บทคัดย่อ

อุตสาหกรรมแป้งมันสำปะหลังก่อให้เกิดเศษเหลือ คือ กากมันสำปะหลังจากกระบวนการผลิตเป็นจำนวนมากในแต่ละปี กากมันสำปะหลังมีแป้งเป็นองค์ประกอบอยู่สูง (50 – 70%) แต่มีปริมาณโปรตีนต่ำและเยื่อใยสูง จึงเป็นข้อจำกัดในการใช้เป็นวัตถุดิบอาหารสัตว์สำหรับไก่ไข่ อย่างไรก็ตามเยื่อใยที่เป็นองค์ประกอบในกากมันสำปะหลังอาจมีประโยชน์ต่อการลดคอเลสเตอรอลในไข่แดงและการเปลี่ยนแปลงประชากรจุลินทรีย์ ดังนั้นการวิจัยในครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการใช้กากมันสำปะหลังในรูปแบบต่าง ๆ คือ กากมันสำปะหลังปกติ กากมันสำปะหลังหมัก และกากมันสำปะหลังเสริมเอนไซม์ในสูตรอาหารไก่ไข่ โดยแบ่งออกเป็น 6 การทดลอง คือ

การทดลองที่ 1 ใช้ไก่ไข่พันธุ์อีซ่า บราวน์ อายุ 30 สัปดาห์ จำนวน 48 ตัว เลี้ยงบนกรงขังเดี่ยว และสุ่มไก่ไข่แบ่งออกเป็น 6 กลุ่ม ๆ ละ 8 ซ้ำ ตามแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ อาหารทดลองมี 6 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มควบคุม และกากมันสำปะหลังที่ระดับ 5, 10, 15, 20 และ 25% ให้อาหารและน้ำอย่างเต็มที่ เป็นเวลา 10 วัน ทำการเก็บมูลในช่วง 4 วันสุดท้ายของการทดลองเพื่อนำไปประเมินหาการย่อยได้และการใช้ประโยชน์ได้ของโภชนะ ผลการทดลองพบว่ากากมันสำปะหลังสามารถใช้ในสูตรอาหารไก่ไข่ได้ถึง 20% โดยไม่ส่งผลกระทบต่อการย่อยได้และการใช้ประโยชน์ได้ของโภชนะ ($P>0.05$) อย่างไรก็ตามเมื่อใช้กากมันสำปะหลังในระดับที่สูงขึ้น (25%) ส่งผลให้การย่อยได้และการใช้ประโยชน์ได้ของโภชนะลดลง ($P<0.05$)

การทดลองที่ 2 ศึกษาผลของการใช้กากมันสำปะหลังต่อสมรรถนะการผลิต คุณภาพไข่ ปริมาณคอเลสเตอรอลในไข่แดง ประชากรจุลินทรีย์ การผลิตกรดไขมันที่ระเหยได้ และแอมโมเนียในไก่ไข่ ใช้ไก่ไข่พันธุ์อิซ่า บราวน์ อายุ 30 สัปดาห์ จำนวน 288 ตัว ทำการแบ่งไก่ไข่ออกเป็น 6 กลุ่มเพื่อรับอาหารทดลอง (สูตรควบคุม 1 กลุ่ม และกากมันสำปะหลัง 5 กลุ่ม : 5, 10, 15, 20 และ 25%) ไก่ไข่ทั้งหมดได้รับอาหารและน้ำอย่างเต็มที่ เป็นเวลา 12 สัปดาห์ ผลการทดลองพบว่าสามารถใช้กากมันสำปะหลังในสูตรอาหารไก่ไข่ได้ถึง 20% โดยไม่ส่งผลกระทบต่อผลผลิตไข่ น้ำหนักไข่ ปริมาณอาหารที่กิน ประสิทธิภาพการใช้อาหาร และคุณภาพไข่ ($P>0.05$) ยกเว้นสีของไข่แดงมีการลดลงตามระดับของกากมันสำปะหลังที่เพิ่มขึ้นในสูตรอาหาร ($P<0.01$) ส่วนน้ำหนักไข่ น้ำหนักไข่แดง และมวลไข่ลดลงเมื่อใช้กากมันสำปะหลังที่ระดับ 25% ($P<0.05$) อย่างไรก็ตามการใช้กากมันสำปะหลังที่ระดับ 20 – 25% สามารถลดปริมาณคอเลสเตอรอลในไข่แดงได้ ($P<0.05$) กากมันสำปะหลังสามารถเพิ่มจำนวนประชากรจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์กลุ่ม *Lactobacillus* spp. และ *Bifidobacterium* spp. และสามารถเพิ่มกรดโพรพิโอนิก และกรดอะซิติก ($P<0.05$) แต่ไม่พบความแตกต่างของจุลินทรีย์กลุ่ม *E. coli* และปริมาณแอมโมเนีย กากมันสำปะหลังไม่มีผลกระทบต่อปริมาณคอเลสเตอรอลในพลาสมาและยูเรียไนโตรเจนในเลือดเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม ($P>0.05$)

