะหลังเพื่อใช้เป็นแหล่งวัตถุดิบอาหารสัตว์โปรตีนทางเลือก และลดปัญหาการขาดแคลนวัตถุดิบโปรตีนในอนาคตต่อไป

ตารางที่ 1 แสดงองค์ประกอบทางโภชนาของกากมันสำปะหลังหมักยีสต์ ด้วยระยะเวลาที่แตกต่างกัน 7 ระยะ

	ระยะเวลาการหมัก (วัน)							
	Control	0	5	10	15	20	25	30
CP	2.33±0.10 ^a	3.45±0.01 ^a	3.85±0.07 ^a	10.33±0.05 ^b	14.23±0.13 ^c	16.76±0.20 ^c	17.58±0.33 ^c	19.23±0.12 ^c
DM	99.45±0.16 ^a	98.26±0.16 ^a	98.93±0.28 ^a	98.95±0.08 ^a	98.52±0.77 ^a	99.05±0.24 ^a	97.91±0.17 ^a	96.19±0.16 ^a
EE	1.92±0.56 ^a	1.08±0.21 ^a	1.30±0.57 ^a	2.28±0.62 ^a	2.92±0.51 ^a	2.74±0.18 ^a	2.44±0.49 ^a	1.58±0.11 ^a
CF	16.12±1.64 ^a	10.13±0.29 ^b	8.98±0.76 ^b	10.09±0.21 ^b	9.95±0.31 ^b	10.42±0.31 ^b	10.15±0.08 ^b	10.7±1.08 ^b
Ash	5.38±0.10 ^a	5.17±0.28 ^a	5.25±0.05 ^a	5.06±0.09 ^a	3.79±0.01 ^b	3.83±0.04 ^b	3.79±0.12 ^b	3.79±0.06 ^b
Ca	0.92±0.06 ^a	0.70±0.01 ^a	0.85±0.12 ^a	0.49±0.07 ^a	0.85±0.03 ^a	0.62±0.10 ^a	0.58±0.05 ^a	0.98±0.02 ^a
P	0.04±0.002 ^a	0.05±0.005 ^a	0.05±0.002 ^a	0.05±0.001 ^a	0.05±0.002 ^a	0.05±0.001 ^a	0.05±0.001 ^a	0.05±0.001 ^a
GE, kcal/kg	3,726.75±5.64 ^a	3,615.03±4.24 ^a	3,650.64±3.37 ^a	3,657.85±3.08 ^a	3,646.21±5.66 ^a	3,661.11±4.10 ^a	3,632.88±4.10 ^a	3,582.71±3.52 ^a

หมายเหตุ CP = โปรตีน, DM = วัตถุแห้ง, EE = ไขมัน, CF = เยื่อใย, Ash = เถ้า, Ca = แคลเซียม, P = ฟอสฟอรัส, GE = พลังงาน

ตัวอักษรที่ตามหลังค่าเฉลี่ยที่แตกต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

4. อภิปรายผล

จากการศึกษาในครั้งนี้พบว่า กระบวนการหมักกากมันสำปะหลังด้วยยีสต์ *Saccharomyces cerevisiae* เป็นระยะเวลา 30 วัน สามารถปรับปรุงคุณค่าทางโภชนาของกากมันสำปะหลังได้ดังนี้

