

## บทที่ 5

### สรุป อภิปราย และข้อเสนอแนะ

#### บทสรุป

1. วิธีการหมักด้วยยีสต์ สามารถเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการของเศษกล้วยได้ เมื่อพิจารณาจากองค์ประกอบโภชนาการของเศษกล้วยหมักยีสต์ ซึ่งสูงขึ้นแตกต่างกันตามสภาวะการหมักที่ใช้ จากการทดลองนี้พบว่าสภาวะการหมักที่เหมาะสมที่สุดในการหมักเศษกล้วยด้วยยีสต์ คือ ที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส ใช้ระยะเวลาการหมักตั้งแต่ 72 ถึง 168 ชั่วโมง หรือที่ระดับอุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ใช้ระยะเวลาการหมัก 168 ชั่วโมง ซึ่งทำให้เศษกล้วยหมักมีโปรตีนสูงใกล้เคียงกัน ในระดับร้อยละ 25 และยังมีพลังงานที่เพิ่มขึ้นสูงกว่าปลายข้าว และเศษกล้วยที่ไม่ผ่านการหมักในทุกลักษณะการหมัก

2. ค่าสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโภชนาการในสูตรอาหารลูกสุกรหย่านมทั้ง 4 สูตร อยู่ในระดับสูง และใกล้เคียงกัน ไม่พบความแตกต่างทางสถิติ อย่างไรก็ตามมีแนวโน้มว่าในสูตรทดลองกลุ่มที่ 3 ซึ่งใช้เศษกล้วยหมักยีสต์ทดแทนปลายข้าวในสูตรอาหารที่ระดับร้อยละ 75 จะมีค่าสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโภชนาการสูงกว่ากลุ่มการทดลองอื่น ๆ ได้แก่ มีค่าสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของวัตถุดิบ อินทรีวัตถุ เยื่อใย ไนโตรเจนฟรีเอ็กซ์แทรก และพลังงานสูงสุด เท่ากับร้อยละ 94.69 95.01 80.77 98.02 และ 95.01 ของวัตถุดิบ ตามลำดับ แสดงว่าเศษกล้วยหมักยีสต์สามารถใช้ทดแทนปลายข้าวได้ร้อยละ 75 หรืออาจใช้ทดแทนปลายข้าวในสูตรอาหารได้อย่างเต็มที่โดยไม่มีผลกระทบต่อการย่อยได้ของโภชนาการ

3. การใช้เศษกล้วยหมักยีสต์ทดแทนปลายข้าว ในสูตรอาหารสุกรระยะหลังหย่านมสามารถลดต้นทุนการผลิตสุกรได้จริง โดยสูตรทดลองที่ใช้อาหารที่มีเศษกล้วยหมักยีสต์ทดแทนปลายข้าวที่ระดับร้อยละ 75 มีต้นทุนค่าอาหารต่อน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นต่ำที่สุด รองลงมาคือ อาหารที่มีเศษกล้วยหมักยีสต์ทดแทนปลายข้าวที่ระดับร้อยละ 100 50 และกลุ่มควบคุม ตามลำดับ

## อภิปราย

### การทดลองที่ 1 ศึกษาสถานะที่เหมาะสมในการหมักเศษก๋วยเตี๋ยวด้วยยีสต์

ทำการวิเคราะห์องค์ประกอบทางโภชนาของเศษก๋วยเตี๋ยว ที่ผ่านการหมักด้วยยีสต์ตามสถานะต่าง ๆ ดังกล่าว พบว่า การหมักยีสต์สามารถเพิ่มคุณค่าทางโภชนาของเศษก๋วยเตี๋ยวได้ เมื่อเปรียบเทียบกับปลายข้าว เศษก๋วยเตี๋ยวไม่ผ่านการหมัก และเศษก๋วยเตี๋ยวหมักยีสต์ที่ระยะเวลา 0 ชั่วโมง