การทดลองที่ 3 ใช้ไก่ไข่พันธุ์อีซ่า บราวน์ อายุ 46 สัปดาห์ จำนวน 48 ตัว เลี้ยงในกรงขังเดี่ยว จากนั้นทำการแบ่งไก่ออกเป็น 6 กลุ่ม ๆ ละ 8 ซ้ำ ๆ ละ 1 ตัว ให้น้ำและอาหารแบบเต็มที่เป็นเวลา 10 วัน อาหารทดลองมี 6 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มควบคุม และกลุ่มทดแทนด้วยกากมันสำปะหลังหมักที่ระดับ 8, 16, 24, 32 และ 40% ตามลำดับ ผลการทดลองพบว่ากากมันสำปะหลังหมักสามารถใช้ในสูตรอาหารไก่ไข่ได้ถึงระดับ 32% โดยไม่ส่งผลกระทบต่อการย่อยได้และการใช้ประโยชน์ได้ของโภชนะ ($P>0.05$) แต่เมื่อใช้กากมันสำปะหลังหมักในระดับที่สูงขึ้น (40%) ส่งผลให้การย่อยได้และการใช้ประโยชน์ได้ของโภชนะลดลง ($P<0.05$)

การทดลองที่ 4 ใช้ไก่ไข่พันธุ์อีซ่า บราวน์ อายุ 54 สัปดาห์ จำนวน 192 ตัว ทำการแบ่งไก่ไข่ออกเป็น 4 กลุ่ม เพื่อรับอาหารทดลอง (สูตรควบคุม 1 กลุ่ม และสูตรทดแทนด้วยกากมันสำปะหลังหมัก 3 กลุ่ม : 16, 24 และ 32%) เลี้ยงเป็นเวลา 8 สัปดาห์ ผลการทดลองพบว่าการใช้กากมันสำปะหลังหมักทดแทนทุกระดับ ไม่มีผลกระทบต่อปริมาณอาหารที่กิน และน้ำหนักไข่ ($P>0.05$) ผลผลิตไข่ลดลงเมื่อใช้กากมันสำปะหลังหมักที่ระดับ 32% ($P<0.05$) นอกจากนี้ประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารมวลไข่ และประสิทธิภาพการใช้โปรตีนของไก่ไข่ลดลงแบบเส้นตรงตามระดับของการใช้กากมันสำปะหลังหมักที่เพิ่มขึ้น ($P<0.05$) อย่างไรก็ตามการใช้กากมันสำปะหลังหมักไม่ส่งผลกระทบต่อคุณภาพไข่ ($P>0.05$) ยกเว้นสีของไข่แดงมีการลดลงตามระดับของกากมันสำปะหลังหมักที่เพิ่มขึ้นในสูตรอาหาร ($P<0.05$) กากมันสำปะหลังหมักสามารถลดคอเลสเตอรอลในไข่แดงได้ประมาณ 5% แต่ไม่พบความแตกต่างทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม ($P>0.05$) ถึงแม้ว่ากากมันสำปะหลังหมักไม่มีผลในการเปลี่ยนแปลงประชากรจุลินทรีย์ในลำไส้ส่วนท้าย แต่พบว่าสามารถเพิ่มปริมาณการผลิตกรดอะซิติกและกรดบิวไทริกเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม ($P<0.05$) สำหรับค่าทางชีวเคมีของโลหิต พบว่ากากมันสำปะหลังหมักไม่มีผลกระทบต่อกิจกรรมของเอนไซม์ AST และ ALT ปริมาณยูเรียไนโตรเจน คอเลสเตอรอลในพลาสมา และภูมิคุ้มกันรวมของไก่ไข่ ($P>0.05$) จากการทดลองสรุปได้ว่าสามารถใช้กากมันสำปะหลังหมักด้วยเชื้อรา *A. oryzae* ได้ถึงระดับ 24% ในอาหารไก่ไข่ โดยไม่ส่งผลกระทบต่อการย่อยได้และการใช้ประโยชน์ได้ของโภชนะ สมรรถนะการผลิต และคุณภาพไข่

