

การปรับปรุงกากกะทิและเปลือกตาลโดยใช้เอนไซม์ เพื่อเป็นพรีไบโอติกส์ในอาหารสัตว์

Improvement of coconut meal and sugar palm peel using enzyme as prebiotics in animal feed

พรพรรณ แสนภูมิ^{1*}, สุภาวดี นิมทอง¹, ภัทราพร ภูมรินทร์¹,
วสุนันท์ นิมอนงค์¹, ปริญญา สมทรัพย์¹ และ ปุริดา เขียวเกษม¹

Pornpan Saenphoom^{1*}, Suphavadee Chimtong¹, Pattaraporn Poommarin¹,
Wasunan Nimanong¹, Pathinya Somsab¹ and Purida Kheawkasem¹

บทคัดย่อ: การทดลองครั้งนี้แบ่งเป็น 2 การทดลอง วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) โดยการทดลองที่ 1 มีวัตถุประสงค์เพื่อปรับปรุงกากกะทิและเปลือกตาลโดยใช้เอนไซม์ Hemicell® (endo-1,4- β -mannanase) ระดับ 0 และ 0.1% แบ่งเป็น 4 กลุ่มการทดลองๆ 5 ซ้ำ ให้ได้ผลิตภัณฑ์น้ำตาลที่มีคุณสมบัติเป็นพรีไบโอติกส์และหรือมีคุณสมบัติเป็นสารต้านจุลินทรีย์ก่อโรค โดยทำการศึกษาค่าประกอบทางเคมีและปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ พบว่า องค์ประกอบทางเคมีของแต่ละกลุ่มการทดลองมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ยกเว้นโปรตีนรวม โดยกากกะทิที่ไม่ย่อยด้วยเอนไซม์มีปริมาณเซลลูโลสสูงกว่า (39.57%) กลุ่มทดลองอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) นอกจากนี้ ยังพบว่า ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ในกลุ่มกากกะทิที่ถูกลดด้วยเอนไซม์มีปริมาณสูงขึ้นเมื่อเทียบกับกลุ่มที่ไม่ได้ถูกลดด้วยเอนไซม์ อย่างไรก็ตามพบว่าผลผลิตน้ำตาลของแต่ละกลุ่มการทดลองมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) เปลือกตาลที่ย่อยด้วยเอนไซม์มีปริมาณน้ำตาลสูงกว่า (4.01 mg/ml) ส่วนการทดลองที่ 2 มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของผลิตภัณฑ์น้ำตาลที่ได้จากกระบวนการข้างต้นต่อการมีคุณสมบัติความเป็นพรีไบโอติกส์และหรือมีคุณสมบัติเป็นสารต้านจุลินทรีย์ก่อโรค พบว่าผลผลิตน้ำตาลของกากกะทิที่ระดับความเข้มข้น 0.2 mg/ml มีความสามารถในการส่งเสริมการเจริญเติบโตของเชื้อแบคทีเรียที่มีประโยชน์ (*L. plantarum*) แต่ไม่สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของแบคทีเรียที่ก่อโรค (*E. coli*) ได้ ในขณะที่ผลผลิตน้ำตาลจากเปลือกตาลไม่สามารถส่งเสริมการเจริญเติบโตของเชื้อแบคทีเรียที่มีประโยชน์ (*L. plantarum*) แต่สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของแบคทีเรียที่ก่อโรค (*E. coli*) ได้ ดังนั้นผลผลิตน้ำตาลจากกากกะทิจึงมีคุณสมบัติความเป็นพรีไบโอติกส์แต่ไม่สามารถใช้เป็นสารต้านเชื้อก่อโรคได้ ในขณะที่ผลผลิตน้ำตาลจากเปลือกตาลไม่มีคุณสมบัติความเป็นพรีไบโอติกส์แต่สามารถใช้เป็นสารต้านเชื้อก่อโรคได้

คำสำคัญ: กากกะทิ, เปลือกตาล, เอนไซม์, พรีไบโอติกส์

ABSTRACT: This study consists of 2 experiments and was assigned in Completely Randomized Design (CRD). The objective of first experiment was to improve coconut meal and sugar palm peel using enzyme Hemicell® (endo-1,4- β -mannanase) as prebiotics or antibacterial in animal feed. The first experiment consists of 4 treatments, coconut meal and sugar palm peel with levels of enzyme (0 and 0.1%) which studied *in vivo*. Each treatment consisted of 5 replications. All treatment samples

¹ คณะสัตวศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยศิลปากร วิทยาเขตสารสนเทศเพชรบุรี