จากการทดลองพบว่าที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ระยะเวลาการหมัก 3 วัน เป็นระยะเวลาที่สั้นที่สุด ที่สามารถเพิ่มระดับโปรตีนของเศษก๋วยเตี๋ยวหมักได้สูงกว่าสถานะอื่น ๆ ในระดับร้อยละ 25 ขึ้นไป น่าจะเนื่องมาจากเป็นช่วงอุณหภูมิที่เหมาะสมกับการเจริญเติบโตของยีสต์มากที่สุด เมื่ออุณหภูมิการหมักสูงขึ้นเป็น 35 และ 40 องศาเซลเซียส ระดับโปรตีนกลับเพิ่มขึ้นน้อยลง แต่ยังคงสูงกว่าเศษก๋วยเตี๋ยวไม่หมัก และเศษก๋วยเตี๋ยวหมักที่ 0 ชั่วโมง อย่างไรก็ตามเมื่อใช้ระยะเวลาที่ยาวนานขึ้นกว่านี้ พบว่ามีการสูญเสียวัตถุดิบ และไนโตรเจนฟรีเอ็กซ์แทรคมากขึ้น

พลังงานของเศษก๋วยเตี๋ยวหมักยีสต์โดยทั่วไปทุกระดับอุณหภูมิ และทุกช่วงเวลาอยู่ในระดับสูง คือมีค่าพลังงานหยาบ (gross energy) อยู่ในระดับสูงกว่า 4,000 กิโลแคลอรีต่อกิโลกรัมทั้งสิ้น น่าจะเนื่องมาจากการที่ยีสต์สามารถเปลี่ยนแป้งเป็นน้ำตาล และแอลกอฮอล์ซึ่งมีค่าพลังงานสูงมากกว่าคาร์โบไฮเดรตและไขมัน นอกจากนี้พบว่ามีความโน้มการเพิ่มขึ้นของค่าพลังงานหยาบตามระยะเวลาที่เพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตามที่ระดับอุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส มีค่าพลังงานสูงกว่าการหมักที่ระดับอุณหภูมิต่ำอื่น ในทุกช่วงระยะเวลา โดยมีพลังงานสูงสุดที่ระยะเวลาการหมัก 168 ชั่วโมง เท่ากับ 4,481 กิโลแคลอรีต่อกิโลกรัม

เศษก๋วยเตี๋ยวเป็นคาร์โบไฮเดรตที่ย่อยง่าย ได้มาจากข้าวหรือปลายข้าวนำมาผ่านกระบวนการผลิตซึ่งต้องใช้ความร้อน และความชื้น คือ การนำไปนึ่งด้วยไอน้ำเป็นแป้งสุก ในภาวดังกล่าวจะทำให้แป้งเกิดจับตัวกัน ทำให้มีการย่อยได้สูงขึ้น (ยังลักษณะ มุลสาร, 2552) จึงน่าจะทำให้ยีสต์สามารถใช้เป็นแหล่งอาหารเพื่อการเจริญเติบโต เพิ่มจำนวนเซลล์ และถูกเปลี่ยนเป็นโปรตีนในก๋วยเตี๋ยวหมักได้มาก

จากการทดลองเลี้ยงยีสต์ (*S. cerevisiae*) เพื่อหาปริมาณของสารอาหารและสถานะที่เหมาะสมในการเลี้ยงเชื้อ พบว่าสถานะที่เหมาะสมได้แก่ ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ระยะเวลาที่ใช้เลี้ยงเชื้อประมาณ 24 ชั่วโมง ซึ่งเชื้อยีสต์จะมีประสิทธิภาพในการเปลี่ยนน้ำตาลเป็นผลผลิตเซลล์ยีสต์ได้สูงและมีคุณภาพดี เมื่อเปรียบเทียบกับหมักในช่วงอุณหภูมิ 28 และ 35 องศาเซลเซียส

ซึ่งจะได้เชื้อยีสต์ที่มีคุณภาพไม่ดี โดยพิจารณาจากความสามารถในการทำให้ขนมปังขึ้นฟูซึ่งน้อยกว่ายีสต์ที่ผลิตที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส (การผลิตยีสต์, 2553)

