

วัตถุประสงค์เพื่อเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการโปรตีนและเอนไซม์ไฟเตสของมันสำปะหลังที่ใช้เป็นอาหารสัตว์ด้วยวิธีการหมักแบบกึ่งแข็งกึ่งเหลวด้วยเชื้อรา *Aspergillus niger* แบ่งออกเป็น 3 การทดลองดังนี้

การทดลองที่ 1 ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมของการหมักแบบกึ่งแข็งกึ่งเหลว (semi-solid state fermentation) ภายใต้อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 92 การทดลองที่ 1.1 วางแผนการทดลองแบบแฟคทอเรียลในแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (2x3x2 Factorial in Completely Randomized Design, CRD) ใช้ระดับความชื้นเริ่มต้นของอาหารสองระดับ (ร้อยละ 60 และ 80) อัตราส่วนยูเรียต่อแอมโมเนียมซัลเฟตสามระดับ (4:0, 3:1 และ 2:2) จำนวนเชื้อสปอร์เริ่มต้นสองระดับ ( $1 \times 10^7$  และ  $1 \times 10^8$  สปอร์ต่อมิลลิลิตร) จำนวน 2 ซ้ำ รวม 24 หน่วยทดลอง พบอิทธิพลของปัจจัยร่วมคือ ความชื้นเริ่มต้นร้อยละ 60 อัตราส่วนของยูเรียต่อแอมโมเนียมซัลเฟต 4:0 และเชื้อสปอร์เริ่มต้น  $1 \times 10^8$  สปอร์ต่อมิลลิลิตร สามารถเพิ่มระดับโปรตีนในมันสำปะหลังหมักจากร้อยละ 2.22 เป็นร้อยละ 9.85 ที่ระยะเวลาการหมัก 48 ชั่วโมง การทดลองที่ 1.2 วางแผนการทดลองแบบแฟคทอเรียลในแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (2x2 Factorial in CRD) ใช้ระดับความชื้นเริ่มต้นสองระดับ (ร้อยละ 60 และ 80) และอัตราส่วนยูเรียต่อแอมโมเนียมซัลเฟตสองระดับ (4:0 และ 3:1) จำนวน 2 ซ้ำ รวม 8 หน่วยทดลอง ภายใต้จำนวนเชื้อสปอร์เริ่มต้น  $1 \times 10^8$  สปอร์ต่อมิลลิลิตร ที่ระยะเวลาการหมัก 48 ชั่วโมง พบอิทธิพลของปัจจัยร่วมคือ ความชื้นเริ่มต้นร้อยละ 60 และอัตราส่วนของยูเรียต่อแอมโมเนียมซัลเฟต 4:0 สามารถเพิ่มระดับโปรตีนเท่ากับร้อยละ 11.25 การนึ่งฆ่าเชื้อมันสำปะหลังและสารละลายแร่ธาตุด้วยความดันไอน้ำแยกออกจากกันมีผลต่อการเพิ่มโปรตีนและการใช้ประโยชน์ได้ของเชื้อรา ผลการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมที่สุดของการหมักมันสำปะหลังพบอิทธิพลจากความชื้นเริ่มต้น แหล่งไนโตรเจน และจำนวนเชื้อสปอร์เริ่มต้นมีอิทธิพลร่วมกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $p < 0.05$ ) การเพิ่มคุณค่าของมันสำปะหลังให้มีระดับโปรตีนร้อยละ 11.25 และกิจกรรมของเอนไซม์ไฟเตส 80.4 มิลลิยูนิตต่อมิลลิลิตร