Faculty of Animal Sciences and Agricultural Technology, Silpakorn University Phetchaburi IT Campus

* Corresponding author: saenphoompp@hotmail.com, SAENPHOOM_P@silpakorn.edu

first experiment consists of 4 treatments, coconut meal and sugar palm peel with levels of enzyme (0 and 0.1%) which studied *in vivo*. Each treatment consisted of 5 replications. All treatment samples were measured chemical compositions and reducing sugar content. The results were shown that untreated coconut meal was higher cellulose content (39.57%) than other treatments ($P<0.05$). Besides, enzyme treated sugar palm peel was higher reducing sugar content than other treatments ($P<0.05$). The second experiment was to examine prebiotics properties or antibacterial (concentration of sugar 0.2 mg/ml). The results were found that sugar products from coconut meal can increase growth of *L. Plantarum* but it cannot inhibit growth of *E.coli*. On the other hand, sugar products from sugar palm peel cannot increase growth of *L. Plantarum* but it can inhibit growth of *E.coli*. In conclusion, it is suggested that coconut meal can be used as prebiotics and sugar palm peel can be used as antibacterial

Keywords: coconut meal, sugar palm peel, enzyme, prebiotics

บทนำ

กากกะทิ (Coconut meal) และเปลือกตาลสด (Sugar palm peel) จัดเป็นเศษเหลือทิ้งในเขตจังหวัดเพชรบุรี เนื่องจากจังหวัดเพชรบุรีเป็นเมืองที่ขึ้นชื่อเรื่องขนมหวาน ทำให้มีเศษเหลือทิ้งเหล่านี้เป็นจำนวนมาก เปลือกตาลสดมีความชื้น (82%) และเซลลูโลส (28.56%) ค่อนข้างสูง แต่มีโปรตีน (3.98%) และไขมัน (0.7%) ในปริมาณต่ำ และมีค่าพลังงานรวมประมาณ 3,645 แคลอรี/กรัม (โดยน้ำหนักแห้ง) (Saenphoom et al., 2016) ส่วนกากมะพร้าวที่ได้จากโรงงานสกัดน้ำมันมีปริมาณคาร์โบไฮเดรตประมาณ 43-45% โดยอยู่ในรูปของแมนโนโพลีแซคคาไรด์ (Manno polysaccharides) (Khuwijitjaru et al., 2012) นอกจากนี้ยังมีโปรตีนปานกลาง มีไขมัน เยื่อใย และพลังงานใช้ประโยชน์ได้ประมาณ 21%, 8%, 14% และ 1.7-2.1 Mcal/kg (สาริข, 2547) ส่วนกากมะพร้าวอีกประเภทเรียกว่ากากกะทิจะมีโปรตีนต่ำประมาณ 3.75%, ไขมันประมาณ 27.62 % และเยื่อใยประมาณ 34.87% (กานต์ และคณะ, 2555) โดยคาร์โบไฮเดรตที่อยู่ในรูปของโอลิโกแซคคาไรด์ ได้แก่ Manno-oligosaccharides (MOS) ถูกนำไปใช้ประโยชน์ในอาหารสัตว์อย่างกว้างขวาง เนื่องจาก มีคุณสมบัติความเป็นพรีไบโอติกส์ ซึ่งพบว่าองค์ประกอบ Non starch polysaccharides (NSPs) ในกากกะทิส่วนใหญ่ คือ Mannan, Hemicellulose และ Cellulose ตามลำดับ ในขณะที่เปลือกตาลจะมี Cellulose เป็นองค์ประกอบหลัก และ Hemicellulose ตามลำดับ อย่างไรก็ตามในการย่อย NSPs ข้างต้นให้ได้โอลิโกแซคคาไรด์นั้น ต้องใช้เอนไซม์ในกลุ่มที่สามารถ

