รหัสโครงการ SUT3-303-50-12-94

รายงานการวิจัย

การใช้กากมันสำปะหลังเป็นวัตถุดิบอาหารสัตว์สำหรับไก่เนื้อ

(Utilization of Cassava Pulp as Feedstuff for Broilers)

ผู้วิจัย

หัวหน้าโครงการ

ดร. สุทิศา เข็มผะกา

สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์

สำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ปีงบประมาณ พ.ศ. 2550

ผลงานวิจัยเป็นความรับผิดชอบของหัวหน้าโครงการวิจัยแต่เพียงผู้เดียว

พฤษภาคม 2553

กิตติกรรมประกาศ

การวิจัยครั้งนี้ได้รับการสนับสนุนทุนอุดหนุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ปีงบประมาณ 2550 ขอขอบคุณโรงงานแป้งมันสำปะหลังโคราช ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์กากมันสำปะหลังเพื่อใช้ในงานทดลอง ขอขอบคุณ คุณเฉลิมชัย หอมตา เจ้าหน้าที่ฟาร์มมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารีที่ได้อำนวยความสะดวกในระหว่างการทำทดลอง และสุดท้ายนี้ขอขอบคุณ คุณฤทัยรัตน์ โต้งกระโทก ที่ได้ทำหน้าที่ผู้ช่วยวิจัยและจัดทำรายงานฉบับนี้ด้วย

สุทิศา เข็มผะกา

บทคัดย่อ

กากมันสำปะหลังเป็นผลพลอยได้จากโรงงานผลิตแป้งมันสำปะหลัง ซึ่งยังมีแป้งเป็นองค์ประกอบหลงเหลืออยู่ ดังนั้นจึงน่าจะมีประโยชน์ในการศึกษาเพื่อนำกากมันสำปะหลังมาใช้เป็นแหล่งพลังงานสำหรับสัตว์ปีก แต่เนื่องจากกากมันสำปะหลังมีองค์ประกอบของโปรตีนต่ำและเยื่อใยสูง จึงเป็นตัวจำกัดการใช้ได้สำหรับสัตว์ การหมักกากมันปะหลังด้วยเชื้อจุลินทรีย์เพื่อเพิ่มคุณค่าทางโภชนะก่อนนำไปใช้ในอาหารสัตว์จึงน่าจะสามารถเพิ่มคุณค่าของเศษเหลือดังกล่าวได้มากขึ้น การศึกษาครั้งนี้ประกอบด้วย 3 การทดลอง ในการทดลองที่ 1 และ 2 ศึกษาศักยภาพของการใช้กากมันสำปะหลังสำหรับไก่เนื้อ และการทดลองที่ 3 ศึกษาหาสภาวะที่เหมาะสมโดยการหมักด้วยเชื้อจุลินทรีย์เพื่อเพิ่มการผลิตโปรตีนของกากมันสำปะหลัง การทดลองที่ 1 ใช้ไก่เนื้อคละเพศอายุ 7 วัน (จำนวน 240 ตัว) สุ่มแบ่งเพื่อรับอาหารทดลอง 5 กลุ่ม (กากมันสำปะหลัง 0, 4, 8, 12 และ 16%) เป็นเวลา 42 วัน ทำการวัดสมรรถนะการเจริญเติบโต ลักษณะซาก และอวัยวะทางเดินอาหาร การทดลองที่ 2 ใช้ไก่เนื้อ 50 ตัว สุ่มขึ้นกรงที่อายุ 15 วัน และได้รับอาหาร 1 ใน 5 กลุ่มการทดลอง เป็นเวลา 10 วัน เพื่อวัดการย่อยได้ของโภชนะ ในการทดลองที่ 3 ใช้เชื้อ *Aspergillus oryzae* และ *Candida utilis* หมักกากมันสำปะหลังเป็นเวลา 7 วัน โดยใช้แหล่งไนโตรเจนจากยูเรียที่มีความเข้มข้นต่างกัน (0, 0.25, 0.5, 0.75, 1.0 และ 1.25%) ทำการวัดปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ โปรตีน อะมิโนไนโตรเจน และความชื้นทุกวัน ผลการทดลองพบว่า สมรรถนะการเจริญเติบโต และการย่อยได้ของโภชนะลดลงตามระดับกากมันสำปะหลังที่เพิ่มขึ้น แต่ไม่พบความแตกต่างทางสถิติเมื่อใช้กากมันสำปะหลังที่ระดับ 8% หรือต่ำกว่า ไก่เนื้อที่ได้รับกากมันสำปะหลังมีน้ำหนักกึ๋นเพิ่มขึ้นและไขมันในช่องท้องลดลงแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในการทดลองที่ 3 ผลการทดลองพบว่า โปรตีนและอะมิโนไนโตรเจนของกากมันสำปะหลังหมักเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับกากมันสำปะหลังที่ไม่ได้หมัก โดยการเสริมยูเรียที่ระดับ 0.75 และ 1.25% ร่วมกับการหมักด้วยเชื้อ *A. oryzae* และ *C. utilis* ให้ค่าอะมิโนไนโตรเจนและโปรตีนสูงสุดตามลำดับ การหมักกากมันสำปะหลังด้วยเชื้อ *A. oryzae* สามารถเพิ่มโปรตีนและอะมิโนไนโตรเจนได้สูงกว่าการหมักด้วยเชื้อ *C. utilis* โดยสรุปกากมันสำปะหลังสามารถใช้เป็นแหล่งพลังงานในอาหารไก่เนื้อได้จนถึงระดับ 8% การใช้กากมันสำปะหลังหมักด้วยเชื้อ *A. oryzae* และ *C. utilis* น่าจะสามารถเป็นแหล่งโปรตีนที่ดีสำหรับสัตว์ได้

ABSTRACT

Cassava pulp, a by-product of cassava starch factory processing, still contains a large quantity of starch. Therefore, it is certainly worthwhile to investigate its use as an energy source for poultry feed. Since the waste contains low protein and high fiber contents this lead to be limited use for animals. It would be more valuable if the waste product is fermented with microorganisms to improve nutrients before inclusion in animal diets. This study composted of 3 experiments, in experiment I and II were conducted to examine the potential use of cassava pulp for broilers and experiment III was conducted to investigate the optimum conditions for a high protein production via microbial fermentation. Experiment 1, seven-day-old mixed sex chicks (n=240) were randomly distributed to receive five dietary treatment groups (0, 4, 8, 12 and 16% DCP) through 42 d of age. Growth, carcass trait and digestive organ were measured. Experiment 2, 50 chicks were randomly allotted to individual cages at 15 d and fed one of 5 diets for 10 days to measure digestibility. In Experiment 3, *Aspergillus orzyzae* and *Candida utilis* were used to ferment with cassava pulp by varying the concentration of nitrogen (N) source from urea (0, 0.25, 0.5, 0.75, 1 and 1.25%) for 7 days. Reducing sugar, crude protein, amino N and moisture were measured daily. Results showed that growth performance and nutrient digestibilities decreased with increasing levels of DCP. In most cases, these parameters did not change significantly when DCP was at or below 8%. A significant increase in gizzard weight and reduction in abdominal fat were also found in broilers fed DCP. In Experiment 3, results showed that crude protein and amino N of fermented cassava pulp increased significantly ($P<0.05$) when compared to unfermented. Addition of 0.75 and 1.25% urea exhibited the highest protein and amino acid N formation through *A. oryzae* and *C. utilis* fermentation, respectively. Fermented cassava pulp with *A. oryzae* enhanced the higher protein and amino N contents than *C. utilis* ($P<0.05$). In conclusion, it is suggested that DCP can be used as energy source with inclusion levels up to 8% in broiler diets. The use of cassava pulp fermented with *A. oryzae* and *C. utilis* could be a good protein source for animals.

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ก
บทคัดย่อภาษาไทย	ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	จ
สารบัญภาพ	ฉ
บทที่ 1 บทนำ	
ความสำคัญและที่มาของปัญหาการวิจัย	1
วัตถุประสงค์ของการวิจัย	2
ขอบเขตของการวิจัย	2
ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย	2
บทที่ 2 ทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง	3
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย	7
บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล	
ผลการศึกษา	14
ผลการวิจารณ์	26
บทที่ 5 บทสรุป	
สรุปผลการวิจัย	29
ข้อเสนอแนะ	29
บรรณานุกรม	30
ภาคผนวก	33
ประวัติผู้วิจัย	41

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

1. ส่วนประกอบทางโภชนะของกากมันสำปะหลัง 3
2. การเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบทางเคมีของมันสำปะหลังหมัก..... 6
3. องค์ประกอบทางเคมีของกากมันสำปะหลังหมัก..... 9
4. ส่วนประกอบของสูตรอาหารทดลอง 10
5. ผลของกากมันสำปะหลังต่อสมรรถนะการเจริญเติบโตของไก่เนื้อ..... 15
6. ผลของกากมันสำปะหลังต่อลักษณะซากของไก่เนื้อ..... 16
7. ผลของกากมันสำปะหลังต่อลักษณะอวัยวะภายในของไก่เนื้อ..... 17
8. ผลของกากมันสำปะหลังต่อการย่อยได้และการใช้ประโยชน์ได้ของโภชนะ..... 18
9. แสดงการเปลี่ยนแปลงของน้ำตาลรีดิวซ์ (มิลลิกรัม/กรัม) ในการหมักกากมันสำปะหลัง ด้วยเชื้อ *A. oryzae* และ *C. utilis* เมื่อใช้ยูเรียระดับ 0-1.25% และหมักเป็นเวลา 7 วัน..... 20
10. แสดงการเปลี่ยนแปลงของปริมาณโปรตีน (%) ในการหมักกากมันสำปะหลัง ด้วยเชื้อ *A. oryzae* และ *C. utilis* เมื่อใช้ยูเรียระดับ 0-1.25% และหมักเป็นเวลา 7 วัน 22
11. แสดงการเปลี่ยนแปลงของปริมาณอะมิโนไนโตรเจน (%) ในการหมักกากมันสำปะหลัง ด้วยเชื้อ *A. oryzae* และ *C. utilis* เมื่อใช้ยูเรียระดับ 0-1.25% และหมักเป็นเวลา 7 วัน..... 24

สารบัญภาพ

ภาพที่ หน้า

1. แสดงการเปลี่ยนแปลงของน้ำตาลรีดิวซ์ (มิลลิกรัม/กรัม) ในการหมักกากมันสำปะหลังด้วยเชื้อ *A. oryzae* (A) และ *C. utilis* (B) เมื่อใช้ยูเรียระดับ 0-1.25% และหมักเป็นเวลา 7 วัน..... 21
2. แสดงการเปลี่ยนแปลงของปริมาณโปรตีน (%) ในการหมักกากมันสำปะหลังด้วยเชื้อ *A. oryzae* (A) และ *C. utilis* (B) เมื่อใช้ยูเรียระดับ 0-1.25% และหมักเป็นเวลา 7 วัน..... 23
3. แสดงการเปลี่ยนแปลงของปริมาณอะมิโนไนโตรเจน (%) ในการหมักกากมันสำปะหลังด้วยเชื้อ *A. oryzae* (A) และ *C. utilis* (B) เมื่อใช้ยูเรียระดับ 0-1.25% และหมักเป็นเวลา 7 วัน... 25

บทที่ 1

บทนำ

ความสำคัญและที่มาของปัญหาการวิจัย

การประกอบสูตรอาหารสำหรับไก่เนื้อ โดยทั่วไปใช้ข้าวโพดเป็นแหล่งพลังงานหลัก แต่อย่างไรก็ตามในช่วงทศวรรษที่ผ่านมา อุตสาหกรรมการผลิตสัตว์ของประเทศไทยมีการขยายตัวในอัตราที่สูง ส่งผลให้ความต้องการใช้ข้าวโพดเพื่อผลิตอาหารสัตว์มีปริมาณเพิ่มมากขึ้นตามไปด้วย ทำให้ต้องมีการนำเข้าข้าวโพดจากต่างประเทศเพิ่มมากขึ้นทุก ๆ ปี การศึกษาเพื่อวิจัยหาแหล่งพลังงานจากวัตถุดิบอาหารสัตว์ชนิดอื่น ๆ ที่มีราคาถูก และสามารถหาได้ง่ายในท้องถิ่นเพื่อทดแทนการใช้ข้าวโพดเป็นสิ่งจำเป็นที่นักโภชนศาสตร์สัตว์ควรตระหนักถึง

มันสำปะหลังเป็นพืชเศรษฐกิจที่มีความสำคัญชนิดหนึ่งของประเทศไทย แต่ละปีประเทศไทยสามารถผลิตหัวมันสำปะหลังสด (หรือหัวมันสด) ได้ประมาณปีละ 18-22 ล้านตัน โดยหัวมันสดประมาณ 10 ล้านตันถูกนำไปใช้ในการผลิตแป้งมันสำปะหลัง ซึ่งในกระบวนการผลิตดังกล่าวจะมีเศษเหลือเป็นกากมันสำปะหลัง (cassava pulp) จำนวนไม่น้อยกว่า 1 ล้านตันในแต่ละปี (Sriroth, 1994) กากมันที่ได้ส่วนใหญ่จะถูกนำไปตาก/ผึ่งแดด หรืออบให้แห้ง แล้วนำไปเป็นส่วนผสมของอาหารโค สุกร และปลา เนื่องจากกากมันแห้งดังกล่าวดังกล่าวยังมีโภชนะหลงเหลืออยู่ (แป้ง 69.89% เถ้า 1.7% ฟอสฟอรัส 1.55% เยื่อใย 27.75% และไขมัน 0.12%) (Sriroth, 2000) กากมันมีคุณค่าทางเศรษฐกิจต่ำ จากการสอบถามราคาหน้าโรงงานพบว่ากากมันเปียกมีราคาเพียงกิโลกรัมละ 30 สตางค์ และกากมันแห้งมีราคา 4.50 บาท การนำกากมันสำปะหลังมาใช้ในอาหารไก่เนื้อยังไม่มีผู้ใดศึกษา ซึ่งเป็นสิ่งที่น่าสนใจหากมีการศึกษาเพื่อนำกากมันสำปะหลังมาใช้ในสูตรอาหารไก่เนื้อ ทั้งนี้เพื่อเพิ่มแนวทางการใช้เศษเหลือให้เกิดประโยชน์ และหาวิธีการลดต้นทุนค่าอาหาร

อย่างไรก็ตามเนื่องจากกากมันสำปะหลังมีจุดด้อยคือ มีโปรตีนต่ำและมีเยื่อใยเป็นองค์ประกอบอยู่สูง การใช้กากมันสำปะหลังในสูตรอาหารสัตว์กระเพาะเดี่ยว เช่น สัตว์ปีกและสุกร จึงอาจใช้ได้ในระดับที่ต่ำ ดังนั้นหากมีการปรับปรุงคุณค่าทางโภชนะของกากมันสำปะหลังโดยวิธีการหมักด้วยเชื้อจุลินทรีย์เพื่อเพิ่มปริมาณโปรตีนให้สูงขึ้น น่าจะสามารถเพิ่มระดับการใช้กากมันสำปะหลังในสูตรอาหารสัตว์กระเพาะเดี่ยวได้สูงขึ้น จากการรวบรวมเอกสารพบว่าได้มีนักวิจัยจากหลาย ๆ กลุ่มพยายามที่จะปรับปรุงและดัดแปลงกรรมวิธี เพื่อเพิ่มโปรตีนในมันสำปะหลัง (cassava) ให้สูงขึ้น โดย Reade และ Gregory (1975) รายงานว่า *Asperigillus fumigatus* ซึ่งเป็นเชื้อราที่ผลิตเอ็นไซม์อะไมเลสเป็นหลักสามารถใช้แป้งที่มีอยู่ในมันสำปะหลังผลิตเป็นโปรตีนได้ นอกจากนี้อุษณีย์กรณ์ และคณะ (2550) ได้ทำการศึกษาโดยใช้ *Aspergillus niger* หมักมันสำปะหลัง และนำ

มันสำปะหลังหมักที่ได้ไปใช้เป็นส่วนประกอบในสูตรอาหารสำหรับเป็ดเนื้อ พบว่าเป็ดเนื้อที่ได้รับอาหารที่มีมันสำปะหลังหมักเป็นส่วนประกอบ 10% ในสูตรอาหาร มีอัตราการเจริญเติบโต และอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อดีกว่ากลุ่มทดลองอื่นๆ อย่างไรก็ตามรายงานการวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการหมักมันสำปะหลังด้วยเชื้อจุลินทรีย์ยังมีไม่มากนัก

ดังนั้นงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาผลของการเสริมกากมันสำปะหลังในสูตรอาหารไก่เนื้อต่อสมรรถนะการเจริญเติบโตและคุณภาพซาก และการศึกษาหาวิธีการเพื่อเพิ่มคุณค่าทางโภชนะของกากมันสำปะหลังให้สูงขึ้นโดยวิธีการหมักด้วยเชื้อ *Aspergillus oryzae* และ *Candida utilis* เพื่อที่จะสามารถเพิ่มระดับการใช้ประโยชน์ของกากมันสำปะหลังในสูตรอาหารไก่เนื้อหรือสัตว์ชนิดอื่นๆ ได้สูงขึ้นต่อไป