จากการศึกษากระบวนการผลิตและการใช้ประโยชน์ของโปรตีนจากมันเส้นหมักยีสต์ (*S. cerevisiae*) ต่อกระบวนการหมัก การสังเคราะห์จุลินทรีย์โปรตีน และความสามารถในการย่อยได้ของโภชนะในสัตว์เคี้ยวเอื้อง (กฤษฎา บุญนพ, 2551) โดยหมักมันสำปะหลังด้วยยีสต์เป็นเวลา 132 ชั่วโมง ในสภาพอุณหภูมิห้อง พบว่ากระบวนการหมักของเชื้อยีสต์สามารถเพิ่มระดับโปรตีนในมันเส้น และมันสดได้ถึงร้อยละ 30.4 และ 18.9 และเพิ่มระดับไขมันได้ร้อยละ 5.8 และ 3.0 รวมถึงเพิ่มกรดอะมิโนไลซีน ได้อย่างมีนัยสำคัญยิ่ง นอกจากนี้ยังสามารถลดกรดไฮโดรไซยานิกในมันเส้น และมันสดได้ถึงร้อยละ 0.5 และ 47.3 อย่างไรก็ตามจากการทดลองนี้พบว่ากระบวนการหมักจากเชื้อยีสต์ไม่มีผลต่อองค์ประกอบทางเคมีของปริมาณเยื่อใยที่ไม่ละลายในสารฟอกละลายที่เป็นกรด (neutral detergent fiber, NDF) ปริมาณเยื่อใยที่ไม่ละลายในสารฟอกละลายที่เป็นกรด (acid detergent fiber, ADF) และระดับของแร่ธาตุหลัก

ส่วนการใช้ยีสต์สายพันธุ์ *Schwanniomyces castellii* CBS 2863 หมักกับมันสำปะหลังแห้ง (ณรงค์, ไม่ปรากฏปีที่พิมพ์) พบว่าสภาวะที่เหมาะสมสำหรับการหมัก คือ ที่อุณหภูมิ 25-30 องศาเซลเซียส ระยะเวลาการหมัก 96 ชั่วโมง ซึ่งสามารถเพิ่มระดับโปรตีนจากร้อยละ 0.69 เป็น 1.64 ของน้ำหนักแห้ง

เมื่อพิจารณาจากองค์ประกอบทางโภชนะแล้ว เศษก๋วยเตี๋ยวหมักยีสต์ไม่เพียงแต่สามารถใช้ทดแทนปลายข้าวในอาหารสัตว์ได้อย่างดีเท่านั้น แต่น่าจะสามารถใช้เป็นแหล่งโปรตีนซึ่งมีราคาแพงกว่าปลายข้าวในอาหารสัตว์ได้อีกด้วย

## การทดลองที่ 2 หาค่าการย่อยได้ และการใช้ประโยชน์ได้ของอาหาร

จากการทดลองนี้พบว่า ค่าสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโภชนะในสูตรอาหารทั้ง 4 สูตรอยู่ในระดับสูงและใกล้เคียงกัน แต่มีแนวโน้มว่าในสูตรทดลองกลุ่มที่ 3 จะมีค่าสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโภชนะสูงกว่ากลุ่มการทดลองอื่น ๆ ได้แก่ มีค่าสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของวัตถุดิบแห้ง อินทรีย์วัตถุ เยื่อใย ไนโตรเจนฟรีเอ็กซ์แทรก และพลังงานสูงที่สุด โดยไม่พบความแตกต่างทางสถิติ ยกเว้นค่าสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของไขมัน ซึ่งพบว่ากลุ่มการทดลองที่ 2 มีค่าสูงสุด รองลงมาคือ กลุ่มการทดลองที่ 4 3 และกลุ่มควบคุม

การเสริมยีสต์ในอาหารสุกรอาจได้ผลที่แตกต่างกัน พบว่าการเสริมยีสต์ในสูตรอาหารลูกสุกรที่ผสมโปรตีนจากหางนม ไม่มีผลกระทบต่อปริมาณการกิน อัตราการเจริญเติบโต และอัตรา