การทดลองที่ 5 ใช้ไก่ไข่พันธุ์อีซ่า บราวน์ อายุ 55 สัปดาห์ จำนวน 45 ตัว เลี้ยงบนกรงขังเดี่ยว และสุ่มไก่ไข่แบ่งออกเป็น 9 กลุ่ม ๆ ละ 5 ซ้ำ อาหารทดลองมี 9 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มควบคุม และกากมันสำปะหลังที่ระดับ 20, 25, 30 และ 35% ร่วมกับการเสริมเอนไซม์ย่อยเยื่อรวมที่ประกอบไปด้วยเซลลูเลส กลูคาเนส และเซลลูเลส ที่ระดับ 0.10 และ 0.15% ให้อาหารและน้ำอย่างเต็มที่ เป็นเวลา 10 วัน ผลการทดลองพบว่าการใช้กากมันสำปะหลังที่ระดับ 20 – 35% ร่วมกับการเสริมเอนไซม์รวมที่ระดับ 0.10 และ 0.15% ไม่มีผลกระทบต่อการย่อยได้ของสิ่งแห้ง และเยื่อใย ($P>0.05$) ส่วนค่าการย่อยได้ของสารอินทรีย์และการใช้ประโยชน์ได้ของไนโตรเจน มีค่าลดลงตามระดับกากมันสำปะหลังที่เพิ่มขึ้น แต่ไม่พบความแตกต่างดังกล่าวในไก่ไข่กลุ่มที่ได้รับกากมันสำปะหลัง 20% โดยการเสริม

เอนไซม์รวมที่ระดับ 0.10 และ 0.15% มีผลต่อการย่อยได้และการใช้ประโยชน์ได้ของโภชนะไม่แตกต่างกัน (P>0.05)