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อหาระดับที่เหมาะสมของการใช้กากมันสำปะหลังในอาหารไก่เนื้อ โดยศึกษาผลต่อสมรรถนะการเจริญเติบโต และคุณภาพซาก
2. เพื่อหาวิธีการเพิ่มคุณค่าทางโภชนะของกากมันสำปะหลังให้สูงขึ้นโดยวิธีการหมักด้วยเชื้อ *A. oryzae* และ *C. utilis*

ขอบเขตของการวิจัย

การวิจัยนี้ มุ่งเน้นที่จะนำกากมันปะหลังใช้เป็นวัตถุดิบในสูตรอาหารสำหรับไก่เนื้อ โดยศึกษาหาผลของการเสริมกากมันสำปะหลังที่ระดับต่างๆ ต่อสมรรถนะการเจริญเติบโต และคุณภาพซาก นอกจากนี้ยังหาวิธีการเพื่อเพิ่มคุณค่าทางโภชนะของกากมันสำปะหลัง โดยเฉพาะในส่วนของโปรตีนเพื่อที่จะสามารถเพิ่มระดับการใช้ประโยชน์ในสูตรอาหารสัตว์ได้สูงขึ้น

ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย

1. ทราบระดับที่เหมาะสมในการใช้กากมันสำปะหลังเป็นแหล่งวัตถุดิบอาหารสำหรับไก่เนื้อ
2. ทราบผลของการเพิ่มคุณค่าทางโภชนะของกากมันสำปะหลังจากวิธีการหมัก โดยใช้เชื้อจุลินทรีย์ *A. oryzae* และ *C. utilis*
3. ได้วัตถุดิบแหล่งพลังงานชนิดใหม่สำหรับไก่เนื้อเพิ่มขึ้นอีกหนึ่งชนิด

บทที่ 2

ทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

การเลี้ยงไก่เนื้อให้ได้กำไรต้องอาศัยปัจจัยหลาย ๆ อย่างร่วมกัน ไม่ว่าจะเป็นการจัดการด้านอาหาร การจัดการเลี้ยงดู การจัดการสภาพแวดล้อม และการควบคุมป้องกันโรค เพื่อให้ได้ไก่ที่มีการเจริญเติบโตเร็ว อัตราการแลกเนื้อดี การเลี้ยงรอดสูง สามารถต้านทานโรคได้ดี และมีคุณภาพซากที่ดีเมื่อชำแหละ อาหารเป็นปัจจัยสำคัญในการเลี้ยงไก่ ซึ่งแหล่งอาหารพลังงานส่วนใหญ่ใช้ข้าวโพดเป็นแหล่งวัตถุดิบหลัก แต่เนื่องจากมีปริมาณที่ไม่เพียงพอต่อความต้องการทำให้ต้องมีการนำเข้าจากต่างประเทศ ยิ่งในปัจจุบันกระแสการนำข้าวโพดไปใช้เพื่อการผลิตเอทธานอลมีมากขึ้น ซึ่งส่งผลกระทบต่อการขาดแคลนข้าวโพดสำหรับใช้เลี้ยงสัตว์ การศึกษาหาแหล่งวัตถุดิบชนิดอื่นมาทดแทนข้าวโพดเป็นประเด็นที่นักวิจัยควรให้ความสำคัญ

มันสำปะหลังเป็นพืชเศรษฐกิจที่ผลิตแต่ละปีเป็นจำนวนมาก โดยสามารถผลิตได้ 18-22 ล้านตันต่อปี ซึ่งประมาณครึ่งหนึ่งของผลผลิตทั้งหมด (ประมาณ 10 ล้านตัน) ถูกนำไปใช้ในกระบวนการผลิตแป้งมันสำปะหลัง จากกระบวนการผลิตดังกล่าวมีกากมันสำปะหลัง (cassava pulp) ซึ่งเป็นเศษเหลือถึงไม่น้อยกว่าปีละ 1 ล้านตัน (Sriroth, 1994) ส่วนใหญ่กากมันสำปะหลังที่ได้จะนำไปตากแห้งและใช้เป็นอาหารสัตว์ เพราะว่ายังมีแป้งหลงเหลือในระดับที่สูง องค์ประกอบทางเคมีของกากมันสำปะหลังได้แสดงในตารางที่ 1 ถึงแม้ว่าในช่วงที่ผ่านมามีนักวิจัยหลายๆ กลุ่มด้วยกันได้ทำการศึกษาถึงการใช้มันสำปะหลังเสริมในสูตรอาหารไก่เนื้อและไก่ไข่ พบว่าสามารถใช้ทดแทนวัตถุดิบอาหารสัตว์พลังงานชนิดอื่นๆ เช่น ข้าวโพดได้ประมาณ 10-25% ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับปัจจัยอื่นประกอบด้วย เช่น ปริมาณไซยาไนด์ การขาดแคลนวัตถุดิบอาหารสัตว์แหล่งพลังงานและโปรตีนที่เคยใช้อยู่ รวมถึงราคาของกรดอะมิโนสังเคราะห์ และสารสีเป็นต้น (Garcia, 1999; Eruvbetine และคณะ 2003) อย่างไรก็ตามการนำกากมันสำปะหลังมาใช้ในอาหารไก่เนื้อยังไม่มีผู้ใดศึกษา ซึ่งเป็นสิ่งที่น่าสนใจหากมีการศึกษาและวิจัยเพื่อนำกากมันปะหลังมาใช้ในสูตรอาหารไก่เนื้อ ทั้งนี้เพื่อเพิ่มแนวทางการใช้เศษเหลือให้เกิดประโยชน์ และหาวิธีการลดต้นทุนค่าอาหาร

ตารางที่ 1 ส่วนประกอบทางโภชนะของกากมันสำปะหลัง

Composition	% (wet basis)	% (dry basis)
Starch	17.80	68.89
Moisture	72.00	-
Ash	0.44	1.70
Protein	0.40	1.55
Fiber	7.17	27.75
Fat	0.03	0.12
pH	4.99	4.99

From: Sriroth et al. (2000)

เนื่องจากกากมันสำปะหลังมีจุดด้อย คือ มีโปรตีนเป็นองค์ประกอบที่ต่ำ การปรับปรุงกากมันสำปะหลังโดยวิธีการหมัก (fermentation) เพื่อเพิ่มปริมาณโปรตีนให้สูงขึ้น น่าจะเป็นแนวทางในการเพิ่มการใช้ประโยชน์จากกากมันสำปะหลังได้สูงขึ้น เชื้อจุลินทรีย์ที่นิยมนำมาใช้ในกระบวนการหมัก คือ ยีสต์และรา โดยยีสต์ที่นิยมนำมาใช้ในกระบวนการหมักมีหลายชนิด เช่น *Saccharomyces cerevisiae, Schwanniomyces* sp., *Saccharomycopis fibuligera*, *Saccharomyces diastaticus*, *Candida utilis* และ *Candida tropicalis* (อนันตภัทร และวิชัย, 2548; นันทกร และคณะ, 2543) ยีสต์สามารถผลิตเอนไซม์ออกมาย่อยแป้งให้เป็นน้ำตาลโมเลกุลต่ำและใช้เป็นแหล่งคาร์บอนสำหรับการเจริญของเชื้อ มีบทบาทสำคัญในการผลิตเอนไซม์ กรดอินทรีย์ และผลิตเป็นอาหารโปรตีนโดยตรง สำหรับเชื้อราที่นิยมนำมาใช้ในกระบวนการหมักมีหลายชนิด เช่น เชื้อราในกลุ่ม *Rhizopus* มีบทบาทสำคัญในการผลิตเอนไซม์ไลเปส มีลักษณะเป็นเซลล์เดียว มีสีเทาอมน้ำตาล ผนังเรียบหรือขรุขระเล็กน้อย สปอร์มีรูปร่างกลม อุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตคือ 30-35°C เชื้อราในกลุ่ม *Aspergillus* เป็นเชื้อราที่มีบทบาทในการผลิตเอนไซม์อะไมเลส มีลักษณะเป็นเซลล์เดียว ผิวเรียบ มีการเจริญเติบโตเร็ว มีสีขาว สีเหลือง หรือสีเขียว แต่อย่างไรก็ตามเชื้อราในกลุ่ม *Aspergillus* บางชนิดเป็นเชื้อราที่ก่อให้เกิดสารพิษ เช่น *Aspergillus flavus* และเชื้อรา *Aspergillus paraciticus* เป็นเชื้อราที่สร้างสารพิษอะฟลาทอกซิน ส่วนเชื้อรา *Aspergillus oryzae* เป็นเชื้อราที่ใช้หมักทำหัวเชื้อในการผลิตซีอิ้ว เต้าเจี้ยว และเป็นอาหารหมักพื้นบ้านของชาวเอเชียตะวันออก (สุมณฑา, 2545)

กระบวนการหมักโดยจุลินทรีย์ต้องมีอาหารเลี้ยงเชื้อที่เหมาะสมเพื่อให้เชื้อจุลินทรีย์สามารถเจริญเติบโตได้อย่างดี ปัจจัยที่ควรคำนึงถึงประกอบด้วย สารตั้งต้น ความชื้น ความเป็นกรด-ด่าง แหล่งไนโตรเจน และแร่ธาตุ จากการรวบรวมเอกสารพบว่า การหมักกากมันสำปะหลังด้วยเชื้อยีสต์และรายังมีไม่มากนัก โดยส่วนมากเป็นการหมักมันสำปะหลัง ดังนั้นการรวบรวมเอกสารงานวิจัยจึงเป็นการนำเสนอข้อมูลของการหมักสำปะหลังเป็นหลัก กระบวนการหมักโดยทั่วไปนิยมใช้

คาร์โบไฮเดรตเป็นสารตั้งต้นที่มีความสำคัญต่อการสร้างพลังงานและจำนวนเซลล์ ดังนั้นการเตรียมสารตั้งต้นให้เหมาะสมมีความสำคัญต่อกระบวนการหมักเพื่อให้เชื้อสามารถเจริญเติบโตได้อย่างมีประสิทธิภาพ จากการค้นคว้าเอกสารพบว่า การนำมันสำปะหลังในรูปแบบที่แตกต่างกัน 4 ชนิด คือ มันเส้น มันสด มันเส้นนึ่ง และมันสดนึ่งมาทำการหมัก พบว่าการนึ่งวัตถุดิบก่อนการหมักมีอิทธิพลอย่างมากต่อความสามารถของเชื้อในการผลิตเอนไซม์ออกมาย่อยสารตั้งต้น ซึ่งขั้นตอนการนึ่งช่วยลดการปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์ตั้งต้นที่มีในมันสำปะหลัง จึงสามารถลดภาวะแข่งขันจากเชื้ออื่นๆ ในระยะเริ่มต้นการหมักได้ และการนึ่งทำให้โมเลกุลของแป้งมีขนาดสั้นลง ช่วยในการทำงานของเอนไซด์อะไมเลสให้สามารถทำงานได้รวดเร็วขึ้น (นันทกร และคณะ, 2543) ความชื้นเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่มีความสำคัญต่อกระบวนการหมัก อุษณีย์ภรณ์ และคณะ (2550) รายงานว่าความชื้นที่เหมาะสมสำหรับการหมักมันสำปะหลังด้วยเชื้อรา *Aspergillus niger* ($1x10^8$ สปอร์ต่อกรัมอาหาร) โดยวิธีการหมักแบบอาหารแข็ง (solid state fermentation) มีค่าประมาณ 60% ซึ่งสามารถช่วยเพิ่มระดับโปรตีนจาก 2.22 เป็น 11.25 % นอกจากนี้การทดลองของ Oboh (2006) พบว่าความชื้นที่เหมาะสมของการหมักเปลือกมันสำปะหลังด้วยเชื้อ *L. delbruckii, L. coryneformis* ร่วมกับ *S. cerevisiae* (ใช้ในอัตราส่วน 2:1:1) ใช้ความชื้นเริ่มต้นของการหมักที่ 90-93% ช่วยให้ระดับโปรตีนเพิ่มขึ้นจาก 8.2 เป็น 21.5%

แหล่งไนโตรเจนเป็นอีกปัจจัยหนึ่ง ที่มีความสำคัญต่อการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ จุลินทรีย์สามารถใช้สารหลายชนิดเป็นแหล่งไนโตรเจนในการสังเคราะห์โปรตีนได้ ดังนั้นการเลือกใช้แหล่งไนโตรเจนขึ้นอยู่กับความสามารถของเชื้อว่าสามารถใช้สารประกอบชนิดไหนได้ดี อีกทั้งการเลือกใช้แหล่งไนโตรเจนมีข้อจำกัดเรื่องต้นทุน จึงควรเลือกใช้แหล่งไนโตรเจนที่มีราคาถูกและเหมาะสมต่อการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ ซึ่งแหล่งไนโตรเจนที่นิยมใช้ในกระบวนการหมักอาจมาจากผลผลิตทางการเกษตร เช่น เปลือกสับปะรด และถั่วลิสง ซึ่งเป็นแหล่งไนโตรเจนที่ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการหมักมันสำปะหลัง อนันตภัทร และคณะ (2543) ได้ทำการเปรียบเทียบแหล่งไนโตรเจนชนิดต่าง ๆ คือ Bacto-peptone แอมโมเนียมซัลเฟต [$(NH_4)_2SO_4$] และแอมโมเนียมไนเตรท (NH_4NO_3) ที่ระดับความเข้มข้น 0.5% (w/v) พบว่าแอมโมเนียมซัลเฟตเป็นแหล่งไนโตรเจนที่มีประสิทธิภาพดีที่สุดในการเป็นแหล่งไนโตรเจนแก่เชื้อยีสต์ *Schawanniomyces occidentalis* เพื่อใช้หมักมันสำปะหลัง และยังช่วยลดต้นทุนของการผลิตได้เมื่อเทียบกับแหล่งไนโตรเจนอื่น นอกจากนี้นันทกร และคณะ (2543) ได้ทำการทดลองโดยใช้ยูเรียเป็นแหล่งอาหารไนโตรเจน (0, 0.25, 0.50, 0.75, 1.00 และ 1.25%) พบว่าการใช้ยูเรียที่ระดับ 1% มีประสิทธิภาพในการหมักสูงสุด สามารถเพิ่มปริมาณโปรตีนในมันสำปะหลังหมักจากจาก 11.37 เป็น 19.45%

จากการรวบรวมเอกสารงานวิจัย พบว่าการหมักกากถั่วเหลืองโดยใช้เชื้อ *Aspergillus oryzae* สามารถเพิ่มโปรตีนจาก 43.54 เป็น 49.41% (Lui และคณะ 2007) นอกจากนี้จากการศึกษาของ

Zamora and Veum (1979) ในการหมักเมล็ดถั่วเหลืองด้วยเชื้อ *Aspergillus oryzae* และ *Rhizopus oligosporus* พบว่าสามารถเพิ่มโปรตีนจาก 18.5% เป็น 21.6 และ 18.7% ตามลำดับ สำหรับการหมักมันสำปะหลังด้วยเชื้อยีสต์และราต่อการเพิ่มปริมาณโปรตีน พบว่าการหมักมันสำปะหลังในทุกการทดลองสามารถเพิ่มโปรตีนได้ โดยการใช้ยีสต์ *Saccharomyces cerevisiae* ในการหมักมันสำปะหลังสามารถเพิ่มโปรตีนได้ตั้งแต่ 4.4 ถึง 10.9% (น้ำหนักแห้ง) การใช้ราในกลุ่ม *Aspergillus niger* สามารถเพิ่มโปรตีนได้ตั้งแต่ 4.4 ถึง 12.2% (น้ำหนักแห้ง) และการใช้รา *Rhizopus oryzae* สามารถเพิ่มโปรตีนได้ ตั้งแต่ 4.7 ถึง 8.8% (น้ำหนักแห้ง) (Oboh and Akindahunsi, 2003; Oboh และคณะ 2002; Oboh and Elusiyan, 2007) เช่นเดียวกับการทดลองของ Oboh (2006) ซึ่งใช้เชื้อ *L. delbruckii, L. coryneformis* ร่วมกับ *S. cerevisiae* หมักมันสำปะหลัง แล้วนำน้ำหมักที่ได้ไปหมักเปลือกมันสำปะหลังอีกครั้ง พบว่าสามารถเพิ่มโปรตีนในเปลือกมันสำปะหลังได้ตั้งแต่ 8.2 ถึง 21.5% (ดังแสดงในตารางที่ 2)

ตารางที่ 2 การเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบทางเคมีของมันสำปะหลังหมัก

Sample	Nutrient (%DM)					References
	Protein	Fat	Crude fiber	Carbohydrate	Ash	
Control	4.4[b]	3.6	3.8	85.7[a]	2.1	Oboh and
S. cerevisiae	10.9[a]	4.5	3.2	77.9[b]	3.5	Akindahunsi (2003)
Control	4.4	2.6	3.8	-	2.1	Oboh และคณะ.
A. niger	12.2	5.7	3.0	-	4.5	(2002)
Control	4.7[c]	1.1[b]	2.7[a]	90.6[a]	0.9[b]	Oboh and Elusiyan
R. oryzae	8.8[b]	4.5[a]	1.6[b]	76.0[b]	2.9[a]	(2007)
S. cerevisiae	9.6[a]	5.0[a]	1.8[b]	74.5[b]	3.0[a]	
Control	8.2[c]	3.1[a]	12.5[a]	64.6[a]	6.4[b]	Oboh (2006)
Naturally[1]	11.1[b]	3.5[a]	6.5[b]	67.3[a]	6.0[b]	
Inoculated[2]	21.5[a]	2.1[b]	11.7[a]	51.1[b]	7.2[a]	