การเปลี่ยนอาหาร (Komegay et al., 1995) แต่พบว่าการเติมยีสต์ในอาหารลูกสุกรสามารถช่วยปรับปรุงการย่อยได้ของโปรตีน และเยื่อใยประเภทเฮมิเซลลูโลส (Martin and Nisbet, 1992) และการเสริมยีสต์มีชีวิตในอาหารสุกรหลังหย่านม จะช่วยปรับปรุงการใช้ประโยชน์ของเยื่อใยในอาหารได้ดีขึ้น (Mathew et al., 1998)

การทดลองเสริมยีสต์มีชีวิตโดยตรงเปรียบเทียบกับการใช้สารปฏิชีวนะ และสารกระตุ้นการเจริญเติบโตในอาหารลูกสุกรหลังหย่านม (Heugten, Funderburket and Dorton, 2003) พิจารณาผลกระทบต่อสมรรถภาพการผลิต การย่อยได้ของโภชนะ และจุลินทรีย์ในมูล พบว่ามีแนวโน้มที่การเสริมยีสต์มีชีวิตในอาหารจะให้ผลดีต่อสมรรถภาพการผลิตของลูกสุกร อย่างไรก็ตาม ผลตอบสนองยังมีความแปรผัน และพบว่าการเสริมยีสต์มีชีวิตในอาหาร โดยตรงไม่มีผลต่อการย่อยได้ของโภชนะและจุลินทรีย์ในมูล โดยอธิบายว่าอาจเนื่องมาจากปัจจัยทางสุขภาพของลูกสุกรแต่ละกลุ่ม ซึ่งควรควบคุมให้เท่าเทียมกันในการศึกษาเพิ่มเติมต่อไป

นอกจากนี้ยังพบว่า ยีสต์ (*S. cerevisiae*) สามารถลดการปนเปื้อนของสารพิษจากเชื้อรา (mycotoxin) เช่น ซีราลีโนน (zearalenone) อะฟลาทอกซิน เป็นต้น ในอาหารได้ดีและมีความปลอดภัย (เขาวพา สุวัตติ, 2553) เนื่องจากยีสต์เป็นจุลินทรีย์ที่ใช้ในกระบวนการหมักอาหารและเครื่องดื่มนานแล้ว และยังพบว่ามีการใช้เซลล์ยีสต์และผนังเซลล์ของยีสต์เติมลงในอาหารสัตว์ เพื่อลดความเป็นพิษของสารพิษจากเชื้อราอย่างได้ผล

นอกจากนี้ยังพบว่า การใช้วัตถุดิบอาหารสัตว์ที่ผ่านการหมักด้วยยีสต์จะช่วยปรับปรุงกระบวนการเมตาโบลิซึมของไนโตรเจนในสัตว์เคี้ยวเอื้องได้ด้วย โดย ได้ศึกษาการนำมันเส้นหมักยีสต์มาใช้ทดแทนกากถั่วเหลืองในสูตรอาหารชั้นสำหรับโคนมลูกผสม โฮลสไตน์ฟรีเซียนเพศผู้ ตอน พบว่าสามารถใช้มันเส้นหมักยีสต์ทดแทนกากถั่วเหลืองได้ทั้งหมด มีผลเพิ่มประสิทธิภาพกระบวนการหมักในกระเพาะรูเมน ความสามารถในการย่อยได้ของโภชนะ และการสังเคราะห์จุลินทรีย์โปรตีน ผู้วิจัยได้ให้ข้อเสนอแนะว่าควรมีการศึกษาการทดแทนกากถั่วเหลืองด้วยมันเส้นหมักยีสต์ต่อการให้ผลผลิตทั้งในโคนมและโคขุน โดยเฉพาะด้านผลตอบแทนทางเศรษฐกิจ (กฤษฎา บุญนพ, 2551)