1. ปริมาณโปรตีนในกากมันสำปะหลังหมักยีสต์

กากมันสำปะหลังหมักยีสต์สามารถเพิ่มระดับโปรตีนได้สูงสุดในระยะเวลาที่ 30 วัน โดยค่าโปรตีนในกากมันสำปะหลังหมักยีสต์เพิ่มขึ้นจากร้อยละ 2.33 เป็น 19.23 มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ [2] ที่พบว่าการใช้เชื้อผสมระหว่างยีสต์ร่วมกับ *Bacillus subtilis* ให้ค่าโปรตีนสูง และระยะเวลาในการหมักที่ 30 วันให้ค่าโปรตีนร้อยละ 10.80 ทั้งนี้เนื่องจากกากมันสำปะหลังเป็นแหล่งคาร์บอนสำหรับการสร้างพลังงานให้กับเซลล์ โดยยีสต์ *Saccharomyces cerevisiae* สามารถย่อยสลายโครงสร้างของกากมันสำปะหลังในระหว่างกระบวนการหมัก ซึ่งยีสต์ *Saccharomyces cerevisiae* จะใช้แป้งหรือคาร์โบไฮเดรตหรือส่วนของเยื่อใยที่มีอยู่ในกากมันสำปะหลังเพื่อให้จุลินทรีย์สามารถเจริญเติบโต และเพิ่มจำนวนได้มากขึ้น เมื่อจุลินทรีย์ซึ่งเป็นแหล่งของโปรตีนเพิ่มจำนวนจึงส่งผลให้กากมันสำปะหลังหมักมีปริมาณโปรตีนเพิ่มขึ้นด้วย และกระบวนการหมักกากมันสำปะหลังมีการใช้ส่วนผสมของหัวเชื้อที่มีกากน้ำตาล น้ำตาลทรายแดง ยีสต์จะใช้กากน้ำตาลและน้ำตาลทรายแดงเพื่อการหายใจและเพิ่มจำนวนเซลล์ให้มากขึ้น ซึ่งเป็นแหล่งของน้ำตาลกลูโคสที่เกิดจากกระบวนการไฮโดรไลซิส (hydrolysis) ของน้ำตาลซูโครสกลายเป็นคาร์โบไฮเดรตที่ใช้เป็นแหล่งคาร์บอนและพลังงานของยีสต์ และเพิ่มจำนวนระหว่างกระบวนการหมัก ซึ่งจำเป็นสำหรับระยะแรกของกระบวนการหมัก [9] จึงทำให้ระดับโปรตีนในกากมันสำปะหลังมีปริมาณเพิ่มขึ้น เนื่องจากเซลล์ยีสต์มีโปรตีนร้อยละ 40-44 พลังงาน 1,465.57 กิโลแคลอรีต่อกิโลกรัม คาร์โบไฮเดรตร้อยละ 34 และมีไขมันร้อยละ 4 โดยน้ำหนักแห้ง เป็นองค์ประกอบภายในเซลล์ [6], [10] นอกจากนี้การใช้กากน้ำตาลลงในกระบวนการหมัก ยังช่วยกลบเกลื่อนรสฝาดของยูเรีย และกากน้ำตาลให้คาร์โบไฮเดรตที่ใช้ประโยชน์ได้อย่างรวดเร็ว ไม่ต้องใช้เวลาในการย่อย นอกจากนี้ยูเรียยังเป็นแหล่งของไนโตรเจนที่จำเป็นในการเจริญเติบโตของยีสต์อีกด้วย [11] ยีสต์จึงสามารถเจริญเติบโต ดำรงชีวิต และเพิ่มจำนวนเซลล์ ในระหว่างกระบวนการหมัก ส่งผลให้ปริมาณโปรตีนเพิ่มขึ้น

2. ปริมาณเยื่อใยในกากมันสำปะหลังหมักยีสต์

เมื่อหมักกากมันสำปะหลังเป็นเวลา 30 วัน พบว่า ปริมาณเยื่อใย จากร้อยละ 16.12 เหลือร้อยละ 10.7 ซึ่งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) เนื่องมาจากยีสต์ สามารถผลิตเอนไซม์เซลลูเลสมากระตุ้นการย่อยเซลลูโลสทำให้ปริมาณผนังเซลล์พืชลดลง ส่งผลต่อการลดปริมาณเยื่อใย ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ [2] ที่พบว่า จากกระบวนการหมักเปลือกสับปะรดด้วยยีสต์และจุลินทรีย์ ทำให้มีปริมาณเยื่อใยต่ำเท่ากับร้อยละ 10.7 ซึ่งลดลงจากเดิมร้อยละ 5.42 ซึ่งปริมาณเยื่อใยในอาหารสัตว์เป็นสิ่งที่ใช้วัดคุณค่าทางอาหารของสัตว์แต่ละประเภทได้เยื่อใยเป็นส่วนที่สัตว์ย่อยได้ไม่มาก แต่จำเป็นต้องได้รับ

อาหารที่มีปริมาณเยื่อใยต่ำจัดว่าเป็นอาหารที่มีคุณภาพเพราะสัตว์ทุกชนิดย่อยได้ง่าย ช่วยทำให้ระบบการย่อยเป็นไปตามปกติ และระบบขับถ่ายของเสียต่างๆที่ตกค้างในร่างกายเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ

3. ปริมาณวัตถุแห้งในกากมันสำปะหลังหมักยีสต์

จากการหมักกากมันสำปะหลังด้วยยีสต์ส่งผลให้ปริมาณวัตถุแห้งลดลงจากร้อยละ 99.45 เหลือร้อยละ 96.19 แต่ก็ไม่มี ความแตกต่างทางสถิติ ($P>0.05$) ปริมาณวัตถุแห้งเป็นผลมาจากความชื้นหรือน้ำที่เป็นองค์ประกอบอย่างหนึ่งในวัตถุดิบอาหารสัตว์ซึ่งมีปริมาณผกผันกับปริมาณวัตถุแห้ง ปริมาณวัตถุแห้งมีผลต่อวัตถุดิบอาหารสัตว์ ถ้าวัตถุดิบอาหารสัตว์มีปริมาณวัตถุแห้งน้อยจะส่งผลทำให้มีเชื้อราเกิดในวัตถุดิบอาหารสัตว์ได้จำนวนวันที่ทำการหมักมีผลต่อน้ำหนักวัตถุแห้งเช่นกัน ส่งผลให้ยีสต์เจริญเติบโตและเพิ่มจำนวนเซลล์ โดยตัวเซลล์ของเชื้อเมื่อถูกสลายจะได้รับสารอาหารโปรตีนเพิ่มขึ้น ซึ่งเป็นองค์ประกอบของวัตถุแห้งอย่างหนึ่ง [2]

4. ปริมาณไขมันในกากมันสำปะหลังหมักยีสต์

ไขมันเป็นสารประกอบอินทรีย์ สามารถละลายได้ใน petroleum ether, benzene, acetone และ chloroform แต่ไม่สามารถละลายได้ในน้ำ โดยปกติอาหารสัตว์ทั่วไปจะมีไขมันประมาณร้อยละ 3.5 เพื่อเพิ่มความน่ากินและลดความเป็นฝุ่นของอาหาร แต่ไม่ควรให้ไขมันสูงมาก เพราะจะทำให้อาหารเสียเนื่องจากการหืน ปริมาณไขมันในกากมันสำปะหลังที่ไม่ผ่านกระบวนการหมักมีค่าเท่ากับร้อยละ 1.92 และเมื่อนำไปผ่านกระบวนการหมักด้วยยีสต์ เป็นระยะเวลา 30 วัน พบว่ามีปริมาณไขมันร้อยละ 1.58 ซึ่งไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($P>0.05$) เนื่องจากยีสต์มีการใช้ออกซิเจนในการสังเคราะห์กรดไขมันไม่อิ่มตัวออกมาในระหว่างการเตรียมหัวเชื้อยีสต์ ซึ่งได้ปั๊มออกซิเจนลงไปในช่วงนี้ แต่ปริมาณไขมันที่เพิ่มขึ้นยังคงมีปริมาณที่น้อย อาจเนื่องจากในระหว่างการหมักกับกากมันสำปะหลังไม่มีการให้ออกซิเจน ดังนั้นในสถานะที่ไม่มีออกซิเจนจึงควรเติมกรดไขมันไม่อิ่มตัวลงไป เพื่อให้ยีสต์สามารถเกิดไฮดรอกซีเลชัน (hydroxylation) เพื่อรักษาการเจริญ และเกิดการสังเคราะห์กรดไขมันไม่อิ่มตัว

5. ปริมาณเถ้าในกากมันสำปะหลังหมักยีสต์

เถ้าคือส่วนของสารอนินทรีย์ที่เหลือจากการเผาที่อุณหภูมิสูง เถ้าที่ได้เป็นส่วนประกอบของแร่ธาตุที่เปลี่ยนไป เนื่องจากแร่ธาตุบางอย่างอาจจะหายไประหว่างเวลาการเผา แร่ธาตุภายในเถ้าประกอบไปด้วย โปตัสเซียม โซเดียม แคลเซียม แมกนีเซียม และแร่ธาตุอื่นๆ ค่าของเถ้าที่พบสามารถบอกถึงคุณภาพของอาหารสัตว์ได้ จากกระบวนการหมัก พบว่ามีปริมาณเถ้า ลดลงจากร้อยละ 5.38 เหลือ ร้อยละ 3.79 ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) แต่ก็ไม่มีผลต่อคุณภาพกากมันสำปะหลังหมักยีสต์ แต่ถ้าพบว่าค่าของเถ้าสูงกว่าปกติ หมายถึงอาจมีการปลอมปนสารอื่นเข้ามาในอาหารสัตว์นั้น เช่น ดินทราย เป็นต้น