[abc] ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้งมีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น ($P<0.05$)

[1] เป็นการหมักที่ไม่ใส่เชื้อ

[2] เชื้อที่ใช้ในการหมัก คือ *Lactobacillus delbruckii, Lactobacillus coryneformis* และ *Saccharomyces cerevisiae* ในอัตราส่วน 2:1:1

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

การศึกษาครั้งนี้แบ่งการทดลองออกเป็น 3 การทดลอง คือ การทดลองที่ 1 ศึกษาผลของการใช้กากมันสำปะหลังต่อสมรรถนะการเจริญเติบโตและคุณภาพซากของไก่เนื้อ; การทดลองที่ 2 ศึกษาการย่อยได้ของกากมันสำปะหลังในไก่เนื้อ; และการทดลองที่ 3 ศึกษาหาวิธีการเพิ่มคุณค่าทางโภชนะของกากมันสำปะหลังโดยวิธีการหมักด้วยเชื้อจุลินทรีย์

1. การทดลองที่ 1: การศึกษาผลของการใช้กากมันสำปะหลัง ต่อสมรรถนะการเจริญเติบโตและคุณภาพซากของไก่เนื้อ

การทดลองนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาหาระดับที่เหมาะสมของการเสริมกากมันสำปะหลังในอาหารต่อสมรรถนะการเจริญเติบโต และคุณภาพซากของไก่เนื้อ

1.1 การเตรียมกากมันสำปะหลัง

นำกากมันสำปะหลังสดที่เพิ่งออกจากโรงงานแป้งมันสำปะหลังใหม่ๆ ในสภาพเปียก มาทำให้แห้งโดยการตากแดด (sun dry) หลังจากนั้นนำไปบดให้มีขนาดเล็กประมาณ 1.0 mm ก่อนนำกากมันสำปะหลังแห้งไปประกอบสูตรอาหารทดลอง ทำการวัดองค์ประกอบทางเคมีต่างๆ ของกากมัน เช่น ความชื้น เถ้า โปรตีน ไขมัน เยื่อใย แคลเซียม และฟอสฟอรัส ตามวิธีการของ AOAC (1990) และปริมาณกรดอะมิโนตามวิธีการของ Hughes และคณะ (2002) โดยข้อมูลได้แสดงไว้ในตารางที่ 3

วัดพลังงานใช้ประโยชน์ได้ (Metabolizable energy) ตามวิธีการของ Sibbald (1976) เพื่อนำค่าที่ได้ไปประกอบสูตรอาหารไก่เนื้อ โดยมีวิธีการดังนี้ คือ ใช้ไก่เนื้อโตเต็มวัยผู้เพศผู้ น้ำหนักประมาณ 2.4 กิโลกรัม ทั้งหมด 10 ตัว เลี้ยงบนกรงขังเดี่ยวที่มีถาดพลาสติกรองไว้ใต้กรง ให้ไก่อดอาหารเป็นเวลา 24 ชั่วโมง (แต่ไม่อดน้ำ) เมื่อครบกำหนดเวลาอดอาหาร แบ่งไก่ออกเป็น 2 กลุ่มๆ ละ 5 ตัว กลุ่มแรกให้อดอาหารต่อจนเสร็จสิ้นการทดลอง (24 ชั่วโมง) ส่วนไก่กลุ่มที่สอง ให้กินอาหารโดยการป้อน (forced fed) ใช้กรวยที่มีท่อกลวงยาวสอดไปตามหลอดอาหารถึงกระเพาะพักและใช้กากมันสำปะหลังจำนวน 20 กรัม ค่อยๆ เทลงในกรวยจนกระทั่งหมด กระทุ้งและดันอาหารเบาๆ ให้ไหลผ่านท่อกรวยด้วยเหล็กกลมปลายตันจนอาหารทั้งหมดผ่านไปยังกระเพาะพัก เก็บมูลไก่ทั้งสองกลุ่มเป็นเวลา 24 ชั่วโมง นำมูลที่ได้ทั้งหมดไปอบให้แห้ง และบด เพื่อนำไปวัดค่าพลังงานและทำการคำนวณเพื่อหาค่าพลังงานการใช้ประโยชน์ได้ของกากมันสำปะหลัง

1.2 สัตว์ทดลอง

ใช้ไก่เนื้อเพศผู้อายุ 1 วัน น้ำหนักเฉลี่ยเริ่มต้น 40 กรัม จำนวน 240 ตัว ทำการแบ่งไก่ออกเป็น 5 กลุ่มๆ ละ 3 ซ้ำๆ ละ 16 ตัว ใช้แผนงานทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design, CRD) โดยให้อาหารและน้ำแบบเต็มที่ อาหารทดลองทั้งหมดคำนวณให้มีระดับของโปรตีนและพลังงานเท่ากัน ตามคำแนะนำของ NRC (1994) รายละเอียดสูตรอาหารได้แสดงไว้ในตารางที่ 4 อาหารทดลองที่ใช้แบ่งออกเป็น 5 กลุ่ม ประกอบด้วย

กลุ่มที่ 1 : สูตรควบคุม (control)

กลุ่มที่ 2 : เสริมกากมันสำปะหลัง ระดับ 4%

กลุ่มที่ 3 : เสริมกากมันสำปะหลัง ระดับ 8%

กลุ่มที่ 4 : เสริมกากมันสำปะหลัง ระดับ 12%

กลุ่มที่ 5 : เสริมกากมันสำปะหลัง ระดับ 16%

1.3 การเก็บข้อมูล และการวิเคราะห์ทางเคมี

บันทึกน้ำหนักตัวและปริมาณอาหารที่กินทุกสัปดาห์ ส่วนอัตราการตายบันทึกทุกครั้งที่มีไก่ตาย เมื่อสิ้นสุดการทดลอง (วันที่ 42) สุ่มไก่เพศละ 2 ตัว/ซ้ำ อดอาหาร 8 ชั่วโมง และฆ่า (โดยวิธีเชือดที่เส้นเลือดใหญ่บริเวณคอ) บันทึกคุณภาพซาก

ทำการวัดองค์ประกอบทางเคมี (ความชื้น, เถ้า,โปรตีน, ไขมัน, เยื่อใย, แคลเซียม และฟอสฟอรัส) ในอาหาร ตามวิธีการของ AOAC (1990)

1.4 การวิเคราะห์ทางสถิติ

นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์หาค่าความแปรปรวน (Analysis of variances, ANOVA) ตามแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ และวิเคราะห์เพื่อเปรียบเทียบค่าความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยในแต่ละปัจจัยการทดลองด้วยวิธี Least Significant Difference (LSD) และวิเคราะห์หาแนวโน้มของการเสริมกากมันสำปะหลังที่ระดับต่างๆ ด้วยวิธี Orthogonal polynomial contrast โดยใช้โปรแกรมสถิติสำเร็จรูป (SPSS, 2004)

ตารางที่ 3 องค์ประกอบทางเคมีของกากมันสำปะหลังหมัก[1]

Components	%
DM	93.22
CP	1.98
EE	0.13
CF	13.59
Ash	2.83
Ca	0.10
Total P	0.05
Starch	53.55
TME, kcal/kg	2,484
Amino acid, g/100 g	
Met	0.018
Lys	0.104
Arg	0.062
His	0.013
Iso	0.065
Leu	0.104
Phe	0.059
Thr	0.076
Tyr	0.045
Val	0.082
Ala	0.139
Proline	0.096
Asp	0.131
Ser	0.092
Glu+Gln	0.161
Gly	0.078
Total	1.324

[1] คิดต่อหน่วยน้ำหนักเปียก (as fed basis)

ตารางที่ 4 ส่วนประกอบของสูตรอาหารทดลอง

Item	Dried cassava pulp									
	Starter (7 to 21 d)					Finisher (22 to 42 d)				
	Control	4%	8%	12%	16%	Control	4%	8%	12%	16%
Ingredient, %										
Corn	54.70	50.70	46.70	42.70	38.70	60.00	56.00	52.00	48.00	44.00
Soybean meal	25.88	26.71	27.77	28.70	29.60	20.96	21.88	23.00	23.85	24.84
Fish meal	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00
Rice bran	4.67	3.60	2.30	1.12	0.00	8.40	7.40	6.02	4.96	3.66
DCP	0.00	4.00	8.00	12.00	16.00	0.00	4.00	8.00	12.00	16.00
Soybean oil	3.14	3.37	3.61	3.85	4.07	2.70	2.88	3.14	3.35	3.61
Salt	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22
DL-Met	0.26	0.27	0.27	0.28	0.28	0.19	0.19	0.20	0.20	0.21
L-Lys	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.13	0.13	0.10	0.10	0.10
Limestone	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90
Dicalcium phosphate	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Premix[1]	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
Calculated composition, %										
AME, kcal/ kg	3102	3102	3102	3102	3102	3102	3102	3102	3102	3102
Met + Cys	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.72	0.72	0.72	0.72	0.72
Lys	1.13	1.14	1.15	1.16	1.17	1.00	1.01	1.00	1.00	1.01
Ca	1.02	1.02	1.02	1.02	1.02	0.90	0.90	0.90	0.91	0.91
Available P	0.61	0.61	0.61	0.61	0.60	0.47	0.47	047	0.47	0.47
Analyzed composition, %										
DM	88.7	89.0	89.3	89.5	89.8	89.5	89.8	88.8	89.2	89.0
CP	19.62	20.57	20.42	20.42	20.52	17.93	17.07	17.70	17.30	17.10
CF	2.69	3.15	3.50	3.95	4.44	2.67	2.97	3.67	4.47	5.24

[1]Premix (0.5%) provided the following per kilogram of diet: vitamin A, 15,000 IU; vitamin D_3, 3,000 IU; vitamin E, 25 IU; vitamin K_3, 5 mg; vitamin B_1, 2.5 mg; vitamin B_2, 7 mg; vitamin B_6, 4.5 mg; vitamin B_{12}, 25 μg; pantothenic acid, 35 mg; folic acid, 0.5 mg; biotin, 25 μg; nicotinic acid, 35 mg; choline chloride, 250 mg; Mn, 60 mg; Zn, 45 mg; Fe, 80 mg; Cu, 1.6 mg; I, 0.4 mg; Se, 0.15 mg.

2. การทดลองที่ 2: การศึกษาการย่อยได้โภชนะของกากมันสำปะหลังในไก่เนื้อ

2.1 การเตรียมกากมันสำปะหลัง

มีวิธีการเตรียมเช่นเดียวกับข้อ 1.1

2.2 สัตว์ทดลอง

ใช้ไก่เนื้อเพศผู้อายุ 1 วัน น้ำหนักเฉลี่ยเริ่มต้น 40 กรัม เลี้ยงจนถึงอายุ 11 วัน จึงสุ่มไก่จำนวน 50 ตัว ขึ้นกรงทดลอง และทำการเลี้ยงบนกรงจนถึงอายุ 14 วัน เพื่อไก่จะได้ปรับตัวให้ชินกับสภาพแวดล้อม เมื่อไก่อายุ 15 วัน ทำการแบ่งไก่ออกเป็น 5 กลุ่มๆละ 10 ซ้ำ มีระยะเวลาทดลอง 10 วัน ใช้แผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (CRD) โดยให้อาหารและน้ำแบบเต็มที่

2.3 อาหารทดลอง

เป็นการทดสอบการย่อยได้ของโภชนะของกากมันสำปะหลังในไก่เนื้อ ซึ่งอาหารทดลองแบ่งออกเป็น 5 กลุ่มประกอบด้วย สูตรควบคุม และเสริมกากมันสำปะหลังที่ระดับ 4, 8, 12 และ 16% โดยอาหารทั้งหมดคำนวณให้มีระดับของโปรตีนและพลังงานเท่ากัน ตามคำแนะนำของ NRC (1994) ซึ่งสูตรอาหารในการทดลองนี้ใช้สูตรเดียวกันกับการทดลองที่ 1 (สำหรับไก่เนื้อระยะแรก)

2.4 การเก็บข้อมูล

บันทึกน้ำหนักตัวและปริมาณอาหารที่กินทุกวัน บันทึกอัตราการตายบันทึกทุกครั้งที่มีไก่ตาย

เก็บมูลทั้งหมดที่ไก่ขับถ่ายออกมาวันละ 1 ครั้ง ในเวลา 10.00 น. ในช่วง 4 วันสุดท้ายของการทดลอง โดยเก็บมูลในถาดพลาสติกที่รองไว้ใต้กรง โดยรองเพื่อเก็บมูลเป็นเวลา 10 วัน สเปรย์มูลที่เก็บได้ในแต่ละวันด้วยกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 5% เพื่อป้องกันการสูญเสียไนโตรเจน และนำมูลของไก่แต่ละตัวที่ได้รับในแต่ละวัน ไปอบให้แห้งที่อุณหภูมิ 55°C นำมาบดใส่ถุงพลาสติกและเก็บไว้เพื่อรอการวิเคราะห์ทางเคมีต่อไป

2.5 การวิเคราะห์ทางเคมี

วิเคราะห์หาองค์ประกอบทางเคมี (ความชื้น โปรตีน เถ้า ไขมัน เยื่อใย แคลเซียม และ ฟอสฟอรัส) (AOAC, 1990) ในอาหาร

วิเคราะห์หาโภชนะในมูล โดยวิเคราะห์หาค่าความชื้น และปริมาณไนโตรเจนตามวิธี AOAC (1990)

2.6 การวิเคราะห์ทางสถิติ

นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์หาค่าความแปรปรวน (ANOVA) ตามแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (CRD) และวิเคราะห์เพื่อเปรียบเทียบค่าความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยในแต่

ละปัจจัยการทดลองด้วยวิธี LSD และวิเคราะห์หาแนวโน้มของการเสริมกากมันสำปะหลังที่ระดับต่างๆ ด้วยวิธี Orthogonal polynomial contrast โดยใช้โปรแกรมสถิติสำเร็จรูป (SPSS, 2004)

3. การทดลองที่ 3 : การศึกษาหาวิธีการเพิ่มคุณค่าทางโภชนะของกากมันสำปะหลัง

เพื่อศึกษาผลของการเพิ่มคุณค่าทางโภชนะของกากมันสำปะหลังให้สูงขึ้น โดยวิธีการหมักด้วยเชื้อจุลินทรีย์ชนิดต่างๆ ซึ่งข้อมูลที่ได้จะนำไปปรับใช้เพื่อเพิ่มระดับการใช้ประโยชน์ของการใช้กากมันสำปะหลังในอาหารสัตว์ต่อไป

3.1 การเตรียมเชื้อจุลินทรีย์และกากมันสำปะหลัง

จุลินทรีย์ที่ใช้ในการหมักกากมันสำปะหลังในครั้งนี้คือ *Aspergillus oryzae* (3019) และ *Candida utilis* (5046) ซึ่งได้จากสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย โดยนำ *A. oryzae* เลี้ยงในอาหารเลี้ยงเชื้อ Potato-Dextrose-Agar (PDA) บ่มที่อุณหภูมิ 30^0C เป็นเวลา 3 วัน และนำไปเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 4^0C ส่วน *C. utilis* เลี้ยงบนอาหารเลี้ยงเชื้อ Yeast-Malt-Agar (YMA) โดยนำไปเขย่าที่ความเร็วรอบ 200 rpm ที่อุณหภูมิ 30^0C เป็นเวลา 1 วัน และเก็บไว้ที่ 4^0C

3.2 วิธีการหมัก

นำกากมันสำปะหลังสดที่เพิ่งออกจากโรงงานใหม่ๆ ในสภาพเปียก จำนวน 50 กรัม ใส่ในขวดปริมาตรทรงกรวย (erlenmeyer flask) ขนาด 250 ml นำไปนึ่งด้วยไอน้ำที่อุณหภูมิ 121°C นาน 15 นาที ปล่อยทิ้งไว้ให้เย็น และใส่ยูเรียเพื่อเป็นแหล่งไนโตรเจนที่ระดับ 0, 0.25, 0.5, 1.0 และ 1.25% ลงในแต่ละขวดปริมาตรทรงกรวย หลังจากนั้นนำขวดปริมาตรทรงกรวยที่มียูเรียระดับต่างๆ เติมสปอร์ของเชื้อจุลินทรีย์ *A. oryzae* ($1x10^8$ cells/ml) และ *C. utilis* ($1x10^8$cells/ml) โดยใส่เชื้อ 1% ของกากมันสำปะหลัง (น้ำหนักเปียก) หลังจากนั้นนำไปบ่มที่อุณหภูมิ 30°C เป็นเวลา 7 วัน และสุ่มเก็บตัวอย่างทุกวัน แต่ละกลุ่มทดลองทำ 3 ซ้ำ นำกากมันหมักไปอบในตู้อบ (oven dry) ที่อุณหภูมิ 55°C เมื่อแห้งนำมาวิเคราะห์หาองค์ประกอบทางเคมี

โดยมีปัจจัยที่ศึกษาดังนี้ คือ

ปัจจัยที่ 1	เชื้อจุลินทรีย์	:	สูตรควบคุม (control) หมักด้วยรา (*A. oryzae*) และหมักด้วยยีสต์ (*C. utilis*)
ปัจจัยที่ 2	แหล่งไนโตรเจน (ยูเรีย)	:	0, 0.25, 0.50, 0.75, 1.00 และ 1.25%
ปัจจัยที่ 3	ระยะเวลาการหมัก	:	1, 2, 3, 4, 5, 6 และ 7 วัน