ย่อยโครงสร้างดังกล่าวได้ เช่น Cellulase, Xylanase หรือ Mannanase เป็นต้น ซึ่งจะทำให้ได้โอลิโกแซคคาไรด์นั้น คือ คาร์โบไฮเดรตที่ประกอบด้วยโมโนแซคคาไรด์ ตั้งแต่ 2 ถึง 20 โมเลกุลขึ้นไป โดยสารจำพวกโอลิโกแซคคาไรด์นี้มีคุณสมบัติพิเศษในการส่งเสริมการเจริญเติบโตของเชื้อแบคทีเรียที่มีประโยชน์ และหรือต่อต้านเชื้อแบคทีเรียก่อโรคโอลิโกแซคคาไรด์พวกนี้ไม่ถูกย่อยในกระเพาะและลำไส้เล็ก จึงเข้าสู่ลำไส้ใหญ่โดยจะเป็นอาหารจำเพาะของแบคทีเรียที่เป็นประโยชน์และจับกับ Carbohydrate receptor บนผนังเซลล์ของเชื้อแบคทีเรียที่เป็นโทษ ทำให้เซลล์เหล่านี้ไม่สามารถจับกับเซลล์ผนังลำไส้เล็ก กระตุ้นให้สัตว์สร้างภูมิคุ้มกันยังผลให้สัตว์มีการเจริญเติบโตที่ดี (วีระพงศ์, 2552) โอลิโกแซคคาไรด์ที่ช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์ในลำไส้หรือมีคุณสมบัติเป็นพรีไบโอติกส์ เช่น ฟรุคโตโอลิโกแซคคาไรด์ (Fructooligosaccharides, FOS) และแมนแนนโอลิโกแซคคาไรด์ (Mannan oligosaccharides, MOS) ดังนั้น การศึกษานี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อปรับปรุงกากกะทิและเปลือกตาลโดยใช้เอนไซม์ต่อองค์ประกอบทางเคมีและปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ เพื่อนำมาใช้เป็นแหล่งพรีไบโอติกส์ในอาหารสัตว์

วิธีการศึกษา

การทดลองที่ 1 การศึกษาการปรับปรุงกากกะทิและเปลือกตาลด้วยเอนไซม์

การเตรียมตัวอย่างวัตถุดิบ ทำการสุ่มเก็บตัวอย่างกากกะทิและเปลือกตาลในเขตพื้นที่จังหวัดเพชรบุรี โดยนำไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส

นาน 24 ชั่วโมง บดให้ละเอียดแล้วร่อนด้วยตะแกรงขนาด 420 ไมครอน จากนั้นนำไปเก็บในตู้เย็นที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

กลุ่มการทดลองและการวางแผนการทดลอง โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely randomized design; CRD) แบ่งออกเป็น 4 กลุ่มการทดลองๆ ละ 5 ซ้ำ ดังนี้ กากกะทิที่ไม่ย่อยด้วยเอนไซม์ (กลุ่มการทดลองที่ 1), กากกะทิที่ย่อยด้วยเอนไซม์ที่ระดับ 0.1% (กลุ่มการทดลองที่ 2) เปลือกตาลที่ไม่ย่อยด้วยเอนไซม์ (กลุ่มการทดลองที่ 3), เปลือกตาลย่อยด้วยเอนไซม์ที่ระดับ 0.1% (กลุ่มการทดลองที่ 4) โดยเอนไซม์ที่ใช้มีองค์ประกอบของ endo-1,4- β -mannanase เป็นหลัก จากนั้นนำตัวอย่างในแต่ละกลุ่มการทดลองมาชั่งน้ำหนัก 100 กรัม ก่อนนำไปทำปฏิกิริยากับฟอสเฟตบัฟเฟอร์ที่ pH 7 ปริมาตร 1,500 มิลลิลิตร โดยในกลุ่มการทดลองที่ 2 และ 4 จะเติมเอนไซม์ endo-1,4- β -mannanase ซึ่งมีชื่อทางการค้า Hemicell[®] ปริมาณ 0.1 กรัม นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 18 ชั่วโมง โดยใช้ Hotplate Stirrer ทำการกวนตลอดเวลา จากนั้นนำตัวอย่างทั้งหมดที่ได้นำไปปั่นเหวี่ยงด้วยความเร็ว 10,000 รอบ/นาที เพื่อแยกสารส่วนเหลวและส่วนแข็ง

การวิเคราะห์ตัวอย่าง นำตัวอย่างของแข็งมาวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี โดยวิธี Proximate analysis โดยวิเคราะห์หา วัตถุแห้ง โปรตีน ไขมัน ไขมันรวม และพลังงานรวม (AOAC, 1990) เซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส และลิกนิน (Goering and Van Soest, 1970) หลังจากนั้นนำตัวอย่างของเหลวมาวิเคราะห์หาปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ โดยวิธี Dinitrosalicylic acid method (Miller, 1959)

การทดลองที่ 2 การศึกษาคุณสมบัติการเป็นพรีไบโอติกส์

1. วิธีการทดลอง

นำตัวอย่างกากกะทิและเปลือกตาลที่เสริมเอนไซม์ในการย่อย มาเปรียบเทียบกับกากกะทิและเปลือกตาลที่ไม่ได้เสริมเอนไซม์ในการย่อย มาบ่มที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียสนาน 5 ชั่วโมง ภายหลัง