6. ปริมาณแคลเซียมและฟอสฟอรัสในกากมันสำปะหลังหมักยีสต์

จากการทดลองพบว่า ปริมาณแคลเซียมและฟอสฟอรัสในกากมันสำปะหลังหมักยีสต์มีปริมาณเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อย เนื่องจากไม่มีการเสริมแหล่งแคลเซียมและฟอสฟอรัสลงในกระบวนการหมักให้กับยีสต์ จึงทำให้ปริมาณแคลเซียมและฟอสฟอรัสเพิ่มขึ้นเพียงร้อยละ 0.06 และ 0.01 ตามลำดับ

7. พลังงานในกากมันสำปะหลังหมักยีสต์

พลังงานในกากมันสำปะหลังหมักยีสต์ มีปริมาณลดลงเรื่อยๆ ตามระยะเวลาการหมักที่เพิ่มขึ้น จาก 3,726.75 kcal/kg เหลือ 3,582.71 kcal/kg แต่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$)

โดยผลการวิจัยในครั้งนี้พบว่า การหมักกากมันสำปะหลังด้วยยีสต์ *S. cerevisiae* ในระยะเวลา 30 วันมีค่าโปรตีนอยู่ที่ร้อยละ 19.23 ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ[1]ที่ทำการศึกษการเพิ่มระดับโปรตีนของกากมะพร้าว และมันสำปะหลังโดยกระบวนการหมักยีสต์ และยูเรีย โดยใช้ยีสต์ *S. cerevisiae* พบว่าระดับโปรตีนจากการหมักในวันที่ 30 วันมีค่าสูงสุดคือร้อยละ 24.12 และผลการทดลองของ [3] ปรับปรุงหมักเศษกล้วยเตี้ยด้วยยีสต์ *S. cerevisiae* พบว่า มีองค์ประกอบของโปรตีนเพิ่มขึ้น 25% ตามระยะเวลาการหมัก ในขณะที่การทำอาหารสัตว์ โดยใช้มันสำปะหลัง หมักรวมกับยีสต์ *S. cerevisiae* พบว่า มีองค์ประกอบโปรตีน เพิ่มขึ้น 47.5%[5] ที่เป็นเช่นนี้เนื่องมาจากการเสริมแหล่งไนโตรเจนและคาร์โบไฮเดรตลงในกระบวนการหมักเพื่อเป็นแหล่งของโภชนะของยีสต์ ทำให้ยีสต์เจริญเติบโตและเพิ่มจำนวนในระหว่างการหมัก โดยในเซลล์ยีสต์จะประกอบด้วยโปรตีนร้อยละ 40-44 พลังงาน 1,465.57 กิโลแคลอรีต่อกิโลกรัม คาร์โบไฮเดรตร้อยละ 34 และมีไขมันร้อยละ 4 โดยน้ำหนักแห้ง [6], [10]

จากการศึกษาในครั้งนี้สามารถเป็นอีกทางเลือกหนึ่งในการใช้วัสดุเหลือทิ้งจากอุตสาหกรรมแป้งมันสำปะหลังรูปของกากมันสำปะหลัง ซึ่งมีต้นทุนต่ำ มาหมักกับยีสต์เพื่อเพิ่มโปรตีน ซึ่งเกษตรกรสามารถผลิตใช้เองได้ อีกทั้งยังช่วยแก้ปัญหาวิกฤตอาหารสัตว์ที่มีราคาแพง หรือภาวะขาดแคลนในช่วงฤดูร้อน และเพิ่มประสิทธิภาพการผลิต แต่อย่างไรก็ตามการใช้กากมันสำปะหลังหมักยีสต์ ต้องศึกษาระดับความเหมาะสมสภาพแวดล้อม อุณหภูมิ แต่ละพื้นที่ที่แตกต่างกัน รวมถึงชนิดของสัตว์ ควรทดลองเปรียบเทียบสมรรถนะการเจริญเติบโตของสัตว์ต่อไป