3.3 การวิเคราะห์ทางเคมี

นำกากมันสำปะหลังหมักที่ได้มาวิเคราะห์หาองค์ประกอบทางเคมีความชื้นและโปรตีน (AOAC, 1990) วัดปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์โดยวิธีการ Dinitrosalicylic acid (DNS) micro method วิเคราะห์หาแอมโมเนียคัลไนโตรเจน (Ammoniacal nitrogen) และการทดสอบยูเรีย โดยการวิเคราะห์ดัดแปลงจากวิธีการของเยาวมาลย์ (2523)

3.3 การวิเคราะห์ทางสถิติ

วิเคราะห์ค่าความแปรปรวน (ANOVA) ตามแบบงานทดลองที่มีการวัดซ้ำในแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Repeated Measurements in CRD) และวิเคราะห์ความแตกต่างค่าเฉลี่ยด้วยวิธี LSD

บทที่ 4
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ผลการศึกษา

1. การทดลองที่ 1: การศึกษาผลของการใช้กากมันสำปะหลัง ต่อสมรรถนะการเจริญเติบโตและคุณภาพซากของไก่เนื้อ

การศึกษาผลของการเสริมกากมันสำปะหลังต่อสมรรถนะการเจริญเติบโตของ ไก่เนื้อที่อายุ 7-42 วัน ได้แสดงไว้ในตารางที่ 5 โดยพบว่าไก่เนื้อที่ได้รับอาหารเสริมกากมันสำปะหลัง (อายุ 42 วัน) มีน้ำหนักลดลง (linear, P=0.0001) ตามระดับกากมันสำปะหลังที่เพิ่มสูงขึ้นในสูตรอาหาร แต่อย่างไรก็ตาม พบว่าน้ำหนักตัวของไก่กลุ่มที่ได้รับกากมันสำปะหลังระดับ 4 และ 8% มีค่าแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม แต่ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) ในกลุ่มที่ได้รับกากมันสำปะหลังระดับ 12 และ 16% สำหรับปริมาณอาหารที่กินและประสิทธิภาพการใช้อาหารมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) ระหว่างกลุ่มการทดลองในช่วงอายุ 14-35 วัน และ 14-21 วัน ตามลำดับ โดยผลการตอบสนองในส่วนของปริมาณอาหารที่กินและและประสิทธิภาพการใช้อาหารมีแนวโน้มเช่นเดียวกับน้ำหนักตัว

ผลของกากมันสำปะหลังต่อลักษณะซากได้แสดงไว้ในตารางที่ 6 โดยพบว่าเปอร์เซ็นต์ซาก และน้ำหนักเครื่องในในไก่กลุ่มที่ได้รับการกากมันสำปะหลังมีค่าแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม สำหรับผลของกากมันสำปะหลังต่อเปอร์เซ็นต์เนื้อส่วนอก (breast) สันในอก (fillet) น่อง (drumstick) เนื้อสะโพก (thigh meat) และ เนื้อน่อง (drumstick meat) ให้ผลเช่นเดียวกับเปอร์เซ็นต์ซากและเครื่องใน สำหรับไขมันในช่องท้องมีการลดลงเป็นเส้นตรง (P=0.0002) ตามการเพิ่มขึ้นของระดับกากมันสำปะหลังในสูตรอาหาร

ผลของกากมันสำปะหลังต่อลักษณะของอวัยวะภายในที่เกี่ยวข้องกับทางเดินอาหาร (digestive organ) ได้แสดงไว้ในตารางที่ 7 โดยพบว่าความยาวของลำไส้ส่วนดูโอดีนัมและซีกัมต่อน้ำหนักตัว 100 กรัม มีค่าแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) ในแต่ละกลุ่มการทดลอง ในขณะที่ความยาวของลำไส้ส่วนเจจูนัมและไอเลียมในไก่กลุ่มที่ได้รับกากมันสำปะหลังระดับ 16% และ 12-16% มีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) ตามลำดับเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม สำหรับน้ำหนักของหัวใจ ตับ ตับอ่อน ม้าม กระเพาะอาหาร และลำไส้ส่วนเจจูนัม ไอเลียม และซีกัม มีค่าการเปลี่ยนแปลงที่แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) ส่วนน้ำหนักกึ๋นต่อน้ำหนักตัว 100 กรัม มีการเพิ่มขึ้นในลักษณะเส้นตรง (P=0.0118) ตามการเพิ่มขึ้นของระดับกากมันสำปะหลังในสูตรอาหาร เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุมพบว่าน้ำหนักกึ๋นมีการเปลี่ยนแปลง

อย่างไม่มีนัยสำคัญ (P>0.05) ในไก่กลุ่มที่ได้รับกากมันสำปะหลังระดับ 4, 8 และ 12% แต่เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในไก่กลุ่มที่ได้รับกากมันสำปะหลังระดับ 16%

ตารางที่ 5 ผลของกากมันสำปะหลังต่อสมรรถนะการเจริญเติบโตของไก่เนื้อ

		Dried cassava pulp					*P*-value;
	Control	4%	8%	12%	16%	SEM	trend[2]
Body weight (g)							
Day 7	153	152	152	153	154	4.11	NS[3]
Day 14	425	432	437	396	433	14.87	NS
Day 21	835[a]	825[a]	842[a]	622[c]	723[b]	18.31	Q=0.0003[4]
Day 28	1387[a]	1327[a]	1336[a]	1119[b]	1111[b]	32.99	Q=0.0243
Day 35	1958[a]	1886[a]	1935[a]	1695[b]	1693[b]	51.02	L=0.0012[5]
Day 42	2422[a]	2411[a]	2347[a]	2149[b]	2051[b]	50.18	L=0.0001
Cumulative feed intake (g/bird)							
Day 14	353[ab]	367[a]	318[ab]	299[b]	327[ab]	21.27	NS
Day 21	1026[ab]	1086[a]	998[ab]	856[c]	942[bc]	42.41	Q=0.0186
Day 28	1990[a]	1956[a]	1936[a]	1695[b]	1716[b]	64.78	L=0.0067
Day 35	3248[a]	3295[a]	3120[ab]	2669[c]	2798[bc]	141.45	L=0.0067
Day 42	4566	4705	4785	3949	3753	331.78	NS
FCR (g feed/g body weight)							
Day 14	1.30	1.32	1.12	1.23	1.19	0.09	NS
Day 21	1.51[bc]	1.61[abc]	1.45[c]	1.84[a]	1.72[ab]	0.08	L=0.0356
Day 28	1.63	1.70	1.68	1.77	1.83	0.07	NS
Day 35	1.81	1.96	1.79	1.76	1.84	0.16	NS
Day 42	2.03	2.11	2.23	1.99	1.99	0.15	NS

[a-c]Means with different superscripts in a row are significantly different (P<0.05).

[1]Value for each parameter represent mean values of 3 observations.

[2]Refer to polynomial trend analysis.

[3]Not significant (P>0.05).

[4]Quartic trend.

[5]Linear trend.

ตารางที่ 6 ผลของกากมันสำปะหลังต่อลักษณะซากของไก่เนื้อ[1]

	Control	Dried cassava pulp				SEM	*P*-value, trend[2]
		4%	8%	12%	16%		
	% Live weight						
Eviscerated[3]	68.50	69.20	68.20	67.50	68.00	0.78	NS[4]
Giblets	7.80	7.70	7.80	8.50	8.60	0.30	NS
	% Eviscerated carcass						
Breast	25.12	23.54	23.30	23.70	22.82	0.70	NS
Fillet	4.94	4.89	4.88	4.81	4.94	0.20	NS
Thigh	21.01^{a}	21.43^{a}	20.73^{a}	20.38^{ab}	19.42^{b}	0.44	L=0.0055[5]
Drumstick	14.67	14.40	13.51	13.16	14.89	0.62	NS
Thigh meat	16.61	17.44	17.00	16.26	16.14	0.42	NS
Drumstick meat	10.44	9.73	9.58	9.60	10.25	0.28	NS
Abdominal fat	2.79^{a}	2.64^{ab}	1.86^{bc}	1.48^{c}	1.30^{c}	0.31	L=0.0002

$^{a-c}$Means with different superscripts in a row are significantly different (P<0.05).

[1]Value for each parameter represent mean values of 6 observations.

[2]Refer to polynomial trend analysis.

[3]Carcass weight without giblets, neck and shank.

[4]Not significant (P>0.05).

[5]Linear trend.

ตารางที่ 7 ผลของกากมันสำปะหลังต่อลักษณะอวัยวะภายในของไก่เนื้อ[1]

		Dried cassava pulp					*P*-value
	Control	4%	8%	12%	16%	SEM	Trend[2]
Organ length (cm/100g BW)							
Duodenum	1.60	1.61	1.66	1.92	1.52	0.16	NS[3]
Jejunum	2.88[b]	3.01[ab]	2.84[b]	3.44[ab]	3.73[a]	0.25	NS
Ileum	3.04[b]	2.96[b]	3.43[ab]	3.75[a]	3.80[a]	0.23	NS
Ceca	1.92	1.77	1.64	1.92	2.00	0.14	NS
Organ weight (g/100g BW)							
Heart	0.46	0.48	0.48	0.53	0.50	0.03	NS
Liver	2.09	1.95	1.97	2.16	2.19	0.09	NS
Pancreas	0.20	0.21	0.18	0.20	0.21	0.02	NS
Spleen	0.40	0.34	0.33	0.47	0.39	0.07	NS
Proventriculus	0.37	0.38	0.36	0.34	0.41	0.03	NS
Gizzard	1.30[b]	1.25[b]	1.27[b]	1.44[ab]	1.60[a]	0.03	L=0.0118[4]
Duodenum	0.51[b]	0.63[ab]	0.56[ab]	0.68[a]	0.58[ab]	0.06	NS
Jejunum	1.17	1.09	0.96	1.17	1.17	0.07	NS
Ileum	0.97	0.97	0.90	1.03	1.09	0.07	NS
Ceca	0.48	0.47	0.51	0.50	0.50	0.05	NS

[a,b]Means with different superscripts in a row are significantly different (P<0.05).

[1]Value for each parameter represent mean values of 6 observations.

[2]Refer to polynomial trend analysis.

[3]Not significant (P>0.05).

[4]Linear trend.

2. การศึกษาการย่อยได้โภชนะของกากมันสำปะหลังในไก่เนื้อ

การย่อยได้และการใช้ประโยชน์ได้ของโภชนะได้แสดงไว้ในตารางที่ 8 โดยภาพรวมสรุปได้ว่าการย่อยได้ของสิ่งแห้งและสารอินทรีย์ลดลงในลักษณะเป็นเส้นตรง (P=0.0001 และ P=0.0001, ตามลำดับ) ตามการเพิ่มขึ้นของกากมันสำปะหลัง การใช้ประโยชน์ได้ของไนโตรเจนในกลุ่มควบคุมมีค่า 63.68% โดยการใช้ประโยชน์ได้ของไนโตรเจนมีการลดลงในลักษณะเป็นเส้นตรง (P=0.0027) ตามระดับกากมันสำปะหลังที่เพิ่มขึ้นในสูตรอาหาร เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม พบว่าการใช้ประโยชน์ได้ของไนโตรเจนมีการเปลี่ยนแปลงอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) ในกลุ่ม 4 และ 8% แต่ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) ในกลุ่ม 12 และ 16%

ตารางที่ 8 ผลของกากมันสำปะหลังต่อการย่อยได้และการใช้ประโยชน์ได้ของโภชนะ[1]

		Dried cassava pulp					*P*-value,
	Control	4%	8%	12%	16%	SEM	trend[2]
Digestibility (%)							
DM[3]	68.79[a]	66.34[a]	64.73[ab]	59.03[c]	61.70[bc]	1.56	L=0.000[4]
OM[5]	71.78[a]	70.12[a]	68.97[ab]	63.55[c]	65.61[bc]	1.48	L=0.0001
N retention (%)	63.68[a]	57.75[ab]	57.34[ab]	53.36[b]	54.60[b]	2.25	L=0.0027

[a-c]Means with different superscripts in a row are significantly different (P<0.05).

[1]Value for each parameter represent mean values of 10 observations.

[2]Refer to polynomial trend analysis.

[3]Dry matter.

[4]Linear trend.

[5]Organic matter.

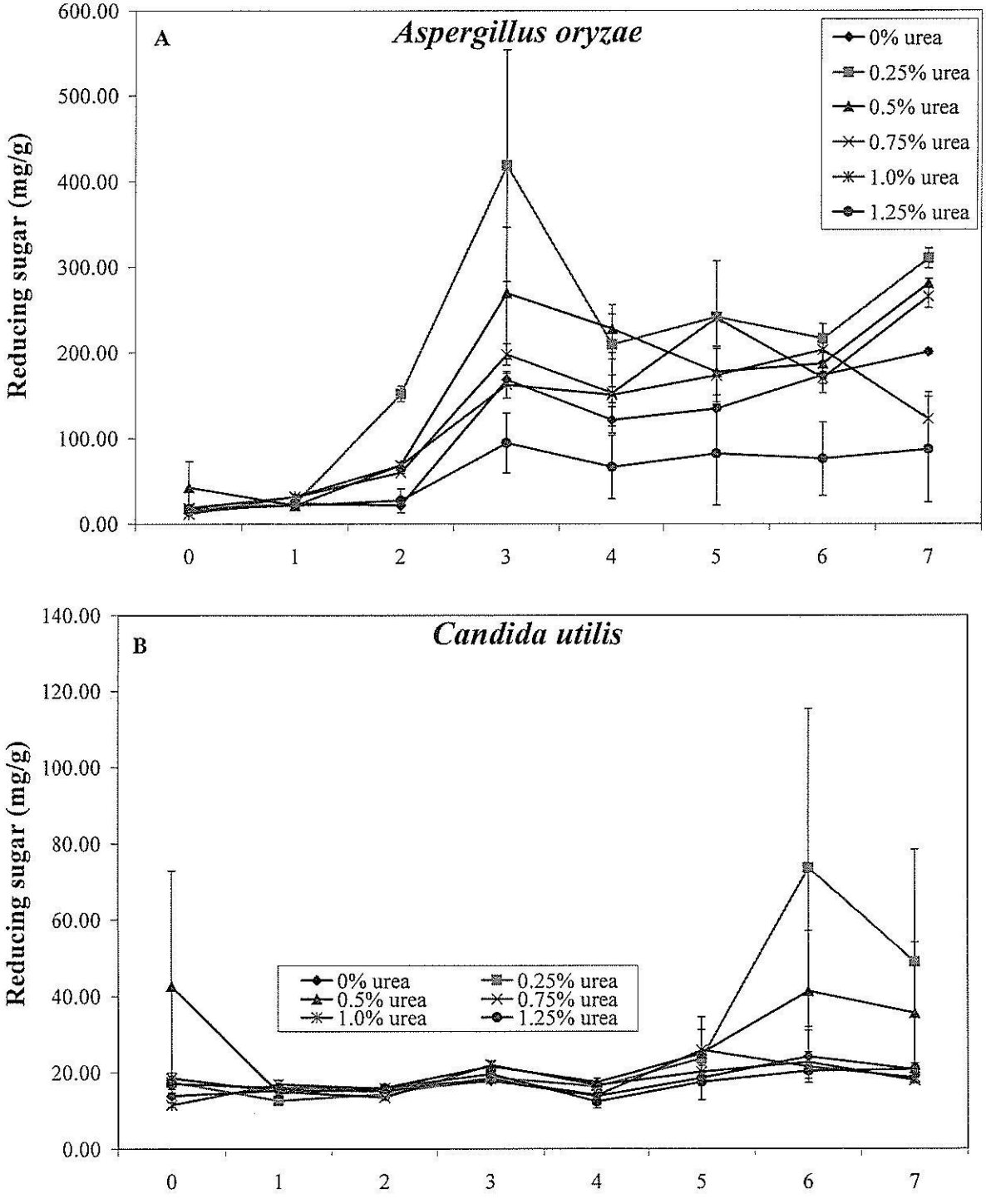
3. การทดลองที่ 3 : การศึกษาหาวิธีการเพิ่มคุณค่าทางโภชนะของกากมันสำปะหลัง

จากการทดลองหมักกากมันสำปะหลังเปรียบเทียบกันระหว่าง การหมักด้วยเชื้อ *A. oryzae* และ *C. utilis* โดยใช้ยูเรียเป็นแหล่งไนโตรเจนที่ระดับแตกต่างกัน (0, 0.25, 0.50, 0.75, 1.00 และ 1.25%) เป็นระยะเวลา 7 วัน ได้แสดงไว้ในตารางที่ 9 และภาพที่ 1 พบว่าปริมาณน้ำตาลรีดิวส์เกิดขึ้นสูงสุดเมื่อมีการหมักด้วยเชื้อ *A. oryzae* ที่ระดับการใช้ยูเรีย 0.25% หลังการหมักเป็นเวลา 3 วัน และมีแนวโน้มลดลงเมื่อระยะเวลาการหมักที่เพิ่มขึ้น โดยปริมาณน้ำตาลรีดิวส์สูงสุดที่เกิดขึ้น คือ 418 mg/g ในขณะที่การหมักกากสำปะหลังด้วยเชื้อ *C. utilis* ไม่พบการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำตาลรีดิวส์แต่อย่างใด