### การทดลองที่ 3 ศึกษาสมรรถภาพ และต้นทุนการผลิต

การใช้เศษก๋วยเตี๋ยวหมักยีสต์เพื่อทดแทนปลายข้าวในสูตรอาหารสุกรระยะหลังหย่านม สามารถทำได้โดยไม่มีผลกระทบต่อการเจริญเติบโตของสุกร สามารถทดแทนปลายข้าวได้ทั้งหมด เนื่องจากการทดลองนี้พบว่าสมรรถภาพการผลิต ได้แก่ น้ำหนักเมื่อสิ้นสุดการทดลอง น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น อัตราการเจริญเติบโต อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวของสุกรทดลองแต่ละกลุ่มไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

อย่างไรก็ตามพบว่ากลุ่มการทดลองที่ 2 ซึ่งใช้เศษก๋วยเตี๋ยวหมักยีสต์ทดแทนปลายข้าวที่ระดับร้อยละ 50 มีปริมาณการกินอาหารต่อตัวต่อวัน และอัตราการเจริญเติบโตต่อวันสูงที่สุด อย่างไรก็ตามอัตราการผลิตเป็นน้ำหนักตัวของสุกรทดลองกลุ่มที่ 3 ที่ใช้เศษก๋วยเตี๋ยวหมักยีสต์ทดแทนปลายข้าวร้อยละ 75 มีค่าดีที่สุด ซึ่งไม่มีความแตกต่างทางสถิติกับกลุ่มอื่น ๆ

จากการศึกษาการใช้ยีสต์ (*S. cerevisiae*) ปรับปรุงคุณภาพของข้าวเปลือก (จิรพรรณ นพวงศ์ ณ อุรุชา, และคณะ 2551) โดยนำข้าวเปลือกบดละเอียดหมักด้วยยีสต์เป็นเวลา 7 วัน ใช้ทดแทนปลายข้าวในสูตรอาหารสุกรน้ำหนัก 30 -100 กิโลกรัม เปรียบเทียบกับอาหารสูตรปกติที่ใช้ปลายข้าวเป็นแหล่งพลังงาน (กลุ่มควบคุม) กลุ่มที่สองให้กินอาหารผสมด้วยข้าวเปลือกบดที่ไม่ผ่านการหมักด้วยยีสต์ทดแทนปลายข้าว กลุ่มที่สามให้กินอาหารผสมด้วยข้าวเปลือกบดหมักทดแทนปลายข้าวในสูตรอาหารครึ่งหนึ่ง และกลุ่มที่ 4 ให้กินอาหารผสมด้วยข้าวเปลือกหมักทดแทนปลายข้าวในสูตรอาหาร ทั้งหมด พบว่า สุกรกลุ่มที่ 4 ซึ่งได้รับข้าวเปลือกบดหมักทดแทนปลายข้าวทั้งหมด มีอัตราการเจริญเติบโตต่อวัน และอัตราการแลกเนื้อดีกว่าทุกกลุ่ม ส่วนสุกรกลุ่มที่ 2 ซึ่งได้รับข้าวเปลือกบดทดแทนปลายข้าวทั้งหมดมีอัตราการเจริญเติบโตต่อวัน และอัตราการแลกเนื้อดีกว่ากลุ่มอื่น ๆ แม้ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ก็แสดงให้เห็นว่าข้าวเปลือกบดละเอียดที่ผ่านการหมักด้วยยีสต์มีคุณภาพสูงขึ้น สุกรจึงนำไปใช้ประโยชน์ในการเจริญเติบโต และมีอัตราการแลกเนื้อดีขึ้นด้วย

ราคาอาหารทดลองสูตรที่ 4 มีราคาต่ำที่สุด เนื่องจากเศษก๋วยเตี๋ยวมีราคาถูกกว่าปลายข้าว คือ ราคาประมาณ 5-7 บาทต่อกิโลกรัม ขณะที่ปลายข้าวมีราคา 11 -14 บาทต่อกิโลกรัม ต้นทุนในการหมักยีสต์ก็อยู่ในระดับต่ำ นอกจากนี้การใช้เศษก๋วยเตี๋ยวหมักยีสต์มีโปรตีน และพลังงานในระดับสูง ทำให้สามารถลดวัตถุดิบอาหารสัตว์ที่เป็นแหล่งโปรตีน และพลังงานที่มีราคาแพงลงได้ การใช้เศษก๋วยเตี๋ยวหมักยีสต์ทดแทนปลายข้าวในสูตรอาหารสุกรหลังหย่านม จึงสามารถลดราคาอาหารต่อกิโลกรัม และต้นทุนค่าอาหารต่อการเพิ่มน้ำหนักตัวของสุกรได้อย่างชัดเจน