จากการศึกษาในครั้งนี้พบว่า กระบวนการหมักกากมันสำปะหลังด้วยยีสต์ *Saccharomyces cerevisiae* เมื่อหมักเป็นระยะเวลา 30 วัน สามารถปรับปรุงคุณค่าทางโภชนะของกากมันสำปะหลังได้ดังนี้ ปริมาณโปรตีน สามารถเพิ่มระดับโปรตีนได้สูงสุด โดยค่าโปรตีนในกากมันสำปะหลังหมักยีสต์เพิ่มขึ้นจากร้อยละ 2.33 เป็น 19.23 ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) และในส่วนของปริมาณเยื่อใย กากมันสำปะหลังที่ผ่านการหมักด้วยยีสต์เป็นระยะเวลา 30 วัน พบว่าปริมาณเยื่อใยลดลงจากร้อยละ 16.12 เหลือเพียงร้อยละ 10.7 ซึ่งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากทุนสนับสนุนการวิจัยจาก สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรดิตถ์ และขอขอบพระคุณคุณนันทพันธ์ ธนดลธนาเกียรติ บริษัท อุตสาหกรรมแป้งมันกาญจนชัย จำกัด อำเภอตรอน จังหวัดอุดรดิตถ์ ที่ให้ความอนุเคราะห์ตัวอย่างกากมันสำปะหลังที่นำมาศึกษาในครั้งนี้ ตลอดจนอาจารย์ เจ้าหน้าที่ และนักศึกษาหลักสูตรสาขาวิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรดิตถ์ และห้องปฏิบัติการอาหารสัตว์ ภาควิชาสัตวศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา วิทยาเขตพิษณุโลก ในเรื่องการให้คำปรึกษา และอนุเคราะห์สารเคมีต่างๆ รวมถึงห้องปฏิบัติการ

เอกสารอ้างอิง

- [1] นฤมล สมคุณา จรัส สว่างทัพ เอกสิทธิ์ สมคุณา นิตยา พุ่มอำภา นิพรรษา อินทร์แสง และยุภาพร นนเสนา. 2556. การเพิ่มระดับโปรตีนของกากมะพร้าวและมันสำปะหลัง โดยกระบวนการหมักยีสต์ และยูเรีย. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร. 44(1 พิเศษ): 267-270.
- [2] มนัสนันท์ นพรัตน์ไมตรี พรพรรณ แสนภูมิ วราภรณ์ กิจพิพิธ และกฤติยา เลิศขุนหะเกียรติ. 2556. การศึกษาการผลิตโปรตีนเซลล์เดียวจากเปลือกสับปะรดโดยใช้ยีสต์ และบาซิลลัสซับติลิส เพื่อพัฒนาเป็นอาหารสัตว์. วารสารแก่นเกษตร 41 ฉบับพิเศษ 1: 80-86.
- [3] ยิ่งลักษณ์ มูลสาร และปรีชา มูลสาร. 2555. การย่อยได้ของเศษก๋วยเตี๋ยวหมักยีสต์ทดแทนปลายข้าวในสูตรอาหารสุกรหลังหย่านม. วารสารสัตวแพทยศาสตร์ มข. 22(1): 62-70.
- [4] ศูนย์สารสนเทศการเกษตร. 2555. วารสารการพยากรณ์ผลผลิตการเกษตร ปีเพาะปลูก 2555/56. ศูนย์สารสนเทศการเกษตร สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- [5] สนิทนาฏ พลโยธาธนาธร วรรณพัฒน์ และสฤติ วรรณพัฒน์. 2555. การเพิ่มระดับของโปรตีนของมันสำปะหลังโดยใช้ยีสต์ในกระบวนการหมัก. แก่นเกษตร. 40 (ฉบับพิเศษ 2): 178-182.
- [6] สุชาดา สังวรพงษ์พนา. 2556. การใช้ประโยชน์จากผลพลอยได้ของกระบวนการผลิตเอทานอล. สำนักจัดการคุณภาพน้ำกรมควบคุมมลพิษ.
- [7] อัจฉริยา ปราบอริพ่าย. 2547. เทคนิคการวิเคราะห์สถิติโดยใช้โปรแกรม SPSS ทฤษฎีและภาคปฏิบัติ. พิมพ์ครั้งที่ 1. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- [8] AOAC. 2000. Official Methods of analysis. Association of Official Analytical Chemists. 17th edn. AOAC International, Maryland.
- [9] D' Amore, T., Russel, I. and Stewart, G.G. 1989. Sugar utilization by yeast during fermentation. Journal of Industrial Microbiology. 4: 315-324.
- [10] Mushtaq, T., M. Sarwar, G. Ahmad, M.A. Mirza, T. Ahmad, Moonsan, Y. and Moonsan, P. 2012. Digestibility of Yeast Treated Noodle Fragments to Replace Broken Rice in

Weaning Pig Diet. Khon Kaen University Veterinary Journal. 22: 62-70.

- [11] Oboh, G. and A.A. Akindahunsi. 2003. Biochemical changes in cassava products (flour & gari) subjected to *Saccharomyces cerevisiae* solid media fermentation. Food Chem. 82: 599-606.



SCIENCE AND TECHNOLOGY
UTTARADIT RAJABHAT UNIVERSITY



SCIENCE AND TECHNOLOGY

UTTARADIT RAJABHAT UNIVERSITY