เมื่อพิจารณาองค์ประกอบทางเคมีในส่วนของโปรตีนและอะมิโนไนโตรเจนของกากมันสำปะหลังหมักที่ได้จากการหมักด้วยเชื้อ *A. oryzae* และ *C. utilis* เมื่อใช้ยูเรียที่ระดับต่างๆ (0, 0.25, 0.5, 0.75, 1 และ 1.25%) ได้แสดงไว้ในตารางที่ 9 และ 10 พบว่ากากมันสำปะหลังที่ผ่านการหมักมีโปรตีนและอะมิโนไนโตรเจนสูงกว่ากากมันสำปะหลังที่ไม่ได้หมัก ($P<0.05$) โดยปริมาณโปรตีนและอะมิโนไนโตรเจนของกากมันสำปะหลังที่หมักด้วย *A. oryzae* มีค่าสูงกว่า *C. utilis* ($P<0.05$) โดยภาพรวมเมื่อนำค่าโปรตีนและอะมิโนไนโตรเจนไปวิเคราะห์ค่าทางสถิติ พบว่ามีปฏิสัมพันธ์ (interaction) ระหว่างเชื้อจุลินทรีย์ ระดับ ยูเรีย และระยะเวลาในการหมักเกิดขึ้น จึงได้นำค่าต่างๆ ที่เกิดขึ้น 10 อันดับแรกมาแสดงไว้ในภาพที่ 2 และ 3 (ส่วนข้อมูลทั้งหมดได้แสดงไว้ในตารางที่ 9 และ 10) จากภาพจะเห็นได้ว่าปริมาณโปรตีนและอะมิโนไนโตรเจนที่เกิดขึ้นจากกระบวนการหมักมีมากกว่า 1 สภาวะ ที่ไม่พบความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาจากปัจจัยอื่นๆ ในการคัดเลือกสภาวะการหมักที่เหมาะสมที่สุดร่วมด้วย เช่น ต้นทุนการผลิตต่ำ และมีความปลอดภัยต่อสัตว์ ทั้งนี้เพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุดในการนำไปใช้เป็นอาหารสัตว์ในอนาคต ดังนั้นสภาวะที่เหมาะสมสำหรับการหมักกากมันสำปะหลังด้วยเชื้อ *A. oryzae* และ *C. utilis* เพื่อให้ได้มาซึ่งการเพิ่ม biomass cell ได้มากที่สุด คือ ใช้ยูเรีย 0.75% หมักเป็นเวลา 4 วัน และ ยูเรีย 1.25% หมักเป็นเวลา 5 วันตามลำดับ ซึ่งในสภาวะดังกล่าว *A. oryzae* และ *C. utilis* สามารถผลิตโปรตีนและอะมิโนไนโตรเจน จาก 2.59% vs 0.89% (กากมันสำปะหลังไม่ได้หมัก) เป็น 17.4% vs 15.1% และ 16.8% vs 9.2% ตามลำดับ

ตารางที่ 9 แสดงการเปลี่ยนแปลงของน้ำตาลรีดิวซ์ (มิลลิกรัม/กรัม) ในการหมักกากมันสำปะหลังด้วยเชื้อ *A. oryzae* และ *C. utilis* เมื่อใช้ยูเรียระดับ 0-1.25% และหมักเป็นเวลา 7 วัน

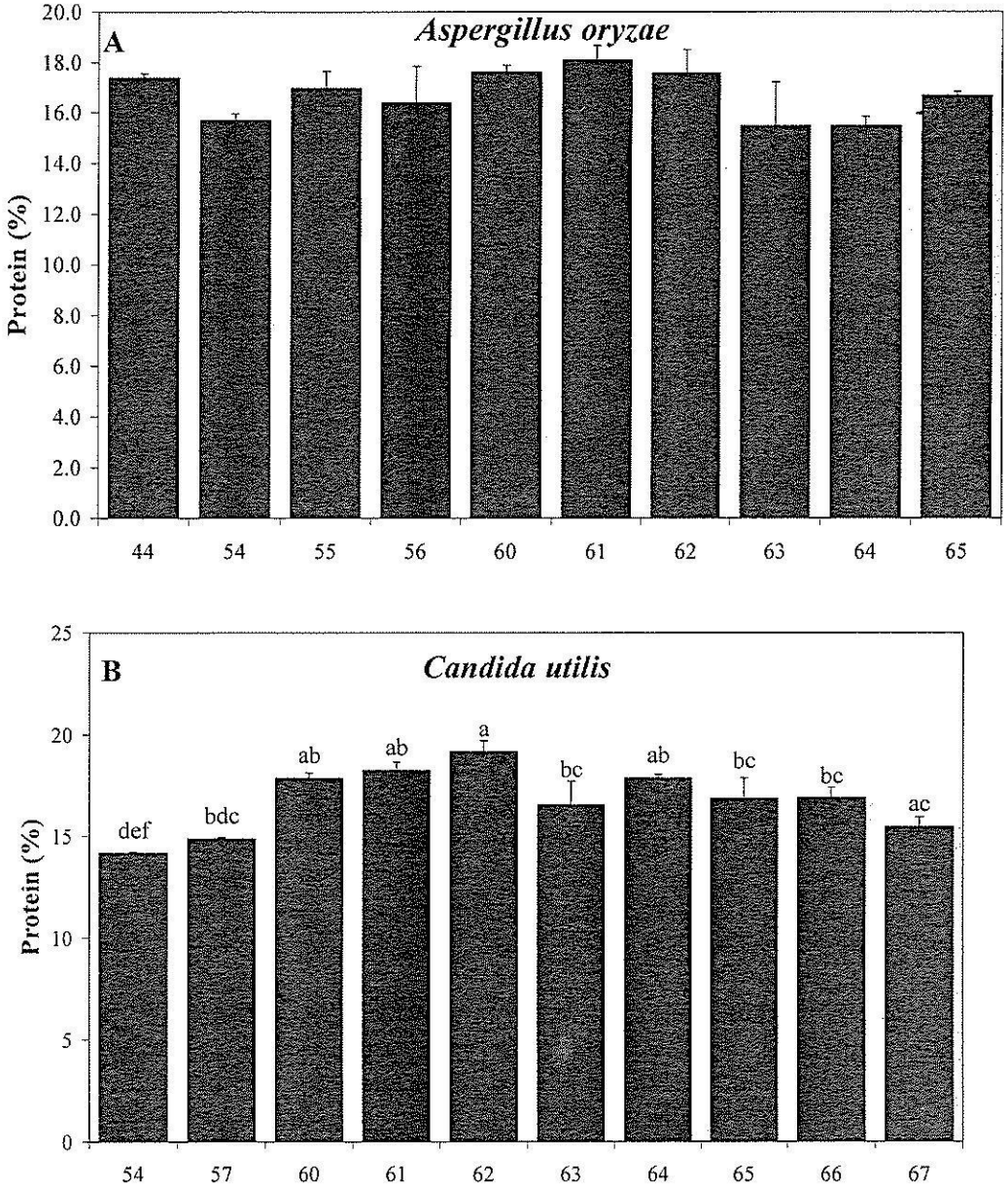
Urea level	Fermentation period (days)							
	0	1	2	3	4	5	6	7
Aspergillus oryzae								
0	14.0	23.9	21.5	168.2	121.2	134.6	173.7	201.0
0.25%	17.5	23.8	151.9	418.9	209.3	241.6	216.3	310.1
0.50%	42.6	21.7	68.7	269.7	227.9	177.4	187.0	280.7
0.75%	18.6	31.4	59.9	197.7	153.1	240.3	170.6	265.4
1.00%	11.5	32.1	68.2	162.5	150.7	173.2	203.2	122.6
1.25%	17.1	21.4	27.1	94.7	66.3	82.1	76.1	87.0
Candida utilis								
0	14.0	15.3	15.1	17.9	13.9	18.6	24.2	20.8
0.25%	17.5	12.6	14.3	18.7	16.3	23.6	73.6	48.9
0.50%	42.6	14.7	16.0	21.7	17.5	25.0	41.3	35.5
0.75%	18.6	15.1	13.5	22.0	16.7	20.2	22.7	17.9
1.00%	11.5	16.9	15.8	18.2	14.0	25.9	21.5	18.6
1.25%	17.1	16.0	15.9	19.6	12.3	17.6	20.4	20.8



ภาพที่ 1 แสดงการเปลี่ยนแปลงของน้ำตาลรีดิวซ์ (มิลลิกรัม/กรัม) ในการหมักกากมันสำปะหลังด้วยเชื้อ *A. oryzae* (A) และ *C. utilis* (B) เมื่อใช้ยูเรียระดับ 0-1.25% และหมักเป็นเวลา 7 วัน

ตารางที่ 10 แสดงการเปลี่ยนแปลงของปริมาณโปรตีน (%) ในการหมักกากมันสำปะหลังด้วยเชื้อ *A. oryzae* และ *C. utilis* เมื่อใช้ยูเรียระดับ 0-1.25% และหมักเป็นเวลา 7 วัน

Urea level	Fermentation period (days)							
	0	1	2	3	4	5	6	7
Aspergillus oryzae								
0	2.59	4.30	5.01	3.71	4.66	4.89	4.08	3.41
0.25%	6.53	5.72	6.63	9.74	10.18	7.47	9.54	6.96
0.50%	8.82	10.86	12.08	13.65	14.51	13.13	12.00	10.72
0.75%	11.72	11.01	12.37	14.61	17.40	13.92	14.90	14.28
1.00%	11.47	14.44	14.53	15.24	15.69	17.00	16.37	14.00
1.25%	17.64	18.11	17.95	15.48	15.48	16.71	13.60	13.68
Candida utilis								
0	2.59	2.40	3.96	3.65	3.52	1.89	4.11	3.16
0.25%	6.53	5.83	5.44	6.16	8.45	5.99	8.32	6.34
0.50%	8.82	9.55	10.59	8.02	10.75	8.94	10.45	8.38
0.75%	11.72	12.57	12.03	13.78	11.16	10.68	12.78	12.49
1.00%	11.47	13.29	13.25	13.33	14.16	12.80	13.63	14.86
1.25%	17.64	18.26	19.18	16.52	17.88	16.82	16.86	15.44



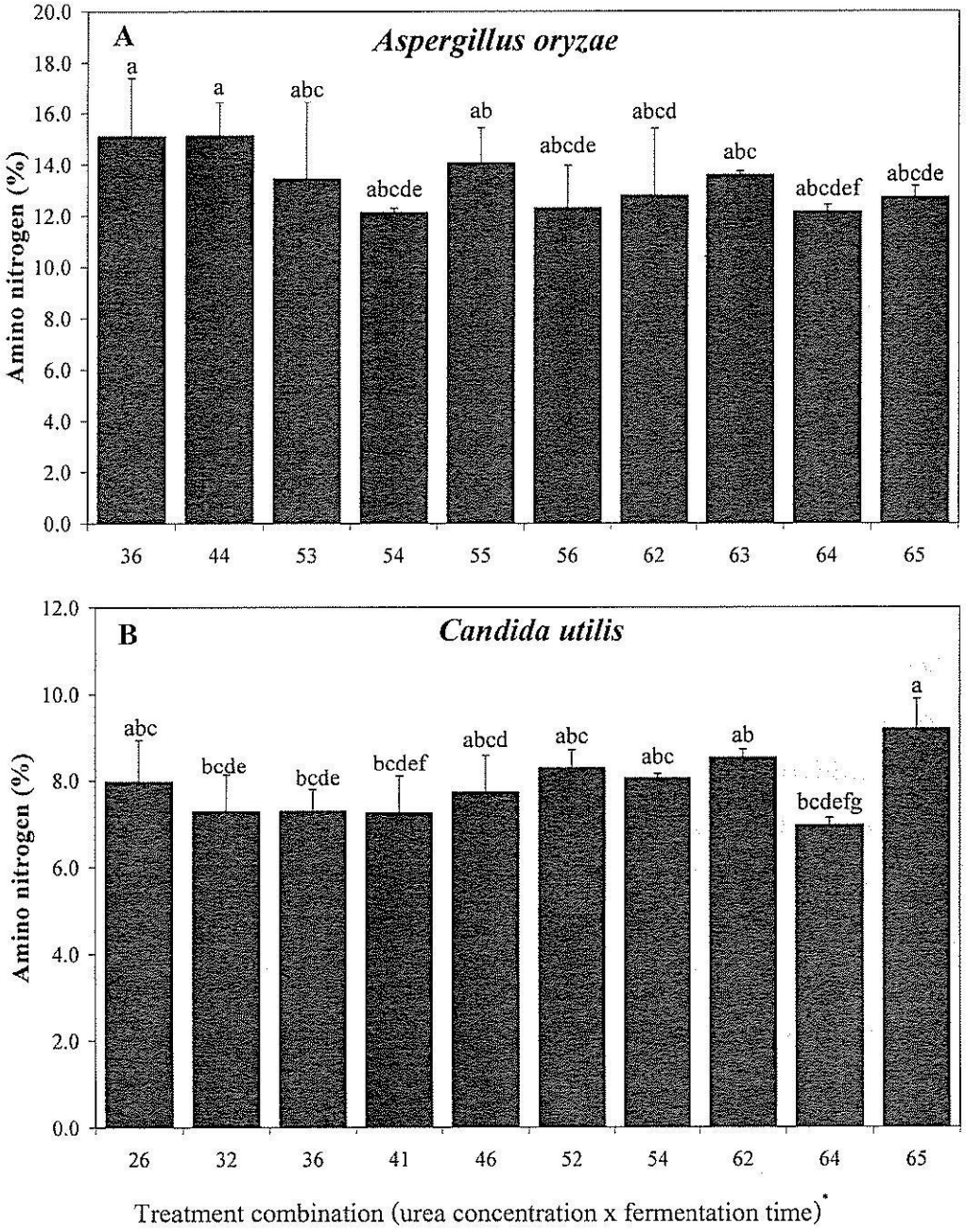
*Urea concentration: 1 = 0%; 2 = 0.25%; 3 = 0.5%; 4 = 0.75%; 5 = 1.0%; 6 = 1.25%

Fermentation time: 0 = day0; 1 = day1; 2 = day2; 3 = day3; 4 = day4; 5 = day5; 6 = day6; 7 = day7

ภาพที่ 2 แสดงการเปลี่ยนแปลงของปริมาณโปรตีน (%) ในการหมักกากมันสำปะหลังด้วยเชื้อ *A. oryzae* (A) และ *C. utilis* (B) เมื่อใช้ยูเรียระดับ 0-1.25% และหมักเป็นเวลา 7 วัน

ตารางที่ 10 แสดงการเปลี่ยนแปลงของปริมาณอะมิโนไนโตรเจน (%) ในการหมักกากมันสำปะหลังด้วยเชื้อ *A. oryzae* และ *C. utilis* เมื่อใช้ยูเรียระดับ 0-1.25% และหมักเป็นเวลา 7 วัน

Urea level	Fermentation period (days)							
	0	1	2	3	4	5	6	7
Aspergillus oryzae								
0	0.90	4.44	6.01	2.83	3.70	5.74	6.08	3.26
0.25%	0.80	4.60	4.61	5.19	5.67	9.03	6.83	4.92
0.50%	1.72	7.36	9.47	8.84	7.92	8.80	15.10	7.78
0.75%	1.23	7.00	8.96	9.07	15.13	9.78	11.81	8.25
1.00%	0.78	9.44	10.88	13.44	12.13	14.06	12.30	11.52
1.25%	0.91	8.72	12.77	13.58	12.15	12.72	5.83	7.36
Candida utilis								
0	0.90	1.05	4.21	3.75	3.98	3.73	6.38	5.61
0.25%	0.80	3.06	5.80	5.57	4.70	5.68	7.97	5.86
0.50%	1.72	4.63	7.28	5.61	6.55	6.95	7.29	5.91
0.75%	1.23	7.26	6.86	5.31	6.69	6.72	7.72	6.76
1.00%	0.78	6.56	8.30	5.06	8.04	6.02	5.69	4.15
1.25%	0.91	5.51	8.54	4.91	6.96	9.20	4.30	4.01



*Urea concentration: 1 = 0%; 2 = 0.25%; 3 = 0.5%; 4 = 0.75%; 5 = 1.0%; 6 = 1.25%

Fermentation time: 0 = day0; 1 = day1; 2 = day2; 3 = day3; 4 = day4; 5 = day5; 6 = day6; 7 = day7

ภาพที่ 3 แสดงการเปลี่ยนแปลงของปริมาณอะมิโนไนโตรเจน (%) ในการหมักกากมันสำปะหลังด้วยเชื้อ *A. oryzae* (A) และ *C. utilis* (B) เมื่อใช้ยูเรียระดับ 0-1.25% และหมักเป็นเวลา 7 วัน