การทดลองที่ 6 ศึกษาผลของการใช้กากมันสำปะหลังร่วมกับการเสริมเอนไซม์เยื่อใยรวม ต่อสมรรถนะการผลิต คุณภาพไข่ ปริมาณคอเลสเตอรอลในไข่แดง ประชากรจุลินทรีย์ การผลิตกรดไขมันที่ระเหยได้ และแอมโมเนียในไก่ไข่ ใช้ไก่ไข่พันธุ์อิซ่า บราวน์ อายุ 32 สัปดาห์ จำนวน 336 ตัว ทำการแบ่งไก่ไข่ออกเป็น 7 กลุ่ม เพื่อรับอาหารทดลอง ได้แก่ สูตรควบคุม 1 กลุ่ม และกากมันสำปะหลัง ที่ระดับ 20, 25 และ 30% ร่วมกับเสริมเอนไซม์ที่ระดับ 0.10 และ 0.15% ไก่ไข่ทั้งหมดได้รับอาหารและน้ำอย่างเต็มที่ เป็นเวลา 12 สัปดาห์ ผลการทดลองพบว่าการใช้กากมันสำปะหลังที่ระดับ 20 – 30% ร่วมกับการเสริมเอนไซม์รวม 0.10 – 0.15% ในอาหารไก่ไข่ ไม่มีผลกระทบต่อผลผลิตไข่ น้ำหนักไข่ ปริมาณอาหารที่กิน มวลไข่ ประสิทธิภาพการใช้อาหาร และประสิทธิภาพการใช้โปรตีน เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม (P>0.05) และคุณภาพไข่ (P>0.05) ยกเว้นสีของไข่แดงมีการลดลงตามระดับของกากมันสำปะหลังที่เพิ่มขึ้นในสูตรอาหาร (P<0.01) การใช้กากมันสำปะหลังที่ระดับ 20% ร่วมกับการเสริมเอนไซม์ 0.10% สามารถเพิ่มปริมาณกรดอะซิติกได้สูงกว่ากลุ่มควบคุม และกลุ่มที่ได้รับกากมันสำปะหลัง 30% และเสริมเอนไซม์ 0.15% (P<0.05) แต่ไม่พบความแตกต่างดังกล่าวในส่วนของกรดโพรพิโอนิก และกรดบิวไทริก (P>0.05)

จากการศึกษาครั้งนี้แสดงให้เห็นว่า กากมันสำปะหลังปกติ กากมันสำปะหลังหมัก และกากมันสำปะหลังเสริมเอนไซม์ สามารถใช้เป็นแหล่งพลังงานในสูตรอาหารไก่ไข่ได้ถึงระดับ 20, 24 และ 30% ตามลำดับ โดยไม่ส่งผลกระทบต่อการย่อยได้และการใช้ประโยชน์ได้ของโภชนะ สมรรถนะการผลิต และคุณภาพไข่

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ABSTRACT

The cassava starch industry generates a large amount of waste in the form of cassava pulp annually. The pulp contains a lot of starch (50 – 70%), but contains low amounts of protein and high fiber which limits its use as feedstuff for laying hens. However, the crude fiber content in cassava pulp may have positive effects on lower egg yolk cholesterol and microbial population change. Therefore, this research was aimed to study the potential use of dried cassava pulp (DCP) in various forms such as regular DCP, fermented cassava pulp (FCP) and DCP supplemented with enzymes in laying hen diets. This study was divided into 6 experiments.

Experiment 1, a total of 48 laying hens (Isa Brown) aged 30 weeks were placed in individual cages and randomly allocated to 6 dietary treatments with 8 replicates in a Completely Randomized Design (CRD). Six dietary treatments were given as follows: control and five DCP diets at levels of 5, 10, 15, 20 and 25%. Feed and water were provided *ad libitum* for 10 days. The excreta were collected in the last four days of the experimental period and then were measured for nutrient digestibility and retention. The results showed that DCP can be used up to 20% in the diets without having negative effects on nutrient digestibility and retention ($P>0.05$). However, when DCP was used at the level of 25%, it resulted in decreased nutrient digestibility and retention ($P<0.05$).

Experiment 2 was conducted to investigate the effect of DCP on productive performance, egg quality, egg yolk cholesterol, microbial populations, volatile fatty acid and ammonia production in laying hens. A total of 288 laying hens (Isa Brown) aged 30 weeks were randomly allocated to 6 dietary treatments (one control and five DCP diets at 5, 10, 15, 20 and 25%). All chickens were given access to feed and water *ad libitum* for 12 weeks. The results showed that diets incorporated with 20% of DCP had no significant effects on egg production, egg weight, feed intake, feed conversion ratio and egg quality ($P>0.05$), except for egg yolk color being decreased with an increase of DCP in the diets ($P<0.01$). Egg weight, yolk weight and egg mass were significantly decreased when DCP was used at the level of 25% ($P<0.05$). However, the use of DCP at levels of 20 – 25% showed a positive effect on decreased egg yolk cholesterol ($P<0.05$). DCP can increase *Lactobacillus spp.* and

Bifidobacterium spp. populations (P<0.05), and acetic acid and propionic acid (P<0.05), but there was no significant effect on *E. coli* and ammonia production. DCP had no effects on plasma cholesterol and blood urea nitrogen when compared to the control group (P>0.05).