การบ่มนำตัวอย่างไปปั่นแยกที่ความเร็ว 10,000 รอบต่อนาที แล้วนำส่วนใสมาตรวจสอบคุณสมบัติความเป็นพรีไบโอติกส์ โดยทดสอบความสามารถในการส่งเสริมการเจริญเติบโตของโปรไบโอติกและการทดสอบการเป็นสารยับยั้งจุลินทรีย์ที่ก่อโรค (สุคนธ์ และคณะ, 2555)

2. กลุ่มการทดลองและการวางแผนการทดลอง

การทดสอบความสามารถในการส่งเสริมการเจริญเติบโตของโปรไบโอติกส์ และการทดสอบการเป็นสารยับยั้งจุลินทรีย์ที่ก่อโรค โดยเปรียบเทียบกับแบคทีเรีย (*L. plantarum* และ *E. coli*) ที่เลี้ยงในน้ำตาลกลูโคสที่ระดับความเข้มข้นเดียวกัน ซึ่งแบคทีเรียได้มาจากสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย แบคทีเรียที่ศึกษามักพบในทางเดินอาหารของสัตว์กระเพาะเดียว โดยแบ่งเป็น 5 กลุ่มการทดลองๆ ละ 3 ซ้ำ ได้แก่ กลุ่มน้ำตาลกลูโคสเป็นกลุ่มควบคุม (กลุ่มการทดลองที่ 1), ผลผลิตน้ำตาลของกากกะทิที่ไม่ย่อยด้วยเอนไซม์ (กลุ่มการทดลองที่ 2), ผลผลิตน้ำตาลของกากกะทิที่ย่อยด้วยเอนไซม์ที่ระดับ 0.1% (กลุ่มการทดลองที่ 3), ผลผลิตน้ำตาลของเปลือกตาลที่ไม่ย่อยด้วยเอนไซม์ (กลุ่มการทดลองที่ 4), ผลผลิตน้ำตาลของเปลือกตาลย่อยด้วยเอนไซม์ที่ระดับ 0.1% (กลุ่มการทดลองที่ 5) ที่ระดับความเข้มข้นของน้ำตาลที่ 0.2 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร จากนั้นตรวจสอบการเจริญเติบโตของเชื้อ *L. plantarum* และ *E. coli* ในอาหารที่ประกอบด้วยแหล่งคาร์บอน บ่มเชื้อที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 18 ชั่วโมง แล้ววัดการเจริญเติบโต โดยการวัดค่าดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 600 นาโนเมตร (สุคนธ์ และคณะ, 2555)

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance, ANOVA) แผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ โดยเปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยระหว่างกลุ่มการทดลองโดยวิธี Duncan Multiple Rang Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยโปรแกรมสำเร็จรูป SAS (1996) เพื่อการวิเคราะห์ทางสถิติ (มนต์ชัย, 2544)

ผลการศึกษาและวิจารณ์

องค์ประกอบทางเคมีของอาหาร การศึกษาพบว่า องค์ประกอบทางเคมีของแต่ละกลุ่มการทดลองมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ยกเว้นโปรตีน โดยกากกะทิที่ไม่ย่อยด้วยเอนไซม์มีปริมาณเซลลูโลสสูงกว่า (39.57%) กลุ่มการทดลองอื่น ๆ นอกจากนี้เปลือกตาลที่ไม่ย่อยด้วยเอนไซม์มีพลังงานรวมต่ำกว่า (3,803.0 kcal/kg) กลุ่มการทดลองอื่น ๆ อย่างไรก็ตามกากมะพร้าวและเปลือกตาลกลุ่มที่ย่อยด้วยเอนไซม์มีปริมาณ NDF และ ADF สูงกว่ากลุ่มที่ไม่ถูกย่อยด้วยเอนไซม์ อาจเนื่องจากเอนไซม์ Hemicell[®] ที่ใช้อาจมีเยื่อใยเป็นองค์ประกอบด้วยบางส่วน ซึ่งเอนไซม์ Hemicell[®] มีองค์ประกอบของ Mannanase เป็นหลัก (Table 1) ซึ่งขัดแย้งกับการศึกษาของ Saenphoom and Chintong (2014) รายงานว่า กากกะทิที่ย่อยด้วยเอนไซม์ Pentozyne[®] มีปริมาณเยื่อใยรวมน้อยกว่ากากกะทิที่ไม่ย่อยด้วยเอนไซม์ โดยเอนไซม์ Pentozyne[®] ประกอบด้วย Xylanase, Amylase, β -glucanase, Cellulase, Mannanase และ Pectinase

ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ จากการศึกษาพบว่า ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ของแต่ละกลุ่มการทดลองมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) โดยเปลือกตาลที่ย่อยด้วยเอนไซม์ endo-1,4- β -mannanase มีปริมาณน้ำตาลสูงกว่า (4.01 mg/ml) กลุ่มการทดลองอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) (Figure 1) อย่างไรก็ตามเมื่อทำการเปรียบเทียบปริมาณน้ำตาลกับกลุ่มการทดลองที่ไม่มีการใช้เอนไซม์จะเห็นว่า เอนไซม์ endo-1,4- β -mannanase เหมาะสมกับการย่อยกากมะพร้าวมากกว่าเปลือกตาลเนื่องจากกากมะพร้าวในกลุ่มที่ย่อยด้วยเอนไซม์มีผลผลิตน้ำตาลเพิ่มขึ้นจากกลุ่มที่ไม่ได้ถูกย่อยด้วยเอนไซม์ ($P < 0.05$) ถึง 3.08 mg/ml ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบเปลือกตาลในกลุ่มที่ย่อยด้วยเอนไซม์มีผลผลิตน้ำตาลเพิ่มขึ้นจากกลุ่มที่ไม่ได้ย่อยด้วยเอนไซม์ ($P < 0.05$) เพียง 0.18 mg/ml เท่านั้น เนื่องจากองค์ประกอบกากมะพร้าวมีคาร์โบไฮเดรตในรูปของแมนโนโอลิโกแซคคาไรด์ เมื่อนำมาการ

ย่อยด้วยเอนไซม์ Hemicell[®] ซึ่งมีองค์ประกอบของแมนนาเนสเป็นหลัก ส่งผลให้มีประสิทธิภาพในการย่อยสูงกว่าการย่อยเปลือกตาลที่มีองค์ประกอบของเซลลูโลสและเฮมิเซลลูโลสสูง ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Lawal et al. (2010) พบว่า กากเนื้อในปาล์มที่ย่อยด้วยเอนไซม์ Roxazyme[®] จะมีผลผลิตน้ำตาลเพิ่มขึ้นจากการย่อยด้วยเอนไซม์แสดงให้เห็นว่าเอนไซม์มีประสิทธิภาพในการย่อยสลาย (Break down) เยื่อใยและปลดปล่อยผลผลิตน้ำตาลออกมา โดยในกากปาล์มจะมีปริมาณ Glucomannan ประมาณ 58-78% (Sundu and Dingle, 2003)

ฟรีไบโอติกส์ ศึกษาผลของผลผลิตน้ำตาลที่ได้จากกระบวนการข้างต้นต่อการมีคุณสมบัติความเป็นฟรีไบโอติกส์และหรือมีคุณสมบัติเป็นสารต้านจุลินทรีย์ก่อโรค พบว่าผลผลิตน้ำตาลของกากกะทิที่ระดับความเข้มข้น 0.2 mg/ml มีความสามารถในการส่งเสริมการเจริญเติบโตของเชื้อแบคทีเรียที่มีประโยชน์ (*L. plantarum*) แต่ไม่สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของแบคทีเรียที่ก่อโรค (*E. coli*) ได้ ในขณะที่ผลผลิตน้ำตาลจากเปลือกตาลไม่สามารถส่งเสริมการเจริญเติบโตของเชื้อแบคทีเรียที่มีประโยชน์ (*L. plantarum*) แต่สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของแบคทีเรียที่ก่อโรค (*E. coli*) ได้ ($P < 0.01$) (Figure 2) ดังนั้นผลผลิตน้ำตาลจากกากกะทิจึงมีคุณสมบัติความเป็นฟรีไบโอติกส์แต่ไม่สามารถใช้เป็นสารต้านเชื้อก่อโรคได้ในขณะที่ผลผลิตน้ำตาลจากเปลือกตาลไม่มีคุณสมบัติความเป็นฟรีไบโอติกส์แต่สามารถใช้เป็นสารต้านเชื้อก่อโรคได้ อย่างไรก็ตามสารจำพวกโอลิโกแซคคาไรด์นี้มีคุณสมบัติความเป็นฟรีไบโอติกส์ส่งเสริมการเจริญเติบโตของเชื้อแบคทีเรียที่มีประโยชน์ และหรือต่อต้านเชื้อแบคทีเรียก่อโรค โอลิโกแซคคาไรด์พวกนี้ไม่ถูกย่อยในกระเพาะและลำไส้เล็ก จึงเข้าสู่ลำไส้ใหญ่โดยจะเป็นอาหารจำเพาะของแบคทีเรียที่เป็นประโยชน์และจับกับ Carbohydrate receptor บนผนังเซลล์ของเชื้อแบคทีเรียที่เป็นโทษ ทำให้เซลล์เหล่านี้ไม่สามารถจับกับเซลล์ผนังลำไส้เล็ก กระตุ้นให้สัตว์สร้างภูมิคุ้มกันต้านยังผลให้สัตว์มีการเจริญเติบโตที่ดี (วีระ