ผลการวิจารณ์

กากมันสำปะหลังที่ได้จากโรงงานผลิตแป้งมันสำปะหลัง ยังมีแป้งเป็นองค์ประกอบหลงเหลืออยู่ ซึ่งสามารถใช้เป็นแหล่งพลังงานสำหรับสัตว์ปีกได้ จากผลการทดลองพบว่าสามารถใช้กากมันสำปะหลังได้จนถึงระดับ 8% โดยไม่ส่งผลกระทบต่อน้ำหนักตัวเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุมซึ่งไม่มีกากมันสำปะหลังเป็นส่วนประกอบในอาหาร การที่น้ำหนักตัวของไก่ลดลงเมื่อมีการใช้กากมันสำปะหลังในระดับที่สูงขึ้น อาจมีผลมาจากปริมาณเยื่อใยที่เป็นองค์ประกอบในกากมันสำปะหลังสูงเกินไป (13.89%) จากการรวบรวมข้อมูลเอกสารงานวิจัย ได้มีนักวิจัยหลายกลุ่มด้วยกันที่รายงานว่า ปริมาณเยื่อใยในอาหารสัตว์ปีกที่สูงเกินไปมีผลต่อการลดการกินได้ และส่งผลต่อเนื่องทำให้อัตราการเจริญเติบโตลดลง (Hetland และคณะ 2003; Hetland and Svihus, 2001) การที่ปริมาณอาหารที่กินได้ลดลงในไก่กลุ่มที่ได้รับกากมันสำปะหลังที่ระดับ 12 และ 16% (ช่วงอายุ 14-35 วัน) อาจมีผลมาจากความฟ่ามของอาหาร และข้อจำกัดเกี่ยวกับความจุของระบบทางเดินอาหาร นอกจากนี้ได้มีการรายงานว่าความฟ่ามของอาหารมีความสัมพันธ์ต่อการลดความน่ากิน (Weiss and Scott, 1979) ถึงแม้ว่าข้อมูลเกี่ยวกับการใช้กากมันสำปะหลังเป็นแหล่งวัตถุดิบในอาหารไก่เนื้อมีข้อมูลที่จำกัด แต่อย่างไรก็ตามการทดลองที่เกี่ยวข้องกับการใช้มันสำปะหลังในระดับต่างๆ มีการรายงานอย่างแพร่หลาย (Muller และคณะ 1974; Oke, 1978) นักวิจัยได้สรุปว่า เมื่อมีการใช้มันสำปะหลังในรูปแบบผง (mash form) ทุกระดับ พบว่ามีผลทำให้การเจริญเติบโตและประสิทธิภาพการใช้อาหารของไก่เนื้อต่ำกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับการใช้ข้าวโพดและกากถั่วเหลืองเป็นแหล่งวัตถุดิบหลัก อย่างไรก็ตามเมื่อนำอาหารดังกล่าวไปอัดเม็ด พบว่าสมรรถนะการเจริญเติบโตของไก่เนื้อไม่แตกต่างจากข้าวโพด และกากถั่วเหลือง ดังนั้นการอัดเม็ดอาหารที่มีกากมันสำปะหลังเป็นส่วนประกอบอาจสามารถช่วยแก้ไขปัญหาดังกล่าวได้ นอกจากนี้กากมันสำปะหลังมีโปรตีนเป็นองค์ประกอบที่ต่ำ (ประมาณ 2% โดยน้ำหนักแห้ง) และขาดสารที่ให้สีจำพวกต่างๆ ดังนั้นการนำกากมันสำปะหลังไปใช้ควรพิจารณาในรายละเอียดดังกล่าวด้วย

เปอร์เซ็นต์ซากของไก่เนื้อที่ได้รับกากมันสำปะหลัง มีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม ($P>0.05$) แต่อย่างไรก็ตามพบว่ากากมันสำปะหลังมีผลทำให้ไขมันช่องท้องในไก่เนื้อลดลง ($P<0.05$) ซึ่งอาจมีผลมาจากเยื่อใยในระดับที่สูงของกากมันสำปะหลังไปยับยั้งการสังเคราะห์ไขมันในตับและช่องท้อง เมื่อพิจารณาจากข้อมูลการย่อยได้ในส่วนของการย่อยได้สิ่งแห้งและสารอินทรีย์ในไก่กลุ่มที่ได้รับกากมันสำปะหลัง สันนิษฐานว่าอาจเป็นไปได้เช่นกันที่การย่อยได้ของไขมันก็อาจจะลดลง โดย Akiba and Matsumoto (1982) พบว่าไก่เนื้อที่ได้รับอาหารที่มีเยื่อใยสูง (เซลลูโลสและอัลฟัลฟา) มีผลทำให้การสะสมของไขมันในเนื้อและพลาสมาลดลง ($P<0.05$) ซึ่งสอดคล้องกับงานทดลองของ Eruvbetine et al. (2003) และ Eruvbetine et al. (1995) รายงานว่าไก่เนื้อและไก่ไข่ที่ได้รับอาหารที่มีมันสำปะหลังเป็นส่วนประกอบสูง มีผลทำให้

ไก่เนื้อเมื่อได้น้ำหนักส่งตลาดมีปริมาณไขมันลดลง และไก่ไข่มีไขมันสะสมที่ช่องท้องลดลงเมื่ออายุ 40 สัปดาห์ ปัจจัยที่ส่งผลทำให้ไขมันลดลงอาจมีผลมาจากการลดลงของพลังงานที่กินได้ และส่งผลต่อเนื่องทำให้พลังงานที่สะสมลดลง ซึ่งสอดคล้องกับการรายงานของ Latshaw (2008) ที่พบว่าอาหารที่มีพลังงานและโปรตีนเท่ากัน แต่มีระดับของเยื่อใยที่แตกต่างกันมีผลทำให้พลังงานที่กินได้ลดลง เยื่อใยที่เป็นองค์ประกอบในกากมันสำปะหลังส่วนใหญ่เป็นเยื่อใยชนิดไม่ละลายน้ำ (insoluble fiber) ในช่วงที่ผ่านมามีงานวิจัยจำนวนมากที่ได้รายงานว่าเยื่อใยชนิดไม่ละลายน้ำ ส่งผลดีต่อสุขภาพของมนุษย์และสัตว์ (Hetland และคณะ 2003; Raupp และคณะ 2004)

น้ำหนักกึ๋นเพิ่มขึ้นตามระดับกากมันสำปะหลังที่เพิ่มขึ้นในสูตรอาหาร โดยเฉพาะอย่างยิ่งการเสริมกากมันสำปะหลังในระดับสูง (16%) ซึ่งให้ผลเช่นเดียวกับความยาวของลำไส้ส่วน เจจูนัมและไอเลียม Erubetine et al. (2003) รายงานว่าการที่กึ๋นของไก่เนื้อที่ได้รับอาหารที่มีมันสำปะหลังเป็นส่วนประกอบมีขนาดเพิ่มขึ้นเป็นผลมาจากความฟ่ามของอาหาร Hetland et al. (2003) รายงานว่าเยื่อใยชนิดไม่ละลายน้ำมีส่วนช่วยในการพัฒนาการทำงานของระบบทางเดินอาหาร และกึ๋น

การย่อยได้ของสิ่งแห้งและสารอินทรีย์ และการใช้ประโยชน์ได้ของไนโตรเจนลดลงตามการเพิ่มขึ้นของกากมันสำปะหลัง โดยภาพรวมแล้วค่าต่างๆ เหล่านี้มีการเปลี่ยนแปลงอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อมีการใช้กากมันสำปะหลังที่ระดับ 8% หรือต่ำกว่า การที่ค่าการย่อยได้และการใช้ประโยชน์ได้ของโภชนะลดลงตามการเพิ่มขึ้นของกากมันสำปะหลัง มีลักษณะคล้ายคลึงกับผลทางด้านสมรรถนะการเจริญเติบโต ซึ่งผลดังกล่าวสอดคล้องกับการรายงานวิจัยของนักวิจัยที่พบว่าปริมาณเยื่อใยมีความสัมพันธ์เชิงลบกับการย่อยได้ของโภชนะ (Hetland และคณะ 2005; Hetland และคณะ 2003; Hetland and Svihus, 2001) จากข้อมูลดังกล่าวเป็นไปได้ว่าปริมาณเยื่อใยที่สูงในกากมันสำปะหลังเป็นปัจจัยสำคัญในการลดการย่อยได้ โดยเยื่อใยมีผลต่อการลดการย่อยได้ของสิ่งแห้ง อาจเนื่องมาจากตัวของเยื่อใยมีการย่อยได้ต่ำหรือเยื่อใยดังกล่าวไปลดการย่อยได้ของโภชนะตัวอื่น หรือทั้งสองอย่าง ดังนั้นการลดการย่อยได้มีผลทำให้สมรรถนะการเจริญเติบโตลดลง

สำหรับการเพิ่มคุณค่าทางโภชนะของกากมันสำปะหลัง โดยวิธีการหมักด้วยเชื้อ *A. oryzae* และ *C. utilis* พบว่า การหมักกากมันสำปะหลังด้วยเชื้อ *A. oryzae* มีผลในการเพิ่มปริมาณโปรตีนและอะมิโนไนโตรเจนสูงกว่าการหมักด้วยเชื้อ *C. utilis* ($P<0.05$) ซึ่งอาจเป็นผลมาจากความสามารถของ *A. oryzae* ในการหลั่งเอ็นไซม์เพื่อย่อยเซลลูโลส (extra cellular enzymes) ในกากมันสำปะหลังได้ดีกว่า *C. utilis* (Oboh และคณะ 2002) นอกจากนี้ยังสามารถอธิบายได้จากปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ที่เกิดขึ้นจากการหมักสำปะหลังด้วยเชื้อ *A. oryzae* มีค่าเพิ่มสูงขึ้น โดยมีการเพิ่มขึ้นสูงสุดที่ระยะเวลาการหมัก 3 วัน และเริ่มลดลงตามระยะเวลาการหมัก ในขณะที่ไม่พบการเปลี่ยนแปลงของน้ำตาลรีดิวซ์ในกากมันสำปะหลังที่หมักด้วยเชื้อ *C. utilis* ถึงแม้โดยภาพรวม เมื่อนำ

โปรตีน อะมิโนไนโตรเจน และน้ำตาลรีดิวซ์ที่ได้ไปวิเคราะห์หาความแตกต่างทางสถิติ และพบปฏิสัมพันธ์ (interaction) ระหว่างเชื้อจุลินทรีย์ ระดับยูเรีย และระยะเวลาการหมัก อีกทั้งเมื่อพิจารณาปัจจัยอื่นร่วมด้วย เช่น ต้นทุนต่ำสุด ระดับที่ปลอดภัยสำหรับสัตว์ และปริมาณอะมิโนไนโตรเจนซึ่งเป็นตัวที่แสดงถึงการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ที่ดีกว่าโปรตีน ดังนั้นในงานทดลองนี้จึงสรุปได้เชื้อ *A. oryzae* มีความเหมาะสมสำหรับใช้ในการหมักกากมันสำปะหลังมากกว่า *C. utilis* โดยในการทดลองครั้งนี้ได้ใช้ยูเรียเป็นแหล่งไนโตรเจน เพราะมีการรายงานว่ายูเรียเป็นแหล่งไนโตรเจนที่เหมาะสมที่สุดที่ใช้ในการเพิ่มปริมาณโปรตีนของเซลล์ โดยไม่จำเป็นต้องปรับ pH ของซับสเตรท (นันทกร และคณะ, 2543) ซึ่งจะเห็นได้ว่ายูเรียที่ระดับความเข้มข้น 0.75% และหมักเป็นระยะเวลา 4 วัน สามารถเพิ่มปริมาณโปรตีนและอะมิโนไนโตรเจนในการเพิ่ม biomass cell ได้ดีที่สุดได้ดีที่สุด

ดังนั้นจากข้อมูลเบื้องต้นในการหมักกากมันสำปะหลังระดับห้องปฏิบัติการสามารถสรุปได้ว่าการหมักกากมันสำปะหลังด้วยเชื้อ *A. oryzae* โดยใช้ยูเรียที่ระดับ 0.75% หมักเป็นระยะเวลา 4 วัน สามารถเพิ่ม biomass ได้สูงสุด โดยสามารถเพิ่มโปรตีนและอะมิโนไนโตรเจนจากจาก 2.59% vs 0.89% (กากมันสำปะหลังไม่ได้หมัก) เป็น 17.4% และ 15.1% ตามลำดับ ดังนั้น กากมันสำปะหลังหมักด้วยเชื้อ *A. oryzae* น่าจะเป็นวัตถุดิบอาหารที่มีคุณค่าสำหรับสัตว์ได้อีกทางหนึ่ง

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัย

สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาการใช้กากมันสำปะหลังเสริมในอาหารไก่เนื้อ โดยศึกษาผลต่อสมรรถนะการเจริญเติบโต คุณภาพซาก และการย่อยได้ของโภชนะ รวมถึงการศึกษาหาวิธีการเพิ่มคุณค่าทางโภชนะโดยวิธีการหมักกากมันสำปะหลังด้วยเชื้อจุลินทรย์ *A. oryzae* และ *C. utilis* สรุปได้ดังนี้

1. กากมันสำปะหลังสามารถใช้เป็นวัตถุดิบแหล่งพลังงานในอาหารไก่เนื้อได้ แต่ระดับการใช้ต้องไม่เกิน 8% ในสูตรอาหาร

2. กากมันสำปะหลัง นอกจากมีประโยชน์ในแง่ของการใช้เป็นวัตถุดิบอาหารสัตว์แหล่งพลังงานสำหรับไก่เนื้อแล้ว นอกจากนี้กากมันสำปะหลังอาจส่งผลดีต่อไก่เนื้อในแง่ของการพัฒนาระบบทางเดินอาหารให้มีสุขภาพดี และลดการไขมันสะสมในช่องท้องได้

3. การปรับปรุงคุณภาพของกากมันสำปะหลังด้วยวิธีการหมักด้วยเชื้อ *A. oryzae* สามารถเพิ่มคุณค่าทางโภชนะของกากมันสำปะหลังในส่วนของโปรตีนรวมและอะมิโนไนโตรเจนได้สูงขึ้น

ข้อเสนอแนะ

1. เนื่องจากกากมันสำปะหลังมีลักษณะเป็นฝุ่นและมีความฟ่ามสูง การอัดเม็ดอาหารที่มีกากมันสำปะหลังเป็นส่วนประกอบก่อนนำไปใช้เป็นอาหารสัตว์ อาจสามารถเพิ่มระดับการใช้ประโยชน์ได้สูงขึ้น

2. ควรศึกษาการหมักกากมันสำปะหลังในระดับการหมักขนาดใหญ่ และนำผลที่ได้ไปทดสอบใช้จริงในสัตว์

บรรณานุกรม

นันทกร บุญเกิด, สุรีลักษณ์ รอดทอง และ หนึ่ง เตียอำรุง. (2543). การเปลี่ยนแป้งมันสำปะหลังโดยกระบวนการทางชีวภาพให้เป็นผลิตภัณฑ์โปรตีนสูงเพื่อใช้เป็นอาหารสัตว์. รายงานการวิจัย สาขาเทคโนโลยีชีวภาพ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.

สุมณฑา วัฒนสินธุ์. (2545). จุลชีววิทยาทางอาหาร. ข้อมูลทางบรรณานุกรมของหอสมุดแห่งชาติ.

อนันตภัทร บุญยะกมล และ วิชัย ลีลาวัชรมาศ. (2548). การใช้กากมันสำปะหลังผลิตโปรตีนเซลล์เดียวเพื่อใช้ผสมในอาหารสัตว์. วารสารวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมไทย ปีที่ 19 ฉบับที่ 2: หน้า 41-50.

อุษณีย์ภรณ์ สร้อยเพ็ชร์, เทอดศักดิ์ คำเหมือง, ฉลอง วชิราภากร และวิชัย ลีลาวัชรมาศ. (2550). การใช้มันสำปะหลังหมักแบบกึ่งแห้งด้วยเชื้อรา *Aspergillus niger* เป็นวัตถุดิบอาหารสัตว์ในสูตรอาหารเป็ดเนื้อ. การประชุมวิชาการสัตวศาสตร์ ครั้งที่ 3. 23 มกราคม 2550. ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาขอนแก่น. หน้า 58-66.

Akiba, Y., and T. Matsumoto. (1982). Effects of dietary fibers on lipid metabolism in liver and adipose tissue in chicks. J. Nutr. 112:1577–1585.

AOAC. (1990). Official Method of Analysis. 15 th Ed. Association of Analytical Chemists. Washington, DC.

Azoulay, E., F. Jouanneau, J.C. Bertrand, A. Raphael, J. Janssens, and J.M. Lebeault. (1980). Fermentation methods for protein enrichment of cassava and corn with *Canida tropicalis*. Appl. Environ. Microbiol. 39: 41-47.

Borin, K., J.E. Lindberg, and R.B. Ogle. (2006). Digestibility and digestive organ development in indigenous and improved chickens and ducks fed diets with increasing inclusion levels of cassava leaf meal. J. Anim. Physiol. An. N. 90: 230-237.

Chotineeranat, S., C. Pradistsuwana, P. Siritheerasas, and S. Tantratian. (2004). Reducing sugar production from cassava pulp using enzymes and ultrafiltration I: enzymatic hydrolyzation. J. Sci. Chula. Univ. 29: 119-128.

Eruvbetine, D., I. D. Tajudeen, A. T. Adeosun, and A. A. Olojede. (2003). Cassava (*Manihot esculenta*) leaf and tuber concentrate in diets for broiler chickens. Bioresour. Technol. 86:277–281.