การทดลองที่ 2 ศึกษาการใช้ไขมันสำปะหลังหมักที่ได้จากการทดลองที่ 1 ต่อสมรรถนะการผลิตเปิดเนื้อ วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (CRD) จัดอาหารทดลองเป็น 5 สูตร สูตรละ 4 ซ้ำ รวม 20 หน่วยทดลอง แต่ละคอกใช้เปิดเนื้อเซอร์วัลเลย์ 10 ตัว (เพศผู้ 5 ตัว เพศเมีย 5 ตัว) รวม 200 ตัว อาหารทดลองแบ่งเป็น 3 ระยะตามอายุของเปิดเนื้อ คือ ระยะเล็ก (อายุ 0-20 วัน) ระยะรุ่น (อายุ 21-38 วัน) และระยะขุน (อายุ 39-56 วัน) อาหารเปิดเนื้อทดลอง 5 สูตร คือ สูตรอาหารเปิดเนื้อเสริมเอนไซม์ไฟเตส 500 FTU ต่อกิโลกรัมน้ำหนักแห้งของอาหาร, สูตรอาหารเปิดเนื้อที่ใช้ไขมันสำปะหลังหมักร้อยละ 10, สูตรอาหารเปิดเนื้อที่ใช้ไขมันสำปะหลังหมักร้อยละ 20, สูตรอาหารเปิดเนื้อที่ใช้ไขมันสำปะหลังหมักร้อยละ 30, และ สูตรอาหารเปิดเนื้อเสริมโดแคลเซียมฟอสเฟต ให้อาหารและน้ำแบบเต็มที่ตลอดระยะเวลาการทดลอง 56 วัน พบว่า เปิดเนื้อที่ได้รับอาหารที่ใช้ไขมันสำปะหลังหมักร้อยละ 10 มีสมรรถนะการผลิตดีที่สุดอย่างมีนัยสำคัญ ( $p < 0.05$ ) มีอัตราการเจริญเติบโตเท่ากับ 58.80 กรัมต่อตัวต่อวัน อัตราการเปลี่ยนอาหารเท่ากับ 2.07 น้ำหนักตัวที่เพิ่ม 3,292.75 กรัมต่อตัว และต้นทุนค่าอาหารต่อการเพิ่มน้ำหนัก 1 กิโลกรัม ต่ำกว่ากลุ่มอื่น ( $p < 0.05$ ) เท่ากับ 22.08 บาทต่อกิโลกรัม

การทดลองที่ 3 ศึกษาการใช้ประโยชน์ได้ทางโภชนะต่างๆของเปิดเนื้อที่ได้รับไขมันสำปะหลังหมักระดับต่างๆในสูตรอาหารที่ใช้ในการทดลองที่ 2 วางแผนการทดลองแบบบล็อกสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Design; RCBD) จำนวน 2 บล็อก (เพศผู้และเพศเมีย) สูตรอาหารทดลอง 5 สูตร จำนวน 4 ซ้ำ รวม 40 หน่วยทดลอง (กรง) แต่ละกรงใช้เปิด 1 ตัว รวม 40 ตัว เลี้ยงเปิดทดลองในระยะเล็ก รุ่น และขุน บนกรงเป็นระยะเวลา 56 วัน พบว่า เพศไม่มีอิทธิพลต่อการใช้ประโยชน์ได้ทางโภชนะต่างๆของเปิดเนื้อ ( $p > 0.05$ ) เปิดเนื้อระยะเล็ก รุ่น และขุนที่ได้รับไขมันสำปะหลังหมักระดับต่างๆมีการใช้ประโยชน์ได้ของโปรตีนร้อยละ 64.29, 81.95 และ 87.12 ตามลำดับ และการใช้ประโยชน์ได้ของฟอสฟอรัสร้อยละ 62.55, 80.84 และ 90.13 ตามลำดับ ระยะเปิดเล็กมีการใช้ประโยชน์ได้ทางโภชนะต่ำกว่าระยะเปิดรุ่น และเปิดขุน และไม่พบอิทธิพลของเอนไซม์ไฟเตสต่อการใช้ประโยชน์ได้ของโภชนะและฟอสฟอรัสในสูตรอาหารของเปิดเนื้อ ( $p > 0.05$ )

สภาวะที่เหมาะสมของการหมักแบบกึ่งแห้งด้วยเชื้อรา *Aspergillus niger* ของไขมันสำปะหลังมีอิทธิพลจากความชื้นเริ่มต้นร้อยละ 60 ใช้ยูเรียเป็นแหล่งไนโตรเจนร้อยละ 8 และจำนวนเชื้อสปอร์เริ่มต้นที่  $1 \times 10^8$  สปอร์ต่อมิลลิลิตร มีระดับโปรตีนร้อยละ 11.25 กิจกรรมของเอนไซม์ไฟเตส 80.4 มิลลิยูนิตต่อมิลลิลิตร และนำไปใช้ในสูตรอาหารเปิดเนื้อที่ระดับร้อยละ 10