พงศ์, 2552) สอดคล้องกับการศึกษาของ พรพรรณ และคณะ (2557) พบว่าการผลผลิตที่ได้จากการย่อยกากกาแฟด้วยเอนไซม์ Pentozyme® มาเลี้ยงเชื้อในน้ำตาลกลูโคส พบว่าสามารถส่งเสริมการเจริญเติบโตของเชื้อแบคทีเรีย *L. acidophilus* ได้ทุกระดับความเข้มข้นของน้ำตาล (400, 800, 1200, 1600 ug/ml) โดยมีการเจริญเติบโตสูงกว่ากลุ่มควบคุมที่เลี้ยงในกลูโคส แต่ไม่ยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อแบคทีเรีย *E. coli* ซึ่งถือว่าเป็นเชื้อแบคทีเรียที่ก่อโรคในระบบทางเดินอาหารแสดงให้เห็นว่าผลผลิตน้ำตาลของกากมะพร้าวและเปลือกตาลมีคุณสมบัติ

เป็นพรีไบโอติกส์และสอดคล้องกับ ศิริวรรณ และคณะ (2553) ที่ได้ทำการศึกษาสารสกัดจากพืชในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อแบคทีเรียที่เป็นสาเหตุการเน่าเสียของเนื้อสัตว์ โดยนำพืชที่มีสารแทนนินมาใช้ในการยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย โดยพืชที่นำมาสกัด มี 3 ชนิด ได้แก่ ใบฝรั่ง เปลือกเงาะ และเปลือกมังคุด พบว่า สารสกัดจากใบฝรั่ง และเปลือกมังคุดไม่มีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญเติบโตของ *E. coli*, *Salmonella typhimurium* และ *Staphylococcus aureus* ได้

Table 1 Chemical compositions of treatments (% on dry matter basis)

Items	Treatments				SEM
	T1	T2	T3	T4	
Moisture (%)	5.76 ^a	2.43 ^d	3.31 ^c	3.81 ^b	0.04
Dry matter (%)	94.24 ^d	97.57 ^a	96.69 ^b	96.19 ^c	0.04
Ash (%)	3.93 ^a	3.47 ^{ab}	3.02 ^b	3.32 ^{ab}	0.15
Crude protein (%)	2.46	2.97	3.53	3.11	0.19
Ether extract (%)	19.92 ^a	17.15 ^b	8.92 ^c	9.05 ^c	0.61
NDF	86.73 ^b	92.96 ^a	86.84 ^b	88.28 ^b	1.50
ADF	58.18 ^{ab}	60.52 ^a	86.84 ^b	88.28 ^b	1.64
ADL	25.43	53.49	63.86	49.84	4.24
Hemicellulose (%)	27.79 ^b	30.54 ^{ab}	29.58 ^{ab}	31.83 ^a	1.33
Cellulose (%)	39.57 ^a	26.33 ^{ab}	15.51 ^b	25.04 ^{ab}	2.59
Gross energy (kcal/kg)	4,290.7 ^a	4,197.6 ^{ab}	3,803.0 ^c	4,104.2 ^b	15.76

^{a,b,c,d} Means value on the same row with different superscripts differ significantly ($P < 0.05$). T1 = Untreated coconut meal, T2 = Enzyme treated coconut meal at 0.1%, T3 = Untreated sugar palm peel, T4 = Enzyme treated sugar palm peel at 0.1%, NDF= Neutral detergent fiber, ADF= Acid detergent fiber, ADL= Acid detergent lignin, SEM = Standard error of mean