Eruvbetine, D. (1995). Processing and utilisation of cassava as animal feed for non-ruminant animals. Paper presented at the Workshop on Alternative Feedstuffs for Livestock

Organized by the Lagos State Ministry of Agriculture and Co-operative and Rural Development, Lagos. NIgeria.

Garcia, M. (1999). Cassava root meal for poultry. J. Appl. Poultry Res. 8: 132-137.

Hetland, H., B. Svihus, and A. Krogdahl. (2003). Effect of oat hulls and wood shavings on digestion in broilers and layers fed diets based on whole or ground wheat. Br. Poult. Sci. 44:275–282.

Hetland, H., and B. Svihus. (2001). Effect of oat hulls on performance, gut capacity and feed passage time in broiler chickens. Br. Poult. Sci. 42:354–361.

Hetland, H., B. Svihus, and M. Choct. (2005). Role of insoluble fiber on gizzard activity in layers. J. Appl. Poult. Res. 14:38–46.

Hughes, M.C., Kerry, J.P., Arendt, E.K., Kenneally, P.M., McSweeney, P.L.H., and O'Neill, E.E. (2002). Characterization of proteolysis during the ripening of semi-dry fermented sausages. Meat Sci. 62, 205-216.

Latshaw, J. D. (2008). Daily energy intake of broiler chickens is altered by proximate nutrient content and form of the diet. Poult. Sci. 87:89–95.

Liu, X., Feng, J., Xu, Z., Lu, Y., and Liu, Y. (2007). The effect of fermented soybean meal on growth performance and immune characteristics in weaned piglets. Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences 31(5): 341-345.

Muller, Z., K. C. Chou, and K. C. Nah. (1974). Cassava as total substitute for cereals in livestock and poultry rations. World Anim. Rev. 12:19–35.

National Research Council. (1994). Nutrient Requirement of Poultry. 9th. rev. ed. National Academy Press. Washington, DC.

Oke, O. L. (1978). Problems in the use of cassava as animal feed. Anim. Feed Sci. Technol. 3:345–380.

Oboh, G. (2006). Nutrient enrichment of cassava peels using a mixed culture of *Saccharomyces cerevisiae* and *Lactobacillus spp* solid media fermentation techniques. Electron. J. Biotechno. ISSN: 0717-3458. 9: 46-49.

Oboh, G., and A.A. Akindahunsi. (2003). Biochemical changes in cassava products (flour&gari) subjected to *Saccharomyces cerevisiae* solid media fermentation. Food Chem. 82: 599-602.

Oboh, G., A.A. Akindahunsi, and A.A. Oshodi. (2002). Nutrient and anti-nutrient contents of *Aspergillus niger* fermented cassava products (flour and gari). J. Food Compos. Anal. 15: 617-622.

Oboh, G., and Elusiyan, C. A. (2007). Changes in the nutrient and anti- nutrient content of micro-fungi fermented cassava flour produced from low-and medium- cyanide variety of cassava tubers. African. J. Biotech. 6(18): 2150-2157.

Raupp, D. S., D. A. Rosa, S. H. P. Marques, and D.A. Banzatto. (2004). Digestive and functional properties of a partially hydrolyzed cassava solid waste with high insoluble fiber concentration. Sci. Agric. (Piracicaba, Brazil) 61:286–291.

Reade, A.E., and K.F. Gregory. (1975). High-temperature production of protein-enriched feed from cassava by fungi. Appl Microbiol. 30: 897-894.

SAS Institute. 1996. SAS User's Guide : Statistics®. SAS Institute Inc. Cary, NC.

Sibbald, I. R. (1976). A bioassay for true metabolizable energy in feedingstuffs. Poult. Sci. 55:303–308

SPSS. 2004. User's Guide, Version 13.0. SPSS Inc., Chicago, IL.

Sriroth, K. (1994). Recent developments in cassava utilization in Thailand. In: Proceeding of the Second International Scientific Meeting of the Cassava Biotechnology Network. Bogor, Indonesia, 22-26 Aug 1994. Working document no. 150. Centro International de Agricultura Tropical (CIAT). Cali, Columbia, pp. 690-701.

Sriroth, K., R. Chollakup, S. Chotineeranat, K. Piyachomkwan and C.G. Oates. (2000). Processing of cassava waste for improve biomass utilization. Bioresource Technol. 71: 63-69.

Weiss, F. G., and M. L. Scott. (1979). Effects of dietary fiber, fat and total energy upon plasma cholesterol and other parameters in chicken. J. Nutr. 109:693–701.

Zamora, R. G., and Veum, T. L. (1979). Whole soybeans fermented with *Aspergillus oryzae* and *Rhizopus oligosporus* for growing pigs. J. Anim. Sci. 48: 63-68.

ภาคผนวก

©2009 Poultry Science Association, Inc.

Dried cassava pulp as an alternative feedstuff for broilers: Effect on growth performance, carcass traits, digestive organs, and nutrient digestibility

S. Khempaka,*[1] W. Molee,* and M. Guillaume†

**School of Animal Production Technology, Institute of Agricultural Technology, Suranaree University of Technology, Nakhon Ratchasima 30000, Thailand; and †Vitalac, Room 201, 2nd Floor, L11-L12 Mieu Noi, W3, Binh Thanh District, Ho Chi Minh City, Vietnam*

Primary Audience: Nutritionists, Researchers, Feed Formulators

SUMMARY

Dried cassava pulp (DCP), a by-product of cassava starch factory processing, contains a large quantity of starch. Therefore, it is certainly worthwhile to investigate its use as an energy source for poultry feed. Two experiments were conducted to examine the potential use of DCP for broilers. Growth, carcass traits, length and weight of digestive organs, and nutrient digestibility were determined in broilers fed diets containing 0 to 16% DCP. Seven-day-old mixed-sex chicks (n = 240) were randomly distributed to 5 dietary treatment groups through 42 d of age (experiment 1). In experiment 2, a total of 50 chicks were randomly allotted to individual cages at 15 d and fed 1 of 5 diets for 10 d to measure digestibility. Results showed that growth performance and nutrient digestibility decreased with increasing levels of DCP. In most cases, these parameters did not change significantly when DCP was at or below 8%. A significant increase in gizzard weight and a reduction in abdominal fat were also found in broilers fed DCP. In conclusion, it is suggested that DCP be used as an energy source at inclusion levels up to 8% in broiler diets.

Key words: dried cassava pulp, growth performance, carcass, digestibility, broiler

2009 J. Appl. Poult. Res. 18:487–493
doi:10.3382/japr.2008-00124

DESCRIPTION OF PROBLEM

The feed industry in Thailand uses corn as the energy source for broiler diets. Recently, however, a large proportion of corn has been used for the production of ethanol, resulting in an inadequate supply of corn for use as an energy source in poultry diets. Studies involving the use of unconventional feedstuffs instead of corn are an important issue facing nutritionists, who must provide solutions to these problems.

Cassava (*Manihot esculenta* Crantz) is grown in tropical countries in Africa, Asia, and Latin America, with 70% of the world's cassava production coming from Nigeria, Brazil, Thailand, Indonesia, and the Democratic Republic of the Congo [1]. Cassava root can be used to produce cassava chips, cassava pellets, and cassava starch, which are in high demand throughout the world. Thailand, Indonesia, and Brazil are the most prominent exporters of cassava starch, with their production accounting for 95% of the

[1]Corresponding author: khampaka@sut.ac.th

Table 1. Nutritional composition of dried cassava pulp (as-fed basis)

Item	Amount, %
Component	
DM	93.22
CP	1.98
EE	0.13
CF	13.59
Ash	2.83
Ca	0.10
Total P	0.05
Starch	53.55
TME, kcal/kg	2,484
Amino acid, g/100 g	
Met	0.018
Lys	0.104
Arg	0.062
His	0.013
Ile	0.065
Leu	0.104
Phe	0.059
Thr	0.076
Tyr	0.045
Val	0.082
Ala	0.139
Proline	0.096
Asp	0.131
Ser	0.092
Glu + Gln	0.161
Gly	0.078
Total	1.324

world's supply [1]. Cassava pulp is the solid, moist by-product of cassava starch manufacture, and it represents approximately 10 to 15% of the original root weight. As cassava starch production increases, so does the large volume of waste by-product generated. In Thailand, at least 1 million tons of pulp is generated annually. After drying, some of the by-product is used to produce fertilizer or is included in diets for ruminants and swine. However, an abundance of by-product still remains. According to composition values, cassava pulp contains 69.89% starch, 1.70% ash, 1.55% CP, 27.75% CF, and 0.12% EE on a DM basis [2]. The fiber content of dried cassava pulp (**DCP**) is reportedly in the form of insoluble fiber. Suksombat et al. [3] reported the fiber components of DCP as 36.7% NDF, 9.8% ADF, and 3.9% acid detergent lignin.

With respect to the practical use of DCP as a poultry feed, the high fiber content is an obvious concern. High levels of fiber, bulkiness, and dustiness in DCP are possible factors leading to decreased growth performance and digestibility. A strong negative correlation between the fiber fractions and nutrient digestibility has been reported in previous studies [4–6]. It has also been reported that poultry fed diets with high fiber levels have reduced performance and abdominal fat content and that the length and weight of the digestive organs is altered [5, 7, 8]. Even though the fiber level of DCP is problematic, its content is also composed of a high amount of starch. Therefore, it is certainly worthwhile to investigate the use of DCP as an energy source for poultry, and the literature is limited in this regard. Therefore, the purpose of this study was to evaluate the effect of DCP on BW gain, feed intake (**FI**), FCR, carcass traits, digestive organ weight and length, and nutrient digestibility in broilers.

MATERIALS AND METHODS

All experiments were conducted according to the principles and guidelines approved by the Animal Care and Use Committee of Suranaree University of Technology.

Preparation of DCP

We obtained fresh cassava pulp from a starch plant and it was sun-dried to a moisture content of approximately 10%. Dried pulp was ground to pass through a 1.0-mm mesh sieve. Prior to diet formulation, proximate and other analyses of DCP were determined (Table 1). Metabolizable energy value was determined using the methodology established by Sibbald [9].

Experiment 1

Five experimental diets (1 control and 4 DCP diets) were formulated to similar levels of calculated ME (approximately 3,102 kcal/kg) and CP (approximately 20 and 17% in the starter and finisher diets, respectively; Table 2). All other nutrients were calculated to meet the NRC requirements [10]. Dried cassava pulp was included in the broiler diets at the levels of 4, 8, 12, and 16%. Seven-day-old mixed-sex broiler chicks (n = 240; Arbor Acres [11]) were randomly allotted to 15 pens. Each pen (n = 16) was fed 1 of 5 diets and there were 3 replicate pens per diet. All birds received starter and finisher diets in mash form

Table 2. Composition of the experimental diets (as-fed basis)

	Dried cassava pulp									
	Starter (7 to 21 d)					Finisher (22 to 42 d)				
Item	Control	4%	8%	12%	16%	Control	4%	8%	12%	16%
Ingredient, %										
Corn	54.70	50.70	46.70	42.70	38.70	60.00	56.00	52.00	48.00	44.00
Soybean meal	25.88	26.71	27.77	28.70	29.60	20.96	21.88	23.00	23.85	24.84
Fish meal	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00
Rice bran	4.67	3.60	2.30	1.12	0.00	8.40	7.40	6.02	4.96	3.66
Dried cassava pulp	0.00	4.00	8.00	12.00	16.00	0.00	4.00	8.00	12.00	16.00
Soybean oil	3.14	3.37	3.61	3.85	4.07	2.70	2.88	3.14	3.35	3.61
Salt	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22
DL-Met	0.26	0.27	0.27	0.28	0.28	0.19	0.19	0.20	0.20	0.21
L-Lys	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.13	0.13	0.10	0.10	0.10
Limestone	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90
Dicalcium phosphate	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Premix[1]	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
Calculated composition, %										
AME, kcal/ kg	3,102	3,102	3,102	3,102	3,102	3,102	3,102	3,102	3,102	3,102
Met + Cys	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.72	0.72	0.72	0.72	0.72
Lys	1.13	1.14	1.15	1.16	1.17	1.00	1.01	1.00	1.00	1.01
Ca	1.02	1.02	1.02	1.02	1.02	0.90	0.90	0.90	0.91	0.91
Available P	0.61	0.61	0.61	0.61	0.60	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47
Analyzed composition, %										
DM	88.7	89.0	89.3	89.5	89.8	89.5	89.8	88.8	89.2	89.0
CP	19.62	20.57	20.42	20.42	20.52	17.93	17.07	17.70	17.30	17.10
CF	2.69	3.15	3.50	3.95	4.44	2.67	2.97	3.67	4.47	5.24

[1]Premix (0.5%) provided the following (per kilogram of diet): vitamin A, 15,000 IU; vitamin D_3, 3,000 IU; vitamin E, 25 IU; vitamin K_3, 5 mg; vitamin B_1, 2.5 mg; vitamin B_2, 7 mg; vitamin B_6, 4.5 mg; vitamin B_{12}, 25 µg; pantothenic acid, 35 mg; folic acid, 0.5 mg; biotin, 25 µg; nicotinic acid, 35 mg; choline chloride, 250 mg; Mn, 60 mg; Zn, 45 mg; Fe, 80 mg; Cu, 1.6 mg; I, 0.4 mg; Se, 0.15 mg.

from 7 to 21 d and 22 to 42 d, respectively. Diet and water were provided ad libitum throughout the experimental period. Body weight, FI, and FCR were determined for each pen at 14, 21, 28, 35, and 42 d of age. At the end of the experiment, 2 birds (male and female) from each pen were fasted overnight with access to water and sacrificed by exsanguination. Carcass traits and the length and weight of different segments of the intestine emptied of residual digesta were measured.

Experiment 2

Fifty 11-d-old male broiler chicks (Arbor Acres [11]) were placed in individual cages. After a 4-d adaptation period, all chicks were randomly allotted to an experimental diet (10 birds per diet) for 10 d. All birds were fed starter diets in mash form (nutrient composition identical to starter experimental diets in experiment 1). Feed and water were provided ad libitum throughout the experimental period. Body weight and FI of individual chicks were recorded daily (15 to 25 d of age). Excreta were collected on experimental d 7 to 10 (22 to 25 d of age), sprayed with 5% HCl, and dried at 55°C. Dried excreta were stored at −20°C until analyses. Dry matter, organic matter (**OM**), and N in diets and excreta were measured to assess their digestibilities and retention according to standard methods [12].

Statistical Analysis

Data were analyzed by ANOVA and by using SPSS version 13.0 [13]. Significant differences among treatment were assessed by LSD. The effect of increasing DCP was partitioned into linear, quadratic, cubic, and quartic components by using polynomial trend analysis. A significant level of $P \leq 0.05$ was used.

RESULTS

Inclusion of DCP in diets at various levels resulted in significant decreases (linear, $P = 0.0001$) in BW at 42 d of age (Table 3). Compared with the values in the control group, BW did not change significantly in the 4 and 8% groups, but decreased significantly in the 12 and 16% groups. The significant differences in FI and FCR among treatments ($P \leq 0.05$) were observed from 14 to 35 d and 14 to 21 d, respectively. The dietary effects on FI and FCR were similar to that of BW. Even though the BW of broilers fed 16% DCP showed a greater result than the 12% DCP at 21 d of age, no significant differences between these 2 groups were observed at the end of the experiment.

The effects of DCP on carcass traits are presented in Table 4. The percentages of eviscerated carcasses and giblets found in broilers fed DCP were not significantly different from those of the control. The test results for breast, fillet, drumstick, thigh meat, and drumstick meat percentages were similar to those of eviscerated carcasses and giblets. The percentage of abdominal fat decreased linearly ($P = 0.0002$) with increasing levels of DCP.

The results for digestive organ measurements are presented in Table 5. There were no significant differences ($P > 0.05$) in lengths of the duodenum and ceca per 100 g of BW among the treatments, whereas lengths of the jejunum and ileum found in broilers fed DCP were significantly increased ($P \leq 0.05$) in the 16% and the 12 to 16% groups, respectively, compared with the control group. The weights of the heart, liver, pancreas, spleen, proventriculus, jejunum, ileum, and ceca did not change significantly among treatments ($P > 0.05$). Gizzard weight per 100 g of BW increased linearly ($P = 0.0118$) with increasing levels of DCP. Compared with the value in the control group, gizzard weight did not change significantly in the 4, 8, and 12% groups but did increase significantly in the 16% DCP group.

Table 3. Growth performance of broilers fed dietary dried cassava pulp[1]

Item	Control	Dried cassava pulp				SEM	*P*-value, trend[2]
		4%	8%	12%	16%		
BW, g							
Day 7	153	152	152	153	154	4.11	NS[3]
Day 14	425	432	437	396	433	14.87	NS
Day 21	835[a]	825[a]	842[a]	622[c]	723[b]	18.31	Q = 0.0003[4]
Day 28	1,387[a]	1,327[a]	1,336[a]	1,119[b]	1,111[b]	32.99	Q = 0.0243
Day 35	1,958[a]	1,886[a]	1,935[a]	1,695[b]	1,693[b]	51.02	L = 0.0012[5]
Day 42	2,422[a]	2,411[a]	2,347[a]	2,149[b]	2,051[b]	50.18	L = 0.0001
Cumulative feed intake, g/bird							
Day 14	353[ab]	367[a]	318[ab]	299[b]	327[ab]	21.27	NS
Day 21	1,026[ab]	1,086[a]	998[ab]	856[c]	942[bc]	42.41	Q = 0.0186
Day 28	1,990[a]	1,956[a]	1,936[a]	1,695[b]	1,716[b]	64.78	L = 0.0067
Day 35	3,248[a]	3,295[a]	3,120[ab]	2,669[c]	2,798[bc]	141.45	L = 0.0067
Day 42	4,566	4,705	4,785	3,949	3,753	331.78	NS
FCR, g of feed/g of BW							
Day 14	1.30	1.32	1.12	1.23	1.19	0.09	NS
Day 21	1.51[bc]	1.61[abc]	1.45[c]	1.84[a]	1.72[ab]	0.08	L = 0.0356
Day 28	1.63	1.70	1.68	1.77	1.83	0.07	NS
Day 35	1.81	1.96	1.79	1.76	1.84	0.16	NS
Day 42	2.03	2.11	2.23	1.99	1.99	0.15	NS

[a–c]Means with different superscripts in a row are significantly different ($P \leq 0.05$).