ราคาอาหารทดลองที่มีราคาต่ำรองลงมาคือ กลุ่มที่ 3 2 และกลุ่มควบคุม โดยเมื่อเปรียบเทียบราคากับกลุ่มควบคุม พบว่าอาหารทดลองสูตรที่ 4 มีความแตกต่างจากกลุ่มควบคุมถึง กิโลกรัมละ 5.38 บาท ขณะที่อาหารทดลองสูตรที่ 3 และสูตรที่ 2 มีราคาถูกกว่ากลุ่มควบคุม เท่ากับ 4.06 และ 2.94 ตามลำดับ จึงทำให้ต้นทุนค่าอาหารต่อน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นของสุกรทดลอง กลุ่มที่ 4 มีค่าต่ำที่สุดเท่ากับ 7.61 บาทต่อกิโลกรัม ถึงแม้ว่าสุกรทดลองในกลุ่มนี้จะมีอัตราการ เปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักร่างที่ต่ำกว่ากลุ่มที่ 3 ไปบ้างก็ตาม เนื่องจากราคาอาหารถูกกว่ากันมาก ส่งผลให้ต้นทุนการเพิ่มน้ำหนักตัวต่ำกว่ากลุ่มที่ 3 2 และกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ มีค่าเท่ากับ 8.07 9.65 และ 10.93 บาทต่อกิโลกรัม ตามลำดับ

จากผลการทดลองที่ได้ทำการวิจัย จึงมีความแน่ชัดว่าเศษก๋วยเตี๋ยวหมักยีสต์ สามารถใช้ทดแทนปลายข้าวได้ทั้งหมดโดยไม่มีผลกระทบต่อสมรรถภาพการผลิตของสุกร และให้ผลดีในการลดต้นทุนค่าอาหารสุกรลงได้อย่างมาก เศษก๋วยเตี๋ยวหมักยีสต์ไม่เพียงแต่สามารถใช้ทดแทนปลายข้าวในอาหารสัตว์ได้อย่างดีเท่านั้น แต่น่าจะสามารถใช้เป็นแหล่งโปรตีน ซึ่งมีราคาแพงกว่าปลายข้าว ในอาหารสัตว์ได้อีกด้วย

### ข้อเสนอแนะ

1. เศษก๋วยเตี๋ยวหมักยีสต์มีคุณค่าทางโภชนาการสูงกว่าปลายข้าวมาก ควรใช้ทดแทนวัตถุดิบอาหารสัตว์ที่เป็นแหล่งโปรตีนอื่น ๆ เช่น กากถั่วเหลือง ปลาป่น ฯลฯ ในสูตรอาหารเป็นบางส่วน จะเหมาะสม และลดต้นทุนค่าอาหารต่อการเพิ่มน้ำหนักตัวหนึ่งกิโลกรัมได้มากกว่า การใช้ทดแทนปลายข้าว
2. ควรศึกษาเพิ่มเติมถึงผลของการใช้เศษก๋วยเตี๋ยวหมักยีสต์ที่มีต่อจุลินทรีย์ในทางเดินอาหารของสุกร
3. ควรศึกษาการใช้เศษก๋วยเตี๋ยวหมักยีสต์ทดแทนแหล่งโปรตีนในอาหารของสุกรระยะอื่น ซึ่งมีการใช้อาหารในระดับสูง น่าจะทำให้ผลของการลดต้นทุนค่าอาหารต่อการเพิ่มน้ำหนักตัวชัดเจนยิ่งขึ้น