The objective of this experiment was to increase the protein and phytase enzyme of cassava with semi-solid state fermentation by *Aspergillus niger*. Three experiments were conducted as the following:

Experiment 1, study of the optimum condition of semi solid state fermentation, 30 degree Celsius and 92 %Rh. The experiment 1.1 was arranged into 2x3x2 factorials in Completely Randomized Design; factor A was 2 initial moisture contents (60 and 80 %) factor B was 3 urea: ammonium sulphate ratios (4:0,3:1 and 2:2) factor C was 2 spore suspensions ( $1 \times 10^7$  and  $1 \times 10^8$  spore/ml) with 2 replications 24 experimental units. The treatment combination; 60 % initial moisture, urea:ammonium sulphate ratio 4:0 and  $1 \times 10^8$  spore/ml increased protein to 9.85 % CP at 48 hour of fermentation. The experiment 1.2 was arranged into 2x2 factorials in Completely Randomized Design; factor A was 2 initial moisture contents (60 and 80 %) factor B was 2 urea: ammonium sulphate ratios (4:0 and 3:1) with 2 replications 8 experimental units. The treatment combination; 60 % initial moisture, urea: ammonium sulphate ratio 4:0 increased protein to 11.25 % CP at 48 hour of fermentation. Sterilization of cassava and mineral solution separately showed an effect on increasing of protein and utilization of fungi. The result showed that the optimum condition was the combination of initial moisture, nitrogen source and spore suspension ( $p < 0.05$ ). Total cost of increasing protein content and phytase activity of cassava to 11.25 % CP and 80.4 mU/ml, respectively.

Experiment 2, fermented cassava meal was used in commercial duck ration to evaluate growth performance, was arranged in Completely Randomized Design. 20 experimental units (from 5 treatments and 4 replications) were conducted. 10 ducks (5 male and 5 female) were used for each experimental unit (200 ducks in total). The

experiment was divided into 3 periods as follows: nursery period (0-20 days of age) growing period (21-38 days of age) and finishing period (39-56 days of age). 5 dietary treatments; control diet with phytase enzyme 500 FTU/kg diet for negative control (NC), dietary with fermented cassava 10, 20 and 30 % and positive control (PC), were performed. Diets and water were offered to animals at libitum for 56 days. The results showed that ducks fed with 10 % fermented cassava had higher ( $p < 0.05$ ) average daily gain (58.80 gram/duck/day), feed conversion ratio (2.07), weight gain (3,292.75 gram/duck) and had lower ( $p < 0.05$ ) cost per kilogram gain (22.08 baht/kg).

Experiment 3, was study the digestibility of the duck ration similar to experiment 2. The experiment was arranged in Randomized Complete Block Design (RCBD). 2 blocks (male and female) 5 treatments and 4 replications (in a total of 40 experimental units) were conducted. 1 duck per experimental unit (total of 40 ducks) was used. The experiment was divided into 3 periods as follows: nursery period (16-20 days of age) growing period (34-38 days of age) and finishing period (52-56 days of age). The results showed that the digestibility of crude protein and phosphorus during nursing, growing and finishing periods were 64.29, 81.95 and 87.12 % and 62.55, 80.84 and 90.13 %, respectively, which were not significantly different ( $p > 0.05$ ) among dietary treatments. The digestibility during nursing period was lower than the growing and finishing periods. Phytase had no effect on digestibility ( $p > 0.05$ ).

The optimum condition for semi-solid state fermentation of cassava by *Aspergillus niger* were 60 % initial moisture content, urea 8 % and the initial spore suspension  $1 \times 10^8$  spore/ml. 11.25 % CP and 80.40 mU/ml of phytase were obtained. It was exhibited that 10 % of fermented cassava could be used as feedstuff in duck ration.