[1]Values for each parameter represent mean values of 3 observations.

[2]Refers to polynomial trend analysis.

[3]Not significant ($P > 0.05$).

[4]Quartic trend.

[5]Linear trend.

Table 4. Carcass traits of broilers fed dietary dried cassava pulp[1]

Item	Control	Dried cassava pulp 4%	8%	12%	16%	SEM	*P*-value, trend[2]
	% Live weight						
Eviscerated[3]	68.50	69.20	68.20	67.50	68.00	0.78	NS[4]
Giblets	7.80	7.70	7.80	8.50	8.60	0.30	NS
	% Eviscerated carcass						
Breast	25.12	23.54	23.30	23.70	22.82	0.70	NS
Fillet	4.94	4.89	4.88	4.81	4.94	0.20	NS
Thigh	21.01[a]	21.43[a]	20.73[a]	20.38[ab]	19.42[b]	0.44	L = 0.0055[5]
Drumstick	14.67	14.40	13.51	13.16	14.89	0.62	NS
Thigh meat	16.61	17.44	17.00	16.26	16.14	0.42	NS
Drumstick meat	10.44	9.73	9.58	9.60	10.25	0.28	NS
Abdominal fat	2.79[a]	2.64[ab]	1.86[bc]	1.48[c]	1.30[c]	0.31	L = 0.0002

[a–c]Means with different superscripts in a row are significantly different ($P \leq 0.05$).

[1]Values for each parameter represent mean values of 6 observations.

[2]Refer to polynomial trend analysis.

[3]Carcass weight without giblets, neck, and shank.

[4]Not significant ($P > 0.05$).

[5]Linear trend.

Nutrient digestibility and retention are presented in Table 6. Overall, DM and OM digestibility decreased linearly ($P = 0.0001$ and $P = 0.0001$, respectively) with increasing levels of DCP, but the greatest decline was observed in the 12 and 16% DCP groups. Retention of N was 63.68% in the control group. Retention of N decreased linearly ($P = 0.0027$) with increasing levels of DCP. Compared with the value in the control group, N retention did not change signif-

Table 5. Digestive organ measurements of broilers fed dietary dried cassava pulp[1]

Item	Control	Dried cassava pulp 4%	8%	12%	16%	SEM	*P*-value, trend[2]
Organ length, cm/100 g of BW							
Duodenum	1.60	1.61	1.66	1.92	1.52	0.16	NS[3]
Jejunum	2.88[b]	3.01[ab]	2.84[b]	3.44[ab]	3.73[a]	0.25	NS
Ileum	3.04[b]	2.96[b]	3.43[ab]	3.75[a]	3.80[a]	0.23	NS
Ceca	1.92	1.77	1.64	1.92	2.00	0.14	NS
Organ weight, g/100 g of BW							
Heart	0.46	0.48	0.48	0.53	0.50	0.03	NS
Liver	2.09	1.95	1.97	2.16	2.19	0.09	NS
Pancreas	0.20	0.21	0.18	0.20	0.21	0.02	NS
Spleen	0.40	0.34	0.33	0.47	0.39	0.07	NS
Proventriculus	0.37	0.38	0.36	0.34	0.41	0.03	NS
Gizzard	1.30[b]	1.25[b]	1.27[b]	1.44[ab]	1.60[a]	0.03	L = 0.0118[4]
Duodenum	0.51[b]	0.63[ab]	0.56[ab]	0.68[a]	0.58[ab]	0.06	NS
Jejunum	1.17	1.09	0.96	1.17	1.17	0.07	NS
Ileum	0.97	0.97	0.90	1.03	1.09	0.07	NS
Ceca	0.48	0.47	0.51	0.50	0.50	0.05	NS

[a,b]Means with different superscripts in a row are significantly different ($P \leq 0.05$).

[1]Values for each parameter represent mean values of 6 observations.

[2]Refers to polynomial trend analysis.

[3]Not significant ($P > 0.05$).

[4]Linear trend.

Table 6. Digestibility and retention of broilers fed dietary dried cassava pulp[1]

Item	Control	Dried cassava pulp				SEM	*P*-value, trend[2]
		4%	8%	12%	16%		
Digestibility, %							
DM	68.79[a]	66.34[a]	64.73[ab]	59.03[c]	61.70[bc]	1.56	L = 0.000[3]
Organic matter	71.78[a]	70.12[a]	68.97[ab]	63.55[c]	65.61[bc]	1.48	L = 0.0001
N retention, %	63.68[a]	57.75[ab]	57.34[ab]	53.36[b]	54.60[b]	2.25	L = 0.0027

[a–c]Means within a row with different superscripts are significantly different ($P \leq 0.05$).

[1]Values for each parameter represent mean values of 10 observations.

[2]Refers to polynomial trend analysis.

[3]Linear trend.

icantly in the 4 and 8% groups, but did decrease significantly in the 12 and 16% groups.

DISCUSSION

Dried cassava pulp contains starch that can be used as an energy source in poultry diets. In our experiments, increasing DCP up to 8% did not significantly influence BW when compared with the control treatment, which contained no DCP. The decline in BW was most likely due to the high fiber content of DCP (13.59%). Many previous studies have reported that a high-fiber-content diet can depress FI, and consequently can cause growth depression [5, 6]. The depression in FI in the 14- to 35-d period by inclusion of 12 and 16% DCP could be due to the increased bulkiness of the diet and limited digestive tract capacity in broilers. In addition, the increase in bulk has also been reported to reduce palatability [14] and thus may limit the FI of broilers. Even though information on using DCP in broilers is limited, the results of experiments with broilers fed various levels of cassava have been widely reported [15, 16]. The authors summarized that when cassava was provided in mash form at all levels, poorer growth and feed conversion were obtained than with corn-based diets. However, similar performance was obtained when the diets were pelleted [15, 16]. Therefore, offering DCP in pellet form may overcome the problem of bulkiness and ensure an optimal FI by poultry. In addition, DCP is low in protein (approximately 2% on a DM basis) and deficient in carotene contents. Thus, inclusion of DCP in diets should take these factors into consideration.

There were no significant differences in percentages for carcass traits. It was found that broilers fed a diet containing DCP showed a reduction in abdominal fat. The loss of body fat may be associated with the inhibition of lipid synthesis in the liver and abdominal tissue because of the high fiber content in the test diet. In consideration of the low DM and OM digestibility observed in our experiments in broilers fed DCP diets, it was hypothesized that this phenomenon would also result in poor digestibility of fat (discussed below). Akiba and Matsumoto [17] found that chickens fed a diet high in fiber (cellulose and alfalfa meal) had significant reductions in lipid deposition and plasma lipid content and had accelerated lipoprotein activity in the adipose tissue. This was in accordance with the work of Eruvbetine et al. [7] and Eruvbetine [8], who reported that for broilers and layers fed diets high in cassava, broilers had a reduced abdominal fat content at market weight, and layers had a reduced abdominal fat content after 40 wk in lay. An additional possible factor in the reduction of fat deposition may be related to the decrease in energy intake, and hence reduced energy available for fat deposition. This result agrees with the report of Latshaw [18], who found that in diets containing similar levels of energy and protein but a varied fiber content, increasing levels of fiber caused large decreases in ME intake. The fiber contained in DCP is largely insoluble. Recently, several studies have been conducted to investigate insoluble fiber sources as functional foods for humans and animals [5, 19].

Gizzard weight increased with increasing levels of DCP, particularly at the highest level of inclusion (16%). This was also true for the length of the jejunum and ileum. This supports the data of Eruvbetine et al. [7], who suggested

that the increased size of the gizzard in broilers fed a high concentration of cassava could be a result of the bulkiness of the feed. Hetland et al. [5] suggested that insoluble fiber modulates gut development, digestive function, and gizzard activity.

Dry matter digestibility, OM digestibility, and N retention decreased with increasing levels of DCP. In most cases, these parameters did not change significantly when DCP was at or below 8%. The significant changes in digestibility and retention with increasing levels of DCP were similar to those for BW. Similar results have been reported, in which a strong negative correlation was found between the CF content and nutrient digestibility [4–6]. This suggests that the high fiber content in DCP may be the main factor in reducing the digestibility. Fiber may decrease DM digestibility because of its poor digestibility, because it suppresses the digestion of other nutrients, or both. Decreased digestibility would lead to decreased growth performance.

CONCLUSIONS AND APPLICATIONS

1. Dried cassava pulp can be used as a feed ingredient to supply part of the dietary energy requirement of broilers, but it should be limited to 8% or less in diets.
2. Not only is dried cassava pulp useful as an energy source, but it may also improve gut health and reduce abdominal fat deposition in broilers.

REFERENCES AND NOTES

1. Food and Agriculture Organization of the United Nations. 2008. Food Outlook Global Market Analysis. http://www.fao.org/docrep/011/ai474e/ai474e06.htm Accessed Feb. 2009.

2. Sriroth, K., R. Chollakup, S. Chotineeranat, K. Piyachomkwan, and C. G. Oates. 2000. Processing of cassava waste for improve biomass utilization. Bioresour. Technol. 71:63–69.

3. Suksombat, W., P. Lounglawan, and P. Noosen. 2007. Energy and protein evaluation of five feedstuffs used in diet in which cassava pulp as main energy source for lactating dairy cows. Suranaree J. Sci. Technol. 14:99–107.

4. Hetland, H., B. Svihus, and M. Choct. 2005. Role of insoluble fiber on gizzard activity in layers. J. Appl. Poult. Res. 14:38–46.

5. Hetland, H., B. Svihus, and A. Krogdahl. 2003. Effect of oat hulls and wood shavings on digestion in broilers and layers fed diets based on whole or ground wheat. Br. Poult. Sci. 44:275–282.

6. Hetland, H., and B. Svihus. 2001. Effect of oat hulls on performance, gut capacity and feed passage time in broiler chickens. Br. Poult. Sci. 42:354–361.

7. Eruvbetine, D., I. D. Tajudeen, A. T. Adeosun, and A. A. Olojede. 2003. Cassava (*Manihot esculenta*) leaf and tuber concentrate in diets for broiler chickens. Bioresour. Technol. 86:277–281.

8. Eruvbetine, D. 1995. Processing and utilisation of cassava as animal feed for non-ruminant animals. Paper presented at the Workshop on Alternative Feedstuffs for Livestock Organized by the Lagos State Ministry of Agriculture and Co-operative and Rural Development, Lagos, Nigeria.

9. Sibbald, I. R. 1976. A bioassay for true metabolizable energy in feedingstuffs. Poult. Sci. 55:303–308.

10. NRC. 1994. Nutrient Requirements of Poultry. 9th rev. ed. Natl. Acad. Sci., Washington, DC.

11. Arbor Acres Thailand Co. Ltd., Bangkok, Thailand.

12. AOAC. 1990. Official Methods of Analysis. 15th ed. Assoc. Off. Anal. Chem., Washington, DC.

13. SPSS. 2004. User's Guide, Version 13.0. SPSS Inc., Chicago, IL.

14. Weiss, F. G., and M. L. Scott. 1979. Effects of dietary fiber, fat and total energy upon plasma cholesterol and other parameters in chicken. J. Nutr. 109:693–701.

15. Muller, Z., K. C. Chou, and K. C. Nah. 1974. Cassava as total substitute for cereals in livestock and poultry rations. World Anim. Rev. 12:19–35.

16. Oke, O. L. 1978. Problems in the use of cassava as animal feed. Anim. Feed Sci. Technol. 3:345–380.

17. Akiba, Y., and T. Matsumoto. 1982. Effects of dietary fibers on lipid metabolism in liver and adipose tissue in chicks. J. Nutr. 112:1577–1585.

18. Latshaw, J. D. 2008. Daily energy intake of broiler chickens is altered by proximate nutrient content and form of the diet. Poult. Sci. 87:89–95.

19. Raupp, D. S., D. A. Rosa, S. H. P. Marques, and D. A. Banzatto. 2004. Digestive and functional properties of a partially hydrolyzed cassava solid waste with high insoluble fiber concentration. Sci. Agric. (Piracicaba, Brazil) 61:286–291.

Acknowledgments

This study was funded by Suranaree University of Technology in 2007.

ประวัตินักวิจัย

Name : Sutisa Khempaka (Ph.D.)

Position : Lecturer

Address : School of Animal Production Technology
Institute of Agriculture Technology
Suranaree University of Technology
Nakhon Ratchasima 300000, Thailand
Tel. (66 44) 224572 Fax (66 44) 224150
E- mail: khampaka@sut.ac.th

Date of Birth : September 14, 1975

Place of Birth : Surin

Education :

B.Sc. (1998) Animal Science (First Honor), Ubon Ratchathanee University, Thailand

M.Sc. (2002) Animal Nutrition, Khon Kaen University, Thailand

Ph.D. (2006) Animal Nutrition and Feed Science, Gifu University, Japan

Work Experience :

2002 - present : Lecturer, School of Animal Production Technology, Institute of Agricultural Technology, Suranaree University of Technology, Thailand

Papers published in international and national journals/conferences

Khempaka, S., K. Koh, and Y. Karasawa. 2006. Effect of shrimp meal on growth performance and digestibility in growing broilers. J. Poult. Sci. 43: 250-254.

Khempaka, S., M. Mochizuki, K. Koh, and Y. Karasawa. 2006. Effect of chitin in shrimp meal on growth performance and digestibility in growing broilers. J. Poult. Sci. 43: 339-343.

Khempaka, S., W. Molee, and M. Guillaume. 2009. Dried cassava pulp as an alternative feedstuffs for broilers: effect on growth performance, carcass traits, digestive organs and nutrient digestibility. J. Appl. Poult. Res. 18: 487-493.

Khempaka, S., M. Mochizuki, K. Koh, and Y. Karasawa. 2005. Effects of shrimp meal on growth performance, digestibility, nitrogen retention and meat color in growing broilers. Japanese Poultry Science Association, Spring Meeting 2005. Tokyo, Japan.

Khempaka, S., K. Koh, and Y. Karasawa. 2005. Growth performance, digestibility and nitrogen retention in growing broiler given diets containing 4 to 16% of shrimp meal. Japanese Poultry Science Association, Autumn Meeting 2005. Kumamoto, Japan.

Khempaka, S., K. Koh, and Y. Karasawa. 2006. High calcium content in shrimp meal had little effect on growth performance in growing broilers. Japanese Poultry Science Association, Spring Meeting 2006. Fukuoka, Japan.

Khempaka, S., K. Koh, and Y. Karasawa. 2007. The *in vitro* measurement of dry matter and crude protein digestibilities of shrimp meal. First International Conference on Sustainable Animal Agriculture in Developing Countries (SAADC2007), Kunming Yunnan, China.

Khempaka, S., W. Molee, R. Thongkratoke, C. Chitsatchapong, and E. Poonchai. 2008. Fermentation of cassava pulp with *Aspergillus oryzae* and *Candida utilis* for improved nutrients as an alternative feedstuff for animals. The 13th Animal Science Congress of the Asian-Australasian Association of Animal Production Societies. Sept. 22-26, 2008. Hanoi, Vietnam.

Khempaka, S., and W. Molee. 2008. Effect of cassava pulp on growth performance and digestibility in broilers. The 13th Animal Science Congress of the Asian-Australasian Association of Animal Production Societies. Sept. 22-26, 2008. Hanoi, Vietnam.

Khempaka, S., C. Chitsatchapong, and W. Molee. 2009. Measurement of chitin efficiencies on growth performance and ammonia production in broilers. Second International Conference on Sustainable Animal Agriculture in Developing Countries (SAADC2009), Kuala Lumpur, Malaysia.

Chisatchapong, C., **S. Khempaka**, W. Molee, and C. Homta. 2009. Effect of chitin constituent in shrimp meal on nutrient digestibility, hematology and immune response in broilers. Second International Conference on Sustainable Animal Agriculture in Developing Countries (SAADC2009), Kuala Lumpur, Malaysia.

Thongkratok, R., **S. Khempaka**, W. Molee, and C. Homta. 2009. Evaluation of fermented cassava pulp on growth performance and nutrient digestibility in broilers. 2009. Second International Conference on Sustainable Animal Agriculture in Developing Countries (SAADC2009), Kuala Lumpur, Malaysia.

Poonchai, E., **S. Khempaka**, W. Molee, and J. Nojakul. 2009. Effect of glutamine supplementation on growth performance and intestinal microbial population of weaned pigs. Second International Conference on Sustainable Animal Agriculture in Developing Countries (SAADC2009), Kuala Lumpur, Malaysia.