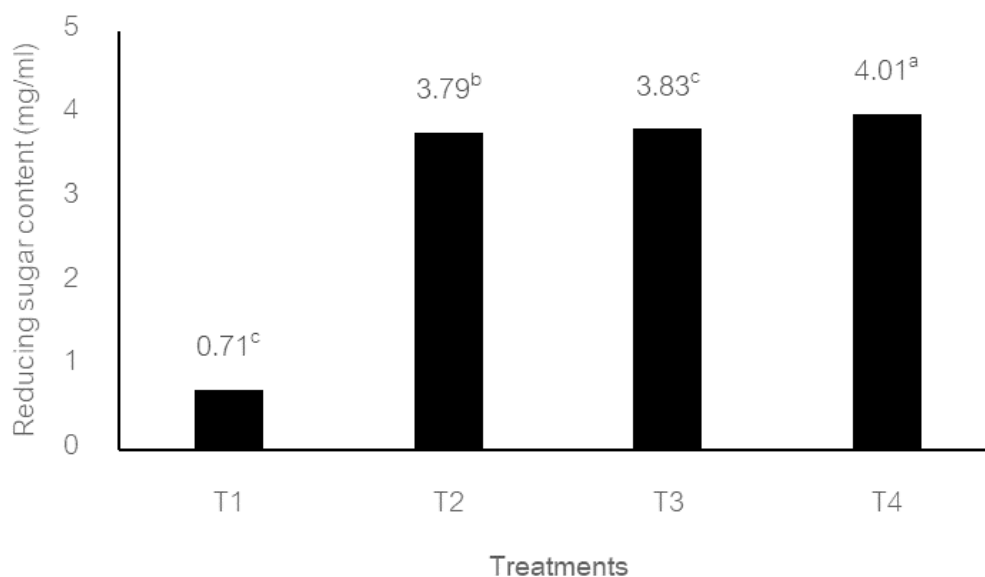


Figure 1 Reducing sugar content of treatments

^{a,b,c} Means value on the same row with different superscripts differ significantly ($P < 0.05$). T1 = Untreated coconut meal, T2 = Enzyme treated coconut meal at 0.1%, T3 = Untreated sugar palm peel, T4 = Enzyme treated sugar palm peel at 0.1%,

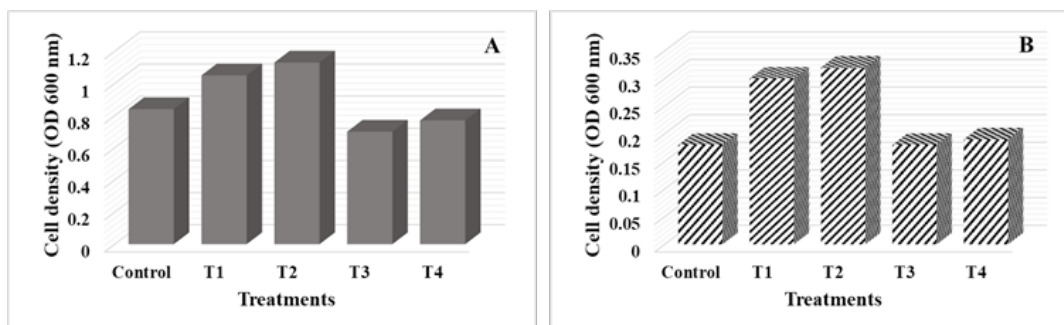


Figure 2 Microbial growth at stationary phase on hydrolyzed products from coconut meal and sugar palm peel as a carbon source. A= Growth of *E. coli*, B = Growth of *L. plantarum*, T1 = Untreated coconut meal, T2 = Enzyme treated coconut meal at 0.1%, T3 = Untreated sugar palm peel, T4 = Enzyme treated sugar palm peel at 0.1%,

สรุป

ผลผลิตน้ำตาลจากกากกะทิทั้งที่ย่อยและไม่ได้อ่อยด้วยเอนไซม์ endo-1,4- β -mannanase มีความสามารถในการส่งเสริมการเจริญเติบโตของเชื้อแบคทีเรียที่มีประโยชน์ (*L. plantarum*) แต่ไม่สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของแบคทีเรียที่ก่อโรค (*E. coli*) ได้ ส่วนผลผลิตน้ำตาลจากเปลือกตาลทั้งที่ย่อยและไม่ได้อ่อยด้วยเอนไซม์ endo-1,4- β -mannanase ไม่สามารถส่งเสริมการเจริญเติบโตของเชื้อแบคทีเรียที่มีประโยชน์ (*L. plantarum*) แต่สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของแบคทีเรียที่ก่อโรค (*E. coli*) ได้ ดังนั้นผลผลิตน้ำตาลจากกากกะทิจึงมีคุณสมบัติความเป็นพรีไบโอติกส์แต่ไม่สามารถใช้เป็นสารต้านเชื้อก่อโรคได้ในขณะที่ผลผลิตน้ำตาลจากเปลือกตาลไม่มีคุณสมบัติความเป็นพรีไบโอติกส์แต่สามารถใช้เป็นสารต้านเชื้อก่อโรคได้ และการวิจัยในอนาคตควรมีการศึกษา *in vivo* ในตัวสัตว์ก่อนการนำไปประยุกต์ใช้จริงต่อไป