Experiment 3, 48 laying hens (Isa brown) aged 46 weeks were placed in individual cages and randomly distributed to 6 groups with 8 replicates of 1 bird. Feed and water were provided *ad libitum* for 10 days. Six dietary treatments were given as follows: control and FCP substituted diets at 8, 16, 24, 32 and 40%, respectively. The results showed that FCP can be used in laying hen diets up to 32% without showing negative effects on nutrient digestibility and retention (P>0.05). However, when FCP was used at a higher level (40%), it resulted in decreased nutrient digestibility and retention (P<0.05).

Experiment 4, a total of 192 laying hens (Isa brown) aged 54 weeks were randomly distributed to 4 dietary treatments (control and three fermented cassava pulp substituted diets at 16, 24 and 32%) through 8 weeks. The results showed that all FCP substitution levels had no effects on feed intake and egg weight (P>0.05). Egg production was significantly decreased when FCP was used at levels of 32%. Feed conversion ratio, egg mass, and protein efficiency ratio decreased linearly (P<0.05) as FCP was increased in the diets. However, FCP had no detrimental effect on egg quality, except for the egg yolk color being decreased with increasing the pulp in diets (P<0.05). The use of FCP decreased egg yolk cholesterol by approximately 5% when compared to the control diet, but no significant differences were found (P>0.05). Although FCP showed no effect on microbial population changes in the hind gut (P>0.05), it increased acetic acid and butyric acid production (P<0.05). Regarding the biochemical blood profile, it was found that FCP had no effect on the activities of AST and ALT enzymes, blood urea nitrogen, plasma cholesterol and total immunoglobulin in laying hens (P>0.05).

Experiment 5, 45 laying hens (Isa Brown) aged 45 weeks were placed in individual cages and randomly allocated to 9 groups with 5 replicates. Nine dietary treatments were given as follows: control and DCP at 20, 25, 30, and 35% supplemented with mixed enzymes (cellulose, glucanase and xylanase) at 0.10 and 0.15%. Feed and water were provided *ad libitum* for 10 days. The results showed that

the use of DCP at 20 – 35% added with enzymes (0.10 and 0.15%) had no negative effects on dry matter and crude fiber digestibilities (P>0.05). While organic matter digestibility and nitrogen retention decreased as DCP was increased in diets, but there were no significant differences in laying hen group received DCP up to 20%. The supplementation of mixed enzymes at 0.10 and 0.15% showed the similar results on nutrient digestibility and retention (P>0.05).

Experiment 6 was conducted to investigate the effect of DCP supplemented with mixed enzymes on productive performance, egg quality, egg yolk cholesterol, microbial populations, volatile fatty acid and ammonia production in laying hens. A total of 336 laying hens (Isa Brown) aged 32 weeks were randomly allocated to 7 dietary treatments (control and DCP substituted diets at 20, 25 and 30%) supplemented with mixed enzymes (0.10 and 0.15%). All chickens were given access to feed and water *ad libitum* for 12 weeks. The results showed that diets incorporated with 20 – 30% of DCP and supplemented with mixed enzymes at 0.10 – 0.15% had no significant effects on egg production, egg weight, feed intake, egg mass, feed conversion ratio, protein efficiency ratio and egg quality (P>0.05), except for egg yolk color being decreased with an increase of DCP in the diets (P<0.01). The use of DCP at 20% supplemented with 0.10% increased acetic acid production compared to control and DCP 30% supplemented with 0.15% (P<0.05), but there were no significant effects on propionic acid and butyric acid.

In conclusion, it is suggested that regular DCP, FCP and DCP supplemented with enzymes can be used an energy source in laying hen diets up to 20, 24 and 30%, respectively without showing negative effects on nutrient digestibility and retention, productive performance and egg quality.