คำขอบคุณ

คณะผู้วิจัยขอพระขอบคุณทุนอุดหนุนวิจัย คณะสัตวศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยศิลปากรที่สนับสนุนงบประมาณในการทำงานวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

- กานต์ สุขสุแพทย์, จรรยา คงฤทธิ์ และณัทชัย วิจิตโรทัย. 2555. การใช้ได้ของกากกะทิเป็นอาหารเสริมไก่เนื้อ. รายงานการประชุมวิชาการงานเกษตรนเรศวรครั้งที่ 10. คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร 24-25 กรกฎาคม 2555 หน้า 174-181.
- พรพรรณ แสนภูมิ, มนัสนันท์พรรัตน์ไมตรี และสุภาวดี ฉิมทอง. 2557. การปรับปรุงกากกาแฟด้วยเอนไซม์เพื่อใช้เป็นพรีไบโอติกส์ในอาหารสัตว์. วารสารสัตวศาสตร์แห่งประเทศไทย. ฉบับพิเศษ 1 (1): 133-136.
- มนต์ชัย ดวงจินดา. 2544. การใช้โปรแกรม SAS เพื่อวิเคราะห์งานวิจัยทางสัตว์. ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น. โรงพิมพ์คลังนานาวิทยา, ปรับปรุงครั้งที่ 2. ขอนแก่น
- วีระพงศ์ พรสมิทธิกุล. 2552. การสกัดพรีไบโอติกส์จากเปลือกด้านในและเมล็ดขนุนด้วยกระบวนการแบบต่อเนื่อง. วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.
- ศิริวรรณ แก้วเพชร, สุนันฐ คุ้มภัย, สุรัตน์ โหนและอลิษา ไตร๊ะ. 2553. การศึกษาสารสกัดพืชในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อแบคทีเรียที่เป็นสาเหตุของการเน่าเสียของเนื้อสัตว์. งานวิจัยคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
- สาโรช คำเจริญ. 2547. อาหารและการให้อาหารสัตว์ไม่เคี้ยวเอื้อง. ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- สุคนธ์ ต้นติไพบูลย์วุฒิ, เทียนชัย น่วมเศรษฐี และเพชรดา เดชายนิง. 2555.ฤทธิ์ยับยั้งแบคทีเรียของสารสกัดจากเปลือกผลไม้บางชนิด. วารสารงานวิจัยมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 17: 880-884.
- AOAC. 1990 Official Method of Analysis. Association of Official Analytical Chemists, Washington, DC, USA.
- Goering, H.K. and Van Soest, P.J. 1970. Forage fiber analysis (Apparatus, Reagent, Procedures and some Application). In Agricultural Handbook. No. 397, ARS, USDA, Washington, D.C.
- Khuwijitjaru, P., K. Watsanit and S. Adachi. 2012. Carbohydrate content and composition of product from subcritical water treatment of coconut meal. J. Ind Eng. Chem. 18: 225-229.
- Lawal, T.E., E. A. Iyayi, B.A. Adeniyi, and O.A. Adaramoye. 2010. Biodegradation of palm kernel cake with multienzyme complexes from fungi and its feeding value for broilers. Int. J. Poult. Sci. 9(7): 695-701.

- Miller, G.L. 1959. Use of dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugar. *Analytical Chemistry*. 31: 426-428.
- Saenphoom, P. and Chintong, S. 2014. Effect of enzyme treated copra meal on nutritive value, reducing sugar and oligosaccharides as prebiotics. *The SIJ*. 18-21.
- Saenphoom, P., S. Chintong, A. Chaokaur, D. Kutdaeng, T. Chanprecha and Y. Seesawhea. 2016. Nutritive value of fermented sugar palm peel with pineapple peel. *Silpakorn U Science &Tech J*. 10: 32-27.
- SAS. 1996. User's Guide: Statistics, Version 5. edn. SAS Institute, Cary, NC
- Sundu, B., A. Kumar and J. Dingle. 2006. Palm kernel meal in broiler diets: Effect on chicken performance and health. *World's Poult. Sci. J*. 62:316-325